

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

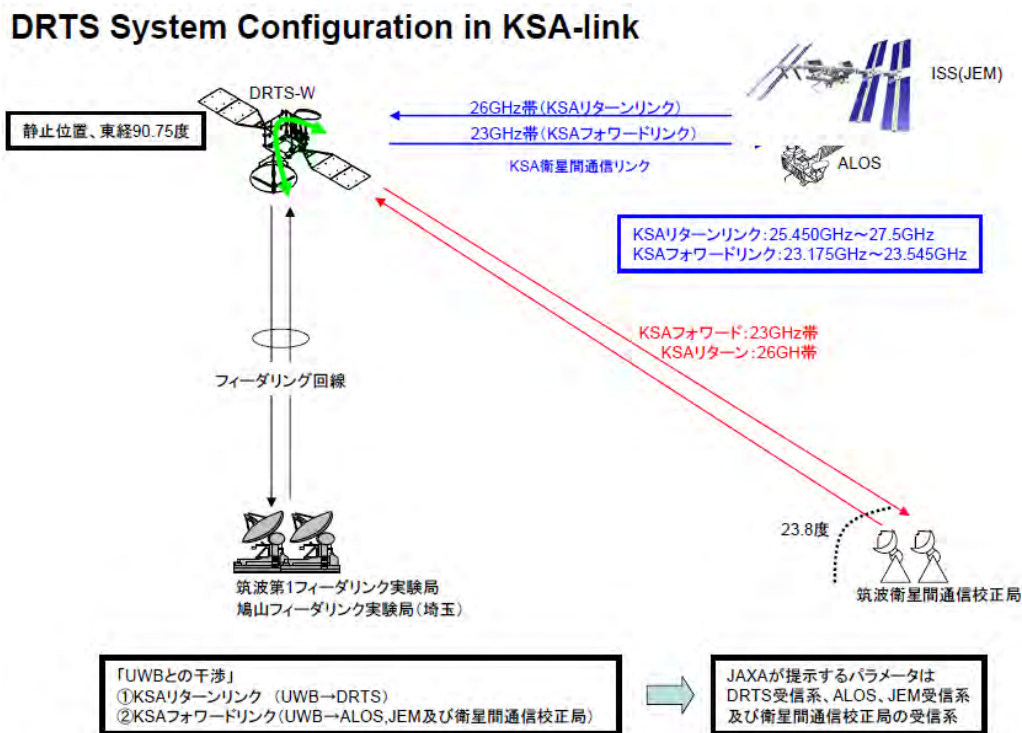


図1 Inter-satellite communication.

(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)	Δf	Noise	Threshold		Appot 1%
	K	dB	Hz	dBW/ Δf	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。

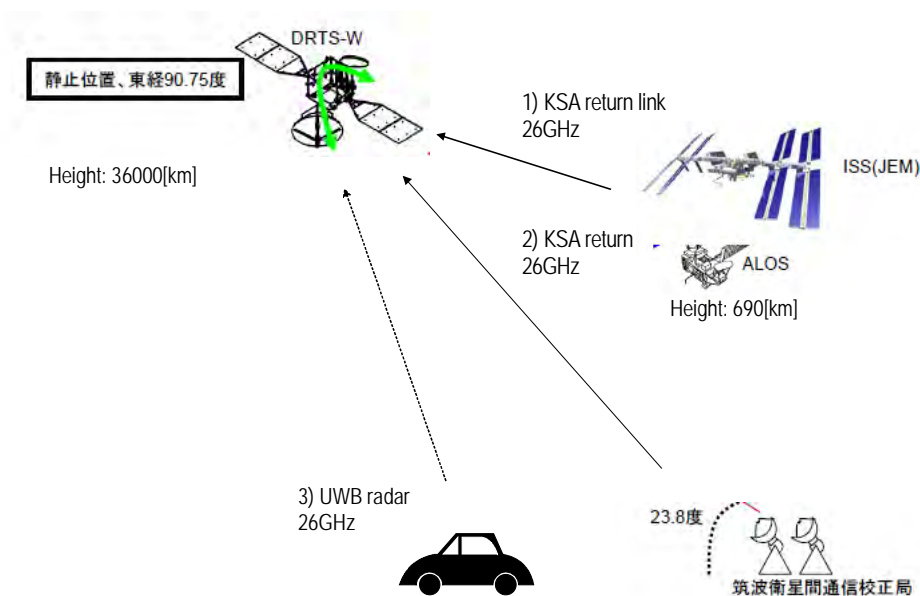


図 2 KSA リターンリンク (26GHz).

