

## 参考資料 目 次

- 参考資料 1 - 1 車間調整機能付きブレーキシステムによる衝突事故低減について
- 参考資料 1 - 2 車載用 UWB レーダシステムによる交通安全システムの将来性について
- 参考資料 2 24GHz・26GHz・79GHz 帯における車載用 UWB レーダシステムの国際動向
- 参考資料 3 車載用 UWB レーダシステムに関する登録台数の情報開示について
- 参考資料 4 - 1 加入者系無線アクセスシステムとの共用検討について
- 参考資料 4 - 2 電波天文業務との共用検討について
- 参考資料 4 - 3 衛星間通信業務との共用検討について
- 参考資料 4 - 4 CATV 番組中継回線との共用検討について
- 参考資料 4 - 5 地球探査衛星との共用検討について
- 参考資料 4 - 6 空港面探知レーダ（ASDE）との共用検討について
- 参考資料 4 - 7 固定衛星との共用検討について
- 参考資料 4 - 8 UWB レーダシステム帯域外無線システムとの共用検討について
- 参考資料 5 電波防護指針への適合

Recent Mercedes-Benz accident study calculation

Press Information

## 20 percent fewer rear-end collisions thanks to DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS

June 10, 2008

**Stuttgart – DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS, the Mercedes-Benz assistance systems based on sophisticated radar technology, make an effective contribution to accident prevention. This is the conclusion reached after an analysis carried out by Mercedes-Benz on the basis of representative accident research data. With the help of this technology an average of one fifth of all rear-end collisions could be prevented in Germany alone. And on motorways, rear-end collisions could be reduced even further: by an average of 36 percent. The Mercedes-Benz systems warn drivers when they are maintaining too little distance from the vehicle travelling in front and provide support in the event of emergency braking.**

Engineers working for the Stuttgart-based car manufacturer have developed a procedure which for the first time makes possible a predictive calculation of the usefulness of new safety technologies. For this the specialists have taken into account both official statistics and the analysis of the approximately 16,000 traffic accidents which have so far been studied within the framework GIDAS (German In-Depth Accident Study).

The evaluation of the safety potential offered by the DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS assistance systems is based on the reconstruction of more than 800 rear-end collisions. The focus of the representative study was the question: how many of those accidents could have been avoided if all the passenger cars had been equipped with this Mercedes-Benz technology?

The results confirmed the great safety effect of the systems: with DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS an average of more than 20 percent of all rear-end collisions could be prevented. In a further one-quarter of all collisions the systems could contribute to a significant reduction of the severity of the accident.

The greatest safety potential is offered by the interaction of modern radar and braking technology on motorways, where around 36 percent of all rear-end collisions could be avoided.

Page 2

### **Around 40 percent of all S-Class saloons equipped with radar technology**

The DISTRONIC PLUS proximity control system keeps your vehicle at a previously chosen distance from the vehicle travelling in front and, if necessary brakes your vehicle to a complete standstill, depending on the traffic situation. If the distance to the preceding vehicle narrows down too rapidly, the system warns the driver and calculates the required brake pressure, which is then provided instantaneously by the Brake Assist PLUS system as soon as the brake pedal is depressed. Should the driver disregard the warning, the PRE-SAFE<sup>®</sup> Brake system performs an emergency partial braking manoeuvre, significantly reducing the severity of the impact.

Since 2005, Mercedes-Benz has offered these radar-based assistance systems for the S-Class, and since 2006 for the CL luxury coupé. Around 40 percent of all German customers buying new S-Class vehicles equip them with this safety technology; while the proportion of CL-Class outfitted with DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS is even higher, exceeding 80 percent. Since 2005 Mercedes-Benz has delivered a total of more than 45,000 passenger cars featuring these innovative systems.

In order to calculate the safety benefits provided by this technology, Mercedes-Benz specialists make use of relevant data from the individual accidents, such as speed, distance to the other vehicle and driver's braking behaviour. With these data, together with the governing algorithms of DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS, the individual speed reduction is calculated. The engineers from Mercedes-Benz decided to apply a conservative calculation principle and did not take into account, for example, the additional safety-enhancing effect of the visual and audible distance warnings which prompt the driver to apply the brakes himself if the system determines it can no longer

avoid a collision by itself. The analysis is based on the assumption that the drivers ignore these warnings.

Page 3

In Germany there are over 50,000 severe rear-end collisions every year, causing death or serious injuries to around 5,700 people. Of all the accidents involving personal injury, one in six is a rear-end collision. In the United States this accident type makes up around 30 percent of all serious traffic accidents.

The engineers of the Stuttgart-based car manufacturer continue to work tirelessly on the development of further driver assistance systems aimed at helping to prevent road accidents.

**Contact:**

Norbert Giesen, telephone: +49 (0)711-17-76422, [norbert.giesen@daimler.com](mailto:norbert.giesen@daimler.com)

Further information about Mercedes-Benz is available online:

[www.media.daimler.com](http://www.media.daimler.com)

これは、2008年6月10日にダイムラーAGから発表されたプレスリリースの日本語抄訳です。

メルセデス・ベンツが行った事故研究の結果について

Press Information

## DISTRONIC PLUS および Brake Assist PLUS により、 追突事故が 20 パーセント減少

2008年6月10日

レーダー技術によるメルセデス・ベンツの支援システム DISTRONIC PLUS および Brake Assist PLUS が事故防止に効果的な役割を果たしている。メルセデス・ベンツが代表的な事故研究データを基に行った分析によって、このような結果が明らかになりました。この技術によって、ドイツ国内のみで全追突事故の平均 5 分の 1 を防止することができる可能性があります。高速道路における追突事故は平均 36 パーセントと、さらに減少するでしょう。メルセデス・ベンツによるこのシステムは、前方を走る車両との間隔が狭すぎる場合に運転者に警告し、緊急ブレーキングの際のサポートを行いません。

メルセデス・ベンツのエンジニアは、新しい安全技術の有効性を予測する計算方法を初めて開発しました。その際、公式の統計と GIDAS (ドイツ詳細事故研究) の枠組みにおいてこれまで研究された約 16,000 千件の交通事故分析の検討が行われました。

DISTRONIC PLUS および Brake Assist PLUS 支援システムによる安全性能の評価は、800 件以上の追突事故を再現して行われました。代表的事故の研究において重点が置かれたのは、「対象となった全乗用車にメルセデス・ベンツのこの技術が搭載されていれば、これらの事故のうちどれだけを未然に防ぐことができたか」ということです。

これによると、本システムの高い安全効果が明らかになりました。DISTRONIC PLUS および Brake Assist PLUS によって、全追突事故の平均 20 パーセント以上を未然に防ぐことができるはずなのです。さらに全追突事故の 4 分の 1 においては、本システムによって事故の程度を大きく軽減することができるはずです。

最新のレーダー技術とブレーキ技術を組み合わせることによって、この非常に高い安全性能は、高速道路において最も高い効果を発揮し、追突事故の約 36 パーセントを未然に防ぐことができるでしょう。

## S クラスセダンの約 40 パーセントにレーダー技術を搭載

DISTRONIC PLUS 車間制御システムは、前方を走る車両との距離を、前もって選択した数値に維持し、必要であれば、交通状況に応じて車を完全に停止させます。前方の車両との車間が急速に縮まる場合には、運転者に警告し、必要なブレーキ圧を計算し、ブレーキペダルが踏み込まれると同時に Brake Assist PLUS システムがそのブレーキ圧を即座に提供します。運転者が警告を無視しても、PRE-SAFE® Brake システムによって緊急パーシャルブレーキングが働き、衝突時の衝撃を大幅に緩和します。

メルセデス・ベンツは、レーダーによる支援システムを 2005 年より S クラスに、2006 年からは CL クラスにも導入しており、ドイツでは、S クラスの新車を購入した顧客の約 40 パーセントが、この安全技術を享受しています。CL クラスでは、DISTRONIC PLUS と Brake Assist PLUS の搭載率は 80 パーセント以上と、さらに高い割合となっています。メルセデス・ベンツはこれらの画期的なシステムを搭載した乗用車を 2005 年からの累計で 45,000 台以上販売しました。

この技術による安全効果を測るため、メルセデス・ベンツではスピード、他の車両との距離、運転者のブレーキ操作といった、個別の事故からの関連データを利用しています。これらのデータと、DISTRONIC PLUS および Brake Assist PLUS の制御アルゴリズムにより、減速の計算が毎回行われます。メルセデス・ベンツのエンジニアは、控えめな計算原理を採用しています。つまり、衝突事故を避けられないとシステムが判断すると、運転者自身にブレーキを踏むよう促す視覚的・聴覚的な車間警報のような安全性を高める補助的効果は、事故の抑止効果として考慮されていません。運転者がこれらの警報を無視する場合を想定しているためです。

ドイツでは、毎年 50,000 件以上の重大追突事故が発生しており、約 5,700 人の人が死亡または重傷に至っています。人身事故の 6 件に 1 件が追突事故によるものです。アメリカでは、このタイプの事故が、重大な交通事故の約 30 パーセントを占めています。

メルセデス・ベンツのエンジニアは、交通事故の防止を目的とした運転支援システムの開発をさらに進めるべく、今後もたゆみない努力を続けてまいります。

**FISITA-Paper F2008-08-109****DESIGN OF EFFECTIVE COLLISION MITIGATION SYSTEMS AND PREDICTION OF THEIR STATISTICAL EFFICIENCY TO AVOID OR MITIGATE REAL WORLD ACCIDENTS**

Dr. Schittenhelm, Helmut  
Daimler AG, D-71059 Sindelfingen, Germany

KEYWORDS – effectiveness of primary safety measure, collision avoidance, brake assist, advanced cruise control, rear-end crash, active safety, safety benefit, real world accident data

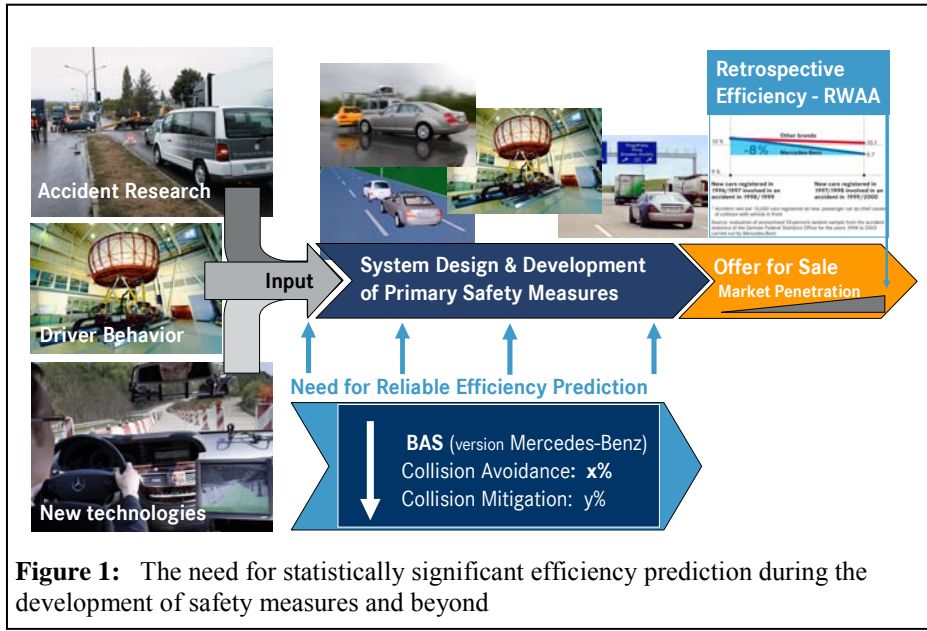
**ABSTRACT**

Primary safety systems are designed to help to avoid accidents or, if that is not possible, to stabilize respectively reduce the dynamics of the vehicle to such an extent that the secondary safety measures are able to act best possible. The effectiveness is a measure for the efficiency, with which a safety system succeeds in achieving this target within its range of operation in interaction with driver and vehicle. Based on Daimler's philosophy of the "Real Life Safety" the reflection of the real world accidents in the systems range of operation is both starting point as well as benchmark for its optimization.

A prospective method of efficiency prediction for primary safety systems which yields statistically significant results is discussed for rear-end crashes. The method starts from a characterization of the conflict and the crash situation depicting its relevance in real world accident statistics. The optimization process is aimed at achieving best system performance under the spectrum of real world accidents. The method was applied to the conventional Brake Assist of Mercedes-Benz. The result matches excellently with former retrospective evaluations of German accident statistics. The appliance to the linkage of DISTRONIC PLUS with Brake Assist PLUS generated promising results. Despite very conservative restrictions the results confirm with the profound safety effects: DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS can avoid more than 20% of all rear-end collisions. In an additional portion of 25% of collisions the linked systems contribute to a significant reduction of accident severity.

**INTRODUCTION**

For Mercedes-Benz, automotive safety is not just a question of fulfilling crash tests. Mercedes's innovations in the area of primary and secondary safety have been based successfully on findings of accident research for 38 years. Reality still is and continues to be the benchmark of the development of effective primary and secondary safety measures. The development of modern safety measures is a holistic process (figure 1) which is based on accident research, basic research on driver behaviour (situation based human or operating error) and development and integration of new sensor, perception and actuator technologies. During the development process ample simulation series [6], system tests at test areas [5] and driving simulator tests are used to design and optimize the assistance systems [3]. During the final step customer-orientated testing of the system is carried out. However, after the system is introduced to the market it takes several additional years for it to penetrate the market. Only then is it possible to gain information on its efficiency based on real world accident statistics. Many of these systems take more than a decade of years to achieve a sufficient penetration rate. This immense lag of time is not acceptable for the development of safety measures that had to be efficient on the base of reality like it is required by Mercedes-Benz.



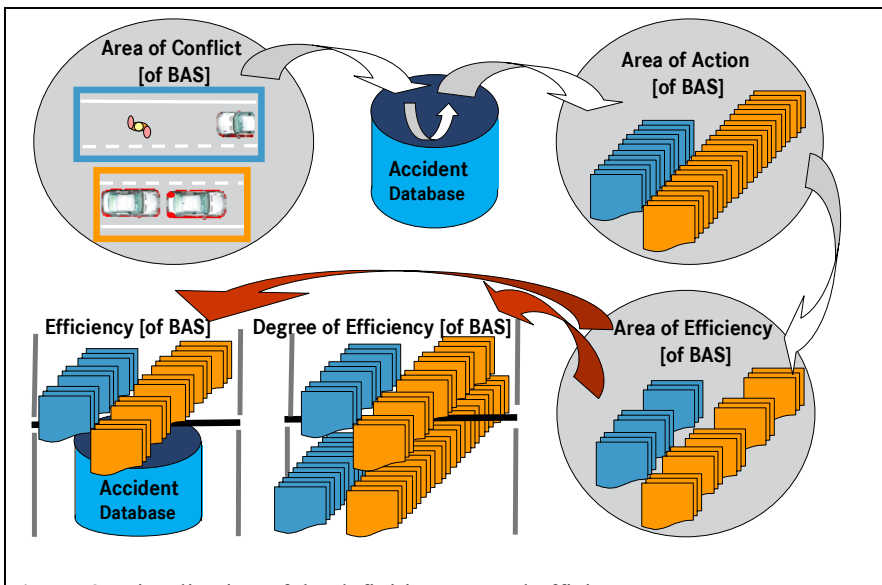
**Figure 1:** The need for statistically significant efficiency prediction during the development of safety measures and beyond

For the optimization of the above described development process it is essential having statistically reliable prediction of the expected efficiency available continuously from the choice of a promising idea for the design of a new safety measure, the starting point of its development and through the whole process. So it becomes possible

- to focus on those primary safety measure that addresses most efficient relevant accidents and conflict situations resulting from human errors,
  - to configure an efficient set of optimal balanced sensors, actuators and algorithms,
  - to optimize the efficiency of the function by preliminary design using simulation methods,
  - to obtain reliable information what the customer can expect from the system as benefit.
- Efficiency analysis is the key technology to achieve an improved development process.

DEFINITIONS

In analyzing the effect of primary safety measures it is useful to define terms that describe abstract characteristics of an accident or concrete accidents of a given characteristic. The characteristic could be a parameter that leads to an accident like the conflict, an environmental parameter like ice or a property like skidding. Another useful differentiation is that between the relative and the absolute effect. To do so the following definitions were introduced (see figure 2).



**Figure 2:** Visualization of the definitions around efficiency

The **area of conflict [AoC]** of a primary safety measure is defined to be the grouping of abstract standardized conflict situations, in which the

primary safety measure should operate, avoiding or reducing accident severity due to its specifications. Use-cases which can be categorized as accidents are an example that makes up an “area of conflict”. The **area of action [AoA]** is defined as the mapping of the area of



conflict in representative real life accident data. It is the totality of accidents which correspond to the conflict situations in the area of conflict.

The **area of efficiency [AoE]** is defined as the subset of the area of action, in which the primary safety measure is able to avoid or mitigate the severity of accidents. Here the design specifications satisfy the physical parameters of the accidents.

The **degree of efficiency [DoE]** is defined as the quotient of the number of accidents in the area of efficiency and in the area of action. The **efficiency** is defined as the quotient of the number of accidents in the area of efficiency and the number of accidents in the origin base of all accidents. The adjunct “representative” is used to clarify that the allocation base was representative. An illustration of the terms defined above and their dependencies is shown in Figure 2 using the primary safety measure “Brake Assist (BAS)” as an example.

## METHODS FOR DETERMING EFFICIENCY

First of all methods for determining the efficiency of primary safety systems can initially be classified according to their ability to provide results for efficiency in a retrospect or in a prospective view.

Methods for a retrospect assessment of efficiency have established themselves by proving the evidence of ESP. Studies conducted by Mercedes-Benz [1], NHTSA and others show that in a representative sample of accidents a significant reduction in the number or the severity of special types of accidents between a group of cars equipped with ESP and a group of cars without ESP could be observed. One of these special types is for example the type of “driver related accidents”. Mercedes-Benz showed a reduction of 42% in this type of accident. This result is confirmed by other studies and already existing meta-studies [2]. By contrast in [13] not a type of an accident but the conflict of a skidding car before the crash is analyzed.

The principle disadvantage of retrospect methods is that they base on the fact that there is a significant amount of cars equipped with the system in the market and that they are differentiable from those without the system. This penetration normally needs years after the point of sale. This is unacceptable for a use in the development of effective safety systems.

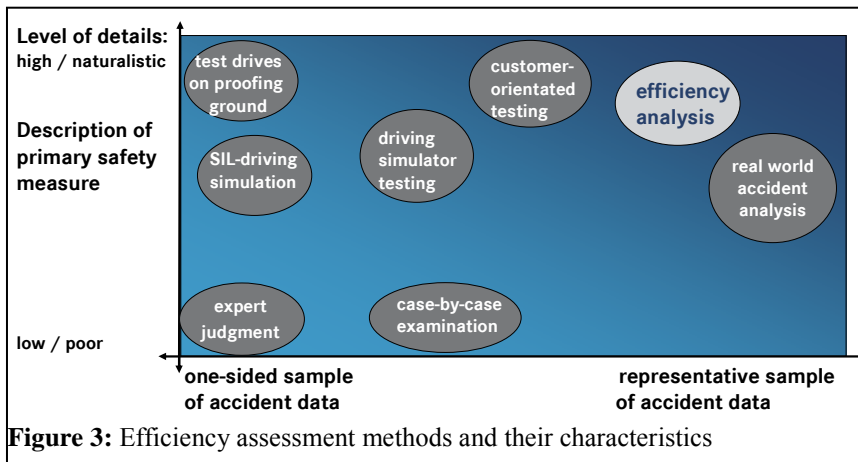
The prospective methods can be distinguished by their ability to supply statistically reliable representative results. The following requirements have to be fulfilled to obtain such results:

1. *representative accident database used as a basis for the method / analysis*  
this means in particular a great number of total and considered accidents, surveyed coincidentally, containing all required information by the primary safety system
2. *reproducibility of the results respectively the determination of AoA and AoE*  
this means especially a strictly rule-based respectively automated approach
3. *integration of most / all parts of the primary safety system in the estimation of AoE*  
this means integrating descriptions or models for most or all parts of the system in the loop with car, driver and the complex accident situations in their holistic interactive dependencies (for the prevention of drastic simplifications).

An assessment of common used method for predicting efficiency in the two dimensions “representative database” and “level of details of integrated parts” is shown in figure 3.

The “method” driving simulator has the unique advantage that it makes it possible to vary the driver and its behaviour in the accident situation remaining the same for all different drivers. To cover the wide spread of conflicts that lead to a rear-end accident the efficiency is calculated as a mean of several typical rear-end accidents [3, 4, 14, 16]. For getting representative results the integration in other methods is necessary.

The determination of AoE which is necessary to calculate DoE can be done in two ways. The simple way is to integrate parts of the primary safety system in the specification of AoE. If AoA and AoE are determined from in-depth accident data, this could be done. An example of

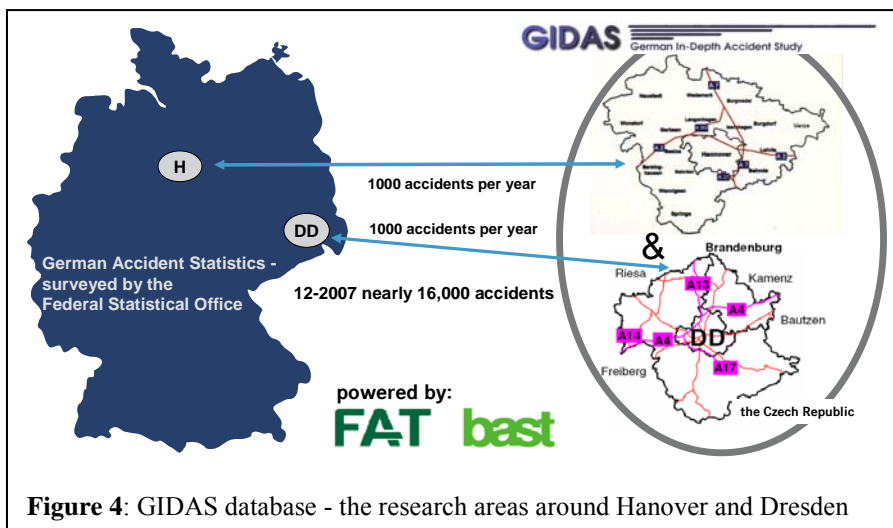


doing this is described in [7, 8]. A weakness of this approach is the not neglectable variance in the results. A more complex and expensive way is to determine AoE by an automatically performed analysis of all accidents contained in the AoA [8, 9]. This approach ends in a trustier AoE

and DoE than the one resulting from the simplified approach described before. Therefore a specific version of an automated approach is used in this paper.

### GIDAS DATABASE-A STATISTICAL REPRESENTATIVE SAMPLE OF ACCIDENTS

The analysis in this paper is based on accident data provided by the GIDAS project. GIDAS is an abbreviation for “German In-Depth Accident Study”. GIDAS is a cooperative project between the German Association for Automotive Technology Research (Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V., FAT) and the German Federal Highway Research Institute (Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt) (see [11] for more details). In its current form it was founded in 1999. Since this time the data for in-depth documentations of more than 2000 accidents per year is collected in two research areas – the metropolitan areas around Hanover and Dresden (figure 4). The criterions for choice and collection are: (1) road accident, (2) accident in one of the research areas, (3) accident occurs when a team is on duty, and (4) at least one person in the accident is injured, regardless of severity. For each accident a digital folder is delivered according to carefully defined guidelines and coded in a database. Depending on the type of accident, each case is described by a total of 500 to 3,000 variables, containing e.g. accident type and environmental conditions (the type of road, number of lanes, width, surface, weather conditions, time of the day,...) surroundings of the accident scene, vehicle-type, vehicle specifications (mass, power, tires, ...) and configurations (e.g. with safety measures), documentation of damage of the vehicles and injury data for all persons involved and their medical care. Investigation of all cases is “on the spot” to ensure best visibility of traces for a best possible reconstruction. Each accident is reconstructed in



detail including the pre-collision-phase. Available information includes initial vehicle and collision impact speed deceleration as well as the collision sequence. Half the battle of the pro of this database is that: (1) the number of cases is high enough to provide statistically significant results, and

(2) each accident is documented in great detail, including in-depth-analyses and reconstructions of the course of the accidents including the pre-crash phase, and (3) most of all this database is proven to be representative to German national accident statistics.

RELEVANCE OF REAR-END CRASHES WITH PERSONAL INJURY IN GERMANY

Rear-end collisions are among the most frequent type of accidents with injury outcome. In the German accident statistic of 2006 this accident type corresponds to 15% of all accidents with injuries. Taking a closer look at rear-end collisions it becomes clear that only four conflict situations already make up 80% of all rear-end collisions: (1) colliding with a slower vehicle, travelling in front,(2) colliding with a vehicle at the tail end of a traffic jam,(3) colliding with a vehicle which stops, brakes or travels slowly due to an impending stop (traffic light, stop sign, etc.), and (4) colliding with a vehicle which attempts to turn left but needs to stop for another vehicle having the right of way (figure 5). We will refer to these accidents as the

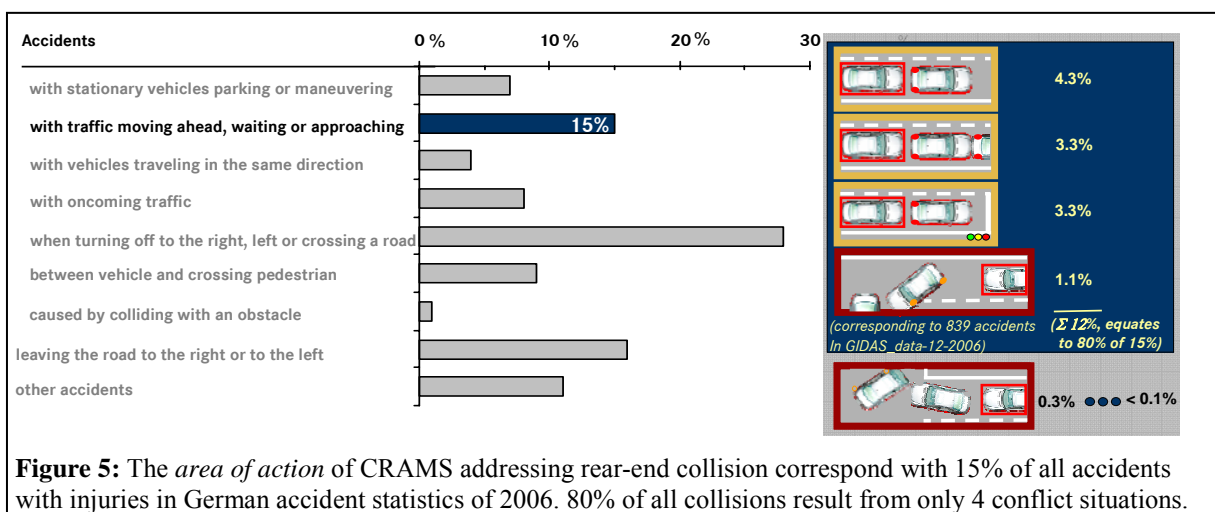


Figure 5: The area of action of CRAMS addressing rear-end collision correspond with 15% of all accidents with injuries in German accident statistics of 2006. 80% of all collisions result from only 4 conflict situations.

“Area of Action of CRAMS” (Collision (Rear-end) Avoidance or Mitigation Systems). The absolute size of other conflicts is less than 0.1%. For reducing complexity we will leave them out from further considerations. But where do these accidents happen? Accident statistics give us a good indication:

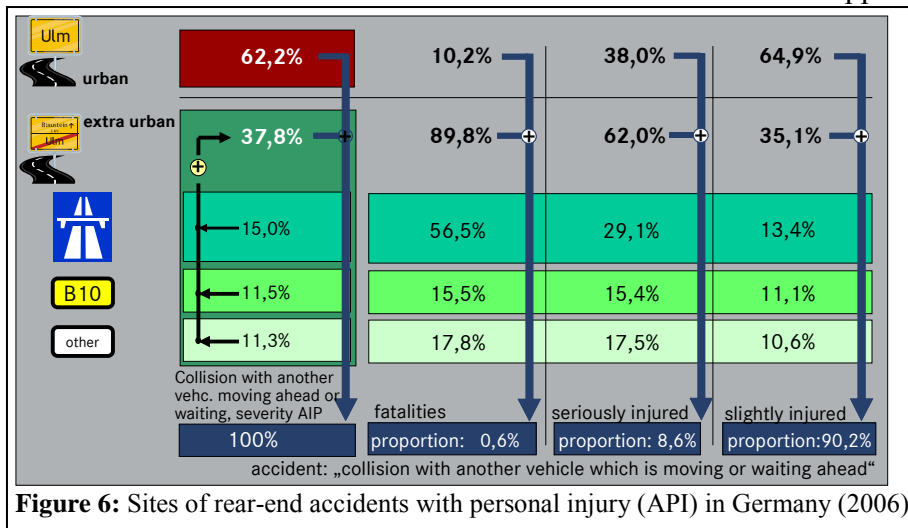
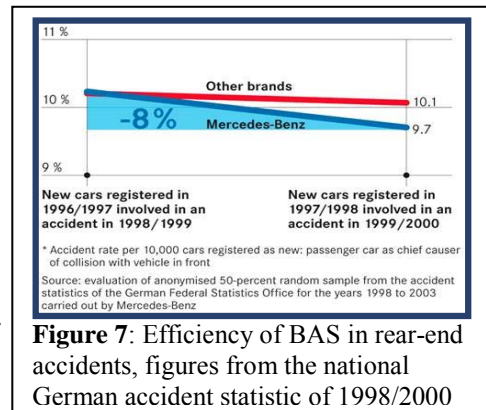


Figure 6: Sites of rear-end accidents with personal injury (API) in Germany (2006)

Each type of road defines a specific dynamic representation of the accidents situations which should be addressed by the primary safety measure efficiently. For details see figure 6. Hard point for reducing fatalities is the reduction of extra urban accidents on motor- and freeways. Crucial point for reducing the number of accidents is the focus on “urban accidents”.

## FROM BRAKE ASSIST TO BRAKE ASSIST PLUS

Brake Assist was the first primary safety measure that provides provable assistance to the driver to avoid rear-end collisions. It was derived from the observation [14] that drivers apply the brakes in emergency situations fast but normally did not reach maximum capability of the brake system. Brake Assist (BAS) identifies emergency braking situation by always comparing the speed at which the brake pedal is activated. If this speed exceeds a specific limit which also depends on the current velocity of the car and an actuation travel of the brake pedal, Brake Assist automatically builds up the highest brake pressure. The deceleration increases instantly to the maximum possible value. It was due to the decision of Mercedes-Benz to install BAS 1997/98 as standard equipment in all passenger cars that the efficiency of the system was measurable in the national German accident statistics of 1999/2000. BAS reduces the involvement of Mercedes-Benz cars in contrast to cars of other brands in rear-end collision by 8% (see figure 7) and in serious accidents with pedestrians by 13% [12, 16].



**Figure 7:** Efficiency of BAS in rear-end accidents, figures from the national German accident statistic of 1998/2000

Selective further development of BAS [3, 4] was “added environmental sensing” i.e. the integration of two radar sensors systems to monitor and evaluate the traffic situation in front of the car. The 77-GHz and two 24-GHz radar systems complement each other. The 77-GHz long-range radar is able to scan three lanes over a distance up to 150 meters with an angle of nine degrees. Two 24-GHz radar sensors monitor the immediate area in front of the vehicle from 0.2 up to 30 meter with an angle of 80 degree for each sensor. With this radar-based environmental perception the situation evaluation algorithm of BAS PLUS can detect imminent rear-end collisions to identified obstacles. If there is currently one detected BAS PLUS does in parallel:

(1) BAS PLUS calculates continuously the actual braking assistance required to avoid the collision by target braking (not necessarily a full braking). The calculated braking pressure is available as soon as the driver applies the brake.

*While the conventional Brake Assist requires a reflex activation of the brake pedal, BAS PLUS only requires a pressure on the pedal that shows the clear intention for braking. This measure increases the number of activations considerably compared to BAS [14]. While the conventional BAS only can provide full braking pressure, BAS PLUS provides a situational depending braking pressure needed for a target braking.*

(2) BAS PLUS warns the driver with an audible signal, prompting him to take action. *This warning sub function is an additional difference between conventional BAS and BAS PLUS. Thereby BAS PLUS is able to support drivers that misjudge criticality, react inert or got distracted. This warning increases the number of driver braking in these conflicts.*

The BAS PLUS system is an additional option efficient especially in the case of rear-end collisions; naturally the BAS remains available. It keeps very efficient in accidents with pedestrians, where an alert driver sticks to be a more efficient sensor compared to radar.

## FROM DISTRONIC TO DISTRONIC PLUS

Mercedes-Benz calls his advanced cruise control DISTRONIC (DTR). It was presented in 1998. The system combines the cruise control function with a 77 Gigahertz long-range radar sensor. For an intrinsic speed in the range between 30 to 180 km/h DTR can set a value for

vehicle speed and another value for a time based distance maintaining to a vehicle in front. Below an intrinsic speed of 30 km/h DISTRONIC automatically switches off. Its maximum dynamic to decelerate is 2 m/sec<sup>2</sup>. The assisting System DISTRONIC tries to keep the vehicle at the desired speed until it detects a slower vehicle in front. In this case DTR reduces the intrinsic speed so that the planned distance to the car in front is kept. If DTR reaches its system limits the control task is handed over to the driver. DISTRONIC also contains optical and audible collision warning.

Selective further developments of DISTRONIC lead to DISTRONIC PLUS [3, 4] in 2005. The 77 GHz DISTRONIC radar was combined with two 24 GHz short range radar sensors. The algorithms for situation perception and assessment were enhanced. This leads to an increased operating range from 0 km/h to 200 km/h, an extend of the area of operation of the proximity control up to between 0.2 m and 150 m and an advanced dynamic range for deceleration. As such, automatic braking is now provided up to 4m/s<sup>2</sup> depending on the intrinsic speed. Where are the differences between DISTRONIC and DISTRONIC PLUS that are relevant for their ability to mitigate or if physically possible avoid rear-end accidents?

While the conventional DTR can not ...

- automatically brake to a standstill, DISTRONIC PLUS can.
- “sense” a car standing still after braking to standstill DISTRONIC PLUS can.
- decelerate with more than 2 m/sec<sup>2</sup> DISTRONIC PLUS can decelerate automatically with 4m/sec<sup>2</sup> up to an intrinsic velocity equal 50 km/h, between an intrinsic velocity of 50-150 km/h with an deceleration in the range from 4 m/sec<sup>2</sup> to 2 m/sec<sup>2</sup>, and above 150 km/h with 2 m/sec<sup>2</sup>.
- control speed and distance in the range from 0-30 km/h for intrinsic velocity and in proximity up to 0.2 meters, DISTRONIC PLUS can.

The advanced situation perception and assessment based on the use of 24-GHz radar, the extended dynamic and enlarged system limits cover the dynamic of more than 50% of rear-end accidents. In sum these additional features give DISTRONIC PLUS the opportunity to mitigate respectively avoid rear-end accidents.

## THE REAL WORLD EFFICIENCY OF BAS LINKED WITH DISTRONIC AND BAS PLUS LINKED WITH DISTRONIC PLUS

In the two preceding sections the functionality of Brake Assist, Brake Assist PLUS, DISTRONIC and DISTRONIC PLUS was represented in detail. Now their degree of efficiency in avoiding or reducing the severity of rear-end accidents based on real world data will be examined. To be able to do so a virtual proving ground was created consisting of models for vehicle with primary safety system respectively assisting system, driver and environment. The actual realized level of detail permits evaluations of Mercedes-Benz cars equipped with above specified systems BAS, BAS PLUS, DISTRONIC, DISTRONIC PLUS dynamically in those critical pre-crash situations defined by the elements of the relevant areas of action. Analysis for the efficiency is carried out automatically based on the area of action.

The assumptions on which the following efficiency analysis is based are very important, they are chosen very conservative: Selecting accidents from GIDAS database (2006) that belong to “area of action of CRAMS” (AoA-CRAMS) as defined before. Then it holds for AoA-CRAMS:

- It consists of 839 in-depth evaluated accidents, especially containing reconstruction data.
  - It constitutes a representative sample of rear-end accidents with personal injury in Germany.
- The systems BAS, DTR, DISTRONIC PLUS, BAS PLUS are tested virtually in the “**area of action of CRAMS**” (**C**ollision (**R**ear-end) **A**voidance or **M**itigation Systems) assuming:
- Equipment rate is 0% or 100%.
  - BAS PLUS is activated permanently (rate of switching-on is 100%).

- DISTRONIC, DISTRONIC PLUS - adaptive cruise control sub-function - is activated for 100% extra urban driving on freeways (Autobahnen) and highways (Bundesstraßen).
- Conservative assumptions with respect to the behaviour of the driver during the accident:
  - Driver behaviour remains UNCHANGED during the accident (equal to reconstruction).
  - A possible reaction of the driver to all kinds of collision warnings is NOT MODELED.
  - A simple driver model for activating BAS is used.

The degree of efficiency is calculated as defined before.

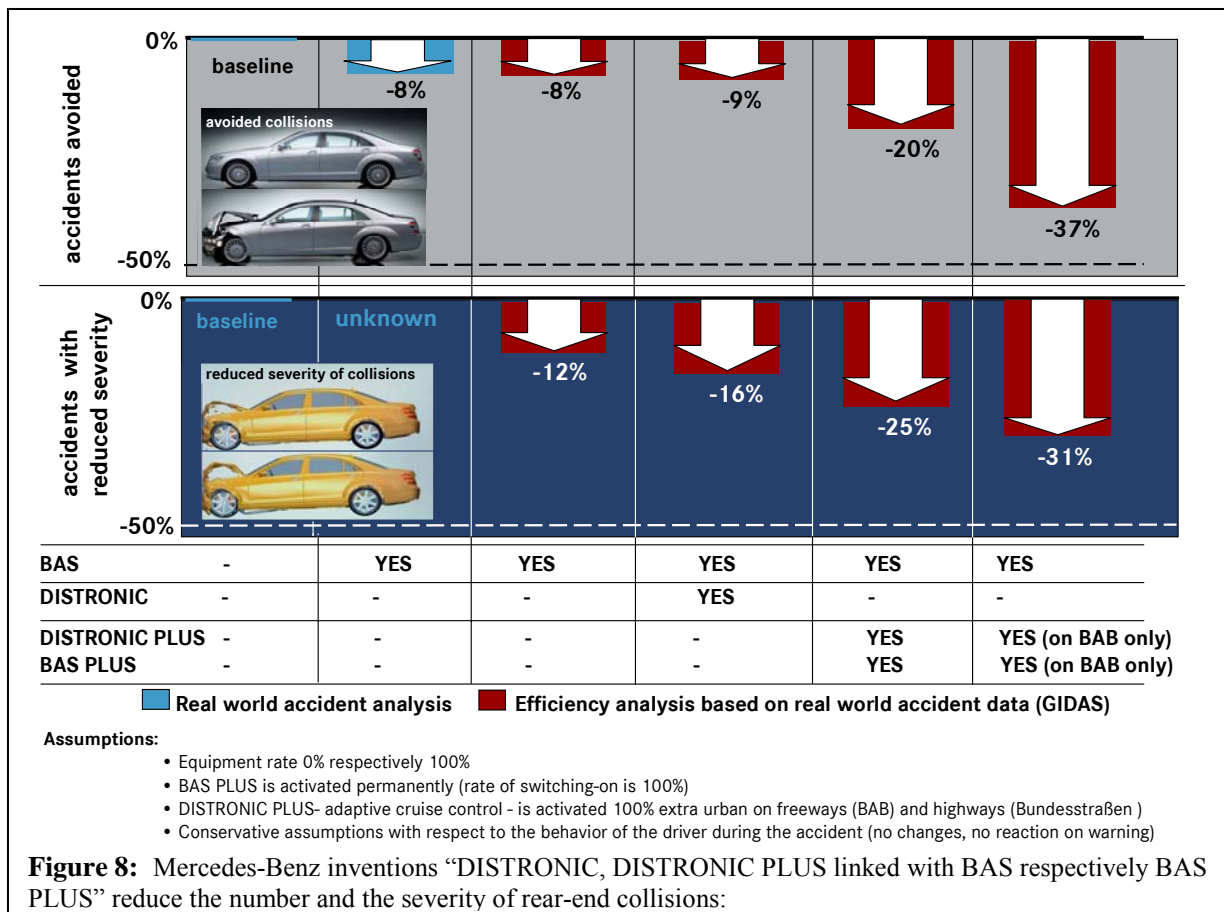


Figure 8 summarizes the results of the efficiency analysis for BAS, DISTRONIC linked with BAS respectively DISTRONIC PLUS linked with BAS PLUS based on representative real world accident data. For comparison the result of the retrospective efficiency in the case of rear-end collisions based on data from the German Federal Statistics Office is included in figure 11. This former evaluation shows a reduction of -8% in rear-end collisions resulting from BAS. A similar effect results from the virtual test with vehicles equipped with BAS in the area of action consisting of ALL rear-end crashes from GIDAS (2006). Just over 8% of all rear-end collisions could be avoided during the virtual test of BAS with more than 800 representative accidents with personal injury. [9]

In the case of the combination of BAS and DISTRONIC (switched-on on highways and freeways) the number of avoided rear-end crashes increases to nearly 9%. Here the additional obtained reduction of severity carries more weight. In the case of the combination of BAS PLUS with DISTRONIC PLUS (switched-on on highways and freeways!) the share of avoided accidents (in all urban and extra urban collisions) climbs above 20%. The proportion of accidents with reduced severity adds to it with 25%. The safety potential of the interaction of DISTRONIC PLUS and BAS PLUS becomes even more evident on freeways. Here the system combination is able to avoid more than 37% of all rear-end collisions. This is due to the large share of accidents in which drivers do not react. In more than 85% of all accidents

were the driver did not react a switched-on DISTRONIC PLUS is able to avoid accidents due to its (increased) wide dynamic range. This is all the more amazing due to the fact that the additional effect of a warning is ignored. In those accidents in which the driver brakes so far, DISTRONIC PLUS reduces energy in the bullet car until the point in time when the driver applies the brake thus far. After this point BAS PLUS optimizes braking reaction of the driver to a target brake. This avoids many accidents or reduces their severity especially in the situations with traffic jam. This optimal functionality in complementing one another leads in sum to an absolute portion of nearly 4% of the total amount of nearly 21 % avoided accidents. All numbers based on an 80% proportion of accident situations maintaining to rear-end crashes. A future dropping of the restriction to (CRAMS-AoA) and consideration of all accident situations may give an increased efficiency. The work will be continued to integrate the efficiency of PreSafe®-Brake and the reaction of the driver on warnings.

SIMPLIFIED ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE DRIVER

The following assumptions about the driver were made in the previous efficiency analysis:

- Driver behaviour remains unchanged during the accident (equal to reconstruction data).
- A possible reaction of the driver on all kinds of collision warnings is NOT MODELED.

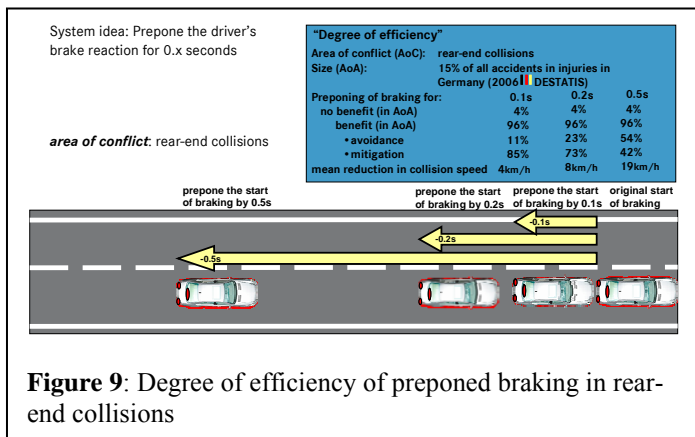


Figure 9: Degree of efficiency of preponed braking in rear-end collisions

What is that suppose to mean? A warning can effect 2 basic reactions: (1) if the driver does not react in the original accident without a warning, it is to be assumed that he would do so – with a certain probability.

(2) if the driver reacts in the original accident, two different cases have to distinguished:

(a) the reaction was before he could be aware of the warning, then it is to be assumed that the warning would have had no influence on the point in

time of his reaction.

(b) the reaction was after the warning, then it is to be assumed that the warning would have had influence on the point in time of his reaction. With a certain probability the collision warning will lead to a preponing of the reaction – close(r) to the warning. In none of these

cases the (observed) reaction point in time would have been regarded stable or preponed by the warning. So the assumptions made are very conservative, but the consideration of a driver reaction on the warning would (only) improve but in no case impair the efficiencies.

Figure 9 and 10 show simplified the efficiency of a preponing of brake reaction in time for all drivers who already show a break

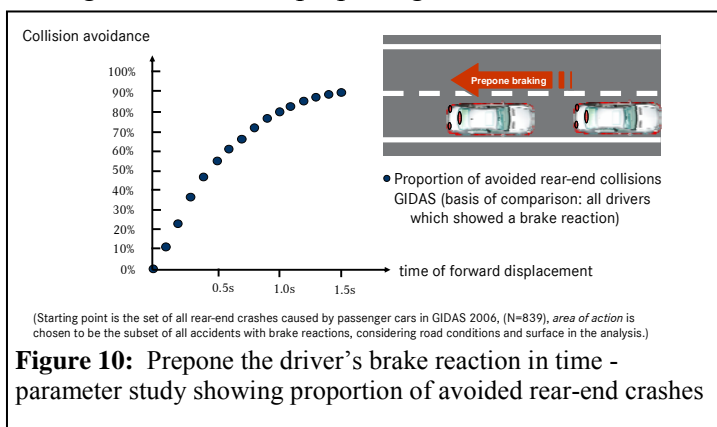


Figure 10: Prepone the driver's brake reaction in time - parameter study showing proportion of avoided rear-end crashes

reaction. An average of 0.2sec - 0.3sec for the preponing of a brake reaction initialised by a warning and 0.2sec - 0.3ses for a dynamic brake system – like those that were used in luxury cars like the S-class - seem to be realistic. [9]

## SUMMARY

A prospective method of efficiency prediction for safety systems which yields statistically significant results is realized for rear-end crashes. The method was applied to BAS. The results match excellently with former retrospective evaluations of German accident statistics. The appliance to the linkage of DISTRONIC PLUS (switched-on) with BAS PLUS has generated promising results. Despite the very conservative restrictions the results confirm the profound safety effects: DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS can avoid more than 20% of all rear-end collisions. In an additional portion of 25% of collisions the linked systems contribute to a significant reduction of accident severity.

The method has proved to be usable to evaluate the efficiency of simple and complex / realistic primary safety systems on the base of representative accident data with maintainable effort. It is applicable to optimize algorithms as well as environmental perception equipments. It could be used to determine the probable effect of a concept just as well as the effectiveness of an existing system with a small penetration in the market which is invisible in accident statistics. The next step is the integration into the vehicle development and process chain of Daimler. Thereby the implementation of the most effective measures on the way to "accident-free driving" should be identified and realized [17, 18].

## REFERENCES

- [1] Breuer, J., Eckstein, L., Frank, P., Unselt, T.: Avoidance of „loss of control accidents“ through the benefit of ESP, FISITA 2004 World Congress, Barcelona
- [2] Erke, A.: Effects of electronic stability control (ESC) on accidents: A review of empirical evidence, AAP, Vol. 40, p. 167-173, 2008
- [3] Breuer, J., Gleisner, S.: New Systems to avoid/mitigate rear-end collisions, VDI- Berichte Nr. 1960, p. 393 – 402, Düsseldorf, 2006
- [4] ATZ-Extra, Die neue S\_Klasse von Mercedes-Benz, ATZ-Sonderheft 10/2005
- [5] Fach, M., Baumann, F., Nüssle, M., u. a.: Objektive Bewertungsverfahren für radbremsenbasierte Systeme der Aktiven Sicherheit, 25. Int.  $\mu$ -Symposium, p. 56-80, Darmstadt, 2005
- [6] Früh, C., Gleissner, S., Heine, U., Hillenbrand, J.: Driver Assistance Systems for Active Safety in Mercedes-Benz Passenger Cars, FISITA-Congress 2008, F2008-08-047, 2008.
- [7] Gottselig, B., Eis, V. Sferco, R.: Entwicklung der Verkehrssicherheit – Potentialbestimmung von modernen Sicherheitssystemen, VDA-Kongress 2008, Leonberg, VDA
- [8] Becker, H., Busch, S., Zobel, R.: Methods for the evaluation of primary safety measures by means of accident research, FISITA 2004 World Congress, F2004-V039, Barcelona, 2004
- [9] Schittenhelm, H.: Predicting the efficiency of collision mitigation strategies with respect to real world accidents, 3. Tagung „Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz“, TÜV Süd, 2008  
[http://www.fahrzeugtechnik-muenchen.de/index2.php?option=com\\_docman&task=doc\\_view&gid=220&Itemid=86](http://www.fahrzeugtechnik-muenchen.de/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=220&Itemid=86)
- [10] Schittenhelm, Bakker, J., Bürkle, H. Frank, P. Scheerer, J. : Methodiken für die Potentialanalyse von Assistenzsystemen auf Grundlage von Unfalldaten, 3. ESAR-Conference 2008, Hannover
- [11] WWW.GIDAS.ORG
- [12] Breuer, J. Eckstein, L., Unselt, T.: Fußgängerschutz durch Bremsassistentz, 1. Tagung „Aktive Sicherheit durch Fahrerassistenz“, TU München und TÜV Süd, 2004
- [13] Scheef, J., Strutz, T., Zobel, R.: What accident analysis tells us about safety evaluations of passenger vehicles, ESV-Congress 2007, Paper-No. 07-0074.
- [14] Zomotor, A.: Verhalten von Kraftfahrern in Notsituationen, in Krochmann (Ed), Reaktionszeiten von Kraftfahrern, TU Berlin, 1979
- [15] Schittenhelm, H.: Fahrerverhalten und Reaktionen in kritischen Fahrsituationen, VDI-Tagung „Innovativer Insassen und Partnerschutz“, VDI-Berichte 1911, Berlin, 2005
- [16] Schittenhelm, H., Ammon, D., Apel, A., Mitschke, M.; Driver behaviour model for longitudinal and lateral control in emergency manoeuvres, EAEC Congress 1995, SIA9506C12, Strasburg
- [17] Schöneburg, R., Breitling, T.: Enhancement of active and passive safety by future pre-safe systems, Paper No. 05-0080, ESV-Conference 2005, Nagoya, 2005
- [18] Justen, R.: New ways of safe driving, FISITA-Congress 2008, F2008-08-056, 2008





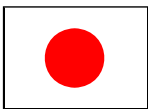
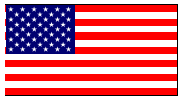

# Potential Real World safety opportunities with UWB SRR in Japan.

April 2009  
Autoliv



Slide: 1

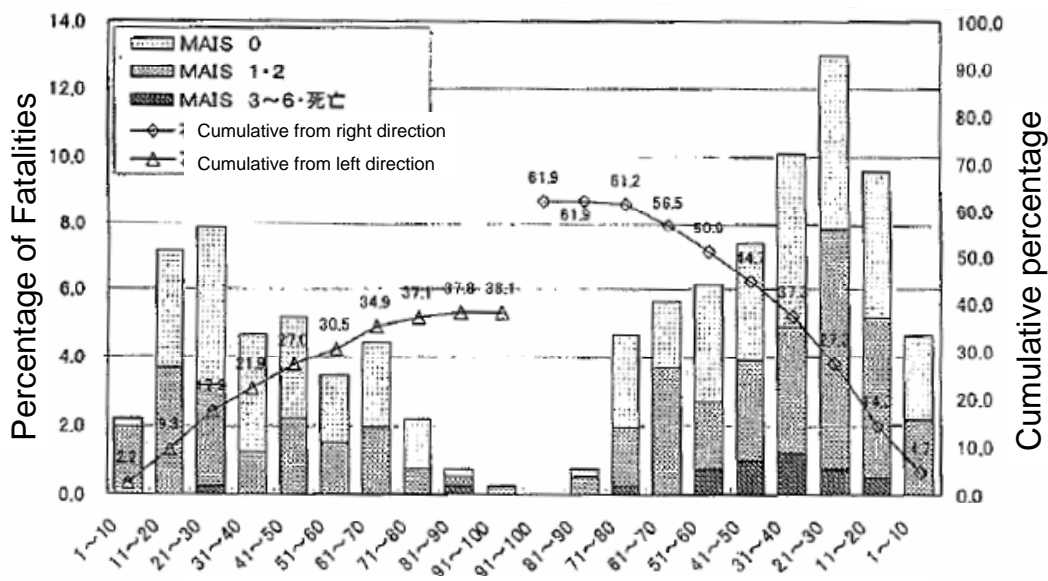
## Global road traffic accident similarities.

				Origin of Data
First age class victim of fatal accidents	>65 years old (42%)	[16-20 years] (highest fatality rate)	[24-65 years] (54%)	Japan: National Police Agency 2004 EU: CARE 2004-EU14 US: FARS 2005
Most frequent fatal accident victim	Vehicle occupants(40%) (Pedestrian(30%) 2 Wheels (30%))	Vehicle occupants (76%)	Vehicle occupants (50 to 55%)	Jama 2007 National Police Agency 2006
Vehicle occupants: Fatalities in frontal collisions	76%	52%	34%	Toyota ESV 2007 TRL ESV 2007 US: FARS 2005
Vehicle occupants: Fatalities in side collisions	19%	17.9% left 16.2% right	48% in UK 39% in Germany	Toyota ESV2007 ETSC 2001 US: FARS2005

As per EU and US, frontal accidents is a significant portion of overall accident



# Accident mode: Small Overlap



ITARDA Annual Report (2003) (Left Direction) Overlap Ratio (Right Direction)

As in EU and US, Small overlap (<30%) represent a significant portion of collisions and MAIS3+

Autoliv Property.

Slide: 3



## Consequent requirements for Sensing: High reliability of decision on marginal cases

Significant proportion of Small Overlaps  
and  
Avoid false decisions on near-hit cases



High resolution around car edges

Autoliv Property.

参1-2-2

Slide: 4



# Complex road infrastructure

## Suburban area:

- Narrow streets with protruding electric poles or rigid equipment.
- Few night illumination
- Few sidewalks



## Urban area:

- Traffic mix.
- High traffic density.
- Driver flooded with visual information/signals.



Autoliv Property.

Slide: 5



## Consequent requirements for Sensing: High capability for separation

High proportion of severe pedestrian accidents

+

High traffic mix

+

Dense traffic



**High Resolution**

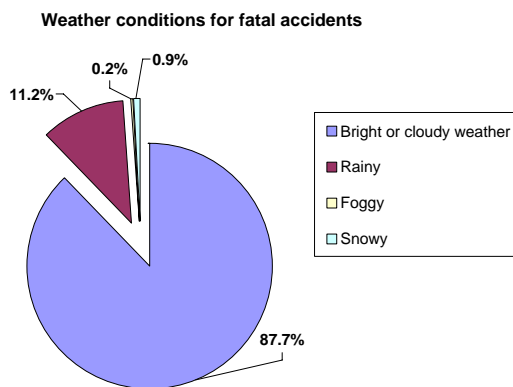
Autoliv Property.

参1-2-3

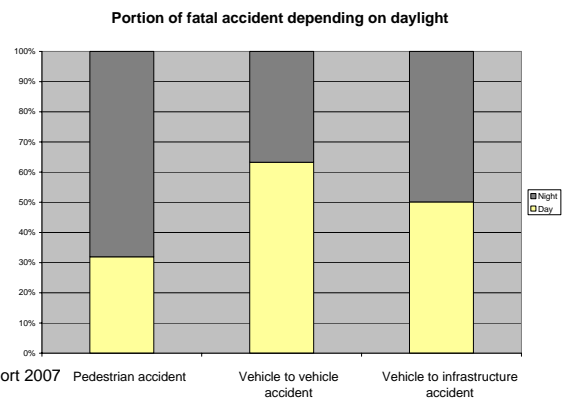
Slide: 6



# Weather and light conditions



Based on NPA report 2007



Based on NPA report 2007

Majority of fatal accidents occur after daylight, and about 12% occur in difficult visibility conditions

Autoliv Property.

Slide: 7



## Consequent requirements for Sensing: High sensor availability

**Severe accidents frequent at night time**

+

**Accident in difficult weather condition can not be dismissed**



**High sensor availability**

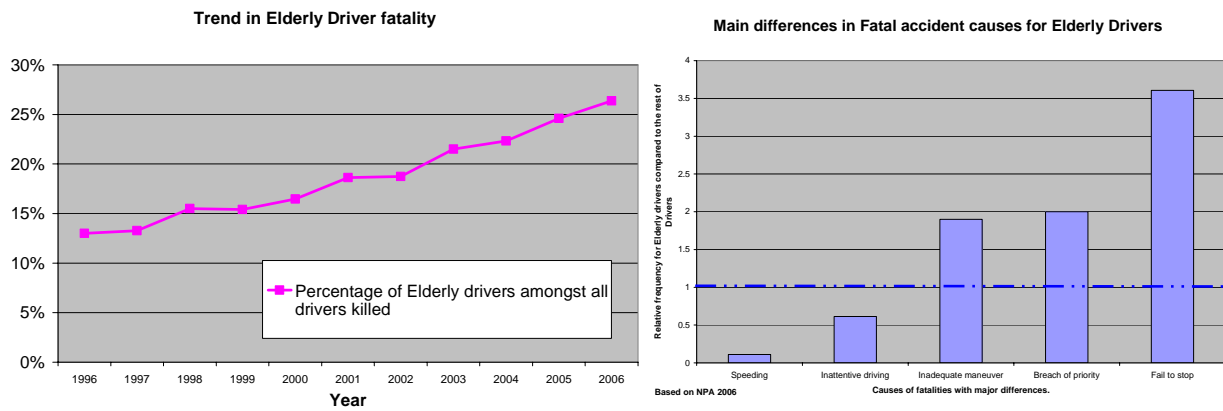
Autoliv Property.

参1-2-4

Slide: 8



# Elderly drivers



Even more than EU and US, Elderly Driver fatalities is an increasing issue.  
Elderly drivers show slower reactions, tend to be overwhelmed by warnings/signals: Active control would be more efficient.

Autoliv Property.

Slide: 9



## Consequent requirements for Sensing: High sensor reliability

Vehicle control



High sensor decision reliability

Autoliv Property.

参1-2-5

Slide: 10



# Spatial Resolution

## Angle and distance

Resolution in this context is defined as the ability to separate or resolve two closely spaced targets. For a simple radar with no measurement capability vertically (elevation), resolution comes from three, mostly independent parameters: Velocity, Target Angle and Distance (in conventional polar terminology)

**Angular resolution** is primarily driven by physical antenna aperture, irrespective of how that aperture is realized. For example, for an array, the narrowest synthesizable beam width can be calculated from the total physical dimensions (ref "Antenna Theory", Constantine Balanis, 1982, pp222).

A typical SRR receive antenna aperture of ~6cm is probably the maximum feasible, leaving enough physical space and separation for the transmit antenna (or vice versa) for a total unit size of the order of 10cm or less. Thus we can calculate the maximum 3db beam width, which will determine our angular resolution.

3dB Beam width:  $\Phi = 2 \cdot (90 - \cos^{-1}(-0.443(\lambda/D)))$  ( $\lambda$ : wavelength, D: physical antenna aperture)

For D=6cm, this yields  $\Phi = 10.6$  degree

Of course, this resolution figure can be improved upon using super-resolution techniques such as the MUSIC algorithm, but such approaches trade SNR for angular resolution (while significantly increasing the processing load and thus cost).

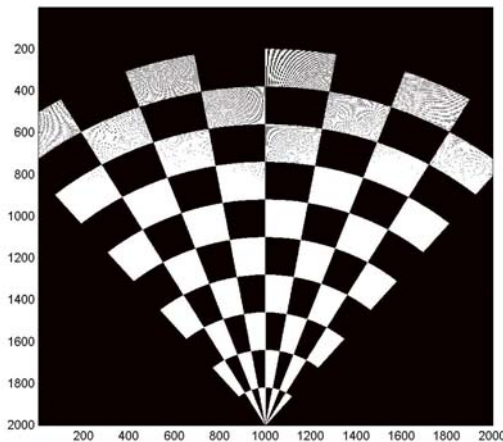
**Distance Resolution** is simply related to swept or instantaneous RF bandwidth (for FMCW and pulse systems respectively). For narrow band allocations in the ISM band in Japan, occupied bandwidth is restricted to ~80MHz. FCC and ETSI regulations allow up to at least 2GHz of bandwidth (more like 4GHz). Thus the available distance resolution from the two allocations is

Distance Resolution =  $1/2 (c/ \Delta F)$  where  $\Delta F$  is the occupied bandwidth  
 Thus for narrowband we have a distance resolution of 1.8m and for a UWB system, we have a potential resolution of 7.5cm

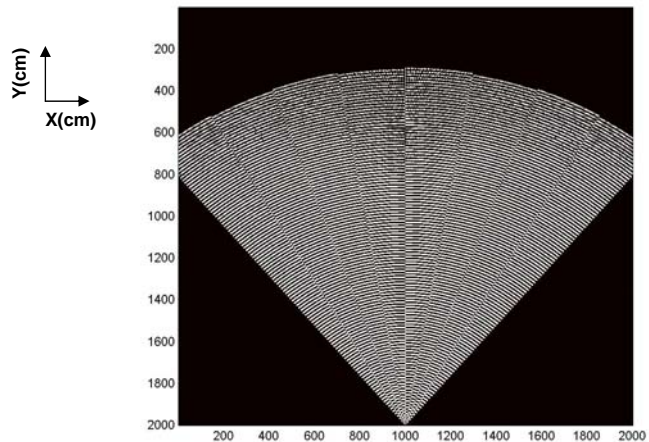
Autoliv Property.

# Spatial Resolution

The simulation plots below illustrate the difference in resolution between a NB and UWB radar. The scale is given in Cartesian coordinates and in cm. The radar is located at position (1000, 2000). Bore sight is along the x=1000 axis. Each checkerboard square represents a resolution cell (i.e inside this cell, the radar is unable to distinguish two targets that have the same velocity)



ISM Band radar  
 Calculation parameters  
 Angle resolution : 10°  
 Bandwidth : 80MHz  
 Field of view 80° (+/-40° from bore sight)  
 Simulation : 20mx20m grid, 1cm granularity, 18m depth



UWB radar  
 Calculation parameters  
 Angle resolution : 10°  
 Bandwidth : 4GHz  
 Field of view 80° (+/-40° from bore sight)  
 Simulation : 20mx20m grid, 1cm granularity, 17m depth

Autoliv Property.

# Spatial Resolution

- As can be seen, at ranges ~6-20m, the UWB achieves a very good resolution cells of the order of  $0.1\text{m}^2$ .
- For highly cluttered target scenarios where target discrimination by Doppler (velocity) is difficult, UWB will have a significant advantage in terms of target detection:

## Real World Scenarios

- There are classes of real world scenarios related to stopped object or very low velocity object classification and also cluttered environments where differentiation via Doppler is not possible.
  - Example: a pedestrian emerging from between two parked vehicles, with a small spacing distance between the parked vehicles and the pedestrian.

The high resolution achieved by UWB radar will contribute to separate objects in these specific scenarios that would otherwise not be discriminated.



1m  
Autoliv Property.



Slide: 13





10 September 2009

## **Update on Overview World Situation for UWB SRR frequency allocation at 24 GHz, 26 GHz and 79 GHz**

### **1. Ultra-Wide Band Short Range Radar (SRR) supports the governmental goal of cutting traffic fatalities**

- SARA is convinced that SRR is one of the most suitable technologies for safety applications because of its high availability even under bad weather conditions and at night. Customers recognize these safety benefits. The “take rate” is high at car lines where SRR is offered.

Automotive Radar is the basic technology for automotive active and passive safety applications. Regulators in the USA and Europe have recognized that this technology offers substantial possibilities for greatly improving road safety.

An example of active safety measure is autonomous emergency braking.

The safety benefit of SRR has been investigated by various parties: Daimler analyzed real traffic accidents (what would have happened if the cars would have SRR on board ?) and also analyzed repair part statistics. A high percentage of accidents could be avoided and others were strongly mitigated because of the reduction of the impact speed due to SRR. The Swedish Road Administration showed that reduction of impact speed by 10% would reduce the risk of fatalities by 30%. Also the German Insurance Research came to a similar result and asked for introduction of emergency braking in the cars. These studies were published in the Enhanced Safety of Vehicle (ESV) – Conference 2009, Germany. Based on these and other inputs, insurance companies are starting to reduce insurance fees if the cars are equipped with SRR.

- Another important factor is that any automotive safety application must be affordable so that it can be introduced rapidly into the car market. For new technology such as UWB SRR it is very important to achieve economies of scale that allow the benefits of the technology to be offered as widely as possible.
- For both these factors a worldwide harmonization of the frequency allocation is of great importance.

### **2. Situation 24 GHz / 26 GHz band (22 – 29 GHz)**

Frequency regulations have been developed in various regions. The following paragraphs give an overview of the worldwide situation:

- USA 2002: Frequency range 22 – 29 GHz. The regulation allows 24 GHz as well as 26 GHz SRR with no restrictions in time and quantity, no deactivation for Radio Astronomy.
- Europe 2005: Frequency range 21.65 – 26.65 GHz (center frequency 24.15 GHz)



- Restrictions: time limitation 2013, car fleet penetration 7%, automatic deactivation in protection ranges around Radio Astronomy sites between 1 and 35 km.
- Because of the restrictions for 24 GHz SRR a frequency regulation for the 77 – 81 GHz (center frequency 79 GHz) was created with no restrictions in time and quantity as well as no deactivation for Radio Astronomy.
- The current European 24 GHz regulation with its time limit and fleet limit fails to reflect the automotive development and production cycle. These restrictions hinder deployment of SRR and limit the number of automotive manufacturers that are able to implement the technology.
  - a) Planning in automotive production cycles conflicts with the time limits placed on 24 GHz SRR<sup>1</sup>. Only two OEMs committed to implementing first generation SRR to various model lines, because the time frames of their product cycle fit the SRR time limits. The majority, however, cannot justify using SRR in their development and production cycles.
  - b) Automotive manufacturers change model lines and introduce new models at varying times – these decisions normally are based on deployment and production cycles of seven years. Manufacturers must reliably know that new technologies are mature and available several years before the start of production of a new model line and for the entire production period, because it is not possible to make major changes during that period (due to qualification standards, product line recalibration, etc.). Business decisions in the automotive sector are extremely sensitive to the availability of components during the entire production cycle.

With four years of experience, SARA knows now that market take-up of first generation SRR is inherently limited due to the 2013 deadline. Under current conditions, it is impossible that 24 GHz deployment in Europe will come close to extremely conservative compatibility limits or reach its potential for contributing to road safety.

Today's fleet penetration is far below the originally expected value. According to the annual report published at the end of June 2009 by the German road administration KBA (Kraftfahrt-Bundesamt) the fleet penetration is approximately 0,02 % of the total car fleet in Europe. This shows clearly that the current regulation with its time limit and the limit of the fleet penetration hinders the introduction of SRR.

- Europe 2009: To overcome the restrictions for 24 GHz and to avoid a gap in the availability of radar sensors because of delay in the development of 79 GHz sensors SARA asked for a **frequency evolution to the range 24 – 29 GHz** (center frequency about 26 GHz). This request was based on the fact that the 79 GHz technology is still in the research phase and will not be available to replace the 24 GHz technology in time for a seamless transition in 2013 as needed for the time limitation of the 24 GHz decision.
  - A mandate from the European Commission in November 2008 initiated this “Fundamental Review” of the frequency decision for 24 GHz, which has to be finalized in 2009. The frequency committees of CEPT started the review process in December 2008. A first report was approved by the ECC meeting in March 2009. In addition, the search for a new frequency allocation was started in March 2009 with compatibility studies. The process is still ongoing. In addition to compatibility studies an impact assessment is under progress which includes the benefits of SRR applications for road safety. The final review is scheduled for March 2010.

---

<sup>1</sup> This factor already has been recognized in a working document to the Radio Spectrum Committee considering future monitoring of SRR implementation (RSCom06-96, 24 November 2006).

- SARA asked also in Europe for the frequency range 24 – 29 GHz to achieve a worldwide harmonization with Japan and USA. This regulation should also avoid any restrictions in time and quantity.
  - In parallel with the frequency allocation the ETSI process was started to create a new standard. In the ETSI ERM meeting of November 2008 the new work item for this process was approved.
- Other countries: Meanwhile nearly 60 countries worldwide allow the use of SRR at 24 GHz – although only Europe has applied time and penetration limits:
- Examples are CEPT countries, including the member states of the European Union, Switzerland and Russia; South Africa; Australia; Mexico and USA. Canada has allowed the sale of cars equipped with SRR since 2006, based on a special allowance. In March 2009 Canada published its frequency regulation for UWB, which is consistent with US regulation. (Comments on the regulation were filed at end of July 2009.) Singapore also has created a regulation for 79 GHz SRR in addition to 24 GHz.
  - SARA asked in Japan for permission to use 24 GHz with a limited number of cars (cars are available with this technology since 2005) and for 26 GHz without limitations. 26 GHz regulation should avoid limitations in time and quantity. (Limits would block the wide introduction of the technology.) This approach would give a chance for a worldwide harmonization. Also an allocation for 79 GHz is proposed.
- Market situation: Cars equipped with 24 GHz have been on the road since 2005. SARA has information about car lines of Daimler, BMW, Ford, Chrysler and Mazda. Mazda uses UWB SRR in the US. Other car makers show interest in the technology and are eager to rely on a frequency regulation without restrictions in time and quantity. In the US commercial vehicles and even school buses use UWB SRR. In contrast to the deployment of SRR technology in the US the fleet introduction in Europe is extremely limited because of the European regulatory restrictions.
- Vehicle applications were introduced in high class car lines, now going also to lower classes and get more and more sophisticated.  
In 2005 SRR was introduced in the Mercedes S-class with autonomous partial braking and measures of passive safety like pre-tensioning seat-belts. In 2009 Daimler introduced SRR in the next car line, the Mercedes-Benz E-class with enhanced applications such as autonomous emergency full braking with its high safety benefit.

### 3. Situation 79 GHz band (77-81 GHz)

The European frequency regulation for 24 GHz currently requires a transition from 24 to 79 GHz in the year 2013. Even before this regulatory requirement was adopted, European research projects focused on 79 GHz SRR technology, and those efforts have intensified. The first research project named Kokon funded by Germany worked on semiconductor technology (2003 – 2007). A second research project started in 2008 (2008 – 2011, RoCC – Radar on Chip for Cars) to focus on sensor technology. These steps are the precondition for work on car integration, followed by extensive field tests. Both of these last steps will again take some years. It is visible today that 79 GHz technology will not be available in time for a seamless transition in 2013 as required in the European regulation for 24 GHz.

SARA member companies are working on the development of 79 GHz technology to fulfil European regulations and also because of its technical potential:

- Better Doppler (speed) information: Since Doppler shift is proportional to the frequency, a more precise speed information will be possible at 79 GHz.

- Higher angular resolution: At higher frequencies smaller antenna structures will allow a higher angular resolution. This resolution improves tracking of objects and also permits detection of an object's corners that leads to an estimation of object size and mass as a basis for adapting airbag thresholds.
- Smaller sensor size: Smaller devices could also be possible with 79 GHz technology, which simplifies the car integration, a factor that is especially important for smaller cars.
- Technology trends: There is also a technical trend to higher frequencies in general.

It is apparent that 79 GHz sensors will not meet the 2013 timeline, however, because of the long development and car integration process, which includes extensive test procedures (e.g. 1 million driven km under real road conditions for safety applications).

In preparation for when 79 GHz SRR is available, and recognizing that frequency allocation is a time consuming process, SARA already has proposed a 79 GHz frequency allocation in Japan and asks to start the allocation process in 2009.

SARA will ask for a frequency allocation also in other regions such as the USA (also in 2009) in order to achieve a second worldwide harmonized allocation for SRR.

The worldwide harmonized allocation for 79 GHz as the second frequency range for UWB SRR will make it possible to follow the technological trend to higher frequencies and also will allow further improvement of the sensor performance for applications of enhanced road safety.

It is important however to note that SRR at 24 / 26 GHz are needed to successfully prepare the market for the next generation at 79 GHz and to maintain UWB SRR in the cars..

#### **4. Proposal for 24GHz/26GHz UWB SRR regulation in Japan**

SARA wants to highlight the fact that a safety technology has to be affordable for the customer as a precondition for its contribution to road safety. Global harmonization of the frequency allocation is essential. Therefore SARA respectfully asks the Japanese government to develop a frequency regulation compatible to other regions, use an emission mask and test procedures which are consistent with European (ETSI) and US (FCC) standards.

#### **Summary**

UWB SRR is a sensor technology that permits advanced automotive safety applications. A frequency allocation in Japan consistent with the regulations in North America and Europe is an important precondition for the market introduction of that technology and its benefit for road safety.

An allocation at 24/26 GHz is essential to introduce SRR based vehicle safety technology in Japan using a technology which is available right now. This allocation at 24/26 GHz will also prepare the market for the future 79 GHz technology.

Very sincerely yours,



Dr. Gerhard Rollmann  
 SARA Chairman, [www.SARA-group.org](http://www.SARA-group.org)  
 GR-Consulting, Ellwangerstr. 20, D 71732 Tamm, Germany  
[gerhard.rollmann@gr-consulting.eu](mailto:gerhard.rollmann@gr-consulting.eu)

# COMMISSION

## COMMISSION DECISION

of 17 January 2005

### on the harmonisation of the 24 GHz range radio spectrum band for the time-limited use by automotive short-range radar equipment in the Community

(notified under document number C(2005) 34)

(Text with EEA relevance)

(2005/50/EC)

THE COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES,

Having regard to the Treaty establishing the European Community,

Having regard to Decision No 676/2002/EC of the European Parliament and of the Council of 7 March 2002 on a regulatory framework for radio spectrum policy in the European Community (Radio Spectrum Decision)<sup>(1)</sup>, and in particular Article 4(3) thereof,

Whereas:

(1) The Commission communication to the Council and the European Parliament of 2 June 2003 on 'European Road Safety Action Programme — Halving the number of road accident victims in the European Union by 2010: a shared responsibility'<sup>(2)</sup> sets out a coherent approach to road safety in the European Union. Furthermore, in its communication to the Council and the European Parliament of 15 September 2003, entitled 'Information and communications technologies for safe and intelligent vehicles'<sup>(3)</sup>, the Commission announced its intention to improve road safety in Europe, to be known as the *eSafety* initiative, by using new information and communications technologies and intelligent road safety systems, such as automotive short-range radar equipment. On 5 December 2003 in its conclusions on road safety<sup>(4)</sup> the Council also called for the improvement of vehicle safety by the promotion of new technologies such as electronic safety.

<sup>(1)</sup> OJ L 108, 24.4.2002, p. 1.

<sup>(2)</sup> COM(2003) 311.

<sup>(3)</sup> COM(2003) 542.

<sup>(4)</sup> Conclusions of the Council of the European Union on road safety, 15058/03 TRANS 307.

(2) The rapid and coordinated development and deployment of automotive short-range radar within the Community require a harmonised radio frequency band to be available for this application in the Community without delay and on a stable basis, in order to provide the necessary confidence for industry to make the necessary investments.

(3) On 5 August 2003, with a view to such harmonisation, the Commission issued a mandate, pursuant to Article 4(2) of Decision No 676/2002/EC, to the European Conference of Postal and Telecommunications Administrations (CEPT), to harmonise the radio spectrum and to facilitate a coordinated introduction of automotive short-range radar.

(4) As a result of that mandate, the 79 GHz range band has been identified by CEPT as the most suitable band for long term development and deployment of automotive short-range radar, with the introduction of this measure by January 2005 at the latest. The Commission therefore adopted Decision 2004/545/EC of 8 July 2004 on the harmonisation of the radio spectrum in the 79 GHz range for the use of automotive short-range radar equipment in the Community<sup>(5)</sup>.

(5) However, automotive short-range radar technology in the 79 GHz range band is still under development and is not immediately available on a cost-effective basis, although it is understood that the industry will promote the development of such a technology in order to make it available at the earliest possible date.

<sup>(5)</sup> OJ L 241, 13.7.2004, p. 66.