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 Antenna 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。

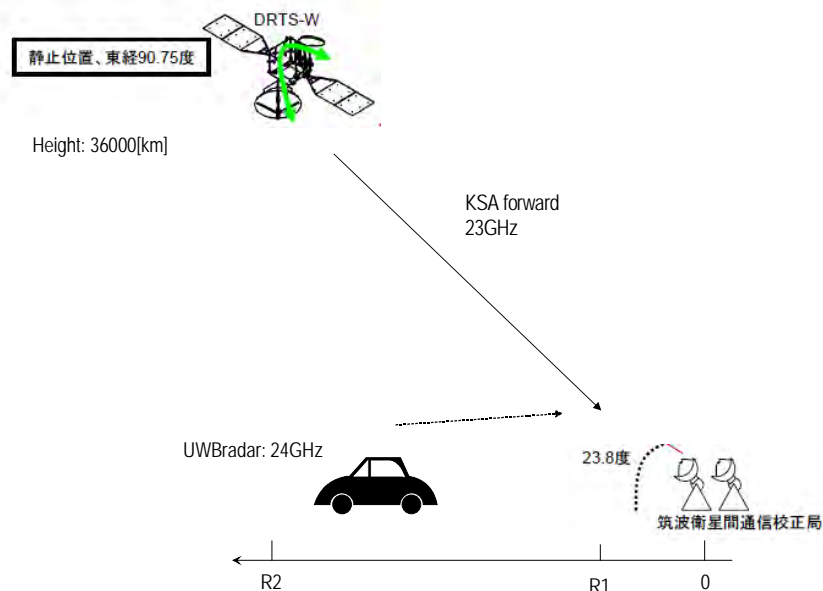


図 3 Interference to DRTS System-calibration station (KSA forward link). 23GHz.

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

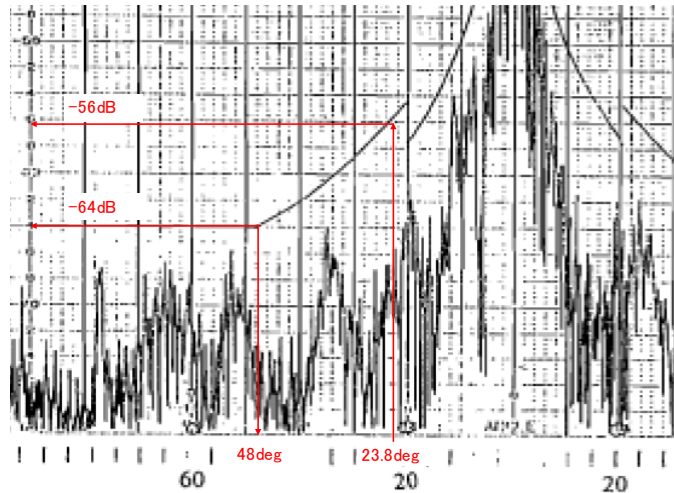
- ① 23.8度におけるアンテナゲインを受信ゲインとして使用。

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 ²	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。

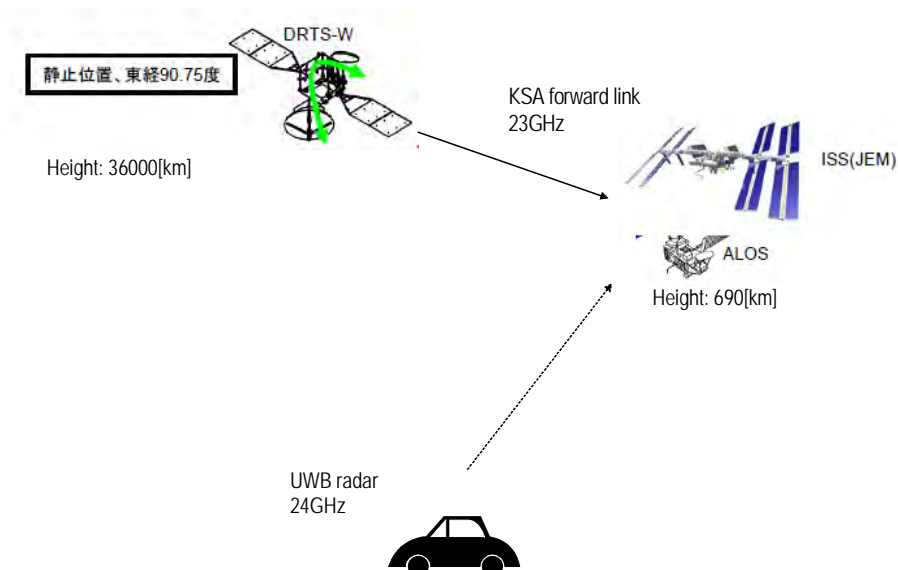


図 4 KSA forward link to ALOS and ISS.

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

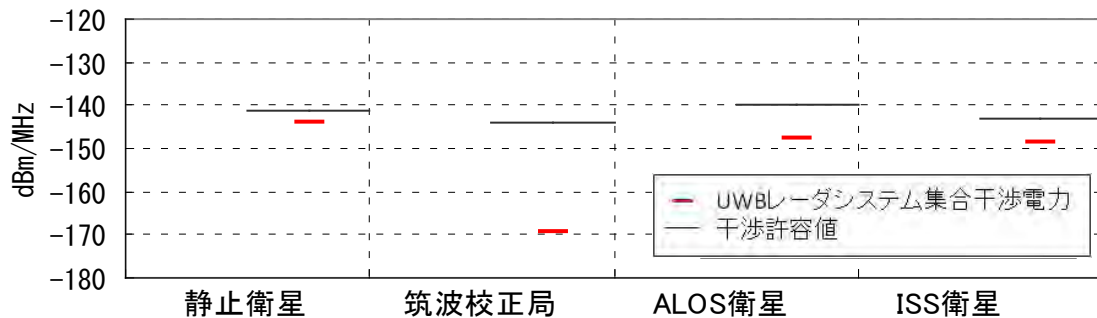


図5 干渉許容量に対するUWBレーダシステム集合干渉電力のマージン

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輛実装率は 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 5×10^{-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 5×10^{-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。

通常を受信装置の定格・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)

車輦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 (θ 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-杵島、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程度の杵島、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のマージンを保有している。

干渉限しきい値	干渉量	マージン
-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。

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/km²]
(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/km²となる。AMSR-2 の Footprint が 306.3[km²]、東京都の面積(2187[km²])を考慮すると、東京都全体ではなく東京 23 区(621[km²])あるいは人口密度上位 13 区(274[km²])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/km²]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/km²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。

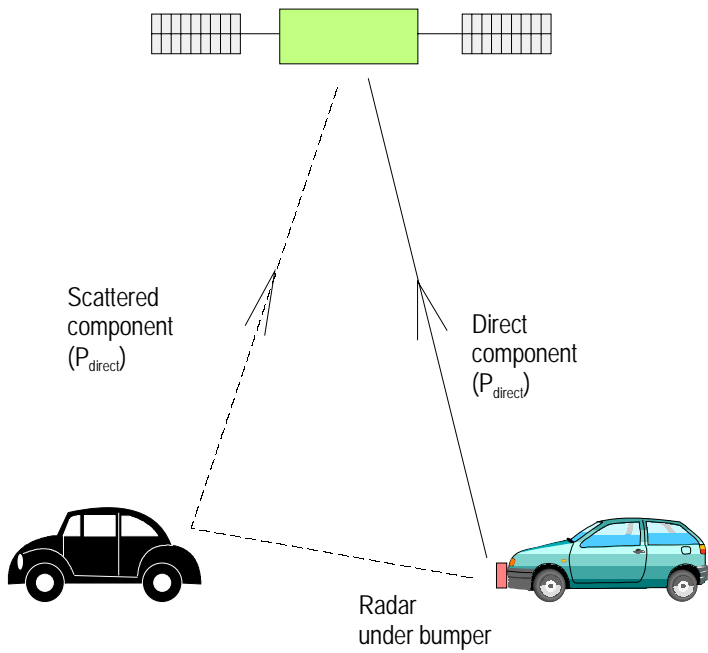


図 参 4-5-1 直接波と Scattered 波

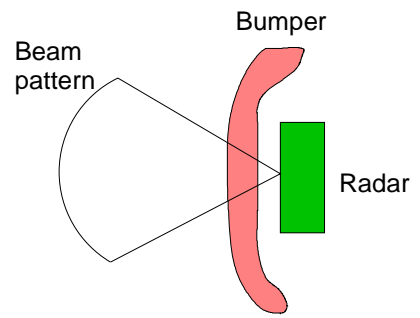


図 参 4-5-2 レーダとバンパー

EESS 後方散乱実験

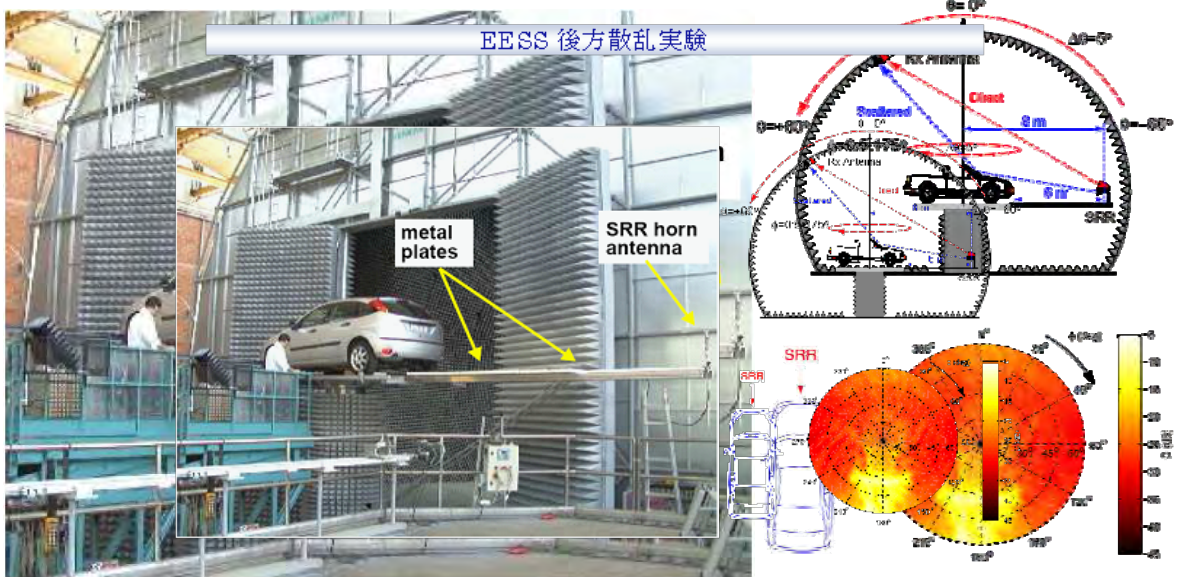
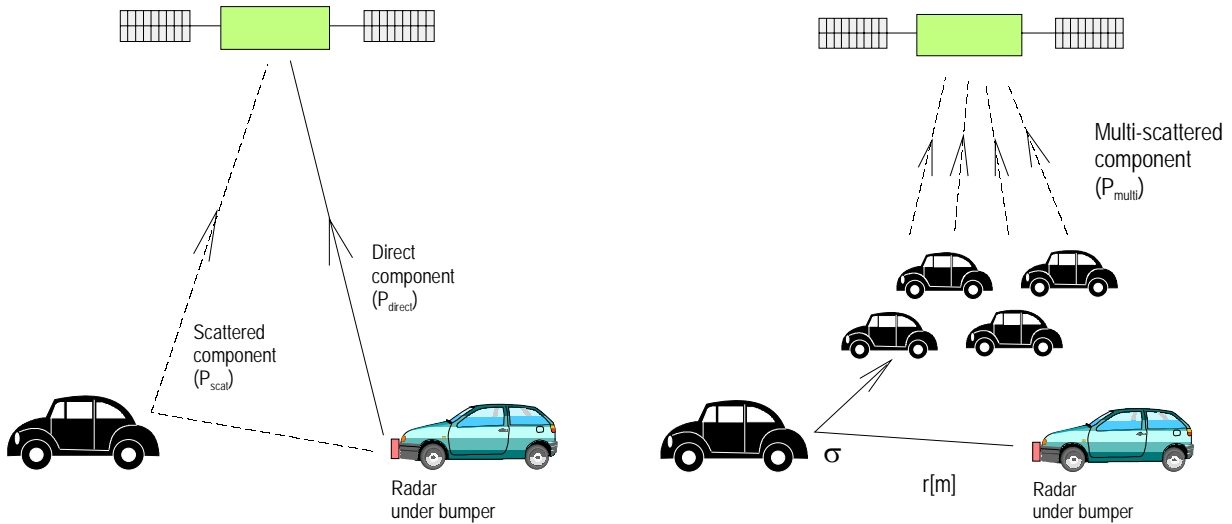