- (6) In its report of 9 July 2004 to the European Commission under the mandate of 5 August 2003, CEPT identified the 24 GHz range radio spectrum band as being a temporary solution which would enable the early introduction of automotive short-range radar in the Community to meet the objectives of the *e-Safety* initiative, since technology is considered sufficiently mature for operation in that band. Therefore, Member States should take the appropriate measures based on their particular national radio spectrum situation to make sufficient radio spectrum available on a harmonised basis in the 24 GHz range radio spectrum band (21,65 to 26,65 GHz), while protecting existing services operating in that band from harmful interference.
- (7) According to footnote 5.340 of the Radio Regulations of the ITU, all emissions are prohibited in the band 23,6 to 24,0 GHz, in order to protect the use on a primary basis of this band by the radio astronomy, earth exploration satellite and space research passive services. This prohibition is justified by the fact that harmful interference to these services by emissions in the band cannot be tolerated.
- (8) Footnote 5.340 is subject to national implementation and may be applied in conjunction with Article 4.4 of the Radio Regulations, pursuant to which no frequency may be assigned to a station in derogation of the Radio Regulations, except on the express condition that such a station, when using such a frequency assignment, shall not cause harmful interference to a station operating in accordance with the provision of the ITU rules. Therefore, in its report to the Commission, CEPT pointed out that footnote 5.340 does not strictly prevent administrations from using bands falling under the footnote, provided that they are neither impacting services of other administrations nor trying to have international recognition under the ITU of such use.
- (9) The 23,6 to 24,0 GHz frequency band is of primary interest for the scientific and meteorological communities to measure water vapour content essential for temperature measurements for the earth exploration satellite service. In particular, this frequency plays an important role in the Global Monitoring for Environment and Security initiative (GMES) aiming at an operational European warning system. The 22,21 to 24,00 GHz frequency range is also needed to measure spectral lines of ammonia and water as well as continuum observations for the radio astronomy service.
- (10) The bands 21,2 to 23,6 GHz and 24,5 to 26,5 GHz are allocated to the fixed service on a primary basis in the ITU Radio Regulations and are extensively used by fixed links to meet the infrastructure requirement for existing 2G and 3G mobile networks and to develop broadband fixed wireless networks.
- (11) Based on studies of compatibility between automotive short-range radar and fixed services, earth exploration satellite services and radio astronomy services, CEPT has concluded that an unlimited deployment of automotive short-range radar systems in the 24 GHz range radio spectrum band will create unacceptable harmful interference to existing radio applications operating in this band. Considering ITU Radio Regulations and the importance of these services, any introduction of automotive short-range radar at 24 GHz could be made only on condition that these services in the band are sufficiently protected. In this respect, while the signal emanating from automotive short-range radar equipment is extremely low in most of the 24 GHz frequency range, it is important to take into account the cumulative effect of the use of many devices, which individually might not cause harmful interference.
- (12) According to CEPT, existing applications operating in or around the 24 GHz band would increasingly suffer significant levels of harmful interference if a certain level of penetration of vehicles using the 24 GHz range radio spectrum band for automotive short-range radars were to be exceeded. CEPT concluded in particular that sharing between earth exploration satellite services and automotive short-range radar could only be feasible on a temporary basis if the percentage of vehicles equipped with 24 GHz automotive short-range radar was limited to 7,0% in each national market. While this percentage has been calculated on the basis of earth exploration satellite pixels, national markets are used as the reference against which to calculate the threshold, as this represents the most effective means of carrying out this monitoring.
- (13) Furthermore, the CEPT report concluded that to maintain the protection requirements of the fixed service, sharing with automotive short-range radar could only be feasible on a temporary basis if the percentage of vehicles equipped with automotive short-range radar within sight of a fixed service receiver was limited to less than 10%.
- (14) It is therefore presumed on the basis of the work carried out by CEPT that harmful interference should not be caused to other users of the band where the total number of vehicles registered, placed on the market or put into service equipped with 24 GHz automotive short-range radar does not exceed the level of 7% of the total number of vehicles in circulation in each Member State.
- (15) It is not presently anticipated that this threshold will be reached before the reference date of 30 June 2013.

- (16) Several Member States also use the 24 GHz range radio spectrum band for radar speed meter control which contributes to traffic safety. Following compatibility studies with automotive short-range radar of a number of these devices operating in Europe, CEPT has concluded that compatibility is possible under certain conditions, principally by decoupling the centre frequencies of the two systems by at least 25 MHz, and that the risk of harmful interference is low and will not create false speed measurements. Manufacturers of vehicles using automotive short-range radar systems have also committed themselves to continue taking appropriate steps to ensure that the risk of interference to radar speed meters is minimal. The reliability of radar speed meter equipment will therefore not be affected by the operation of automotive short-range radar to any significant extent.
- (17) Some Member States will in the future use the band 21,4 to 22,0 GHz for broadcast satellite services in the direction space-to-earth. Following compatibility studies, relevant national administrations have concluded that no compatibility problems exist if the emissions of automotive short-range radar are limited to no more than -61,3 dBm/MHz for frequencies below 22 GHz.
- (18) The above presumptions and precautions need to be kept under ongoing objective and proportionate review by the Commission assisted by the Member States, in order to assess on the basis of concrete evidence whether the threshold of 7% will be breached in any national market before the reference date, whether harmful interference has been or is likely to be caused within a short period of time to other users of the band by the breach of the threshold of 7% in any national market, or whether harmful interference has been caused to other users of the band even below the threshold.
- (19) Therefore, as a result of information that becomes available as part of the review process, modifications to the present Decision may turn out to be necessary, in particular to ensure that there is no harmful interference caused to other users of the band.
- (20) Accordingly, there can be no expectation that the band of 24 GHz will continue to be available for automotive short-range radar until the reference date, if any of the abovementioned presumptions prove not to be valid at any time.
- (21) In order to facilitate and render more effective the monitoring of the use of the 24 GHz band and the review process, Member States may decide to draw more directly upon manufacturers and importers for information required in relation to the review process.
- (22) As reported by CEPT, sharing between automotive short-range radar and the radio astronomy service within the 22,21 to 24,00 GHz band could lead to harmful interference for the latter if short-range radar-equipped vehicles were allowed to operate unhindered within a certain distance from each radio astronomy station. Therefore, and bearing in mind that Directive 1999/5/EC of the European Parliament and of the Council of 9 March 1999 on radio equipment and telecommunications terminal equipment and the mutual recognition of their conformity<sup>(1)</sup> requires that radio equipment must be constructed so as to avoid harmful interference, automotive short-range radar systems operating in bands used by radio astronomy in the 22,21 to 24,00 GHz range should be deactivated when moving within these areas. The relevant radio astronomy stations and their associated exclusion zones should be defined and justified by national administrations.
- (23) In order to be effective and reliable, such deactivation is best done automatically. However, to allow an early implementation of automotive short-range radar in 24 GHz, a limited amount of transmitters with manual deactivation can be allowed as, with such a limited deployment, the probability of causing harmful interference to the radio astronomy service is expected to remain low.
- (24) The temporary introduction of automotive short-range radar in the 24 GHz range radio spectrum band has an exceptional character and must not be considered as a precedent for the possible introduction of other applications in the bands where ITU Radio Regulations footnote 5.340 applies, be it for temporary or permanent use. Moreover, automotive short-range radar must not be considered as a safety-of-life service within the meaning of the ITU Radio Regulations and must operate on a non-interference and non-protected basis. Furthermore, automotive short-range radar should not constrain the future development in the use of the 24 GHz band of applications which are protected by footnote 5.340.
- (25) The placing on the market and operation of 24 GHz automotive short-range radar equipment in a stand-alone mode or retrofitted in vehicles already on the market would not be compatible with the objective of avoiding harmful interference to existing radio applications operating in this band, since it could lead to an uncontrolled proliferation of such equipment. In contrast, it should be easier to control the use of automotive short-range radar systems in the 24 GHz band solely as part of a complex integration of the electrical harness, automotive design and software package of a vehicle and originally installed in the new vehicle, or as replacement of original vehicle-mounted automotive short-range radar equipment.

<sup>(1)</sup> OJ L 91, 7.4.1999, p. 10. Directive as last amended by Regulation (EC) No 1882/2003 (OJ L 284, 31.10.2003, p. 1).

- (26) This Decision will apply taking into account and without prejudice to Council Directive 70/156/EEC of 6 February 1970 on the approximation of the laws of the Member States relating to the type-approval of motor vehicles and their trailers<sup>(1)</sup> and to Directive 1999/5/EC.
- (27) The measures provided for in this Decision are in accordance with the opinion of the Radio Spectrum Committee,

HAS ADOPTED THIS DECISION:

#### Article 1

The purpose of this Decision is to harmonise the conditions for the availability and efficient use of the 24 GHz range radio spectrum band for automotive short-range radar equipment.

#### Article 2

For the purposes of this Decision, the following definitions shall apply:

1. '24 GHz range radio spectrum band' means the 24,15 +/- 2,50 GHz frequency band;
2. 'automotive short-range radar equipment' means equipment providing road vehicle-based radar functions for collision mitigation and traffic safety applications;
3. 'automotive short-range radar equipment put into service in the Community' means automotive short-range radar equipment originally installed or replacing one so installed in a vehicle which will be or which has been registered, placed on the market or put into service in the Community;
4. 'on non-interference and non-protected basis' means that no harmful interference may be caused to other users of the band and that no claim may be made for protection from harmful interference received from other systems or services operating in that band;
5. 'reference date' means 30 June 2013;
6. 'transition date' means 30 June 2007;
7. 'vehicle' means any vehicle as defined by Article 2 of Directive 70/156/EEC;
8. 'deactivation' means the termination of emissions by automotive short-range radar equipment;
9. 'exclusion zone' means the area around a radio astronomy station defined by a radius equivalent to a specific distance from the station;

10. 'duty cycle' means the ratio of time during any one-hour period when equipment is actively transmitting.

#### Article 3

The 24 GHz range radio spectrum band shall be designated and made available as soon as possible and no later than 1 July 2005, on a non-interference and non-protected basis, for automotive short-range radar equipment put into service in the Community which complies with the conditions laid down in Articles 4 and 6.

The 24 GHz range radio spectrum band shall remain so available until the reference date, subject to the provisions of Article 5.

After that date, the 24 GHz range radio spectrum band shall cease to be available for automotive short-range radar equipment mounted on any vehicle except where that equipment was originally installed, or is replacing equipment so installed, in a vehicle registered, placed on the market or put into service before that date in the Community.

#### Article 4

The 24 GHz range radio spectrum band shall be available for the ultra-wide band part of automotive short-range radar equipment with a maximum mean power density of -41,3 dBm/MHz effective isotropic radiated power (e.i.r.p.) and peak power density of 0 dBm/50MHz e.i.r.p., except for frequencies below 22 GHz, where the maximum mean power density shall be limited to -61,3 dBm/MHz e.i.r.p.

The 24,05 to 24,25 GHz radio spectrum band is designated for the narrow-band emission mode/component, which may consist of an unmodulated carrier, with a maximum peak power of 20 dBm e.i.r.p. and a duty cycle limited to 10% for peak emissions higher than -10 dBm e.i.r.p.

Emissions within the 23,6-24,0 GHz band that appear 30° or greater above the horizontal plane shall be attenuated by at least 25 dB for automotive short-range radar equipment placed on the market before 2010 and thereafter by at least 30 dB.

#### Article 5

1. The continued availability of the 24 GHz range radio spectrum band for automotive short-range radar applications shall be kept under active scrutiny to ensure that the main premise of opening this band to such systems remains valid, which is that no harmful interference is caused to other users of the band, in particular through the timely verification of:

<sup>(1)</sup> OJ L 42, 23.2.1970, p. 1. Directive as last amended by Commission Directive 2004/104/EC (OJ L 337, 13.11.2004, p. 13).

- (a) the total number of vehicles registered, placed on the market or put into service equipped with 24 GHz automotive short-range radar in each Member State, to verify that this number does not exceed the level of 7% of the total number of vehicles in circulation in each Member State;
- (b) whether adequate information has been made available by Member States or by manufacturers and importers regarding the number of 24 GHz short-range radar-equipped vehicles for the purpose of monitoring effectively the use of the 24 GHz band by automotive short-range radar equipment;
- (c) whether the individual or cumulative use of 24 GHz automotive short-range radar is causing or is likely to cause within a short period of time harmful interference to other users in the 24 GHz band or in adjacent bands in at least one Member State, whether or not the threshold referred to in (a) has been reached;
- (d) the continuing appropriateness of the reference date.

2. In addition to the review process in paragraph 1, a fundamental review shall be carried out by 31 December 2009 at the latest to verify the continuing relevance of the initial assumptions concerning the operation of automotive short-range radar in the 24 GHz range radio spectrum band, as well as to verify whether the development of automotive short-range radar technology in the 79 GHz range is progressing in such a way as to ensure that automotive short-range radar applications operating in this radio spectrum band will be readily available by 1 July 2013.

3. The fundamental review may be triggered by a reasoned request by a member of the Radio Spectrum Committee, or at the Commission's own initiative.

4. The Member States shall assist the Commission to carry out the reviews referred to in paragraphs 1 and 2 by ensuring that the necessary information is collected and provided to the Commission in a timely manner, in particular the information set out in the Annex.

#### Article 6

1. Automotive short-range radar equipment mounted on vehicles shall only operate when the vehicle is active.
2. Automotive short-range radar equipment put into service in the Community shall ensure protection of the radio astronomy stations operating in the radio spectrum band 22,21 to 24,00 GHz defined in Article 7 through automatic deactivation in a defined exclusion zone or via another method providing equivalent protection for these stations without driver intervention.
3. By way of derogation to paragraph 2, manual deactivation will be accepted for automotive short-range radar equipment put into service in the Community operating in the 24 GHz range radio spectrum band before the transition date.

#### Article 7

Each Member State shall determine the relevant national radio astronomy stations to be protected pursuant to Article 6(2) in its territory and the characteristics of the exclusion zones pertaining to each station. This information, supported by appropriate justification, shall be notified to the Commission within six months of adoption of this Decision, and published in the *Official Journal of the European Union*.

#### Article 8

This Decision is addressed to the Member States.

Done at Brussels, 17 January 2005.

For the Commission

Viviane REDING

Member of the Commission



## ANNEX

**Information required for monitoring the use of the 24 GHz range radio spectrum band by automotive short-range radar**

This Annex establishes the data required to verify the penetration rate of automotive vehicles equipped with short-range radar in each Member State of the European Union in accordance with Article 5. This data shall be used to calculate the proportion of vehicles equipped with short-range radar using the 24 GHz range radio spectrum compared to the total number of vehicles in circulation in each Member State.

The following data shall be collected on a yearly basis:

- (1) the number of vehicles equipped with short-range radar using the 24 GHz range radio spectrum band produced and/or placed on the market and/or registered for the first time during the reference year in the Community;
- (2) the number of vehicles equipped with short-range radar using the 24 GHz range radio spectrum band imported from outside the Community during the reference year;
- (3) the total number of vehicles in circulation during the reference year.

All data shall be accompanied by an evaluation of the uncertainty related to the information.

In addition to the above data, any other relevant information which would assist the Commission in maintaining an adequate overview on the continued use of the 24 GHz range radio spectrum band by automotive short-range radar devices shall be made available in a timely fashion, including information on:

- current and future market trends, both within and outside the Community,
- after-market sales and retrofitting of equipment,
- the state of progress of alternative technologies and applications, notably automotive short-range radar operating in the 79 GHz range radio spectrum band according to Decision 2004/545/EC.

---



**EUROPEAN COMMISSION**  
Information Society and Media Directorate-General  
Electronic Communications Policy  
**Radio Spectrum Policy**

Brussels, 1 July 2008  
DG INFSO/B4

**RSCOM08-51**

**PUBLIC DOCUMENT**

## **RADIO SPECTRUM COMMITTEE**

### **Working Document**

**Subject: Automotive short-range radars: third annual SRR report and request by SARA to review the EC Decision on the use of the 24 GHz band by SRR.**

*This is a Committee working document which does not necessarily reflect the official position of the Commission. No inferences should be drawn from this document as to the precise form or content of future measures to be submitted by the Commission. The Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to any information or data referred to in this document.*



European Commission, DG Information Society and Media, 200 Rue de la Loi, B-1049 Bruxelles  
RSC Secretariat, Avenue de Beaulieu 33, B-1160 Brussels - Belgium - Office BU33 7/09  
Telephone: direct line (+32-2)295.6512, switchboard (+32-2)299.11.11. Fax: (+32-2) 296.38.95  
E-mail : [info-rsc@ec.europa.eu](mailto:info-rsc@ec.europa.eu)

## 1. INTRODUCTION

This document addresses the third annual report provided by SARA on the monitoring of the use of the 24 GHz band by automotive short-range radars under Commission Decision 2005/50/EC over the period from June 2007 to May 2008.

It also introduces the information document prepared by SARA (see RSCOM#24 item 12), which requests a fundamental review as provided in the text of the Decision to be initiated.

## 2. THIRD ANNUAL REVIEW OF THE USE OF THE 24 GHZ BAND BY AUTOMOTIVE SRR

Article 5 of the 24 GHz SRR Decision establishes the need to monitor the use of 24 GHz automotive short-range radars, while the Annex describes the data necessary to perform the review of the Decision. The commitment of automotive companies using SRR to provide monitoring information is described in the Explanatory Memorandum to the Decision (RSCOM04-80Rev2) and in the Memorandum of Understanding relating to the implementation of active safety automotive short-range radars (RSCOM04-81Rev2).

Upon presentation of the first draft annual report by SARA in June 2006, the specific modalities on monitoring the 24 GHz band were agreed by RSC and the first annual report accepted. The second annual report prepared by SARA following the agreed guidelines was accepted by the RSC in its October 2007 meeting (RSC#21, see document RSCOM07-61).

The third annual SRR report is in **annex 1** to this document. The key figure in the report is that SRR-equipped cars represent as of mid-2008 approximately 0.01% of the total number of cars operating the EU<sup>1</sup>.

This number, formally computed by KBA, the Federal German Motor Transport Authority, is well below the 7% threshold identified as potentially harmful to radio services operating in the 24 GHz range.

In the Commission services' view, the penetration trend in the last three years does not give rise to any concern that the 7% threshold could be reached before the 2013 expiry date of the EC Decision. There is therefore no need to consider remedial action in this respect.

Administrations are invited to give their views on whether the third SARA industry monitoring report pursuant to Art. 5 of EC Decision 2005/EC/50 is acceptable to the RSC.

## 3. REVIEW OF THE 24 GHZ DECISION

Document RSCOM#24 item 12 is a submission by SARA requesting the Commission and the Radio Spectrum Committee to initiate the fundamental review of the automotive short-range radar equipment operating in the 24 GHz radio spectrum band.

Article 5.2 of the Decision states:

---

<sup>1</sup> To recall, the RSC agreed that a national breakdown of SRR penetration was not required in the first three years of SRR operation in the 24 GHz range.

*"... a fundamental review shall be carried out by 31 December 2009 at the latest to verify the continuing relevance of the initial assumptions concerning the operation of automotive short-range radar in the 24 GHz range radio spectrum band, as well as to verify whether the development of automotive short-range radar technology in the 79 GHz range is progressing in such a way as to ensure that automotive short-range radar applications operating in this radio spectrum band will be readily available by 1 July 2013.*

*...The fundamental review may be triggered by a reasoned request by a member of the Radio Spectrum Committee, or at the Commission's own initiative."*

It is clear that while the review was intended to address any harmful interference issues emerging from the operation of SRR (for instance in case the 7% upper limit of SRR penetration was under threat), its scope was not meant to be limited exclusively to such issues. The effectiveness of the current spectrum regulatory framework for enabling active safety SRR applications in the automotive sector should also be subject to consideration after the first few years of operation.

In its document, SARA advocates that neither the 24 GHz band nor the 79 GHz band, as regulated by their respective EC Decisions, are currently able to allow a full take-up of short-range radar safety applications in Europe in the short- to medium-term. It therefore proposes a possible option of "calibrating" the operation of SRR by shifting the operating range to around 26 GHz (between 24.25 and 29 GHz).

The main benefit of this approach is argued by SARA to lie in the removal of the need to limit SRR penetration and therefore its monitoring, as well as the consequent time limit on use of the spectrum. An additional advantage would be that SRR systems would not require automatic switch-off around radio astronomy sites. A shift to the upper frequency has been agreed in the US and is under consideration in other regions.

Before a decision is taken on whether this approach should be pursued in the EU, the technical feasibility of operating SRR applications without harmful interference to other users in the amended frequency range should be explored. A number of applications already operate in the frequencies above 24 GHz in Europe, notably fixed links, fixed satellite services and some military communication systems.

In order to characterise the potential interference environment of a possible operation of SRR above 24 GHz, it is expected that both CEPT and ETSI would need to undertake some dedicated work, possibly framed by Commission mandates. These exploratory activities may require some considerable time to be finalised.

The Commission services will consider carefully the proposal by SARA and the reactions of the members of the RSC. Without prejudice to the discussions in the RSC, the Commission is minded to agree to begin the formal process of fundamental review of Decision 2005/50/EC at the October 2008 meeting of RSC.

The review is the appropriate mechanism to allow the merits of the SARA proposal to be evaluated, as well as give an indication of the cost-benefits of undertaking this approach. The views of affected parties as well as alternative scenarios, such as the state of progress of SRR technology in the 79 GHz range could also be explored in more detail.

Administrations are invited to give their views on the proposal to initiate the fundamental review of EC Decision 2005/EC/50 at RSC#25 (October 2008).
--

Attached: SARA third annual report on 24 GHz SRR



20 June 2008

To: European Commission

From: Strategic Automotive Radar frequency Allocation group

**Subject: Report on the use of the 24 GHz frequency range by automotive short-range radars as of June 2008**

The Strategic Automotive Radar frequency Allocation group (SARA)<sup>2</sup> pledged in a Memorandum of Understanding (MoU) to provide information on 24 GHz ultra-wideband short range radar (SRR) to assist the monitoring required in Commission Decision 2005/50/EC (the Decision).<sup>3</sup> This third report is submitted for the period June 2007 to end of May 2008, and has been compiled in accordance with agreed procedures stated in Doc. RSCOM06-54, dated 16 June 2006, from SARA. As detailed below, SARA reports that penetration of SRR-equipped vehicles is about 0.01% of the total number of vehicles in the European Union as of the end of May 2008.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> SARA was formed in 2001 as the Short Range Automotive Radar Frequency Allocation group; its mission to seek global harmonization of regulations and standards to enhance road safety through UWB SRR. In 2007 it reformed as the Strategic Automotive Radar frequency Allocation group, under the same acronym, to continue long term efforts towards effective frequency regulations worldwide for automotive radar in general.

<sup>3</sup> Commission Decision of 17 January 2005 on the harmonisation of the 24 GHz range radio spectrum band for the time-limited use by automotive short range radar equipment in the Community, O.J. L 21, 25 January 2005, page 15.

<sup>4</sup> This report contains no business-confidential information and can be made publicly available.

## Overview

Monitoring of SRR implementation is required in Article 5 of the Decision in order to ensure that there is sufficient information to verify that no harmful interference is caused to other users of the 24 GHz band, which primarily is assured by verifying that the total number of vehicles equipped with SRR does not exceed 7% of the total automotive fleet. The type of information required is described in Article 5 and the annex to the Decision, and in sections 17 through 19 of the MoU.

This document is the third annual report to be submitted. Sales of SRR-equipped vehicles are consistent with the assessment submitted by the Commission Services to RSC#15 that

–

the uptake of 24 GHz SRR technology, while considered by the Commission as a very useful and instructive commercial demonstration of the concept of active road safety via technology (and of a pro-innovation spectrum policy), has been extremely limited to date.<sup>5</sup>

At this time, two manufacturers have implemented 24 GHz SRR into various model lines in Europe. Due to the regulatory constraints established under the Decision the number of SRR-equipped vehicles remains far below the 7% limit in Europe. As described to RSC#15, “it can already be stated now that the possibility of the 7% threshold for SRR-equipped cars being reached in any Member State by 2013 is very small.”

## Current Report on Vehicle Penetration

In its second report, SARA informed the RSCom that the data collecting unit of the Kraftfahrt-Bundesamt (KBA – Federal German Motor Transport Authority) submitted figures for the combined sales of cars equipped with 24 GHz SRR, which showed that cumulatively from the beginning of the program between 22,000 and 24,000 SRR-equipped vehicles had been produced for Europe, as of the end of May 2007. Based on

---

<sup>5</sup> RSCOM06-96, 24 November 2006, at un-numbered page 2. In this document, Commission Services concluded that SARA’s proposed approach towards monitoring “is considered fully satisfactory and proportionate to the objective of this activity.”

252 million vehicles in the European automotive fleet, this production represented a fleet penetration of “about 0.008%,” according to the KBA.<sup>6</sup>

In this third report, SARA informs the RSCoM that KBA’s data collecting unit reports that the percentage of penetration of SRR-equipped vehicles in Europe for the reporting period ending 31 May 2008 amounts to approximately 0.01.

SARA believes this level of information is a proportionate response to the requirements for this third year of monitoring, and similar detail would probably be reliable for the next reporting period so long as the magnitude of the penetration remains similar.

SARA has also undertaken further steps to verify this information. SARA conducted a survey in June 2008 of its active members to verify that (1) no company was aware of any installation or sales of 24 GHz ultra-wideband SRR in vehicles sold in the European Union, or CEPT countries in general, in addition to the sales SARA was preparing to report; and (2) no company was aware of any sales of stand alone or aftermarket 24 GHz ultra-wideband SRR equipment in the European Union or CEPT countries in general. Based on this survey and SARA’s general information on the industry status of SRR, we are confident that this report is accurate and verified.

In addition to being consistent with the Commission Services’ own assessment as noted above, these numbers are much lower than market penetration predictions that SARA submitted previously. Based on modeling of the vehicle fleet, historical registration (and deregistration) information; and experience with introduction of other safety-related technology, SARA estimated in the last report that penetration of SRR into the entire automotive fleet would remain under 3% for at least the first three to five years of the program, even if all manufacturers in Europe commenced from the outset to introduce SRR. However, the actual European market figures now make it apparent that the market is not increasing as predicted because this technology has not been widely implemented due to regulatory constraints. Based on ACEA figures, 7% of the European automotive fleet would be approximately 18,270,000 vehicles. The number of SRR-equipped vehicles as of May 2008 is a tiny proportion of this number.

---

<sup>6</sup> As SARA pledged in earlier discussion of the monitoring process, this figure represents percentages of the entire European car fleet. In light of the numbers involved, for this report neither SARA nor KBA have attempted to “back out” the number of vehicles that might have left the fleet due to accidents or malfunctions. As noted in the KBA report in annex 1, the European fleet number is taken from the ACEA report, which we believe is the most reliable source of such information.

## **Technology Developments – 79 GHz SRR**

On 8 July 2004, the Commission adopted Decision 2004/545/EC on harmonisation of spectrum for 79 GHz SRR. Member States were to make that spectrum available for SRR by 1 January 2005.

As part of the same survey SARA conducted on 24 GHz implementation, SARA also asked members to supply non-confidential information on 79 GHz development. We caution that some such information is confidential; SARA members do not share this amongst themselves and cannot make it public in any other fora.

In its first two reports SARA provided background details on technology programs focused on development of 79 GHz SRR technology. The KOKON project was the first step towards development of 79 GHz technology and ran until the end of August 2007 – a synopsis of the final report from the project is attached. A successor program named RoCC (Radar on Chips for Cars) will focus on commercialization of 79 GHz technology, starting in middle 2008 and expected to run for three years – early background on RoCC is attached. The goals of the project, broadly stated, are the following:

- Radar on Chip (scalable universally usable radar transceiver for Short, Mid and Long Range)
- Automobile radar technology in 76 – 81 GHz frequency range; especially also SRR in 77-81 GHz range for affordable costs
- Continuation of development of SiGe semiconductor process and MMICs (500 GHz cut-off-frequency, high integration, reduction of power dissipation, better S/N sensitivity)
- Investigations of car integration (bumper, paintings, etc.) and integrated antenna for low cost SRR
- Packaging (feasibility only)

As an indication of issues under study, one SARA member active in the bumper technology sector informed the group of its work with materials and paints. Current testing with conducting and non-conducting materials indicate that 1-2 years of experimental testing will be required to prove applicability for series production. This information indicates that in addition to sensor technology also bumper materials and paints must be developed as part of RoCC.



## **Other Information**

SARA member Daimler A.G. has implemented SRR into certain model lines in its Mercedes-Benz brand. On 10 June, Mercedes-Benz released the attached press information describing accident study calculations showing that the combination of SRR (under the brand name DISTRONIC PLUS) with a brake assist application could reduce an average of 20% of all rear-end collisions in Germany alone. In a further 25% of all collisions, the systems could contribute to a “significant reduction” of the severity of the accident. On motorways, rear-end collisions could be prevented by an average of 36%.

These calculations were developed independently of SARA and by the car manufacturer itself, which must be particularly rigorous in any claims of accident mitigation from specific technology applications. Nevertheless, the manufacturer is sufficiently confident in the results of this technology to issue the attached information.

Mercedes-Benz notes that in Germany alone “there are over 50,000 severe rear-end collisions every year, causing death or serious injuries to around 5,700 people.” SARA suggests that if SRR technology can contribute at a minimum to reducing these collisions by 25%, then there is a compelling Community policy to encourage the widespread adoption of SRR.

Respectfully submitted,

Strategic Automotive Radar frequency Allocation group

Contacts:

Chairman

Dr. Gerhard Rollmann

email: [gerhard.rollmann@gr-consulting.eu](mailto:gerhard.rollmann@gr-consulting.eu)

Legal Advisor

Gerry Oberst

Email: [geoberst@hhlaw.com](mailto:geoberst@hhlaw.com)

#### Attachments

1. KBA materials
2. Final Synopsis of report for KOKON program
3. Background slide on RoCC program
4. Mercedes-Benz press information, 10 June 2008

## Kraftfahrt-Bundesamt

Kraftfahrt-Bundesamt • 24932 Flensburg

European Commission

## E-Mail



Reinhard.Schulte-Braucks@cec.eu.int  
Ruprecht.Niepold@cec.eu.int

Your reference / your letter of:

---

Our reference:  
320-935

Contact:

Frau Bückle

Phone: +49 (4 61) 3 16-20 23

Fax: +49 (4 61) 3 16-

E-Mail:

claudia.bueckle@kba.de

Date: 10.06.2008

**Subject: Report on the use of the 24 GHz frequency range by automotive short-range radars as of June 2008**

### Introduction

Art. 5 of the decision 2005/50/EC requires monitoring of the use of 24 GHz frequency range by automotive short-range radars (SRR) in order to ensure that the total number of vehicles equipped with SRR does not exceed 7 % of the total automotive fleet in the European Union.

According to the concession of the Commission the annual reports of the first three years may be based on European fleet figures only.

The first report was submitted to the Commission by the **Short Range Automotive Radar Frequency Allocation** group (SARA) in July 2006 (document RSCOM06-53).

The second report- regarding the period from June 2006 to Mai 2007- was submitted in June 2007 to the Commission by the German Kraftfahrt-Bundesamt (KBA- Federal German Motor Transport Authority) in pursuit of a guaranteed independent and reliable report. As a result of this report the percentage of penetration of SRR-equipped vehicles in Europe amounted to approximately 0.008.

This document presents the third and last annual report, providing information about the level of fleet penetration of vehicles equipped with SRR in Europe. In future Member States (MS) have the obligation to evaluate the percentage on basis of the registered number of vehicles within their respective country and report the results to the Commission.

As already mentioned in earlier correspondence the KBA has been accepted by the Commission and MS as a reliable reporting authority on the percentage as described above and in future as a provider of the collected data transmitted by the manufacturers to interested MS.

Up to now only 3 MS took interest in receiving this collected data.

Office building:  
Förderstraße 16  
24944 Flensburg  
Germany

Office hours:  
Mon. - Thurs. 8:30 am - 3:00 pm  
Fri. 8:30 am - 2:00 pm

Phone:  
+49 (4 61) 3 16-0

Fax:  
+49 (4 61) 3 16 16 50  
+49 (4 61) 3 16 14 95

E-Mail: kba@kba.de

Internet: www.kba.de

Bank account:  
Deutsche Bundesbank, Filiale Kiel  
BLZ: 210 000 00, Acc. No. 210 010 09  
IBAN: DE27 2100 0000 0021 0010 09  
BIC: MARKDEF1210

## Annex 1 re KBA Report

- 2 -



### Report

Two car manufacturers introduced 24 GHz- SRR into their production line since decision 2005/50/EC entered into force (as SARA mentioned in the first annual report, introduction of SRR into the market started in September 2005). Both manufacturers provided production data of vehicles equipped with SRR to the KBA.

Based on ACEA`s 2008 publication<sup>1</sup>, the total number of the European automotive fleet can be approximated as of 261 million vehicles on June, 1st 2008. As a result of the data submitted by the manufacturers the percentage of penetration of SRR-equipped vehicles in Europe for the reporting period ending at May 31,2008 amounts to approximately 0.01.

As already stated in the second report this result stays on the conservative side of estimation considering the fact that ACEA`s European fleet data is incomplete: some of the EU-23-MS (eg. Hungary and Lithuania) have not delivered any data yet, so that the calculated percentage of 0.01 would be even less, if related to a complete EU-23 data basis.

Respectfully submitted,

(Claudia Bückle)

<sup>1</sup> [http://www.acea.be/images/uploads/st/20080129\\_EU%20Motor%20Vehicles%20in%20use%202006.pdf](http://www.acea.be/images/uploads/st/20080129_EU%20Motor%20Vehicles%20in%20use%202006.pdf)

## Annex 2 – Synopsis of Kokon final report



Responding to the European frequency regulations for SRR, a research project was formed with the name “Automotive High Frequency Electronics KOKON”. The project was funded by Germany. The participating companies were Daimler (Sensor requirements), Bosch and Continental Automotive (System Supplier), Atmel and Infineon (Semiconductor manufacturers).

The project addressed the sensor specification at 79 GHz, the development of chip technology and the development of a first sensor prototype. It lasted from 2004 until 2007.

### Executive Synopsis (Taken from Final Statement 25 February 2008)

In the future, great importance will be given to driver assistance and systems for active and passive safety, which help to recognize dangerous situations early and therefore prevent accidents or at least reduce the severity of accidents. Traffic accidents are not an inevitable side effect of traffic and mobility, but in most cases, are consequences of preventable human failure.

If one evaluates only the economic consequences of accidents, then in Germany alone, annual property damages cost approximately 35 billion euros. In addition, according to a study by the ADAC, traffic jams on German highways cause additional economical damage (loss) of approximately a quarter billion euros. Every third traffic jam is caused by an accident.

These facts support the importance of activities to improve passive safety systems and the need for research on active safety and assisting systems in motor vehicles.

Such systems require sensors that are capable of detecting objects surrounding a vehicle. This approach creates an electronic envelope or cocoon (basis for the name of the public funded BMBF project “Kokon”) around the vehicle, which monitors dead angles, recognizes obstacles, activates protection and safety systems, detects pedestrians, protects inferior road users, enables semiautomatic driving in dense traffic (Stop and Go) or platoon driving, and assists in parking situations.

Such an electronic safety cocoon can be created with radar sensors. The first driver assistance systems for automatic distance regulation and obstacle alerts using radar (“intelligent/adaptive cruise control”) are already on the market.

Only with a substantial penetration of such systems in the vehicle fleet can the number of accidents be drastically reduced and substantial economical damage be avoided. A major proven effect of such systems is improved traffic flow and decrease of the risk of traffic jams. The economical and ecological effect deriving from these results could be immense and could preserve sustainable mobility for users of motor vehicles.

\* \* \*

Today’s systems in Europe use Long Range Radar Sensors (LRR) operating in the frequency range 76-77 GHz and Short Range Radar sensors (SRR) in the frequency range 22-26.5 (24) GHz. In Europe the frequency allocation for SRR (UWB SRR in contrast to Narrow Band SRR, operating in the ISM-band 24-24.25 GHz) is limited in time (2013) and fleet penetration. After the middle of 2013 SRR sensors of new cars have to operate in the frequency range 77-81 GHz. In order to maintain the availability of these safety-relevant sensors in the future, two missions arise:

1. Research and development for systems with a threefold higher frequency compared to 24 GHz.
2. Development of a technology which also allows, at a higher frequency, an affordable implementation of the systems. This is a precondition that sensors can be introduced to all vehicle categories and not only in high class cars to increase road safety by their wide-spread introduction, reduce accident rates and offer increased comfort to as many drivers as possible.

One of the semi-conductor technology which fulfills these conditions is Si/SiGe (Silicon and Silicon-Germanium, respectively) technology. This technology is based on semi-conductor "mainstream" silicon that has a physical frequency limit up to 200 GHz and also offers the technological preconditions for an affordable supply of the necessary high frequency components and chips. However, this Si/SiGe-technology has to advance into in a new high frequency range which is not yet existing for mass-market applications, and in consequence requires fundamental research and development.

In parallel, specifications for the sensor used to create the "electronic envelope/cocoon" must be investigated, defined and specified, in order to determine the necessary parameters for the high frequency components and chips. For instance, the integration of HF-components and chips for short and long range radar sensors requires application of nano-electronic technologies and the development of appropriate assembling and connection techniques.

The project "Kfz Höchsthäufigenzelektronik (motor vehicle highest frequency electronic) Kokon", lasted between 1 September 2004 and 31 August 2007. The most important German semi-conductor producers (Infineon, Atmel), the most important German driver assistance developers (Bosch, Continental) and a large German car manufacturer (Daimler) worked together and were supported by competent universities and institutes. Project goal was to develop a demonstrator sample of a Long Range and a Short Range Radar sensor as a basis for transferring 24 GHz UWB SRR technology to 79 GHz with an adequate - but as far as possible reduced - risk.

\* \* \*

Based on the results of Kokon, the following statements can be made:

- With SiGe, specifications for automobile radars to electronic components with an operating frequency of 77 GHz can be fulfilled.
- Compared to currently available GaAs-components, SiGe MMICs (Monolithic Microwave Integrated Circuits) show significant advantages regarding performance, reliability, testing technology and costs.
- SiGe opens new possibilities of integration. Continued advancements based on the results from Kokon should lead to configurable single-chip radars with integrated diagnostic possibilities.
- The use of SiGe makes integrated technologies possible that can fulfill the requirements of automobile manufacturing.

- SiGe MMICs will be used as key components for the next generation of long range radars at Robert Bosch GmbH.

\* \* \*

The results of the Kokon project can be summarized as follows:

- World record for highest frequency electronics with SiGe technology from Infineon Technologies
- World-wide first demonstration of SiGe based HF-front-ends for automotive radar sensor system in the 76-81 GHz band and realization of MMICs
- Demonstration of the world-wide first SiGe based automotive radar technology (77 GHz long range sensor products by Bosch, 79 GHz UWB short range sensor prototypes by Continental)
- Standardization through collective specification of SiGe components.

Altogether the project is to be evaluated as very successful: it involved the entire chain from the semi-conductor, the module and system manufacturer up to the car manufacturer. A large step in the direction of economical SiGe based radar was accomplished.

KoKon developed the basic technology for SiGe sensors in the high frequency range from 76 – 81 GHz including successful demonstration of feasibility of sensor prototypes.

## Annex 3 – Background on RoCC

KOKON: Automotive High Frequency Technology at 77/79 GHz

DAIMLER

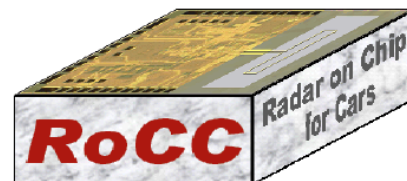
### Requirements for future R & D KOKON successor project: RoCC



**KOKON** ⇒ first step towards availability of mature 79 GHz UWB SRR – Sensors in 2013, to fulfil the requirements of the European 2-Phase solution

#### RoCC

- Exploiting any potential of **cost reduction**
  - Reduction of **sensor size** and optimization of RF **packaging**
  - Further enhancement of sensor **performance** and **reliability**
    - increased sensitivity
    - higher angular resolution in azimuth
    - possibly resolution in elevation
- physical limits  
→ shift to higher operational frequencies



RoCC Partners:

DAIMLER



BOSCH

Continental

Infineon

### RoCC ⇔ KOKON



- GaAs => Si / SiGe
- SiGe 200 GHz
- Mehrere Technologieansätze
- HF-Section: 2,5 W
- I/Os „Single Ended“
- erste Ansätze für Built-In Test
- LRR / SRR
- 1 OEM
- 76-81 GHz
- .....



- Si / SiGe-MMICs => Hochintegration
- SiGe 500 GHz
- Fokussierung auf 1 Si-Basisprozeß
- 0,5 W (Systemintegration)
- voll differentielle Schaltungstechnik
- Selbsttest, -diagnose, -kalibrierung
- Multimode & Multirange
- 2 OEMs
- 76-81 GHz plus Evaluierung >100 GHz
- .....

DAIMLER



BOSCH

Continental

Infineon

*translation on following page*



## Transition to RoCC from KOKON



- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>• GaAs =&gt; Si Si/Ge</li><li>• SiGe 200GHz</li><li>• Several technology approaches</li><li>• ..</li><li>• I/Os</li><li>• First Step for built-in test</li><li>• Long and Short Range Radar</li><li>• 1 OEM participant</li><li>• 78 – 81 GHz</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>• MMIC high integration</li><li>• SiGe 500 GHz</li><li>• focus on 1 Si – basis process</li><li>• fully differential circuit technology</li><li>• self-test, -diagnosis, -calibration</li><li>• multimode and multirange</li><li>• 2 OEM participants</li><li>• 76 – 81 GHz plus evaluation of &gt;100 GHz</li></ul> |
|---|---|



Recent Mercedes-Benz accident study calculation

**Press Information**

### 20 percent fewer rear-end collisions thanks to DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS

June 10, 2008

Stuttgart – DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS, the Mercedes-Benz assistance systems based on sophisticated radar technology, make an effective contribution to accident prevention. This is the conclusion reached after an analysis carried out by Mercedes-Benz on the basis of representative accident research data. With the help of this technology an average of one fifth of all rear-end collisions could be prevented in Germany alone. And on motorways, rear-end collisions could be reduced even further: by an average of 36 percent. The Mercedes-Benz systems warn drivers when they are maintaining too little distance from the vehicle travelling in front and provide support in the event of emergency braking.

Engineers working for the Stuttgart-based car manufacturer have developed a procedure which for the first time makes possible a predictive calculation of the usefulness of new safety technologies. For this the specialists have taken into account both official statistics and the analysis of the approximately 16,000 traffic accidents which have so far been studied within the framework GIDAS (German In-Depth Accident Study).

The evaluation of the safety potential offered by the DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS assistance systems is based on the reconstruction of more than 800 rear-end collisions. The focus of the representative study was the question: how many of those accidents could have been avoided if all the passenger cars had been equipped with this Mercedes-Benz technology?

The results confirmed the great safety effect of the systems: with DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS an average of more than 20 percent of all rear-end collisions could be prevented. In a further one-quarter of all collisions the systems could contribute to a significant reduction of the severity of the accident.

Daimler Communications, 70546 Stuttgart, Germany  
Mercedes-Benz – A Daimler Brand

The greatest safety potential is offered by the interaction of modern radar and braking technology on motorways, where around 36 percent of all rear-end collisions could be avoided.

### **Around 40 percent of all S-Class saloons equipped with radar technology**

The DISTRONIC PLUS proximity control system keeps your vehicle at a previously chosen distance from the vehicle travelling in front and, if necessary brakes your vehicle to a complete standstill, depending on the traffic situation. If the distance to the preceding vehicle narrows down too rapidly, the system warns the driver and calculates the required brake pressure, which is then provided instantaneously by the Brake Assist PLUS system as soon as the brake pedal is depressed. Should the driver disregard the warning, the PRE-SAFE® Brake system performs an emergency partial braking manoeuvre, significantly reducing the severity of the impact.

Since 2005, Mercedes-Benz has offered these radar-based assistance systems for the S-Class, and since 2006 for the CL luxury coupé. Around 40 percent of all German customers buying new S-Class vehicles equip them with this safety technology; while the proportion of CL-Class outfitted with DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS is even higher, exceeding 80 percent. Since 2005 Mercedes-Benz has delivered a total of more than 45,000 passenger cars featuring these innovative systems.

In order to calculate the safety benefits provided by this technology, Mercedes-Benz specialists make use of relevant data from the individual accidents, such as speed, distance to the other vehicle and driver's braking behaviour. With these data, together with the governing algorithms of DISTRONIC PLUS and Brake Assist PLUS, the individual speed reduction is calculated. The engineers from Mercedes-Benz decided to apply a conservative calculation principle and did not take into account, for example, the additional safety-enhancing effect of the visual and audible distance warnings which prompt the driver to apply the brakes himself if the system determines it can no longer avoid

a collision by itself. The analysis is based on the assumption that the drivers ignore these warnings.

Page 3

In Germany there are over 50,000 severe rear-end collisions every year, causing death or serious injuries to around 5,700 people. Of all the accidents involving personal injury, one in six is a rear-end collision. In the United States this accident type makes up around 30 percent of all serious traffic accidents.

The engineers of the Stuttgart-based car manufacturer continue to work tirelessly on the development of further driver assistance systems aimed at helping to prevent road accidents.

**Contact:**

Norbert Giesen, telephone: +49 (0)711-17-76422, [norbert.giesen@daimler.com](mailto:norbert.giesen@daimler.com)

Further information about Mercedes-Benz is available online:  
[www.media.daimler.com](http://www.media.daimler.com)

Daimler Communications, 70546 Stuttgart, Germany  
Mercedes-Benz – A Daimler Brand

23 June 2009

To: European Commission  
From: Strategic Automotive Radar Frequency Allocation group  
Subject: **Report on the use of the 24 GHz frequency range by automotive short-range radars as of June 2009**

The Strategic Automotive Radar Frequency Allocation group (SARA) pledged in a Memorandum of Understanding (MoU) in order to provide information on 24 GHz ultra-wideband short range radar (SRR) to assist the monitoring required in Commission Decision 2005/50/EC (the Decision).<sup>1</sup> This fourth report is submitted for the period July 2008 to June 2009, and has been compiled in accordance with agreed procedures stated in Doc. RSCOM06-54, dated 16 June 2006, from SARA, as further discussed below. As detailed below, SARA reports that penetration of SRR-equipped vehicles will be approximately 0.02% of the total number of vehicles in the European Union as of the end of June 2009.<sup>2</sup>

## Overview

Monitoring of SRR implementation is required in Article 5 of the Decision in order to ensure that there is sufficient information to verify that no harmful interference is caused to other users of the 24 GHz band, which primarily is assured by verifying that the total number of vehicles equipped with SRR does not exceed 7% of the total

---

<sup>1</sup> Commission Decision of 17 January 2005 on the harmonisation of the 24 GHz range radio spectrum band for the time-limited use by automotive short range radar equipment in the Community, O.J. L 21, 25 January 2005, page 15.

<sup>2</sup> This report contains no business-confidential information and can be made publicly available.

automotive fleet. The type of information required is described in Article 5 and the annex to the Decision, and in sections 17 through 19 of the MoU.

This document is the fourth annual report to be submitted. Sales of SRR-equipped vehicles are consistent with the assessment submitted by the Commission Services to RSC#15 that

the uptake of 24 GHz SRR technology, while considered by the Commission as a very useful and instructive commercial demonstration of the concept of active road safety via technology (and of a pro-innovation spectrum policy), has been extremely limited to date.<sup>3</sup>

At this time, two manufacturers have implemented 24 GHz SRR into production lines in Europe. Due to the regulatory constraints established under the Decision the number of SRR-equipped vehicles remains far below the 7% limit. As described to RSC#15, “it can already be stated now that the possibility of the 7% threshold for SRR-equipped cars being reached in any Member State by 2013 is very small.”

This report also contains updated information on the safety impact of SRR as well as information on status of 79 GHz SRR technology.

### **Current Report on Vehicle Penetration**

In June 2006, SARA described the method it would follow for these submissions. At that time, SARA proposed the following

- For the submissions in 2007 and 2008, the Kraftfahrt-Bundesamt (**KBA** - Federal German Motor Transport Authority) would calculate the fleet penetration for Europe based on officially used figures.
- For ensuing years, the KBA would collect data on numbers of SRR-equipped vehicles and provide the European-wide penetration calculations to the Commission. The KBA also would provide the collected data to the different Member States; the Member States could then calculate their own national fleet penetration rates based on their knowledge of the number of

---

<sup>3</sup> RSCOM06-96, 24 November 2006, at un-numbered page 2.

vehicles on the road in their countries. The KBA would calculate national penetration figures only for Germany.

In light of the current market and economic context, SARA proposes to continue, for at least this year's submission, the collection solely of European-wide figures, and avoid the additional data processing for Member State calculations.

SARA is suggesting this approach in light of strained resources in the automotive industry generally and the flat impossibility that the numbers of SRR-equipped vehicles have reached the penetration limits in any Member State.

In last year's submission, SARA and the KBA reported that SRR-equipped cars as of mid-2008 represented about 0.01% of the total number of cars operating in the EU. SARA believes that approximately an additional 20,000 SRR-equipped vehicles have been placed on the market in the ensuing year. The industry has entered into a precipitous sales decrease in new car sales due to the economic crisis and the proportion of SRR-equipped vehicles is approximately 0.02% of the market (as KBA confirms in the attached report).

Under these circumstances, the effort to calculate national data seems disproportionate. We also understand that only few Member States have expressed interest in the collected data in past years. Thus, SARA has taken the same approach as last year with in submitting European-level data on the number of such vehicles. On request KBA is ready to deliver the number of cars at Member State level.

This approach should be sufficient to satisfy Article 5 of the Decision and verify that no harmful interference is caused to other users of the 24 GHz band. Interference was predicted only if the total number of vehicles equipped with SRR exceeded 7% of the total automotive fleet. At a 2008 penetration of 0.02%, there is no possibility of interference concerns being raised.

SARA conducted a survey in June 2009 of its active members to verify that (1) no company was aware of any installation or sales of 24 GHz ultra-wideband SRR in vehicles sold in the European Union, or CEPT countries in general, in addition to the sales SARA was preparing to report; and (2) no company was aware of any sales of

stand alone or aftermarket 24 GHz ultra-wideband SRR equipment in the European Union or CEPT countries in general. Based on this survey and SARA's general information on the industry status of SRR, we are confident that this report is accurate and verified.

In addition to being consistent with the Commission Services' own assessment as noted above, these initial numbers are consistent with market penetration predictions that SARA submitted during the development of the Decision. Based on modeling of the vehicle fleet, historical registration (and deregistration) information; and experience with introduction of other safety-related technology, SARA estimated that penetration of SRR into the entire automotive fleet would remain under 3% for at least the first three to five years of the program, even if all manufacturers in Europe commenced from the outset to introduce SRR.

### **Safety Impact of 24 GHz SRR**

The following information in section 1 is taken from SARA's submission to the European Commission consultation dated 2 February, which remains valid and timely.<sup>4</sup> Additional information is also submitted in section 2 on even more recent findings on the safety benefits of 24 GHz SRR.

#### **1. Initial Safety Findings**

When SRR regulations were adopted, policy makers assessed the real world benefits of the technology. The US FCC stated in 2002 when it adopted 24 GHz SRR rules that it expected "vehicular radar to become as essential to passenger safety as air bags for motor vehicles...."<sup>5</sup> When it adopted national rules based on the EC decision, the UK's Ofcom assessed on a comparative basis that "the benefits of use of SRR equipment, which would accrue to road users, are expected to outweigh costs of use of SRR in the 24 GHz band, which would accrue to other users of the band...." It further decided that "assuming conservatively that this equipment may only be successful in stopping 5% to

---

<sup>4</sup> Annexes from the original submission are deleted.

<sup>5</sup> FCC, Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems, First Report and Order in ET Docket 98-153, 22 April 2002, at paragraph 18.



10% of accidents involving vehicles with the equipment installed, the net present value of the benefits from using automotive SRR devices are estimated to range from £139 to £279 million over this period [2010 – 2014].”<sup>6</sup>

Daimler subsequently conducted a study analyzing real accidents, using the GIDAS data bank (German In-Depth Accident Study) to focus on rear end crashes as one of the most relevant kind of crashes. SARA presented the first results of this study in its earlier request for a fundamental review of 24 GHz SRR regulations. That evaluation was based on statistics from 16,000 accidents and in particular reconstruction of more than 800 rear-end collisions.

In a September 2008 presentation to the World Automotive Congress, Daimler noted that **20% of all rear end crashes could have been avoided** if the cars had been equipped with SRR based intelligent brake assistance. Even in cases when the crash was unavoidable the reduction of crash energy was significant and the **severity of the crash consequences would have been mitigated in 25% of the accidents**. These accidents are a major cause of serious accidents. Daimler has reported that each year in Germany alone there are over 50,000 serious “head-to-tail” crashes, in which some 5,700 people are either killed or seriously injured. One in six traffic accidents in which people are injured are caused by such accidents. Daimler also has noted that as many as 9,500 serious road accidents involving lane changes are caused on German highways each year, which could be mitigated by blind spot detection based on SRR.

These conclusions have been supported by various experiments using driving simulators and further statistical assessments. Automobile Clubs made their own tests and reported about the effectiveness of precrash measures activated by UWB SRR. The result of speed reduction by brake assistance from 50 to 37.5 km/h was estimated to reduce acceleration overload in a crash for the driver by 27%, and for the passenger by 30%. In addition, the pre-tensioning of seat belts would reduce the risk of severe injury by

---

<sup>6</sup> Ofcom, “Decision to exempt the use of automotive short-range equipment in the 24 GHz band from Wireless Telegraphy licensing, Statement and Statutory Regulations” 14 June 2005, paragraphs 4.22 and 4.8. Ofcom assumed at that time that the SRR regulatory framework would work satisfactorily and that take-up of both 24 GHz and 79 GHz SRR would increase over the 2010 – 2014 period from 1% to 13%. This penetration is no longer foreseen, due to the regulatory structure.

13%. This motorclub also stated that after market introduction in luxury cars the option should be followed quickly by deployment in all segments of car lines.

Vehicle applications such as Collision Warning and Emergency Braking Systems are part of the Commission's Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe. The Commission has stated recently that "better use should be made of the newest active safety measures," and in large part SARA believes encouragement for customer-driven deployment of SRR is a critical element in those projects.<sup>7</sup>

European programs funded by the Community make use of SRR technology, e.g., the APROSYS projects on integrating active and passive safety systems, and active safety PREVENT projects such as INSAFE, COMPOSE and APALACI.<sup>8</sup> Substantial research programs at the national level have been devoted to analyzing the impact of SRR – for example the UK's SHORSEN project funded at £457K from 2000 – 2003.<sup>9</sup> Substantial government funding has been dedicated to 24 GHz SRR, on the basis that development of this technology can make a significant impact on road safety.

## 2. Recent Safety Findings

The following section concerns additional information available on automotive safety. Assessment of the impact of active safety systems follows a specific progression, starting from theoretical assessments of the impact of new technology, to statistical modeling based on accident behavior in light of the new technology, and finally to real world assessments using accident data. SARA earlier reported the results of the Daimler September 2008 analysis based on real world data from the GIDAS data bank.

Subsequent and even more depth analysis based on that data validates the earlier assessment. Several papers especially relevant to this issue were presented at the 21<sup>st</sup>

---

<sup>7</sup> Commission, "Action Plan for the Deployment of Intelligent Transport Systems in Europe," COM(2008) 886, 16 December 2008, section 4.3.

<sup>8</sup> See Final Report, Preventive and Active Safety Applications, Integrated Project, Contract number FP6-507075, 7 May 2008, at <http://www.prevent-ip.org/>.

<sup>9</sup> See Foresight Vehicles Research Projects, 2006, at page 58.

International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, 15-18 June, Stuttgart, DE.<sup>10</sup>

Daimler Group Research & Advanced Engineering submitted an extensive analysis at the conference entitled “The vision of accident free driving.” The paper presents a detailed analysis of accident data and assesses the impact of SRR active safety devices. In particular, it reviews the impact of Distronic PLUS, which is Daimler’s trade name for 24 GHz SRR technology (combined with 77 GHz long range radar) implemented into Mercedes vehicles and integrated into other safety functions, most notably Break Assist PLUS.

Among the assessments of this comprehensive analysis is that the safety potential of these systems is “especially evident in extra urban settings on highways and freeways or motorways.” It states that the systems “prevented more than 37 percent of rear-end crashes in average. In another 31 percent of these collisions, the system can help to reduce accident severity greatly.” Notably, it is this type of accident category in which about 57 percent of all fatalities and 62 percent of all serious injuries happened on German motorways.

The paper also analyzed the number and severity of accidents likely avoided or mitigated based on assessment spare part inventory statistics (i.e., spare parts needed to repair vehicles involved in accidents). The paper states the SRR package “was able to prevent 53% of all rear-end collisions with injuries.”

This detailed statistical analysis concludes that “the predicted efficiency in avoiding or mitigating rear-end collisions of the Distronic PLUS package could be demonstrated in the event of real life accidents for a representative large-scale sample size.”

Daimler’s real world analysis of traffic accident effects is confirmed by other papers presented at the conference. For instance, a paper presented by the Swedish Road Administration in conjunction with research personnel on automatic emergency braking

---

<sup>10</sup> Final program available at [http://www.esv2009.com/fileadmin/esv/documents/Final\\_Program.pdf](http://www.esv2009.com/fileadmin/esv/documents/Final_Program.pdf).

concluded that reduction of speed before impact by 10% “gives a reduction of fatality risk by 31% and the risk of a serious injury by 19%.”<sup>11</sup>

The German Insurers Accident Research body “UDV” presented a paper assessing accident claims based on all third party vehicle insurance claims, using a representative cross-section of all such claims for 2002-2006.<sup>12</sup> Its data bank is comparable to the GIDAS data used in the Daimler study, but involves only serious accidents (i.e., those involving personal injury and at least €15,000 total claim value). Among other advanced driver assistance systems, UDV assessed the impact of collision mitigation braking systems (CMBS), including a category of such systems “done almost exclusively with radar sensors.” For this category of active safety technology, the UDV found there is a “fundamentally high safety potential.” It calculated that if 100% of all cars were equipped with such technology, “12.1% of all car accidents in the database could be avoided” and 28% of all rear-end collisions could be avoided. Their conclusion was that, after electronic stability control, “CMBS are the systems that deliver the greatest safety potential in the field of active safety. They should therefore be fitted to the car fleet as soon as possible.”

### **Other Market Developments – 79 GHz SRR**

The following text is taken from SARA’s submission to the European Commission consultation, dated 2 February, which remains valid and timely.

Development of 79 GHz SRR technology has proceeded in a satisfactory fashion. SARA has reported to the Commission that companies in the complete supply chain – car manufacturers, sensor manufacturers and their sub-suppliers as well as bumper manufacturers – have been engaged in serious efforts to reach this permanent frequency solution. SARA is alarmed, however, that spectrum managers and regulators have not taken into account the lead times and stages of automotive equipment development, and the intrinsic differences between that process and that of other, perhaps more familiar,

---

<sup>11</sup> M. Krafft, C. Tingvall (Director, Traffic Safety, Swedish Road Administration) et al., “The effects of automatic emergency braking on fatal and serious injuries.”

<sup>12</sup> M. Kuehn, et al., German Insurers Accident Research, “Benefit estimation of advanced driver assistance systems for cars derived from real-life accidents.”

technology. The integration of new semi-conductor chip technology into automotive sensors, and the follow-on integration of those sensors into a safety technology requires a completely different timeframe than that, for example, of a new GSM terminal or radio receiver.

Development of an automotive safety system requires at least a four-step process: (i) semi-conductor development; (ii) sensor development; (iii) car integration and application development; and (iv) real world testing. The technology, sensor and system development is primarily done by the supplier; the application development is done mainly by the car manufacturer (OEM) or needs at least a close cooperation between supplier and OEM. Detail on these steps in the context of SRR is provided in the following table –

Process step	Comment
Semi-conductor development	The first step for 79 GHz SRR has been accomplished through the KoKon project, from 2004-2007. A long range radar (LRR) sensor based on these semiconductors will be available on the market in 2009-2010.
Sensor development	Chipsets must be integrated into radar sensor applications. This step is underway through the RoCC project, from 2008-2011, and sensor development by suppliers.
Car integration and application development	Sensors must be developed to a stage that they can be shown to be suitable for mass production, available for integration into mass production car lines. System development includes sensor vehicle integration, and software interface between sensor and vehicle electronics.  In addition to the sensor the bumper has to be adapted. Materials and paintings must be developed or optimized so that they are suitably transparent at the higher frequency of 79 GHz.
Test under real world conditions	The verification of system performance must be shown. Because the applications are for road safety, up to 1 million kilometers of testing on the road under normal traffic conditions and post-simulation in the laboratory must be carried out. Therefore the earliest release for car series production requires a lead time of several years after having sensors available for car integration.

24 GHz was the first technology to open the window to object detection around the car. Higher frequency technology is well known from 77 GHz ACC, which does not, however, support UWB applications due to frequency limitations. The critical issue for 79 GHz technology is the need to bring cost down to make sensors affordable for all customer and sufficient testing to ensure there are no liability or safety issues.

79 GHz will be the next generation technology platform after 24 or 26 GHz, and it will give the opportunity to improve sensor performance, with important size and performance advantages. But until recently, 79 GHz technology for SRR was still in the research phase. A first project named Kokon 2004-2007 was focused on semiconductor technology using SiGe semi-conductor applications instead of GaAs. The successor project named RoCC (Radar on Chip for Cars) started in 2008 and will last until 2011. Its focus is sensor technology (e.g. low cost packaging of 79 GHz MMICs, improved MMIC transit frequencies, and better heat dissipation).

There is great enthusiasm within SARA about progress towards 79 GHz technology, and both OEMs and suppliers are heavily involved in this development. The manufacturers cannot contemplate integration of 79 GHz SRR into production lines, however, until at least two additional crucial steps are finalized. First, it must be demonstrated that the sensors can be built by suppliers on a mass production basis. Second, the resulting system must be tested under real world conditions. This latter step cannot be avoided or foreshortened, because it is the basis for liability and safety considerations. Typically new safety equipment must be “test driven” for up to 1 million km to ensure it can be sold to the public as a reliable and safe option.

Without a working sensor system integrated in the car it is not possible to perform the testing on the application level as required due to automotive quality standards. Safety applications must undergo extensive testing to ensure reliable performance in all traffic situations. Therefore it is desirable that all car manufacturers start working on the application level as soon as possible.

The availability of 26 GHz sensors would allow all car manufacturers to start with the development of safety applications based on today’s radar sensor technology. In the mid and long term the car manufacturers will decide either to use 26 GHz sensors for a longer time or will use superior 79 GHz sensors. 26 GHz UWB systems will open the market for 79 GHz sensors. Without 26 GHz many car manufacturers cannot develop SRR safety applications for the next few years because they have to wait until systems based on 79 GHz are integrated in the vehicle. In this situation, the use of radar-based safety systems on a large-scale will be further delayed and the technology gap between 24 GHz and 79 GHz will be extended for many years.

One way to overcome barriers to ultimate take-up of 79 GHz SRR as a means to ensure automotive safety is to encourage existing SRR technology. The current 24 GHz SRR provides a platform for consumer acceptance and market entry. It is thus providing an impetus for longer term acceptance and economies of scale for 79 GHz SRR. If that impetus is interrupted by the regulatory framework, then market acceptance of 79 GHz SRR is threatened.

Respectfully submitted,

Strategic Automotive Radar Frequency Allocation group

Contacts:

Chairman

Dr. Gerhard Rollmann

email: [gerhard.rollmann@gr-consulting.eu](mailto:gerhard.rollmann@gr-consulting.eu)

Legal Advisor

Gerry Oberst

Email: [geoberst@hhlaw.com](mailto:geoberst@hhlaw.com)

Attachment

KBA submission as received by SARA

## Kraftfahrt-Bundesamt

Kraftfahrt-Bundesamt • 24932 Flensburg

European Commission

## E-Mail

Philippe.jean@ec.europa.eu  
Frank.greco@ec.europa.eu



Your reference / your letter of:

---

Our reference:

320-935

Contact:

Claudia Bückle

Phone: +49 (4 61) 3 16-20 23

Fax: +49 (4 61) 3 16-2833

E-Mail:

claudia.bueckle@kba.de

Date: 22.06.2009

**Subject: Report on the use of the 24 GHz frequency range by automotive short-range radars as of June 2009**

### Introduction

Art. 5 of the decision 2005/50/EC requires monitoring of the use of the 24 GHz frequency range by automotive short-range radars (SRR) in order to ensure that the total number of vehicles equipped with SRR does not exceed 7 % of the total automotive fleet in the European Union.

According to the concession of the Commission the annual reports of the first three years may be based on European fleet figures only.

The first report was submitted to the Commission by the **Short Range Automotive Radar Frequency Allocation** group (SARA) in July 2006 (document RSCOM06-53).

The second report- regarding the period from June 2006 to Mai 2007- was submitted in June 2007 to the Commission by the German Kraftfahrt-Bundesamt (KBA- Federal German Motor Transport Authority) in pursuit of a guaranteed independent and reliable report. As a result of this report the percentage of penetration of SRR-equipped vehicles in Europe amounted to approximately 0.008.

The third document presented to the Commission in June 2008 was regarded as the last annual report on an Europe-wide basis, providing information about the level of fleet penetration of vehicles equipped with SRR in Europe. The percentage proved in the third report was of 0.01. From the period beginning in June 2008 decision 2005/50/EC obliges Member States (MS) to evaluate the percentage on basis of the registered number of vehicles within their respective country and report the results to the Commission.

Germany's Federal Motor Transport Authority (KBA) has been accepted by the Commission and MS as a reliable reporting authority on the percentage as described above and in future as a provider to interested MS of the collected data transmitted by the manufacturers.

However, the automotive industry represented by SARA informed the Commission that the penetration of SRR equipped vehicles is still small and SARA therefore suggested drawing up

Office building:  
Förderstraße 16  
24944 Flensburg  
Germany

Office hours:  
Mon. - Thurs. 8:30 am - 3:00 pm  
Fri. 8:30 am - 2:00 pm

Phone:  
+49 (4 61) 3 16-0

Fax:  
+49 (4 61) 3 16 16 50  
+49 (4 61) 3 16 14 95

E-Mail: kba@kba.de Internet: www.kba.de

Bank account:  
Deutsche Bundesbank, Filiale Kiel  
BLZ: 210 000 00, Acc. No. 210 010 09  
IBAN: DE27 2100 0000 0021 0010 09  
BIC: MARKDEF1210





another report on an Europe-wide basis. As the Commission agreed, this fourth report concerns European data only.

### **Report**

Two car manufacturers introduced 24 GHz- SRR into their production line since decision 2005/50/EC came into force (as SARA mentioned in the first annual report, introduction of SRR into the market started in September 2005). Since then, both manufacturers provided annual production data of vehicles equipped with SRR to the KBA.

Based on ACEA's 2009 publication<sup>1</sup>, the total number of the European automotive fleet can be estimated to be 253 million vehicles on June 1st 2009. As a result of the data submitted by the manufacturers the percentage of penetration of SRR-equipped vehicles in Europe for the reporting period ending at May 31<sup>st</sup> 2009 amounts to approximately 0.02.

Like the reports before this result stays on the conservative side of estimation considering the fact that ACEA's European fleet data is incomplete: some of the EU-23-MS (eg. Hungary and Lithuania) have not delivered any data yet, so that the calculated percentage of 0.02 would be even less, if related to a complete EU-23 data basis. Besides, it is likely that not all of these vehicles equipped with SRR are still in use.

Yours respectfully,

Claudia Bückle

<sup>1</sup> [http://www.acea.be/images/uploads/files/20090218\\_EU\\_Motor\\_Vehicles\\_in\\_Use\\_2007.pdf](http://www.acea.be/images/uploads/files/20090218_EU_Motor_Vehicles_in_Use_2007.pdf)



日本自動車輸入組合  
Japan Automobile Importers Association

自輸第8043号  
平成20年10月16日

総務省 情報通信審議会  
情報通信技術分科会 UWB無線システム委員会  
事務局 御中

日本自動車輸入組合  
専務理事 大慈弥 隆人



UWBレーダ（車載レーダ）に係わる登録台数の情報開示について

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

さて、標記のUWBレーダの市場浸透に伴う既存の無線システムへの障害対応として、別添のとおり当組合の管理要領により実施致したく、ご報告いたします。

つきましては、何分のご配慮を賜りたくよろしくお願い申し上げます。

敬具



別添

## UWBレーダ（車載レーダ）に係わる登録台数に係わる管理要領

### 1. 適用範囲

この管理要領は、日本自動車輸入組合（JAIA）に加盟する輸入事業者によって輸入・販売され、24GHzのUWBレーダを搭載する自動車に適用する。

### 2. 管理要領

JAIAは前項の自動車について、（1）項の管理体制をとり、（2）項により情報開示を行なうこととする。

#### （1）管理体制

JAIA事務局は、JAIAに加盟する輸入事業者の内、（2）に係わり自己管理を行なう輸入事業者グループを形成し、その総括管理を行なうものとする。もし、そのグループに属さない輸入事業者が当該UWBレーダを搭載した自動車の販売・登録を開始する場合には、その事業者が事前に前述の自己管理グループに属するように適切な指導を行なう。

#### （2）UWBレーダ市場導入台数の情報開示

販売登録した1項の自動車の台数およびその自動車に搭載したレーダの個数を四半期毎に調査し、各四半期の翌月にJAIAのホームページにて公開する。なお、累積台数と累積個数が制限値に近づいてきた場合には、四半期毎の調査～公開の頻度を上げることとする。以上のスキームをもって、輸入車全体の累積台数と累積個数を管理しつつ、情報開示を行なう。

### 3. 適用時期

本管理要領は、1項の自動車に搭載されるUWBレーダの市場導入が認められた時点から適用する。



自輸第 8031 号  
2009 年 3 月 12 日

社団法人 日本自動車工業会  
ITS 技術部会  
スマートシステム分科会 御中

日本自動車輸入組合  
基準・認証委員会 御中

日本自動車輸入組合  
副理事長兼専務理事 大慈 弥 隆 人

## UWB 車載レーダーの自主管理について

MIC UWB レーダー作業班の合意に基づき、日本自動車輸入組合(JAIA)事務局がセンターとなり、UWB レーダー搭載自動車の国内台数の自主管理体制を作りたいと考えます。

別紙1に体制案を提示いたしますので、貴会に所属の各社においてご検討いただき、UWB 車載レーダー装置の導入に、ご関心をお持ちの各位は、別紙2に参加のご希望と、2016 年までの各社の販売予測台数を、3 月 23 日(月)までに JAIA 事務局(下記)までお知らせください。

本件に関する申し込み及びお問合せ先:

日本自動車輸入組合(JAIA)

事務局 田代 昌一

TEL 03-5765-6828 FAX 03-5765-6847

e-mail [tech@jaia-jp.org](mailto:tech@jaia-jp.org)



## 「JAIA UWB レーダー搭載自動車の台数自主管理について」

2009年3月12日

JAIA 事務局

目的: 24GHz帯 UWB レーダー搭載車両の台数を、他の無線事業者との干渉を避ける目的から、保有台数(約 8000 万台)のうち、A%(A:MIC UWB レーダー作業班の確認数値)を超えないよう調整を行う。

参加メンバー: 24GHz帯 UWB レーダーを搭載した自動車を輸入・生産もしくは販売する、JAIA 会員インポーターおよび JAMA 会員の国産自動車メーカー

事務局: JAIA 事務局

### 自主管理体制案:

#### 1. 管理体制の基本方針

JAIA 事務局は、JAIA に加盟するインポーター及び JAMA 会員の国産自動車メーカーが輸入・生産もしくは販売する、24GHz帯 UWB レーダーを搭載した自動車に関して、既存無線システムへの障害対応として、自主管理を行なう事業者グループを形成し、その総括管理を行なうものとする。

もし、そのグループに属さない事業者が当該 UWB レーダーを搭載した自動車の販売・登録を開始する場合には、その事業者が事前に前述の自主管理グループに属するように適切な指導を行なう。

#### 2. モニター体制

i) JAIA は基準認証委員会を通じて、随時参加メンバーを募る。

参加メンバーの確認は、年 1 回行う。

ii) JAMA は、毎年 JAIA から発行される参加案内を受けとり、ITS 技術部会及びスマートシステム分科会を通じて随時参加メンバーを募り、JAIA 事務局に届け出る。

参加メンバーの確認は、年 1 回行う。

iii) 自主管理グループ各社は、2016 年までの年毎の導入予測台数を JAIA 事務局に届け出る。JAIA 事務局はこれを集約し、MIC に提出する。

iv) 自主管理グループ各社は、4 半期毎に販売登録した当該自動車の台数を集計し、JAIA 事務局に届け出る。JAIA 事務局は、各四半期翌月に集計結果を JAMA に報告すると共に JAIA ホームページにて公開する

#### 3. レビュー体制

累積台数が制限値に近づいてきた場合には、JAIA 事務局より自主管理グループ各社にその旨を通知し、各社の販売台数集計の頻度を上げるとともに、台数管理の働きかけを行なう。

以上



日本自動車輸入組合 宛て

JAIA UWB レーダー搭載自動車の台数自主管理グループ参加申込み書

年 月 日

貴社名			
御担当者氏名		部署	
連絡先 TEL		FAX	
E-mail			
2016 年までの 販売予測台数	2010		
	2011		
	2012		
	2013		
	2014		
	2015		
	2016		

※ なお販売台数の予測が不可能の場合は、その旨お知らせください。

## 加入者系無線アクセスシステム／携帯電話エントランス回線との 共用検討について

UWB レーダシステムと加入者系無線アクセスシステム／携帯電話エントランス回線との共用検討を以下のように行った。

### 【検討経緯】

#### 平成19年5月23日：第4回UWBレーダ作業班にて

被干渉側より干渉が懸念される例と被干渉システム側の条件が提示された。

#### 平成19年6月12日：第1回アドホック会合

加入者系無線アクセスシステムと携帯電話エントランス回線の両システムを合同で議論することが被干渉側より提案された。

#### 平成19年10月2日：第2回アドホック会合

ITU-R TG1-8 で「UWB レーダシステムと固定サービスの干渉検討」に携わった Dr. Martin Kunert 氏が来日し、日本の固定無線と 24GHz 帯 UWB レーダの干渉検討に対する見解が説明された。

#### 平成19年10月4日：第5回UWBレーダ作業班にて

Dr. Martin Kunert 氏より、「日本における UWB レーダシステムと固定サービスとの干渉分析」が説明された。

#### 平成20年3月11日：第6回UWBレーダ作業班にて

被干渉側より干渉検討結果が提示された。(別添資料1参照)

#### 平成20年4月24日：第3回アドホック会合

干渉緩和要素等の条件(特に降雨減衰)が議論された。

#### 平成20年9月26日：第7回UWBレーダ作業班にて

干渉緩和要素等の条件(特に降雨減衰)について双方の見解の相違点が説明された。

#### 平成20年12月5日：第4回アドホック会合

被干渉側より「干渉軽減対策機能の動作担保等により普及率40%で共用可能」との案が提示されたが(別添資料2参照)、「干渉軽減対策を将来の課題とし、マージン最悪値-10.9dB(許容普及率8.1%に相当)から余裕をみて普及率7%で共用可能とする」案が合意された。(別添資料3参照)

#### 平成20年12月19日：第8回UWBレーダ作業班にて

UWB レーダシステムの普及率7%以下で共用可能とする検討結果が確認された。(別添資料4参照)

# FS干渉検討例

平成20年3月11日  
UWBレーダ作業班  
FS-SRR Ad-hoc

## 検討条件

干渉検討における前提条件は以下の通りである。

- ・ ITU-Rにおける検討手法をベースとし、国内におけるFSの運用状況を考慮して検討を行う。
- ・ ITU-Rにおける干渉検討モデルには大別して、下記Case1とCase2がある。
  - Case1: FSとSRRの密度が高く、両者が近接して運用される可能性が高いケース
  - Case2: Case1のようにFSとSRRの密度が高くなく、両者が近接して運用される可能性が低いケース
- ・ FS干渉検討の1例として、Case1に基づき干渉検討を行う。
- ・ Single EntryについてはFSアンテナのメインビーム方向にSRR搭載車両※が存在するケース（最悪ケース）を想定して検討を行う。
- ・ FSの干渉保護基準としてITU-Rで採用されている $I/N=-20\text{dB}$ を使用する。

※車両前方に隅から20cm内側に2基装着



## 計算条件 (UWB SRR)

項目	情通審		ITU-R (Case1)
	基地局	加入者局	
周波数	23GHz (対無線エントランス) 26GHz (対FWA)		23GHz
EIRP	-41.3dBm/MHz		-41.3dBm/MHz
アンテナ指向特性	G <sub>max</sub> -2/3×θ (0° < θ < 40° ) G <sub>max</sub> -26.66 (40° < θ)		G <sub>max</sub> -2/3×θ (0° < θ < 40° ) G <sub>max</sub> -26.66 (40° < θ)
SRR地上高	0.5m		0.5m
設置台数/設置位置	4 (前方2, 後方2)/車両の4隅 Single Entryのみ車両端から20cm内側		4 (前方2, 後方2)/車両の4隅
車線数 (計算対象)	4		4
車両間隔*	20m, 50m, 100m, 150m		20m, 50m, 100m, 150m
車長/車高/車幅*	5m/1.5m/1.5m		5m/1.5m/1.5m
干渉パスの降雨減衰	0.6dB/km, 3.0dB/km		0.6dB/km, 3.0dB/km
シールド損失*	前方及び側方の車両による シールド損失を考慮		前方及び側方の車両による シールド損失を考慮
SRR装着率*	100%		100%
バンパー損失	3dB		3dB
干渉集積距離*	3000m		3000m

※Aggregateのみ

## 計算条件 (FWA)

項目	情通審		ITU-R (Case1)
	基地局	加入者局	
周波数	26GHz		23GHz
アンテナ利得	6.5dBi	41.1dBi, 31dBi**	41dBi
アンテナ指向特性	Single entry: F.1336 (peak) Aggregate: F.1336 (average)	Single entry: F.699 Aggregate: F.1245	Single entry: F.699 Aggregate: F.1245
アンテナ地上高	16m	5m	10m, 18m, 25m
アンテナチルト	0deg	0.9deg ↑	0deg
アンテナメインビーム の方向と道路のなす角*	0deg		0deg
給電損失	0dB		0dB
道路端からの水平距離*	0m, 10m	5m, 10m	10m, 30m
許容干渉レベル	-126.8dBm/MHz		-128dBm/MHz

※Aggregateのみ

※※ アンテナ利得として、設置台数の多い「31dBi」を追加

## 計算条件（無線エントランス）

項目	情通審				ITU-R (Case1)
	Model A	Model B	Model C	Model D	
周波数	23GHz				23GHz
アンテナ利得	46dBi	40dBi	40.1dBi	34.9dBi	41dBi
アンテナ指向特性	Single entry: F. 699 Aggregate: F. 1245				Single entry: F. 699 Aggregate: F. 1245
アンテナ地上高	50m	20m	40m		10m, 18m, 25m
アンテナチルト	0.57deg ↓	0.57deg ↑	0deg		0deg
アンテナメインビームの方向と道路のなす角※	0deg				0deg
給電損失	0dB				0dB
道路端からの水平距離※	0m				10m, 30m
許容干渉レベル	-125.8dBm/MHz		-125.3dBm/MHz		-128dBm/MHz

※Aggregateのみ

## 計算結果（FWA）

### 【Single Entry】

検討モデル	アンテナ利得 [dBi]	降雨減衰 [dB/km]	許容干渉レベル [dBm/MHz]	干渉レベル(最悪値) [dBm/MHz]	所要改善量 [dB]
基地局	6.5	0.6	-126.8	-143.1	-16.3
		3.0		-143.4	-16.6
加入者局	41.1	0.6	-126.8	-121.9	4.9
		3.0		-122.2	4.6
	31	0.6		-119.1	7.7
		3.0		-119.4	3.3