図 参 4-5-3 EESS 後方散乱実験



(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	
Main lobe			
Elevation mask	-35	-35	dB
Random car direction (25%)	0	-6	dB
Total	-35	-41	dB
Scattered wave			
Coefficients	-19.8	-19.8	dB
Hemisphere distribution	-4.7	-4.7	dB
Total	-24.5	-24.5	dB
Multi-scattered wave			
1st: range	5	5	m
$-10 \text{ Log}(4\pi r^2)$	-25.0	-25.0	dBsm^{-1}
σ	7.5	7.5	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
Total coupling factor	-23.9	-24.1	dB

(a) 2014 Year: elevation mask 35dB

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

(b) 2010Year: elevation mask 30dB

	Cross track	Conical Sacan	
Main lobe			
Elevation mask	-25	-25	dB
Random car direction (25%)	0	-6	dB
Total	-25	-31	dB
Scattered wave			
Coefficients	-19.8	-19.8	dB
Hemisphere distribution	-4.7	-4.7	dB
Total	-24.5	-24.5	dB
Multi-scattered wave			
1st: range	5	5	m
$-10 \text{ Log}(4\pi r^2)$	-25.0	-25.0	dBsm^{-1}
σ	7.5	7.5	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
Total coupling factor	-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。

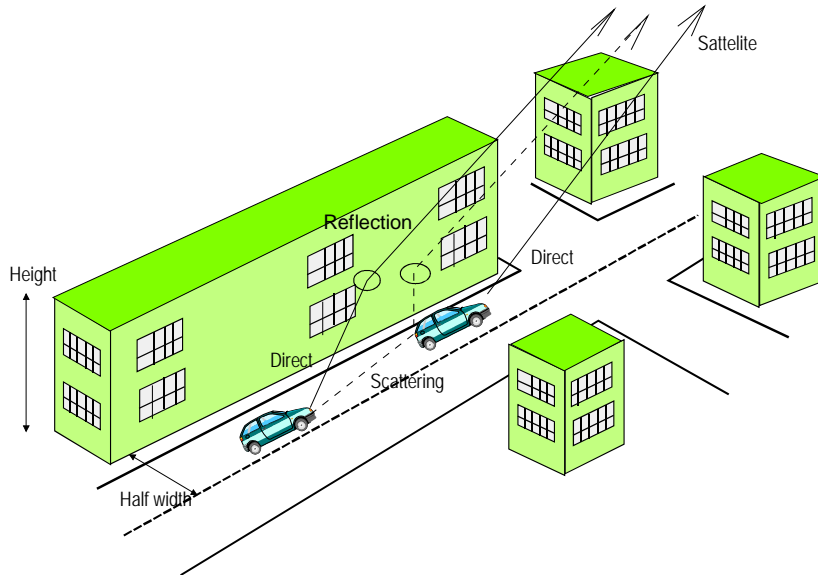


図 参 4-5-5 ビル反射

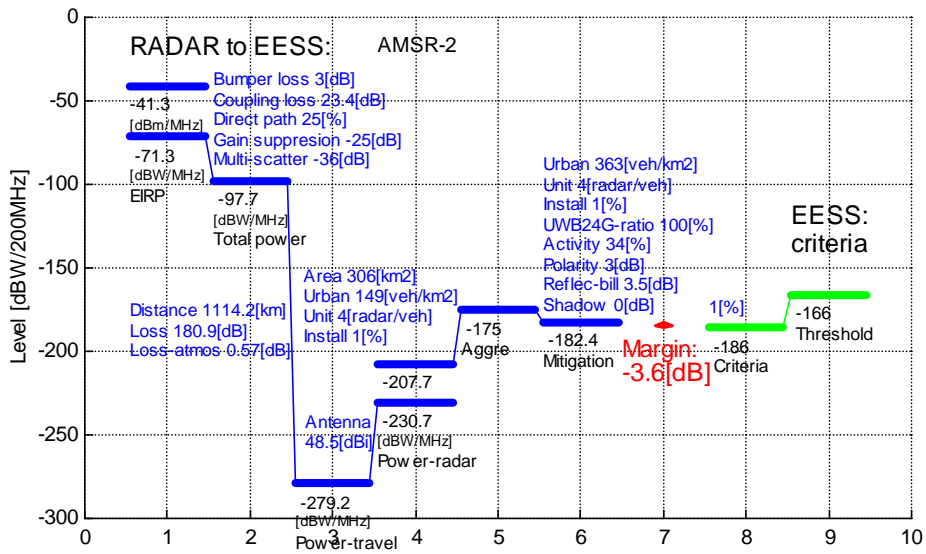
4. 3 高架によるシャドーイング

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。

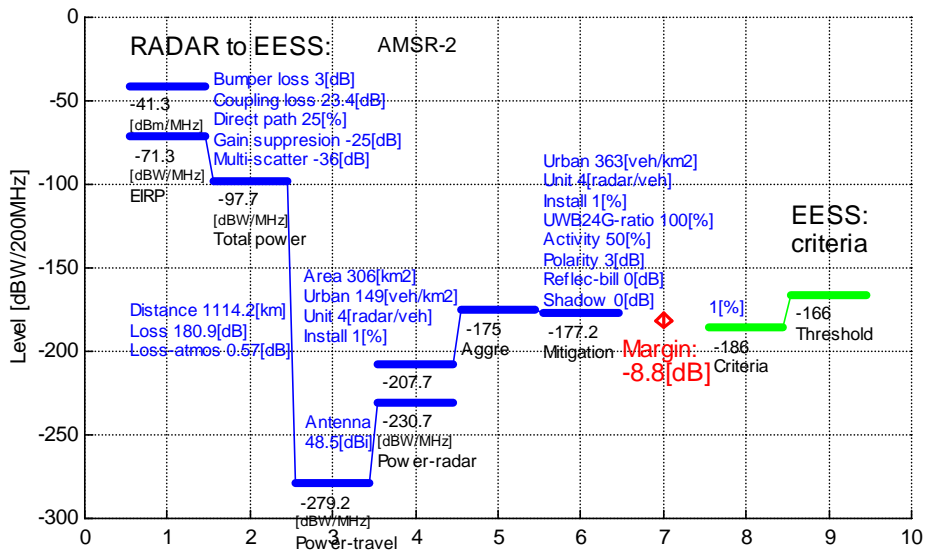
5 干渉マージン

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 ²]	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。

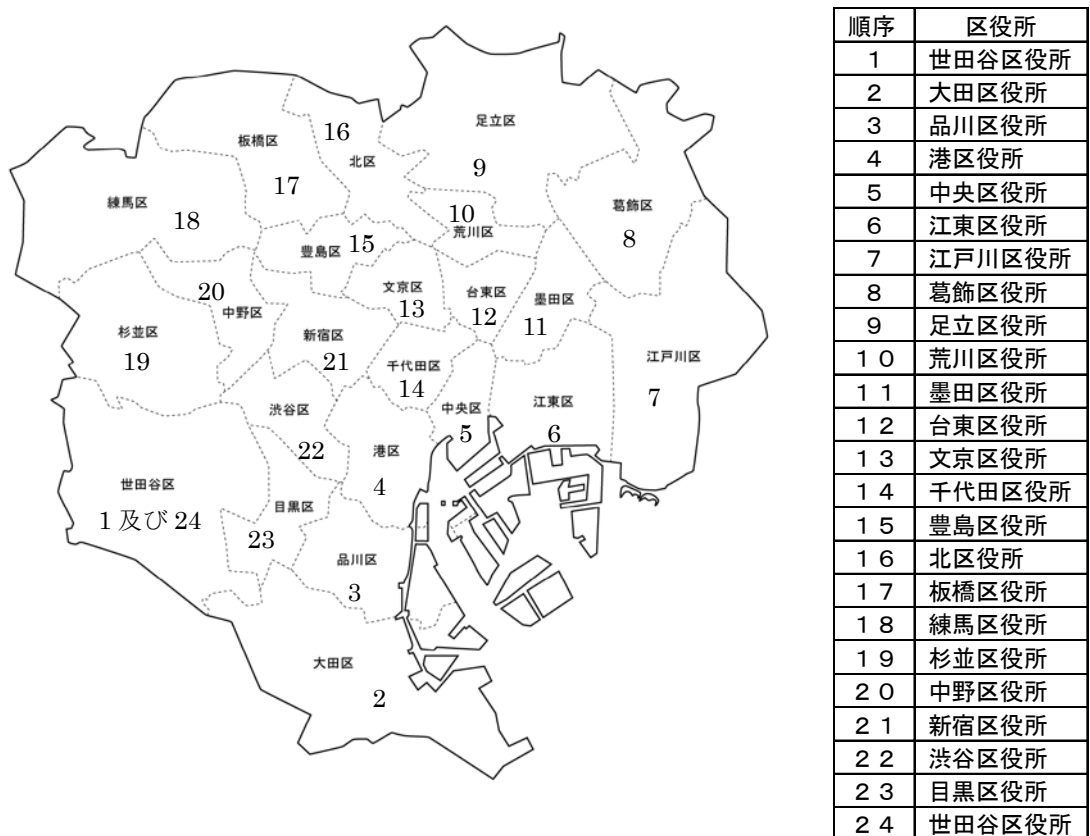


図1 各区役所の巡回順序

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。

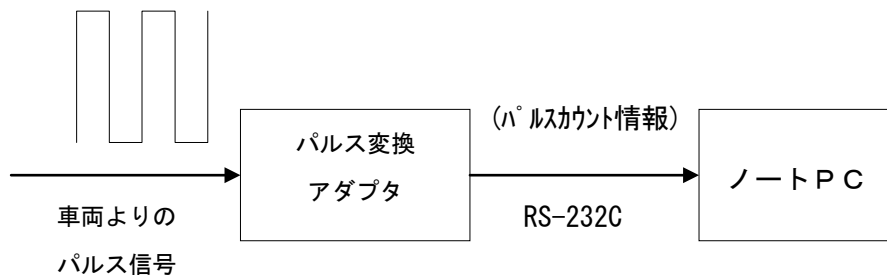


図2 調査機器構成図

- ・ 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。

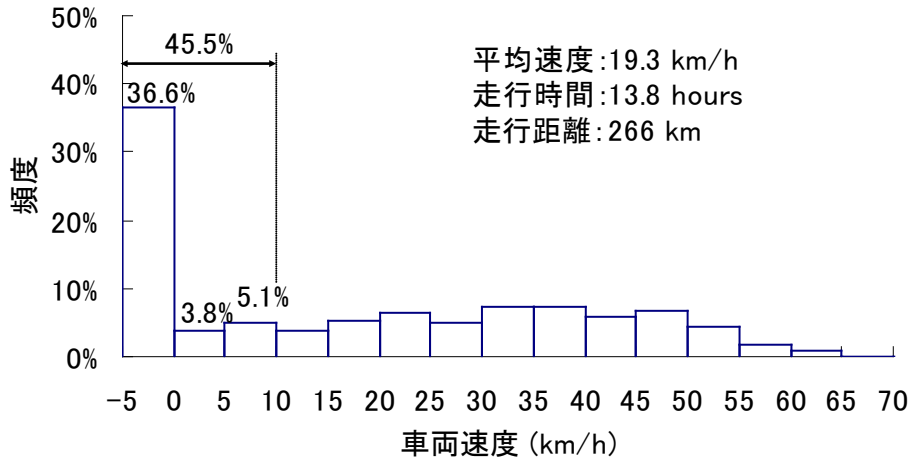


図3 車両速度の頻度分布

(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 ⁽⁴⁾	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 ⁽¹⁾ in