## 計算結果 (FWA)

### 【Aggregate】

検討モデル	アンテナ利得 [dBi]	降雨減衰 [dB/km]	車両間隔 [m]	許容干渉レベル [dBm/MHz]	干渉レベル [dBm/MHz]	所要改善量 [dB]
基地局 (offset 0m)	6.5	0.6	20	-126.8	-124.9	1.9
		3.0			-125.4	1.4
加入者局 (offset 5m)	41.1	0.6	20	-126.8	-112.6	14.2
		3.0			-115.2	11.6
	31	0.6			-112.2	14.6
		3.0			-113.7	13.1

(参考) offsetを変更した場合

検討モデル	アンテナ利得 [dBi]	降雨減衰 [dB/km]	車両間隔 [m]	許容干渉レベル [dBm/MHz]	干渉レベル [dBm/MHz]	所要改善量 [dB]
基地局 (offset 10m)	6.5	0.6	20	-126.8	-124.8	2.0
		3.0			-125.3	1.5
加入者局 (offset 10m)	41.1	0.6	20	-126.8	-114.6	12.2
		3.0			-117.8	9.0
	31	0.6			-114.5	12.3
		3.0			-116.4	10.4

## 計算結果 (無線エントランス)

### 【Single Entry】

検討モデル	アンテナ利得 [dBi]	降雨減衰 [dB/km]	許容干渉レベル [dBm/MHz]	干渉レベル(最悪値) [dBm/MHz]	所要改善量 [dB]
Model A	46.0	0.6	-125.8	-129.8	-4.0
		3.0		-137.0	-11.2
Model B	40.0	0.6	-125.8	-132.3	-6.5
		3.0		-133.7	-7.9
Model C	40.1	0.6	-125.3	-135.2	-9.9
		3.0		-138.9	-13.6
Model D	34.9	0.6	-125.3	-134.3	-9.0
		3.0		-137.1	-11.8

## 計算結果（無線エントランス）

### 【Aggregate】

検討モデル	アンテナ利得 [dBi]	降雨減衰 [dB/km]	車両間隔 [m]	許容干渉レベル [dBm/MHz]	干渉レベル [dBm/MHz]	所要改善量 [dB]
Model A	46.0	0.6	20	-125.8	-115.1	10.7
		3.0			-120.4	5.4
Model B	40.0	0.6	20	-125.8	-115.5	10.3
		3.0			-118.7	7.1
Model C	40.1	0.6	20	-125.3	-116.7	8.6
		3.0			-120.9	4.4
Model D	34.9	0.6	20	-125.3	-115.3	10.0
		3.0			-118.7	6.6

平成20年12月19日：第8回UWBレーダ作業班 参考資料4

## UWBレーダ干渉検討に関する提案 (案)

2008年11月07日

日本電信電話株式会社  
株式会社NTTドコモ

### 長期運用に向けた提案

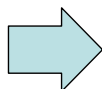
2

次頁の検討をまとめると、下記の青枠の条件で、SRRの自動車搭載率を40%とした長期案にて妥協することが可能と考えます

- ・ 干渉検討モデルでのシールドイングによる干渉緩和が 3.5dB 程度見込めるという技術的確認が取れること
- ・ 干渉緩和要素(Activity Factor 3dB、Polarization Loss 3dB) についての技術的確認が取れること

#### 制度化にあたって

- ・ SRRは道路交通法第3条に規定される自動車の内、大型自動車、中型自動車、普通自動車への搭載のみ
- ・ SRRの地上高(0.5m以下)
- ・ バンパー内部への設置(SRRを剥き出しで運用しない)
- ・ 駐車および停車時の電波の放射停止
- ・ 干渉軽減対策機能の動作担保



**SRRの自動車搭載率を40%とした長期案にて共用可能**

最終結論に向けたフェーズ分類		未解決事項	FS側の提案	干渉緩和量 (dB)	
				Aggregate	Single Entry
1	基本方針の確認	なし	なし	-	
2	計算モデルの検討	計算モデルが未合意 (Car Shielding の計算方法, Off-Axis Angle の計算方法, 自由空間損失の計算方法, 他)	・ FSアンテナチルト角の Offset angle への見込み方 推進側の近似式では許容できない誤差を生じるので、NTT/DOCOMO側のプログラムを使用した (FSアンテナの up-tiltを0deg とすることで合意がとれれば、計算結果の差異を解消可能)	-	
			・ 上記以外の角度・位置に関する推進側の計算誤り NTT/DOCOMOの方が厳密な計算を実施しているが、計算結果として差が小さいので、推進側の計算手法を受け入れてもよい (SRR設置位置、レーダ伝搬路の起点)	0.2	
			・ 自由空間損失計算における近似 推進側に根拠をご説明頂き、妥当であれば推進側の計算手法を取り入れる	0.5	
4	干渉緩和要素の検討	・ Activity Factor ・ Polarization Loss ・ Spray Loss ・ Clutter loss	被干渉側の計算：FSアンテナへの見通し角と遮蔽角の差から遮蔽損失量を車両毎に導出 (ITU-Rに準拠) 推進側：2列目以降の車両は一律22dBの遮蔽損失を付与等 推進側の計算手法、または被干渉側の提示値以上の干渉緩和量の実現手法について、技術的確認ができる根拠をご説明頂き、妥当であれば干渉計算に取り入れる	$\alpha$	-
			・ Activity Factor 干渉緩和と技術の詳細内容をご説明頂き、妥当であれば干渉計算に取り入れる (疑問点を別紙に記載)	3 Ad-hoc会合第4回資料より	-
			干渉緩和要素があればご説明頂き、妥当であれば干渉計算に取り入れる	$\beta$	-
5	その他の懸念に関する検討	・ FS伝搬路が道路を交差、他	干渉要素としての懸念はあるが、モデルの対象外とし議論しない	-	
干渉緩和量 合計 [dB]				8.7 + $\alpha$ + $\beta$	4.2 + $\beta$ <sup>(*)1</sup>
所要減衰量 [dB] (SRR普及率40%)				12.1	7.7

青枠は、推進側より納得できる根拠の提示があれば受け入れる項目 (推進側より作業班に資料をご提示頂く)  
 (\*1) シングルエントリーについては発生頻度が低いため、 $\beta=0$ dBであっても許容可能と考える

(別紙) Activity Factor および Polarization Loss に関する疑問点

① Activity Factor 3dB の根拠について

- (1) SRR switched modeの動作条件およびその仕組み等
- (2) Reduced PRF mode の動作条件およびその仕組み等
- (3) Non-UWB mode の意味と動作条件およびその仕組み等
- (4) SRRのパルス幅、瞬時電力、パルス間隔
- (5) 特にアグリゲーションモデルで20m間隔で車両が直線道路を走行時にどの程度の干渉緩和要素となるか

② Polarization Loss の 3dBの根拠について

(1) 具体的な実現方法

(偏波の異なるレーダを均等に出荷、1台の車両に偏波の異なるレーダを対として搭載、偏波が一定時間毎に変化、等)

(2) SRRアンテナの交差偏波特性

(特にFSへの仰角方向における交差偏波識別度)



## 24GHz/26GHz UWB Short Range Radar Systems

### Position paper on Japanese Fixed Service Study

Dr. Gerhard Rollmann, Chairman of SARA  
Takashi Ohta, Daimler Japan  
December 19<sup>th</sup>, 2008

## FS Impact analysis study in Japan

### NTT / NTT Docomo simulation aggregated scenario



### FWA (26GHz)

Focus on this part

Review Model	Antenna gain [dBi]	Rain attenuation [dB/km]	Car separation [m]	Allowed interference level [dBm/MHz]	Interference level [dBm/MHz]	Required improvement [dB]
Base Station (offset 0m)	6.5	0.6	20	-126.8	-124.9	1.9
		5.0			-125.8	1.0
Subscriber-station (offset 5m)	41.1	0.6	20	-126.8	-112.0	14.8
		3.0			-114.3	11.6
		0.6			-110.7	16.1
	5.0	-112.9			13.9	

### Wireless Entrance (23GHz)

Review Model	Antenna gain [dBi]	Rain attenuation [dB/km]	Car separation [m]	Allowed interference level [dBm/MHz]	Interference level [dBm/MHz]	Required improvement [dB]
Model A	46.0	0.6	20	-125.8	-115.1	10.7
		4.2			-122.8	3.0
Model B	40.0	0.6	20	-125.3	-115.5	10.3
		4.2			-120.0	5.8
Model C	40.1	0.6	20	-125.3	-116.7	8.6
		4.2			-122.7	2.6
Model D	34.9	0.6	20	-125.3	-115.3	10.0
		4.2			-120.2	5.1

**below 24 GHz, no problem at all due to limited usage**

**For FWA Subscriber Station – aggregation** (100% penetration, Car separation: 20m)

Parameter	ITU-R Report (FS P-P)		FWA Subscriber Station for Japan		
	Case 1	Case 2	FS operator	SARA	Compromise
Frequency	23 GHz	23GHz	26GHz	26GHz	26GHz
FS antenna gain	41.1 dBi	41.1 dBi	31 dBi	41.1 dBi	31 dBi
FS antenna height	10 m	18 m	5 m	5 m	5 m
FS antenna tilt	0 deg	0 deg	0.9 deg UP	0.9 deg UP	0.9 deg UP
FS antenna offset	10 m	20 m	5 m	10 m	10 m
SRR position	vehicle corner	0.2m inside	vehicle corner	0.2m inside	vehicle corner
Rain attenuation	0.6 dB/km	3.0 dB/km	0.6 dB/km	12.7 dB/km*1	5.0 dB/km*2
Activity factor	0 dB	3 dB	0 dB	3 dB	0 to 3 dB*3
Clutter loss	0 dB	7 dB	0 dB	7 dB	0 to 7 dB*3
Polarization loss	0 dB	3 dB	0 dB	3 dB	3 dB*3
Spray loss	0 dB	2 dB	0 dB	2 dB	0 to 2 dB*3
Simulation Model	ITU-R Model	ITU-R Model	NTT model	ITU-R Model	-4.7 to 0 dB*3
SRR interference	-109.5 dBm/MHz	-137 dBm/MHz	-110.7 dBm/MHz	-142.4 dBm/MHz	-115.9 to -132.6 dBm/MHz
Threshold limit	-128 dBm/MHz		-126.8 dBm/MHz		
<b>Margin</b>	<b>-18.5 dB</b>	<b>+9 dB</b>	<b>-16.1 dB</b>	<b>+15.6 dB</b>	<b>-10.9 to +5.8 dB</b>

\*1) 99mm/h: Rainfall rate for Tokyo in AIRB

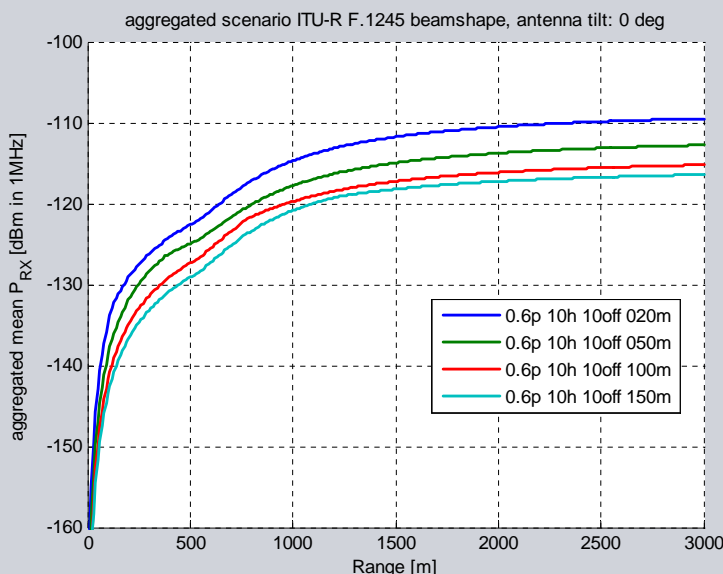
\*2) 37mm/h: Rainfall rate for Sapporo in ITU-R

\*3) To be discussed at the review (e.g. 2018): Please see page 18

**FS Impact analysis study in Japan**  
Cross-check (recreate ITU report graph with ITU-R model)

**ITU-R Case1, fig. 68 – (simulated with ITU-R model)**

(Number of SRR: 2, Bumper loss: 3dB, Number of Lanes: 4)



**FS antenna parameter:**

Antenna gain: 41.1 dBi  
Rain attenuation: 0.6dB/km  
Antenna height: 10m  
Road offset: 10m  
Antenna uptilt: 0 deg  
Frequency: 23 GHz

**SRR parameter:**

SRR in vehicle corner  
Car separation: 20m  
SRR height: 0.5m  
Vehicle height: 1.5m  
Vehicle length: 5 m

ITU-REP-SM.2057 (Attachment 2, Fig. 68) -109.5 dBm/MHz  
ITU-R model (French side shielding): -109.5 dBm/MHz

**➔ 0 dB difference**



# FS Impact analysis study in Japan

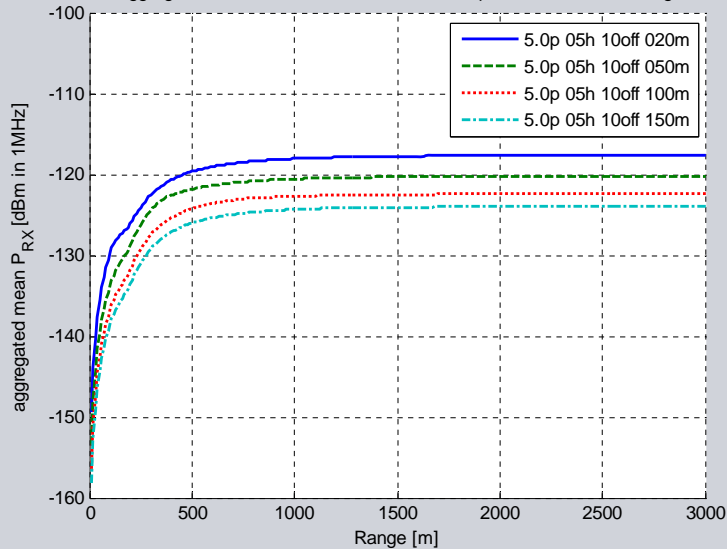
## Compromise (37mm/h without mitigation factor)



### FWA Subscriber Station – aggregation

(Number of SRR: 2, Bumper loss: 3dB, Number of Lanes: 4)

aggregated scenario ITU-R F.1245 beamshape, antenna tilt: 0.9 deg



Interference threshold (I/N = -20dB)  
ITU-R model (French side shielding):

-126.8 dBm/MHz  
-117.6 dBm/MHz

### FS antenna parameter:

Antenna gain: **31 dBi**  
Rain attenuation: **5.0 dB/km**  
Antenna height: **5 m**  
Road offset: **10 m**  
Antenna tilt: **0.9 deg UP**  
Center freq.: **26 GHz**

### SRR parameter:

SRR in vehicle corner  
Car separation: **20 m**  
SRR height: **0.5 m**  
Vehicle height: **1.5 m**  
Vehicle length: **5 m**

➔ **- 9.2 dB**

# FS Impact analysis study in Japan

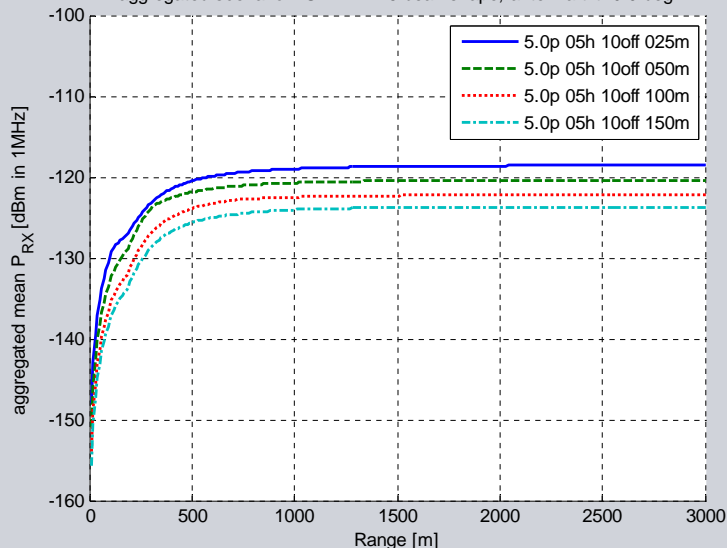
## Simulation result (37mm/h with large vehicle assumption)



### FWA Subscriber Station – aggregation

(Number of SRR: 2, Bumper loss: 3dB, Number of Lanes: 4)

aggregated scenario ITU-R F.1245 beamshape, antenna tilt: 0.9 deg



Interference threshold (I/N = -20dB)  
ITU-R model (French side shielding):

-126.8 dBm/MHz  
-118.6 dBm/MHz

### FS antenna parameter:

Antenna gain: **31 dBi**  
Rain attenuation: **5.0 dB/km**  
Antenna height: **5 m**  
Road offset: **10 m**  
Antenna tilt: **0.9 deg UP**  
Center freq.: **26 GHz**

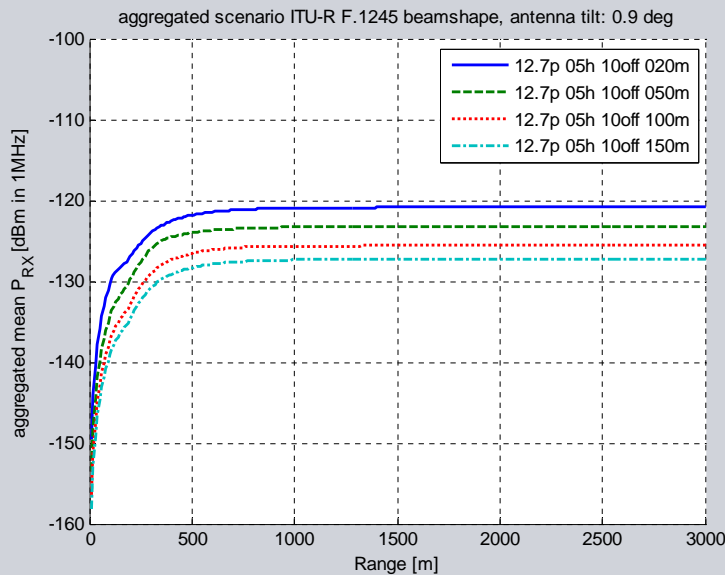
### SRR parameter:

SRR in vehicle corner  
Car separation: **25 m**  
SRR height: **1.5 m**  
Vehicle height: **4.0 m**  
Vehicle length: **10 m**

➔ **- 8.2 dB**

**FWA Subscriber Station – aggregation**

(Number of SRR: 2, Bumper loss: 3dB, Number of Lanes: 4)



**FS antenna parameter:**

Antenna gain: **31 dBi**  
 Rain attenuation: **12.7 dB/km**  
 Antenna height: **5 m**  
 Road offset: **10 m**  
 Antenna tilt: **0.9 deg UP**  
 Center freq.: **26 GHz**

**SRR parameter:**

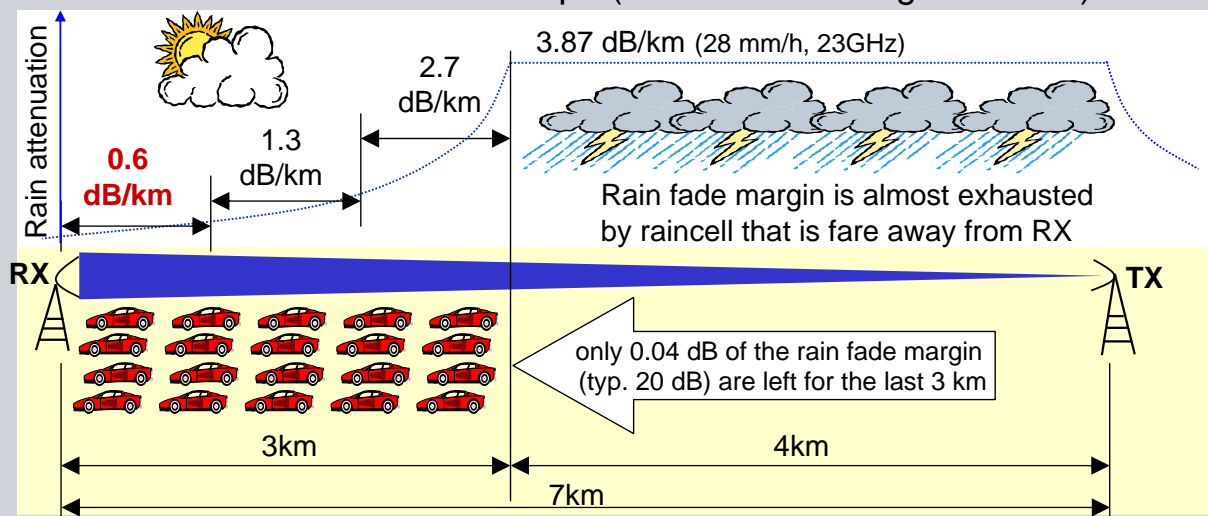
SRR in vehicle corner  
 Car separation: **20 m**  
 SRR height: **0.5 m**  
 Vehicle height: **1.5 m**  
 Vehicle length: **5 m**

**Interference threshold (I/N = -20dB)**  
**ITU-R model (French side shielding):**

**-126.8 dBm/MHz**  
**-120.9 dBm/MHz**

**➔ - 5.9 dB**

**23GHz band FS P-P link in Europe (min. 7km link length needed)**



If the rainfall area covers more than 4km of the FS link (or rainfall rate increases by 0.06 mm/h more), the FS link will be **unavailable** due to **lack of rain fade margin**, independent of SRR interference or not.

**This is neither realistic regarding scenario nor probability !!!**

### Vertical shielding model

$$L_S = 0 \quad \text{for } \alpha - \alpha_R < -2$$

$$L_S = 2.2 * (\alpha - \alpha_R) + 4.4 \quad \text{for } -2 < (\alpha - \alpha_R) < 8$$

$$L_S = 22 \quad \text{for } (\alpha - \alpha_R) > 8.$$

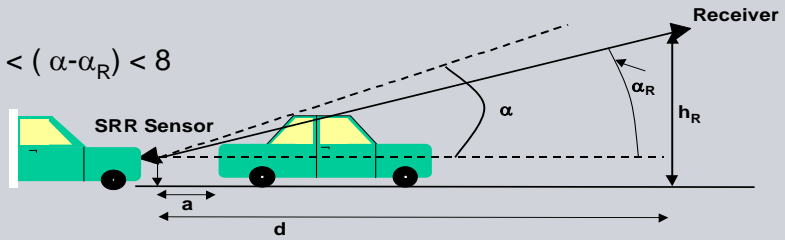


FIGURE 59 Sketch of a NLOS-connection between SRR and receiver

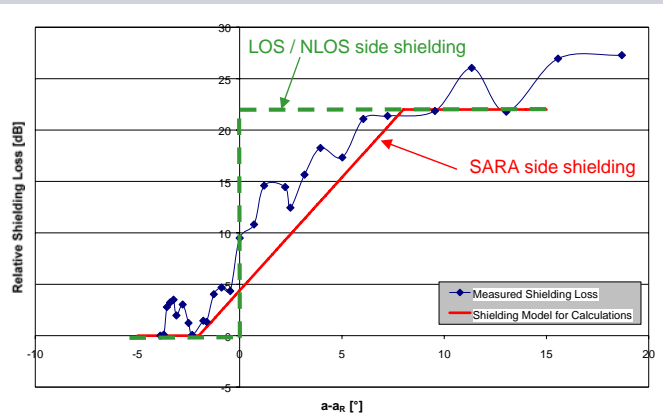
### Side shielding model

• **France model** (ITU-R Case1):

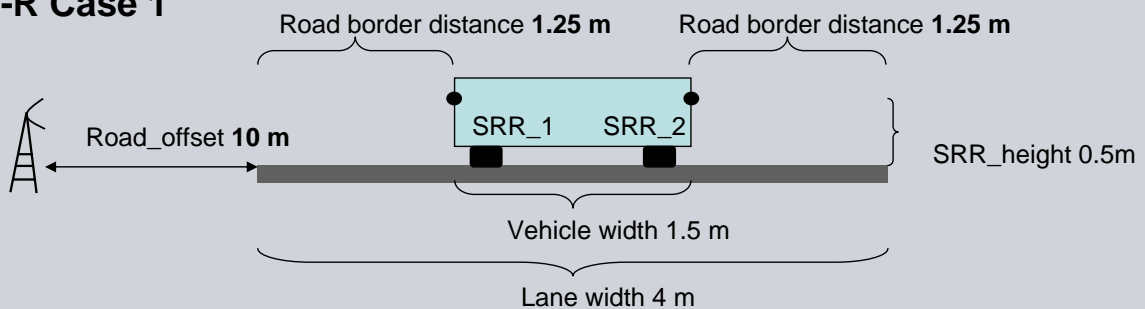
For 1<sup>st</sup> lane:  
LOS (line of sight) and  
Non-LOS assumption  
From 2<sup>nd</sup> lane:  $L_{side} = 22$

• **SARA model** (ITU-R Case2):

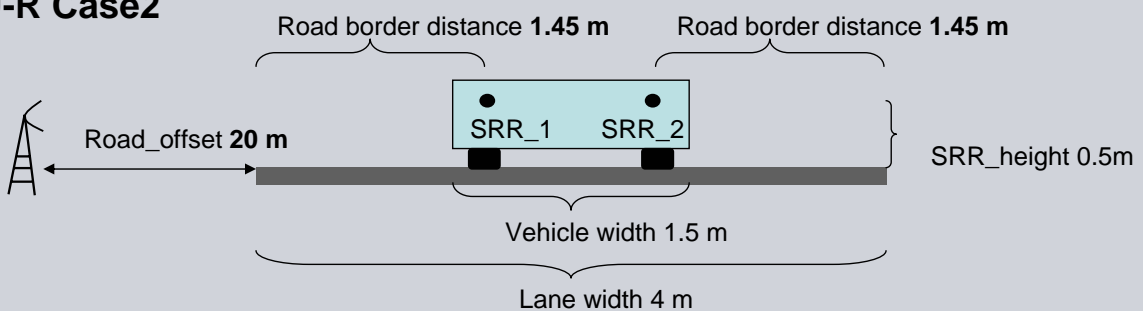
For 1<sup>st</sup> lane:  
Same shielding characteristic  
as for vertical shielding  
From 2<sup>nd</sup> lane:  $L_{side} = 22$



### ITU-R Case 1



### ITU-R Case2



Calculation of estimated activity factor for all modes of operation

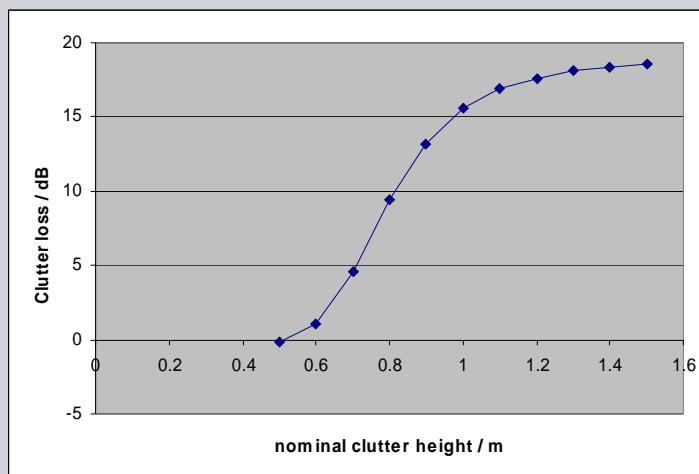
Driving situations	Modes of operation				Activity factors from all modes of operation <sup>(4)</sup>	Occurrence of driving situations in per cent of driving time	Activity factors from all modes of operation weighted by the occurrence of the driving situations
	"SRR switched off" mode	"Reduced PRF" mode (PRF reduced from 100% to 10%)	"Non-UWB" mode				
	Time SRR switched on <sup>(1)</sup> in per cent of driving time (activity factor No. 1)	Time full PRF <sup>(2)</sup> in per cent of driving time	Activity factor from this mode <sup>(3)</sup> (activity factor No. 2)	Time UWB mode in per cent of driving time (activity factor No. 3)			
Highway, moving traffic	100	80	82	60	49.2	55.00	27.06
Highway, slow traffic	100	100	100	80	80.0	10.00	8.00
City driving	70	80	82	70	40.2	35.00	14.06
City, forward parking	100	0	10	100	10.0	0.05	0.01
City, backward parking	100	0	10	100	10.0	0.05	0.01
					Resulting activity factor (%)		49.1

Activity factor was already agreed in ITU-R



3.0 dB

FS link non-freespace propagation - clutter loss according ITU-R P.452-10 - chapter 4.6

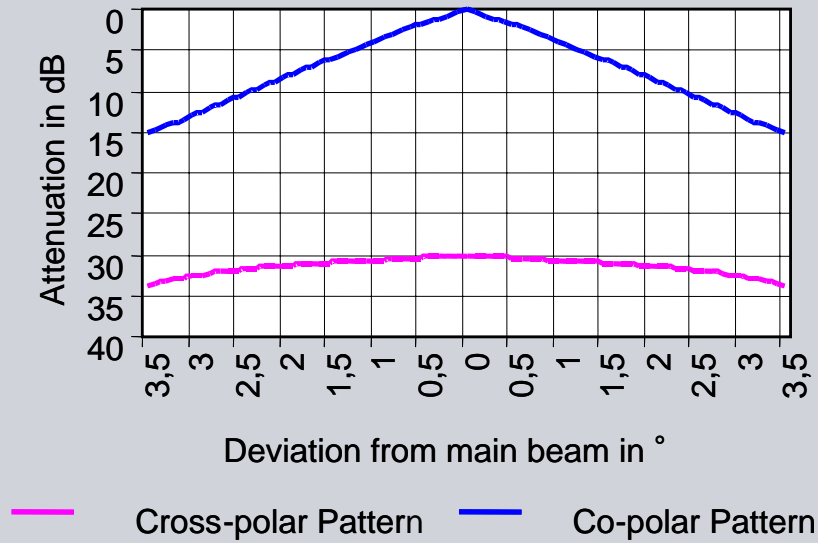


Nobody can find a place in a residential area with buildings and infrastructure where FWA is used that has no clutter loss at all !



7.0 dB

Co and Cross polar pattern of a dish antenna in main beam range



**3.0dB polarization loss has to be considered at least for the aggregated scenario !**



**3.0 dB**

Typical rain fall case



SRR interference risk to FS link is only possible under worst rain fall conditions (outage almost reached).

Other weather situations (sunny, cloudy, small rain) are no problem at all

**Therefore spray loss has to be considered !**



**2.0 dB**

# FS Impact analysis study in Japan

## Rain attenuation for Japan (1)

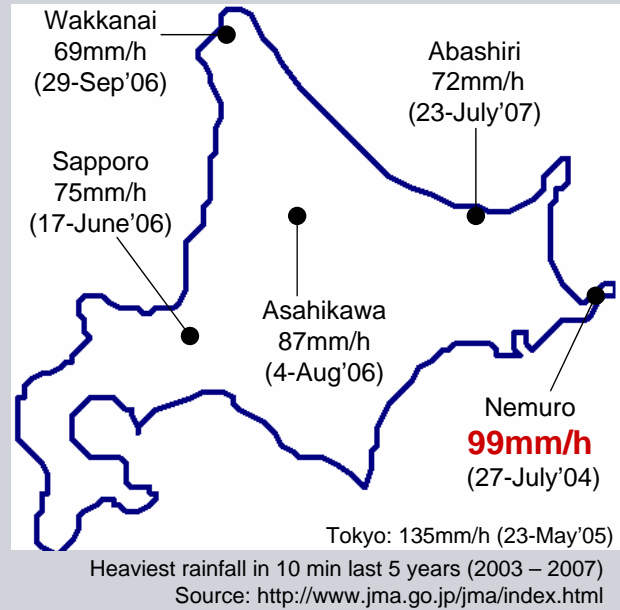
Hokkaido is the area with least rainfall in Japan

Rain attenuation $\gamma_R$ dB/km		
99mm/h Japan		
Freq.	H	V
23GHz	14.1	10.7
26GHz	16.2	12.7
28mm/h Europe		
Freq.	H	V
23GHz	3.87	3.18
26GHz	4.64	3.85

$\gamma_R$  is defined in ITU-R P.838 by:

$$\gamma_R = kR^\alpha$$

with:  $k, \alpha$  frequency-dependent parameters  
 $R$  rainfall rate in mm/h



Frequency (GHz)	$k_H$	$\alpha_H$	$k_V$	$\alpha_V$
23	0.1286	1.0214	0.1284	0.9630
26	0.1724	0.9884	0.1669	0.9421

Remark: H = horizontal polarization V = vertical polarization

# FS Impact analysis study in Japan

## Rain attenuation for Japan (2)

FWA unavailable time caused by rainfall (min/year) (targeted less than 2 min/year)						
Rain attenuation in dB/km		0.6	3.0	4.0	8.0	12.0
Rainfall rate in mm/h (V-polar, 26GHz)		3.9	21.5	29.1	60.8	93.5
Major 5 cities in Hokkaido	Wakkanai	1992	130	90	4	0
	Abashiri	1410	84	26	2	0
	Asahikawa	1862	106	52	6	0
	Sapporo	2276	62	30	2	0
	Nemuro	1702	118	36	8	2
<b>Average of 5 cities</b>		<b>1848</b>	<b>100</b>	<b>47</b>	<b>4.4</b>	<b>0.4</b>
Tokyo		3066	332	216	44	14

Rainfall rate  $R$  is calculated by:

$$R = \left( \frac{1}{k} \gamma_R \right)^{\frac{1}{\alpha}}$$

with:  $k, \alpha$  frequency-dependent parameters  
 $\gamma_R$  rain attenuation in dB/km

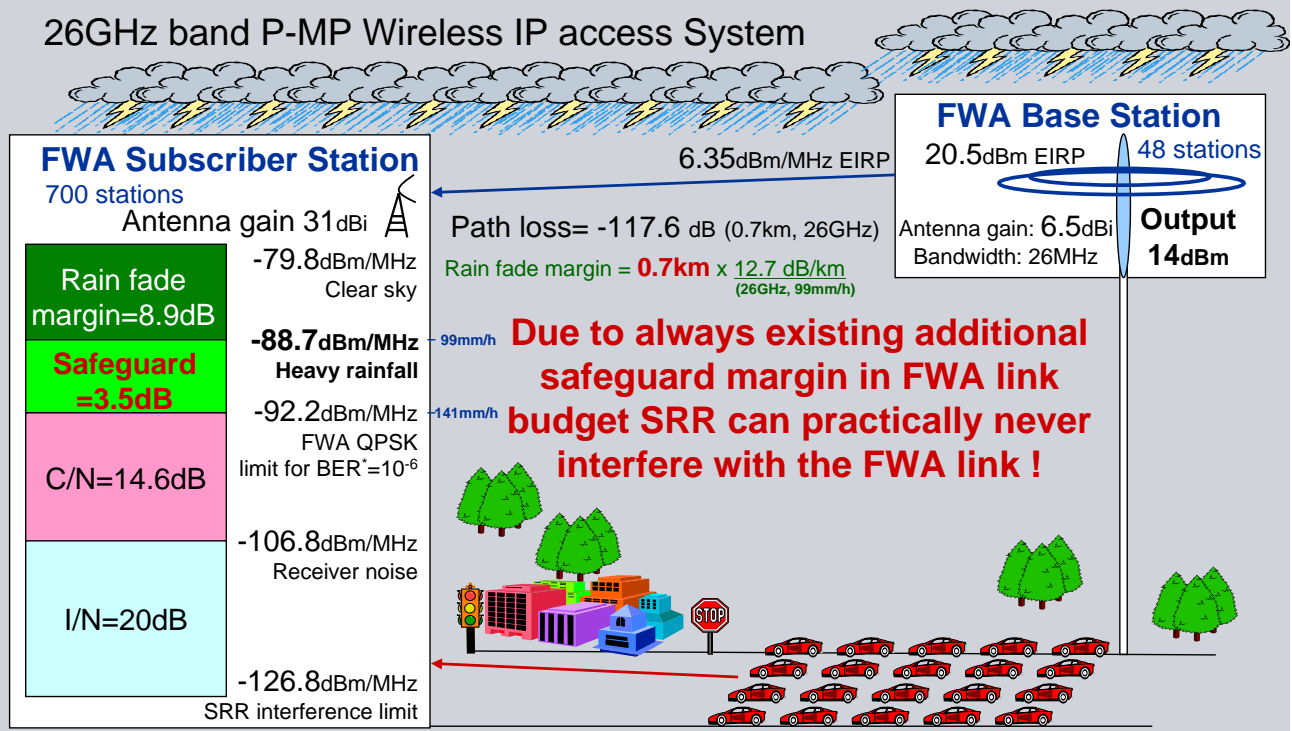
Rainfall data last 5 years (2003 - 2007)  
 Source: <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>

**These rain attenuations are not applicable even for Hokkaido in Japan!!!**

Frequency (GHz)	$k_H$	$\alpha_H$	$k_V$	$\alpha_V$
23	0.1286	1.0214	0.1284	0.9630
26	0.1724	0.9884	0.1669	0.9421

Remark: H = horizontal polarization V = vertical polarization

26GHz band P-MP Wireless IP access System



Source: [http://www.jrc.co.jp/product/26g\\_fwa/html/spec.html](http://www.jrc.co.jp/product/26g_fwa/html/spec.html)  
[http://www.soumu.go.jp/joho\\_tsusin/pdf/060720\\_7\\_04.pdf](http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/pdf/060720_7_04.pdf)

1. **Situation:** to be checked

- UWB radar penetration in the world (including Japan)
- ITU-R understanding (additional assumption, real data, etc.)
- Minimum rainfall rate for the actually existing FWA in Japan to be provided by FS operator (37mm/h or more)

2. **Mitigation factor:** to be discussed again and verified

- Deeper insight regarding models for propagation and attenuation
- Experiment with FS operators is also a possible option

3. **Mitigation measure:** to be considered further (if necessary)

- Shifting to 79GHz band, depending on practical situation
- Mitigation techniques to be installed, but function only under the critical conditions (e.g. heavy rain)

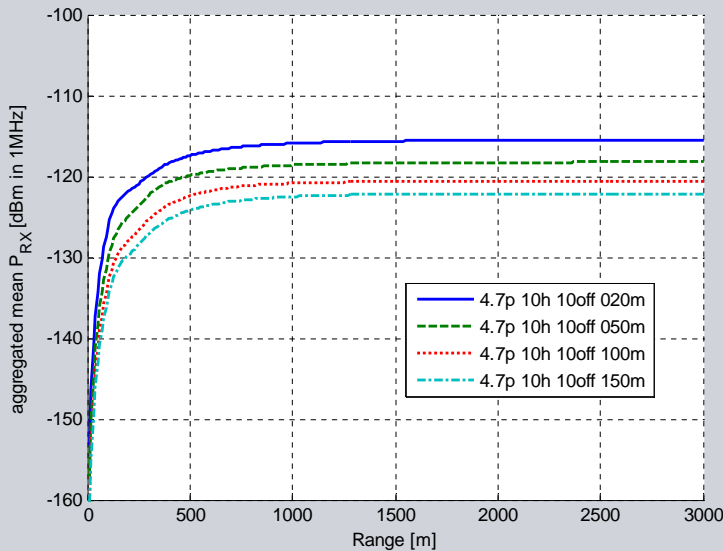
# FS Impact analysis study in Japan

## Simulation result (37mm/h without mitigation factor)



### Wireless Access 25GHz – aggregation

(Number of SRR: 2, Bumper loss: 3dB, Number of Lanes: 4)



Interference threshold (I/N = -20dB): **-126.8 dBm/MHz**  
 Simulation results (ITU-R model): **-115.5 dBm/MHz**

**FS antenna parameter:**  
 Antenna gain: **31.5 dBi**  
 Rain attenuation: **4.7 dB/km**  
 Antenna height: 10 m  
 Road offset: 10 m  
 Antenna uptilt: 0 deg  
 Center freq.: **25 GHz**

**SRR parameter:**  
 SRR in vehicle corner  
 Car separation: 20 m  
 SRR height: 0.5 m  
 Vehicle height: 1.5 m  
 Vehicle length: 5 m

**➔ - 11.3 dB**

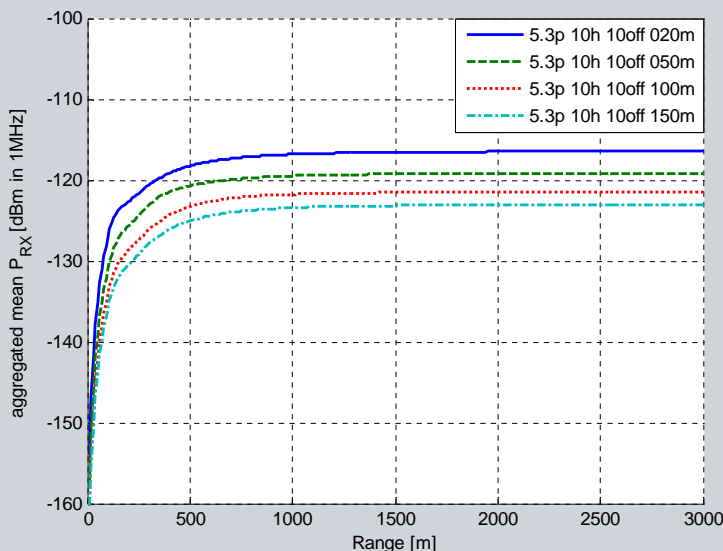
# FS Impact analysis study in Japan

## Simulation result (37mm/h without mitigation factor)



### Wireless Access 27GHz – aggregation

(Number of SRR: 2, Bumper loss: 3dB, Number of Lanes: 4)



Interference threshold (I/N = -20dB): **-126.8 dBm/MHz**  
 Simulation results (ITU-R model): **-116.4 dBm/MHz**

**FS antenna parameter:**  
 Antenna gain: **31.5 dBi**  
 Rain attenuation: **5.3 dB/km**  
 Antenna height: 10 m  
 Road offset: 10 m  
 Antenna uptilt: 0 deg  
 Center freq.: **27 GHz**

**SRR parameter:**  
 SRR in vehicle corner  
 Car separation: 20 m  
 SRR height: 0.5 m  
 Vehicle height: 1.5 m  
 Vehicle length: 5 m

**➔ - 10.4 dB**



加入者系無線アクセスシステム／携帯電話エントランス回線

1. 干渉計算

(1) 干渉検討の前提条件

<固定局>

	FWA*1		携帯電話エントランス回線			
	基地局	加入者局	Model A	Model B	Model C	Model D
周波数	26GHz		23GHz			
アンテナ利得	6.5dBi	31dBi	46dBi	40dBi	40.1dBi	34.9dBi
アンテナ高	16m	5m	50m	20m	40m	
オフセット*2	0m	5m, 10m	0m			
干渉許容値*3	-126.8dBm/MHz		-125.8dBm/MHz		-125.3dBm/MHz	

\*1 加入者系無線アクセスシステム

\*2 道路からの水平距離

\*3 1/N=-20dB

<UWBレーダ>

EIRP	-41.3dBm/MHz	設置高	0.5m
レーダ数*4	4 SRR/car	車両間隔	20m
干渉集積距離	3km	バンパー損失	3.0dB
降雨減衰*5	5.0dB/km (26GHz)	4.2dB/km (23GHz)	
普及率	40%(長期案)	1%(暫定案)	

\*4 計算には車両前部 2 SRR を考慮

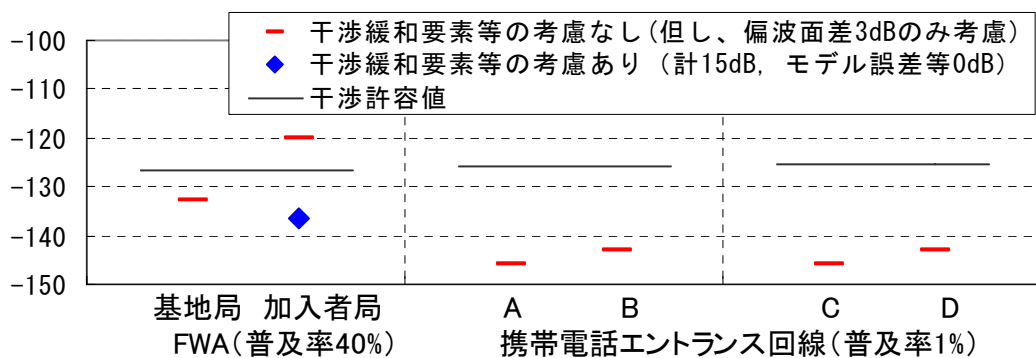
\*5 日本の最悪値として札幌の降雨量 37mm/h より算出

<干渉緩和要素等(FWA加入局)>

レーダ稼働率	0~ 3.0dB	ITU-RSM.1755 より (暫定値)
偏波面差*6	3.0dB	50%水平偏波、50%垂直偏波 (暫定値)
拡散損失	0~ 7.0dB	ガードレール、電柱、樹木などによる減衰
路上スプレー減衰	0~ 2.0dB	前方車両の後輪が巻き上げる水しぶきによる減衰
モデル誤差等	-4.7~ 0.0dB	遮蔽モデル、チルト角近似誤差、オフセットの差異等
合計	-1.7~15.0dB	

\*6 水平偏波または垂直偏波のどちらかに若干偏る懸念があるため将来普及が進んだ段階で状況確認要

(2) 複数台レーダによる干渉検討結果 (ITU-Rシミュレーションモデルを使用)



<マージン最悪値> FWA加入者局：-6.9dB (許容普及率8.1%に相当)

携帯エントランス回線B：+17.2dB

2. 結論

普及率 7%を越える前\*7 に干渉緩和対策\*8 の実施が必要との認識で合意

\*7 前回作業班提示の普及予測より、普及率が 7%を越えると予測される 2025 年から 3 年余裕をみた 2022 年とする。但し、普及が急速に進んだ場合は必要に応じて前倒しする。

\*8 具体的な対策方法は現時点で未知であるため、事前に対策方法を確定する必要がある。(2018 年目処)

## 電波天文業務との共用検討について

UWBレーダシステムと電波天文業務との共用検討を以下のとおり行った。

### 1. 準ミリ波帯の電波天文業務

電波天文観測には、表1-1に示すようにスペクトル線観測（ナローバンド）と連続波観測（ブロードバンド）の2つのモードが存在する。電波天文業務を保護する場合、両モードの保護基準を同時に満たす必要がある。

表1-1 準ミリ波周波数帯の電波天文業務周波数及び干渉しきい値

周波数	スペクトル線観測		連続波観測	
	22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
帯域幅	250 kHz	250 kHz	290 MHz	400 MHz
干渉しきい値	210 dBW	210 dBW	195 dBW	195 dBW
	-174 dBm/MHz	-174 dBm/MHz	-189.6 dBm/MHz	-191 dBm/MHz

(Rec. ITU-R RA 769-2より)

日本国内では、表1-2に示す12箇所の天文台で準ミリ波帯の電波天文観測を行っている。

表1-2 干渉検討の必要な日本国内の電波天文台

天文台	都道府県	北緯**	東経**	標高	アンテナ		
					直径	最高点***	
1*	野辺山	長野	35° 56' 40"	138° 28' 21"	1349 m	45 m	1396 m
2*	水沢	岩手	39° 08' 01"	141° 07' 57"	63 m	20 m	85 m
3*	入来	鹿児島	31° 44' 52"	130° 26' 24"	529 m	20 m	551 m
4*	小笠原	東京	27° 05' 31"	142° 13' 00"	211 m	20 m	233 m
5*	石垣島	沖縄	24° 24' 44"	124° 10' 16"	26 m	20 m	48 m
6	鹿島	茨城	35° 57' 21"	140° 39' 36"	27 m	34 m	61 m
7*	苫小牧	北海道	42° 40' 25"	141° 35' 48"	54 m	11 m	68 m
8	岐阜大学	岐阜	35° 28' 03"	136° 44' 14"	14 m	11 m	29 m
9*	鹿児島大学	鹿児島	31° 27' 51"	130° 30' 25"	58 m	6 m	65 m
10	国土地理院	茨城	36° 06' 11"	140° 05' 20"	27 m	32 m	62 m
11	臼田	長野	36° 07' 57"	138° 21' 46"	1456 m	64 m	1521 m
12	山口大学	山口	34° 12' 58"	131° 33' 26"	110 m	32 m	149 m

\* 電波法第56条第1項の規定に基づく総務省告示に掲載

\*\* 世界測地系：WGS84

\*\*\* 最小仰角時のパラボラの上端の標高

## 2. 干渉の基本検討

本章では、電波伝搬の基本式を用いてUWBレーダシステムの干渉電力を検討する。

### (1) 単体レーダによる干渉検討

自由空間伝搬損失の基本式を以下に示す。

$$L = 10 \times \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \quad (2-1)$$

$L$  : 損失 (dB)

$d$  : 距離 (m)

$\lambda$  : 波長 (m)

表2-1に単体レーダによる干渉検討の結果を示す。

表2-1 単体レーダによる干渉検討

周波数	スペクトル線観測		連続波観測	
	22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
波長	0.0135 m	0.0127 m	0.0134 m	0.0126 m
干渉しきい値	-174 dBm/MHz	-174 dBm/MHz	-189.6 dBm/MHz	-191 dBm/MHz
UWB レーダ EIRP	-41.3 dBm/MHz			
必要な離隔 (自由空間伝搬のみ)	132.7 dB	132.7 dB	148.3 dB	149.7 dB
	4.6 km	4.3 km	27.8 km	30.6 km
干渉緩和 要素	レーダ稼働率	3.0 dB		
	バンパー損失	3.0 dB		
	拡散損失	7.0 dB		
必要な離隔 (干渉緩和要素を加味)	119.7 dB	119.7 dB	135.3 dB	136.7 dB
	1.03 km	970 m	6.23 km	6.86 km

### (2) 複数レーダによる干渉検討

図2-1に示すように、同一距離の微小リング内のレーダ数を以下の式で表すと、

$$\rho \times 2\pi r \times 10^{-6} \times dr \quad SRR$$

$\rho$  : レーダ密度 (SRR/km<sup>2</sup>)

このリング内のレーダからの中心に到達する集合干渉電力は、以下の式で示される。

$$EIRP_{SRR} \times \rho \times 2\pi r \times 10^{-6} \times dr \times \left( \frac{\lambda}{4\pi r} \right)^2 \quad mW / MHz$$

図2-1 同一距離の微小リング

上式を距離  $R_1$  から  $R_2$  まで積分すると距離  $R_1$  から  $R_2$  まで範囲の集合干渉電力が得られる。

$$EIRP_{sum} = \rho \times EIRP_{SRR} \times \frac{\lambda^2 \times 10^{-6}}{8\pi} \times \ln \left| \frac{R_2}{R_1} \right| \quad mW / MHz \quad (2-2)$$

$\rho = 40$  (SRR/km<sup>2</sup>) (4 (SRR/car)  $\times$  10 (cars/km<sup>2</sup>): 第4回UWBレーダ作業班 参考資料3より)、内側の半径  $R_1 = 30$ m、外側の半径  $R_2 = 500$  (km) とした場合の干渉検討結果を表2-2に示す。

表2-2 複数台レーダによる干渉検討

		スペクトル線観測		連続波観測	
周波数		22.2 GHz	23.7 GHz	23.355 GHz	23.8 GHz
干渉しきい値		-174 dBm/MHz	-174 dBm/MHz	-189.6 dBm/MHz	-191 dBm/MHz
UWB レーダ集合干渉電力 (自由空間)		-126.8 dBm/MHz	-127.4 dBm/MHz	-126.9 dBm/MHz	-127.4 dBm/MHz
必要な離隔		47.2 dB	46.6 dB	62.8 dB	63.6 dB
干渉 緩和 要素	レーダ稼働率	3.0 dB			
	バンパー損失	3.0 dB			
	拡散損失	7.0 dB			
	SRR アンテナ指向性	6.0 dB			
	普及率 1%	20.0 dB			
	合計	39.0 dB			
要求される離隔		8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB

3. 干渉の詳細検討

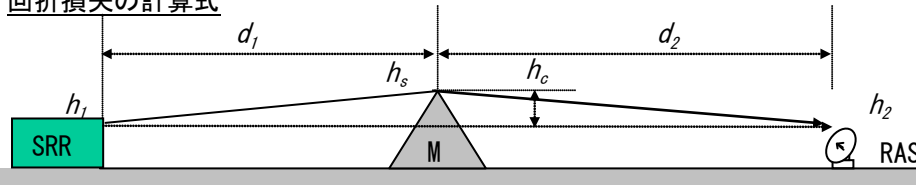
本章では、回折損失及び離隔エリアによる干渉電力の減少を詳細に検討する。

(1) 回折損失

図3-1に回折損失のモデルと計算式を示す。ここでは擬似送信高移動方式による二重回折までを計算に含め、三重以上の多重回折は省略することとする。

電波天文アンテナが受信するUWBレーダシステムの電力は、電波天文アンテナの大きさを考慮し、最高点及び中間点の高さの点の2点の回折損失を面積比に応じて重み付け平均した値とする。

回折損失の計算式



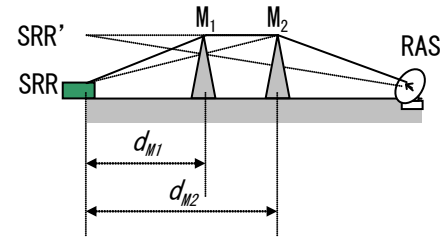
$$L_d = 6.9 + 20 \log \left( \sqrt{(v-0.1)^2 + 1} + v - 0.1 \right) \text{ dB}$$

$$v = -h_c \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left( \frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$$

$$h_c = \frac{h_1 d_2 + h_2 d_1}{d_1 + d_2} - \frac{d_1 d_2}{2Ka} - h_s$$

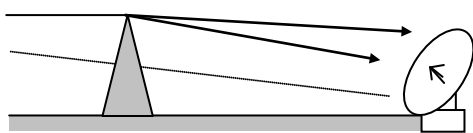
$Ka = 8500$  (km) 大気の屈折を考慮した等価地球半径

多重回折 (擬似送信高移動方式)



$$h_{SRR'} = \frac{h_{M1} d_{M2} - h_{M2} d_{M1}}{d_{M2} - d_{M1}} + \frac{d_{M1} d_{M2}}{2Ka}$$

電波天文アンテナが受信する電力



$$L_d = 10 \times \log \left( 0.196 \times 10^{-L_{d\_Top}/10} + 0.804 \times 10^{-L_{d\_1/2h}/10} \right)$$

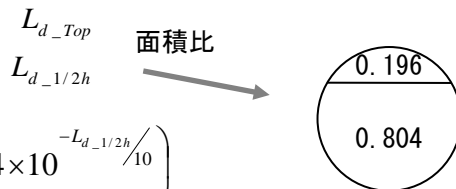


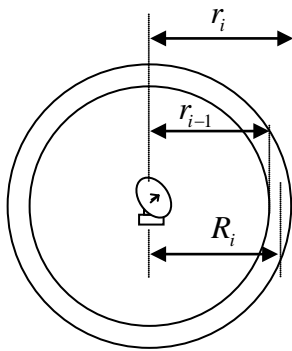
図3-1 回折損失モデル

(2) 検討モデルの定義

ここでは、図3-2に示すように集合電力を離散的に算出して積算する方法を仮定する。

- ・ このリング内からの集合干渉電力を1台のレーダからの干渉電力で換算した場合の半径をリングの代表点  $R_i$  とする。
- ・ 回折損失の計算は、全域で等しい標高の一般モデルを仮定する。
- ・ 見通し限界よりも内側では1回の回折、見通し限界の外側では2回の回折を計算する。

集合干渉電力の離散的な積算モデル



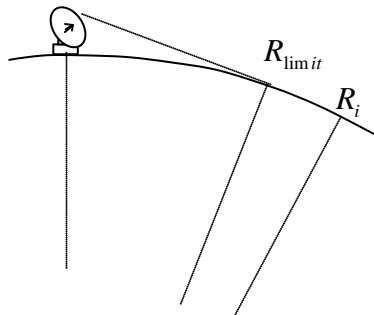
$r_i$  : リングの外側の半径  
 $r_{i-1}$  : リングの内側の半径  
 $R_i$  : リングの代表点の半径

$$R_i = \sqrt{\frac{r_i^2 - r_{i-1}^2}{2 \times \ln \left| \frac{r_i}{r_{i-1}} \right|}}$$

刻み幅の定義

範囲	刻み幅
$r_i \leq 35km$	1km
$35km < r_i \leq 50km$	5km
$50km < r_i \leq 100km$	10km
$100km < r_i \leq 500km$	100km

回折損失の一般モデル (全域において標高 30m と仮定)



$R_{limit}$  : 電波天文アンテナ最高点への見通し限界  
 $R_i$  : リングの代表点の半径

回折点の定義

範囲	回折点	
	No. 1	No. 2
$R_i \leq R_{limit}$	$R_{i-2}$	なし
$R_{limit} < R_i \leq 500km$	$R_{limit}$	$R_{i-1}$

図3-2 集合干渉電力の積算と回折損失の一般モデル

(3) 単体レーダによる干渉電力の計算

表2-2の干渉緩和要素のみを考慮した電力と更に回折損失を考慮した電力を比較した結果を図3-3に示す。数km以上離れると干渉いきい値を下回ることが分かる。

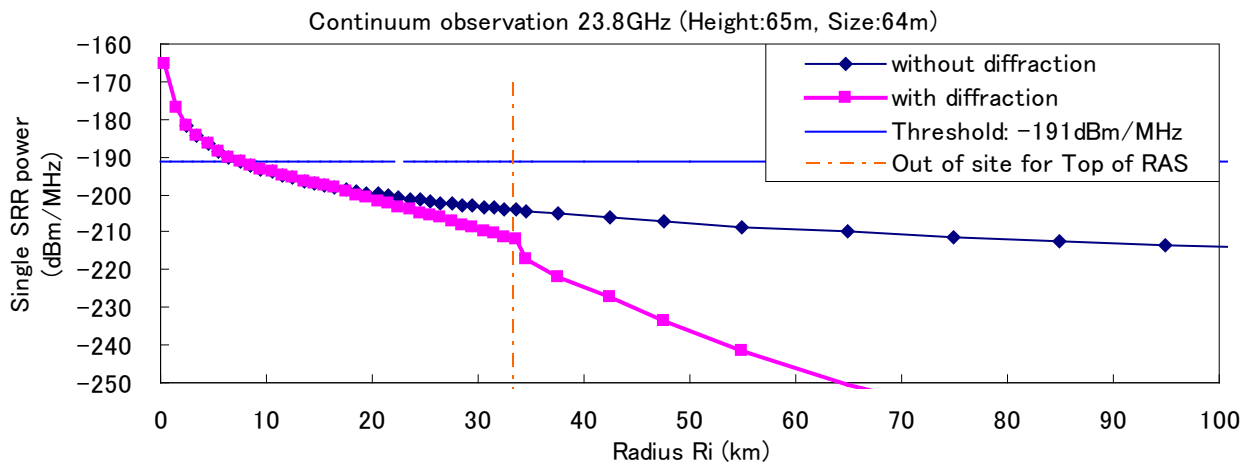


図3-3 単体レーダによる干渉電力、回折損失有無の比較 (電波天文アンテナの高さと直径は臼田の数値)

(4) 複数レーダによる集合干渉電力の計算

上述の単体レーダの電力において考慮すべき干渉緩和要素  $L$  とすると、単体レーダの電力に各リングの面積とレーダ密度  $\rho$  を乗じて積算することにより内側の半径  $R_1$  から外側の半径  $R_2$  までの範囲の集合電力を算出することができる。

$$EIRP_{sum} = \sum_{r_i=R_1}^{R_2} EIRP_{SRR} \times \left( \frac{\lambda}{4\pi R_i} \right)^2 \times 10^{-L/10} \times \rho \times \pi (r_i^2 - r_{i-1}^2) \quad (3-2)$$

式(3-2)において、 $\rho=40$  (SRR/km<sup>2</sup>) (4 (SRR/car) × 10 (cars/ km<sup>2</sup>))、外側の半径  $R_2=500$  (km) とし、内側の半径  $R_1$  を変化させた場合のUWBレーダシステム集合電力の変化を図3-4に示す。この一般モデルによる検討においては、離隔半径30kmから集合干渉電力が干渉しきい値より小さくなり、離隔半径35kmでは約9dBのマージンとなる。

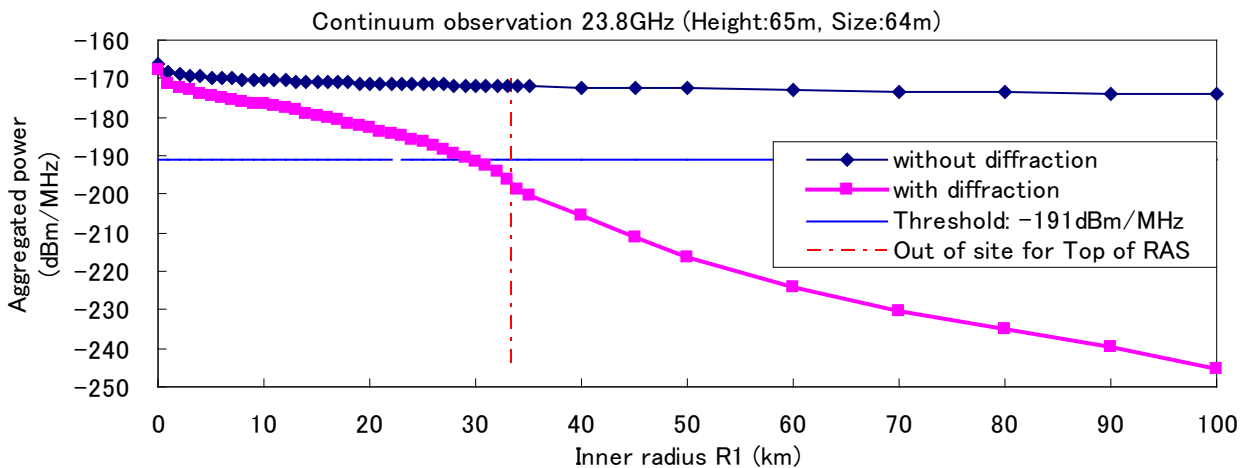


図3-4 複数台レーダによる集合干渉電力、回折損失有無の比較  
(電波天文アンテナの高さと直径は臼田の数値)

平均回折損失は、次式に示すように回折損失を含まない集合干渉電力 (dBm) と回折損失を含む集合干渉電力 (dBm) の差分により算出される。

$$L_{average} = \log \left[ \sum_{r_i=R_1}^{R_2} EIRP_{SRR} \times \left( \frac{\lambda}{4\pi R_i} \right)^2 \times \rho \times \pi (r_i^2 - r_{i-1}^2) \right] - \log \left[ \sum_{r_i=R_1}^{R_2} EIRP_{SRR} \times \left( \frac{\lambda}{4\pi R_i} \right)^2 \times 10^{-L/10} \times \rho \times \pi (r_i^2 - r_{i-1}^2) \right] \quad (3-3)$$

表3-1に臼田のパラメータによる回折損失及び離隔による損失の検討結果を示す。回折損失（地球の丸みによる遮蔽）で約1.6dB、35kmの離隔半径により約32dBの損失が見込まれる。

表3-1 回折損失及び離隔による損失 一般モデル

標高：30(m)、アンテナ高：65(m)、アンテナ直径64(m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力(30m - 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
②	UWB レーダ集合電力(30m - 500km) (回折損失を含む)	-167.4 dBm/MHz	-168.0 dBm/MHz	-167.5 dBm/MHz	-168.0 dBm/MHz
③	回折損失, ①-②(30km - 500km)	1.6 dB	1.6 dB	1.6 dB	1.6 dB
④	UWB レーダ集合電力(35km- 500km) (回折損失を含む)	-199.5 dBm/MHz	-200.3 dBm/MHz	-199.6 dBm/MHz	-200.3 dBm/MHz
⑤	離隔による損失 (②-④)	32.1 dB	32.3 dB	32.1 dB	32.3 dB
⑥	回折損失+離隔による損失 (③+⑤)	33.8 dB	33.9 dB	33.7 dB	33.9 dB
⑦	要求される離隔	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		25.6 dB	26.3 dB	9.9 dB	9.3 dB

臼田以外の他の電波天文アンテナについても、高さや直径の数値に置き換えて35km~500kmの集合干渉電力を計算した結果を図3-5に示す。離隔半径35kmでは9~13dBのマージンとなる。

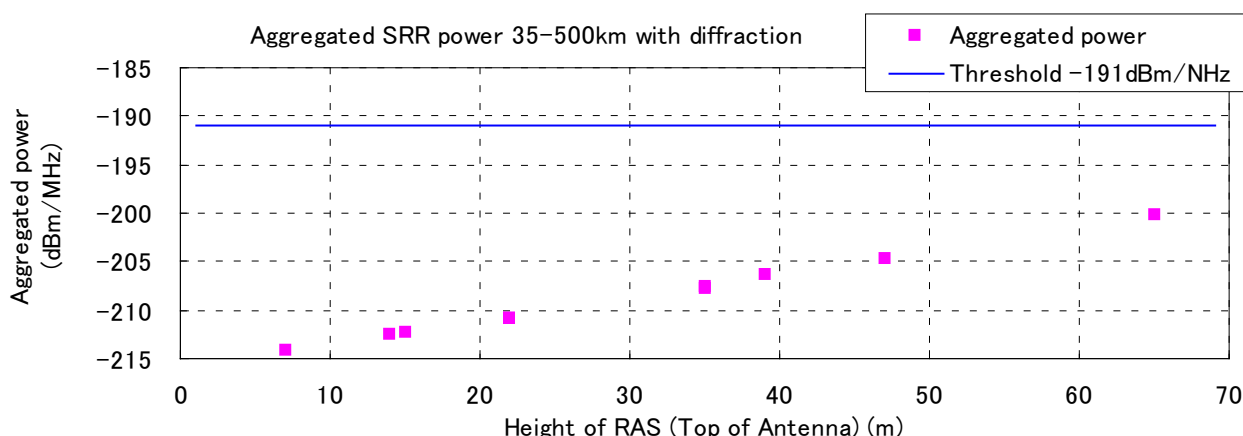


図3-5 各電波天文アンテナ高さや集合干渉電力の関係

#### 4. 各天文台の個別検討

本章では、前章までの一般モデルによる検討に加えて、35kmより内側においては各天文台の周囲の実際の地形を考慮して離隔半径を計算検討する。

具体的には、各天文台から八方位（北、南、東、西、北東、南東、南西、北西）の35kmまでの範囲で1km刻みの標高データを基に見通し限界及び回折損失を算出して必要な離隔半径を算出する。（山岳地及び海面は除外）

表4-1に各天文台の離隔半径と離隔による損失の計算検討結果を示す。

（詳細は参4-2-13頁以降の付録を参照）

表4-1 各天文台の離隔半径と離隔による損失

周波数			スペクトル線観測		連続波観測		
			22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz	
離隔エリアに要求される損失			8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB	マージン
1	野辺山	8.0 km	38.2 dB	38.3 dB	38.2 dB	38.3 dB	13.7 dB
2	水沢	14.0 km	25.5 dB	25.6 dB	25.6 dB	25.6 dB	0.9 dB
3	入来	11.0 km	27.0 dB	27.0 dB	27.0 dB	27.0 dB	2.4 dB
4	小笠原	1.0 km	43.5 dB	43.9 dB	43.5 dB	43.9 dB	19.3 dB
5	石垣島	2.0 km	25.5 dB	25.5 dB	25.5 dB	25.5 dB	0.9 dB
6	鹿島	15.0 km	29.2 dB	29.2 dB	29.2 dB	29.3 dB	4.6 dB
7	苫小牧	17.0 km	24.9 dB	24.9 dB	24.9 dB	24.9 dB	0.3 dB
8	岐阜大学	13.0 km	25.4 dB	25.3 dB	25.4 dB	25.3 dB	0.9 dB
9	鹿児島大学	5.0 km	25.5 dB	25.5 dB	25.5 dB	25.5 dB	0.8 dB
10	国土地理院	20.0 km	26.2 dB	26.2 dB	26.1 dB	26.2 dB	1.6 dB
11	臼田	6.0 km	27.9 dB	27.9 dB	27.9 dB	27.9 dB	3.3 dB
12	山口大学	3.0 km	39.3 dB	39.6 dB	39.3 dB	39.6 dB	15.0 dB
マージン最悪値（苫小牧）							0.3 dB

#### 5. 更なる最悪ケースに対する追加検討

2008年9月4日、国立天文台から更なる最悪ケースに対する懸念が指摘された。

2008年9月19日、更なる最悪ケースに対する追加検討が推進側から提示された。

本章では、その追加検討の内容を記述する。

##### (1) 新たに指摘された懸念点

2008年9月4日の国立天文台のコメントにて指摘された懸念事項は次の①～③の3点に整理される。

- ① 八方向以外に更なる最悪ケースの方向が存在する場合
- ② 回折損失がマイナスとなる場合
- ③ 局所的に交通量が増加した場合

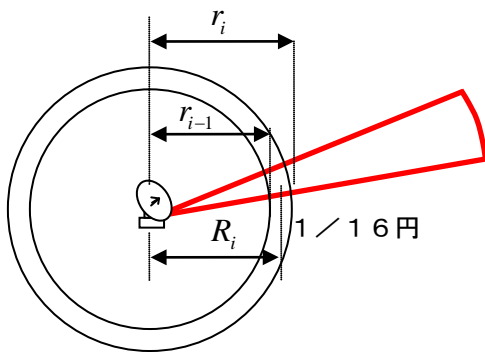
##### (2) 干渉の追加検討

前述の①～③の懸念事項の具体的な影響について、そのポテンシャルを計算検討する。

図5-1に示すように八方向での検討値以外の方向に更なる最悪ケースが見つかった場合を想定する。その更なる最悪ケースからの与干渉電力は八方向の検討で見落とされたことになるので、そのサイズは16分の1円とする。

その地形は、図5-2に示すように複雑な地形ではなく単純に全域で標高が一般的な一般モデルとし、回折損失の計算は、見通し限界よりも内側では1回の回折、見通し限界の外側では2回の回折を想定する。





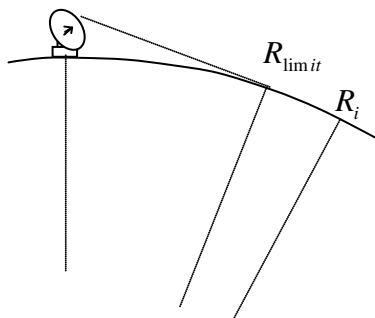
$r_i$  : リングの外側の半径  
 $r_{i-1}$  : リングの内側の半径  
 $R_i$  : リングの代表点の半径

$$R_i = \sqrt{\frac{r_i^2 - r_{i-1}^2}{2 \times \ln \left| \frac{r_i}{r_{i-1}} \right|}}$$

刻み幅の定義

範囲	刻み幅
$r_i \leq 35km$	1km
$35km < r_i \leq 50km$	5km
$50km < r_i \leq 100km$	10km
$100km < r_i \leq 500km$	100km

図5-1 八方向以外に更なる最悪ケースの方向が存在する場合の検討モデル



$R_{limit}$  : 電波天文アンテナ最高点への見通し限界  
 $R_i$  : リングの代表点の半径

回折点の定義

範囲	回折点	
	No. 1	No. 2
$R_i \leq R_{limit}$	$R_{i-2}$	なし
$R_{limit} < R_i \leq 500km$	$R_{limit}$	$R_{i-1}$

図5-2 回折損失の一般モデル

図5-3に示すように、回折損失がマイナスとなる場合（つまり、干渉電力が増幅される場合）、ナイフエッジによる回折波の電界強度  $E$  と自由空間電界強度  $E_0$  の比は最大で1.16倍程度であることが分かる。干渉電力の増加は、1.29dB程度である。本検討では、図5-1に示す八方向以外の更なる最悪ケースのモデルに、図5-3に示す回折損失の近似式を適用して計算検討する。

表5-1に検討結果を示す。マイナスマージンとなる懸念が大きいのは小笠原、石垣島だが、小笠原と石垣島は海に囲まれた島なので、計算値よりもその懸念は小さくなるものとする。従って、山口大学の離隔半径3kmの場合のマージン-6.0dBを本検討の最悪ケースとする。

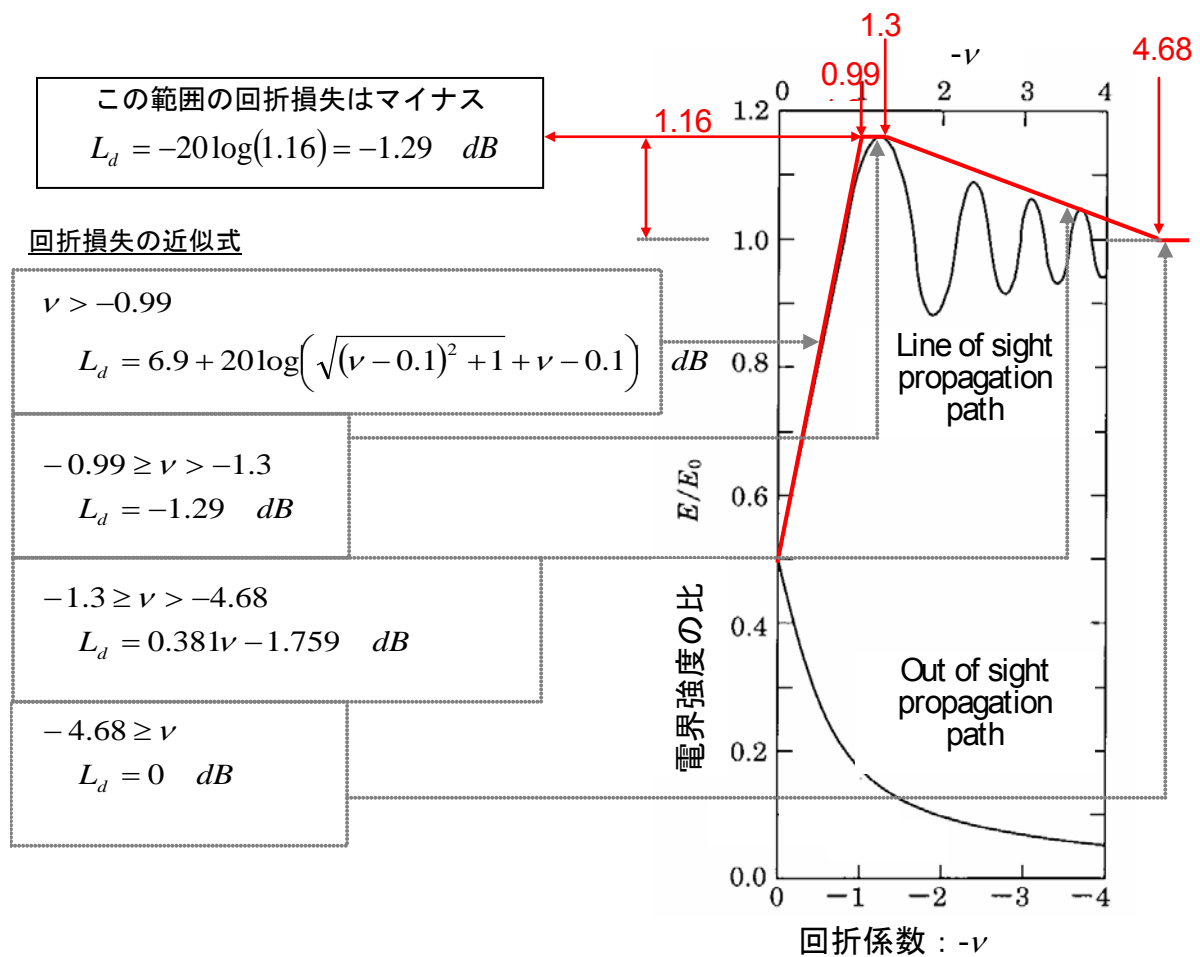


図5-3 回折損失がマイナスになる場合の計算式

表5-1 各天文台の離隔半径と追加検討

天文台	都道府県	アンテナ	アンテナ	離隔	UWB レーダ	マージン	
		高さ	直径				半径
		m	m	km	dBm/MHz	dB	
1	野辺山	長野	47	45	8	-187.8	-3.2
2	水沢	岩手	22	20	14	-197.4	6.1
3	入来	鹿児島	22	20	11	-194.0	2.9
4	小笠原	東京	22	20	1	-183.4	-7.6
5	石垣島	沖縄	22	20	2	-184.9	-6.1
6	鹿島	茨城	35	34	15	-195.0	4.0
7	苫小牧	北海道	14	11	17	-206.3	15.1
8	岐阜大学	岐阜	15	11	13	-199.4	0.9
9	鹿児島大学	鹿児島	7	6	5	-192.0	1.0
10	国土地理院	茨城	35	32	20	-200.2	8.8
11	臼田	長野	65	64	6	-186.2	-4.8
12	山口大学	山口	39	32	3	-185.1	-6.0

\* 八方向以外の更なる最悪方向から集合干渉電力

次に、局所的に交通量が増加した場合について数値検討する。

表5-2には休日の交通量が平日に比べて多くなる上位10地点を示す。平日に比べて休日の交通量が増えるポテンシャルは、最大4倍程度であることが分かる。そのポテンシャルが高い地域は、通常の交通量の多い都市部の道路ではなく、通常交通量の少ない地方の道路であることも分かる。

表5-2 昼間12時間交通量休日平日交通量比の上位10地点(一般道路)

順位	路線名	都道府県	H17交通量(台/12h)		平日休日比	
			平日	休日	倍	dB
1	西条久万線	愛媛	770	3,082	4.003	6.0
2	倶知安ニセコ線	北海道	808	3,209	3.972	6.0
3	国道273号	北海道	804	3,111	3.869	5.9
4	小林えびの高原牧園線	鹿児島	1,239	4,585	3.701	5.7
5	藤原塩原線	栃木	934	3,309	3.543	5.5
6	国道120号	群馬	1,983	6,962	3.511	5.5
7	国道371号	和歌山	953	3,296	3.459	5.4
8	松井田軽井沢線	群馬	2,771	8,724	3.148	5.0
9	国道291号	群馬	2,028	6,249	3.081	4.9
10	国道102号	青森	2,291	6,964	3.040	4.8