per cent of driving time (activity factor No. 1)	Time full PRF ⁽²⁾ in per cent of driving time	Activity factor from this mode ⁽³⁾ (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 θ で衛星に向かうとし、Azimuth Angle ϕ 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 ϕ 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。

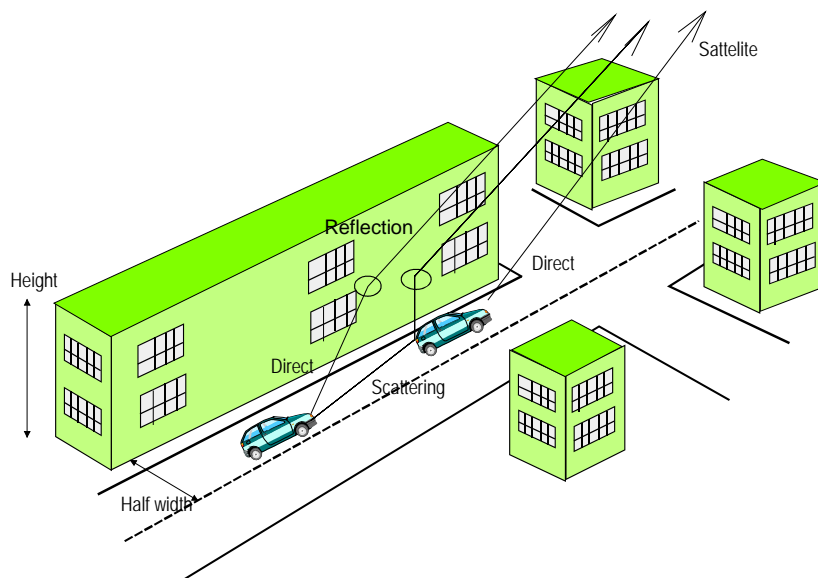


図 参 4-5-B1 Reflection by buildings.