注) 1. 国道の一般有料道路を含む

2. 休日交通量が3,000台/12h以上を対象とした。

表5-2に自動車の普及密度の地域差と休日交通量増加のポテンシャルを示す。表5-1の検討対象の天文台は、茨城県を除いて自動車の普及密度が全国平均よりも小さい都道府県に所在していることが分かる。

表5-3中の平日休日比は、表5-2よりそれぞれ、北海道には倶知安ニセコ線、鹿児島には小林えびの高原牧園線、長野には国道120号、その他の県には国道102号の数値を採用した。休日交通量密度増加のポテンシャルは、茨城県の7.6dBが最悪値である。

表5-3 自動車保有台数と普及密度の地域差と休日交通量増加のポテンシャル

	自動車保有台数	面積	普及密度	全国平均比	平日休日比	ポテンシャル
	台	km <sup>2</sup>	台/km <sup>2</sup>	dB	dB	dB
全国	79,473,595	377819.23	210	0.0	-	-
東京	4,620,883	2,187	2,113	10.0	-	-
茨城	2,438,964	6,096	400	2.8	4.8	7.6
山口	1,072,333	6110.76	175	-0.8	4.8	4.0
岐阜	1,674,070	10,598.18	158	-1.2	4.8	3.6
鹿児島	1,330,309	1,869,728	145	-1.6	5.7	4.1
長野	1,869,728	9,186.9	138	-1.8	5.5	3.7
岩手	993,248	15,278.51	65	-5.1	4.8	-0.3
北海道	3,725,608	83,453.57	45	-6.7	6.0	-0.7

#### 6. 開局予定の3つの望遠鏡に対する追加検討

2008年12月19日国立天文台より表6-1に示す新たに開局予定の3つの望遠鏡を検討対象に追加する要請があった。

本章では、その追加検討の内容を記述する。

表6-1 新たに開局予定の3つの望遠鏡

天文台	都道府県	北緯*	東経*	標高	アンテナ		
					直径	最高点**	
13	日立局	茨城	36° 41' 51"	140° 41' 32"	54 m	32 m	96 m
14	高萩局	茨城	36° 41' 54"	140° 41' 40"	51 m	32 m	93 m
15	内之浦	鹿児島	31° 15' 16"	131° 04' 42"	320 m	32 m	362 m

\* 世界測地系：WGS84

\*\* 最小仰角時のパラボラの上端の標高

ここでは、前章の図5-2に示す回折損失の一般モデルを使用し、そのサイズは16分の1円ではなく全方位からの与干渉電力を計算することとする。追加検討の結果を次章の表7-1に示す。

## 7. 結論

- 2009年2月4日のアドホック会合にて、前章に記載の更なる最悪ケースに対する懸念は完全に払拭できないものの10dB以上のマージンにより共用可能との結論を得た。
- 2009年3月31日のアドホック会合にて、10dB以上のマージンを確保する示す2通りの方法を推進側より提示した。（表7-1）
  - ① 普及率のみで調整する方法（普及率1.0% → 0.1%）
  - ② 離隔半径の拡大で調整する方法（半径を2km以上拡大、普及率1.0% → 0.3%）
- 2009年7月30日のアドホック会合にて、普及率が0.1%によって得られる10dBの追加マージンによって共用可能との結論を得たが、普及率0.3%については結論を得ることができなかった。
- 表7-1に示す離隔半径の内側では、地図情報等を利用してUWBレーダシステムの電波を自動停止させることが適当である。そのため、車両の位置情報と電波天文台のエリア情報をもとに、UWBレーダシステムの電波を発射して差し支えないかどうかをナビゲーションシステム等において判定し、差し支えない場合は電波の発射を許可する信号をUWBレーダシステムに有線で送信し、当該信号を受信していない場合は、自動的に電波の発射を停止する機能を有することとする。なお、当該機能については、UWBレーダシステム単体の無線設備の技術基準ではなく民間の規格による設計基準等にて実現することが適当である。
- これらにより電波天文業務に影響を与えることなく運用できるよう制限することとする。

表7-1 各天文台の離隔半径とマージン

普及率		1.0% → 0.1%		1.0% → 0.3% (参考)	
普及台数		8万台		24万台	
追加マージン		10dB		5.2dB	
		離隔半径	マージン	離隔半径	マージン
1	野辺山	8.0 km	23.7 dB	10.0 km	18.9 dB
2	水沢	14.0 km	10.9 dB	16.0 km	20.1 dB
3	入来	11.0 km	12.4 dB	16.0 km	10.4 dB
4	小笠原	1.0 km	29.3 dB	3.0 km	25.0 dB
5	石垣島	2.0 km	10.9 dB	4.0 km	10.3 dB
6	鹿島	15.0 km	14.6 dB	17.0 km	10.7 dB
7	苫小牧	17.0 km	10.3 dB	20.0 km	10.1 dB
8	岐阜大学	13.0 km	10.9 dB	16.0 km	11.6 dB
9	鹿児島大学	5.0 km	10.8 dB	16.0 km	26.8 dB
10	国土地理院	20.0 km	11.6 dB	24.0 km	10.7 dB
11	臼田	6.0 km	13.3 dB	16.0 km	10.8 dB
12	山口大学	3.0 km	25.0 dB	5.0 km	20.5 dB
13*	日立局	20.0 km	10.9 dB	25.0 km	10.2 dB
14*	高萩局	20.0 km	10.9 dB	25.0 km	10.2 dB
15*	内之浦	20.0 km	10.9 dB	25.0 km	10.2 dB
マージン最悪値		苫小牧	10.3 dB	苫小牧	10.1 dB

- 新たに開局予定の3つの望遠鏡（2008年12月17日国立天文台より提示）

## 参考文献

- 1) 電波伝搬の基礎理論、著者 高田 潤一、東京工業大学
- 2) アンテナ及び電波伝搬、著者 三輪 進・加来 信之、東京電機大学出版局
- 3) カシミアール3D、著者 杉本 智彦、実業之日本社
- 4) 平成17年道路交通センサス一般交通量調査の概要

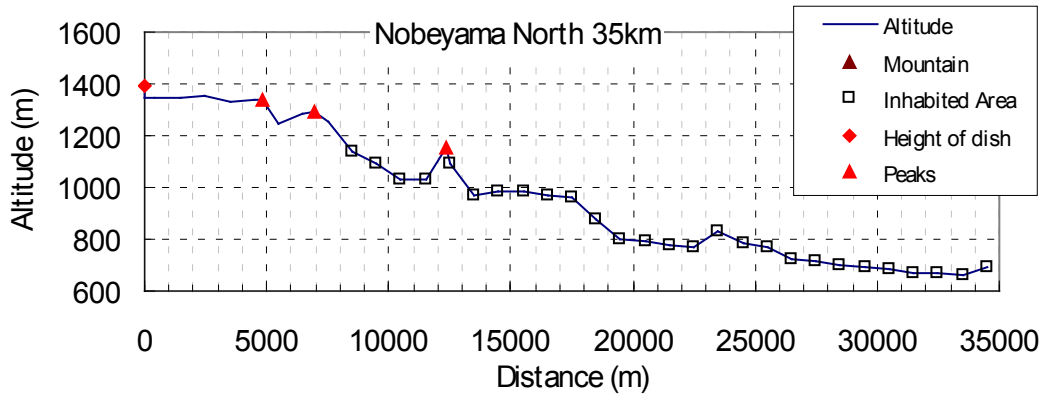
付録

(1) 野辺山天文台、標高：1349(m)、アンテナ高：47(m)、アンテナ直径45(m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力(8km- 35km) (回折損失を除く)	-174.0 dBm/MHz	-174.5 dBm/MHz	-174.0 dBm/MHz	-174.6 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失(8km- 35km)	63.6 dB	64.0 dB	63.7 dB	64.0 dB
③	UWB レーダ集合電力(8km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-237.6 dBm/MHz	-238.5 dBm/MHz	-237.7 dBm/MHz	-238.6 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力(35km- 500km) (回折損失を含む)	-203.8 dBm/MHz	-204.6 dBm/MHz	-203.9 dBm/MHz	-204.7 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力(8km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-203.8 dBm/MHz	-204.6 dBm/MHz	-203.9 dBm/MHz	-204.7 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力(30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	38.4 dB	38.2 dB	38.0 dB	39.3 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		29.8 dB	30.6 dB	14.2 dB	13.6 dB

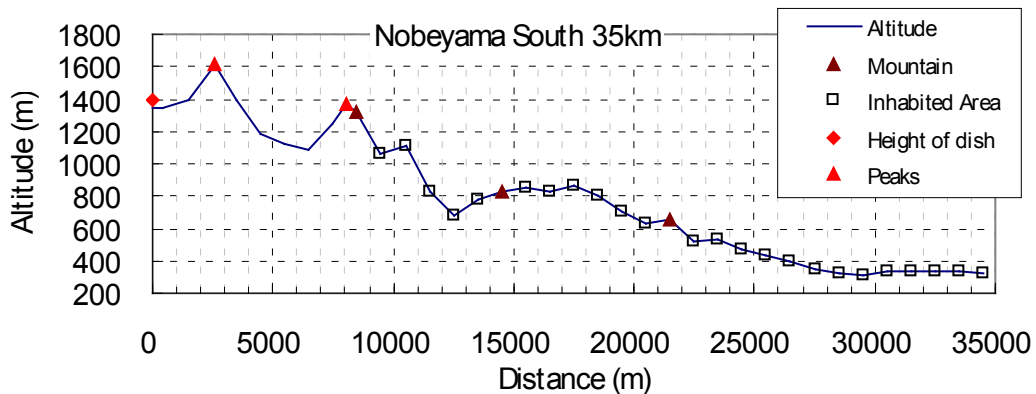
野辺山 北8~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：62.2 (dB)



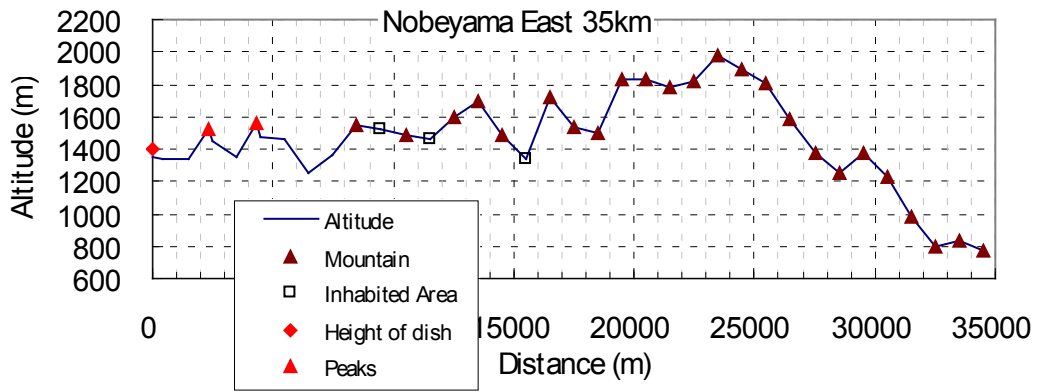
野辺山 南8~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：62.9 (dB)



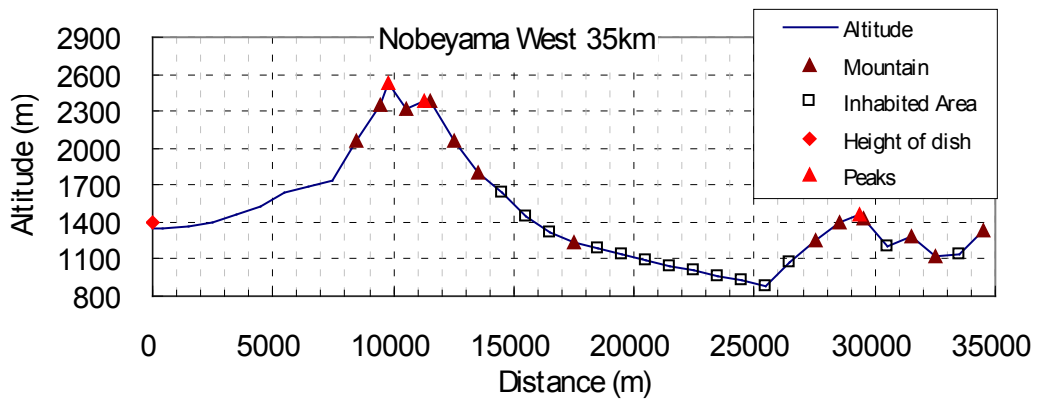
野辺山 東8~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 84.2 (dB)



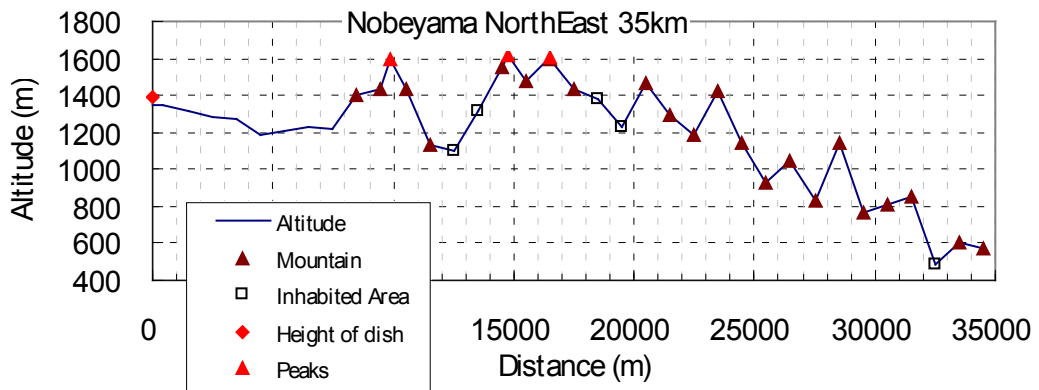
野辺山 西8~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 74.7 (dB)



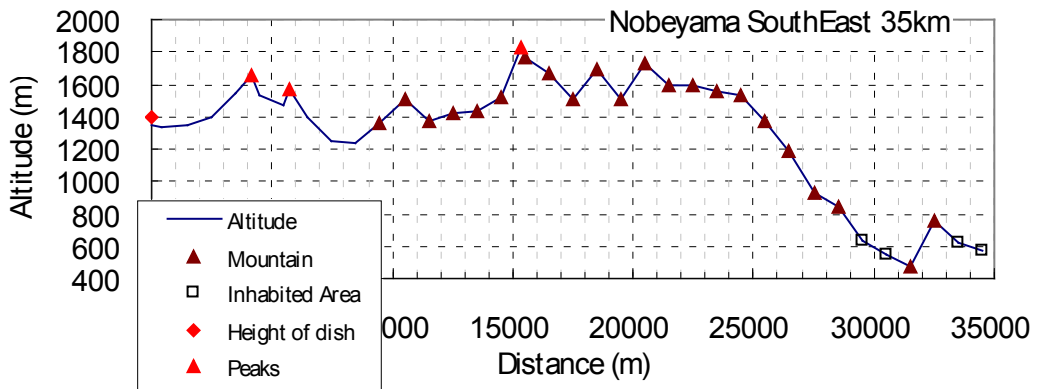
野辺山 北東8~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 60.6 (dB)



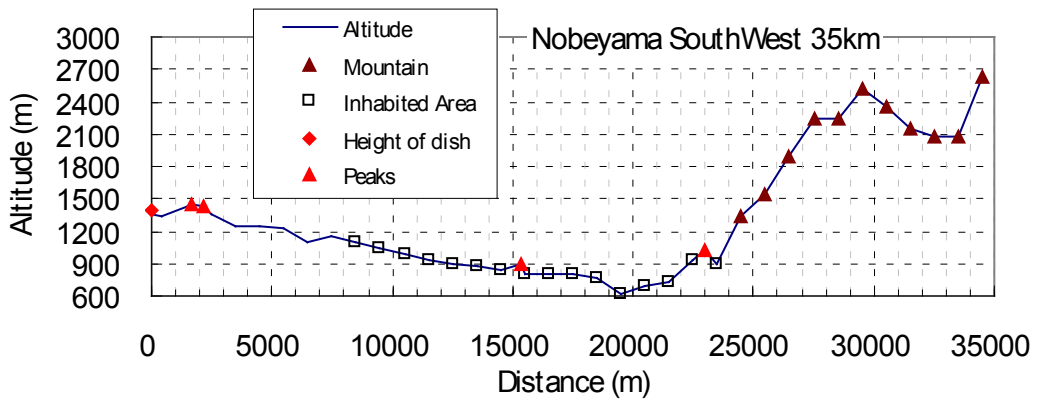
野辺山 南東8~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 106.5 (dB)



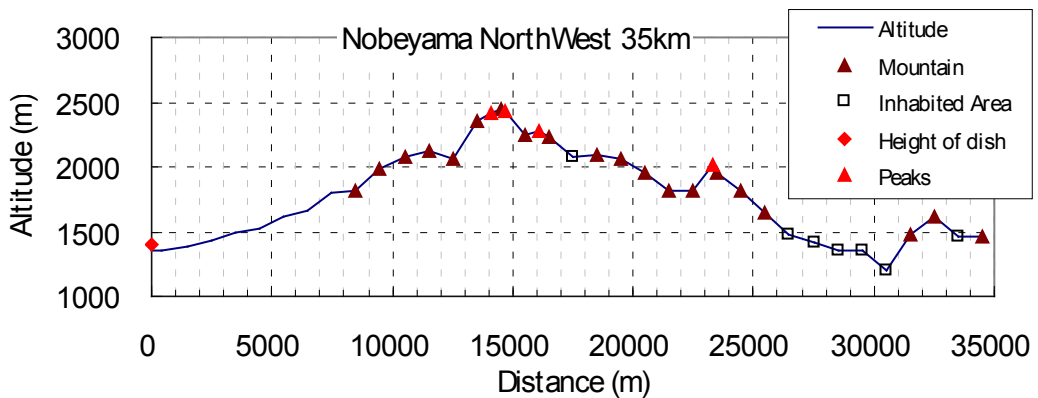
野辺山 南西8~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 58.4 (dB)



野辺山 北西8~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 102.1 (dB)



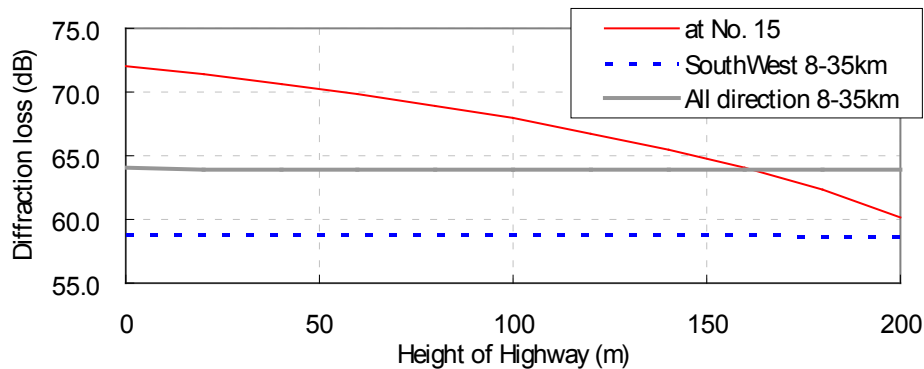


補足：中央自動車道の高架の影響

南西方向の15.3kmの地点にある中央自動車道の高架の影響が懸念されるため、上図の15番目の点（野辺山天文台より14.5kmの地点）の標高に高架の高さを200(m)まで変化させた場合の集合干渉電力への影響を調査（下図）。

仮に高架の高さを200(m)とした場合、15番目の点の回折損失は12dB程度減少するが、南西方向8～35(km)及び全方位8～35(km)の平均回折損失は僅かに**0.1dB減少するだけ**である。逆に15番目の点から野辺山天文台を見通すためには**1063(m)の高さが必要**である。

従って、高架による影響は極めて軽微である。

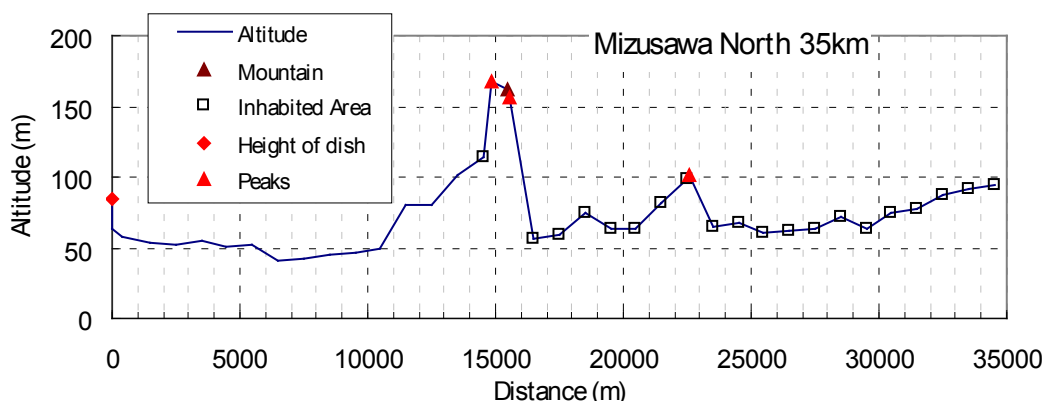


(2) 水沢天文台 20m望遠鏡、標高：63(m)、アンテナ高：22(m)、アンテナ直径20(m)

		スペクトル線観測		連続波観測	
周波数		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力(14km- 35km) (回折損失を除く)	-176.1 dBm/MHz	-176.6 dBm/MHz	-176.1 dBm/MHz	-176.7 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失(14km- 35km)	15.4 dB	15.4 dB	15.4 dB	15.4 dB
③	UWB レーダ集合電力(14km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-191.5 dBm/MHz	-192.0 dBm/MHz	-191.5 dBm/MHz	-192.1 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力(35km- 500km) (回折損失を含む)	-209.9 dBm/MHz	-210.9 dBm/MHz	-210.0 dBm/MHz	-210.9 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力(14km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-191.3 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz	-191.4 dBm/MHz	-192.0 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力(30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	25.5 dB	25.5 dB	25.6 dB	25.6 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		17.3 dB	17.9 dB	1.8 dB	1.0 dB

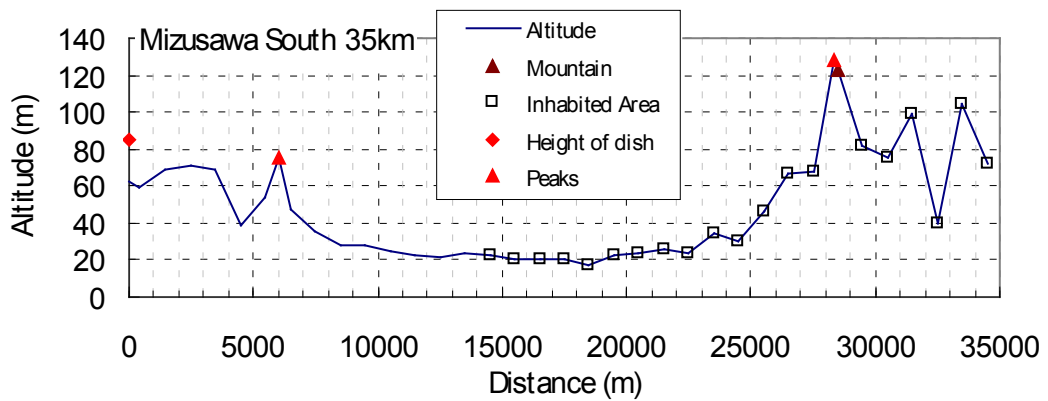
水沢 北14～35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：11.2 (dB)



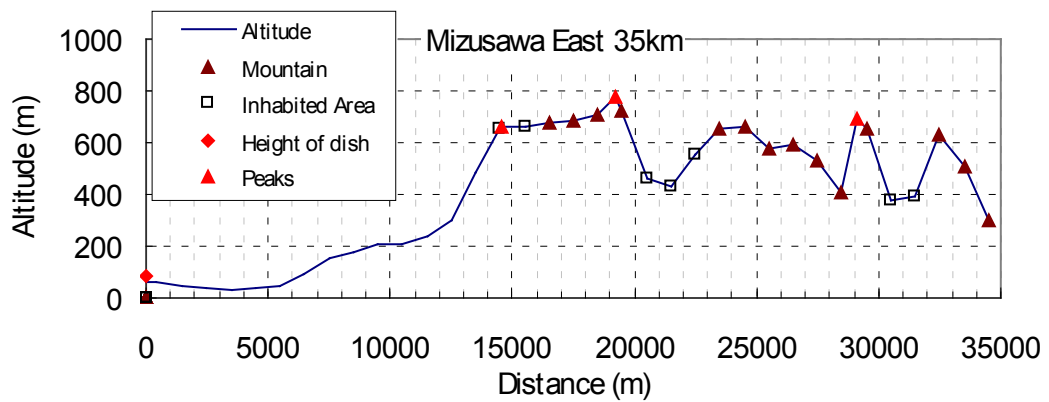
水沢 南14~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 21.7 (dB)



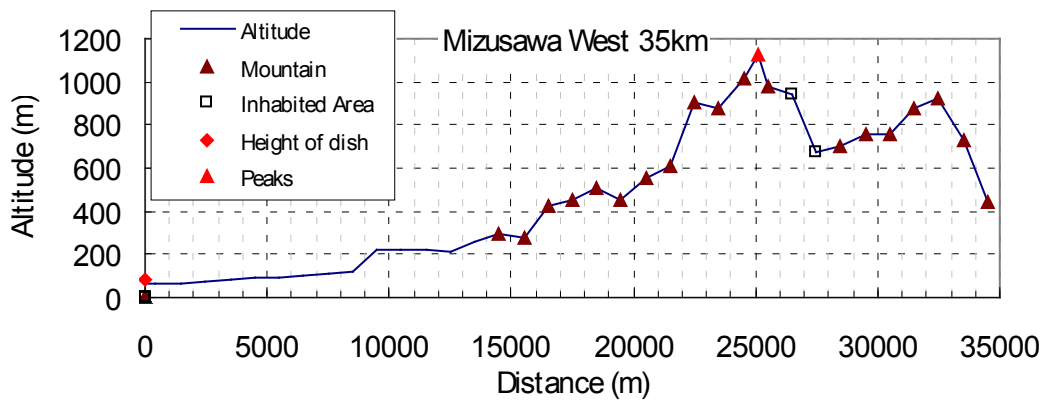
水沢 東14~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 11.2 (dB)



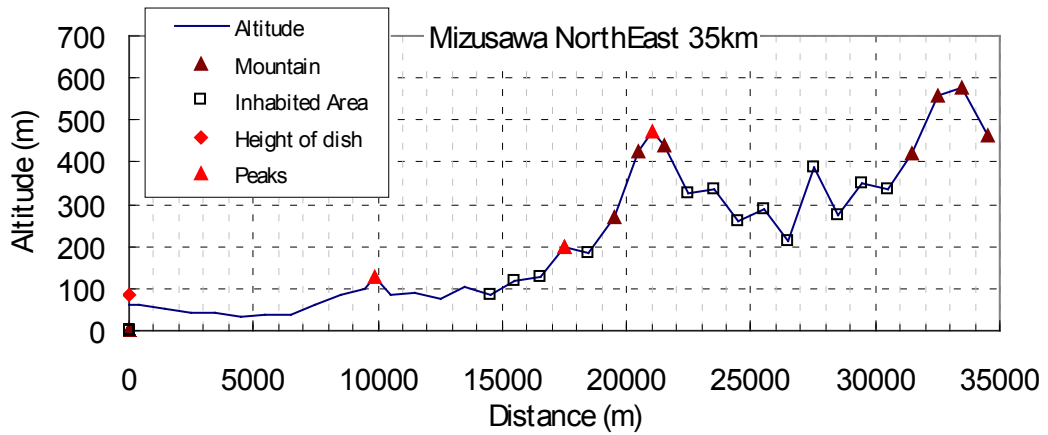
水沢 西14~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 64.7 (dB)



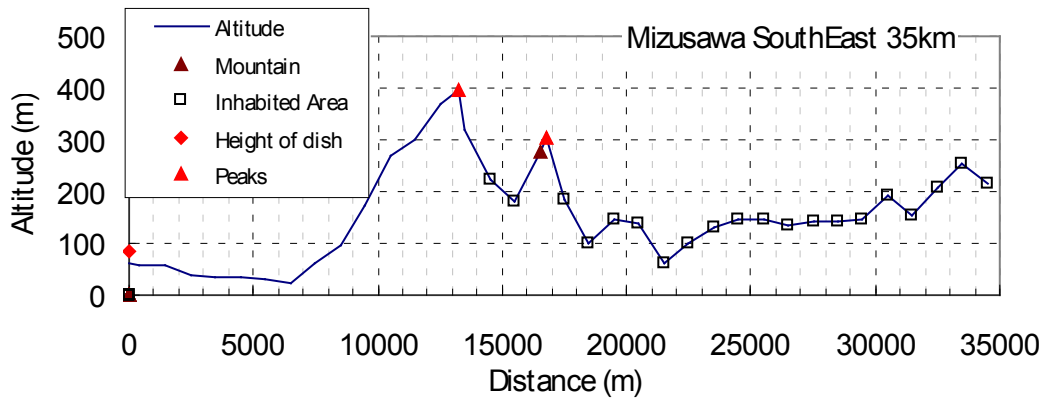
水沢 北東14~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 33.6 (dB)



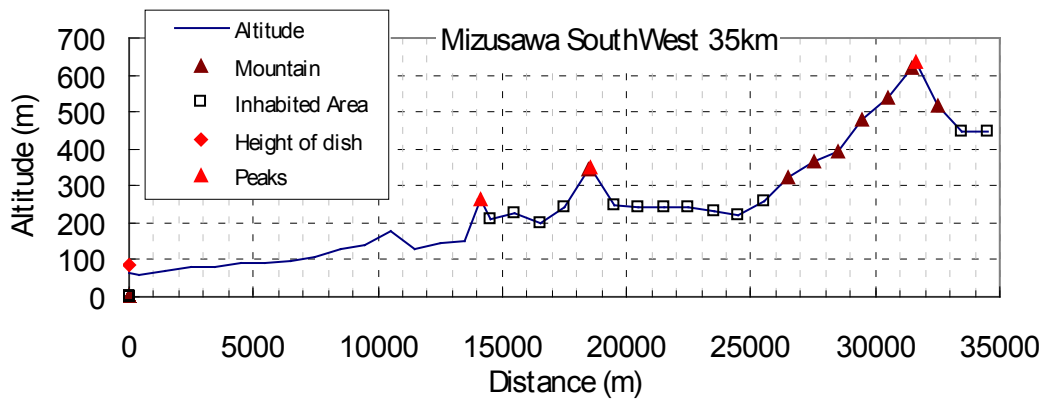
水沢 南東14~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 53.4 (dB)



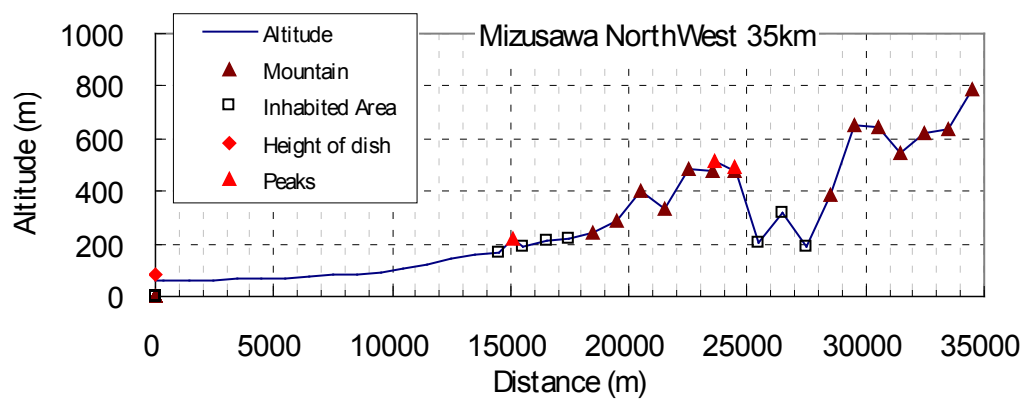
水沢 南西14~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 42.1 (dB)



水沢 北西14~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 11.2 (dB)

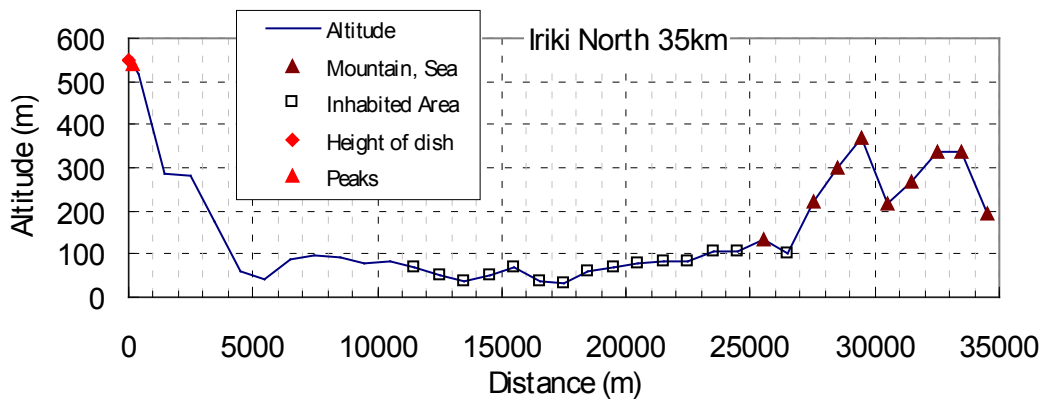


(3) 入来天文台、標高：529 (m)、アンテナ高：22 (m) アンテナ直径20 (m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力 (11km- 35km) (回折損失を除く)	-175.0 dBm/MHz	-175.6 dBm/MHz	-175.1 dBm/MHz	-175.6 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失 (11km- 35km)	17.8 dB	17.8 dB	17.8 dB	17.8 dB
③	UWB レーダ集合電力 (11km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-192.9 dBm/MHz	-193.4 dBm/MHz	-192.9 dBm/MHz	-193.5 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力 (35km- 500km) (回折損失を含む)	-209.9 dBm/MHz	-210.9 dBm/MHz	-210.0 dBm/MHz	-210.9 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力 (11km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-192.8 dBm/MHz	-193.4 dBm/MHz	-192.8 dBm/MHz	-193.4 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力 (30m- 500km) (回折損失をを除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	27.0 dB	27.0 dB	27.0 dB	27.0 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		18.8 dB	19.4 dB	3.1 dB	2.4 dB

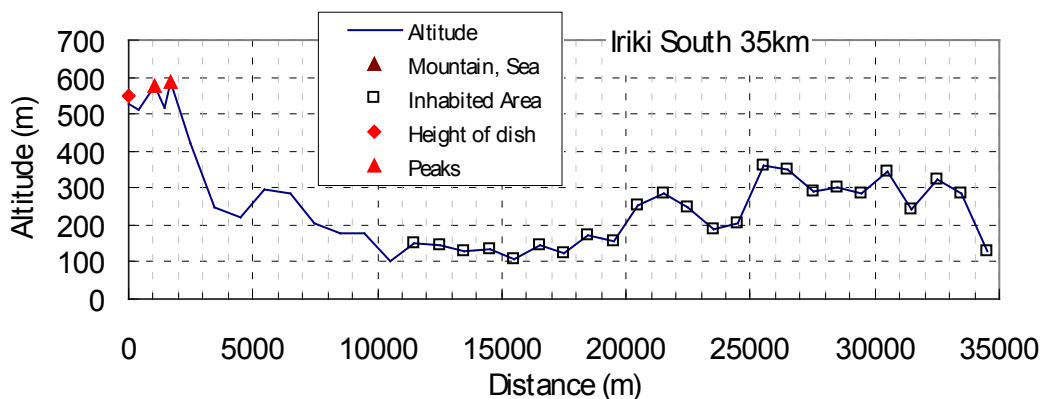
入来 北11~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失：8.8 (dB)



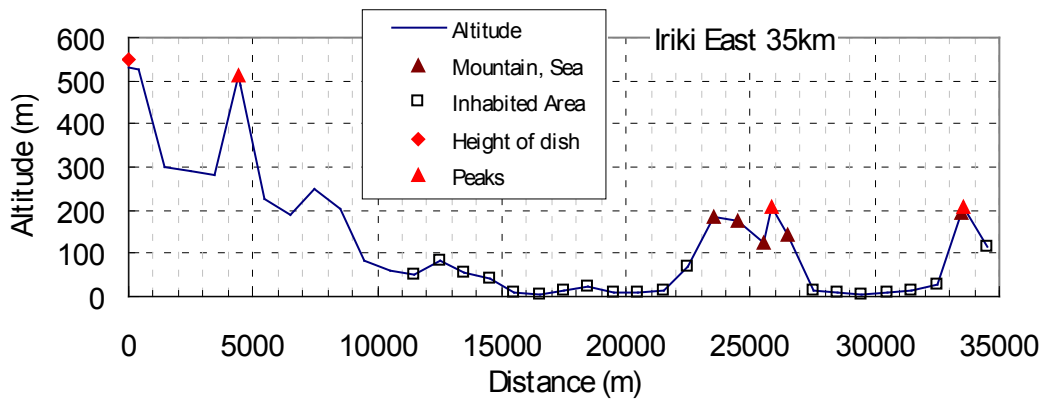
入来 南11~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失：62.9 (dB)



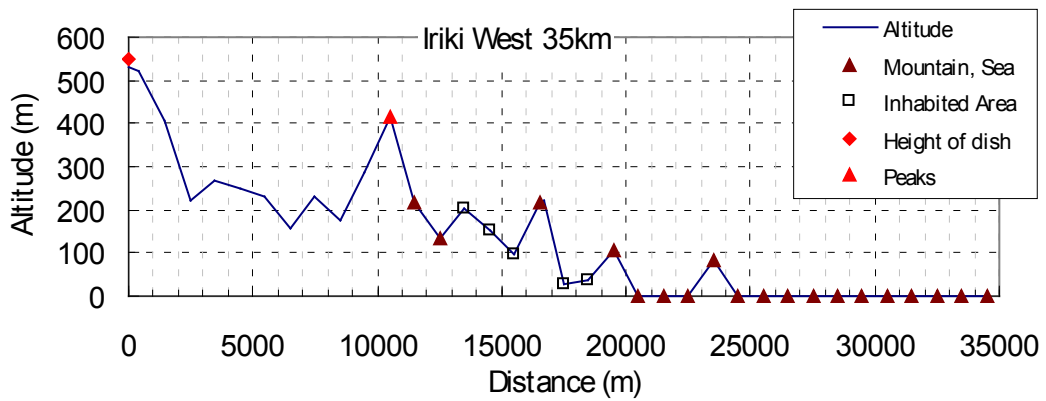
入来 東11~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 41.7 (dB)



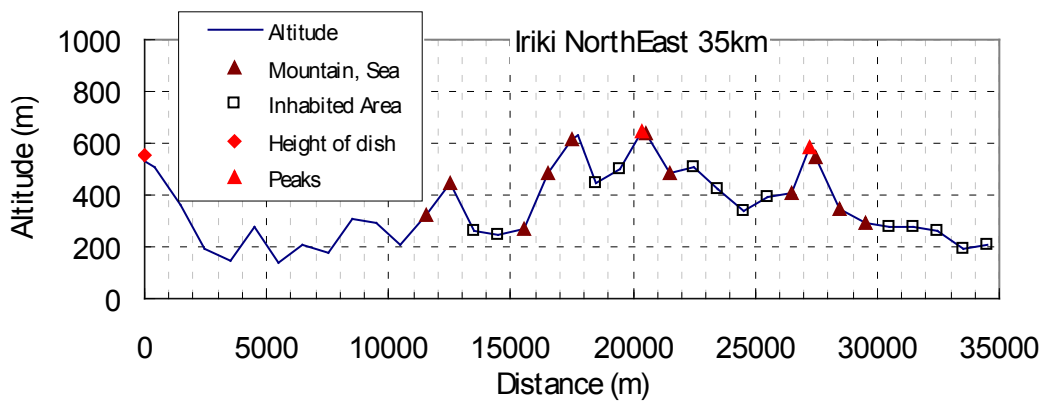
入来 西11~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 51.7 (dB)



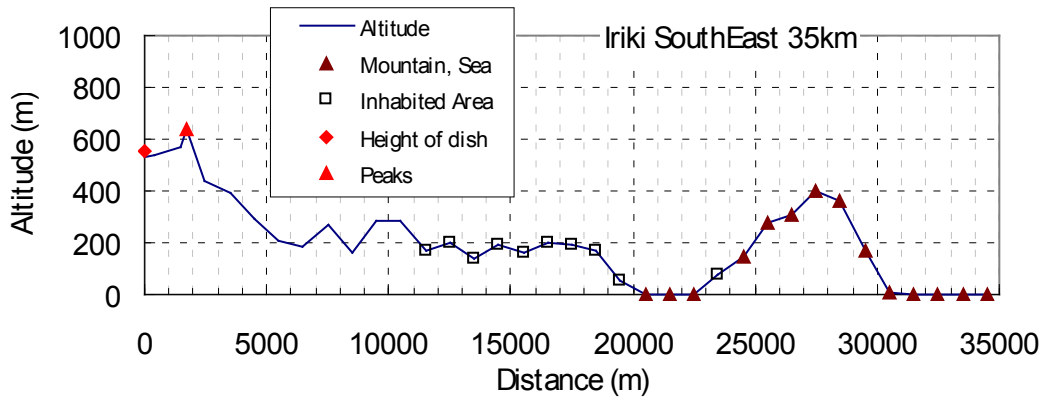
入来 北東11~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 51.3 (dB)



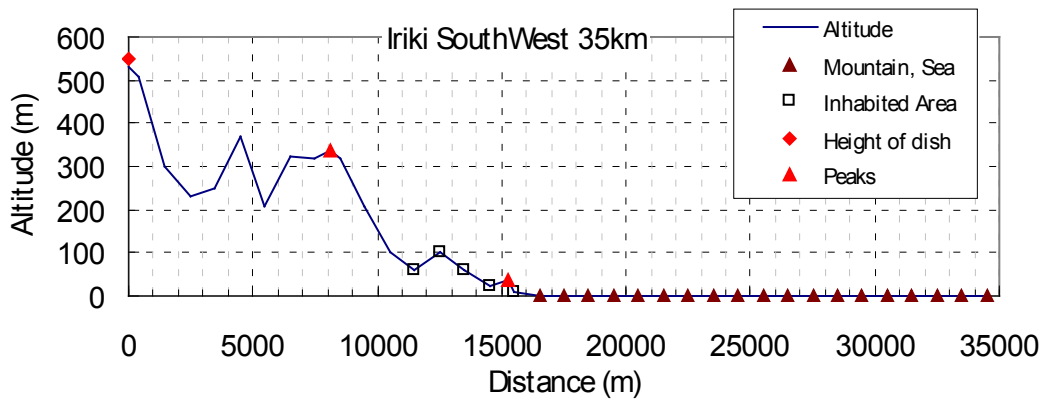
入来 南東11~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 49.8 (dB)



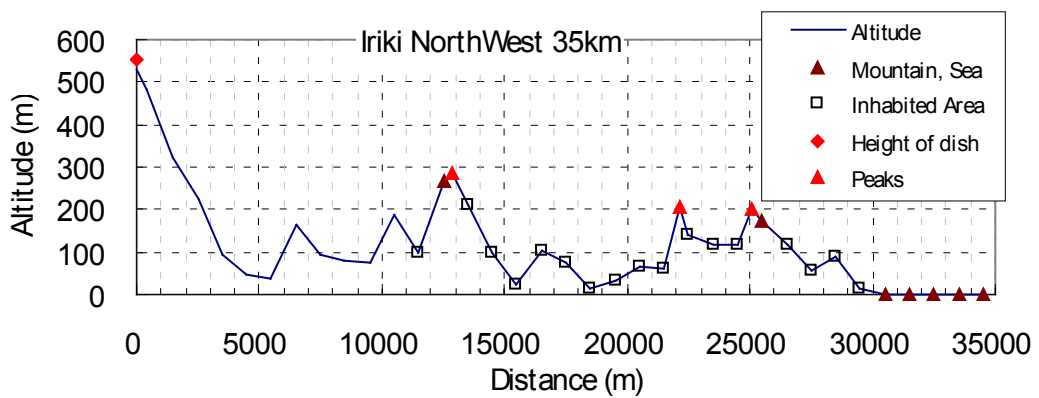
入来 南西11~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 45.1 (dB)



入来 北西11~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 37.7 (dB)

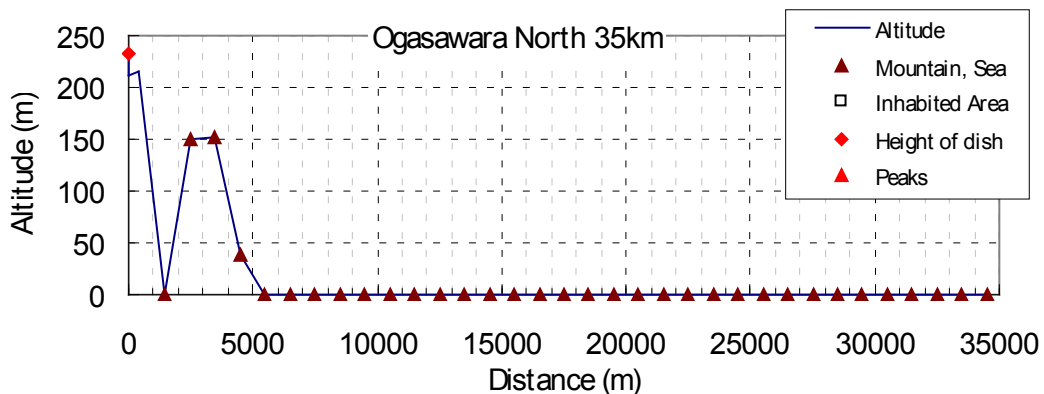


(4) 小笠原天文台、標高：211(m)、アンテナ高：22(m) アンテナ直径20(m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力(1km- 35km) (回折損失を除く)	-170.2 dBm/MHz	-170.7 dBm/MHz	-170.2 dBm/MHz	-170.8 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失(1km- 35km)	48.1 dB	48.5 dB	48.2 dB	48.4 dB
③	UWB レーダ集合電力(1km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-218.3 dBm/MHz	-219.2 dBm/MHz	-218.4 dBm/MHz	-219.2 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力(35km- 500km) (回折損失を含む)	-209.9 dBm/MHz	-210.9 dBm/MHz	-210.0 dBm/MHz	-210.9 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力(1km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-209.3 dBm/MHz	-210.3 dBm/MHz	-209.4 dBm/MHz	-210.3 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力(30m- 500km) (回折損失ををを除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	43.5 dB	43.9 dB	43.5 dB	43.9 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		35.3 dB	36.3 dB	19.7 dB	19.3 dB

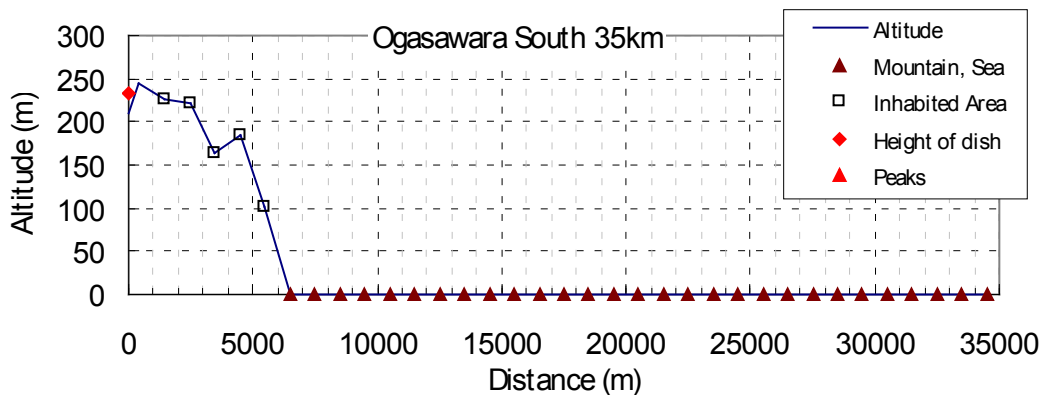
小笠原 北1~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：- (dB)



小笠原 南1~35(km)

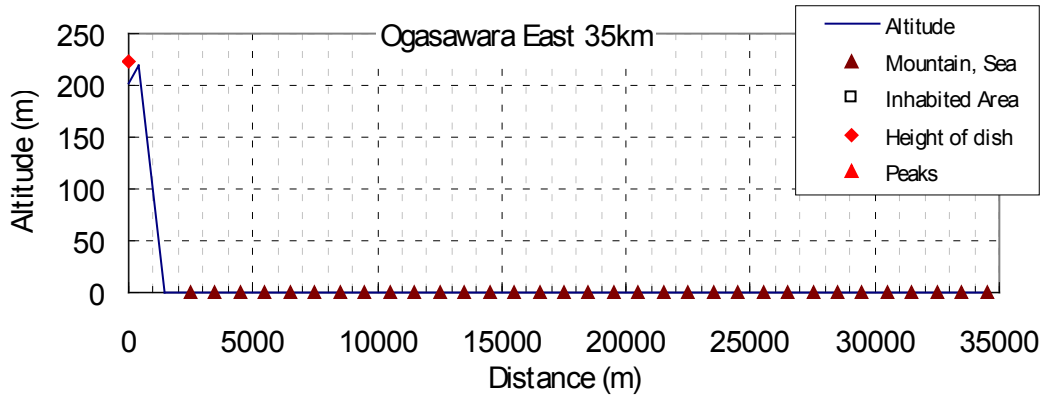
22.2GHz帯における平均回折損失：39.8 (dB)





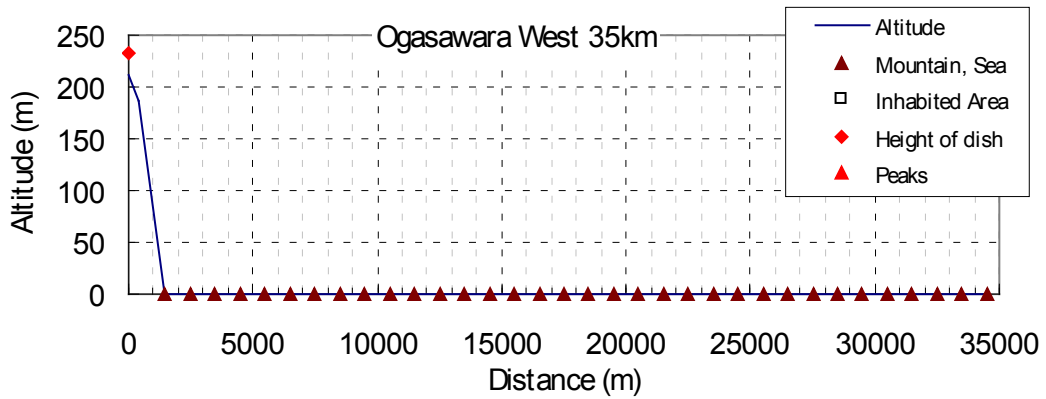
小笠原 東1~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失：- (dB)



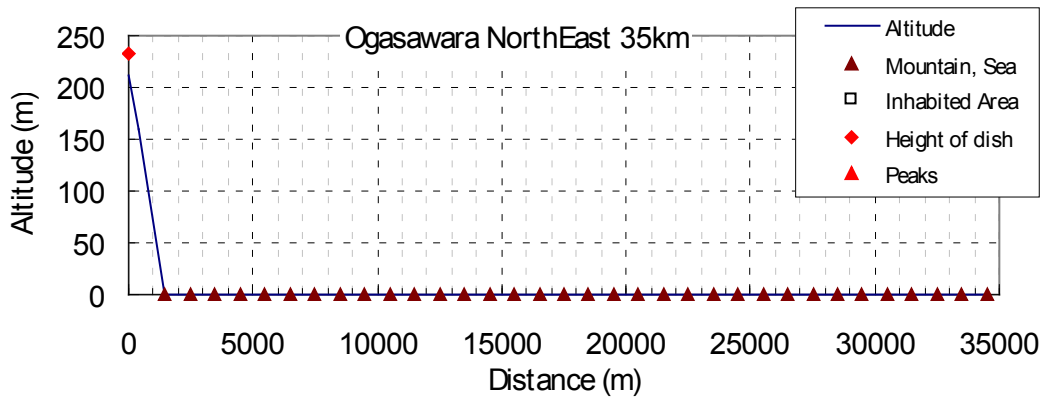
小笠原 西1~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失：- (dB)



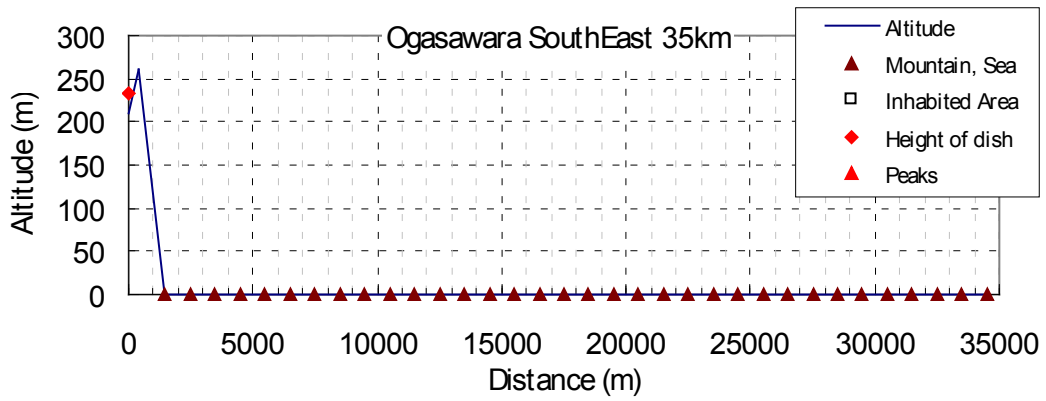
小笠原 北東1~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失：- (dB)



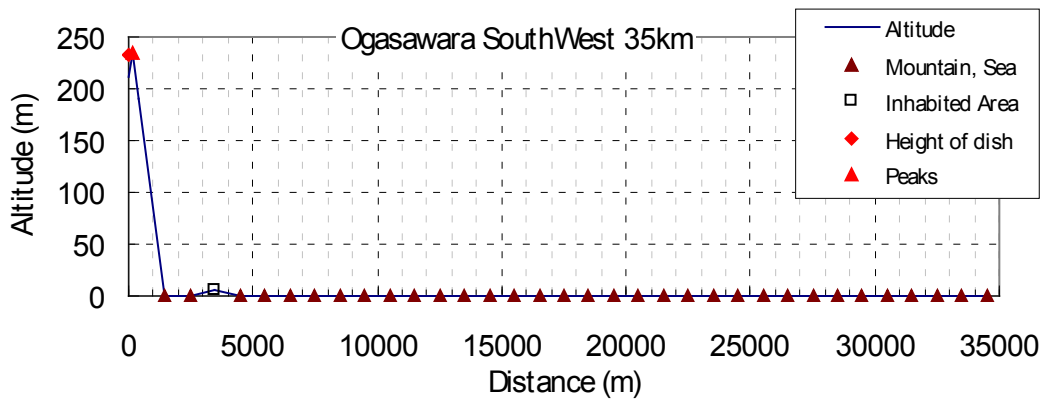
小笠原 南東1~35(km)

22. 2GHz帯における平均回折損失：- (dB)



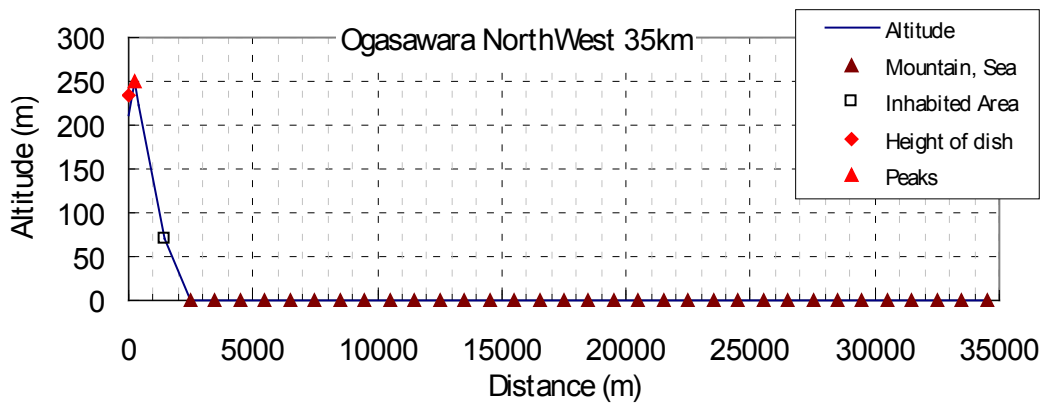
小笠原 南西1~35(km)

22. 2GHz帯における平均回折損失：49.1 (dB)



小笠原 北西1~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失：52.6 dB

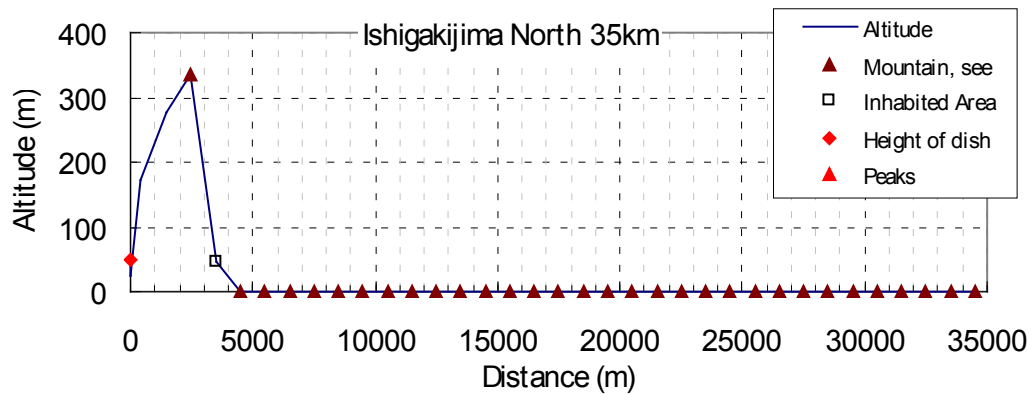


(5) 石垣島天文台、標高：26(m)、アンテナ高：22(m) アンテナ直径20(m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力(2km- 35km) (回折損失を除く)	-171.1 dBm/MHz	-171.7 dBm/MHz	-171.2 dBm/MHz	-171.7 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失(2km- 35km)	20.2 dB	20.2 dB	20.2 dB	20.2 dB
③	UWB レーダ集合電力(2km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-191.3 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz	-191.4 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力(35km- 500km) (回折損失を含む)	-209.9 dBm/MHz	-210.9 dBm/MHz	-210.0 dBm/MHz	-210.9 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力(2km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-194.3 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz	-191.4 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力(30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	25.5 dB	25.5 dB	25.5 dB	25.5 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		17.3 dB	17.9 dB	1.7 dB	0.9 dB

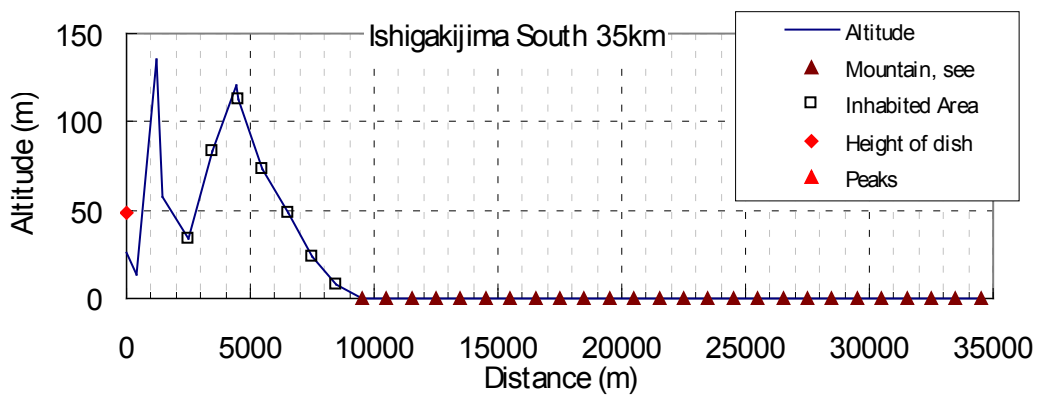
石垣島 北2~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：106.4 (dB)



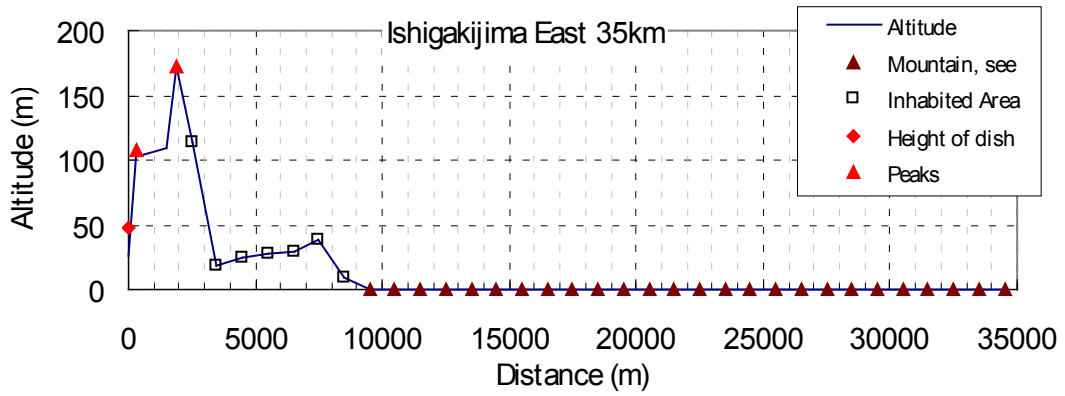
石垣島 南2~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：51.3 (dB)



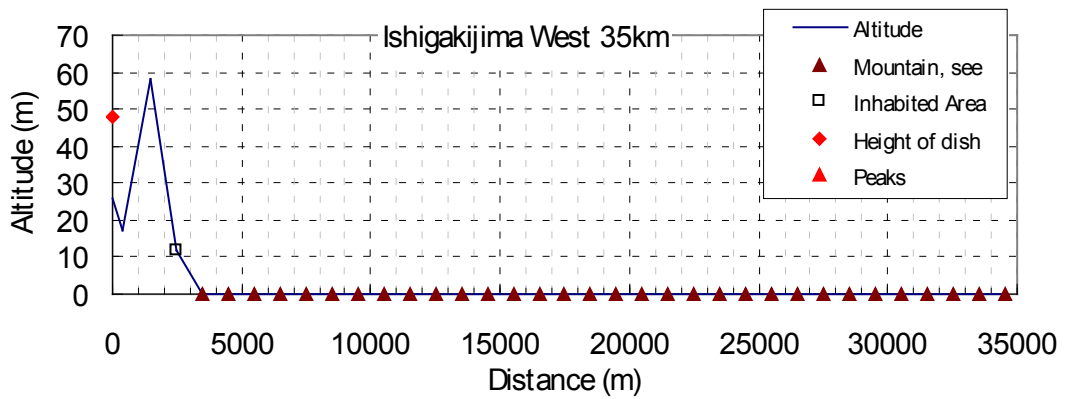
石垣島 東2~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 90.6 (dB)



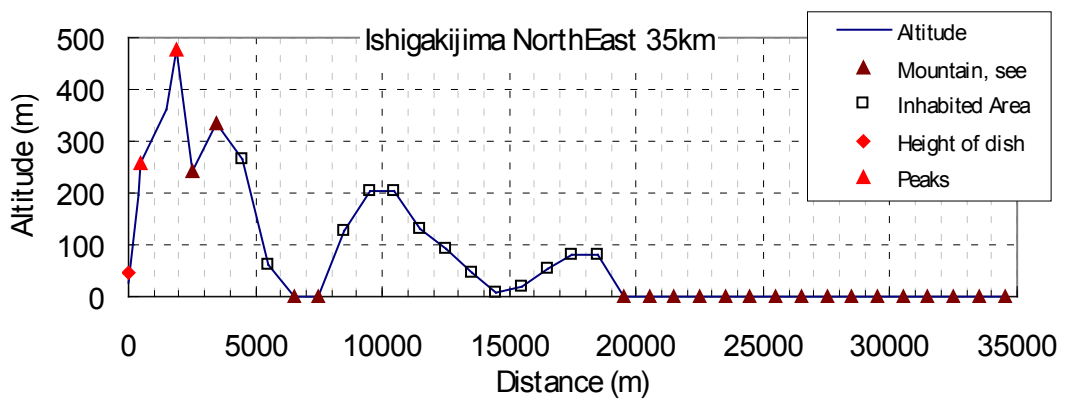
石垣島 西2~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 46.1 (dB)



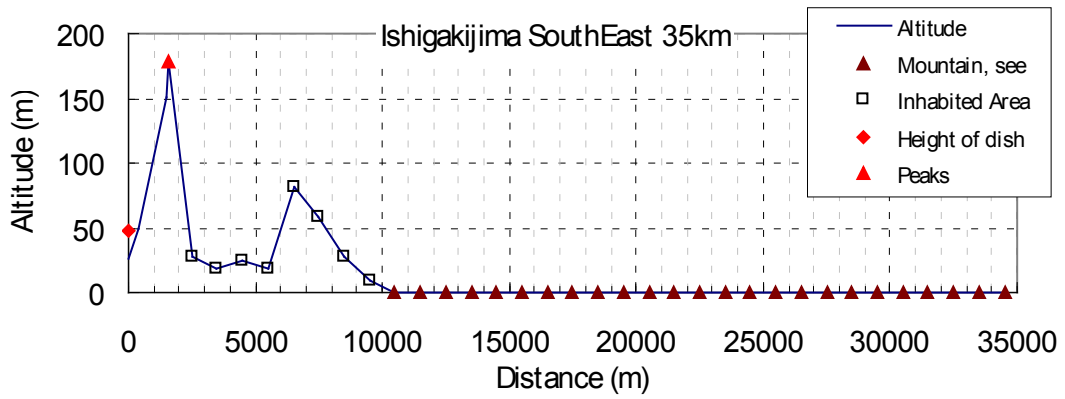
石垣島 北東2~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 106.1 (dB)



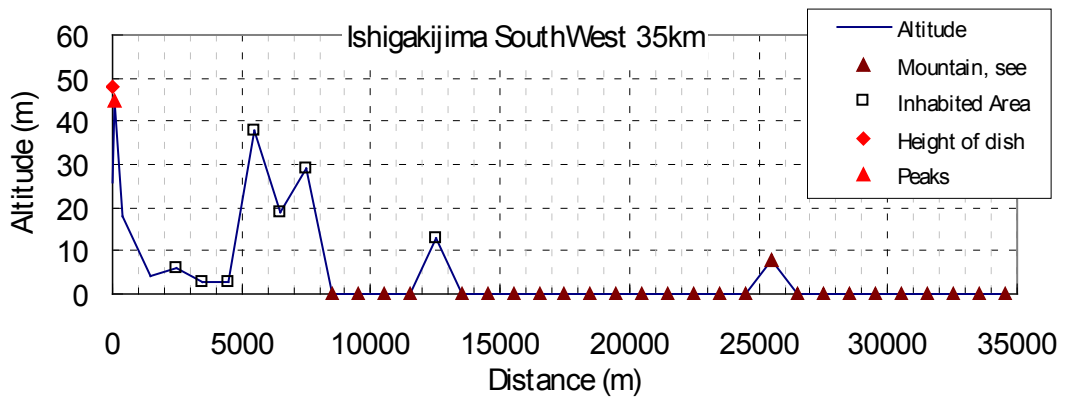
石垣島 南東2~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 50.3 (dB)



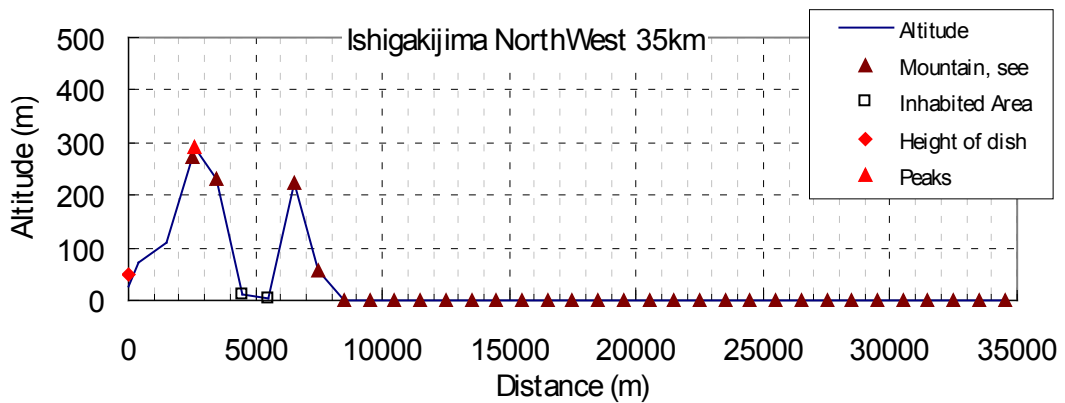
石垣島 南西2~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 11.2 (dB)



石垣島 北西2~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 97.1 dB

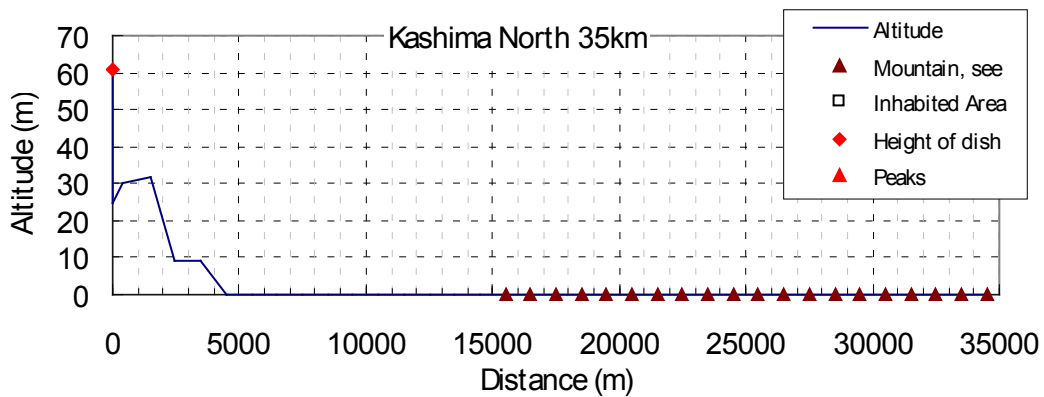


(6) 鹿島天文台、標高：27 (m)、アンテナ高：35 (m) アンテナ直径34 (m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力 (15km- 35km) (回折損失を除く)	-176.4 dBm/MHz	-177.0 dBm/MHz	-176.4 dBm/MHz	-177.0 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失 (15km- 35km)	18.9 dB	18.9 dB	18.9 dB	18.9 dB
③	UWB レーダ集合電力 (15km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-195.2 dBm/MHz	-195.9 dBm/MHz	-195.3 dBm/MHz	-195.9 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力 (35km- 500km) (回折損失を含む)	-206.8 dBm/MHz	-207.7 dBm/MHz	-206.9 dBm/MHz	-207.8 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力 (15km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-195.0 dBm/MHz	-195.6 dBm/MHz	-195.0 dBm/MHz	-195.6 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力 (30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	29.2 dB	29.2 dB	29.1 dB	29.2 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		21.0 dB	21.6 dB	5.3 dB	4.6 dB

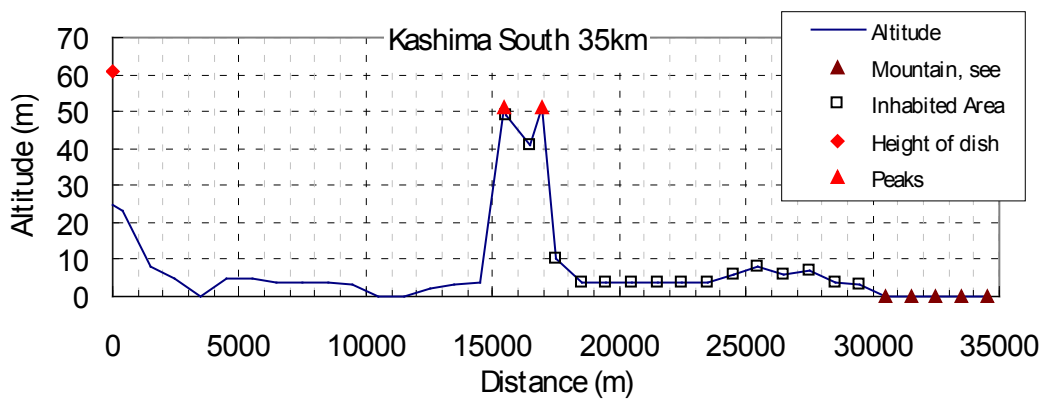
鹿島 北15~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失：- (dB)



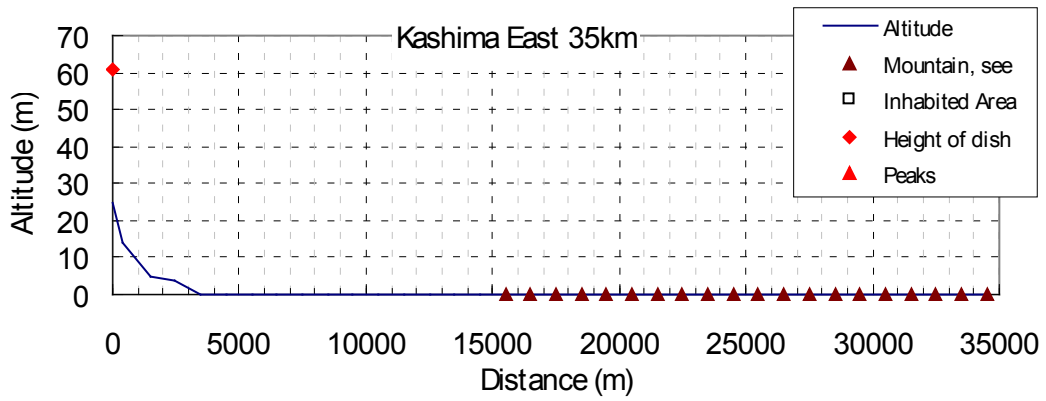
鹿島 南15~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失：31.1 (dB)



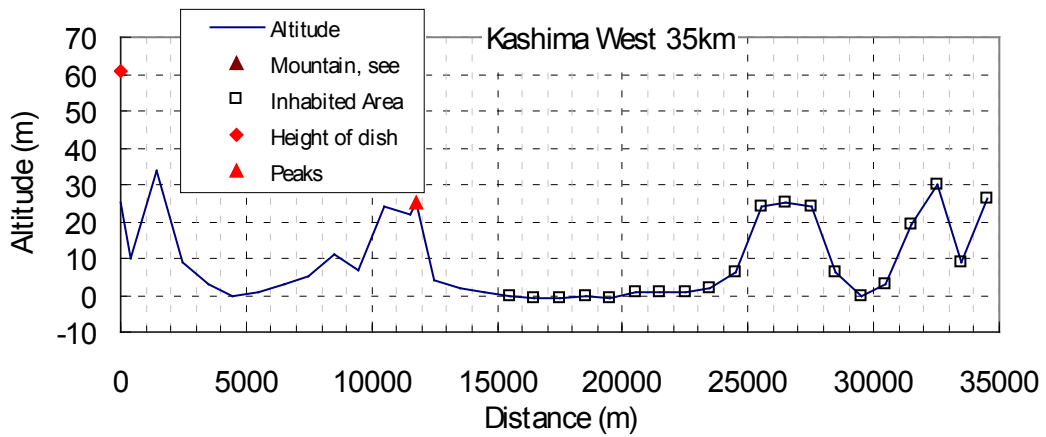
鹿島 東15~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : - (dB)



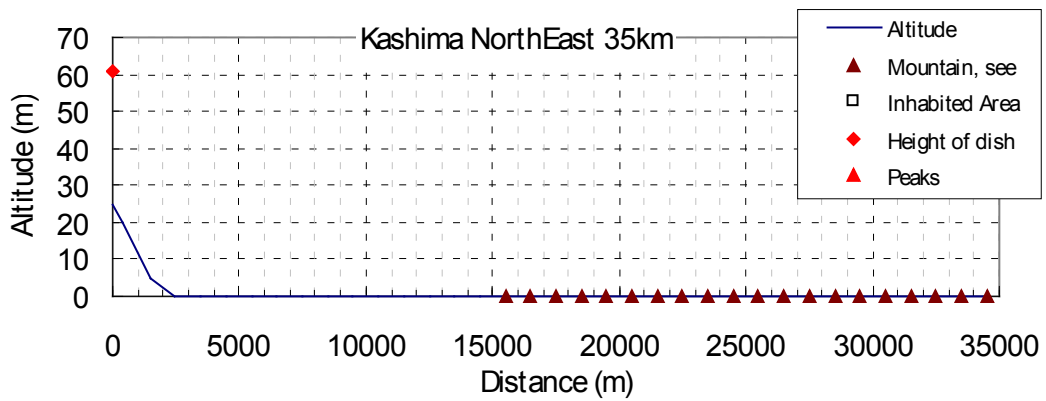
鹿島 西15~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 12.5 (dB)



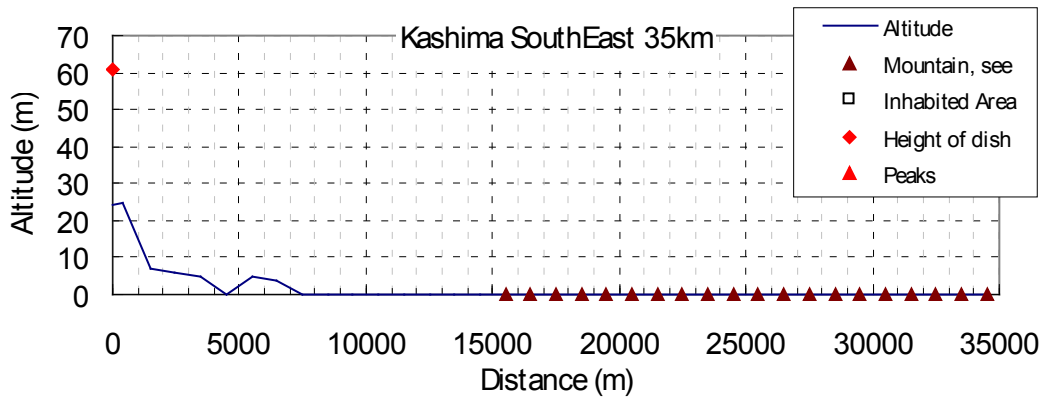
鹿島 北東15~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : - (dB)



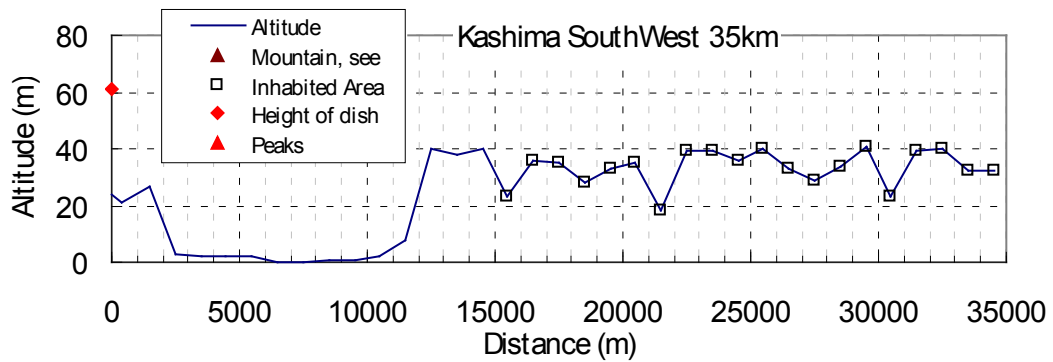
鹿島 南東15~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : - (dB)



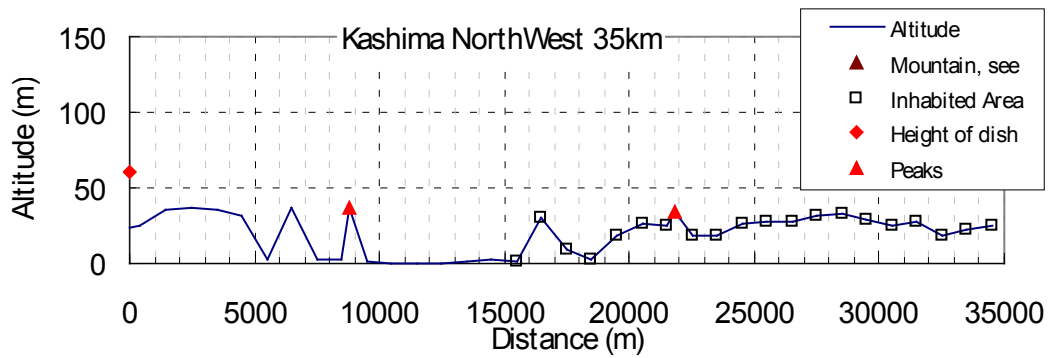
鹿島 南西15~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 16.5 (dB)



鹿島 北西15~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 15.9 (dB)



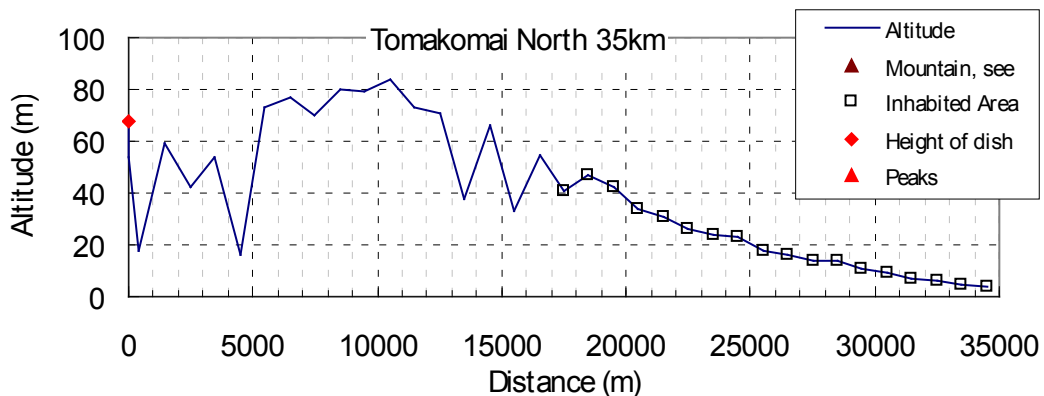


(7) 苫小牧（北海道大学）、標高：54(m)、アンテナ高：14(m) アンテナ直径11(m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力(17km- 35km) (回折損失を除く)	-177.1 dBm/MHz	-177.7 dBm/MHz	-177.1 dBm/MHz	-177.7 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失(17km- 35km)	13.6 dB	13.6 dB	13.6 dB	13.6 dB
③	UWB レーダ集合電力(17km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-190.7 dBm/MHz	-191.3 dBm/MHz	-190.8 dBm/MHz	-191.3 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力(35km- 500km) (回折損失を含む)	-211.5 dBm/MHz	-212.6 dBm/MHz	-211.6 dBm/MHz	-212.0 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力(17km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-190.7 dBm/MHz	-191.2 dBm/MHz	-190.7 dBm/MHz	-191.3 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力(30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	24.9 dB	24.8 dB	24.8 dB	24.9 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		16.7 dB	17.2 dB	1.0 dB	0.3 dB

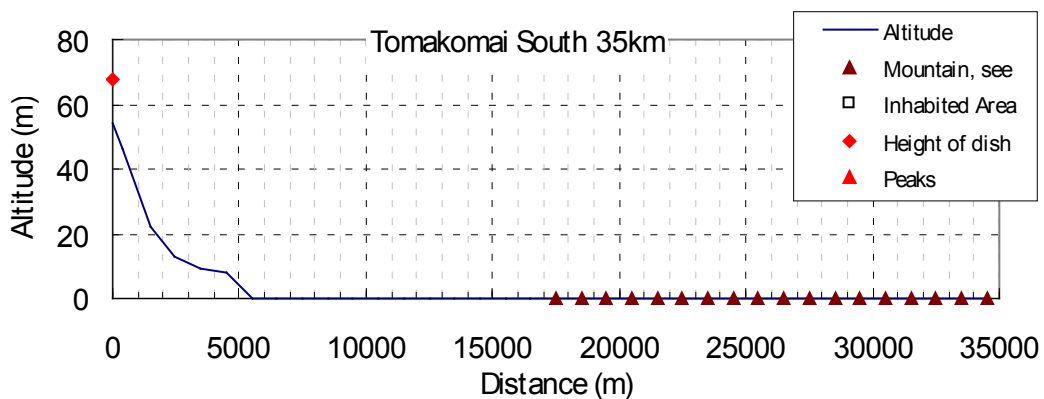
苫小牧 北17~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失：38.2 (dB)



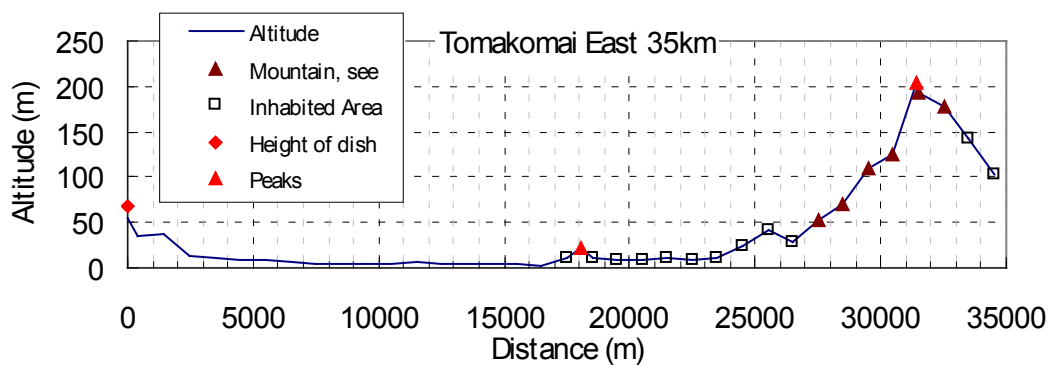
苫小牧 南17~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失：- (dB)



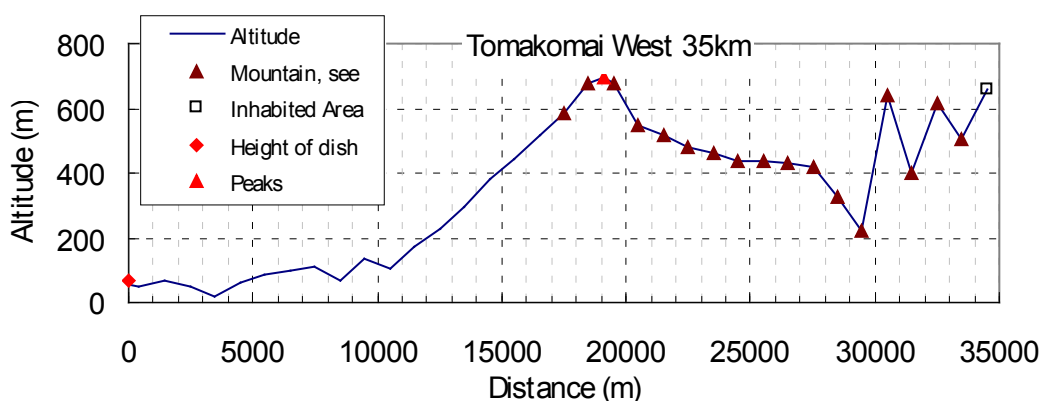
苫小牧 東17~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 7.0 (dB)



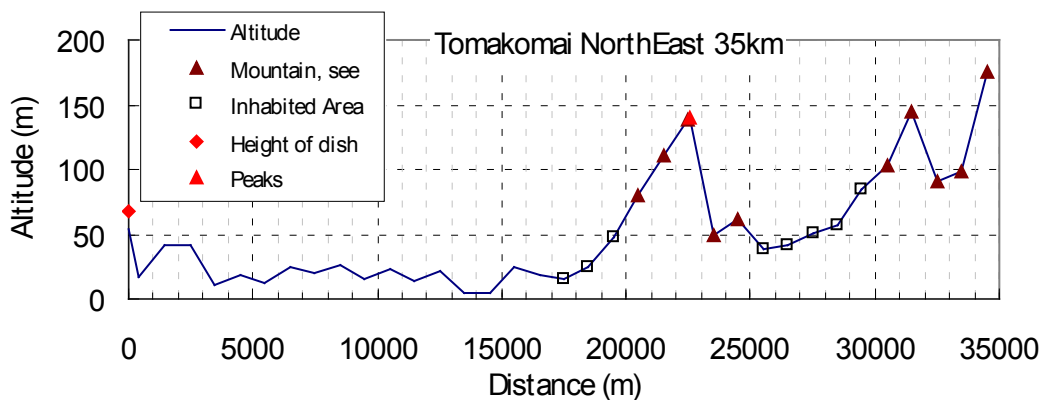
苫小牧 西17~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 59.4 (dB)



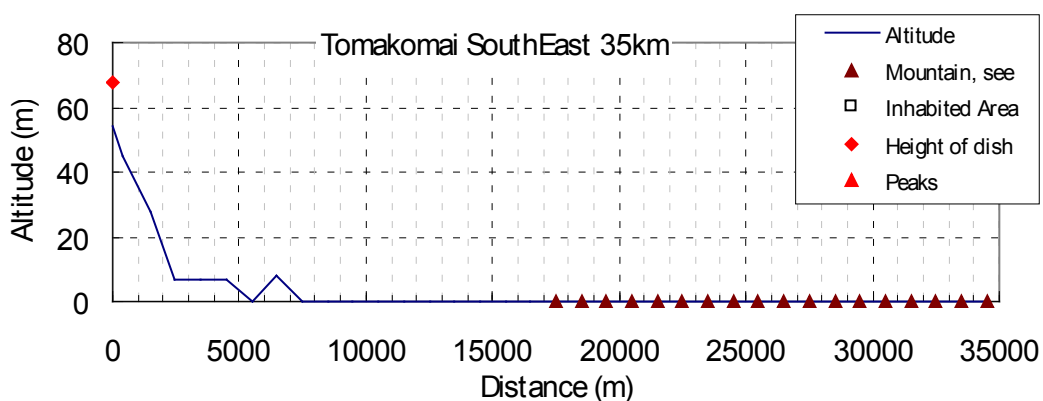
苫小牧 北東17~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 8.3 (dB)



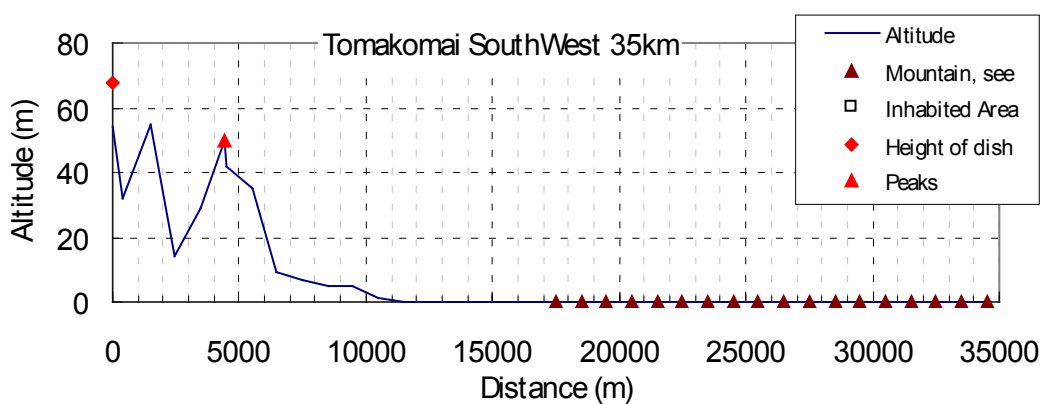
苫小牧 南東17~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : - (dB)



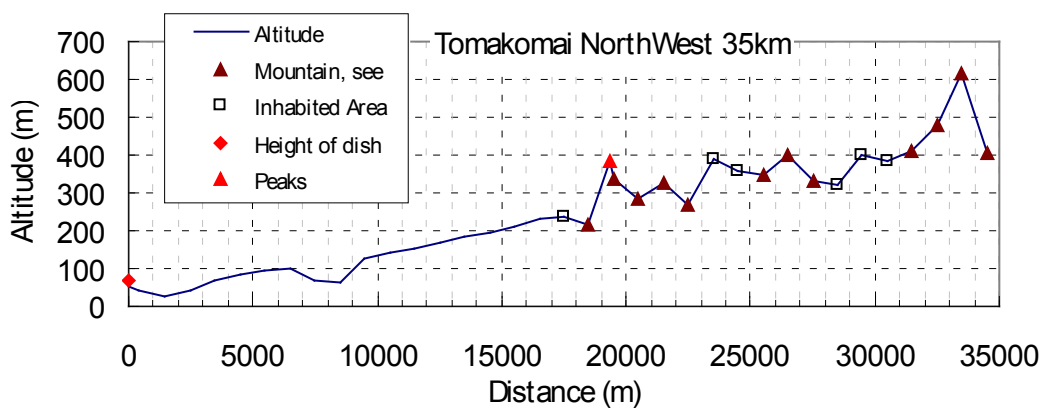
苫小牧 南西17~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : - (dB)



苫小牧 北西17~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 29.6 (dB)

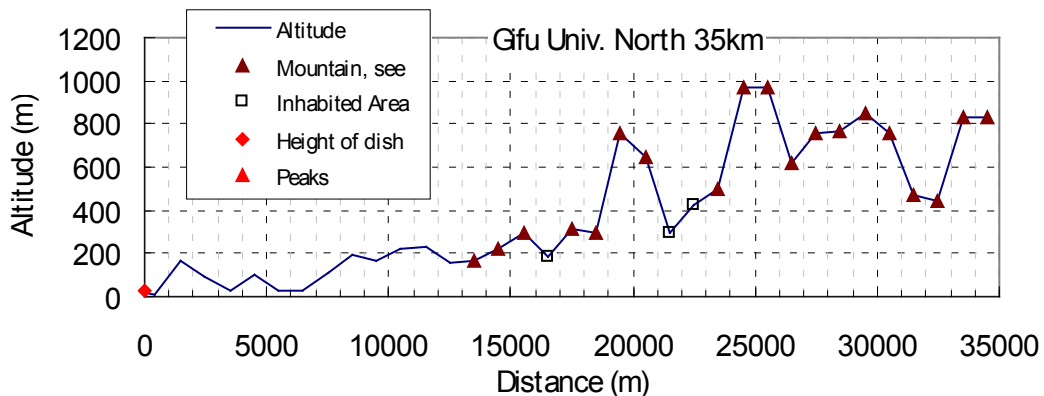


(8) 岐阜大学、標高：14 (m)、アンテナ高：15 (m) アンテナ直径11 (m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力 (13km- 35km) (回折損失を除く)	-175.7 dBm/MHz	-176.3 dBm/MHz	-175.8 dBm/MHz	-176.3 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失 (13km- 35km)	15.7 dB	15.6 dB	15.7 dB	15.6 dB
③	UWB レーダ集合電力 (17km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-191.4 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz	-191.4 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力 (35km- 500km) (回折損失を含む)	-211.2 dBm/MHz	-212.3 dBm/MHz	-211.3 dBm/MHz	-212.3 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力 (13km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-191.3 dBm/MHz	-191.8 dBm/MHz	-191.4 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力 (30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	25.5 dB	25.4 dB	25.5 dB	25.5 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		17.3 dB	17.8 dB	1.7 dB	0.9 dB

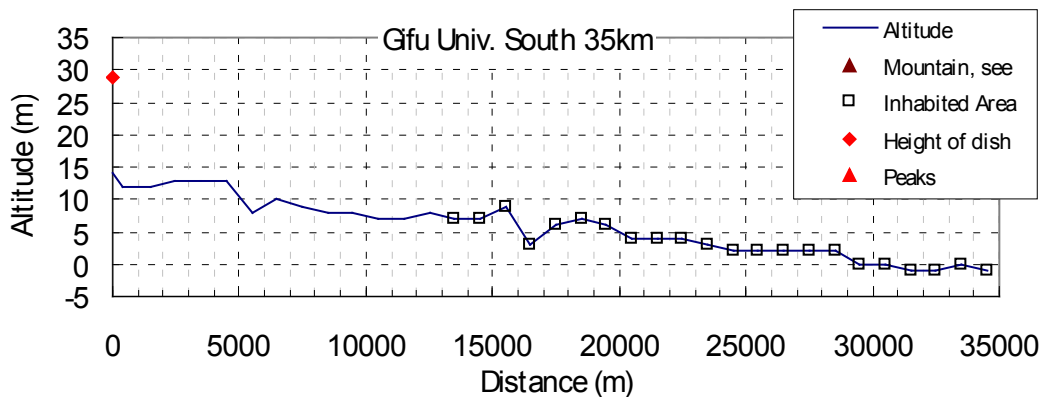
岐阜大学 北13~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失：101.4 (dB)



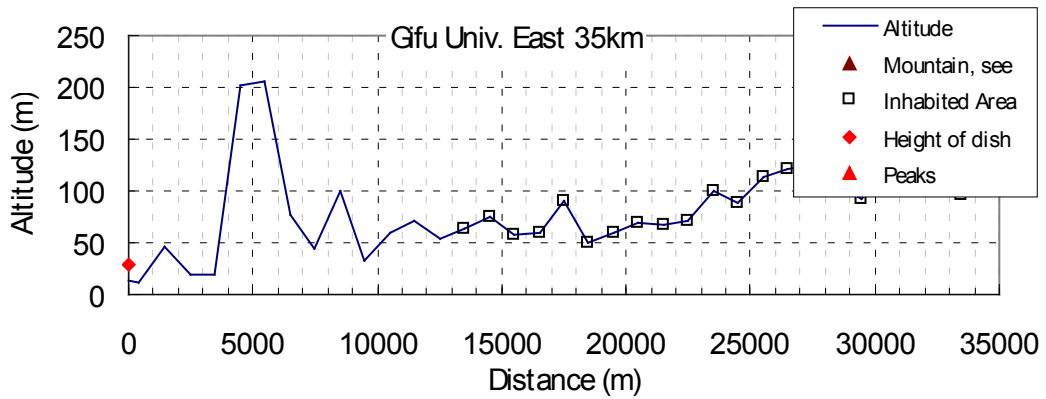
岐阜大学 南13~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失：8.0 (dB)



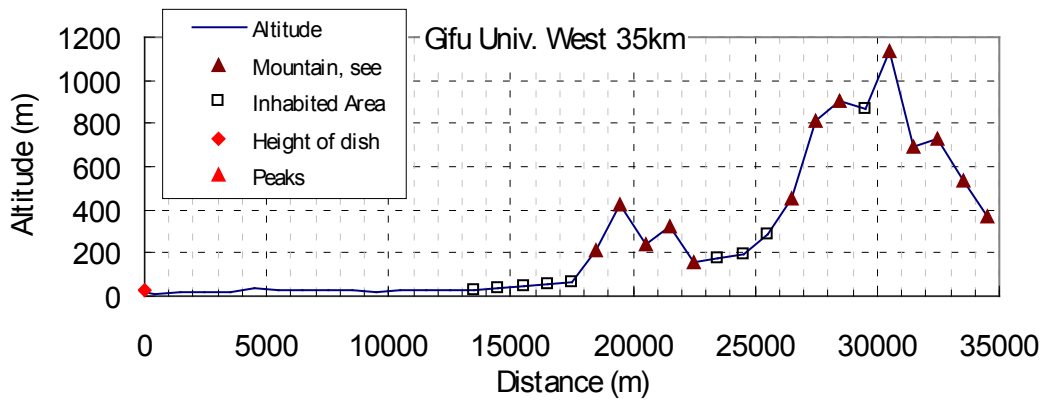
岐阜大学 東13~35(km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 67.4 (dB)



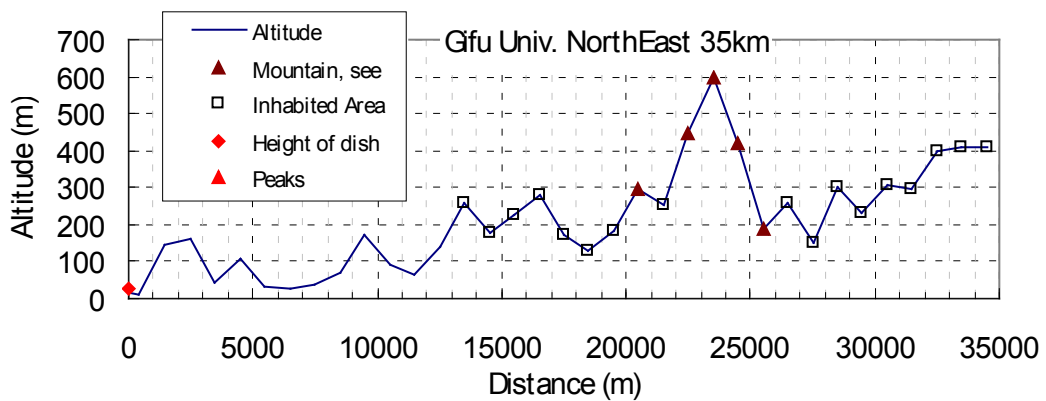
岐阜大学 西13~35(km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 25.1 (dB)



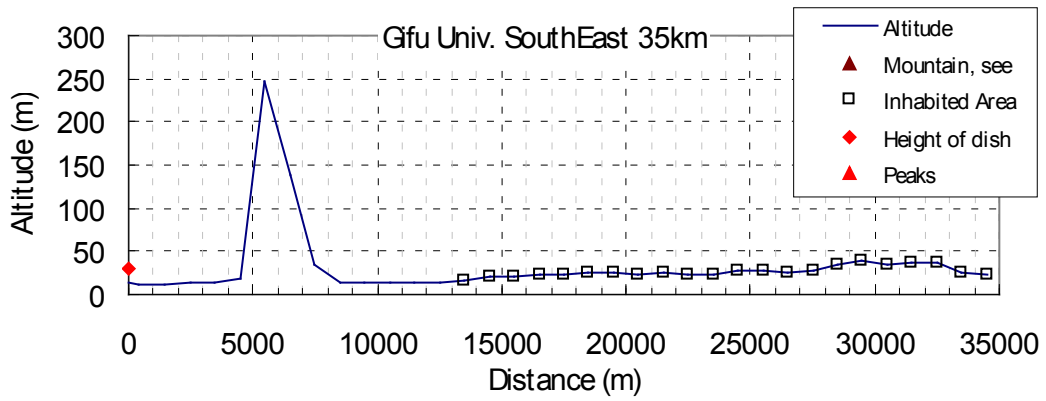
岐阜大学 北東13~35(km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 53.6 (dB)



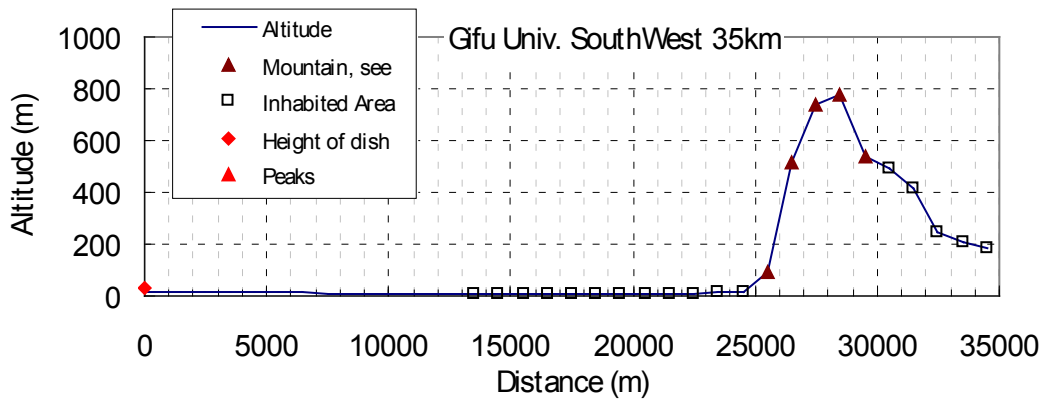
岐阜大学 南東13~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 46.0 (dB)



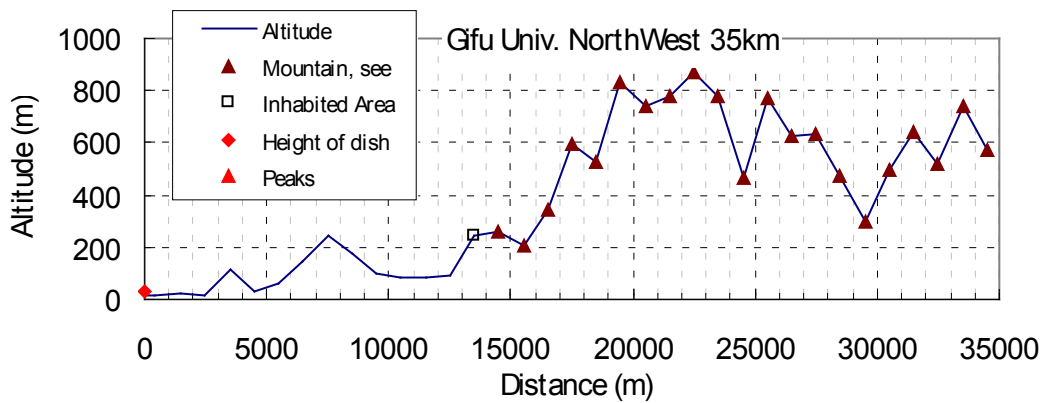
岐阜大学 南西13~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 12.5 (dB)



岐阜大学 北西13~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 50.8 (dB)

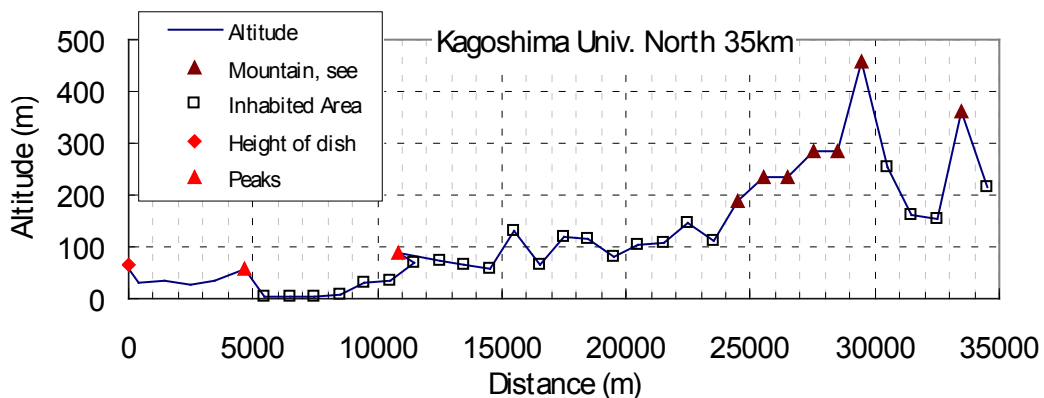


(9) 鹿児島大学、標高：58(m)、アンテナ高：7(m) アンテナ直径6(m)

		スペクトル線観測		連続波観測	
周波数		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力(5km- 35km) (回折損失を除く)	-172.8 dBm/MHz	-173.3 dBm/MHz	-172.8 dBm/MHz	-173.4 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失(5km- 35km)	18.5 dB	18.5 dB	18.5 dB	18.5 dB
③	UWB レーダ集合電力(5km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-191.3 dBm/MHz	-191.8 dBm/MHz	-191.3 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力(35km- 500km) (回折損失を含む)	-213.1 dBm/MHz	-214.1 dBm/MHz	-213.2 dBm/MHz	-214.2 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力(5km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-191.2 dBm/MHz	-191.8 dBm/MHz	-191.3 dBm/MHz	-191.9 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力(30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	25.4 dB	25.4 dB	25.4 dB	25.5 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		17.2 dB	17.8 dB	1.6 dB	0.9 dB

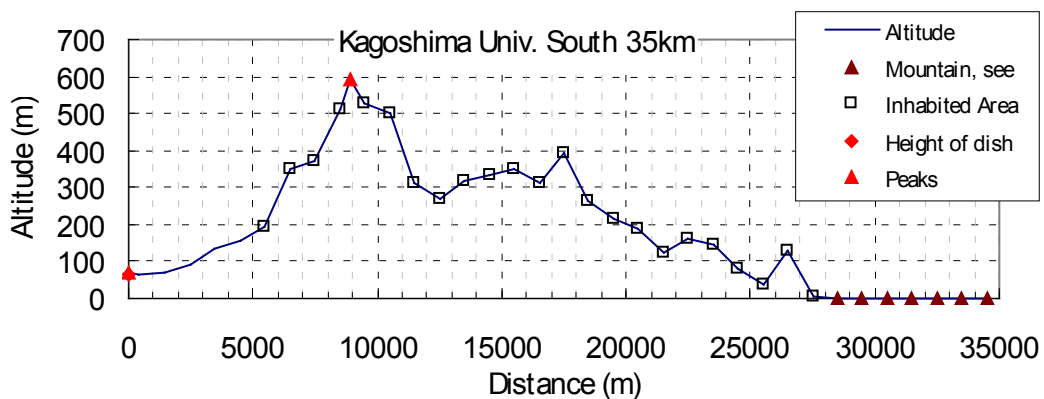
鹿児島大学 北5~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：11.0 (dB)



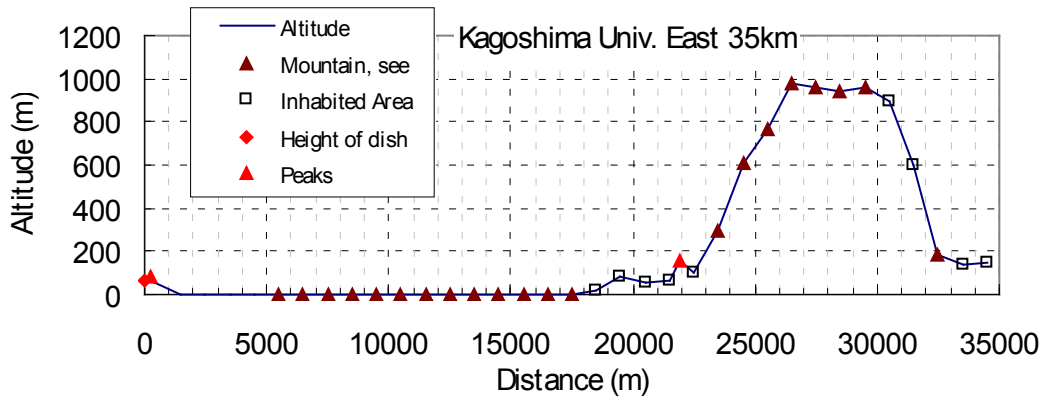
鹿児島大学 南5~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：34.9 (dB)



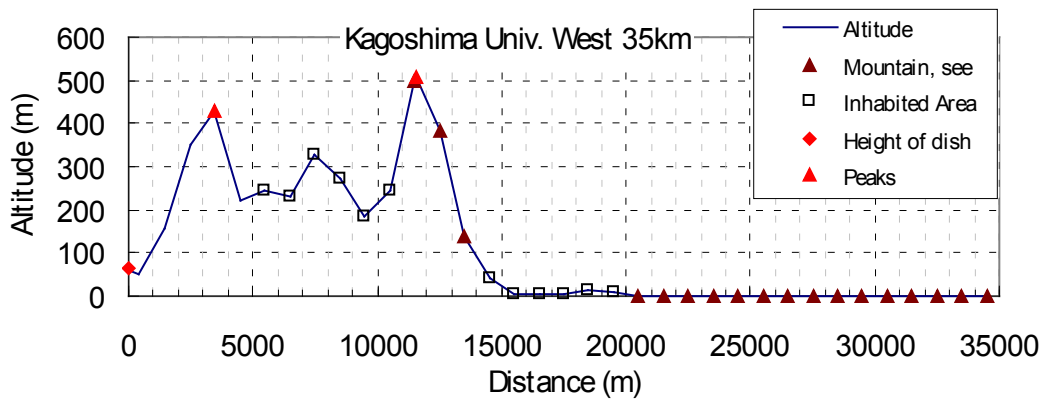
鹿児島大学 東5~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 46.2 (dB)



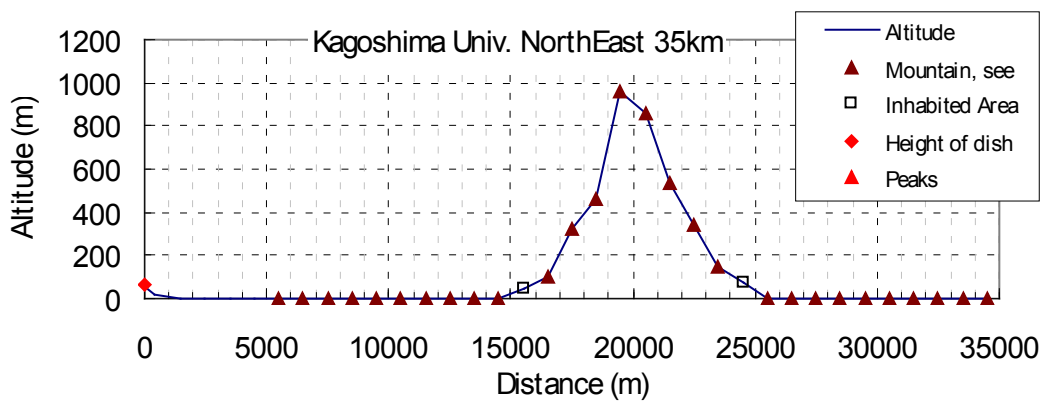
鹿児島大学 西5~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 57.1 (dB)



鹿児島大学 北東5~35 (km)

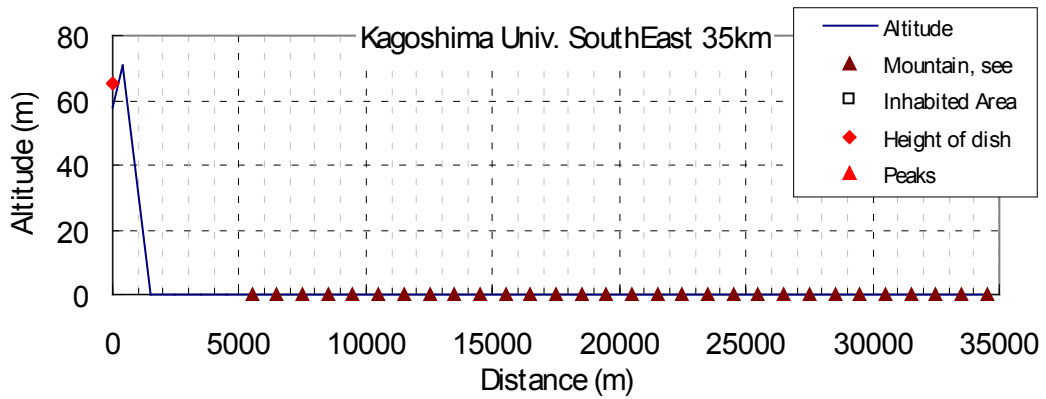
22. 2GHz帯における平均回折損失 : 14.8 (dB)





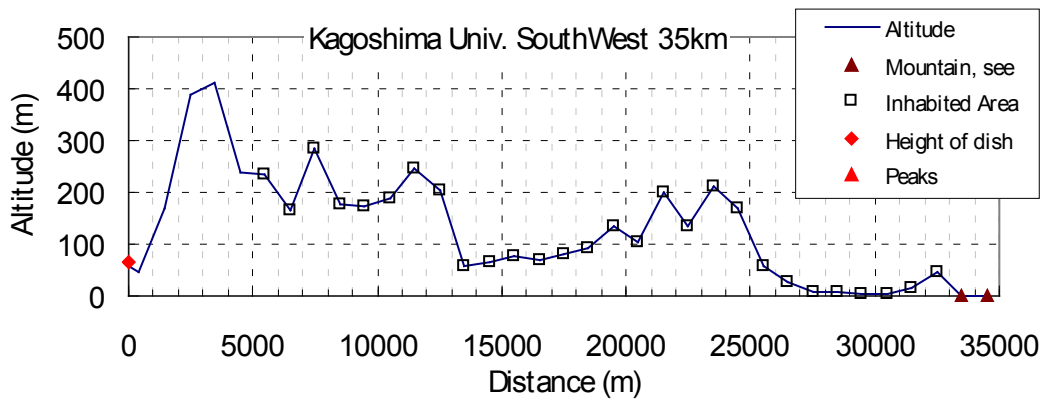
鹿児島大学 南東5~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : - (dB)



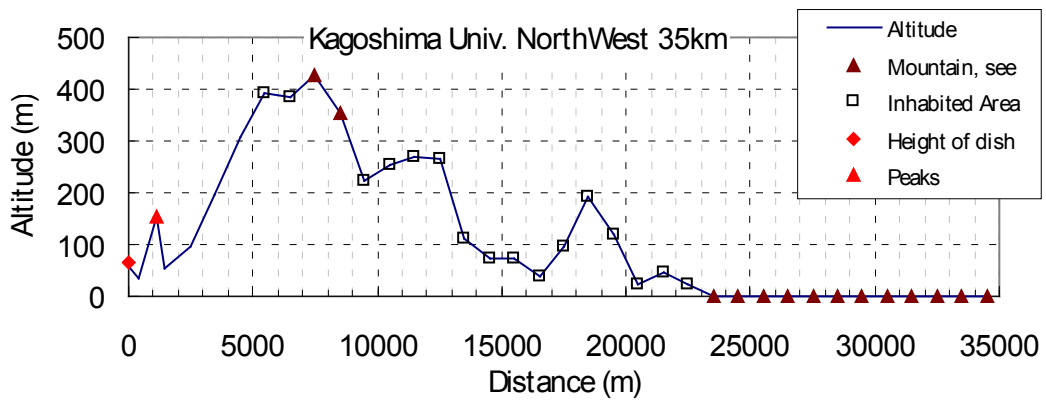
鹿児島大学 南西5~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 57.8 (dB)



鹿児島大学 北西5~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 42.9 (dB)

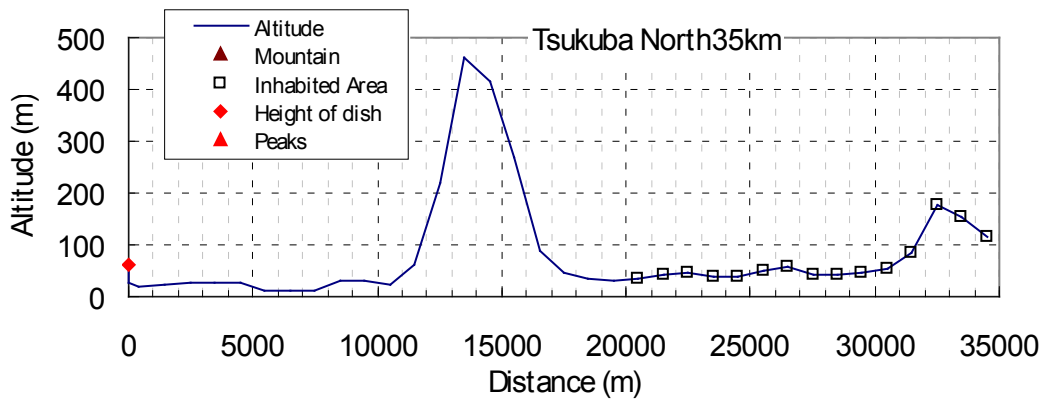


(10) 国土地理院 (つくば)、標高: 27(m)、アンテナ高: 35(m) アンテナ直径32(m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力 (20km- 35km) (回折損失を除く)	-178.2 dBm/MHz	-178.8 dBm/MHz	-178.3 dBm/MHz	-178.8 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失 (20km- 35km)	13.9 dB	14.0 dB	13.9 dB	14.0 dB
③	UWB レーダ集合電力 (20km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-192.1 dBm/MHz	-192.8 dBm/MHz	-192.2 dBm/MHz	-192.8 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力 (35km- 500km) (回折損失を含む)	-206.7 dBm/MHz	-207.6 dBm/MHz	-206.8 dBm/MHz	-207.7 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力 (20km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-192.0 dBm/MHz	-192.6 dBm/MHz	-192.0 dBm/MHz	-192.6 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力 (30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.9 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	26.2 dB	26.2 dB	26.1 dB	26.2 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		18.0 dB	18.6 dB	2.4 dB	1.6 dB

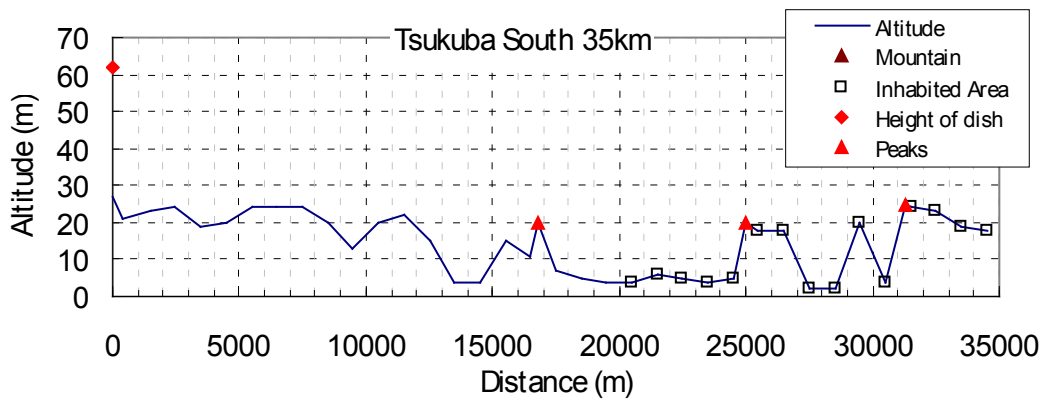
国土地理院 北20~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失: 49.7 (dB)



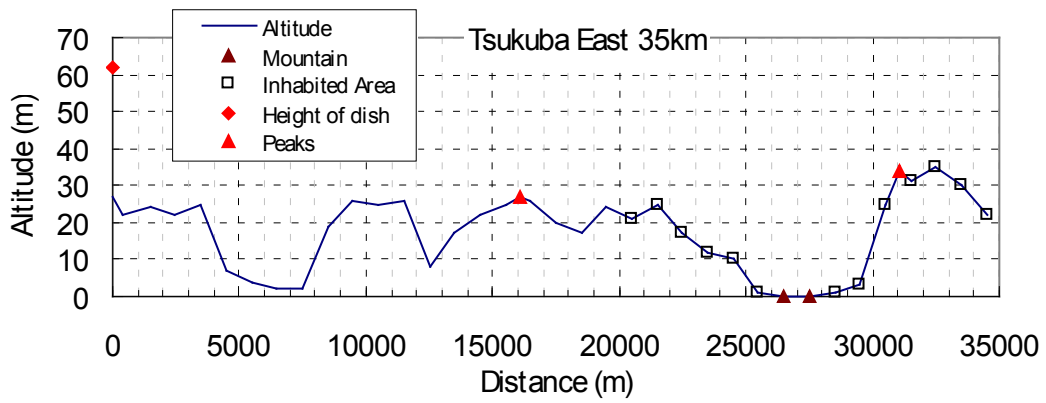
国土地理院 南20~35 (km)

22.2GHz帯における平均回折損失: 16.2 (dB)



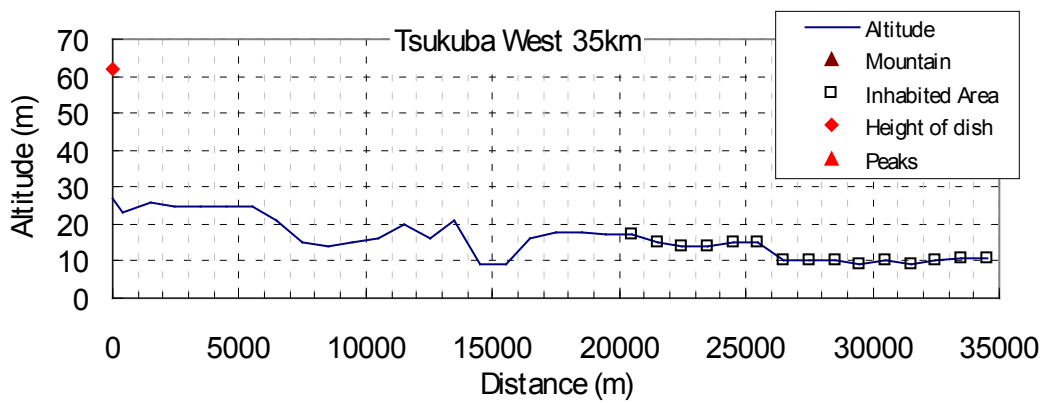
国土地理院 東20～35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 15.5 (dB)



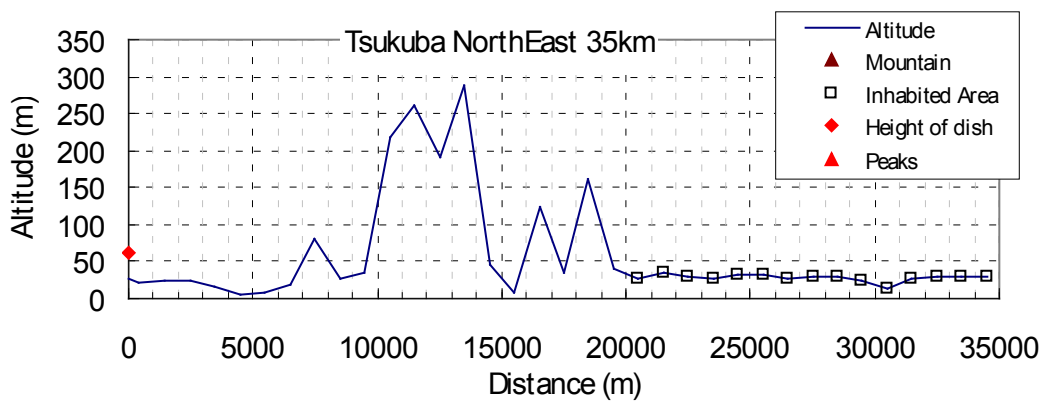
国土地理院 西20～35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 10.7 (dB)



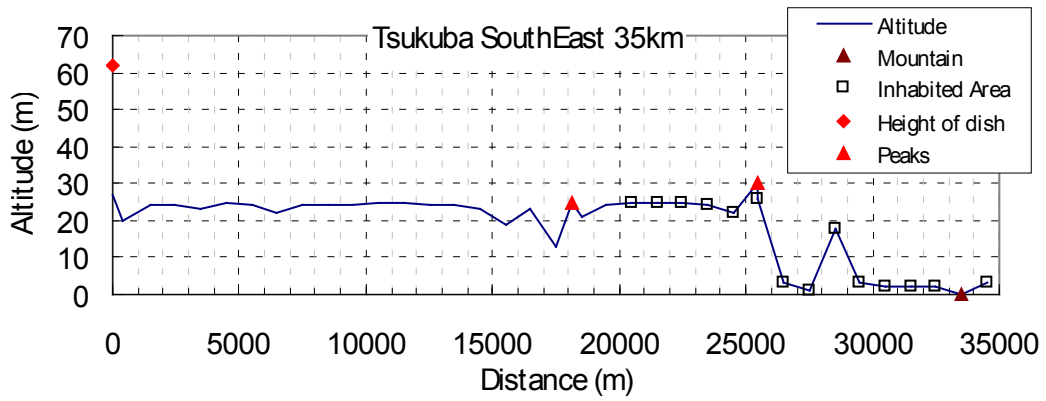
国土地理院 北東20～35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 64.6 (dB)



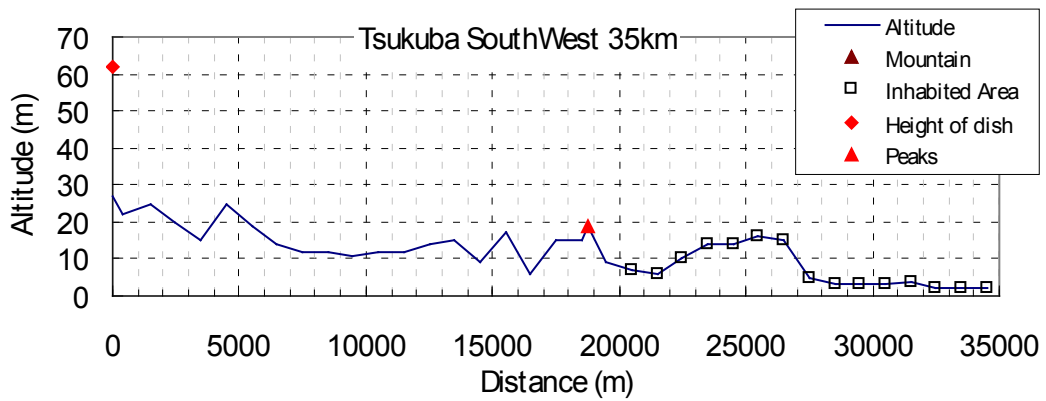
国土地理院 南東20~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 10.8 (dB)



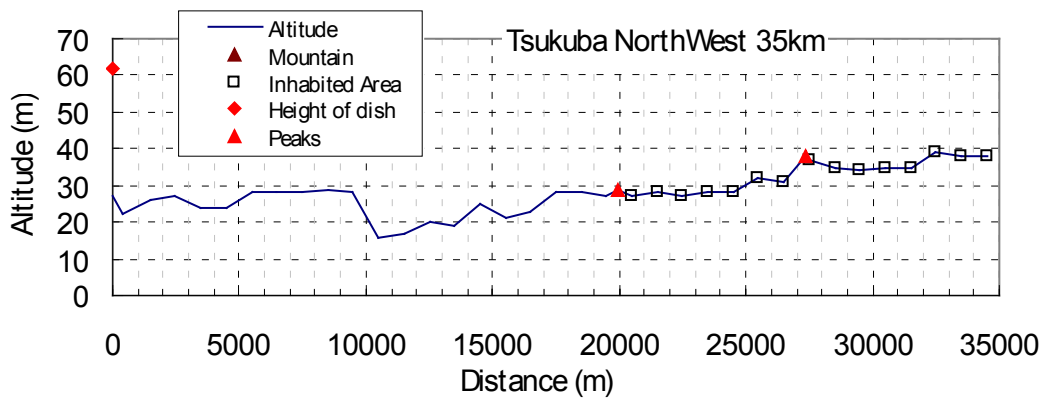
国土地理院 南西20~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 14.3 (dB)



国土地理院 北西20~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 11.8 (dB)

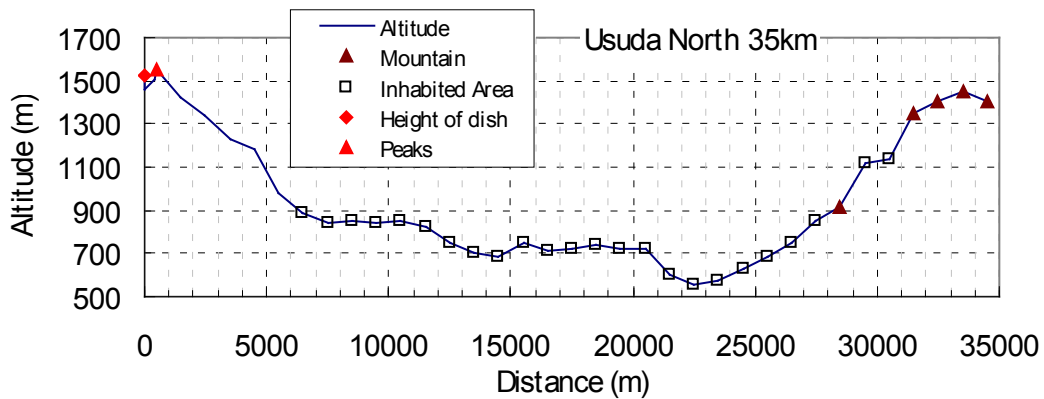


(11) 臼田、標高：1456(m)、アンテナ高：65(m) アンテナ直径64(m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力(6km- 35km) (回折損失を除く)	-173.2 dBm/MHz	-173.8 dBm/MHz	-173.3 dBm/MHz	-173.8 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失(6km- 35km)	21.8 dB	21.8 dB	21.8 dB	21.8 dB
③	UWB レーダ集合電力(6km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-195.0 dBm/MHz	-195.6 dBm/MHz	-195.0 dBm/MHz	-195.6 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力(35km- 500km) (回折損失を含む)	-199.5 dBm/MHz	-200.3 dBm/MHz	-199.6 dBm/MHz	-200.3 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力(6km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-193.7 dBm/MHz	-194.3 dBm/MHz	-193.7 dBm/MHz	-194.3 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力(30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	27.9 dB	27.9 dB	27.9 dB	27.9 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		19.7 dB	20.3 dB	4.1 dB	3.3 dB

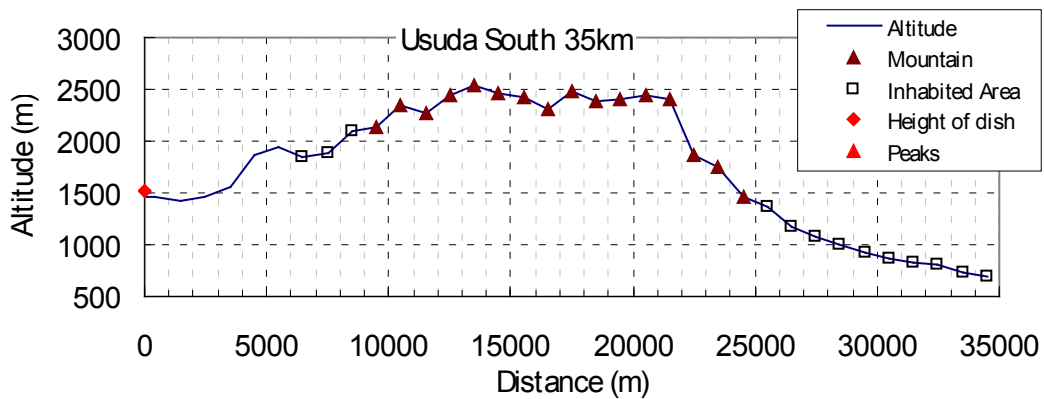
臼田 北6~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：45.8 (dB)



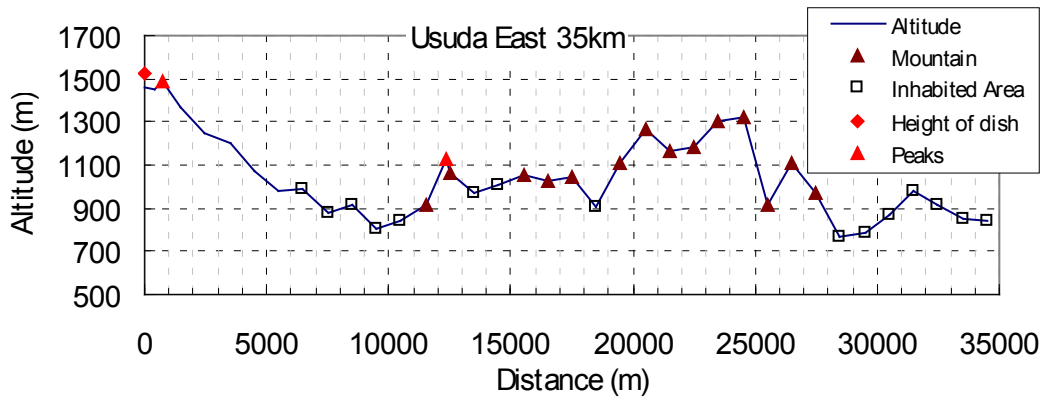
臼田 南6~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：49.5 (dB)



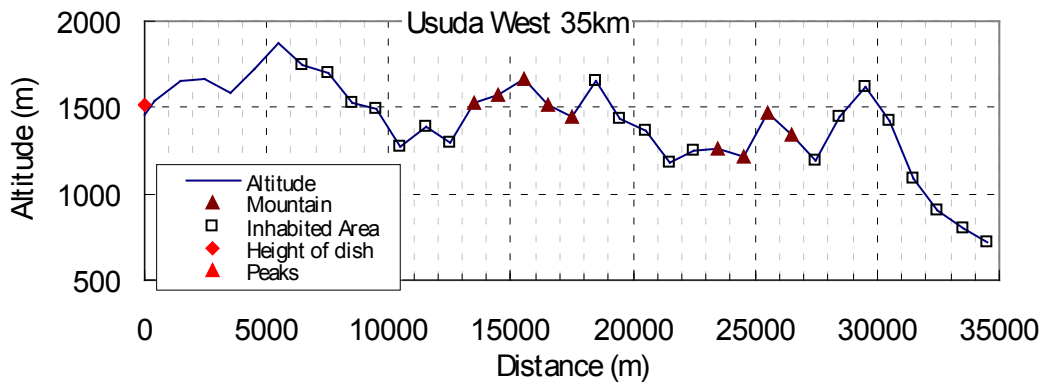
臼田 東6～35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 41.5 (dB)



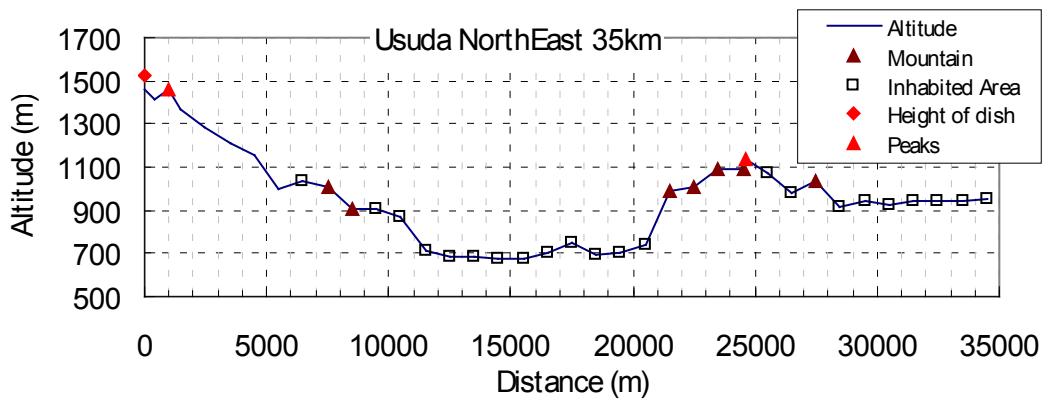
臼田 西6～35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 54.8 (dB)



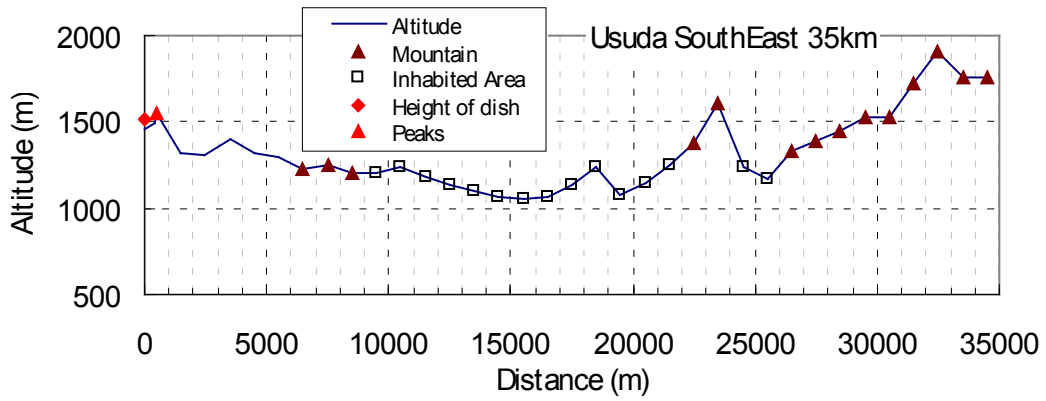
臼田 北東6～35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 12.8 (dB)



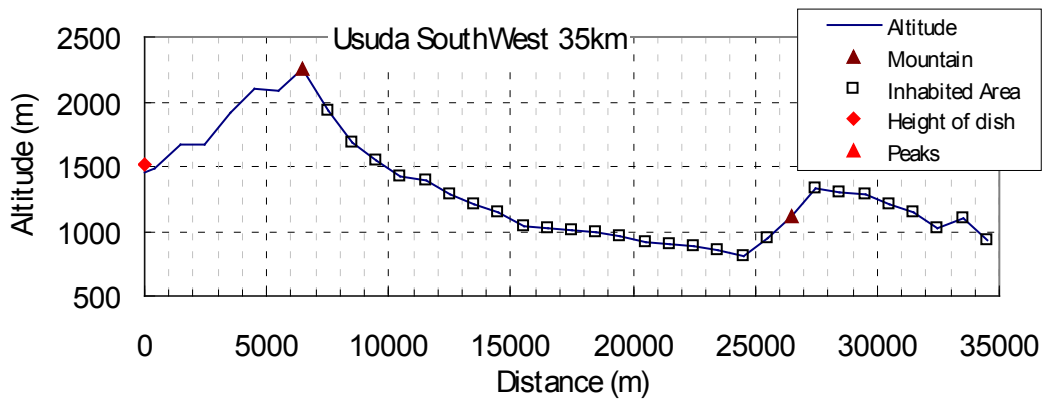
臼田 南東6~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 48.6 (dB)



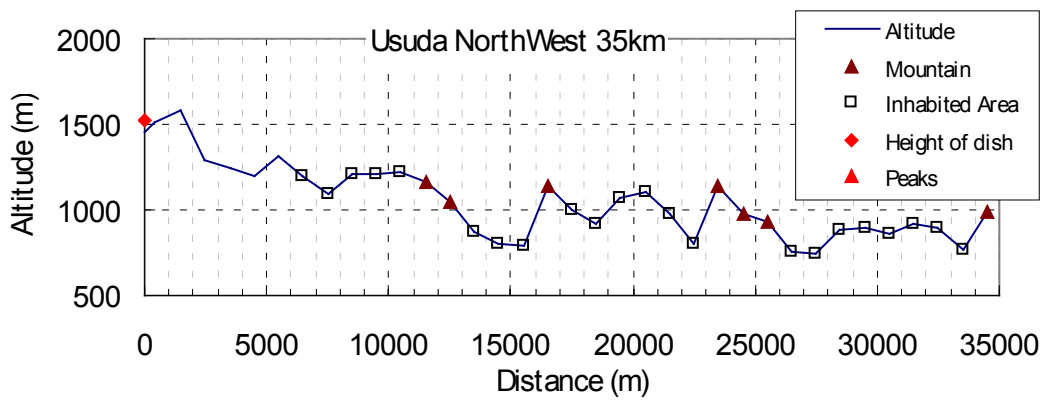
臼田 南西6~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 97.2 (dB)



臼田 北西6~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 47.9 (dB)

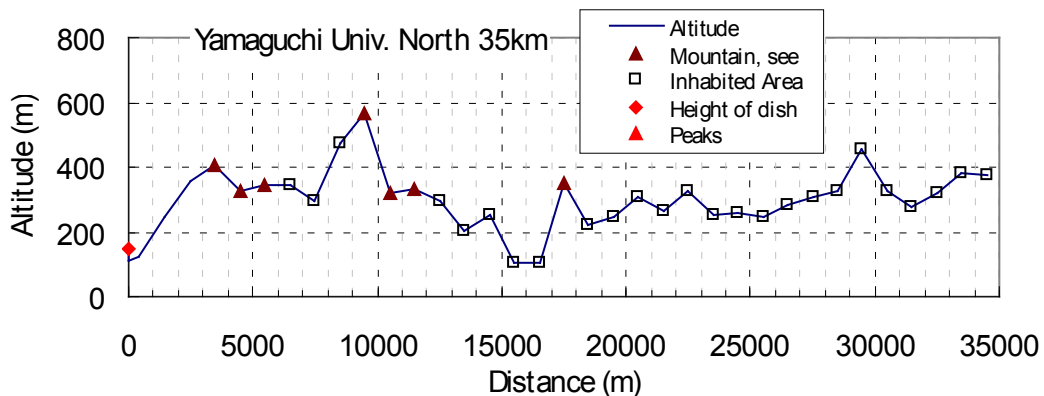


(12) 山口大学、標高：110(m)、アンテナ高：39(m) アンテナ直径32(m)

周波数		スペクトル線観測		連続波観測	
		22.2 GHz	23.7 GHz	22.355 GHz	23.8 GHz
①	UWB レーダ集合電力 (3km- 35km) (回折損失を除く)	-171.8 dBm/MHz	-172.3 dBm/MHz	-171.8 dBm/MHz	-172.4 dBm/MHz
②	八方位の平均回折損失 (3km- 35km)	44.5 dB	44.8 dB	44.5 dB	44.8 dB
③	UWB レーダ集合電力 (3km- 35km) (回折損失を含む, ①-②)	-216.3 dBm/MHz	-217.1 dBm/MHz	-216.3 dBm/MHz	-217.2 dBm/MHz
④	UWB レーダ集合電力 (35km- 500km) (回折損失を含む)	-205.4 dBm/MHz	-206.3 dBm/MHz	-205.5 dBm/MHz	-206.4 dBm/MHz
⑤	UWB レーダ集合電力 (3km- 500km) (回折損失を含む, ③④の電力和)	-205.1 dBm/MHz	-206.0 dBm/MHz	-205.2 dBm/MHz	-206.3 dBm/MHz
⑥	UWB レーダ集合電力 (30m- 500km) (回折損失を除く)	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz	-165.8 dBm/MHz	-166.4 dBm/MHz
⑦	離隔による損失 (⑥-⑤)	39.3 dB	39.6 dB	39.3 dB	39.6 dB
⑧	離隔エリアに要求される損失	8.2 dB	7.6 dB	23.8 dB	24.6 dB
マージン (⑦-⑧)		31.1 dB	32.0 dB	15.5 dB	15.0 dB

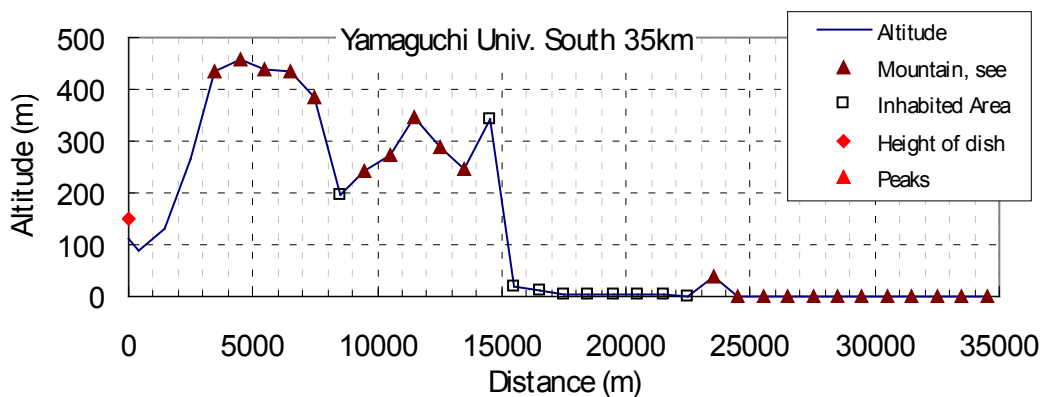
山口大学 北3~35(km)

22.2GHz帯における平均回折損失：54.8 (dB)



山口大学 南3~35(km)

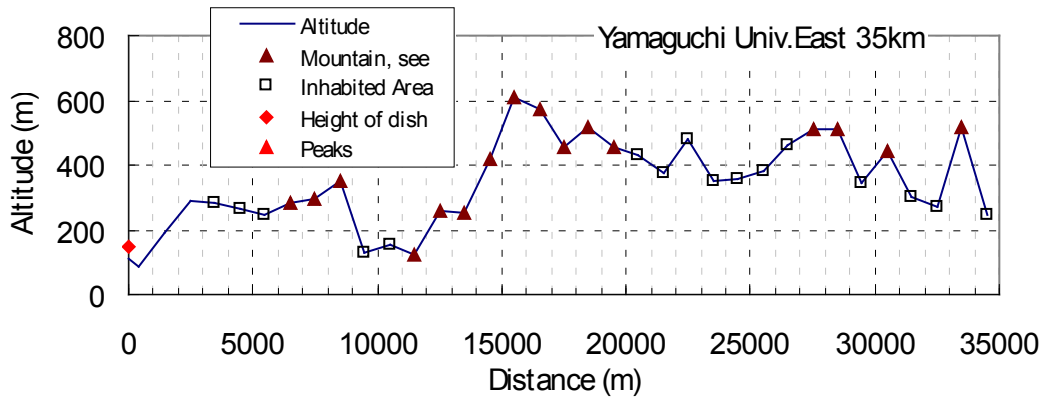
22.2GHz帯における平均回折損失：63.5 (dB)





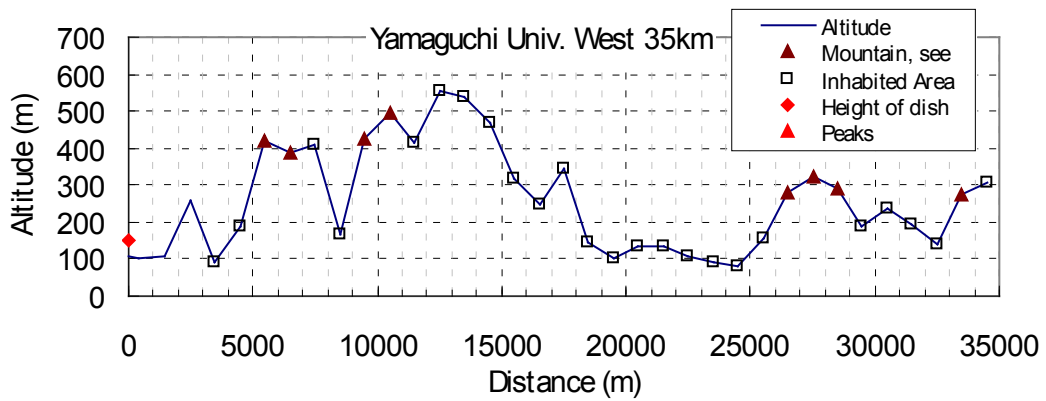
山口大学 東3~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 48.4 (dB)



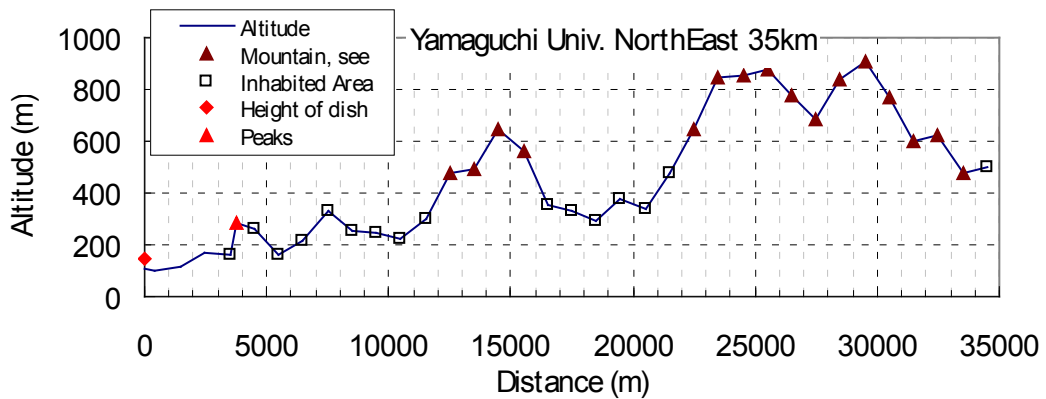
山口大学 西3~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 49.0 (dB)



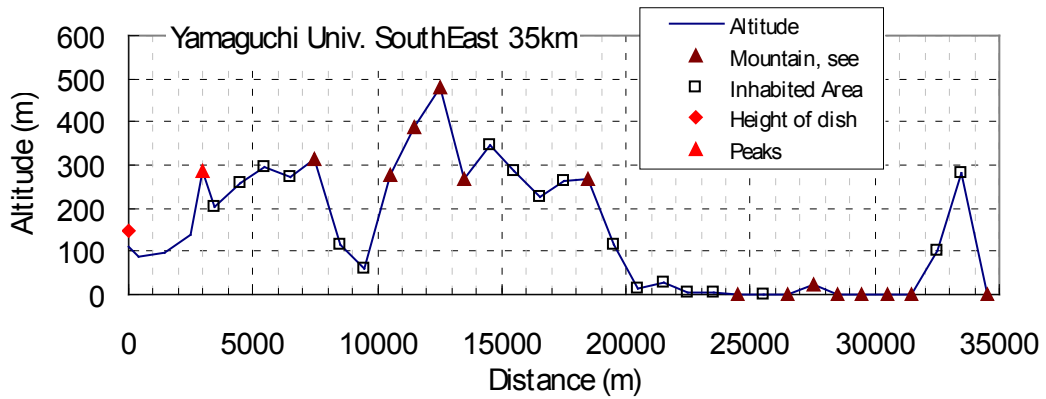
山口大学 北東3~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 36.9 (dB)



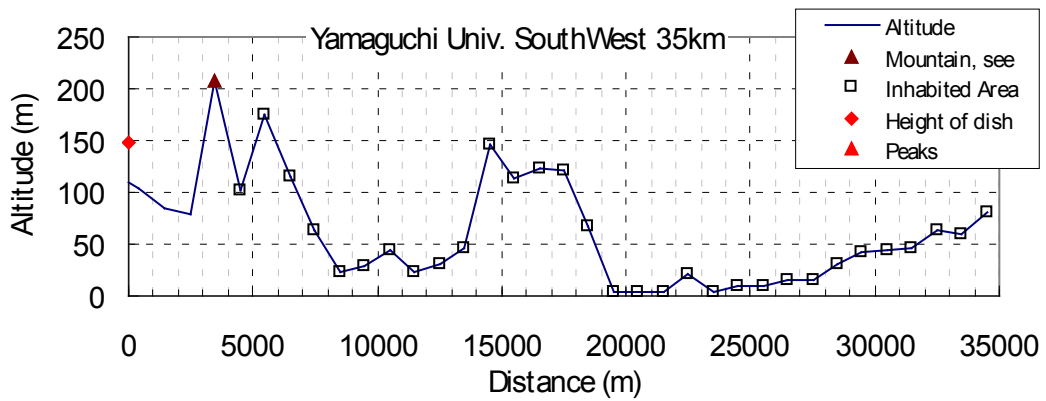
山口大学 南東3~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 47.2 (dB)



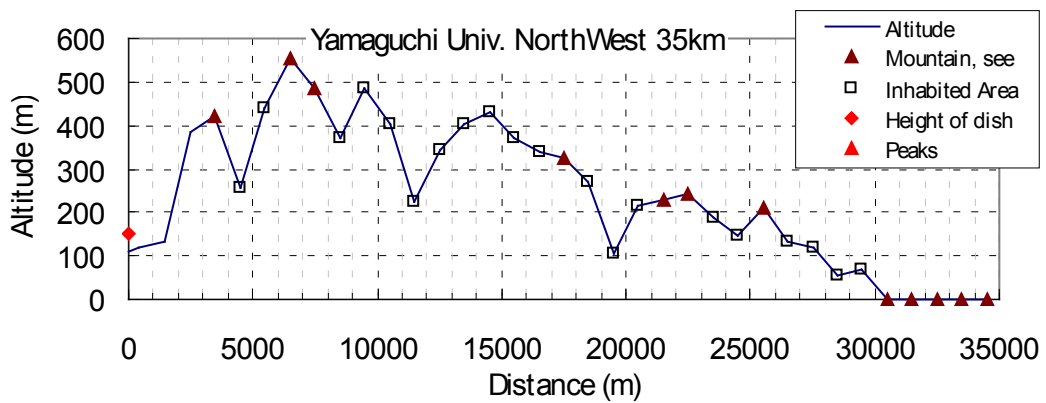
山口大学 南西3~35 (km)

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 45.7 (dB)



山口大学 北西3~35 km

22. 2GHz帯における平均回折損失 : 53.5 (dB)



## 衛星間通信業務との共用検討について

UWB レーダシステムと衛星間通信業務との共用検討を以下のとおり行った。

### 1 基本事項

- \* 車両密度: 衛星一登録車両 7900 万台を対象。校正局一日本全土の平均密度を使用。
- \* レーダ稼働率: 50%
- \* レーダ装着率 (普及率): 40% (26GHz)、1% (24GHz)
- \* 車両当たりのレーダ数: 4 個
- \* 干渉しきい値: 1%
- \* 干渉緩和
  - ーバンパー損失 3dB
  - ー偏波 3dB
  - ービルによる反射損失 0dB
  - ー高架シャドウイング 0dB
- \* 大気吸収減衰 0.3dB

### 2 衛星間通信及び干渉検討

#### (1) システム

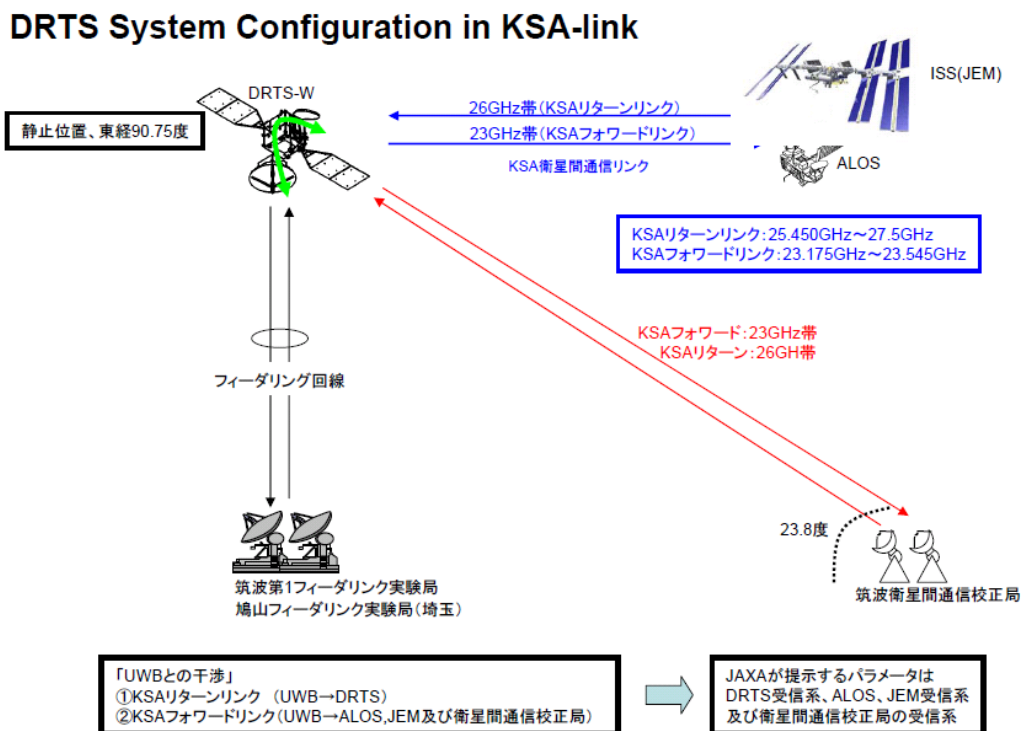


図1 Inter-satellite communication.