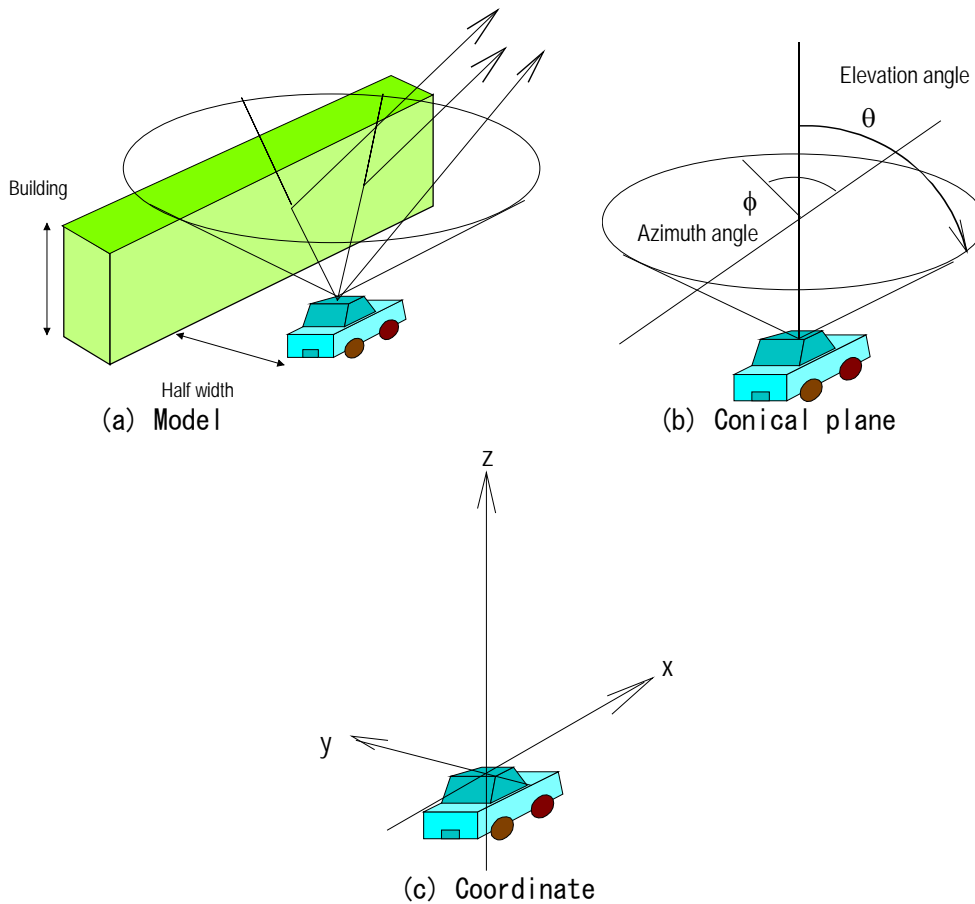


图 参 4-5-B2 Model of the reflection by buildings.

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 θ で衛星に向かうとし、Azimuth Angle ϕ 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、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 三ツバシ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])

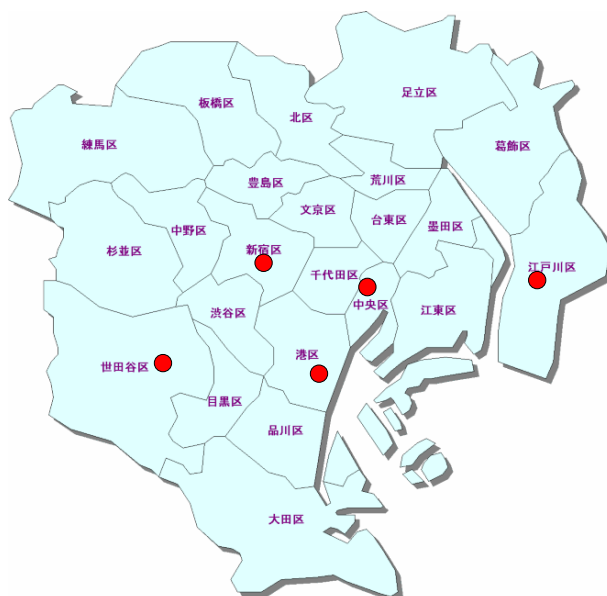


図1 ビル高さ調査箇所： 5箇所

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?OVRAW=%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&OVMTc=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)

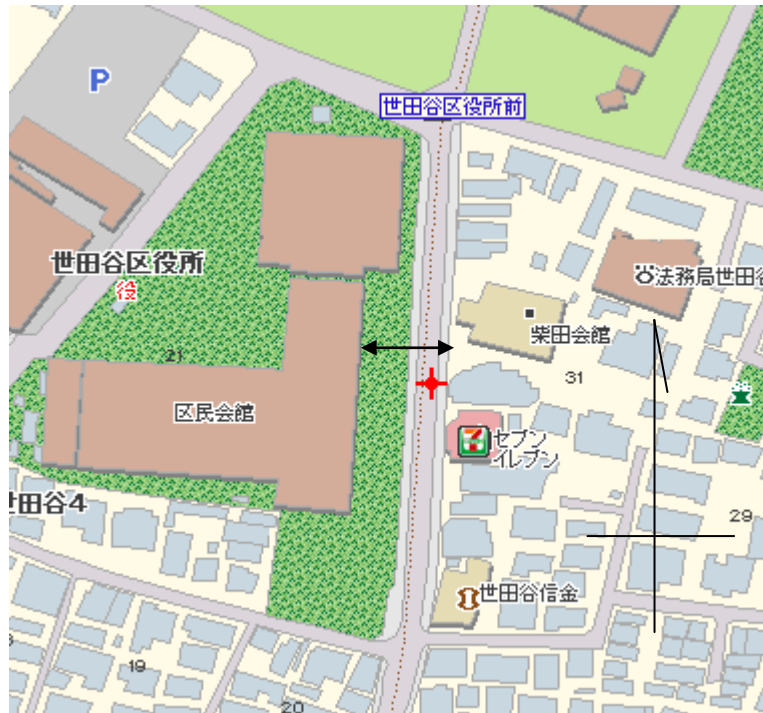


図3 世田谷区役所付近
道幅(車道+歩道+セットバック)：25.5[m]