#### (2) 干渉雑音しきい値

各受信系の熱雑音及び干渉しきい値を表1に示す。

表 1 熱雑音及び干渉しきい値

	T	log(T)	$\Delta f$	Noise	Threshold		Appot 1%
	K	dB	Hz	dBW/ $\Delta f$	dBW/kHz	dBm/MHz	dBm/MHz
ITU-R SA.1155	1200.0	30.8	1000	-167.8	-177.8	-117.8	-137.8
KSA return link from	562.0	27.5	1000	-171.1	-181.1	-121.1	-141.1
KSA forward link to DSS *)	295.1	24.7	1000	-173.9	-183.9	-123.9	-143.9
KSA forward link to ALOS	758.6	28.8	1000	-169.8	-179.8	-119.8	-139.8
KSA forward link to ISS	346.7	25.4	1000	-173.2	-183.2	-123.2	-143.2

\*) DSS: DRTS System-calibration Station

Boltzmann constant:  $k$  1.3807E-23 J/K  
-228.59914 dBW

$$N = 10 \log(kT\Delta f)$$

(3) KSA リターンリンク

KSA リターンリンクを検討する。図 2 に示すように、2 つのリターンリンク 1) 及び 2) が存在し、そこに 3) 車両に搭載された UWB レーダシステムの出力が DRTS-W への干渉波が存在している。ここでは、より干渉を受けやすい 2) のリターンリンクに対する 26GHz UWB レーダシステムの影響を検討する。

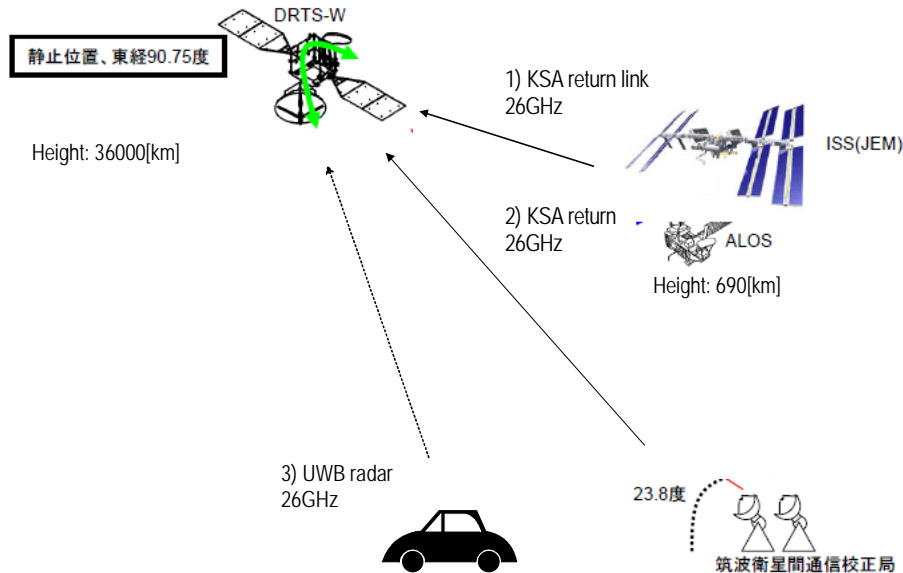


図 2 KSA リターンリンク (26GHz).

検討にあたり用いた主たる仮定を以下に示す。

UWB レーダシステム

- ① アンテナ水平面内 4 方向のうち 1 方向が DRTS-W を向いている。  
(Radar antenna direction -6[dB])
- ② 最大アンテナゲインの指向が DRTS-W に向いている。(Coupling factor=0[dB])

車両・レーダ台数

- ① 全国の登録台数(7900 万台)に実効使用率(4.8%)を掛けて実効車両台数算出。
- ② レーダ数は、車両当りの個数、普及率(車両搭載率 40%)、稼働率を考慮し実効台数を算出。

衛星

- ① 大気損失を考慮。
- ② 最大アンテナゲインを受信ゲインとして使用。

マージン計算結果を表 2 に示す。3.1 [dB] のマージンとなる。

表 2 KSA return link

	unit		Remark
Frequency	GHz	26.0	
UWB SRR parameter	unit		Remark
EIRP single	dBm/MHz	-41.3	
Vehicle quantity (nationwide)	dB	79.0	79 million cars, 3rd Study group
Radar quantity/Vehicle	dB	6.0	4 sets/Vehicle
Aggregated UWB radar emission power (Free space loss)	dBm/MHz	43.7	
Mitigation Factor			
Radar activity factor	dB	3.0	Suppresion at low speed
Bumper loss	dB	3.0	
Radar Antenna direction	dB	6.0	90[deg]/360[deg]
Effective vehicle usage ratio	dB	13.2	4.8%, 4th Study group
Polarized wave face	dB	3.0	
Penetration 40%	dB	4.0	
Total	dB	32.2	
Aggregated UWB radar emission power (with mitigation factor)	dBm/MHz	11.5	
Distance	km	36000.0	Worst case: shortest path
Free space loss	dB	211.9	
Atmospheric absorption loss	dB	0.3	Smallest at vertical path
Receiver Anttena gain	dBi	56.5	
Aggregated UWB radar emission	dBm/MHz	-144.2	
Interference threshold	dBm/MHz	-141.1	
Margin	dB	3.1	

(4) 筑波衛星間通信校正局への干渉 (KSA forward link)

校正局 (DSS: DRTS System-calibration Station) への干渉を検討する。図 3 に示すように、KSA フォワードリンクに対し、車両に搭載された 24GHz 帯 UWB レーダシステムの出力が校正局への干渉波として存在する。

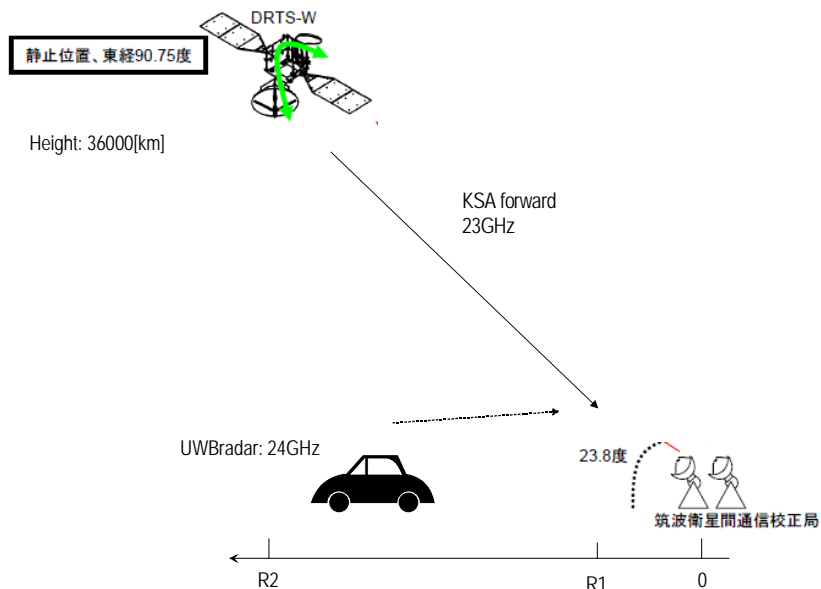


図 3 Interference to DRTS System-calibration station (KSA forward link). 23GHz.

検討にあたり用いた主たる仮定を以下に示す。

UWB レーダシステム

- ① アンテナ水平面内 4 方向のうち 1 方向が校正局を向いている。  
(Radar antenna direction -6[dB])
- ② 最大アンテナゲインの指向が校正局に向いている。(Coupling factor=0[dB])

車両・レーダ数

- ① 全国の登録台数(7900万台)に実効使用率(4.8%)を掛けて実効車両台数算出。
- ② レーダ数は、車両当りの個数、普及率(車両搭載率1%)、稼働率を考慮し実効個数を算出。

伝搬(車両から地上局)

- ① RASでの検討手法を踏襲。R1=30[m]、R2=35[km]。
- ② Clutter Loss (7[dB])を考慮。

校正局

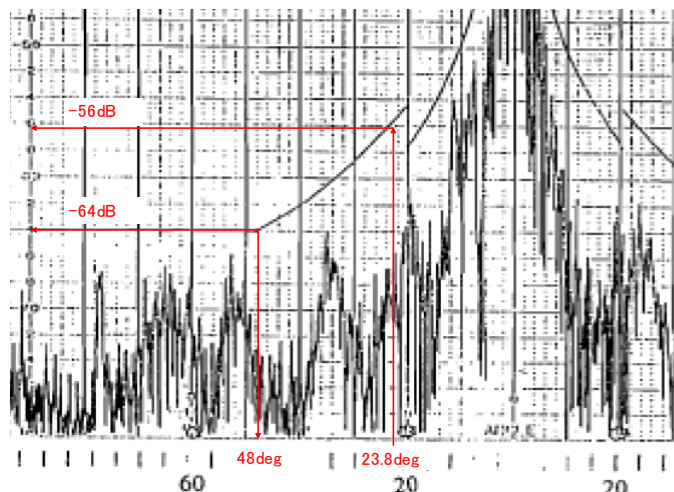
- ① 23.8度におけるアンテナゲインを受信ゲインとして使用。

マージン計算結果を表3に示す。25.6[dB]のマージンとなる。

表3 Interference to DSS station (KSA forward link)

	unit		Remark
Frequency	GHz	23.0	
UWB SRR parameter			Source: RAS study
EIRP_single	dBm/MHz	-41.3	
	mW/MHz	7.41E-05	
Radar density ρ	SRR/km <sup>2</sup>	841.4	79473595(veh)x4(radar/veh) /377819.23(km2)
Wave length λ	m	0.0130	
Outer radius R2	m	35000.0	35km
inner radius R1	m	30.0	30m
Aggregated UWB radar emission power (Free space loss)	mW/MHz	2.98E-12	
	dBm/MHz	-115.3	
$EIRP_{sum} = \rho \times EIRP_{SRR} \times \frac{\lambda^2 \times 10^{-6}}{8\pi} \times \ln \left  \frac{R_2}{R_1} \right $			mW / MHz
Mitigation Factor			Source: RAS study
Radar activity factor	dB	3.0	
Effective vehicle usage ratio	dB	13.2	4.8%, 4th Study group
Bumper loss	dB	3.0	
Clutter loss	dB	7.0	
Radar Antenna direction	dB	6.0	90[deg]/360[deg]
Penetration 1%	dB	20.0	
Total	dB	52.2	
Aggregated UWB radar emission power (with mitigation factor)	dBm/MHz	-167.5	
Receiver Antenna gain	dBi	54.0	
Relative gain (at 23.8deg)	dB	-56.0	
Aggregated UWB radar emission	dBm/MHz	-169.5	
Interference threshold	dBm/MHz	-143.9	
Margin	dB	25.6	

DSS: DRTS System-calibration Station



(5) KSA フォワードリンク

ISS 及び ALOS への干渉を検討する。図 4 に示すように、KSA フォワードリンクに対し、車両に搭載された 24GHz 帯 UWB レーダシステムの出力が ISS 及び ALOS への干渉波として存在する。

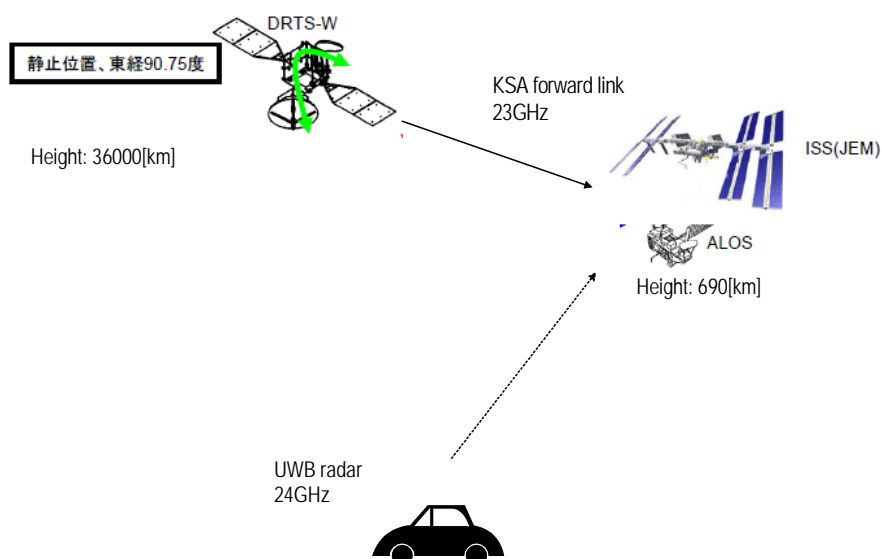


図 4 KSA forward link to ALOS and ISS.

検討にあたり用いた主たる仮定を以下に示す。

UWB レーダシステム

- (1) アンテナ水平面内 4 方向のうち 1 方向が ALOS、ISS を向いている。  
(Radar antenna direction  $-6$  [dB])
- (2) 最大アンテナゲインの指向が ALOS、ISS に向いている。(Coupling factor= $0$  [dB])

車両・レーダ台数

- (1) 全国の登録台数 (7900 万台) に実効使用率 (4.8%) を掛けて実効車両台数算出。
- (2) レーダ数は、車両当りの個数、普及率 (車両搭載率 1%)、稼働率を考慮し実効台数を算出。

ALOS/ISS

ALOS/ISS、日本及び静止衛星が一直線上に並んだ状態を仮定。ALOS/ISS の受信アンテナが最大ゲインで干渉を受ける。

マージン計算結果を表 4 に示す。ALOS 7.8 [dB]、ISS 5.3 [dB] のマージンとなる。

表4 Interference to ISS and ALOS (KSA forward link)

(a) ALOS

(b) ISS

	unit		Remark
Frequency	GHz	23.0	
UWB SRR parameter	unit		Remark
EIRP single	dBm/MHz	-41.3	
Vehicle quantity (nationwide)	dB	79.0	79 million cars, 3rd Study group
Radar quantity/Vehicle	dB	6.0	4 sets/Vehicle
Total	dBm/MHz	43.7	
Mitigation Factor			
Radar activity factor	dB	3.0	
Bumper loss	dB	3.0	
Radar Antenna direction	dB	6.0	
Effective vehicle usage ratio	dB	13.2	4.8%, 4th Study group
Polarized wave face	dB	3.0	
Penetration 1%	dB	20.0	
Total	dB	48.2	
Aggregated UWB radar emission power (with mitigation factor)	dBm/MHz	-4.5	
Distance	km	3043.4	690km, elevation 0deg, R=6367km
Free space loss	dB	189.3	
Atmospheric absorption loss	dB	0.3	Smallest at vertical path
Receiver Antenna gain	dBi	46.6	
Relative gain (at 0deg)	dB	0.0	
Aggregated UWB radar emission	dBm/MHz	-147.6	
Interference threshold	dBm/MHz	-139.8	
Margin	dB	7.8	

	unit		Remark
Frequency	GHz	23.0	
UWB SRR parameter	unit		Remark
EIRP single	dBm/MHz	-41.3	
Vehicle quantity (nationwide)	dB	79.0	79 million cars, 3rd Study group
Radar quantity/Vehicle	dB	6.0	4 sets/Vehicle
Total	dBm/MHz	43.7	
Mitigation Factor			
Radar activity factor	dB	3.0	
Bumper loss	dB	3.0	
Radar Antenna direction	dB	6.0	
Effective vehicle usage ratio	dB	13.2	4.8%, 4th Study group
Polarized wave face	dB	3.0	
Penetration 1%	dB	20.0	
Total	dB	48.2	
Aggregated UWB radar emission power (with mitigation factor)	dBm/MHz	-4.5	
Distance	km	2292.1	400km, elevation 0deg, R=6367km
Free space loss	dB	186.9	
Atmospheric absorption loss	dB	0.3	Smallest at vertical path
Receiver Antenna gain	dBi	43.2	
Relative gain (at 0deg)	dB	0.0	
Aggregated UWB radar emission	dBm/MHz	-148.5	
Interference threshold	dBm/MHz	-143.2	
Margin	dB	5.3	

(6) マージンのまとめ

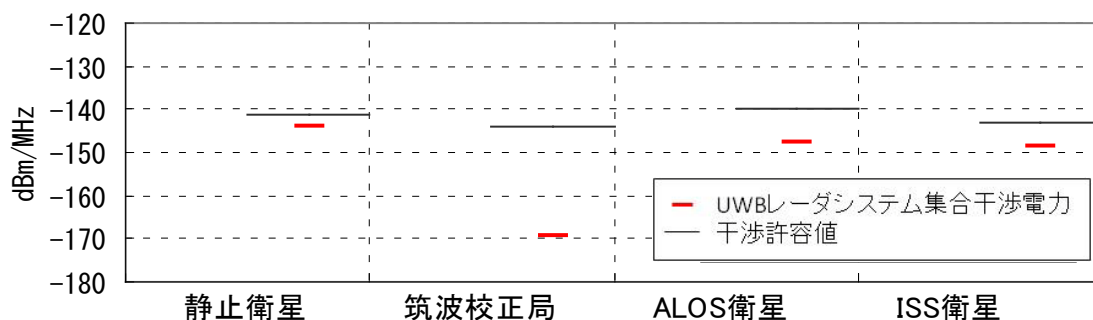


図5 干渉許容量に対するUWBレーダシステム集合干渉電力のマージン

4 まとめ

UWBレーダシステム(26GHz、24GHz)の静止衛星DRTS\_W、筑波衛星間通信校正局DSS、陸域観測技術衛星ALOS、国際宇宙ステーションISS(JEM)へ干渉検討を行った。それぞれ、3.1dB、25.6dB、7.8dB、5.3dBで正のマージンが得られた。干渉許容値は、熱雑音レベルより30dB低い値となっている。



## CATV 番組中継回線との共用検討について

UWB レーダシステムと CATV 中継回線との共用検討を下記 3 種類のシステム概念に対し以下のとおり行った。

- ① CATV 番組中継回線
- ② 振幅変調方式 (FDM-SSB) CATV 中継回線
- ③ 都市部 CATV 中継回線 (将来のシステムを想定)

### 1 CATV 中継回線

#### 1.1 CATV 番組中継回線の概要と使用状況

サービス・イメージとして① 鉄道線路の横断、② 河川横断、③ 洞門・トンネルの縦断、④ 山間地の迂廻、⑤ 離島間の海上横断⑥ 辺地共聴施設までの支線系延長リンクとして使用されている。その定格・性能等が明示された。これに基づき最悪条件としての干渉環境が検討され、主として④と⑥が CATV 中継回線のサービス・イメージの最悪条件として検討対象とされた。

#### 1.2 CATV 中継回線の干渉検討の条件

##### 1.2.1 山間地の迂廻回線のパラメータ

###### ○ システム仕様

- ・送受信周波数帯：23.2～23.6GHz
- ・変調方式：FM 変調方式
- ・雑音指数：受信機雑音指数 8dB 以下 (RX Unit 入力にて)

###### ○ アンテナ諸元

- ・アンテナ利得 (1.2m カセグレンアンテナ)

23.0GHz	46.5dBi
23.3GHz	46.6dBi
23.6GHz	46.7dBi

- ・入力インピーダンス：V. S. W. R 1.5 以下
- ・電力半値幅：約 0.8°

###### ○ アンテナ地上高及びフィーダ損失

送信地点：海拔 2,065m の山頂に 10m の鉄塔を建設し、地上高 7m 位置に送信アンテナを麓方向に向けて設置

受信地点：14.9m の鉄塔を建設し、上端に 1.2m カセグレンアンテナ設置

送受信フィーダ損失：フィーダ線 5m/減衰量 0.5dB/m

###### ○ 運用例

- ・回線長：約 10km
- ・実際の運用状態：山頂と麓の伝送
- ・実際の運用状態と道路の関係

送信点と受信点を結ぶ直線を高速道路が横切っている。

受信点から受信点方向に 240m先に切り土で高速道路が横切っている。

### 1.2.2 辺地共聴施設までの支線系延長リンクのパラメータ

#### ○ システム仕様

- ・送受信周波数帯：下り 23.30～23.60GHz（300MHz 幅）/上り 23.20～23.24GHz（40MHz 幅）
- ・変調方式：送信機で UHF ないし VHF 帯の信号を 23GHz 帯にアップコンバートし無線伝送、受信機ではダウンコンバートする。無線区間を伝送される信号は、CATV の多チャンネル映像及びケーブルインターネット規格に基づいた信号。
- ・雑音指数：下り受信機の NF 最大 7.5dB/上り受信機の NF 最大 8dB
- ・占有帯域幅：伝送する信号により異なる。

#### ○ アンテナ諸元

- ・アンテナ利得：対応周波数帯：21.2～23.6GHz  
Top Band:41.0dBi/Mid Band:40.4dBi/Low Band:39.8dBi
- ・アンテナパターン：ビーム幅は 1.7°
- ・アンテナ地上高：  
親局空中線地上高：43m 及び 44m  
子局空中線地上高：41m 及び 42m
- ・送受信フィーダ損失：送受信とも 1～1.5dB 程度

### 1.3 CATV 中継回線の干渉検討の結果

#### 1.3.1 山間地の迂廻回線例：

送信地上高 2065m、受信地上高 665m、回線長 10km、送受アンテナ利得 46.5dB、通信路は受信点から 240m 先で片側 2 車線の高速道路を横断

	干渉しきい値 (dBm/MHz) の種別	干渉量 dBm/MHz	マージン
1	-128 (I/N=-20dB)	-141.5	+13.5dB
2	-121 (I/N=-20dB、Activity Factor+7dB)		+20.5dB
3	-104 (I/N=-15dB、Activity Factor+7dB、Mitigation Factor+12dB)		+37.5dB

#### 1.3.2 辺地共聴施設までの支線系延長リンク（辺地の市街地を想定）

FS アンテナ利得：41dB/レーダ周波数：23.6GHz/車両搭載レーダ数（前後 2 個/方向）/FS アンテナ高：41m/アンテナ～道路間距離：5m/アンテナ主ビーム方向：道路に平行/降雨量減衰：4dB/km/車間距離：20m/車線数：1 方向 2 車線（両方向で 4 車線）/積算距離：700m/チルト：0 度、1 度、2 度（500m で高低差 17m）

高低差	干渉しきい値 (dBm/MHz) 種別	干渉量 dBm/MHz	マージン
0m（水平）	-128 (I/N=-20dB)	-135	+ 7dB
	-121 (I/N=-20dB、Activity Factor+7dB)		+14dB
17m 差/500m	-128 (I/N=-20dB)	-129	+ 1dB
	-121 (I/N=-20dB、Activity Factor+7dB)		+ 8dB

検討結果は、以下に示すように辺地、山間地、離島、道路横断等の事例に対しマージンを維持している。

#### 1.4 CATV 中継回線の共用条件について

CATV 中継局に与えるレーダ与干渉計算結果により、レーダの CATV 中継局に与える影響は無視できると考えられる。なお、CATV 中継に用いられる周波数帯は、2016 年迄位の短期運用を前提に提案されている暫定案と送信帯域が重なる。この暫定案に基づく、2016 年までのレーダの車両実装率は 1%に満たない為、十数 dB のマージンが実際の実装率から別途生じる。また、長期的運用を前提とする長期案には 26GHz 帯を使用しており、CATV 中継に用いられる周波数帯に意図的な電波発射を行わないため、CATV 中継局に与える影響は無視できると考えられる。

## 2 振幅変調方式 (FDM-SSB) CATV 中継回線への干渉検討

### 2.1 干渉限界の検討

電気通信技術審議会諮問第 102 号一部答申「23GHz 帯を使用する有線テレビジョン放送事業に用いる固定局の技術条件」(H10.6.29)に、回線品質及び混信の保護の条件が定められている。

回線品質：搬送波帯雑音比 (C/N) は次の値以上であること。

変調方式	降雨時 (注)	標準時
振幅変調方式 (FDM-SSB)	45dB (C/N)	

注 降雨時の C/N が上記の値以下となる時間率は  $5 \times 10^{-4}$ /年以下とする。

混信の保護：被混信局の搬送波帯雑音比 (C/I) は次の値以上であること。

変調方式	降雨時 (注)	標準時
振幅変調方式 (FDM-SSB)	52dB (C/I)	55dB (C/I)

注 降雨時の C/I が上記の値以下となる時間率は  $5 \times 10^{-4}$ /年以下とする。

混信保護比は明確に定められており、降雨時に、降雨マージンが完全に使い尽くされたとき 52dB (C/I)、標準時に 55dB (C/I) が定められている。降雨マージンは通常 4dB/km 以上 (日本全国の最低値) あり、通常は降雨時が最悪条件となる。

降雨時の回線品質は 45dB (C/N) であり、7dB の混信保護が規定されている。

通常受信装置の定格・性能

受信装置定格・性能	数値
通過帯域	380MHz
雑音指数	3.5dB
受信雑音電力	-84.8dBm

降雨時の干渉限界値は  $-84.8\text{dBm} - 7\text{dB} = -91.8\text{dB}$  となる。

この干渉限界に対する干渉雑音配分について、振幅変調方式 (FDM-SSB) CATV 中継回線は、地域の固有の CATV 事業者の利用によるものであり、同一システム間干渉 (89%) は想定されず、他システム干渉 (10%)、その他の干渉 (1%) を想定する。

その比は 10dB であり、-101.8dBm/380MHz が UWB レーダシステムからの干渉限度となる。

#### 干渉限界値の規格

C/N の干渉限界	-62dB
受信電力の干渉限界	-101.8dBm/380MHz

## 2.2 個別サービスの干渉検討

振幅変調方式 (FDM-SSB) CATV 中継回線は、① 離島中継が主体であるが、② 陸上の溪谷横断、③ 山間地中継に使用されている。干渉の可能性は②、③、①の順で高いと推定される。システムの設置事例は限定されており、一般化して考察することは不可能であり、個々の事例を検討することが必要とされる。(AM のテレビ変調放送は 2011 年 7 月に Digital 放送に移行すると予定されており、振幅変調方式 (FDM-SSB) CATV 中継回線が今後際立って増設される可能性は少ないと考えられる。)

#### 振幅変調方式 (FDM-SSB) CATV 中継回線の設置状況

設置場所	伝送距離	伝送 CH
宮崎県・美郷町	3.65km	TV : 2 波 / FM : 5 波
東京都・神津島	2.64km	TV : 8 波 / FM : 5 波
大分県・佐伯市・屋形島/深島	2.9km/5.7km	TV : 37 波 / FM : 2 波
長崎県・五島市・久賀島	3.4km	TV : 34 波 / FM : 2 波
長崎県・五島市・奈留島一前島	0.9km	TV : 34 波 / FM : 2 波
奈留島一柵島	5.3km	
箕島一赤島	6.5km	
赤島一黄島	3.7km	
浜窄一嵯峨島	5.5km	
大窄一黒島	5.0km	

### 2.2.1 溪谷越え (陸上の横断) の干渉計算

宮崎県・美郷町 (3.65km) の事例が溪谷越えに相当する。受信装置は北緯 32 度 33 分 10 秒、東経 131 度 24 分 29 秒の位置にあり、山岳地帯であり道路のある深い溪谷を横断する CATV 中継回線である。道路は地方道間を接続する間道であり、3 重のつづら折り返し道路を形成している。

通信路長 : 3.65km

通信路送受信間高低差 200m (受信から見てアップチルト : 3.2 度)

道路・受信間距離 : 230m 程度

道路・受信装置間高低差 : 150m 程度 (受信装置から見てダウンチルト : 33 度)

道路面方向に対する受信アンテナ角度は 36.2 度となる。

伝搬損失 : -131.03dB

アンテナ利得 : 約 -10dB (Mid band 49.4dB Gain)

車輻アンテナ利得指向性減衰 : -25dB (30 度のアップチルトになる。)

レーダ 1 個による最大干渉量： $-15.5\text{dBm}/380\text{MHz}-131.03\text{dB}-10\text{dB}-25\text{dB}=-181.53\text{dBm}/\text{MHz}$

干渉限界 $-101.8\text{dBm}/380\text{MHz}$  に対し十分なマージン(79.78dB)を有するため、干渉の危険はない。

## 2.2.2 山間地中継の干渉計算

東京都神津島に設置された回線長 2.65km の CATV 中継回線が山間地中継に該当する。受信装置は北緯 34 度 11 分 49 秒、東経 139 度 8 分 24 秒にある。送信装置は天上山中腹にあり、受信装置は神津中学校近傍にある。

通信路長：2.65km

通信路送受信間高低差 250m (受信から見てアップチルト：5.4 度)

車輛・受信装置間高低差：20m 程度 (電柱高及地上高の和/受信装置から見てダウンチルト)

道路面方向に対する受信アンテナ角度は  $5.4 + \theta$  度となる ( $\theta$  は距離依存)。

伝搬方向に干渉源となる道路の存在する範囲は 600m 程度である。アンテナに最短距離の主要道路はアンテナの極近傍に在り、大きなダウンチルト及び車輛アンテナ仰角を生じ、干渉源とはならない。

アンテナ地上高を 20m (レーダの地上高は 0.5m とし、19.5m の高低差) とした場合の距離減衰とアンテナ指向性減衰の和を下表に示す。

アンテナレーダ間距離	50m	100m	200m	300m	400m
ダウンチルト(度)	19.97	10.8	5.54	3.71	2.78
チルト差(+5.4 度)	25.37	16.2	10.94	9.11	8.18
アンテナ利得(dB)	-6.98	-2.11	+2.14	+4.13	+5.30
実伝搬距離(m)	53.66	101.88	200.9	300.6	400.4
伝搬損失(dB)	-94.37	-99.94	-105.84	-109.34	-111.83
減衰量の和(dB)	-101.35	-102.05	-103.69	-105.21	-106.53

レーダの仰角に対する指向性減衰は、ITU-R TG1/8 の検討において最悪の場合で下記の値となる。

50m：-13.3dB、100m：-7.2dB、200m：-3.7dB、

300m：2.4dB、400m：1.8dB

減衰は総合で 200m-300m の場合に-107.6dB 程度の最小値となる。干渉限界値は $-101.8\text{dBm}/380\text{MHz}$ 、レーダの 1 個あたりの干渉電力は  $-15.5\text{dBm}/380\text{MHz}$  である。

レーダ 1 個当たりの与干渉のマージン： $(-15.5\text{dBm}/380\text{MHz})-107.6\text{dB}+101.8\text{dBm}=-21.3\text{dB}$

1 個のレーダの最大与干渉に対し、いずれの干渉緩和要素を含めない状態で、21.3dB のマージンを有する。このことは何等遮蔽のない平面上で、かつアンテナの指向方向の同一線上に 50 台を超える車輛が密集している状況となる。実際の神津島

の市街地は遮蔽効果の大きな構造となっており、干渉限度を超えることはないと考えられる。

### 2.2.3 離島（海越え）の干渉検討

離島（海越え）の干渉検討はCATV中継回線送信装置側からの与干渉とCATV中継回線受信側近傍の与干渉の2種類の検討を行う必要がある。

#### 2.2.3.1 送信装置設置側のレーダによる与干渉

CATV中継回線受信装置の存在する離島に対し、CATV中継回線送信側の道路上の車輛からの与干渉が考えられる。CATV中継回線送信側の（最小）送信出力を+10dBm、アンテナ利得を通常の49.4dBとすると、CATV中継回線送信装置の出力は、+59.4dBm/380MHzとなる。与干渉側レーダの1個の送信出力は、-15.5dBm/380MHzであり、C/I=-74.9dBの電力比をもつ。離島間では、ほぼ同一の通信路（混信波伝搬路）であり降雨減衰は通信路、干渉路ともに同一の数値を採用するのが適当である。レーダ1個が正対した場合でも、C/I=-62dBに対し12.9dBのマージンを持つ。

島と島を結ぶ回線については、その道路はアンテナの近傍で、かつ通信路を縦断する環境であり、十分なマージンを有すると考えられる。長崎県・五島市・久賀島、奈留島-杓島、箕島-赤島、赤島-黄島、奈留島-前島の事例がこれにあたる。

大分県・佐伯市・深島、長崎県・五島市・浜窄-嵯峨島、大窄-黒島については、送信アンテナは海岸縁の崖の上部、大窄では公民館屋上、浜窄では小学校屋上に設置されてアンテナ指向性が有効であり、道路と送信装置の設置場所の環境から干渉の危険は無視できる。

長崎県・五島市・久賀島のCATV回線の送信装置は海岸縁の崖の上部にあり、道路は送信アンテナの背面にある。道路端には、崖からの車輛の転落を防止するために頑丈なガードレールが設置されており、地上高50cmに設置されるレーダの輻射にたいし少なくとも7dBの遮蔽効果があり干渉を遮断する。

#### 2.2.3.2 受信装置設置側のレーダによる与干渉

離島内部を運行する車輛による干渉が問題とされる。干渉計算は、CATV中継回線受信アンテナと干渉路伝搬減衰量の和が対象となる。離島の大きさは、1km前後または以下の前島、黒島、黄島、赤島、屋形島、深島、3km程度の杓島、6km程度の奈留島、久賀島である。いずれの島にも2車線を越える道路は見出せない。受信アンテナ位置は、比較的高い位置に少なくとも10m高程度の鉄塔上に設置され、アンテナ角度は水平または送信側の位置により上方チルトである。1km前後の島では道路-アンテナ設置位置の間隔が小さくアンテナの指向性が利いてくるため最悪条件にはなりえない。

地図上の検討では一番大きな久賀島が最悪条件と推定される。送信点背面にはガードレール付きの道路が存在し（遮蔽損失が大きく見込まれる）、受信点では5mのアンテナ高で5度程度のアップチルトを示している。道路はほぼ背面

から横まで湾曲して受信アンテナの側面を通過しており指向性方向から 45 度程度離角している（アンテナ利得は-24.6dB となる）。受信アンテナの極めて近傍を車両が通過する仮定して干渉検討を行う。

アンテナ利得(45 度離角) : -24.6dB (F.1245-1 p1)

伝搬損失(車両と 5m 離れ) : -73.76dB

レーダアンテナ指向性損失 : -25dB

レーダ 1 個による干渉電力 :  $-15.5\text{dBm}/380\text{MHz} - 24.6\text{dB} - 73.76\text{dB} - 25\text{dB} = -138.86\text{dBm}/380\text{MHz}$

このような仮定においても、-101.8dBm の干渉限界に対し、37dB のマージンを有する。

以上の計算は、1.8m の標準アンテナの使用を前提としているが、多くの回線は 2.4m のアンテナを使用しており、干渉は緩和される。

アンテナ指向性の観点から最悪値条件として考えられる回線は、奈留島一前島回線であり、奈留島側の送信アンテナには 0.6m、前島には 0.3m のアンテナが使用されている。前島は 600m×1000m 程度の小島であり、受信アンテナは、集会場/ポンプ場屋上に設置されている。島の東北端に位置し斜め横方向に 100m の範囲で車両が存在できるがアンテナ指向性方向から水平角度でほぼ 45 度程度、離角している。30cm アンテナの利得は中央値で 34.1dB あり、前報告書「CATV 中継局～レーダ干渉評価」記載のアンテナパターン図から、45 度離角アンテナ利得はマイナス (-9.1dB : F.1245-1 P2) となり干渉限度を超えることはない。

### 3 都市部 CATV 中継回線：将来提供されると考えられるシステム

#### 3.1 サービス・イメージ

将来提供されると考えられる 23GHz 帯無線アクセスシステムの導入イメージは、テレビ信号のデジタル化に対応して、変調方式を高度化し、都市部における 23GHz 帯中継回線を構成するイメージである。無線共聴施設（ギャップファイラー）には、UHF 直接受信及び IP には WiFi/WiMax の使用を考慮している。使用アンテナ口径は 0.6m、アンテナ高は、ビルの屋上設置を前提として、41-44m とされている。

#### 3.2 システム仕様

##### ・送受信周波数帯

下り 23.30～23.60GHz (300MHz 幅)

上り 23.20～23.24GHz (40MHz 幅)

##### ・変調方式

送信機で UHF ないし VHF 帯の信号を 23GHz 帯にアップコンバートし無線伝送、受信機ではダウンコンバートするのみ。無線機内部での変調は行っていない。無線区間を伝送される信号は、CATV の多チャンネル映像及びケーブルインターネット規格に基づいた信号。実験では OFDM (地上デジタル放送)、64QAM (CS、BS トラモジ)、256QAM ないし 16QAM (ケーブルインターネット)。

- ・雑音指数
  - 下り受信機の NF 最大 7.5dB
  - 上り受信機の NF 最大 8dB
- ・占有帯域幅：伝送する信号により異なる。
- ・アンテナ諸元
  - 0.6mφのパラボラアンテナ
- ・アンテナ利得
  - Top Band：41.0 dBi    Mid Band：40.4 dBi    Low Band：39.8 dBi
- ・アンテナパターン：ビーム幅は1.7度
- ・アンテナ地上高（送受信、平均、最大、最小）
  - 親局空中線地上高：43m 及び 44m
  - 子局空中線地上高：41m 及び 42m
- ・送受信フィーダ損失：送受信とも1～1.5dB程度と想定。
- ・アンテナチルト：0度（チルトはほとんどかかっていない。）

### 3.3 干渉限界の検討

ITU-Rの最悪値計算に用いられた $I/N=-20\text{dB}$ を用い、1MHz帯域で計算する。また、最小フィーダ損失を1dB見込む。

$$N=10\text{Log} (KB \times 290K \times BW) + NF = -114\text{dBm} + 10\text{Log} (BW/1\text{MHz}) + NF$$

干渉限界値	-125.5dBm/1MHz
-------	----------------

### 3.4 都市部CATV中継回線シミュレーション結果

シミュレーションは、固定回線シミュレーションと同じ計算方法を用いた。このシミュレーションは固定回線シミュレーションと重複するため、本報告では詳細を割愛する。シミュレーション結果は、降雨減衰以外の干渉緩和要素を考慮しない条件で、3dBのマーヅンを保有している。

干渉限しきい値	干渉量	マーヅン
-125.5dBm/1MHz (I/N=20dB)	-125.5dBm/MHz	+3dB

## 4 CATV中継回線の共用条件について

CATV中継局に与えるレーダ干渉計算結果により、レーダのCATV中継局に与える影響は無視できると考えられる。なお、CATV中継に用いられる周波数帯は、2016年迄位の短期運用を前提に提案されている暫定案と送信帯域が重なる。この暫定案に基づく、2016年までのレーダの車輛実装率は1%に満たない為、十数dBのマーヅンが実際の実装率から別途生じる。また、長期的運用を前提とする長期案には26GHz帯を使用しており、CATV中継に用いられる周波数帯に意図的な電波発射を行わないため、CATV中継局に与える影響は無視できると考えられる。



## 地球探査衛星との共用検討について

UWB レーダシステムと地球探査衛星との共用検討について以下のとおり行った。

### 1 基本的考え方

24GHz 帯 UWB レーダシステムの初期導入までのプロセスとし普及率は 1%以下を想定した。

### 2 基本条件

24GHz 帯 UWB レーダシステムの基本条件について述べる。

#### \* 条件

* 車両密度 :	363[台/km <sup>2</sup> ]
	(東京都全域と人口密度上位 13 区の面積と人口の比率により換算)
* レーダ稼働率 :	50%及び 34% ([1]参照)
* レーダ装着率 (普及率) :	1%
* 車両当たりのレーダ数 :	4 個
* 干渉しきい値 :	1%
* 干渉緩和	
- 偏波	3dB
- Elevation マスク	25dB
- ビルによる反射損失	3.5dB 及び 0dB ([2]参照)
- 高架シャドウイング	0dB

#### \* 他の条件

* 大気吸収減衰	1.7dB → 0.6dB
----------	---------------

### 3 基本条件の検討

#### 3. 1 交通流密度

第 4 回 UWB レーダ作業班参考資料から、東京都の交通流密度は、149 台/km<sup>2</sup>となる。AMSR-2 の Footprint が 306.3[km<sup>2</sup>]、東京都の面積(2187[km<sup>2</sup>])を考慮すると、東京都全体ではなく東京 23 区(621[km<sup>2</sup>])あるいは人口密度上位 13 区(274[km<sup>2</sup>])の交通流密度を使用すべきと判断した。ここでは、より厳しい上位 13 区の交通流密度は 363 [車両/km<sup>2</sup>]を使用することとした([3]参照)。この値は、東京都の値に比較し 3.87dB のマージン減少となる。

$$10\text{Log} (149/363) = -3.87\text{dB}$$

第 3 回 UWB レーダ作業班 (ITU-R) の 453 台/km<sup>2</sup>に比較し、0.96dB のマージン増加となっている。

$$10\text{Log} (453/363) = 0.96\text{dB}$$

#### 3. 2 レーダ稼働率

ITU-R では、50%。東京都内において、走行試験を行い、速度分布を調べた([1]参照)。平均速度は 19.3[km/h]であり、10[km/h]以下の比率は 45.5%、停止比率は 36.6%となった。これより、ITU-R の計算方式に基づき計算すると、稼働率は 34.0%となる。ITU-R に比較し 1.67dB のマージン増加となっている。この 34%と ITU-R の 50%とを検討に用いる。

$$10\text{Log} (50/34) = 1.67\text{dB}$$

#### 3. 3 普及率予測及び 24GHz 帯 UWB レーダシステム比率

現行では、公式な資料はない。G. Rollman 氏よりの EU の普及データに基づき検討する。表 参 4-5-1 に示すように、21 ヶ月で総車両数の 0.008%程度となっている。EU においては、2005 に UWB が投入されて以来、今のところ顕著な増加は見られていない(表 参 4-5-1)。表 参 4-5-1 に示すように、21 ヶ月で総車両数の 0.008%程度となっている。

ここでは、上記数値をベースに、3 年ごとに増加率が増えるとして、今後の予測を行った。表 4-5-1

に結果を示す。5年後に0.03%, 10年後に0.1%程度となる。

上記EUのデータに基づく検討は、24GHz帯UWBレーダシステムが2013年までに制限されていること、EUと日本の市場とでは運転支援システムへの普及が異なることから、ここでの検討にEUのデータは適用しない。普及率については、2016年1%（累積台数79万台）で考えることとした。この1%は、自動車用近距離センシングシステムの普及率である。実際の普及状況を報告できる体制を整える。

24GHz帯UWBレーダシステム比率については、最も厳しい条件である100%を使用する\*）。

\*）実際には、77GHzレーダ、24GHz狭帯域レーダ、レーザーレーダ、カメラシステム及びこれらの融合システム等も自動車用近距離センシングシステムとして使用されると考えられる。

表 参4-5-1 Diffusion of vehicles with radars

Europe

年	累積搭載車両台数	累積レーダ車両比率	搭載新車台数	増加レーダ車両比率	Comments
(2005年9月)	0	0.000%			
9ヵ月 (2006年5月)	9000	0.0036%	9000	0.0036%	G. Rollman: 0.003~0.004%
21ヵ月 (2007年5月)	20000	0.0080%	11000	0.0044%	G. Rollman: 0.008%
3	30000	0.012%	10000	0.004%	estimation: 0.004% increment
4	50000	0.020%	20000	0.008%	0.008% increment
5	70000	0.028%	20000	0.008%	
6	90000	0.036%	20000	0.008%	
7	120000	0.048%	30000	0.012%	
8	150000	0.060%	30000	0.012%	
9	180000	0.072%	30000	0.012%	
10	220000	0.088%	40000	0.016%	
計				0.088%	

総車両台数(万台): 25000

\*）2006年5月、2007年5月は、G. Rollmann氏よりの情報。

Japan

年	累積搭載車両台数	累積レーダ車両比率	搭載新車台数	増加レーダ車両比率	Comments
0	0	0.000%			
1	3160	0.004%	3160	0.004%	
2	6320	0.008%	3160	0.004%	
3	9480	0.012%	3160	0.004%	
4	15800	0.020%	6320	0.008%	
5	22120	0.028%	6320	0.008%	
6	28440	0.036%	6320	0.008%	
7	37920	0.048%	9480	0.012%	
8	47400	0.060%	9480	0.012%	
9	56880	0.072%	9480	0.012%	
10	69520	0.088%	12640	0.016%	
計				0.088%	

総車両台数(万台): 7900

### 3. 4 車両当たりのレーダ数

第3回UWBレーダ作業班(3/23)では、2.6個/車両としたが、ITU-Rでは4個/車両としている。2005年にヨーロッパに投入されたベンツは6個のUWBレーダを有し、現在は8個となっている。BMWは2個を有している。車両当たりの個数は、暫定案については明確でない。ここではITU-Rに従い、4個/車両を検討の基本とした。

ただし、暫定導入期間においては実際装着数及び平均装着率を報告できる体制を整える。

### 3. 5 干渉しきい値

ITU-Rでは、受信許容電力が干渉しきい値の1%、5%の検討がされている。測定器の熱雑音レベルの低下が将来的に厳しい条件となることを考慮し1%とする。

#### 4 検討

##### 4.1 直接波、散乱波、多重散乱波

車両から EESS への伝搬は、直接波と散乱波からなります(図 参 4-5-1)。ともに図参 4-5-2 に示すように、バンパーを経て外部へ放射される。

###### (1) 直接波

バンパーを経て上部へ伝搬する。アンテナの正面方向より大きくずれているため、アンテナの Elevation Mask (現行 25dB >30deg) を経て、EESS へと伝搬する。Conical Scan 方式については、車の方向が考慮され 1/4 の確率で伝搬すると考えられる。

###### (2) 散乱波

バンパーを経て上部へ伝搬する。主ローブ方向の波(ボーサイト)が前方の車両窓へ当たり、散乱されて、EESS へと伝搬する。この際の散乱係数は、実験(図 参 4-5-3)により決められ、-10~-30dB の結合となっている([1]、p34)。

* 車間 10[m] 以下…	5%の車両、散乱ゲイン	-15dB
* 10<車間≤30[m]…	45%の車両、散乱ゲイン	-18dB
* 30<車間…	50%の車両、散乱ゲイン	-25dB

平均では、式(1)より、-19.8dB となる。

$$10 * \text{Log}(0.05 * 10^{-1.5} + 0.45 * 10^{-1.8} + 0.5 * 10^{-2.5}) = -19.8 \text{ dB} \quad (1)$$

また、散乱波の分布を半球分布とし、さらに 4.7dB を分布による損失としている。

###### (3) 多重散乱

ここでは、一台目は 5 [m] にあるという厳しい条件を考え、(図 参 4-5-4 参照) さらに、4 台の車両が 2 次 Scattering に関与すると仮定した。

* 1 台目 :	車間 5[m] で散乱 ( $\sigma=5\sim 10\text{dBsm}$ )	一次散乱ゲイン	-17.5dB
* 2 台目 :	散乱ゲイン	散乱ゲイン	-19.8dB
	台数 4	ゲイン	6dB
		2 次散乱ゲイン	-13.8dB

$$\text{合計では、} \quad -17.5 + -13.8 = -31.3 \text{ dB} \quad (2)$$

また、2 台目の散乱波の分布を半球分布とし、さらに 4.7dB を分布による損失としている。

直接波と散乱波を合計した全 Coupling Factor を表 参 4-5-1 に示す。表 参 4-5-2 (a) は、2014 年の Elevation Mask で -35dB を使用している([添付 A]参照)。第 3 回 UWB レーダ作業班では、ITU-R 同様、この値を使用して検討を行った。

この Elevation Mask を 2010 年及び現行の 30dB、25dB を用いたものを表 参 4-5-1 (b)、(c) に示す([添付 A]参照)。2010 年 Mask 及び現行 Mask において、2014 年 Mask との差は、それぞれ 0.2~0.7dB、0.7~2.3dB となり、また、多重散乱の影響は 0.2dB 程度となる。

現行 Mask は、第 3 回 UWB レーダ作業班での内容と有意な差がある。すなわち Mask の影響は 2dB 程度、多重散乱の影響は 0.2dB 程度で、合計 2.2dB 程度干渉が増える。

ここでは、現行の 25dB をマスクとして使用した。

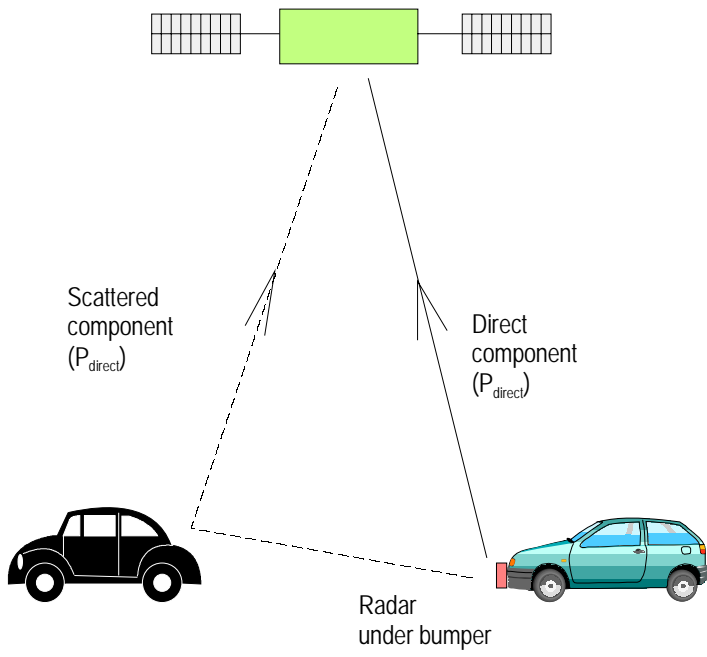


図 参 4-5-1 直接波と Scattered 波

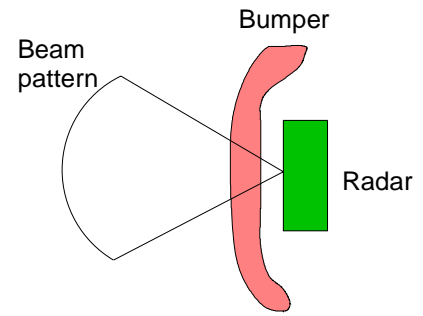


図 参 4-5-2 レーダとバンパー

EESS 後方散乱実験

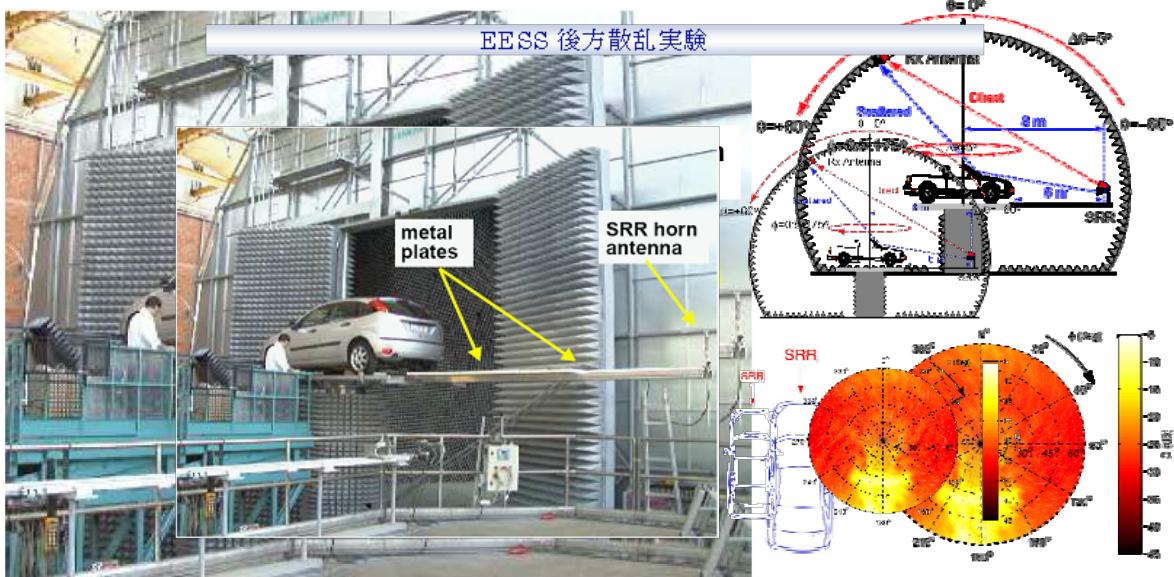
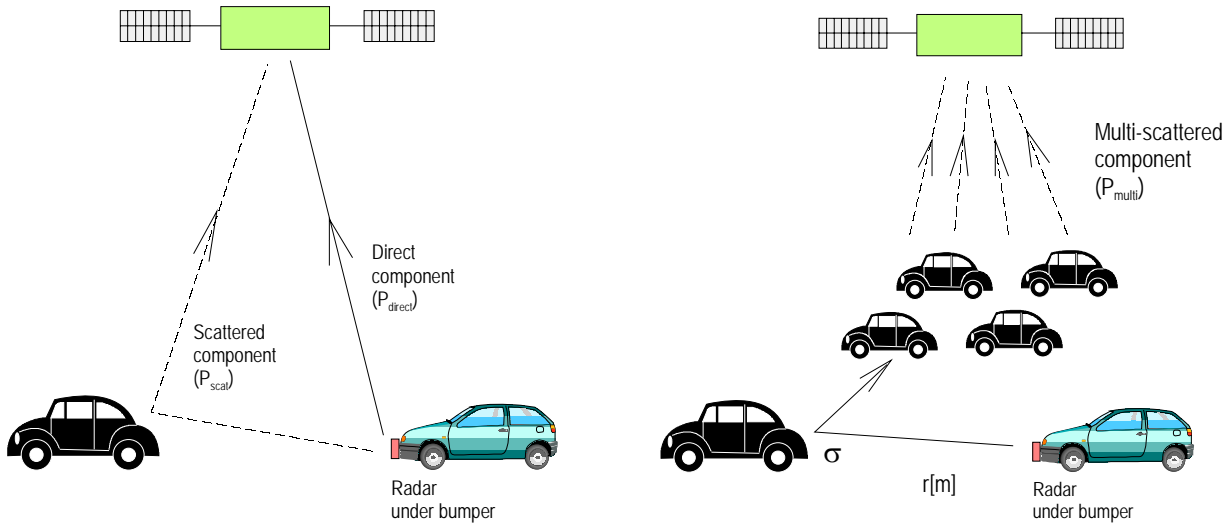


図 参 4-5-3 EESS 後方散乱実験



(a) Direct and scattered waves

(b) Multiple-scattered waves ( $r=5[m]$ ,  $\sigma=7.5[dBsm]$ )

图 参 4-5-4 直接波、Scattered 波、多重—Scattered 波。

表 参 4-5-2 Total Coupling Factor

	Cross track	Conical Sacan	
<b>Main lobe</b>			
Elevation mask	-35	-35	dB
Random car direction (25%)	0	-6	dB
Total	-35	-41	dB
<b>Scattered wave</b>			
Coefficients	-19.8	-19.8	dB
Hemisphere distribution	-4.7	-4.7	dB
Total	-24.5	-24.5	dB
<b>Multi-scattered wave</b>			
1st: range	5	5	m
$-10 \text{ Log}(4\pi r^2)$	-25.0	-25.0	$\text{dBsm}^{-1}$
$\sigma$	7.5	7.5	$\text{dBsm}$
1st total	-17.5	-17.5	dB
2nd Coefficients	-19.8	-19.8	dB
Number of cars (4 vehicles)	6	6	dB
Hemisphere distribution	-4.7	-4.7	dB
Total	-36.0	-36.0	dB
<b>Total coupling factor</b>			
	-23.9	-24.1	dB

(a) 2014 Year: elevation mask 35dB

	Cross track	Conical Sacan	
<b>Main lobe</b>			
Elevation mask	-30	-30	dB
Random car direction (25%)	0	-6	dB
Total	-30	-36	dB
<b>Scattered wave</b>			
Coefficients	-19.8	-19.8	dB
Hemisphere distribution	-4.7	-4.7	dB
Total	-24.5	-24.5	dB
<b>Multi-scattered wave</b>			
1st: range	5	5	m
$-10 \text{ Log}(4\pi r^2)$	-25.0	-25.0	$\text{dBsm}^{-1}$
$\sigma$	7.5	7.5	$\text{dBsm}$
1st total	-17.5	-17.5	dB
2nd Coefficients	-19.8	-19.8	dB
Number of cars (4 vehicles)	6	6	dB
Hemisphere distribution	-4.7	-4.7	dB
Total	-36.0	-36.0	dB
<b>Total coupling factor</b>			
	-23.2	-23.9	dB

(b) 2010Year: elevation mask 30dB

	Cross track	Conical Sacan	
<b>Main lobe</b>			
Elevation mask	-25	-25	dB
Random car direction (25%)	0	-6	dB
Total	-25	-31	dB
<b>Scattered wave</b>			
Coefficients	-19.8	-19.8	dB
Hemisphere distribution	-4.7	-4.7	dB
Total	-24.5	-24.5	dB
<b>Multi-scattered wave</b>			
1st: range	5	5	m
$-10 \text{ Log}(4\pi r^2)$	-25.0	-25.0	$\text{dBsm}^{-1}$
$\sigma$	7.5	7.5	$\text{dBsm}$
1st total	-17.5	-17.5	dB
2nd Coefficients	-19.8	-19.8	dB
Number of cars (4 vehicles)	6	6	dB
Hemisphere distribution	-4.7	-4.7	dB
Total	-36.0	-36.0	dB
<b>Total coupling factor</b>			
	-21.6	-23.4	dB

(c) Present: elevation mask 25dB

#### 4. 2 ビルによる反射損失

ビル反射の様子を図 参 4-5-5 に示す。参考文献[2]に示すように、23 区内 5 箇所における調査結果（ビル高さ 24.1[m]、片側道幅 16.2[m] (=32.3/2)）を用いると、反射損失 3.5dB の低減が見込まれる。

日本の代表的住宅である木造二階建て（軒高 6[m]）を考慮すると衛星に向かう電波（Elevation Angle  $\theta=55$  度の電波）はビル側面にあらず反射損失 0dB となり、ビル反射はない。

ここでは、反射損失 3.5dB 及び 0dB を検討する。

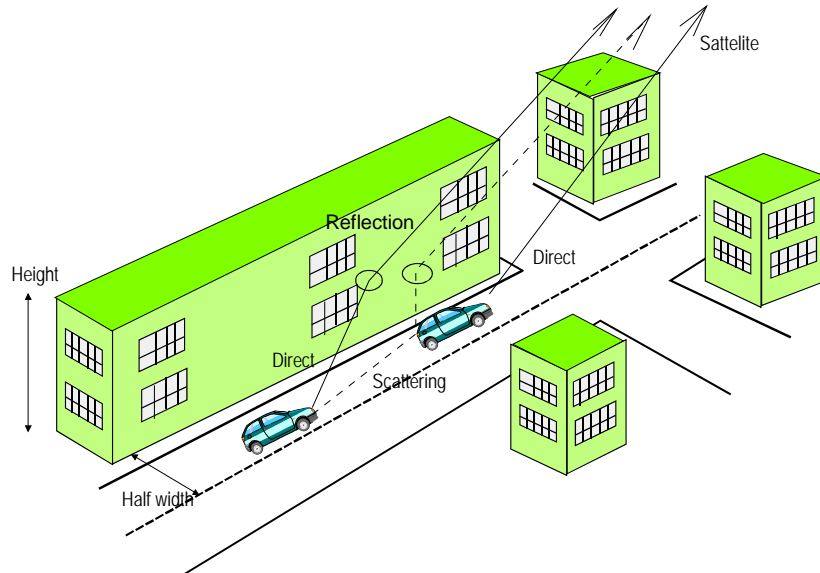


図 参 4-5-5 ビル反射

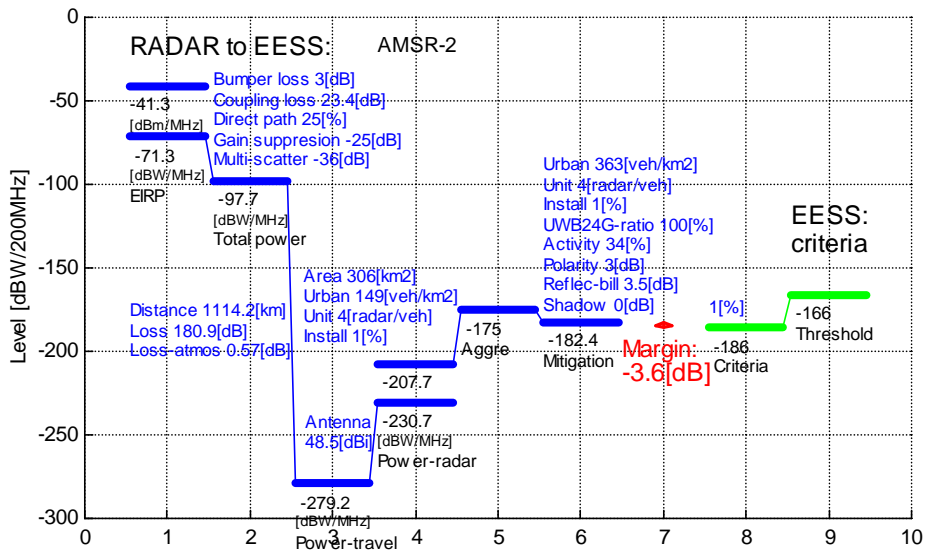
#### 4. 3 高架によるシャドーイング

車両密度を航空写真も参考として検討したため、ここでは 0dB とする。

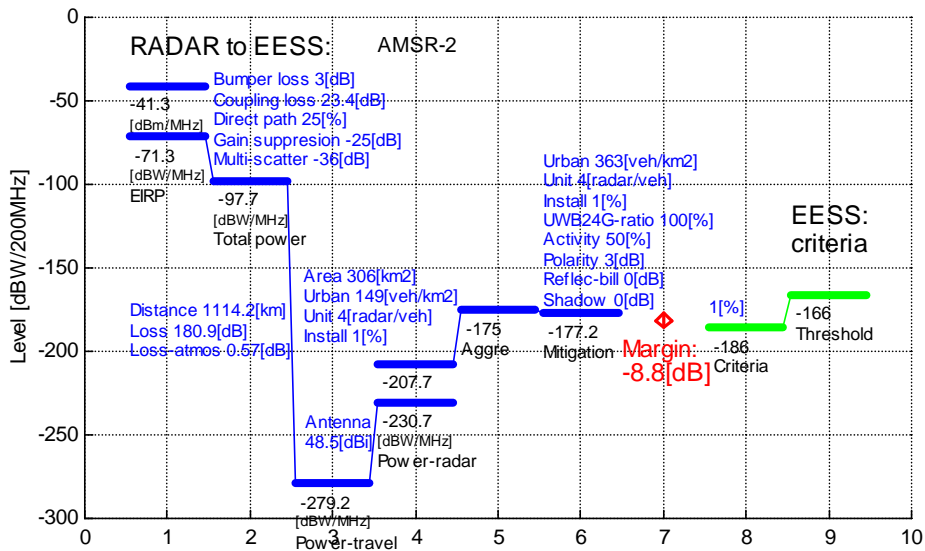
#### 5 干渉マージン

衛星は、Conical Scan 方式 AMSR-2（搭載予定）。25dB マスク、普及率 1%、4 台/車両、高架遮蔽 0dB、受信許容電力が干渉しきい値の 1% としマージンを計算した。

レーダ稼働率 34%、ビル反射損失 3.5dB の場合を図 参 4-5-6(a) に、レーダ稼働率 50%、ビル反射損失 0dB の場合を図 参 4-5-6(b) に示す。それぞれ、-3.6dB の負のマージン、-8.8dB の負のマージンとなる。干渉マージンの検討結果を参考のため表 参 4-5-3 に示す。



(a) AMSR-2、Conical Scan 方式 : 25dB Elevation Mask、干渉しきい値の 1%、レーダ装着(普及)率 1%  
レーダ数 4 個/車両、Activity factor 50%、大気吸収 0.57 [dB] ([添付 B])、ビル反射損失 0dB



(b) AMSR-2、Conical Scan 方式 : 25dB Elevation Mask、干渉しきい値 1%、レーダ装着(普及)率 1%  
レーダ数 4 個/車両、Activity factor 50%、大気吸収 0.57 [dB] ([添付 B])、ビル反射損失 0dB

図 参 4-5-6 EESS に対する干渉検討 : マージン

表 参 4-5-3 これまでの干渉マージン検討結果

AMSR-2

	(a)	(b)
干渉閾値[dBW/200MHz]	-166	-166
Apportion [%]	1	1
EIRP [dBm/MHz]	-41.3	-41.3
車両密度 [1/km <sup>2</sup> ]	363	363
普及率 [%]	1	1
UWB24GHz 比率 [%]	100	100
台数/車両	4	4
稼働率 [%]	34	50
偏波緩和 [dB]	3	3
ビル反射損失[dB]	3.5	0
高速道による遮蔽 [dB]	0	0
アンテナ: coupling factor [dB]	-23.4	-23.4
Ele. mask at 30deg [dB]	-25	-25
Scattered gain [dB]	-19.8	-19.8
Distribution [dB]	-4.7	-4.7
Multiple reflection[dB]	-36	-36
パンパ損失 [dB]	3	3
大気損失 [dB]	0.57	0.57
マージン [dB]: 1% apportion	-3.6	-8.8
マージン [dB]: 5% apportion	3.3	-1.8

## 7 まとめ

24GHz 帯 UWB レーダシステムの EESS への干渉は干渉しきい値の 1% を満足しない。レーダ稼働率 34%、ビル反射損失 3.5dB の場合 -3.6dB の負のマージンで、レーダ稼働率 50%、ビル反射損失 0dB の場合 -8.8dB の負のマージンとなる。

ここでの検討は Elevation マスクが 25dB、24GHz 帯 UWB レーダシステム比率 100% の厳しい条件の下である。また 24GHz 帯 UWB レーダシステムに割り当てられている許容電力を干渉しきい値の 1% (Apportion1%) と仮定している。

宇宙開発業務については[4]参照。また、陸域密集地（東京都内中心部）における干渉しきい値についての詳細な検討については[5]参照。尚、ここでの検討で参考にしたものを参考文献[6-11]に示す。

### [参考文献]

- [1] 参考資料 4-5-1A、東京都区内走行調査.
- [2] 参考資料 4-5-1B、ビル反射の影響.
- [3] 参考資料 4-5-1C、交通流密度.
- [4] 参考資料 4-5-2、宇宙研究業務.
- [5] 参考資料 4-5-3、EESS 干渉再検討.
- [6] ITU-R Document 1-8/TEMP/219-E [UWB.XYZ], 20 Oct 2005.
- [7] ITU-R Document 1/84-E [UWB.CHAR], 20 Oct 2005.
- [8] ITU-R Document 1/88-E [UWB.COMP], 21 Oct 2005.
- [9] ITU-R Document 1/85-E [UWB.FRAME], 20 Oct 2005.
- [10] ITU-R Document 1/83-E [UWB.MES], 19 Oct 2005.
- [11] ECC Report 23.



[添付 A] EU 及び US の法規・勧告

表 参 4-5-A EU 及び US の法規・勧告

Country	US	US	Eu
FCC	FCC 02-48	FCC 04-285	ECC Decision
Docket	ET Docket 98-156		
Date	Feb.14, 2002	Dec. 15, 2004	2004
Availability			2007.7.1~ Automatic de-activation near RA 2009: Review 2013.7.1~ to 79 GHz
Section	15.115 Subpart F (Vehicle radar)	15.252 (UWB transmission)	
Operation	Veh-Engine on		
Freq[GHz]	22-29	23.12 - 29	21.625 - 26.625
fmax[GHz]	> 24.075		
Peak EIRP [dBm/50MHz]	0		0
Average EIRP[dBm/MHz]	-41.3	23.12 - 23.6 GHz : -41.3 23.6 - 24 GHz : -61.3 24 - 29 GHz : -41.3	-41.3
Additional reduction for Elevation 23.6-24 GHz	≥ 38[deg], ≥ 25dB 1/1/2005~:		~2009: ≥ 30[deg], ≥25dB
	≥ 30[deg], ≥ 25dB 1/1/2010~:		
	≥ 30[deg], ≥ 30dB 1/1/2014~:		2010~: ≥ 30 [deg], ≥30dB
	≥ 30[deg], ≥ 35dB		

[添付 B] 大気吸収

大気吸収を NDC-2-8-6 に基づき計算した。大気吸収は 0.57[dB]。

Absorption NDC-2-8-6: f[GHz]	23.8	
angle of elevation [deg]	35	
height of station/dry_air [km]	0.0005	5.2
absorption:dry_air/vapor[dB/km]	0.013	0.12
equivalent height: dry_air [km]	5.24	2.14
Absorption [dB]	0.567	

## 東京都区内走行調査(和訳)

### 1. 調査目的

日本国内への導入を検討しているUWBレーダシステムとEESS（Earth Exploration Satellite Services、地球探査衛星）との共用検討のために、特に都市部での実際の交通流の中での車両走行速度のデータが必要であり、本走行調査により東京都区内の走行速度データを収集する。

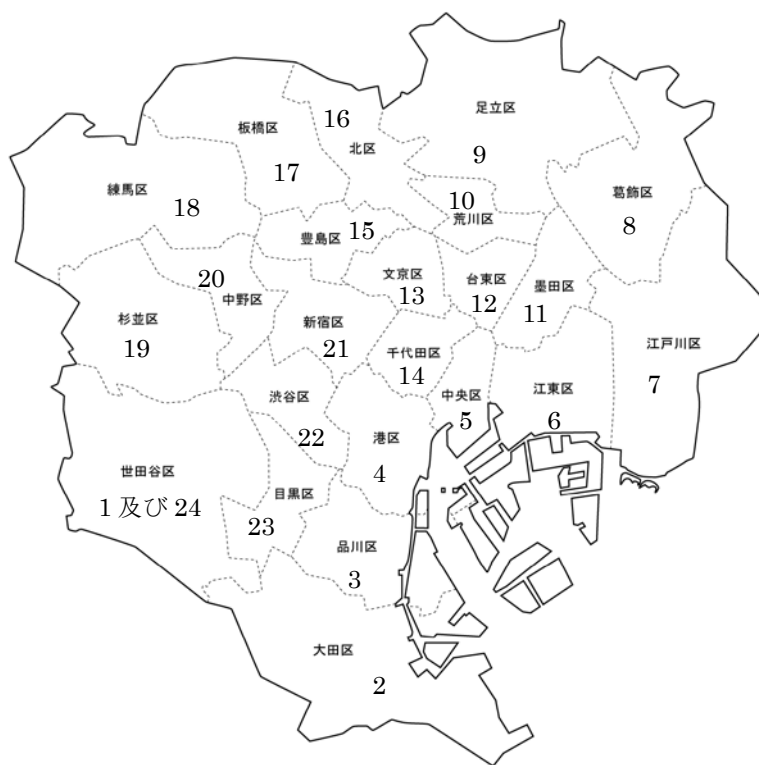
### 2. 調査内容

#### (1) 調査地域及び実施日時

##### 1) 東京23区内区役所間の一般道路

平成20年3月11日(火) 7:50~18:50

各区役所を起終点としカーナビゲーションが案内する経路に従って23区の区役所を巡回した走行調査を実施。図1に各区役所の巡回順序を示す。



順序	区役所
1	世田谷区役所
2	大田区役所
3	品川区役所
4	港区役所
5	中央区役所
6	江東区役所
7	江戸川区役所
8	葛飾区役所
9	足立区役所
10	荒川区役所
11	墨田区役所
12	台東区役所
13	文京区役所
14	千代田区役所
15	豊島区役所
16	北区役所
17	板橋区役所
18	練馬区役所
19	杉並区役所
20	中野区役所
21	新宿区役所
22	渋谷区役所
23	目黒区役所
24	世田谷区役所

図1 各区役所の巡回順序

2) 東京都区内の主要幹線道路

平成20年3月12日(水) 7:30~18:00

東京都区内の主要幹線道路の走行調査を実施。表1に主要道路調査の一覧を示す。

表1 主要道路調査一覧表

順序	路線名(備考)	始点	終点
1	国道246号	都県境	国会前交差点
2	内堀通り(内回り)	桜田門交差点	桜田門交差点
3	環状7号線(1)	大井埠頭交差点	北区上十条姥ヶ橋交差点
4	環状7号線(2)	北区上十条姥ヶ橋交差点	江戸川区興宮町
5	環状7号線(3)	江戸川区興宮町	葛西
6	国道1号	桜田門交差点	都県境
7	環状8号線	矢口陸橋交差点	高井戸1丁目交差点
8	国道20号	高井戸1丁目交差点	四谷見附交差点
9	六本木通り・桜田通り・ 国道1号・目黒通り	国会前交差点	都県境

(2) 調査方法

1) 調査方法の概要

- ①調査機器を搭載した車両(小型乗用車)を、他の交通の流れに従って走行させる。
- ②走行データは、車両よりの車速信号をパソコンに取り込み、これを蓄積させて行う。

2) 調査機器

- ①調査車両: トヨタ、サクシード
- ②調査機器構成: 調査機器構成を図2に示す。

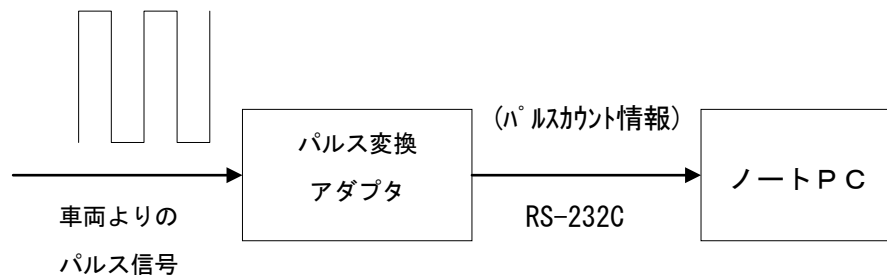


図2 調査機器構成図

- ・ 車両よりの車速信号は、エンジンコントロール用車速パルス信号から分岐し取り出す。
- ・ 車速パルスは、パルス変換アダプタで1秒毎にサンプリングを行い、1秒毎のパルス数を「パルスカウント情報」としてノートパソコンに送信される。
- ・ ノートパソコンでは、送られて来た1秒毎の「パルスカウント情報」を蓄積する。

(3) 調査結果

図3に車両速度の頻度分布を示す。

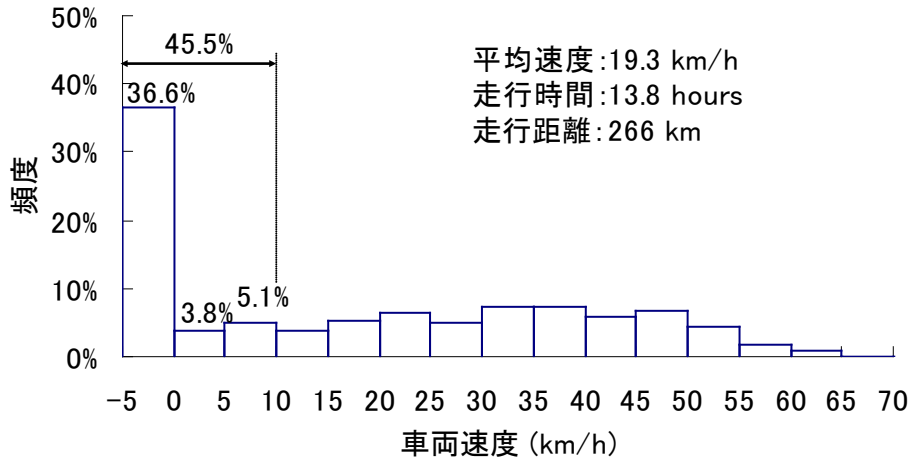


図3 車両速度の頻度分布

(4) UWBレーダシステム稼働率の補正

表3に示すITU-R SM1755を参考に走行速度に基づいてモードを切り替えた場合に東京都内中心部で期待されるUWBレーダシステム稼働率を計算した結果を表2に示す。UWBレーダシステム稼働率の平均値はITU-Rの計算地に比べて1.6dB低減(49.1% to 33.95%)される。

表2 東京都内中心部のUWBレーダシステム稼働率

走行速度	Modes of operation				UWBレーダ稼働率 (1)	各走行状況の時間割合 (2)	(1) × (2)
	“SRR switched off” mode	“Reduced PRF” mode (PRF reduced from 100% to 10%)		“Non-UWB” mode			
	Time SRR switched on in per cent of driving time (activity factor No. 1)	Time full PRF in per cent of driving time	Activity factor from this mode (activity factor No. 2)	Time UWB mode in per cent of driving time (activity factor No. 3)			
- 60 km/h	100	80	82	60	49.2	0.80	0.39
40 - 60 km/h	100	100	100	80	80.0	18.62	14.90
10 - 40 km/h	70	80	82	70	40.2	35.10	14.11
0 - 10 km/h	100	0	10	100	10.0	45.48	4.55
Resulting activity factor (%)							33.95

表3 各モードにおけるUWBレーダシステム稼働率 (Source: ITU-R-SG1-SM1755)

Driving situations	Modes of operation				Activity factors from all modes of operation <sup>(4)</sup>	Occurrence of driving situations in per cent of driving time	Activity factors from all modes of operation weighted by the occurrence of the driving situations
	“SRR switched off” mode	“Reduced PRF” mode (PRF reduced from 100% to 10%)		“Non-UWB” mode			
	Time SRR switched on <sup>(1)</sup> in per cent of driving time (activity factor No. 1)	Time full PRF <sup>(2)</sup> in per cent of driving time	Activity factor from this mode <sup>(3)</sup> (activity factor No. 2)	Time UWB mode in per cent of driving time (activity factor No. 3)			
Highway, moving traffic	100	80	82	60	49.2	55.00	27.06
Highway, slow traffic	100	100	100	80	80.0	10.00	8.00
City driving	70	80	82	70	40.2	35.00	14.06
City, forward parking	100	0	10	100	10.0	0.05	0.01
City, backward parking	100	0	10	100	10.0	0.05	0.01
					Resulting activity factor (%)		49.1

(1) Time SRR switched on = 100% - SRR switched off.

(2) Time full PRF = 100% - Time reduced PRF.

(3) Activity factor = (Time full PRF \* 100%) + (100% - Time full PRF \* 10%).

(4) Product from activity factors Nos. 1 to 3.

NOTE 1 - The numbers in Table 6 are estimates made at the time this Table was prepared. Administrations may wish to undertake their own analysis of these factors when doing their studies.

The calculations show that the use of the different modes of operation result in an aggregate activity factor of around 50% leading to a power reduction of 3 dB.

### 3. まとめ

- ・ 東京23区の区役所巡回走行及び主要幹線道路の走行により東京都区内の代表的な走行速度データを収集した。
- ・ 車両速度の頻度は、36.6%が停止状態で45.5%が10kmh以下であった。
- ・ 東京都区内中心部においては、UWBレーダシステム稼働率の平均値はITU-Rの計算地に比べて1.6dB低減される。

## ビル反射の影響

## 1. 緒言

車両密集が予想される、都内の道路では通常高層ビルに囲まれている場合、ビルによる反射（衛星に到達する前に反射が存在）損失が予想される。超高層ビル（90[m]以上）が西新宿、丸の内、内幸町、品川などの場所で、半径1[km]内に40棟以上の超高層が建っている[B1]。一方、江戸川、世田谷等では低高さのビルが多く見られる。ここでは、23区内の写真撮影による調査（[添付]参照）により得られた、ビル高さ24.1[m]、片側道幅16.2[m] (=32.3/2) を用いてビル反射の影響を調べる。

## 2. ビル反射

図 参 4-5-B1 にビル内の車両からの電波の放射を検討する。電波は、直接波と散乱波が衛星への電波を放射する。その際、図 参 4-5-B1 に示すように、一部の電波は何回かの反射を経て衛星に達する。反射の影響を調べる計算モデルを図 参 4-5-B2 に示す。電波は、Elevation Angle  $\theta$  で衛星に向かうとし、Azimuth Angle  $\phi$  は 0~180 度まで一様に分布するとして、反射損失を計算した。偏波は入射面に垂直とする。

物性値は、コンクリート（比誘電率：7、比透磁率：1、導電率：0.0023[S/m]）、ガラス（比誘電率：7.7、比透磁率：1、導電率：0.0[S/m] [B2]）を使用。ビル表面は、コンクリートとガラスが50%、50%からなるとした。ビル高さは24.1[m]、片側道幅は16.2[m] (=32.3/2) とした（[添付]参照）。

Elevation Angle  $\theta=55$  度。計算例を表 参 4-5-B1 に示す。実際に反射するのは、Azimuth Angle  $\phi$  は 20~160、平均の電力反射率は0.443 となる。したがって、ビル反射により3.5dBの低減が見込まれる。

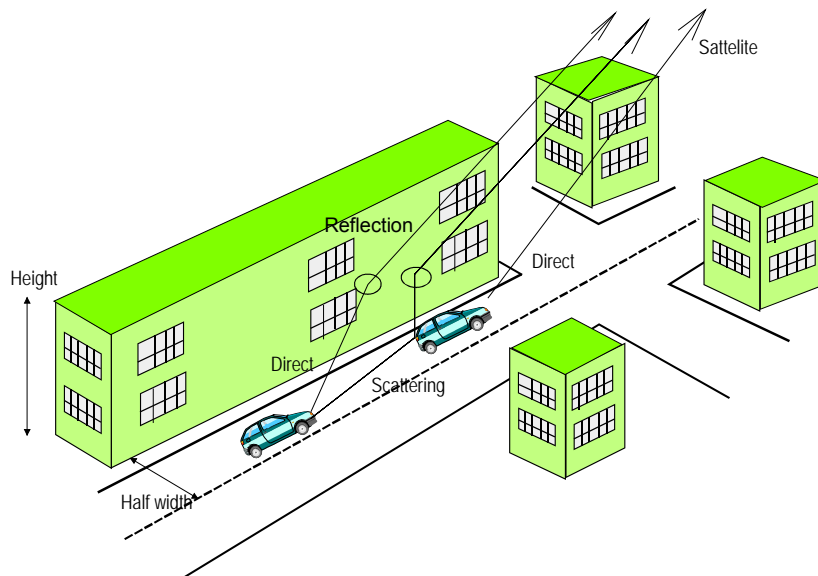


図 参 4-5-B1 Reflection by buildings.

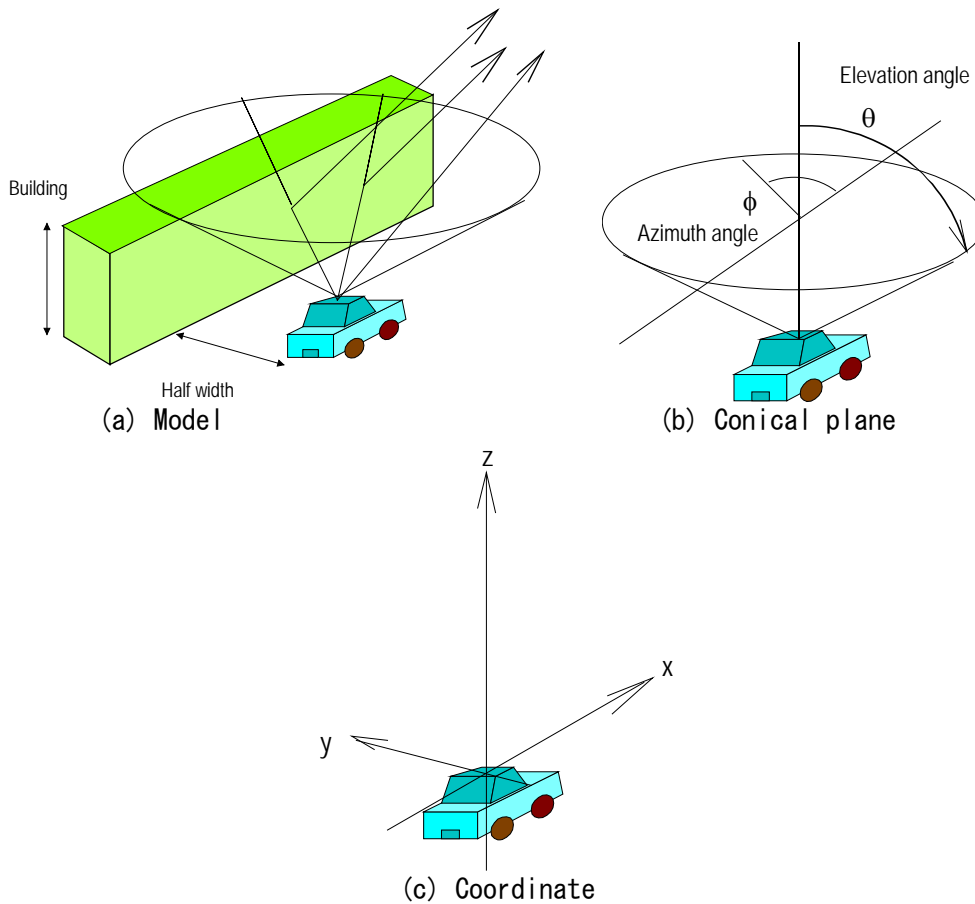


图 参 4-5-B2 Model of the reflection by buildings.

表 参 4-5-B1 Azimuth angle and reflection  
(a) Concrete

Reflection: f[GHz] 23.8  
 er\_mr\_air 1.0 1.0 sig[S/m] 0  
 er\_Concrete 7.0 1.0 sig[S/m] 0.0023  
 Nadir angle: 55.0[deg]  
 Buiding position[m] 16.1 height[m] 24.1  
 Material: Concrete

azi[deg]:	Reflection point			Distance to RF r[m]	Incident angle ang[deg]	# of reflection s	Voltage reflection rate/reflection		Power reflection rate		
	x[m]	y[m]	z[m]				vertical	parallel	vertical	parallel	
0	0	0	100000	0	0	0	1	1	1	1	
10	91.6	16.1	65.1	113.5	81.8	0	0.89	0.423	1	1	
20	44.4	16.1	33.1	57.6	73.7	0	0.796	0.114	1	1	
30	28	16.1	22.6	39.4	65.8	1	0.717	0.072	0.514	0.005	
40	19.2	16.1	17.6	30.7	58.2	1	0.653	0.191	0.426	0.036	
50	13.6	16.1	14.8	25.7	51.1	1	0.602	0.269	0.363	0.073	
60	9.3	16.1	13.1	22.8	44.8	1	0.565	0.321	0.319	0.103	
70	5.9	16.1	12	21	39.7	1	0.539	0.355	0.29	0.126	
80	2.8	16.1	11.5	20	36.2	1	0.523	0.373	0.274	0.139	
90	0	16.1	11.3	19.7	35	1	0.518	0.379	0.269	0.144	
100	-2.8	16.1	11.5	20	36.2	1	0.523	0.373	0.274	0.139	
110	-5.9	16.1	12	21	39.7	1	0.539	0.355	0.29	0.126	
120	-9.3	16.1	13.1	22.8	44.8	1	0.565	0.321	0.319	0.103	
130	-13.6	16.1	14.8	25.7	51.1	1	0.602	0.269	0.363	0.073	
140	-19.2	16.1	17.6	30.7	58.2	1	0.653	0.191	0.426	0.036	
150	-28	16.1	22.6	39.4	65.8	1	0.717	0.072	0.514	0.005	
160	-44.4	16.1	33.1	57.6	73.7	0	0.796	0.114	1	1	
170	-91.6	16.1	65.1	113.5	81.8	0	0.89	0.423	1	1	
180	0	0	100000	0	0	0	1	1	1	1	
							Average		0.536	0.339	
								Global ave		0.437	

## (b) Glass

Reflection: f[GHz] 23.8  
 er\_mr\_air 1.0 1.0 sig[S/m] 0  
 er\_Glass 7.7 1.0 sig[S/m] 0  
 Nadir angle: 55.0[deg]  
 Buiding position[m] 16.1 height[m] 24.1  
 Material: Glass

azi[deg]	Reflection point			Distance to RF r[m]	Incident angle ang[deg]	# of reflections	Voltage reflection rate/reflection		Power reflection rate	
	x[m]	y[m]	z[m]				vertical	parallel	vertical	parallel
0	0	0	100000	0	0	0	1	1	1	1
10	91.6	16.1	65.1	113.5	81.8	0	0.896	0.406	1	1
20	44.4	16.1	33.1	57.6	73.7	0	0.806	0.094	1	1
30	28	16.1	22.6	39.4	65.8	1	0.73	0.092	0.532	0.009
40	19.2	16.1	17.6	30.7	58.2	1	0.668	0.211	0.446	0.045
50	13.6	16.1	14.8	25.7	51.1	1	0.619	0.289	0.383	0.084
60	9.3	16.1	13.1	22.8	44.8	1	0.582	0.341	0.339	0.116
70	5.9	16.1	12	21	39.7	1	0.556	0.374	0.31	0.14
80	2.8	16.1	11.5	20	36.2	1	0.541	0.392	0.293	0.154
90	0	16.1	11.3	19.7	35	1	0.536	0.398	0.288	0.159
100	-2.8	16.1	11.5	20	36.2	1	0.541	0.392	0.293	0.154
110	-5.9	16.1	12	21	39.7	1	0.556	0.374	0.31	0.14
120	-9.3	16.1	13.1	22.8	44.8	1	0.582	0.341	0.339	0.116
130	-13.6	16.1	14.8	25.7	51.1	1	0.619	0.289	0.383	0.084
140	-19.2	16.1	17.6	30.7	58.2	1	0.668	0.211	0.446	0.045
150	-28	16.1	22.6	39.4	65.8	1	0.73	0.092	0.532	0.009
160	-44.4	16.1	33.1	57.6	73.7	0	0.806	0.094	1	1
170	-91.6	16.1	65.1	113.5	81.8	0	0.896	0.406	1	1
180	0	0	100000	0	0	0	1	1	1	1

Average 0.55 0.347  
 Global ave 0.448  
 平均反射率 0.443

## 3. 低層ビル反射（木造2階建て）

ここでは、日本の代表的木造二階建ての（ビル）高さ（軒高6[m] [B3]）と、調査により得られた片側道幅を用いてビル反射の影響を調べた。

図 参 4-5-B1 にビル内の車両からの電波の放射を検討する。電波は、直接波と散乱波が衛星への電波を放射する。その際、図 参 4-5-B1 に示すように、一部の電波は何回かの反射を経て衛星に達する。反射の影響を調べる計算モデルを図 参 4-5-B2 に示す。電波は、Elevation Angle  $\theta$  で衛星に向かうとし、Azimuth Angle  $\phi$  は0～180度まで一様に分布するとして、反射損失を計算した。偏波は入射面に垂直とする。

物性値は、コンクリート（比誘電率：7、比透磁率：1、導電率：0.0023 [S/m]）、ガラス（比誘電率：7.7、比透磁率：1、導電率：0.0 [S/m] [B2]）を使用。ビル表面は、コンクリートとガラスが50%、50%からなるとした。ビル高さ6 [m]で、片側道幅16.2 [m] (=32.3/2) ([添付]参照)。Elevation Angle  $\theta=55$  度。

ビル高さ6mでは、Elevation Angle  $\theta=55$  度の電波はビル側面にあたらず反射損失はない。

## [参考文献]

[B1] [http://hrscene.fc2web.com/towers/tokyotowers\\_dist.html#dens](http://hrscene.fc2web.com/towers/tokyotowers_dist.html#dens)、東京超高層ビル分布

[B2] <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%AA%98%E9%9B%BB%E7%8E%87>

[B3] <http://www.d1.dion.ne.jp/~sidecar/mokuzou.htm> 木造建築物の構造計画



[添付] “首都圏の平均ビル高さについて “

1. 緒言

車両のレーダからの衛星へ漏洩電波の影響を調査している。都市では、ビルによる直接伝播の遮蔽を考慮する必要があるため、車道に面したビル(建物)の平均高さについて調査した。東京23区を想定して調べた。ここでは、文献・Internetによる調査結果と、実際に23区より5地点を選び撮影した写真よりビル高さを調べた結果を示す。

2. 文献・Internetによる調査によるビル高さ

中・高層ビルの高さについては、下記の情報がある(表1、2)。100[m]以上は401戸、60~90[m]は510戸となっている。平均高さは、それぞれ135[m]、72.1[m]である。60[m]以下のビルについては統計資料を見出すことはできなかった。そこで、八重洲口近傍のビルの高さについて、個別に調査した。結果を表3に示す。平均36.2[m]程度である。平均ビル高さについては不明である。

表1 東京23区、100m以上のビル ([1])

都市名	県名	ビル数	平均高さ「m」	一番高いビル
1 東京	23区	401	135.16	ミッドタウンプロジェクト・ミッドタウンタワー

表2 東京、60~90mのビル ([2])

東京、60~90[m]のビル

名前	階数	高さ[m]	場所	完成予定	備考
1 東大井一丁目計画(ゴールドクレスト)	26	90.0	品川区	2008.3	軒高85.1m
2 池袋デュプレックスタワー	27	89.9	豊島区		軒85.81m!?
3 ウェスティンホテル東京	23	89.9	東京		
4 六本木25森ビル	25	89.8	東京		
5 日本都市センター会館	22	89.8	東京		
6 AO(アオ)	16	89.8	東京	2008.11	
7 ジェイタワー西大井	28	89.5	東京		
8 東京ベイ有明ワシントンホテル	22	89.5	東京		
9 東京イースト21ホテル棟	21	89.5	東京		高さ推定
10 トヨタ自動車東京本社ビル	19	89.0	東京		
500 東京イーストコア・ジースクエア	19	60.0	江東区		高さ推定
501 LOOP M	18	60.0	港区		高さ推定
502 晴海ガーデンプラザ	18	60.0	中央区		高さ推定
503 リバージュ品川	17	60.0	港区		高さ推定
504 勝どきサンスクエア	16	60.0	中央区		高さ推定
505 共立女子大	15	60.0	千代田区		高さ推定
506 二番町パークフォレスト	14	60.0	新宿区		高さ推定
507 ホテルオークラ別館	12	60.0	港区		高さ推定
508 新木場センタービル	12	60.0	江東区		高さ推定
509 東京国際フォーラム	11	60.0	千代田区		
510 ヨドバシAKIBAビル	9	60.0	千代田区		
平均	17.9	72.1			

表3 八重洲口周辺ビル高さ (個別調査、[3])

#	Location	ビル	高さ[m]	計算高さ [m]* <sup>1)</sup>	Floor* <sup>2)</sup>	コメント
1	八重洲	ブックセンタ		32	8	
2		常和八重洲ビル		36	9	
3		住友信託ビル		24	6	
4		住友生命八重洲ビル		32	8	
5		新八重洲ロビル		32		住友生命八重洲ビルと同じ
6		新槇町ビル		56	14	
7		八重洲センタービル		56	14	
8		八重洲ダイビル		36	9	
9		不二ビル		36	9	
10		八重洲中央ビル		36	9	
11		八重洲第5長岡ビル		32	8	
12		八重洲第7長岡ビル		36	9	
13		八重洲第8長岡ビル		32	8	
14		アーバンスクエア八重洲ビル		40	10	
15		福清ビル		40	10	
16		国際興業第二ビル		28	7	
17		三得八重洲ビル		40	10	
18		第二浅川ビル		28	7	
平均				36.2		

\* 1) フロア高さ4[m]を仮定

\* 2) フロア数 あるいは テナントの最高フロア

参考

<http://listing.tokyooffice.jp/search/%E5%85%AB%E9%87%8D%E6%B4%B2?order=2>

### 3. 写真撮影にビル高さの調査

23区内の道路に面したビルの平均高さを求めるために、代表的と思われる5箇所を選択し、道路に面したビルの写真を取り、ビル高さを求め、5箇所の平均より、平均ビル高さを求めた。5箇所の道路幅（車道+歩道+セットバック）についても地図データより調べた。

5箇所を以下に示す（図1参照）。

- (1) 八重洲付近
- (2) 港区役所付近
- (3) 世田谷区役所付近
- (4) 新宿区役所付近
- (5) 江戸区役所付近

各箇所において道路を定め、道路両側を写真にとり、写真よりのビル（建物）の高さを推定した。具体的にはフロア階数を写真から読み、4[m]をかけてビル高さとした。結果を表4に示す。詳細は Attachment A に示す。平均ビル高さは24.1[m]、平均道幅は32.3[m]であった。

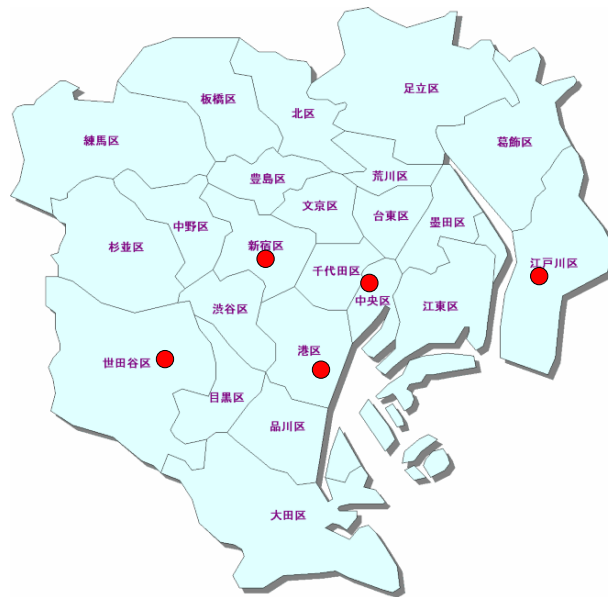


図1 ビル高さ調査箇所： 5箇所

表4 写真によるビル高さの推定

場所	ビル 階数										片側 平均ビル階数	平均ビル高さ [m]	道幅 [m] (車道、歩道、 セットバック)
	8	8	8	8	8								
八重洲	8	8	8	8	8						8.0	32.4	41.5
	8	8	8	8	9						8.2		
港区役所	7	4	6								5.7	23.8	14.9
	7	2	7	9							6.3		
世田谷区役所	4										4.0	16.0	25.5
	4	5	3	5	3						4.0		
新宿区役所	7	7	7	7	7	3	9	9	9		7.2	33.1	38.3
	10	10	9	9	9	9					9.3		
江戸川区役所	4	5	4	4	4	5					4.3	15.3	41.5
	4	3	4	3	2	4					3.3		
平均											6.0	24.1	32.3

\*フロアー高 4[m]を仮定。

#### 4. まとめ

23区内の道路に面したビル高さの平均を、文献・Internetによる調査と、実際に23区より5箇所を選び撮影した写真による調査により調べた。文献・Internetでは平均的なビル高さの推定にいたらなかった。写真による推定では、平均ビル高さは24.1[m]であった。また5箇所の平均道幅は32.3[m]であった。

#### 参考文献

- [1] <http://members.at.infoseek.co.jp/marihide/poi.htm> (100m以上)
- [2] <http://members.at.infoseek.co.jp/marihide/t60ue.htm> (60~90m)
- [3]

<http://listing.tokyooffice.jp/search/%E5%85%AB%E9%87%8D%E6%B4%B2?OVRW=%E5%85%AB%E9%87%8D%E6%B4%B2%E9%88%B4%E6%9C%A8%E3%83%93%E3%83%AB&OVKEY=%E5%85%AB%E9%87%8D%E6%B4%B2%20%E9%88%B4%E6%9C%A8&OVMT=advanced&OVADID=7271339541&OVKID=59785559541>

[Attachment A] 写真によるビル高さの推定  
 (1) 八重洲



八重洲 道路北側： 左より(8階、8階、8階、8階、8階)



八重洲 道路南側： 左より(8階、8階、8階、8階、9階)



図1 八重洲

道幅（車道＋歩道）： 41.5[m]

(2) 港区役所付近



港区役所 道路の東側（7階、4階、6階）



港区役所 道路の東側（7階、2階、7階、9階）



図2 港区役所付近  
道幅（車道＋歩道）： 14.9[m]

(3) 世田谷区役所付近



世田谷区 道路西側：(4階)



道路東側：(4階、5階、3階、5階、3階)



図3 世田谷区役所付近  
道幅(車道+歩道+セットバック)：25.5[m]

(4) 新宿区役所付近



新宿区 道路北側：(7階、7階、7階、7階、7階) (3階、9階、9階、9階)



道路南側：(10階、10階、9階、9階、9階、9階)





図4 新宿区役所付近  
道幅（車道＋歩道）： 38.3[m]

(5) 江戸川区役所付近



江戸川区 道路東側：(4階) (5階、4階、4階、4階、5階)



道路西側：(4階、3階、4階、3階、2階、4階)



図5 江戸川区役所付近  
道幅(車道歩道17m+セットバック12.8m) : 29.8[m]

## 交通流密度

### 1. 緒言

東京都区内の交通流密度を求めている。

### 2. 人口密度上位 13 区の交通流密度

東京都の交通流密度の算出手順を表 参 4-5-C1 に示す。交通流密度は 128 台/km<sup>2</sup> となる。人口密度上位 13 区の交通流密度は、人口密度上位 13 区と東京都の人口密度比 (2.837) を掛け、交通量密度 363 台/km<sup>2</sup> を算出している (表 参 4-5-C2 参照)。

参考として、上位 13 区の人口密度を表 参 4-5-C3、全国の交通流密度を表 参 4-5-C4 に示す。また、参考にした文献を [C1-C9] に示す。

表 参 4-5-C1 交通流密度

		引用元 (計算式)	全国平均	東京都	備考
a) 平均交通量	台/24h	[C1]	8,040	26,874	
b) 日中平均交通量	台/12h	[C1]	5,933	17,283	
c) 日中走行の割合	%	b)/a)	73.8%	64.3%	
d) 平均速度	km/h	[C1]	35	20.2	混雑時走行速度
e) 年平均走行距離	km	[C2]	9,807	8,336	東京都は関東の数値
f) 1日の走行距離	km/day	e) ÷ 365日	26.9	22.8	24時間
g) 1日の使用時間	h	f) × c) ÷ d)	0.566	0.727	日中12時間
h) 自動車の使用率	%	g) ÷ 12時間	4.72	6.06	
i) 車両密度	台/km <sup>2</sup>	[C3]	210	2113	
j) 交通量密度	台/km <sup>2</sup>	h) × i)	9.91	128.03	

表 参 4-5-C2 交通流密度—人口密度上位 13 区

	面積	人口	人口密度	人口密度比	交通量密度の換算
	km <sup>2</sup>	人	人/km <sup>2</sup>		台/km <sup>2</sup>
東京都	2187	12,805,039	5,854	1.000	128.03
東京 2 3 区	622	8,663,751	13,933	2.380	304.73
人口密度上位 1 3 区	274.5	4,557,723	16,607	2.837	363.21

[http://www.metro.tokyo.jp/PROFILE/map\\_to.htm](http://www.metro.tokyo.jp/PROFILE/map_to.htm)

平成20年1月31日更新

表 参 4-5-C3 人口密度

地域	人口	面積	人/km2
<b>総数</b>	<b>12,805,039</b>	<b>2,187.42</b>	5,854
<b>区部</b>	<b>8,663,751</b>	<b>621.81</b>	13,933
千代田区	43,946	11.64	3,775
中央区	106,868	10.15	10,529
港区	208,326	20.34	10,242
新宿区	310,570	18.23	17,036
文京区	195,871	11.31	17,318
台東区	168,673	10.08	16,733
墨田区	239,188	13.75	17,395
江東区	438,200	39.8	11,010
品川区	356,046	22.72	15,671
目黒区	267,894	14.7	18,224
大田区	675,914	59.46	11,368
世田谷区	857,046	58.08	14,756
渋谷区	204,445	15.11	13,530
中野区	312,477	15.59	20,043
杉並区	536,191	34.02	15,761
豊島区	257,165	13.01	19,767
北区	331,469	20.59	16,099
荒川区	195,656	10.2	19,182
板橋区	529,477	32.17	16,459
練馬区	703,850	48.16	14,615
足立区	632,140	53.2	11,882
葛飾区	428,606	34.84	12,302
江戸川区	663,733	49.86	13,312
<b>上位13区</b>	<b>4,557,723</b>	<b>274.5</b>	<b>224,445</b>

[http://www.metro.tokyo.jp/PROFILE/map\\_to.htm](http://www.metro.tokyo.jp/PROFILE/map_to.htm)

平成20年1月31日更新

表 参 4-5-C4 全国の交通流密度

		茨城県	栃木県	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	山梨県	長野県	関東全域	全国
高速道路	道路延長(km)	139	115	144	173	129	221	139	123	309	1,491	7,061
	人口当り延長(m/千人)	47	58	71	25	22	19	17	139	140	35	56
	面積当り延長(m/km <sup>2</sup> )	23	18	23	45	25	101	57	27	23	30	19
	平均交通量(台/24h)	34,122	42,679	25,216	77,205	53,124	87,072	80,293	31,637	24,202	50,431	31,287
	走行台和(千台和/24h)	4,750	4,917	3,629	13,326	6,837	19,234	11,121	3,882	7,473	75,168	220,917
	平均交通量(台/12h)	25,483	28,153	17,889	53,766	38,370	54,013	49,582	21,223	16,492	33,598	21,382
	走行台和(千台和/12h)	3,547	3,243	2,574	9,280	4,938	11,931	6,867	2,604	5,093	50,078	150,984
	混雑度	0.45	0.43	0.41	0.75	0.58	0.92	0.79	0.47	0.50	0.63	0.55
	混雑時走行速度(km/h)	92.2	91.6	86.9	74.4	88.1	31.1	66.6	82.1	76.6	65.1	75.1
	道路延長(km)	1,090	907	921	848	1,150	321	700	594	1,735	8,264	53,669
人口当り延長(m/千人)	364	454	457	124	196	27	84	672	789	193	426	
面積当り延長(m/km <sup>2</sup> )	179	142	145	223	223	147	290	133	128	164	142	
平均交通量(台/24h)	18,446	14,936	11,896	25,539	22,761	40,136	33,077	11,242	9,420	18,328	12,222	
走行台和(千台和/24h)	20,097	13,544	10,953	21,649	26,166	12,884	23,161	6,674	16,345	151,472	655,949	
平均交通量(台/12h)	13,383	10,879	8,835	17,433	15,704	25,741	21,966	8,335	6,894	12,822	9,982	
走行台和(千台和/12h)	14,580	9,865	8,134	14,778	18,053	8,263	15,381	4,948	11,963	105,965	482,041	
混雑度	1.19	0.98	1.00	1.08	1.02	1.03	0.94	0.97	0.89	1.01	0.92	
混雑時走行速度(km/h)	33.0	36.2	34.3	26.6	29.1	20.3	26.3	34.4	35.2	31.2	36.7	
道路延長(km)	3,333	2,758	2,482	2,469	2,558	2,157	1,401	1,364	3,842	22,365	127,303	
人口当り延長(m/千人)	1,115	1,380	1,233	361	436	185	168	1,543	1,746	523	1,011	
面積当り延長(m/km <sup>2</sup> )	547	430	390	650	496	987	581	305	283	443	337	
平均交通量(台/24h)	6,914	5,566	6,560	10,501	8,127	18,736	13,980	3,887	3,509	8,057	4,988	
走行台和(千台和/24h)	23,048	15,349	16,284	25,923	20,790	40,418	19,591	5,303	13,481	180,187	634,944	
平均交通量(台/12h)	5,297	4,427	5,056	7,450	6,077	12,263	9,417	3,001	2,799	5,851	3,791	
走行台和(千台和/12h)	17,658	12,210	12,550	18,392	15,545	26,454	13,197	4,093	10,755	130,855	482,597	
混雑度	0.83	0.71	0.74	0.95	0.85	1.03	1.08	0.73	0.52	0.83	0.65	
混雑時走行速度(km/h)	35.2	36.3	32.3	25.9	33.1	19.5	22.8	34.8	32.7	29.9	33.4	

	茨城県	栃木県	群馬県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	山梨県	長野県	関東全域	全国	
一般道路	道路延長(km)	4,423	3,665	3,403	3,316	3,708	2,478	2,102	1,958	5,577	30,629	180,972
	人口当り延長(m/千人)	1,479	1,884	1,690	485	632	212	252	2,215	2,535	716	1,438
	面積当り延長(m/km <sup>2</sup> )	726	572	535	873	719	1,133	871	438	411	607	479
	平均交通量(台/24h)	9,755	7,884	8,004	14,345	12,664	21,508	20,342	6,117	5,348	10,828	7,133
	走行台和(千台和/24h)	43,145	28,893	27,237	47,572	26,956	53,302	42,752	11,977	29,826	331,659	1,290,893
	平均交通量(台/12h)	7,289	6,024	6,078	10,002	9,062	14,009	13,598	4,618	4,073	7,732	5,330
	走行台和(千台和/12h)	32,238	22,075	20,684	33,170	33,599	34,717	28,577	9,042	22,718	236,820	964,638
	混雑度	0.96	0.81	0.83	1.00	0.93	1.03	1.00	0.84	0.67	0.90	0.76
	混雑時旅行速度(km/h)	34.6	36.3	32.8	26.0	31.8	19.6	23.9	34.6	33.4	30.2	34.3
	合計	道路延長(km)	4,562	3,780	3,547	3,489	3,836	2,699	2,240	2,081	5,886	32,120
人口当り延長(m/千人)		1,526	1,892	1,761	510	654	231	269	2,354	2,675	751	1,494
面積当り延長(m/km <sup>2</sup> )		749	590	557	919	744	1,234	928	466	433	636	498
平均交通量(台/24h)		10,499	8,945	8,702	17,455	14,022	26,874	24,049	7,623	6,337	12,666	8,040
走行台和(千台和/24h)		47,895	33,809	30,865	60,898	53,793	72,536	53,872	15,859	37,299	406,827	1,511,810
平均交通量(台/12h)		7,844	6,698	6,557	12,167	10,045	17,283	15,823	5,598	4,725	8,932	5,933
走行台和(千台和/12h)		35,786	25,318	23,259	42,450	38,537	46,648	35,445	11,646	27,811	286,898	1,115,622
混雑度		0.87	0.73	0.74	0.93	0.87	1.00	0.95	0.72	0.63	0.84	0.72
混雑時旅行速度(km/h)		35.3	37.0	33.7	26.9	32.5	20.2	24.9	35.9	34.4	31.0	35.0
人口(千人)		2,990	1,998	2,014	6,838	5,863	11,680	8,324	884	2,200	42,793	125,860
人口密度(人/km <sup>2</sup> )	491	312	316	1,801	1,137	5,342	3,449	198	162	848	333	
面積(km <sup>2</sup> )	6,094	6,408	6,363	3,797	5,156	2,187	2,414	4,465	13,585	50,469	377,829	
製造品出荷額(10億円)	11,107	7,967	8,085	14,700	11,762	19,432	22,979	2,462	6,700	105,195	305,840	
商品販売額(10億円)	7,867	6,056	6,258	17,011	13,427	203,119	23,038	2,165	7,406	286,357	639,285	
自動車保有台数(千台)	2,149	1,439	1,566	3,498	3,083	4,178	3,572	658	1,699	21,840	71,458	
人口当り保有台数(台/人)	0.719	0.720	0.777	0.511	0.526	0.358	0.429	0.744	0.772	0.510	0.568	
自動車免許保有者数(千人)	1,861	1,271	1,304	4,055	3,462	6,351	4,848	555	1,404	25,112	73,793	

[C1] 各種一覧表(平成11年度 新・道路交通センサスより)

[参考文献]

[C1] 関東地域の道路交通 各種一覧表(平成11年度 新・道路交通センサスより)

[C2] ディーゼル乗用車の経済分析、ガソリン車・ハイブリッド車との比較 株式会社三菱総合研究所  
<http://www.meti.go.jp/committee/materials/downloadfiles/g41116b40j.pdf>

[C3] 24GHz 帯 UWB 近距離レーダ搭載車両の日本市場における普及予測の初期検討(和訳)  
[http://www.soumu.go.jp/joho\\_tsusin/policyreports/joho\\_tsusin/ubw\\_wlssystem/pdf/070523\\_1\\_sa3.pdf](http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/ubw_wlssystem/pdf/070523_1_sa3.pdf)

[C4] 人口: 自治省「平成11年版住民基本台帳人口要覧」による10年度末値

[C5] 面積: 総務庁「平成7年国勢調査」

[C6] 製造品出荷額: 通商産業省「平成10年工業統計」

[C7] 商品販売額: 通商産業省「平成11年商業統計」

[C8] 自動車保有台数: 運輸省「平成11年度自動車保有車両数」

[C9] 自動車免許保有者数: 警察庁「平成11年交通統計」

“宇宙研究業務： 干渉検討 26GHz 帯 UWB レーダ”

1. 基本的考え方

早期な UWB レーダ安全システムの導入により、安全への寄与を検証することを目標とする。ここでは、UWB レーダの宇宙研究業務 (Space Research Service、SRS) への与干渉 (Down Link) を検討する。干渉は I/N で評価した。

2. 基本事項

- \* 車両密度: 衛星一登録車両 7900 万台を対象。校正局一日本全土の平均密度を使用。
- \* レーダ稼働率: 50%
- \* レーダ装着率 (普及率): 40% (26GHz)
- \* 車両当たりのレーダ数: 4 個
- \* I/N -10dB
- \* 干渉しきい値: 1% (I/N のうち 1% を割り当てる)
- \* 干渉緩和
  - バンパー損失 3dB
  - 偏波 3dB
- \* 受信アンテナゲイン
  - 地上面 0dBi

3. 宇宙研究及び干渉検討

(1) 宇宙研究のためのシステム

ここでは、固定衛星 (高度 35785[km])、移動衛星 (高度 800[km] 及び 軌道 L1, L2) より、地上局への Down-Link に対する UWB-radar 車両への干渉を検討する。検討するシステムを図 1 に示す。SRS 基本諸元を [添付] に示す。

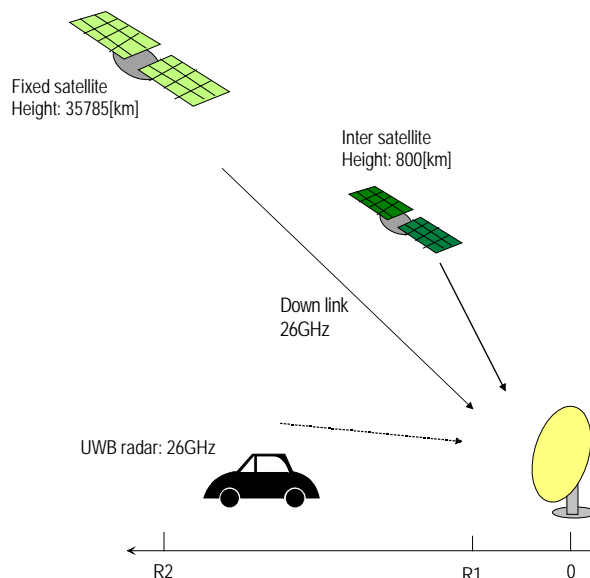


図 1 Space Research Service Frequency: 25.5~27[GHz].

- (2) 干渉雑音しきい値  
各受信系の熱雑音及び干渉しきい値を表1に示す。

表1 熱雑音 及び 干渉しきい値

	T	log(T)	$\Delta f$	Noise	Threshold (10dB lower)		Appot 1%
	K	dB	Hz	dBW/ $\Delta f$	dBW/kHz	dBm/MHz	dBm/MHz
SRS	150.0	21.8	1000	-176.8	-186.8	-126.8	-146.8

Boltzmann constant:  $k$  1.3807E-23 J/K  
-228.59914 dBW

$$N = 10 \log(kT\Delta f)$$

- (3) 地上局への干渉  
マージン計算結果を表2に示す。5.7[dB]のマージンとなる。

表2 Interference to SRS station

	unit		Remark
Frequency	GHz	26.25	=(25.5+27)/2
UWB SRR parameter			Source: RAS study
EIRP_single	dBm/MHz	-41.3	
	mW/MHz	7.41E-05	
Radar density $\rho$	SRR/km <sup>2</sup>	841.4	79473595(veh)x4(radar/veh)/377819.23(km2)
Wave length $\lambda$	m	0.0114	
Outer radius R2	m	35000.0	35km
inner radius R1	m	30.0	30m
Aggregated UWB radar emission power (Free space loss)	mW/MHz	2.29E-12	
	dBm/MHz	-116.4	
$EIRP_{sum} = \rho \times EIRP_{SRR} \times \frac{\lambda^2 \times 10^{-6}}{8\pi} \times \ln \left  \frac{R_2}{R_1} \right $			<i>mW / MHz</i>
Mitigation Factor			Source: RAS study
Radar activity factor	dB	3.0	
Effective vehicle usage ratio	dB	13.2	4.8%, 4th Study group
Bumper loss	dB	3.0	
Clutter loss	dB	7.0	
Radar Antenna direction	dB	6.0	90[deg]/360[deg]
Penetration 40%	dB	4.0	
Total	dB	36.2	
Aggregated UWB radar emission power (with mitigation factor)	dBm/MHz	-152.6	
Receiver Antenna gain	dBi	54.0	
Relative gain (horizontal plane)	dB	-54.0	0[dBi] for vehicles on ground
Aggregated UWB radar emission	dBm/MHz	-152.6	
Interference threshold	dBm/MHz	-146.8	
Margin	dB	5.7	

検討にあたり用いた主たる仮定を以下に示す。

#### UWB レーダ

- (1) アンテナ水平面内4方向のうち1方向が地上局を向いている。

(Radar antenna direction -6[dB])

- (2) 最大アンテナゲインの指向が地上局に向いている。

#### 車両・レーダ台数

- (1) 全国の登録台数(7900万台)に実効使用率(4.8%)を掛けて実効車両台数算出。

- (2) レーダ数は、車両当りの個数、普及率(車両搭載率40%)、稼働率を考慮し実効台

数を算出。

伝搬（車両から地上局）

- (1) RAS での検討手法を踏襲。R1=30[m]、R2=35[km]。
- (2) Clutter Loss (7[dB])を考慮。

地上局

- (1) 地上の車両からの受信ゲインを 0[dBi]として使用。

4. まとめ

UWB レーダ(26GHz)の宇宙研究業務（SRS）へ干渉検討を行った。5.7dB で正のマージンが得られた。干渉許容値は、熱雑音レベルより 30dB 低い値としている。

[添付] JAXA 資料

表 A1 SRS Link budgets \*)

#	Item	Inter-sate	Fixed sate	L1,L2
1	Frequency (GHz)	26		
2	Satellite altitude (km)	800	35,785	L1,L2
3	Data rate (Mbits/s)	400		
4	Modulation method	QPSK		
5	Transmitter power (dBW)	7	13	17.5
6	Filter, cable loss (dB)	-0.5		
7	Transmitting antenna diameter (m)	0.35	0.88	0.88
8	Transmitting antenna gain (dBi)	37.0	45.0	47.3
9	Antenna 3 dB beamwidth (degrees)	2.32	0.92	0.92
10	e.i.r.p. (dBW)	43.5	57.5	62.8
11	Beam-edge allowance (dB)	-3.0		
12	Path loss (dB)	-188.2	-212.9	
13	Spectral pdf (dB(W/(m <sup>2</sup> MHz)))	-118.0	-128.6	
14	Receiving antenna gain (dBi)	45.0	55.0	81.8
15	Receiver noise temperature (K)	100.0		
16	Elevation angle (degrees)	10.0		
17	Antenna noise temperature (K)	50.0		
18	Receiving system temperature (K)	150.0		
19	Modulation filter loss (dB)	-0.5		
20	Demodulator loss (dB)	-0.5		
21	Mean received Eb/N0 (BER=1xE-6) (dB)	18.1	17.4	
22	Theoretical Eb/N0 (BER=1x10E-6) (dB)	10.5		
23	Required Eb/N0 (BER=1x10E-6) (dB)	11.5		
24	Margin (dB)	6.6	5.9	6.0

\*) JAXA 提供



## “EESS 干渉再検討”

## 1. 基本的考え方

JAXA 推奨値ベース、推進側推奨値ベースのマーヅン間に大きな隔たりがある。特に JAXA 推奨値ベースのマーヅンは UWB レーダ車両 1%普及率に対し-8.8[dB] となっている。これはすべてのアドホックの中で最大の負マーヅンとなっている。そこで、いくつかの項目について再見直しを行うこととなった。

## 2. 会議

推進側と JAXA との間で、平成 21 年 4 月 21 日～7 月 15 日の間に 4 回の会議を開き、再検討を実施した。

## 3. 見直し事項 及び 結果

- 1) Apportion の見直し：
  - ⇒マイクロ UWB 同様 1%Apportion とする。
- 2) ビル遮蔽（反射損失）の再考慮：（探査エリア 306 [km<sup>2</sup>] で東京 23 区の半分）
  - ⇒今回は考慮しない。
- 3) レーダ稼働率見直し（50% → 34%）：
  - ⇒今回は 50%（ITU-R で使用している値）
- 4) 大気吸収損失の見直し（0.6dB → 1.7dB）：
  - ⇒変更はせず、0.6dB とする。
- 5) 車両の 2 次反射を考慮しない（ITU-R では 1 次反射まで）：
  - ⇒2 次反射を考慮する。
- 6) 検討エリア・許容干渉レベルの見直し：
 

GCOM-W1（マイクロ波放射計を搭載する水循環変動観測衛星、2012 年打上げ予定）は主として海洋上の探査のためのシステムであり、ITU 干渉許容レベル-166[dBW]（温度分解能 0.05 [K] に対応）は、海洋の熱雑音温度をベースにしたものである。密集市街地の干渉許容レベルとしては低すぎる。（推進側）

  - ⇒ JAXA:GCOM-W1 衛星は海域の観測だけでなく陸域の観測も行う衛星である（文献[2]）。既に軌道上から観測を行っている AMSR-E でも陸域での使用も始まっている。

Rec. ITU-R RS. 1028 は地球の陸域、海域及び大気を受動観測について 23.6~24GHz 帯での観測感度を 0.05K と規定しており、特に海域観測に限って規定しているものではない。AMSR-2 の 24GHz 帯の最小受信感度の仕様値は 0.6K 以下（観測対象温度 150K、積分時間 2.5ms で規定している。実際の感度はさらにより値となる。）で、単一の観測データのみでは 0.6K 相当の電力以下の干渉信号を識別できないことになるが、観測データは個々の受信データがそれだけで利用されるだけでなく、単一データの瞬時視野に相当する領域（海域及び陸域）についてそれらの年平均を求めるとなような形でも一般に広く利用されている。この場合、年平均処理において、たとえば赤道付近の瞬時視野相当領域に対する年間平均観測個数は、1600 点程度となり、温度分解能は 0.05 [K] より小さくなる。緯度の高い東京では観測回数はさらに多くなり、温度分解能はさらに小さくなる。したがって、陸域密集地の干渉レベルを緩和できない。（詳細は 4 章）

## 4. 検討エリア・許容干渉レベルの検討

検討エリア・許容干渉レベルの検討結果を述べる。

## 4. 1 検討エリア

今回の検討エリアは、AMSR-2 の Footprint が 306.3 [km<sup>2</sup>]、東京 23 区 (621 [km<sup>2</sup>]) ではなく、人口密度上位 13 区 (274 [km<sup>2</sup>]) の密集地を検討エリアとした。この検討エリアをベースに交通流密度等を計算した。

#### 4. 2 許容干渉レベル

干渉評価に干渉許容レベル $-166$  [dBW] (Rec. ITU-R RS. 1028-2) を用いている。これは、温度分解能  $0.05$  [K] に対応している ([添付])。この結果、車両普及率  $1\%$  に対し  $-8.8$  [dB] となった。

#### 4. 3 論点

干渉許容レベル $-166$  [dBW] (温度分解能  $0.05$  [K]) は、海洋の熱雑音温度をベースにしたものであり、密集市街地の干渉許容レベルとしては低すぎる。(推進側)

#### 4. 4 JAXA 回答

##### (1) 陸域使用

AMSR-E からは  $24$ GHz 帯に垂直・水平偏波が設定され (従来センサは垂直偏波のみ) 陸域においても水蒸気量に対する観測情報が増えたこと、陸域放射モデルの研究が進展していることから、陸域での水蒸気量算出が行われるようになっている。GCOM の時代には更に解析手法が高度化され、陸域利用が重要となる ([1])。

##### (2) 干渉レベル

現在干渉検討に使用している ITU-R の干渉許容レベル $-166$  [dBW] (温度分解能  $0.05$  [K]) を陸域密集地に適用することは適切であるかを検討した。

ITU-R の温度分解能  $0.05$  [K] を実現するには、受信機のシステム雑音温度を一定とすれば積分時間を長くする必要があり、それにより観測域の面積は大きくなる。高密度地の範囲は限定されており、大きな観測領域全体に  $0.05$ K を使用して評価を行うことは不適切ではないか。たとえば、JAXA の計画している AMSR-2 の現状計算温度分解能 ( $0.6$  [K]、[2]) と ITU-R ( $0.05$  [K]) では、 $10$  倍以上の差があり、これは積分時間  $100$  倍以上の差に対応する。

平均により温度分解能を向上させて観測することが現在広く行われている。AMSR-E では  $10$ km 間隔でデータサンプリングを行っているため、緯度経度  $0.25$  度格子内に瞬時視野中心が入った複数個のデータをすべて平均している。実際に年平均処理をすると、赤道付近における年間平均個数は、少ない場合で  $1600$  点程度となる。温度分解能は、個数の平方根で除した程度改善され则认为される。AMSR-E  $23.8$ GHz 帯における温度分解能は、打ち上げ前の仕様値で  $0.6$ K (観測対象  $150$ K の場合) であるが、軌道上評価結果からは、観測対象  $300$ K 換算で  $0.5$ K 程度であった。陸域の輝度温度は垂直偏波の方が水平偏波より高く、熱帯雨林域では  $280$ K 程度である。よって、熱帯雨林域を観測する場合の瞬時の温度分解能は  $0.5$ K よりも小さいと认为される。上述の条件で年平均した場合、 $0.5/\sqrt{1600} \rightarrow 0.013$ K となる ([3])。これは、ITU-R の  $0.05$ K より厳しい値となっている。緯度の高い東京では観測回数は高くなり、温度分解能はさらに小さくなる。したがって、陸域密集地の干渉レベルを緩和できない。

#### 4. 5 討議

回答結果に対し以下の討議を行った。内容は必ずしも、推進側が納得するものではなかった。

##### (1) ユーザーから、東京 23 区でこのような精度の要求はあるのか？

(JAXA) 今はないが、要求があったときに答えられるようにしたい。

(2) もっとも交通流密度の高いエリア 1 点 (東京 23 区内の最密集地) を選んで、レーダの普及率で決定する方法は不自然である。地球全体では百万分の  $1$  である。

(JAXA) 最悪値をベースとした計算方法に基づいて普及率を計算してほしい。

(JAXA) 基本的に陸海とも ITU-R の温度分解能  $0.05$  [K] ベースとした計算方法に基づいて評価するべきと考える。

## 2. まとめ

種々の項目について、干渉の再検討を行った。とくに、陸域密集地における干渉レベルにはついては詳細な検討・討議を実施した。しかしながら、UWB レーダ車両 1%普及率に対し-8.8[dB]の負のマーヅンを改善する合意案は得られなかった。再検討はここに終了するが、検討内容は記録として残すこととした。

参考文献

- [1] 参考資料 4-5-3a.
- [2] 信学技報、Vol. 107, No. 112, SANE 2007-48, pp.39-43, 2007年6月.
- [3] 参考資料 4-5-3b.

[添付] 干渉許容レベル I\_level と温度分解能 ΔTe  
 文献“Rec. ITU-R RS.1029-2”が、干渉許容レベルと温度分解能の関係を述べている。両者の関係は式 (2) 及び(3)で表される。

$$\Delta Te = \alpha Ts / \sqrt{Bt} \quad [K] \quad (1)$$

Radiometric resolution,	ΔTe [K]
Receiver system constant,	α
System noise temperature,	Ts = Antenna temp + Receiver noise temp [K]
Band width,	B [Hz]
Sensor integration time,	t [sec]

$$\Delta P = k \Delta Te B \quad [W] \quad (2)$$

Radiometer threshold,	ΔP
Boltzmann' s constant,	k=1.38e-23[J/K]
Band width,	200[MHz]

$$I\_level = 0.2 * \Delta P \quad [W] \quad (3)$$

$$I\_UWB = app * I\_level \quad [W] \quad (4)$$

Interference level,	I_level [W]
Apportion,	app= 0.01
interference level for UWB,	I_UWB [W]

## 地球探査衛星（受動）における24GHz帯の重要性

## 1. 概要

地球環境変動観測ミッション（GCOM）第1期水循環変動観測衛星（GCOM-W1）に搭載される高性能マイクロ波放射計2（AMSR2）等には、24GHz帯の水蒸気観測帯域を必ず設定する。これは、地球上で最も温暖化効率の高い水蒸気量の観測が非常に重要であることに加え、他の地球物理量を算出する際にも必ず水蒸気の補正が必要となるためである。本資料では、24GHz帯の重要性について簡単に述べる。

## 2. 利用分野

- (ア) 水蒸気量は地球の気候と水循環を理解する上で重要な観測量であり、その継続的で精緻な観測が求められている。このような気候変動・水循環変化を観測することがGCOM-Wの主ミッションであり、そのデータは国内外の様々な研究所・大学等で活用され、将来の気候変動変化に対する知見が得られる。
- (イ) 気象現況把握及び将来予測に対しても水蒸気の場合は必須の情報である。気象庁を含む国内外の数値天気予報においては、衛星から導出される水蒸気に関する情報が準リアルタイムで逐次入力され、天気予報の精度向上に貢献している。

## 3. 重要性

- (ア) 水蒸気観測には、水蒸気を持つ固有の吸収線を測定する必要がある。マイクロ波帯の吸収線は22.235GHzに存在するが、水蒸気鉛直分布が誤差に与える影響の低減や低緯度域での飽和を避けるため、吸収線中心を外した設定がなされる。このような点を考慮し、ITU勧告で受動のみに割り当てられ発射禁止帯とされている23.8GHz帯を用いている。赤外やさらに高周波の183GHz帯を用いる観測も存在するが、赤外は雲の影響を除けず、高周波では最も水蒸気量の集中する対流圏下層は見えない。このことから、ある程度透過性を持つ24GHz帯は不可欠の周波数帯である。
- (イ) 陸域のマイクロ波放射が海域に比べて強く水蒸気量に対する感度が小さいこと、ならびに陸域のマイクロ波放射モデルの研究が進展中だったことから、従来は主に海域における水蒸気量の導出が行われていた。しかしながら、AMSR-Eからは24GHz帯に垂直・水平偏波が設定され（従来センサは垂直偏波のみ）陸域においても水蒸気量に対する情報が増えたこと、陸域放射モデルの研究が進展してきていることから、陸域での水蒸気量算出が行われるようになってきている。GCOMの時代には更に解析手法が高度化され、陸域利用が重要となる。
- (ウ) 水蒸気量の導出に直接用いる以外にも、他の地球物理量を算定する過程において24GHz帯の情報を頻繁に用いている。
- (エ) GCOMは米国のNPOESSと観測・データ交換協力を行い、共同して全球の長期気候観測を行うこととしている。米国を含む諸外国のマイクロ波放射計でも24GHz帯を搭載しており、気候・気象観測のために地域の区別なく観測データが用いられる。

## 4. まとめ

以上から、24GHz帯はGCOM-W搭載AMSR2及びその後継ミッション、ならびに諸外国のマイクロ波放射計に必要不可欠な周波数帯である。水蒸気吸収線固有の帯域で発射禁止帯ともなっており、電波干渉は致命的であることから、本帯域の保護を強く希望する。

## AMSR-E 23.8GHz 帯輝度温度の陸域年平均値について

図 1 に、AMSR-E 23.8GHz 帯垂直偏波輝度温度（夜間）の年平均全球分布（2003 年）を示す。また、図 2 は陸域特定箇所（熱帯雨林域）における同輝度温度の年平均値の推移を示す。本事例は等緯経度 0.25 度格子（赤道上で約 25km）で平均したものである。この格子サイズは 23.8GHz 帯の瞬時視野（17×29km、幾何平均で約 22km）とほぼ同じであるが、AMSR-E は 10km 間隔でデータサンプリングを行っているため、0.25 度格子内に瞬時視野中心が入った複数個のデータをすべて平均している。実際に年平均処理をすると、赤道付近における年間平均個数は、少ない場合で 1600 点程度となる。温度分解能は、個数の平方根で除した程度改善されと考えられる。AMSR-E 23.8GHz 帯における温度分解能は、打ち上げ前の仕様値で 0.6K（観測対象 150K の場合）であるが、軌道上評価結果からは、観測対象 300K 換算で 0.5K 程度であった。陸域の輝度温度は垂直偏波の方が水平偏波より高く、熱帯雨林域では 280K 程度である。よって、熱帯雨林域を観測する場合の瞬時の温度分解能は 0.5K よりも小さいと考えられる。上述の条件で年平均した場合、 $0.5/\sqrt{1600} \rightarrow 0.013K$  よりも若干小さい等価的な温度分解能になっていると考えられる。

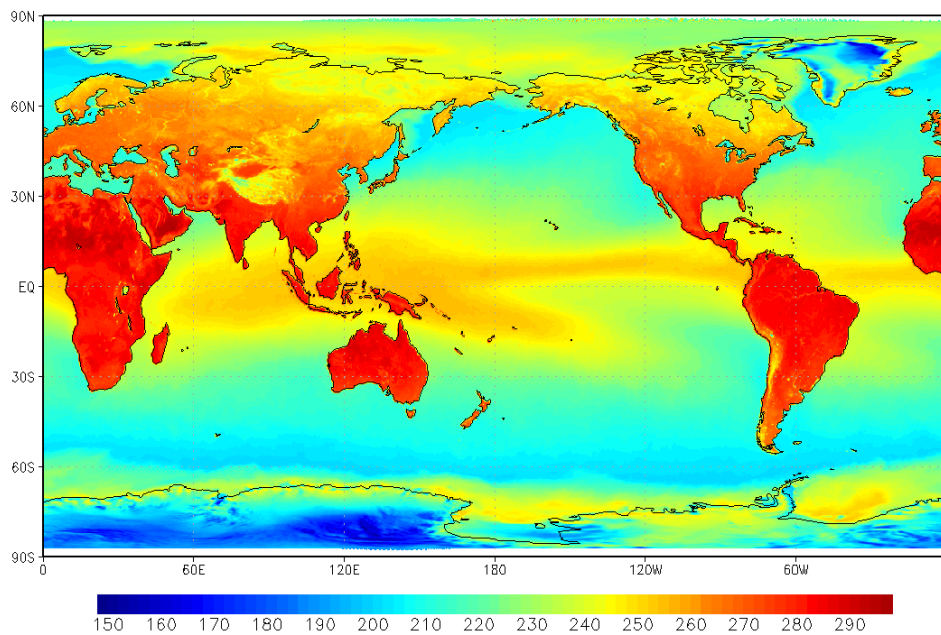


図 1 AMSR-E 23.8GHz 帯垂直偏波輝度温度 [K] の 2003 年の全球年平均分布図。

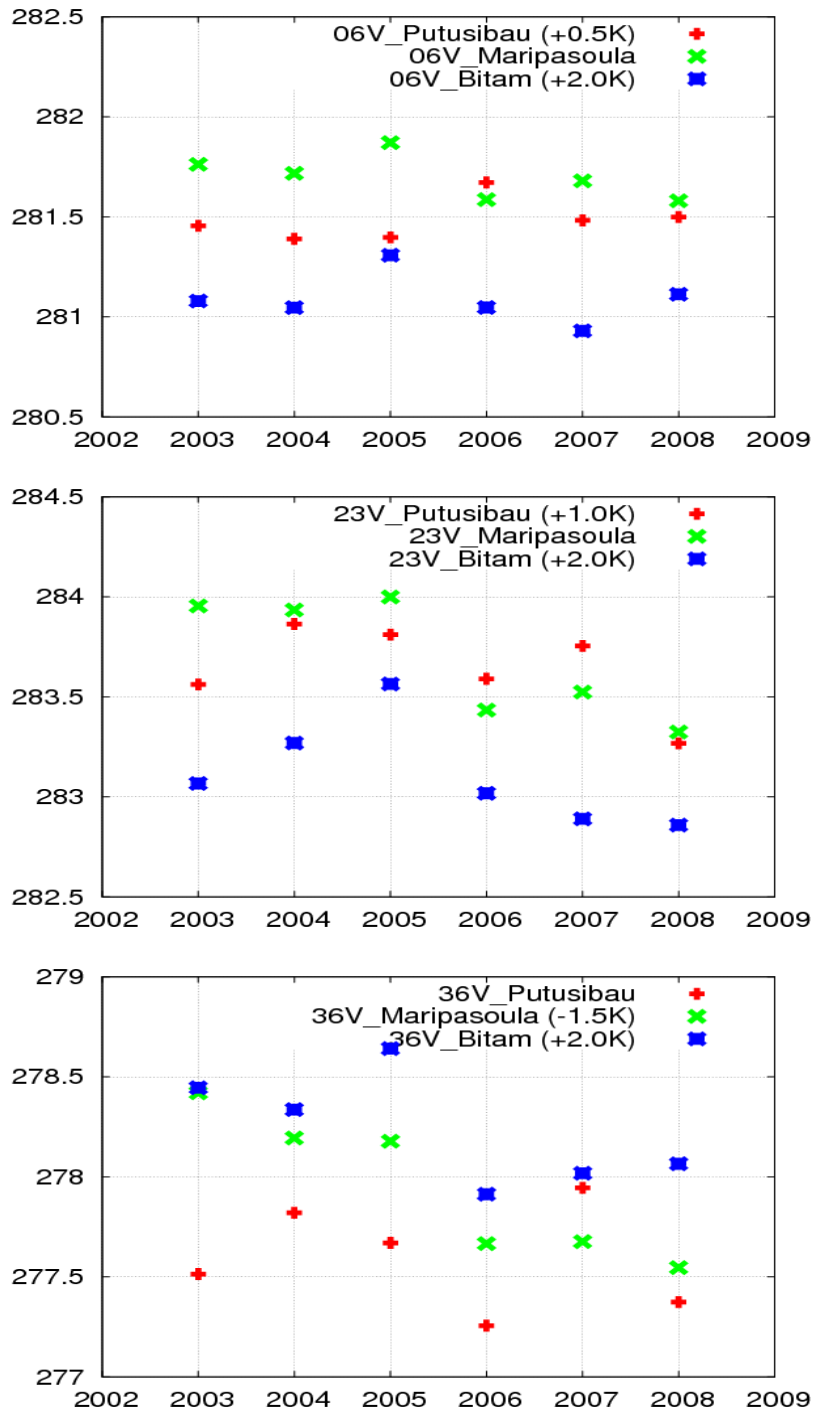


図2 陸域特定点（熱帯雨林域）における AMSR-E 垂直偏波輝度温度の年平均値推移。上から 6.925GHz、23.8GHz、36.5GHz のグラフであり、それぞれ横軸は年、縦軸は輝度温度 [K] である。

## 空港面探知レーダ（ASDE）との共用検討について

UMB レーダシステムと空港面探知レーダ（以下 ASDE : Airport Surface Detection Equipment）との共用検討は以下のとおり。

### 1 ASDE 装置の概要

ASDE は地上 20~100m 程度に設置され、1 秒間に 60 回転旋回するアンテナを用いて空港内を監視するレーダであり、空港地表面の航空機や車面等の動きを監視しそれらの交通の安全を図るための高分解能レーダで、飛行場管制業務に使用される。

#### 1-1 UMBレーダシステムからの影響<sup>1</sup>

ASDE 受信装置入力端において、-88dBm 以上の受信波がある場合、ASDE 側と干渉状態になる。ただし、以下の条件を含んでおり、空港内において一般車両が走行する道路の方向に ASDE の空中線が向いた場合にのみ発生する可能性がある。干渉の度合いは車載側の空中線パターン、送信出力、密集度の複合原因があるため、机上検討では可能性の有無についての検討が可能である。

また、空港の形状では車両走行の道路の取り付けが異なるので条件も変化する。

- (1) 空中線回転周期が 60rpm(1 回転/秒)のため、当該の車載レーダの方位に向いた場合に干渉が発生する可能性がある。
- (2) 空中線が当該方向を向いている方位に加え、送信繰返し周波数(約 1 秒/14,000pps=71.4 μs)の内の受信ゲート時間(約 36 μs)が受信の影響を受ける。
- (3) 2次放射が発生する可能性があり、その遅延電波が混入する可能性がある。

表 1 ASDE 仕様 (抜粋)

	項目	仕様値	備考
1	空中線利得	45dB 以上	
2	周波数範囲	24.25~24.75GHz	
3	空中線垂直方向指向特性	1.8° ±0.2°	cosec <sup>2</sup> 特性
4	空中線水平方向指向特性	0.3° ±0.05°	
5	受信装置中間周波数	160MHz±10MHz	
6	受信装置中間周波帯域幅	120MHz 以上	
7	受信装置雑音指数	5dB 以下	
8	最小受信感度	-88dBm 以下	直線検波 LOG 検波
9	ダitherミッド	25dB 以上(直線ビデオ) 53dB 以上(LOG ビデオ)	
10	有効範囲	3NM(=5.5km)	
11	パルス繰返し周波数	14,000±10%PPS	
12	空中線回転周期	60rpm	

<sup>1</sup>出展：“車載レーダーからの電波干渉について”(アドホック会合資料、2007年5月7日)

## 1-2 干渉保護基準

与干渉側と被干渉側のアドホック協議により、ノイズレベルに対して10dB低い値とすることが合意された ( $1/N=-10\text{dB}$ )。

## 2 干渉検討

### 2-1 予備検討

#### 2-1-1 干渉検討モデル及び干渉計算

図1に本検討で用いる干渉モデルを、表2に干渉パラメータを示す。空港の近くには高速道路、主要幹線道路が存在し、車両がASDEの近傍、あるいはポアサイト方向を走行することが想定される。そこで、この道路からASDEが受信する集合干渉量を推定し、その値とASDEの受信感度に対して設定される干渉しきい値との比較を実施する。

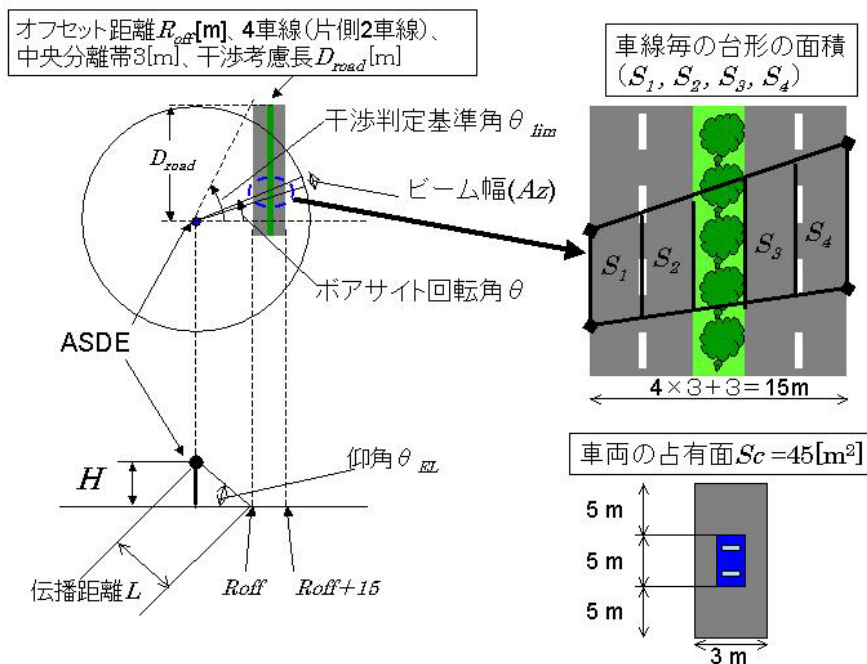


図1 予備検討用干渉モデル

以下、干渉モデルを説明する。干渉検討モデルASDE（設置高 $H$ のポアサイト回転角 $\theta$ に応じて干渉源となる道路（長さ $D_{road}$ 、オフセット $R_{off}$ 、中央分離帯1車線、走行車線4車線）の有無を干渉判定基準角 $\theta_{lim}$ により判定する。 $\theta$ が基準角以内の場合に、各車線毎に干渉発生源の数を計算し、遮蔽効果を考慮した集合干渉量を推定する。

干渉計算は各空港の地理的な事情を考慮してパラメータ ( $H$ ,  $R_{off}$ ,  $D_{road}$ ) を決定し、 $1/N$ を算出するとともに干渉許容値 ( $=-10\text{dB}$ ) と比較することで実施する。

まず、判定基準値  $\theta_{lim}$  を次式により定義する。

$$\theta_{lim} = \tan^{-1} \frac{D_{road}}{R_{off}} [\text{rad}]$$

ここで、 $D_{road}$  [m]、 $R_{off}$  [m] は空港の立地により決定される地理パラメータである。上記  $\theta_{lim}$  とポアサイト回転角  $\theta$  によって変化する  $1/N$  である  $1/N(\theta)$  を以下のように定義し、計算を行った。



$$INR(\theta) = \begin{cases} -80[\text{dB}] & (\theta > \theta_{lim}) \\ P_{rad}^{agg} + ADJ - A_{bump} \\ + Discr_{rad} - FSL + G_{aASDE} - kTBF - M[\text{dB}] & (\theta_{lim} \geq \theta \geq 0) \end{cases}$$

表 2 検討の前提パラメータ

項目		値	単位
ASDE 水平指向半値幅		0.3	deg
ASDE 設置地上高 : H	成田	88.6	m
	羽田	84.6	m
	中部	89.0	m
	大阪	47.7	m
	関西	88.7	m
	福岡	25.0	m
	那覇	37.6	m
SRR 設置高 : h		0.5	m
干渉道路長 : Droad		500~2500	m
干渉道路オフセット : Roff		90~2000	m
車両あたりの占有面積 : Sc		45	m <sup>2</sup>
道路車線数		4	-

表 3  $1/N(\theta)$ 要素の説明

要素	意味	内容	単位	備考
$P_{rad}^{agg}$	集合干渉	$-41.3 + 10 \log(3) + 10 \log(\sum a_i S_i / Sc)$	dBm/ MHz	車両四隅に配置したレーダの3式が干渉。車線毎の台形面積 $S_i$ ( $i=1, 2, 3, 4$ ) を車両占有面積 $Sc$ で除算し干渉台数に変換。また、車線毎に、以下の重み係数を乗算し、簡易遮蔽効果を設定した。 $a_1=1, a_2=0.5, a_3=0.05, a_4=0.025$
$ADJ$	ASDE 帯域変換係数	$10 \log_{10}(120)$	dB	IF 帯域幅 120 [MHz]
$A_{bump}$	SRR バンパ損失	3	dB	共通パラメータ
$Discr_{rad}$	SRR⇒ASDE への利得係数	0	dB	水平
		-20	dB	仰角 15 度以上
$FSL$	自由空間伝搬損	$20 \log_{10}(\frac{\lambda}{4\pi L(\theta)})$	dB	$L(\theta) = \sqrt{(H-h)^2 + \frac{(R_{off})^2}{\cos^2 \theta}}$
$G_{aASDE}$	ASDE アンテナ利得	45	dBi	0 deg (水平)
		コセカント 2 乗パターン $\text{cosec}^2 \theta_{EL} / \text{cosec}^2 \theta_0$	dBi	0~-15 deg (水平~下方)
		0	dBi	-15 deg 以上
$kTBF$	雑音成分	$10 \log(NF \cdot kTB)$	dBm	NF=8 [dB] ※、T=300 [K]、B=120 [MHz] として計算。(=-85 [dBm])
$M$	干渉緩和要素	3	dB	レーダ稼働率
		7	dB	拡散損失

※ NF=8dB は予備検討時の暫定値

## 2-1-2 干渉検討結果

ASDE のボアサイト回転角  $\theta$  に応じて干渉源となる道路(中央分離帯1車線、走行車線4車線)を設定して I/N を評価した結果、羽田空港がもっともマージンが少ないことを確認した。このため、羽田を最悪ケースとすることを合意した。

表 4 初期干渉検討結果

施設名	オフセット $R_{off}$ [m]	地上高 $H$ [m]	道路長 $D_{road}$ [m]	I/N 最悪値 [dB]	マージン [dB]
成田	100	88.6	500	-51.6	41.6
羽田	100	84.6	2500	-19.4	9.4
中部	500	89.0	1000	-31.7	21.7
大阪	1000	47.7	1000	-27.1	17.1
関西	200	88.7	2000	-22.9	12.9
福岡	800	25.0	2000	-20.5	10.5
那覇	1000	37.6	2000	-21.5	11.5

## 2-3 羽田空港を主体とした干渉検討 (平均化モデル)

### 2-3-1 干渉検討モデル及び干渉計算

本検討で用いた干渉モデルを提示する。図2に本検討の説明図を示す。干渉計算はASDEのボアサイト回転角  $\theta$  に応じてビームに干渉対象となる道路が含まれる領域か否か判定することで行う。表5に本モデルで変更した干渉パラメータを示す。車線が12(首都高8+側道4)とし、中央分離帯を特に算入しない。

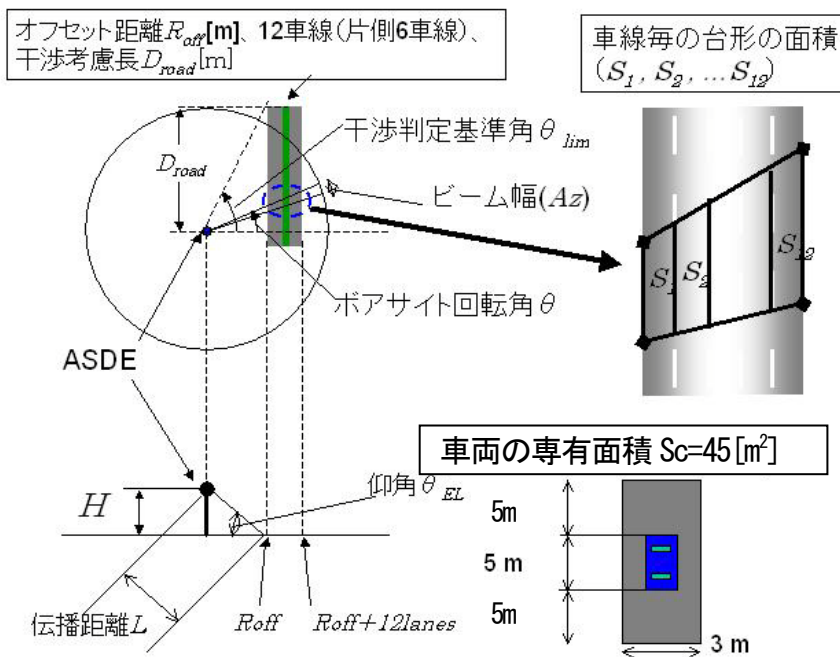


図 2. 羽田空港モデルの説明図

表 5 羽田モデルにおける主要パラメータ

項目	値	単位
道路車線数	12	-

まず、判定基準値  $\theta_{lim}$  を次式により定義する。

$$\theta_{lim} = \tan^{-1} \frac{D_{road}}{R_{off}} [\text{rad}]$$

ここで、 $D_{road}$ [m]、 $R_{off}$  [m] は空港の立地により決定される地理パラメータである。上記  $\theta_{lim}$  とボアサイト回転角  $\theta$  によって変化する1/Nである  $1/N(\theta)$  を以下のように定義し、計算を行った。

$$INR(\theta) = \begin{cases} -80[\text{dB}] & (\theta > \theta_{lim}) \\ P_{rad}^{agg} + ADJ - A_{bump} \\ + Discr_{rad} - FSL + Ga_{ASDE} - kTBF - M[\text{dB}] & (\theta_{lim} \geq \theta \geq 0) \end{cases}$$

表 6  $1/N(\theta)$ 要素の説明

要素	意味	内容	単位	備考
$P_{rad}^{agg}$	集合干渉	$-41.3 + 10 \log(3) + 10 \log(\sum Si / Sc)$	dBm/MHz	車両四隅に配置したSRRの3式が干渉。車線毎の台形面積 $Si$ ( $i=1, 2, \dots, 12$ ) を車両占有面積 $Sc$ で除算し干渉台数に変換。
$ADJ$	ASDE 帯域変換係数	$10 \log_{10}(120)$	dB	IF 帯域幅 120 [MHz]
$A_{bump}$	SRR バンパ損失	3	dB	共通パラメータ
$Discr_{rad}$	SRR⇒ASDE への利得係数	0	dB	水平
		-20	dB	仰角 15 度以上
$FSL$	自由空間伝搬損	$20 \log_{10}(\frac{\lambda}{4\pi L(\theta)})$	dB	$L(\theta) = \sqrt{(H-h)^2 + \frac{(R_{off})^2}{\cos^2 \theta}}$
$Ga_{ASDE}$	ASDE アンテナ利得	$45 - R^{**}$	dB <sub>i</sub>	0 deg (水平)
		コセカント 2 乗パターン $\text{cosec}^2 \theta_{EL} / \text{cosec}^2 \theta_0 - R^{**}$	dB <sub>i</sub>	0 ~ -15 deg (水平 ~ 下方)
		0	dB <sub>i</sub>	-15 deg 以上
$kTBF$	雑音成分	$10 \log(NF \cdot kTB)$	dBm	NF=5 [dB]、T=300 [K]、B=120 [MHz] として計算。 (=-88 [dBm])
$M$	干渉緩和要素	3	dB	レーダ稼働率
		4	dB	普及率 40%
		7	dB	拡散損失

※ ASDE レドーム通過損  $R=1.3$  [dB] を減算する。

## 2-3-2 検討結果

<羽田>

図 3 に羽田空港の略図を示す。ASDE を中心に、主に 3 つの道路を対象として検討する必要があることが分かった。

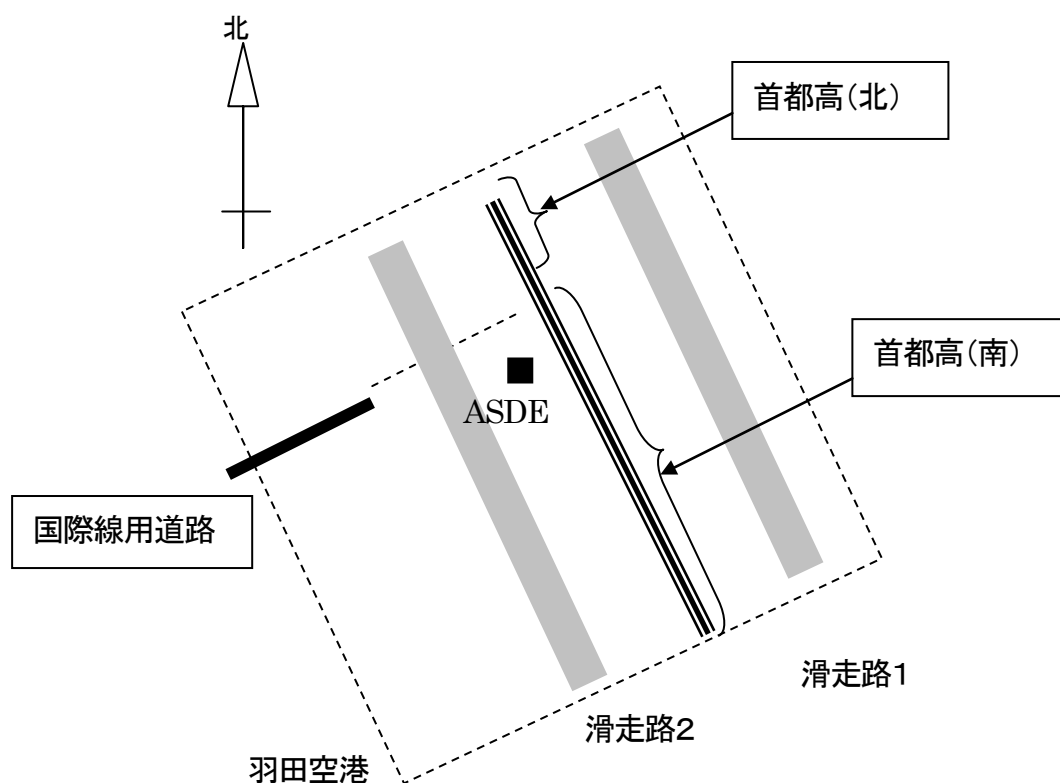


図 3 羽田空港略図

表 7 に干渉検討結果を示す。車間距離 10m では、干渉許容値 ( $I/N = -10\text{dB}$ ) を超えないことが示された。しかし、首都高(南) はマージンが少なめである。当該箇所は交通量も多く、渋滞の多い箇所であることから、より密な車間距離を想定した場合について検討することが必要となった。

表 7 干渉検討結果

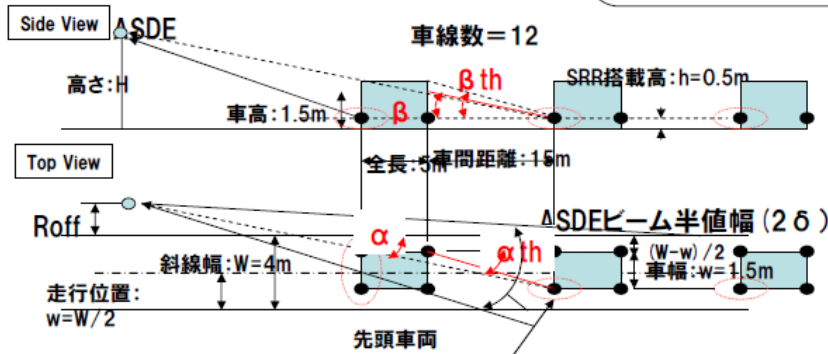
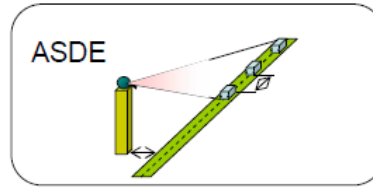
施設名	オフセット $R_{off}$ [m]	地上高 $H$ [m]	道路長 $D_{road}$ [m]	$I/N$ 最悪値 [dB]	マージン [dB]
国際線用	155	84.6	2000	-15.1	5.1
首都高(北)	94	84.6	813	-24.6	14.6
首都高(南)	94	84.6	2200	-12.5	2.5

#### 2-4 羽田空港を主体とした干渉検討 (車両による遮蔽効果を考慮した検討)

2-4-1 干渉モデルと干渉計算より正確な干渉計算のため、所定の車間距離に車両を配置し、車両間の相互の位置関係から遮蔽効果を算入することを検討した。車両による遮蔽効果による伝搬損失は ITU-R TG1/8、及び欧州(SE24)の干渉検討において採用されている。図 4 に本干渉検討に用いるモデルを示す。SRR から ASDE を見込む角度 ( $\alpha R$ ) と、遮蔽する角度 ( $\alpha$ ) の差に応じて最大 22dB 程度の損失が発生する。遮蔽損失は Attachment 2 to the draft new Report ITU-R SM. [UWB.XYZ] (24 October 2005) の近似関数を用いた。

前提条件:

- SRRは車両の4隅に配置。
- このうち、ASDE側の2個が干渉要素として存在。



集合干渉量 =  $\sum \{ (\text{ASDEビーム内に存在する車両台数} \times \text{放射電力} \times \text{搭載台数}) \div \text{遮蔽損失} \}$

$\beta th > \beta$ かつ $\alpha th > \alpha$ のとき、車両の片側のSRRからのビームに遮蔽あり、と判定する。

図 4 遮蔽効果を検討するモデル

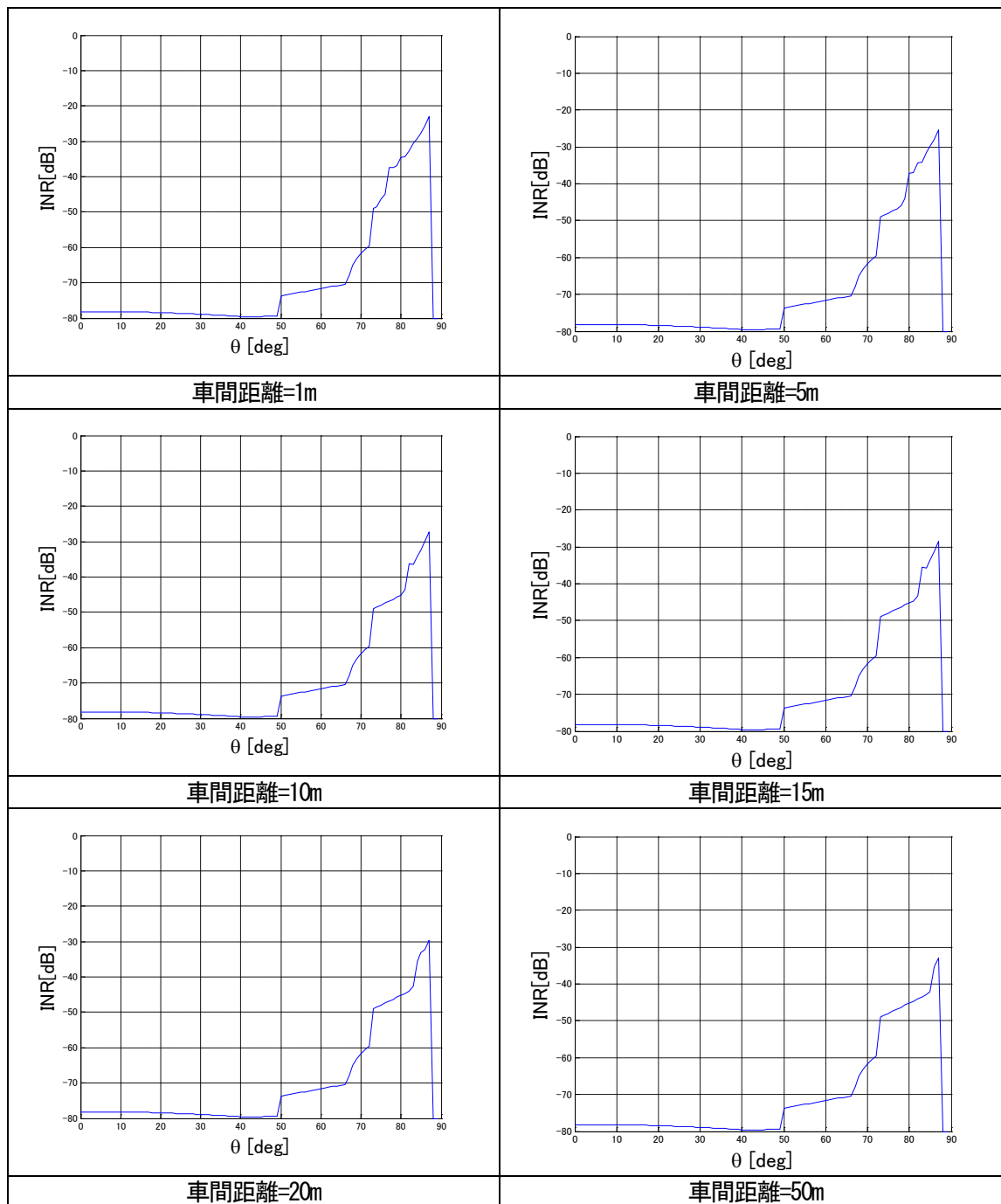
干渉計算の対象として、平均化モデルで最悪値となった首都高(南)を設定した。表 8 に本検討で用いた干渉パラメータを示す。ほとんどは前節と同じであるが、集合干渉が干渉源との位置関係により遮蔽されるモデルとなっている。

表 8 1/N(θ)要素の説明

要素	意味	内容	単位	備考
$\sum P_{rad}^{agg}(N, \rho)$	集合干渉	車両四隅に配置した SRR の ASDE 側 2 式が干渉。ASDE 複域内の車両の位置、レーダの位置 (ρ=左又は右) 情報から算出。	dBm/MHz	遮蔽効果を算入。
$ADJ$	ASDE 帯域変換係数	$10 \log_{10}(120)$	dB	IF 帯域幅 120 [MHz]
$A_{bump}$	SRR バンパ損失	3	dB	共通パラメータ
$Discr_{rad}(N, \rho) \rightarrow ITU-R \text{ のモデルへ変更}$	SRR⇒ASDE への利得係数	0	dB	水平
		$-2/3 \theta_{EL}$	dB	仰角 $\theta_{EL}=0 \sim 30 \text{deg}$ のとき
		-26.66	dB	仰角 $\theta_{EL} > 30 \text{deg}$
$FSL(N, \rho)$	自由空間伝搬損失	ASDE 複域内の車両の位置、レーダの位置 (ρ=左又は右) 情報から算出。	dB	
$G_{ASDE}(N, \rho)$	ASDE アンテナ利得	$45 - R^*$	dB	0 deg (水平)
		$\text{コセカント 2 乗パターン } \text{cosec}^2 \theta_{EL} / \text{cosec}^2 \theta_0 - R^*$	dB	0 ~ -15 deg (水平 ~ 下方)
		0	dB	-15 deg 以上
$kTBF$	雑音成分	$10 \log(NF \cdot kTB)$	dBm	NF=5 [dB]、T=300 [K]、B=120 [MHz] として計算。(=-88 [dBm])
$M$	干渉緩和要素	3	dB	レーダ稼働率
		4	dB	普及率 40%
		7	dB	拡散損失

注 ASDE レドーム通過損 R=1.3 [dB] を減算する。

2-4-2 干渉検討計算結果車間距離を変化させた場合、車両の位置関係が変化する。このため、車間距離をパラメータとして評価を行った。以下に結果を示す。本検討の結果、車間距離を小さくするほど干渉量が増加するが、いずれも、干渉許容値を超えないことがわかった。



同様の検討を国際線、首都高(北)について車間距離 10m について実施した結果を表 9 に示す。いずれも干渉許容値を下回った。

表 9 遮蔽効果を算入した場合の I/N

施設名	車間距離[m]	I/N 最悪値[dB]	マージン[dB]
国際線	10	-29.7	19.7
首都高(北)	10	-36.2	26.2
首都高(南)	10	-27.2	17.2

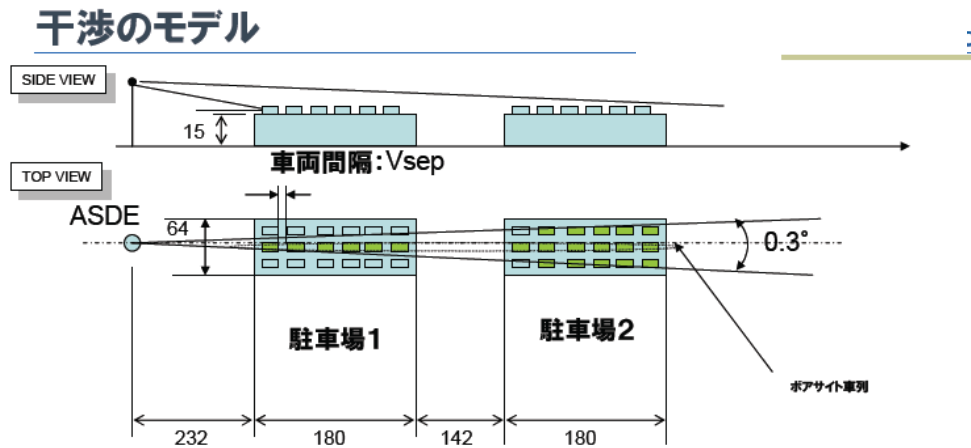
さらに、同様の手法により、現在稼働が予定されている第2羽田、第2成田について検討した。以下、結果を示す。やはり干渉許容値を下回った。

表 10 新規稼働予定の ASDE における I/N 値

施設名	オフセット $R_{off}$ [m]	地上高 $H$ [m]	道路長 $D_{road}$ [m]	VSEP [m]	I/N 最悪値 [dB]	マージン [dB]
第2成田	270	25.085	3700	10	-23.2	13.2
第2羽田	283	43.6	3400	10	-23.5	13.5

2-5 追加検討（駐車場屋上から ASDE への干渉検討）

さらに、ASDE 真横に存在する立体駐車場屋上からの干渉が懸念されるため、モデル化を行い、干渉量を評価した。駐車場は ASDE の真横約 200m の地点に存在し、6 階建てである（1フロア高を 3m とすると、屋上の高さ：3×5=15m）。本検討では、以下のようなモデルを設定した。車両間隔(Vsep)を関数として、計算を実施した。なお、遮蔽効果は考慮していない。



- ・屋上の車を対象
- ・ASDEポアサイトが真横を向いた場合を最悪ケースとする。
- ・レーダは車両の中央に1個(出力: -38.3dBm/MHz=-41, 3dBm/MHz+3dB)とする。
- ・集合干渉量 =  $\sum_n \{ (\text{ポアサイト車列の第}n\text{台目の干渉量}) \times (\text{車両位置毎のポアサイト幅}) \div (\text{車幅: } 1.5\text{m} + \text{横間隔: } 0.5\text{m}) \}$
- ・満車状態:  $Vsep=1\text{m}$
- ・まばら状態:  $Vsep=15\text{m}$
- ・拡散損失(7dB)、普及率(4dB)、稼働率(3dB)を干渉緩和要素として算入

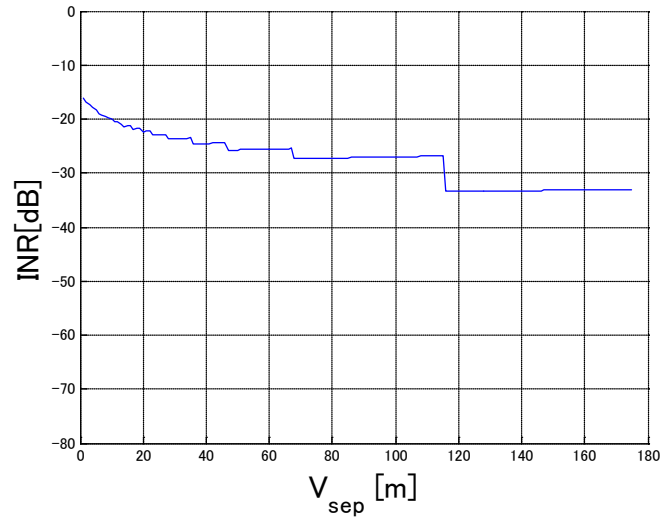


図5 駐車場からの干渉検討結果

結果として、干渉許容値(=-10dB)を下回っており、ASDEに対して駐車場の車両は干渉を与えないことがわかった。

### 3 まとめ

以上の検討を表11に集約して示す。

- ・ 干渉検討の結果、いずれも干渉許容値を下回ることから、共用可能との結論を得た。
- ・ ただし、干渉検討時に予想されなかった干渉が発生した場合の対応について、懸念が表明されている。UWBレーダシステムが干渉源であると特定できた場合、“一部の形態のBS放送受信システムにおける干渉問題”で実施された関係事業者による対策のための連絡会のように、自主管理グループを主体とする検討体制を早急に設置することも検討する。

表11 干渉検討結果のまとめ

施設名	オフセット $R_{off}$ [m]	地上高 $h$ [m]	道路長 $D_{road}$ [m]	I/N最悪値[dB]	マージン [dB]	
羽田 空港	国際線用	155	84.6	2000	-29.7	19.7
	首都高(北)	94	84.6	813	-36.2	26.2
	首都高(南)	94	84.6	2200	-27.2	17.2
	駐車場屋上	過密状態(車間距離1m)を想定 遮蔽効果なし			-16.3	6.3
第2成田	270	25.085	3700	-23.2	13.2	
第2羽田	283	43.6	3400	-23.5	13.5	



## 固定衛星との共用検討の補足資料

### 1 目的

本資料は、UWB レーダシステムと固定衛星との共用検討に際し、各種条件、干渉緩和要素を提示するものである。

### 2 概要

表 1 に本資料で定義される各種パラメータを示す。次章にて、要素ごとに説明を行う。

表 1 説明すべきパラメータ

項目	要素
共通の条件	交通量
	最小干渉距離
UPC ビーコン局側干渉緩和要素	UPC ビーコン局側アンテナ利得の計算
UWB 側干渉緩和要素	伝搬損失
	クラッタ損失
	偏波損
	水平面指向性による損失

### 3 要素検討結果

#### 3.1 共通の条件

##### 3.1.1 交通流の考え方

地球探査衛星（EESS）との干渉検討で用いている交通流に関する数値 363cars/km<sup>2</sup> を参照することとする。以上より、レーダ装着台数は、上記値に普及率=40%を乗じた値 145.2 cars/km<sup>2</sup> となる。

##### 3.1.2 最小干渉距離の考え方と最悪ケースについて

アンテナ高が低いもの（75cm）と仰角が低い（5°）もので車両側レーダの装着に関係なく、アンテナに近づく車両がアンテナの主ローブの中に入ることになり、道路上の車両から UPC 用ビーコン受信地球局アンテナは隔離しないと、衛星からの信号そのものが受信出来なくなるため、最初に道路からの必要な隔離距離を求めた。回線設計をする場合、通信経路中のフレネルゾーン中に障害物が入らないようにするのが回線設定の常識であるので下記の場合を考慮する必要がある。そこで、以下では 5 つのケースについて、干渉の条件を検討する。

#### ケース 1) 車両寸法による受信経路障害（UPC アンテナが車輛方向を向く場合）

大型車又は普通車で高さの制限は、高さ 3.8m 以下である。これは大型車（車両重量 8 トン以上）以外（2 トン車の 1 ナンバー等）もこの制限となる（この場合、車幅は、1.7m 以内）。このため、高さ 3.8m の車両が通行する道路では、UPC 用ビーコン受信地球局の設置は下記の条件を考慮

する必要がある。車両（車両高 3.8m の車両）による UPC 用ビーコン受信地球局の通信経路遮断について、車両の高さによる UPC 用ビーコン受信地球局アンテナの回線経路遮断が発生する可能性があるため、これを避けるためには車両高さ制限から鑑みたアンテナ設置位置について、車両が通行する位置から離隔する必要がある。通常車両は制限高さ（3.8m）に対して車両を 2.5cm 程度低くして（日産ディーゼル）車両を作っている（図 1 参照）。この高さ 3.775m(=3.8m-0.025m) で UPC 用ビーコン受信地球局アンテナ高=75cm、仰角=5° での所要離隔距離を計算すると、43.25m となる。また、仰角=30° では、5.45m となる（図 2 参照）。この距離は既に UPC 用ビーコン受信地球局アンテナの主ビーム（約 2°）の中に車両が入ってくる距離である。またフレネル半径は考慮していない。この受信経路遮断範囲は、車両の全範囲で起こることになるのでこれを図示すると図 3 のようになる。

結論：以上より、レーダ装着、非装着にかかわらず、UPC 用ビーコン局アンテナ接地条件として、車両そのものの寸法による受信経路障害が起こる可能性があるため図 3 に依る車両との離隔距離は確保しないとイケない。

UPC 用ビーコン受信地球局アンテナ仰角=5° の場合 43.25m  
 30° の場合 5.45m

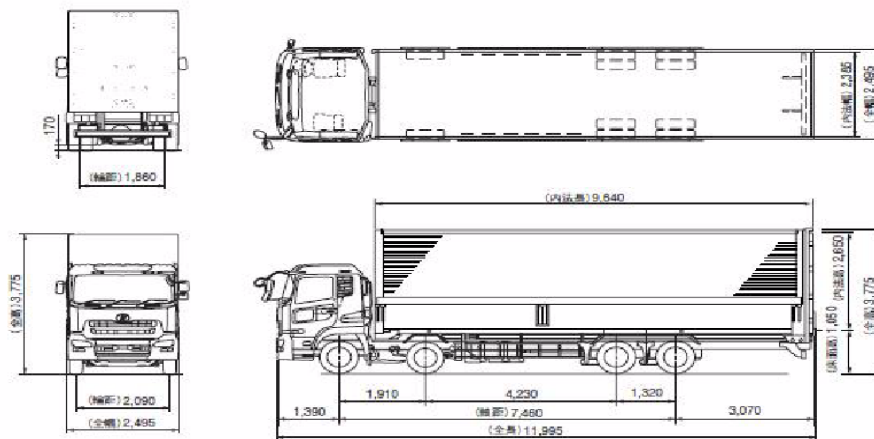


図 1 車両寸法図(日産ディーゼルホームページより)

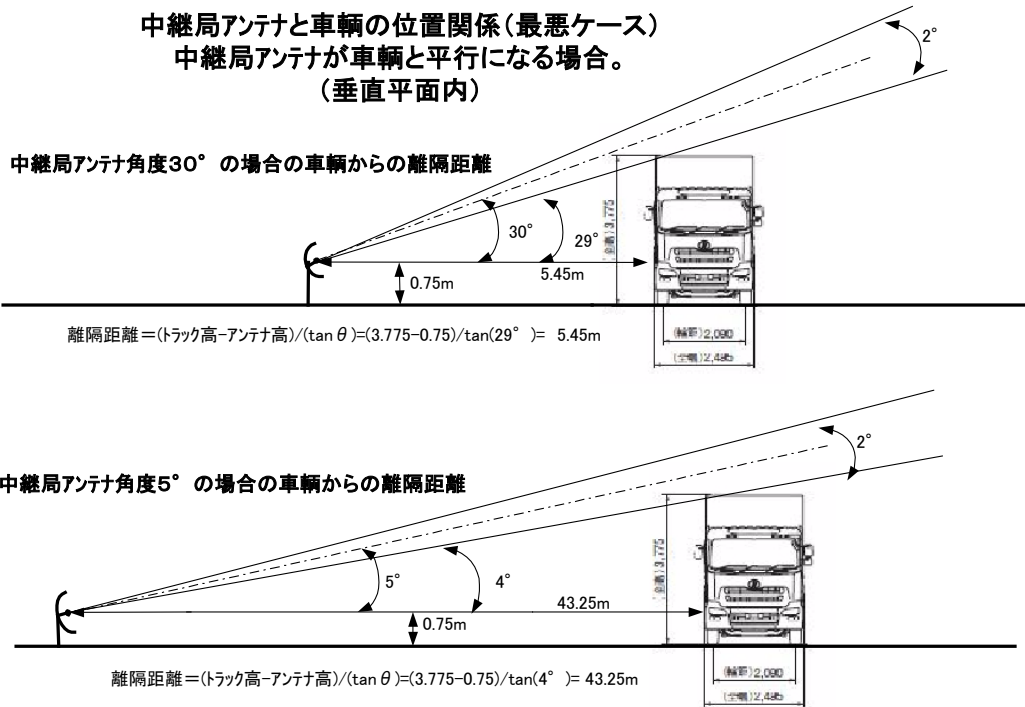


図2 車両によるビームが影響を受ける距離

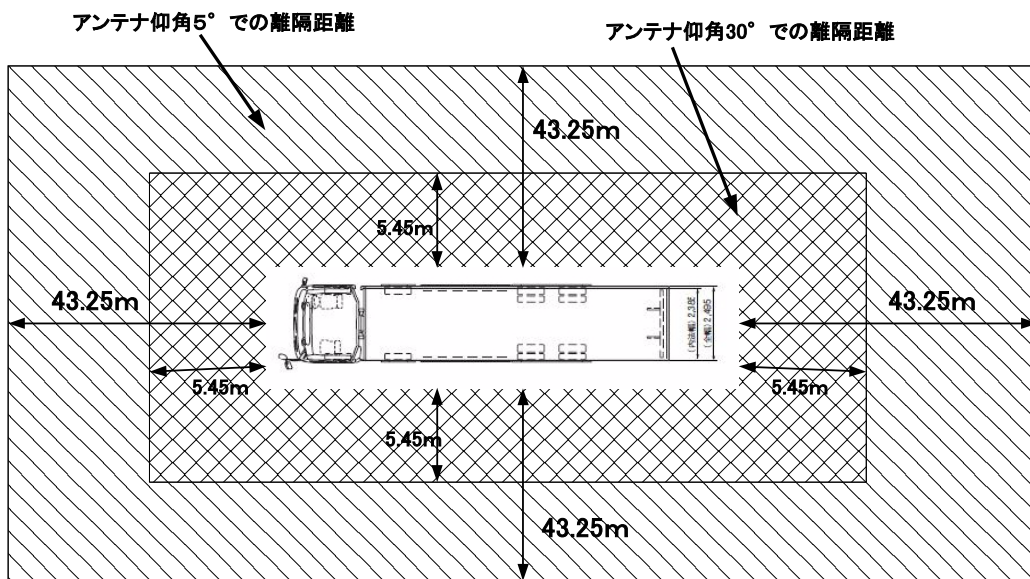


図3 アンテナ仰角と車両からの離隔距離

ケース2) 車両寸法による受信経路障害 (UPC アンテナが車両と平行な方向を向く場合)

ケース1では、UPC用ビーコン受信地球局のアンテナが車両方向を向く場合を考えたがアンテナが車両方向と平行な方向を向いた場合では、ケース1の離隔距離は発生しない。この場合の条件は、下記の通りである。

- 車両とアンテナの間隔=(車両と縁石の距離+縁石とアンテナの距離)とする。
- 車両と縁石の距離は、1m(通常車両の左側は自転車が通行できる程度は空けるので)。

- 縁石とアンテナとの距離は、アンテナ架台を考慮し、(2m 四方 図 4 参照) + 歩道確保分 (1m) として 2m とした。

以上より、車輛とアンテナの間隔=3m とした。

結論：レーダ装着、非装着にかかわらず、UPC 用ビーコン局アンテナ接地条件として、車輛そのものの寸法による受信経路障害が起こる可能性があり、UPC 用ビーコン受信地球局アンテナ仰角=0° で 171m から車輛が通り過ぎる迄受信経路が遮断される。法令による全長規制は下記のようなものである（新幹線車両運搬等、一部例外あり）。この為、最大で UPC 用ビーコン受信地球局アンテナと車輛距離が 3m の場合では、相互距離 171~152m 迄は受信経路障害を起こす可能性があるため、通常 UPC 用ビーコン受信地球局のアンテナビームが車輛による影響を避けるため、車輛と平行な位置には設置せず、ビームを逃がす方向に設置すると考えられる。

表 1 車輛の全長制限

車種	全長規制値 [m]	条件
セミトレーラ	16.5	連結時
セミトレーラ (申請)	17.0	連結時
古トレーラ	19.0	連結時
トラック	12.0	単体



図 4 45cm アンテナと架台 JAXA ホームページより

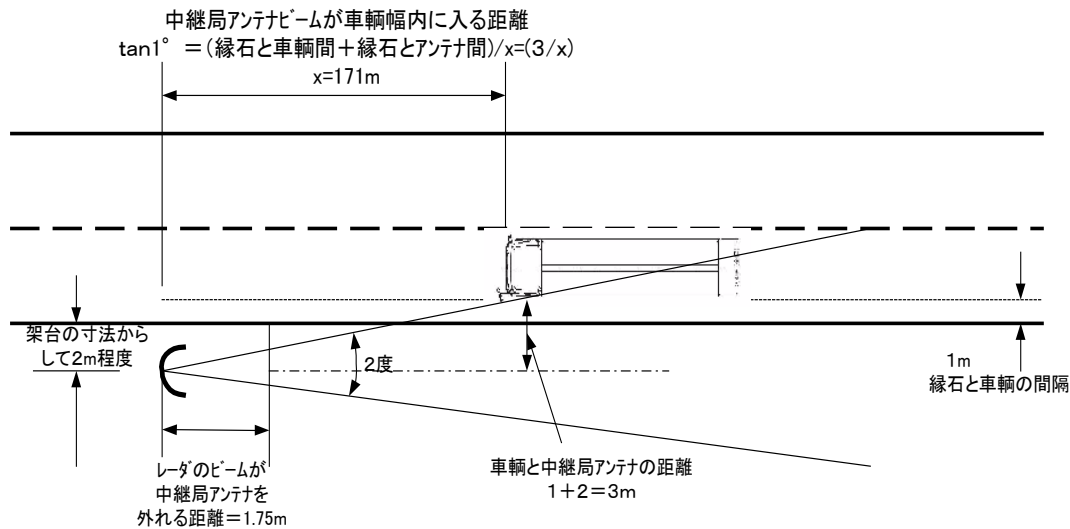


図5 UPC用ビーコン受信地球局のアンテナが車輦と平個になる場合  
 (仰角0°の場合=実際には存在しない最悪ケース)

ケース3) 高さ制限一杯の車輦が通れない場合

車輦高さ3.8mは、1ナンバーの2トン車も存在するのであるが、低い鉄道ガード等の高さ制限のある場合では、それ以上通行できない場合がある。

結論：いずれの場合でも、最大車輦高さが、3.8m以下に制限されているが、このガードを通れないだけで、他のルートで迂回すれば、高さ制限一杯の車輦でも来ることが出来るので、ケース1及びケース2の条件の、所要離隔距離の条件は、当てはめることが出来ると考えられる。

例： 京成電鉄高砂駅近く

阪和貨物線



常磐線上野-日暮里間



山形新幹線 山形市



#### ケース 4) 車輻制限一杯の車輛が通れない場合

車輻の幅で制限される様な場合では、道路が狭い場合であるが、UPC 用ビーコン受信地球局のアンテナ架台の大きさが2m 四方位あるので、対角線が2.8m となり下の例のような道路では設置出来ないので、道路に面した空き地に設置する事になる。

結論：幅員 2.3m の道路では、車幅 1.7m 高さ 3.8m の 2 トン車は入る可能性があるのですが、ケース 1 の所要離隔距離は確保しないとイケない事になる。

例：



2.3メートルの高さ制限があり、消防車などが通れない別府市浜脇地区の狭い道路

#### ケース 5) UPC 用ビーコン受信地球局のアンテナを曲がった道路に設置した場合

曲がった道路の場合、車輻の軌跡は、図 6 の様になる。車輻が旋回する場合には、旋回による内輪差、外輪差及び車輻後部が外に振る、また車輻前部が前に飛び出す事により、かなり大きくはみ出す形で曲がっていく事になる。ここで、ケース 1 の結果を、図 6 に上書きすると図 7 の様になる。曲線部分での UPC ビーコン受信経路は、通常の直線道路での所要離隔距離に、車輻前部の飛び出し部分、車両後部の飛び出し部分及び内輪差による車輻内側部分が受信経路妨害部分として付加されることになる。

結論：これは、車輻が小型の場合でも同様であり、受信系経路妨害部分の面積が車輻の大きさにより変化するだけで付加される事には変わりはないので、ケース 1 の方が最悪ケースになる。

■ 旋回軌跡図

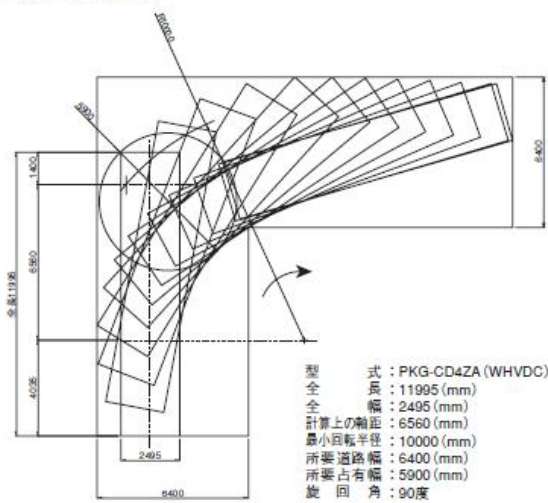


図6 車体長 12m、車体幅 2.5m が旋回した場合の車体位置と範囲

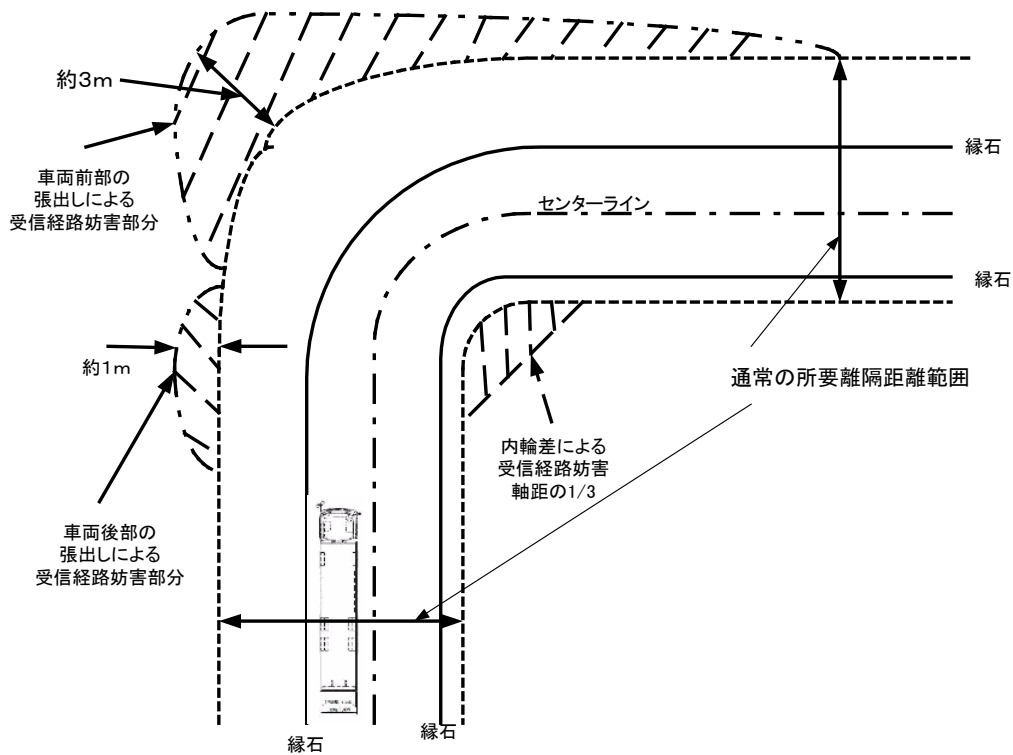


図7 曲線道路でのUPC ビーコン受信経路妨害付加部分

### 3.2 UPC用ビーコン受信地球局側干渉緩和要素

#### 3.2.1 仰角を持つ場合のUPC用ビーコン受信地球局側アンテナ利得の計算

以下にアンテナ利得を表す式を示す。

なお、サイドローブは無線通信規則付録第8-Annex-IIIに従うものとする。

$$G(\phi) = G_{\max} - 2.5 \times 10^{-3 \left(\frac{D}{\lambda} \times \phi\right)^2} \quad 0 < \phi < \phi_m$$

$$G(\phi) = G_1 \quad \phi_m \leq \phi < 100^\circ \lambda / D$$

$$G(\phi) = 52 - 10 \log(D / \lambda) - 25 \log \phi \quad 100^\circ \lambda / D \leq \phi < 48^\circ$$

$$G(\phi) = 10 - 10 \log(D / \lambda) \quad 48^\circ \leq \phi < 180^\circ$$

ここで、 $G_1$ は最初のサイドローブ利得、 $\phi_m$ は以下の式で与えられる。

$$G_1 = 2 + 15 \log(D / \lambda)$$

$$\phi_m = 20 \times (\lambda / D) \times \sqrt{G_{\max} - G_1}$$

上記に  $D = 45 \text{ cm}$   $f = 27.5 \text{ GHz}$   $\lambda = 1.09 \text{ cm}$   $D / \lambda = 41.3$ を代入すると、

$$G_1 = 2 - 15 \log(D / \lambda) = 2 - 15 \log(41.3) = 26.24 \text{ dB}$$

$$\phi_m = 20(\lambda / D) \times \sqrt{G_{\max} - G_1} = 20(\lambda / D) \times \sqrt{48 - 26.24} = 2.26^\circ$$

となる。以上より、角度毎のアンテナ利得は以下の通り。

表 2. UPC 用ビーコン受信基地局用アンテナ利得

角度範囲	アンテナ利得	備考
$2.16^\circ \leq \Phi < 2.42^\circ$	26.24 dBi	最大アンテナ利得 48dBi
$2.42^\circ \leq \Phi < 48^\circ$	$\Phi$ に依存。	
$48^\circ \leq \Phi < 180^\circ$	-6.15dBi	$G\Phi = 10 - 10 \times \log(41.3)$

このような特性を有する UPC 用ビーコン受信地球局パラボラアンテナは、地上高が波長に対して十分高くアンテナの映像効果が発生しないので、垂直平面内指向性も水平平面内指向性も同一と考えられる。実際のアンテナ利得は、仰角  $5^\circ$  の時であるので、最大利得は、表 1 から仰角  $5^\circ$  方向では 18.37dBi (表 1) となる。仰角  $= 30^\circ$  では、水平面正面方向の利得は、-1.08dBi である。

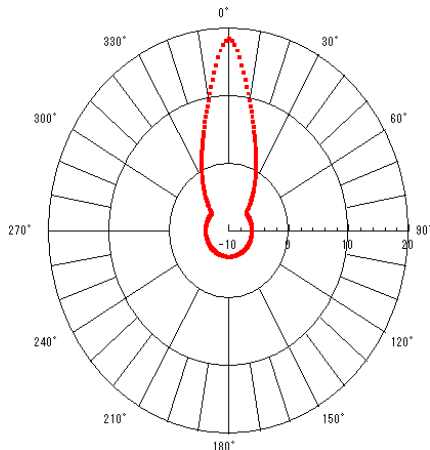


図 8 仰角  $5^\circ$  でのアンテナパターン

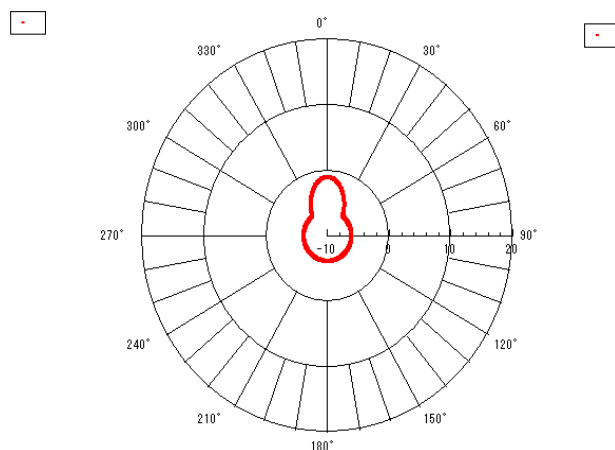


図 9 仰角  $30^\circ$  でのアンテナパターン

### 3.3 UWB 側干渉緩和要素

#### 3.3.1 伝搬損失

見通し内距離における伝搬損失の算出は、まずブレイクポイントを算出し、ブレイクポイント以前を  $-6 \text{ dB/距離}$ 、ブレイクポイント以遠を  $-12 \text{ dB/Oct}$  とする。即



ち、伝搬損失は、ブレイクポイント以遠は、-12dB/距離となる。表 3 の条件により、これらの伝搬損失を計算（表 4）した。図 10 に距離ごとの伝搬損失を示す。

本検討により、ブレイクポイントは、137m で、その時の伝搬損失は、103.969dB とした。

表 3 見通し内伝搬の条件

項目	数値	単位
周波数	27.5	GHz
波長	0.01091	m
送信アンテナ高	0.5	m
受信アンテナ高	0.75	m

表 4 伝搬損失の算出

要素	数値	備考
ブレイクポイント Rbp	137 m	$R_{bp} = \frac{4h_t h_r}{\lambda} = \frac{4 \times 0.5 \times 0.75}{0.01091}$
Rbp 以前の伝搬損 Lbp1	103.969 dB	$10 \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 = 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi \times 137}{0.0109} \right)^2$
Rbp 以遠の伝搬損 Lbp2	→	$20 \times \log \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 - 103.969$

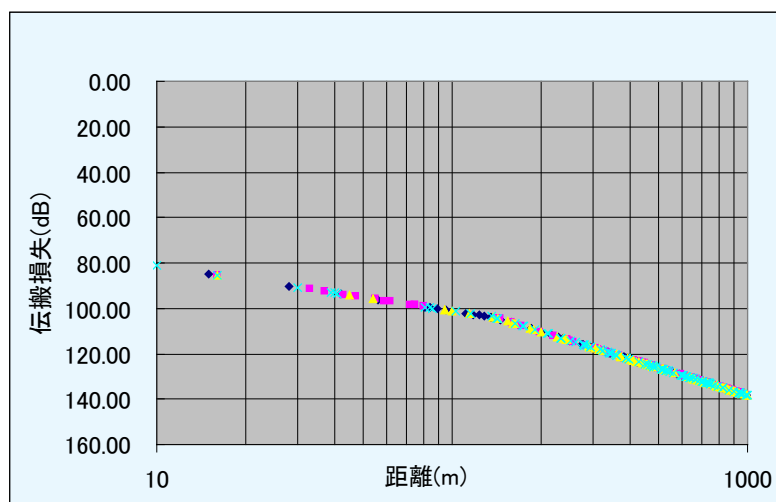


図 10 距離別の伝搬損失

### 3.3.2 クラッタ損失

クラッタ損失については、勧告 ITU-R P.452-13 に基づき算出を行う。計算式は、下記に示される。

$$Ah = 10.25 \times e^{-dk} \left\{ 1 - \tanh \left[ 6 \left( \frac{h}{ha} - 0.625 \right) \right] \right\} - 0.33 (dB)$$

ここで、dk はクラッタ点からアンテナまでの距離 (Km)、h はアンテナ地上高 (m)、ha はクラッタの高さ (m) である。

数値例) dk=100m、h=0.75m、ha=4m のとき、

$$\begin{aligned} Ah &= 10.25 \times e^{-0.1} \times \left\{ 1 - \tanh \left[ 6 \left( \frac{0.75}{4} - 0.625 \right) \right] \right\} - 0.33 \\ &= 10.25 \times 0.9048 \times 1.9895 - 0.33 \\ &= 18.12 (dB) \end{aligned}$$

となる。

この値は、距離によって変化するので、距離別のクラッタ損失を求めた。

ここで d=距離は、ITU-R P. 452-13 TABLE6 での最悪の数値は距離 100m での条件なので計算時に 100m 以上の場合では、100m とした。交通流として 363cars/km<sup>2</sup> を使っているので、ITU-R P. 452-13 TABLE6 におけるクラッタ損失の条件としては、都市部の条件を使うのが適当である。

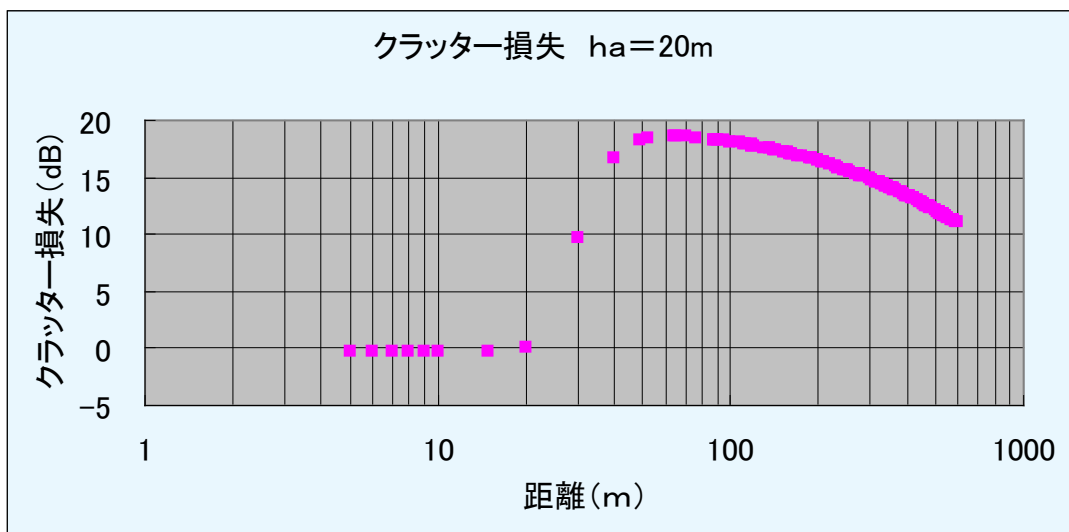


図 11 距離別のクラッタ損失

### 3.3.3 偏波損失

距離に依らず偏波面の違いによる損失は考えられるので、3dB の損失を見込んだ。

### 3.3.4 UWB レーダアンテナの水平平面内(Az)指向性損失

Az 指向性は、車両前方及び後方の各々90° 程度である。車両の全周 (360° ) で放射する訳ではないので、干渉緩和量として、車両の両側が対象になる場合を考慮し、以下の式から、6dB を考慮する。

$$10 \log \frac{90}{360} = 6dB$$

## UWB レーダシステムと帯域外の無線システムとの共用検討について

UWB レーダシステムと帯域外の無線システムとの共用検討を以下のとおり行った。

### 1 経緯

これまでのUWBレーダ作業班では、22～29GHzの使用周波数帯域と隣接バンドの既存システムと干渉検討を実施し、それ以外の帯域については干渉検討を実施しなかった。

平成21年2月6日：第9回UWBレーダ作業班にて

マイクロ波帯UWBとの整合性について意見募集があり、その意見に基づき電力マスクアドホック会合が開始された。

平成21年4月21日：第10回UWBレーダ作業班にて

4回の電力マスクアドホック会合が開催された後、以下の判断により特にマイクロ波帯以下の放送関係システムとの干渉検討を実施することとなった。

- 国際協調を考慮しつつ、利用環境、許容普及予測、実力値等の視点から、マイクロ波帯UWBで定めた電力マスクとの関係を整理しつつ引き続き検討を行う。
- 特に、マイクロ波帯以下の放送関係システムについては、地上放送、BS/CS受信機等が全国に多数普及（※）しており、仮に干渉が生じた場合、その影響度合いが大きいことから、適切な電力マスク値が設定されるよう検討を進める。

平成21年5月13日の電力マスクアドホック会合にて

推進グループより干渉検討（案）が提示された。

平成21年6月12日の電力マスクアドホック会合にて

放送グループより干渉検討（案）が提示された。

平成21年8月4日の電力マスクアドホック会合にて

UWBレーダの不要発射の強度の許容値を給電点で規定し、放送システム帯域におけるUWBレーダ空中線不整合損失及び空中線ゲインを考慮することで合意。

### 2 干渉検討結果

(1) 推進グループの干渉検討（平成21年5月13日）

- UWBレーダ（SRR; Short-Range Radar）と放送関連システムとの共用検討を行った。検討手法はシングルエントリ時の離隔距離とし、許容干渉レベルは $I/N$ 基準値<sup>1</sup>及び、 $C/(I+N)$ 基準値<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 熱雑音に対する干渉レベルを評価基準とする方法。

にて設定した(表 1)。

- 空中線電力による規定と、放射電力に基づく干渉検討を分けて考えるという方法により干渉検討を行った結果、共用は可能と考える。

◆ [総干渉電力] = [空中線電力] + [不整合損失] + [当該帯域空中線利得] [dBm]

◆ [スペクトルマスク値 (=管理値)] = [空中線電力] [dBm/MHz]

表 1 検討結果一覧

放送システム		代表周波数 (MHz)	離隔距離 (m)			
			UWB SRR (24/26GHz)		(参考) 24GHz 狭帯域レーダ (ARIB-STD-T73)	
			I/N 基準 <sup>※</sup>	C/(I+N) 基準 <sup>※</sup>	I/N 基準	C/(I+N) 基準
FPU	屋外	6500	0.78	0.03	20.38	0.85
	屋内	6500	0.20	0.01	5.12	0.21
地上波デジタル		600	0.00	0.00	0.07	0.01
BS/CS		11700	0.20	0.04	5.26	0.94

<sup>2</sup> システムの受信感度の規格値から算出した干渉レベルを評価基準とする方法。(基準値) =  $10\log(\text{標準受信レベル[mW]} / (\text{所要 C/N}) - (\text{熱雑音 mW}) \times \text{NF})$

● 計算詳細

① FPU(屋外)

項目	数値	備考
スプリアス電力[dBm/MHz]	-61.3	空中線電力スペクトルマスク案
スプリアス電力と帯域外放射電力の差分[dB]	10.0	設定値
帯域外放射電力[dBm/MHz]	-71.3	=61.3-10.0
バンパ損[dB]	3.0	ITU-R-SM.1755
当該帯域での絶対空中線利得[dBi]-不整合損失[dB]	-38.7	TDK 池田氏シミュレーション
被干渉システム帯域幅[MHz]	18.0	ARIB-STD-B33/フルモード
総与干渉電力[dBm]	-98.7	$=10\log(10^{(-61.3/10)} + (18.0-1.0)*10^{(-71.3/10)}) - 3 - 38.7$
検討周波数[MHz]	6500	代表値
標準受信電力[dBm]	-61	ARIB-STD-B33/フルモード
所要 C/N[dB]	28	ARIB-STD-B33/ 64QAM5/6 フルモード
熱雑音(kTB@27°C)[dBm]	-101.3	$=10*\text{LOG}_{10}(1.38*10^{-23} * 300 * 18.0 * 10^6) + 30$
NF[dB]	4	ARIB-STD-B33
C/(I+N)基準(dBm)	-89.7	$=10*\text{LOG}_{10}(10^{((-61-28)/10)} - 10^{((-101.3+4.0)/10)})$
I/N基準(-20dB)[dBm]	-117.3	kTB+NF-20
干渉モデル	◆SRR ↓ ◆ANT	ポアサイト正対
空中線利得[dBi]	35.0	φ1.2m
フィーダロス[dB]	7	ARIB-STD-B33
壁減衰	0	屋外直接干渉
I/N基準所要損失[dB]	46.6	
C/(I+N)基準所要損失[dB]	19.0	
I/N基準離隔距離[m]	0.78	
C/(I+N)基準離隔距離[m]	0.03	

② FPU(屋内)

項目	数値	備考
スプリアス電力[dBm/MHz]	-61.3	空中線電力スペクトルマスク案
スプリアス電力と帯域外放射電力の差分[dB]	10.0	設定値
帯域外放射電力[dBm/MHz]	-71.3	=61.3-10.0
バンパ損[dB]	3.0	ITU-R-SM.1755
当該帯域での絶対空中線利得[dBi]-不整合損失[dB]	-38.7	TDK 池田氏シミュレーション
被干渉システム帯域幅[MHz]	18.0	ARIB-STD-B33/フルモード
総与干渉電力[dBm]	-98.7	$=10\log(10^{(-61.3/10)} + (18.0-1.0)*10^{(-71.3/10)}) - 3 - 38.7$
検討周波数[MHz]	6500	代表値
標準受信電力[dBm]	-61	ARIB-STD-B33/フルモード
所要 C/N[dB]	28	ARIB-STD-B33/ 64QAM5/6 フルモード
熱雑音(kTB@27°C)[dBm]	-101.3	$=10*\text{LOG}_{10}(1.38*10^{-23} * 300 * 18.0 * 10^6) + 30$
NF[dB]	4	ARIB-STD-B33
C/(I+N) 基準(dBm)	-89.7	$=10*\text{LOG}_{10}(10^{((-61-28)/10)} - 10^{((-101.3+4.0)/10)})$
I/N 基準(-20dB)[dBm]	-117.3	kTB+NF-20
干渉モデル	◆SRR ----- ◆ANT	ポアサイト正対、壁が存在
空中線利得[dBi]	35.0	φ1.2m
フィーダロス[dB]	7	ARIB-STD-B33
壁減衰	12	マイクロ波 UWB 参考資料 2”壁減衰について”
I/N 基準所要損失[dB]	34.6	
C/(I+N) 基準所要損失[dB]	7.0	
I/N 基準離隔距離[m]	0.20	
C/(I+N) 基準離隔距離[m]	0.01	

③ 地上波デジタル TV 放送

項目	数値	備考
スプリアス電力[dBm/MHz]	-61.3	空中線電力スペクトルマスク案
スプリアス電力と帯域外放射電力の差分[dB]	10.0	設定値
帯域外放射電力[dBm/MHz]	-71.3	=61.3-10.0
バンパ損[dB]	3.0	ITU-R-SM.1755
当該帯域での絶対空中線利得[dBi] -不整合損失 [dB]	-83.4	TDK 池田氏シミュレーション
被干渉システム帯域幅[MHz]	5.7	ARIB-STD-B21
総干渉電力[dBm]	-146.0	$=10\log(10^{(-61.3/10)} + (5.7-1.0)*10^{(-71.3/10)}) -3-83.4$
検討周波数[MHz]	600	代表値
標準受信電力[dBm]	-75	ARIB-STD-B21
所要 C/N[dB]	22	ARIB-STD-B21
熱雑音(kTB@27°C) [dBm]	-106.3	$=10*\text{LOG}_{10}(1.38*10^{-23} *300*5.7*10^6)+30$
NF [dB]	9.3	ARIB-STD-B21
C/(I+N) 基準 (dBm)	-97.0	$=10*\text{LOG}_{10}(10^{((-75-22)/10)} -10^{((-106.3+9.3)/10)})$
I/N 基準 (-20dB) [dBm]	-117.0	kTB+NF-20
受信方法	家庭受信	
干渉モデル	◆SRR ↓ ◆ANT	ポアサイト正対
空中線利得[dBi]	7	ARIB-STD-B31
フィーダロス[dB]	1	ARIB-STD-B31
壁減衰	0	屋外直接干渉
I/N 基準所要損失[dB]	-23.1	
C/(I+N) 基準所要損失[dB]	-43.0	
I/N 基準離隔距離[m]	0.00	
C/(I+N) 基準離隔距離[m]	0.00	

## ④ BS/CS

項目	数値	備考
スプリアス電力[dBm/MHz]	-61.3	空中線電力スペクトルマスク案
スプリアス電力と帯域外放射電力の差分[dB]	10.0	設定値
帯域外放射電力[dBm/MHz]	-71.3	=61.3-10.0
バンパ損[dB]	3.0	ITU-R-SM.1755
当該帯域での絶対空中線利得[dBi] -不整合損失[dB]	-13.1	TDK池田氏シミュレーション
被干渉システム帯域幅[MHz]	34.5	
総与干渉電力[dBm]	-71.0	$=10\log(10^{(-61.3/10)} + (34.0-1.0)*10^{(-71.3/10)}) - 3 - 13.1$
検討周波数[MHz]	11700	代表値
標準受信電力[dBm]	-94.0	ARIB-STD-B21(CS)
所要C/N[dB]	8.0	ARIB-STD-B1(FEC=2/5)
熱雑音(kTB@27°C)[dBm]	-98.5	$=10*\text{LOG}_{10}(1.38*10^{-23} * 300 * 34.0 * 10^6) + 30$
NF[dB]	1.5	ARIB-STD-B1
C/(I+N)基準(dBm)	-102.0	$=10*\text{LOG}_{10}(10^{((-94-8)/10)} - 10^{((-98.5+1.5)/10)})$
I/N基準[dBm]	-117.0	kTB+NF-20
受信方法	家庭受信	
干渉モデル	◆SRR ↓ ◆ANT	BS/CS サイドローブに干渉
空中線利得[dBi]	-5	パラボラ空中線サイドローブ
フィーダロス[dB]	1	
壁減衰	0	屋外直接干渉
I/N基準所要損失[dB]	39.9	
C/(I+N)基準所要損失[dB]	25.0	
I/N基準離隔距離[m]	0.20	
C/(I+N)基準離隔距離[m]	0.04	



(2) 放送グループの干渉検討（平成21年6月12日）

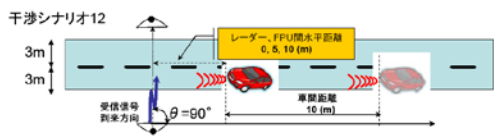
- 当該帯域における UWB レーダシステムの空中線への不整合損失を考慮し、FPU(800MHz 帯)、地上波、BS/CS との干渉検討を実施した(表 2)。
- 干渉条件
  - ① 干渉源：車両 1 台（SRR は 2 台搭載）。
    - ・ FPU(800MHz)の検討時は、被干渉受信空中線に近い SRR1 台が干渉することとした。
  - ② UWB 送信機出力：-75.3dBm/MHz
  - ③ 干渉緩和要素
  - ④ バンパ損失：3dB
    - ・ 放送帯域に本当に適用できるかどうかはデータの提示が必要。
  - ⑤ UWB レーダ空中線利得：0dBi
    - ・ 放射パターンは設計帯域外であり特性不明であるため。
  - ⑥ 不整合損失については測定が可能であるため、認めても良い。
    - ・ 根拠となる VSWR 基準値の提示が必要。
- FPU にてマージンが負となるが、運用で回避可能である。
- BS/CS、地上波においてはマージンが正となり、問題なしとなった。
- ただし、干渉緩和条件のいくつか（④～⑥）は裏付けとなる実測値の提出をもとめられた。そこで、放送システムと共用する帯域における UWB 空中線利得（不整合損失を含む）の実測値の提出を約束した。

表 2. 干渉計算結果一覧

放送システム		代表周波数 [MHz]	離隔距離 [m]	I/N[dB]	マージン [dB]
FPU		800	1.92	-16.3	-3.7
地上波	移動	600	0.7	-20.7	0.7
	固定	600	3.0	-21.3	1.3
BS/CS		11700	1.12	-20.7	0.7

● 計算詳細

① FPU

干渉形態	道路横断する配置で設置した 800MHz 帯 FPU と UWB レーダ 2 個が干渉 	
FPU 空中線	八木	
FPU 送信周波数 F	0.8	GHz
FPU 受信空中線利得 Gr	19	dBi
FPU 受信給電点損失	1	dB
ボルツマン定数	-198.6	dBm/(Hz・K)
標準温度 T	24.8	dBK
FPU 信号帯域幅 B	9	MHz
FPU 受信機雑音指数 F	4	dB
FPU 受信機雑音 Ni=kTBF	-100.3	dBm
<b>UWB レーダ帯域外送信機出力 I_UWB/MHz</b>	<b>-75.3</b>	<b>dBm/MHz</b>
UWB レーダ空中線不整合損	28.6	dB
UWB レーダ帯域外放射電力 I_UWB/MHz ( )	-103.9	dBm/MHz
バンパ損失	3.0	dB
UWB 実効放射電力 I_UWB/(B) MHz	-97.4	dBm/MHz
距離 X	0.0	m
車間距離 X1	10.0	m
UWB レーダと道端間距離	1.5	m
FPU 受信空中線と UWB レーダ 1 間距離	1.92	m
FPU 受信空中線と UWB レーダ 2 間距離	10.25	m
UWB レーダ 1 自由空間損失 1 (λ/4πd)^2	-36.2	dB
UWB レーダ 2 自由空間損失 2 (λ/4πd)^2	-50.7	dB
FPU 受信空中線回線角度	90	deg
FPU 受信空中線回線・被干渉波 1 方位角度差	0.0	deg
FPU 受信空中線回線・被干渉波 2 方位角度差	81.5	deg
FPU 被干渉波 1 方位角方向利得 Gr	19	dBi
FPU 被干渉波 2 方位角方向利得 Gr	3	dBi
FPU 受信空中線垂直面方向利得低下	1	dB
UWB 干渉量 I_uwb	-116.5	dBm
I/N	-16.3	dB (= I_uwb-Ni)



② 地上波（移動）

UWB 側条件			
UWB SRR 実効放射電力 (EIRP)	-103.9	dBm/MHz	
UWB 側空中線不整合損失	-28.6	dB	シミュレーション値 (0.992GHz)
UWB 側帯域外送信出力	-75.3	dBm/MHz	FCC
センサ数	3.0	dB	2 個
レーダ設置高	0.5	m	
受信システム側条件			
受信空中線利得	-0.9	dB <sub>i</sub>	ITU-R BS. 1660、BT. 1368
受信機フィーダロス	-2.0	dB	ITU-R BS. 1660、BT. 1368
受信機 NF	3.0	dB	UWB 無線システム
受信機雑音温度	288.6	° K	委員会報告より
受信機帯域幅	6.0	MHz	
所要 I/N	-20.0	dB	6E/232 による
干渉緩和要素			
離隔距離	0.70	m	
周波数	0.6	GHz	
伝播損失	-24.9	dB	
バンパ損失	-3.0	dB	当該帯域での特性は要確認
UWB 側空中線水平指向性損失	-3.0	dB	半値角を想定
干渉計算			
(UWB デバイスの EIRP or 給電点電力) - (伝播損失 + バンパ損失 + UWB 側空中線指向性損失 + UHF 受信指向性損失) + UHF 受信空中線利得			
干渉量	-134.7	dBm/MHz	
Δ T	3.9	dBK	
Δ T	2.450	K	
Δ T/T	0.849	%	
I/N	-20.7	dB	=10log(Δ T/T /100)

③ 地上波（固定）

UWB 側条件			
UWB SRR 実効放射電力 (EIRP)	-103.9	dBm/MHz	
UWB 側空中線不整合損失	-28.6	dB	シミュレーション値 (0.992GHz)
UWB 側帯域外送信出力	-75.3	dBm/MHz	FCC
センサ数	3.0	dB	2 個
レーダ設置高	0.5	m	
受信システム側条件			
受信空中線利得	12.2	dB <sub>i</sub>	ITU-R BS. 1660、BT. 1368
受信機フィーダロス	-3.0	dB	ITU-R BS. 1660、BT. 1368
受信機 NF	3.0	dB	UWB 無線システム
受信機雑音温度	288.6	° K	委員会報告より
受信機帯域幅	6.0	MHz	
所要 I/N	-20.0	dB	6E/232 による
干渉緩和要素			
離隔距離	3.00	m	
周波数	0.6	GHz	
伝播損失	-37.5	dB	
バンパ損失	-3.0	dB	当該帯域での特性は要確認
UWB 側空中線水平指向性損失	-3.0	dB	半値角を想定
干渉計算			
(UWB デバイスの EIRP or 給電点電力) - (伝播損失 + バンパ損失 + UWB 側空中線指向性損失 + UHF 受信指向性損失) + UHF 受信空中線利得			
干渉量	-135.2	dBm/MHz	
Δ T	3.4	dBK	
Δ T	2.164	K	
Δ T/T	0.750	%	
I/N	-21.3	dB	=10log(Δ T/T /100)

## ④ BS/CS

UWB 側条件			
UWB SRR 実効放射電力 (EIRP)	-75.9	dBm/MHz	
UWB 側空中線不整合損失	-14.6	dB	シミュレーション値 (0.992GHz)
UWB 側帯域外送信出力	-61.3	dBm/MHz	FCC
センサ数	3.0	dB	2 個
レーダ設置高	0.5	m	
受信システム側条件			
受信空中線利得	-5.0	dB <sub>i</sub>	ITU-R BS. 1660、BT. 1368
受信機 NF	1.4	dB	ITU-R BS. 1660、BT. 1368
受信機雑音温度	110.0	° K	UWB 無線システム
受信機帯域幅	34.5	MHz	委員会報告より
所要 I/N	-20.0	dB	
干渉緩和要素			
離隔距離	1.12	m	
周波数	12.0	GHz	
伝播損失	-55.0	dB	
バンパ損失	-3.0	dB	当該帯域での特性は要確認
UWB 側空中線水平指向性損失	-3.0	dB	半値角を想定
干渉計算			
(UWB デバイスの EIRP or 給電点電力)-(伝播損失+バンパ損失+UWB 側アンテナ指向性損失+衛星受信指向性損失)+衛星受信アンテナ利得			
干渉量	-138.9	dBm/MHz	
Δ T	-0.3	dBK	
Δ T	0.931	K	
Δ T/T	0.846	%	
I/N	-20.7	dB	=10log(Δ T/T /100)

(3) 合意案（平成21年8月4日、及びその後のメール審議）

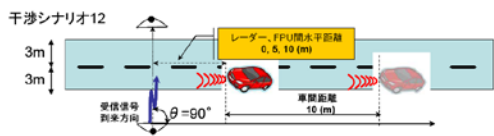
- 下記の干渉検討条件について合意し、再度干渉検討を実施した(表3)。UWBレーダ空中線利得の実測値をUWBレーダ推進グループから提出し、所定の干渉低減要素としてみなすことができることを合意した。
  - ① 被干渉システム：FPU(800MHz帯)、地上波(UHF)、BS/CS
  - ② UWBレーダ与干渉電力：-61.3dBm/MHz（時間的な平均電力）
  - ③ 干渉低減要素：UWBレーダシステム空中線利得（空中線不整合損失を含む）を考慮（データ提出により合意）
    - 470～806MHzにおいては、-44.8dBi
    - 6426～7125 MHzにおいては、-20dBi
    - 10251～10678 MHzにおいては、-15.6dBi
    - 11700～12200 MHzにおいては、-14.6dBi
  - ④ 干渉しきい値：I/N = -20[dB]
- FPUにてマージンが負となるが、運用で回避可能である。
- BS/CS、地上波においてはマージンが正となり、問題なしとなった。

表 3. 干渉計算結果一覧

放送システム		代表周波数 [MHz]	離隔距離 [m]	I/N[dB]	マージン [dB]
FPU		800	1.92	-18.5	-1.5
地上波	移動	600	0.7	-22.9	2.9
	固定	600	3.0	-23.5	3.5
BS/CS		11700	1.12	-20.7	0.7

● 計算詳細

⑤ FPU

干渉形態	道路横断する配置で設置した 800MHz 帯 FPU と UWB レーダ 2 個が干渉 	
FPU 空中線	八木	
FPU 送信周波数 F	0.8	GHz
FPU 受信空中線利得 Gr	19	dBi
FPU 受信給電点損失	1	dB
ボルツマン定数	-198.6	dBm/(Hz・K)
標準温度 T	24.8	dBK
FPU 信号帯域幅 B	9	MHz
FPU 受信機雑音指数 F	4	dB
FPU 受信機雑音 Ni=kTBF	-100.3	dBm
<b>UWB レーダ帯域外送信機出力 I_UWB/MHz</b>	<b>-61.3</b>	<b>dBm/MHz</b>
UWB レーダ空中線不整合損	44.8	dB
UWB レーダ帯域外放射電力 I_UWB/MHz ( )	-106.1	dBm/MHz
バンパ損失	3.0	dB
UWB 実効放射電力 I_UWB/(B) MHz	-99.6	dBm/MHz
距離 X	0.0	m
車間距離 X1	10.0	m
UWB レーダと道端間距離	1.5	m
FPU 受信空中線と UWB レーダ 1 間距離	1.92	m
FPU 受信空中線と UWB レーダ 2 間距離	10.25	m
UWB レーダ 1 自由空間損失 1 (λ/4πd)^2	-36.2	dB
UWB レーダ 2 自由空間損失 2 (λ/4πd)^2	-50.7	dB
FPU 受信空中線回線角度	90	deg
FPU 受信空中線回線・被干渉波 1 方位角度差	0.0	deg
FPU 受信空中線回線・被干渉波 2 方位角度差	81.5	deg
FPU 被干渉波 1 方位角方向利得 Gr	19	dBi
FPU 被干渉波 2 方位角方向利得 Gr	3	dBi
FPU 受信空中線垂直面方向利得低下	1	dB
UWB 干渉量 I_uwb	-118.7	dBm
I/N	-18.5	dB (= I_uwb-Ni)





⑥ 地上波（移動）

UWB 側条件			
UWB SRR 実効放射電力 (EIRP)	-106.1	dBm/MHz	
UWB 側空中線不整合損失	-44.8	dB	シミュレーション値 (0.992GHz)
UWB 側帯域外送信出力	-61.3	dBm/MHz	FCC
センサ数	3.0	dB	2 個
レーダ設置高	0.5	m	
受信システム側条件			
受信空中線利得	-0.9	dB <sub>i</sub>	ITU-R BS.1660、BT.1368
受信機フィーダロス	-2.0	dB	ITU-R BS.1660、BT.1368
受信機 NF	3.0	dB	UWB 無線システム
受信機雑音温度	288.6	° K	委員会報告より
受信機帯域幅	6.0	MHz	
所要 I/N	-20.0	dB	6E/232 による
干渉緩和要素			
離隔距離	0.70	m	
周波数	0.6	GHz	
伝播損失	-24.9	dB	
バンパ損失	-3.0	dB	
UWB 側空中線水平指向性損失	-3.0	dB	半値角を想定
干渉計算			
(UWB デバイスの EIRP or 給電点電力) - (伝播損失 + バンパ損失 + UWB 側空中線指向性損失 + UHF 受信指向性損失) + UHF 受信空中線利得			
干渉量	-136.9	dBm/MHz	
Δ T	1.7	dBK	
Δ T	1.476	K	
Δ T/T	0.512	%	
I/N	-22.9	dB	=10log(Δ T/T /100)

⑦ 地上波（固定）

UWB 側条件			
UWB SRR 実効放射電力 (EIRP)	-106.1	dBm/MHz	
UWB 側空中線不整合損失	-44.8	dB	シミュレーション値 (0.992GHz)
UWB 側帯域外送信出力	-61.3	dBm/MHz	FCC
センサ数	3.0	dB	2 個
レーダ設置高	0.5	m	
受信システム側条件			
受信空中線利得	12.2	dB <sub>i</sub>	ITU-R BS. 1660、BT. 1368
受信機フィーダロス	-3.0	dB	ITU-R BS. 1660、BT. 1368
受信機 NF	3.0	dB	UWB 無線システム
受信機雑音温度	288.6	° K	委員会報告より
受信機帯域幅	6.0	MHz	
所要 I/N	-20.0	dB	6E/232 による
干渉緩和要素			
離隔距離	3.00	m	
周波数	0.6	GHz	
伝播損失	-37.5	dB	
バンパ損失	-3.0	dB	
UWB 側空中線水平指向性損失	-3.0	dB	半値角を想定
干渉計算			
(UWB デバイスの EIRP or 給電点電力) - (伝播損失 + バンパ損失 + UWB 側空中線指向性損失 + UHF 受信指向性損失) + UHF 受信空中線利得			
干渉量	-137.4	dBm/MHz	
Δ T	1.2	dBK	
Δ T	1.304	K	
Δ T/T	0.452	%	
I/N	-23.5	dB	=10log(Δ T/T /100)

⑧ BS/CS

UWB 側条件			
UWB SRR 実効放射電力 (EIRP)	-75.9	dBm/MHz	
UWB 側空中線不整合損失	-14.6	dB	シミュレーション値 (0.992GHz)
UWB 側帯域外送信出力	-61.3	dBm/MHz	FCC
センサ数	3.0	dB	2 個
レーダ設置高	0.5	m	
受信システム側条件			
受信空中線利得	-5.0	dB <sub>i</sub>	ITU-R BS.1660、BT.1368
受信機 NF	1.4	dB	ITU-R BS.1660、BT.1368
受信機雑音温度	110.0	°K	UWB 無線システム
受信機帯域幅	34.5	MHz	委員会報告より
所要 I/N	-20.0	dB	
干渉緩和要素			
離隔距離	1.12	m	
周波数	12.0	GHz	
伝播損失	-55.0	dB	
バンパ損失	-3.0	dB	
UWB 側空中線水平指向性損失	-3.0	dB	半値角を想定
干渉計算			
(UWB デバイスの EIRP or 給電点電力)-(伝播損失+バンパ損失+UWB 側アンテナ指向性損失+衛星受信指向性損失)+衛星受信アンテナ利得			
干渉量	-138.9	dBm/MHz	
ΔT	-0.3	dBK	
ΔT	0.931	K	
ΔT/T	0.846	%	
I/N	-20.7	dB	=10log(ΔT/T /100)

### 3 まとめ

(1) 不要輻射の強度の許容値の基準について、以下のように合意した。

- スプリアスは、干渉検討で用いた時間的な平均電力を参照して決定された尖頭電力での記載とする。

(2) 協議により、以下に示す不要輻射の強度の技術基準が策定された。

- 使用周波数帯の外側をスプリアス領域とし、そのスプリアス領域における不要発射の強度の許容値は、表4のとおりとする。

表4 不要発射の強度の許容値

周波数 (MHz)	尖頭電力 (時間的な平均電力)
36625 未満	-54 dBm/MHz 以下 (-61.3dBm/MHz 以下)
36625 以上	-44 dBm/MHz 以下 (-51.3dBm/MHz 以下)

備考1) 48.10~48.50GHzの帯域及び52.0~52.5GHzにおいては、最大-26dBmまでの5波以下の線スペクトルのスプリアス放射は許容される。

備考2) 下記に指定する帯域での空中線利得(空中線の不整合損失を含む)が、以下の値を満たすこと。

470~806MHzにおいては、-44.8dBi以下

6426~7125 MHzにおいては、-20dBi以下

10251~10678 MHzにおいては、-15.6dBi以下

11700~12200 MHzにおいては、-14.6dBi以下

- 各周波数帯域において、基本波における放射特性を考慮し、放射特性に合わせて、基本波における最大利得方向を原点とし、水平方向及び垂直方向に掃引し、ピーク値を求めて当該帯域の空中線利得とする。

## 電波防護指針への適合

## 1 電波防護指針への適合

電波法施行規則では、電波のエネルギー量と生体への作用との関係が定量的に明らかにされており、これに基づき、UWB レーダシステムの運用状態に応じて、電波防護指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要がある。

UWB レーダシステムの安全性を確認するため、以下に示す電波防護指針の基準値に基づき検討を行った結果、最大の出力を想定した場合においても、電磁界強度指針（一般環境）の基準値を超えるのと送信空中線からの距離を算出すると約 1.7～3.3mm となる。

以上のことから、UWB レーダシステムは、車に搭載する利用形態が想定されており、特段支障がない。

表 参 5-1 電波防護指針の基準値（抄）

周波数 f	電界強度 E [V/m]	磁界強度 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm <sup>2</sup> ]
1.5GHz～300GHz	61.4	0.163	1

## 2 前提条件

## (1) UWB レーダシステムの諸元

UWB レーダシステムについては、22GHz から 29GHz までの周波数において、占有周波数帯幅 4.75GHz 以下であり、空中線電力については-41.3dBm/MHz 以下としていることから、占有周波数帯幅 4.75GHz で平均電力（EIRP）-41.3dBm/MHz の均一なスペクトラムの波形を送信した場合、最大送信電力を想定した。なお、その場合の電力はそれぞれ以下のとおり。

$$-41.3\text{dBm/MHz} + 10 \log(4750) = -4.53\text{dBm} \quad (0.35\text{mW} = 0.00035\text{W})$$

UWB レーダシステムの平均電力は 20mW 以下であり、電波の強度に対する安全施設は求められていないが、強度の計算結果については、以下に示すとおり。

## (2) 電波の強度の算出式（無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法（告示 平成 11 年 4 月 27 日 第三〇〇号）より引用）

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K$$

$S$ : 電力束密度 [mW/cm<sup>2</sup>]

$P$ : 空中線入力電力 [W]

$G$ : 送信空中線の最大輻射方向における絶対利得

$R$ : 算出に係る送信空中線と算出を行う地点との距離 [m]

$K$ : 反射係数 (ただし、反射係数は表 参 5-2 のとおり)

表 参 5-2 反射係数

ア	すべての反射を考慮しない場合	1
イ	大地面の反射を考慮する場合 (送信周波数が 76MHz 以上の場合)	2.56
ウ	水面等大地面以外の反射を考慮する場合	4

### 3 算出結果

算出結果は表 参 5-3 のとおりである。

表 参 5-3 算出結果

ア	すべての反射を考慮しない場合	1.7 mm
イ	大地面の反射を考慮する場合 (送信周波数が 76MHz 以上の場合)	2.7mm
ウ	水面等大地面以外の反射を考慮する場合	3.3mm