(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/km² 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/km² 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 ²	[C3]	210	2113	
j) 交通量密度	台/km ²	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 ²	人	人/km ²		台/km ²
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

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
総数	12,805,039	2,187.42	5,854
区部	8,663,751	621.81	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
上位13区	4,557,723	274.5	224,445

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 ²)	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	13,325	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
	一般国道	道路延長(km)	1,090	907	921	848	1,150	321	700	594	1,735	8,264
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 ²)		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	8,982
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
都県道		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
	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 ²)	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 ²)	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 ²)		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 ²)	491	312	316	1,801	1,137	5,342	3,449	198	162	848	333	
面積(km ²)	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
- [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。

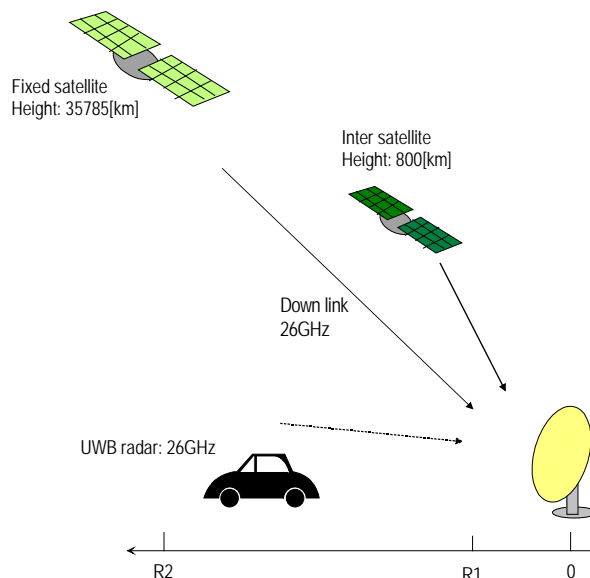


図 1 Space Research Service Frequency: 25.5~27[GHz].

- (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)	Δf	Noise	Threshold (10dB lower)		Appot 1%
	K	dB	Hz	dBW/ Δf	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 mW/MHz	-41.3 7.41E-05	
Radar density ρ	SRR/km ²	841.4	79473595(veh)x4(radar/veh) /377819.23(km2)
Wave length λ	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 dBm/MHz	2.29E-12 -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 $ 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 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 ² 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 [km²] 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 [km²]、東京 23 区 (621 [km²]) ではなく、人口密度上位 13 区 (274 [km²]) 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られる。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られる。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

- （1）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。
- （2）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

- （1）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。
- （2）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いく。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。
- （3）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。
- （4）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ると考えられる。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。

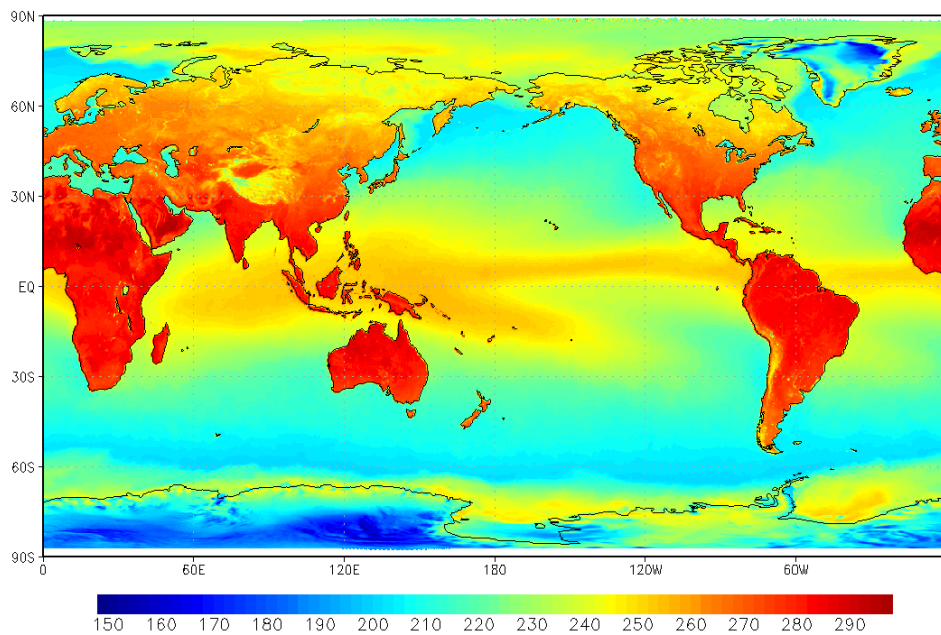


図1 AMSR-E 23.8GHz 帯垂直偏波輝度温度[K]の2003年の全球年平均分布図。

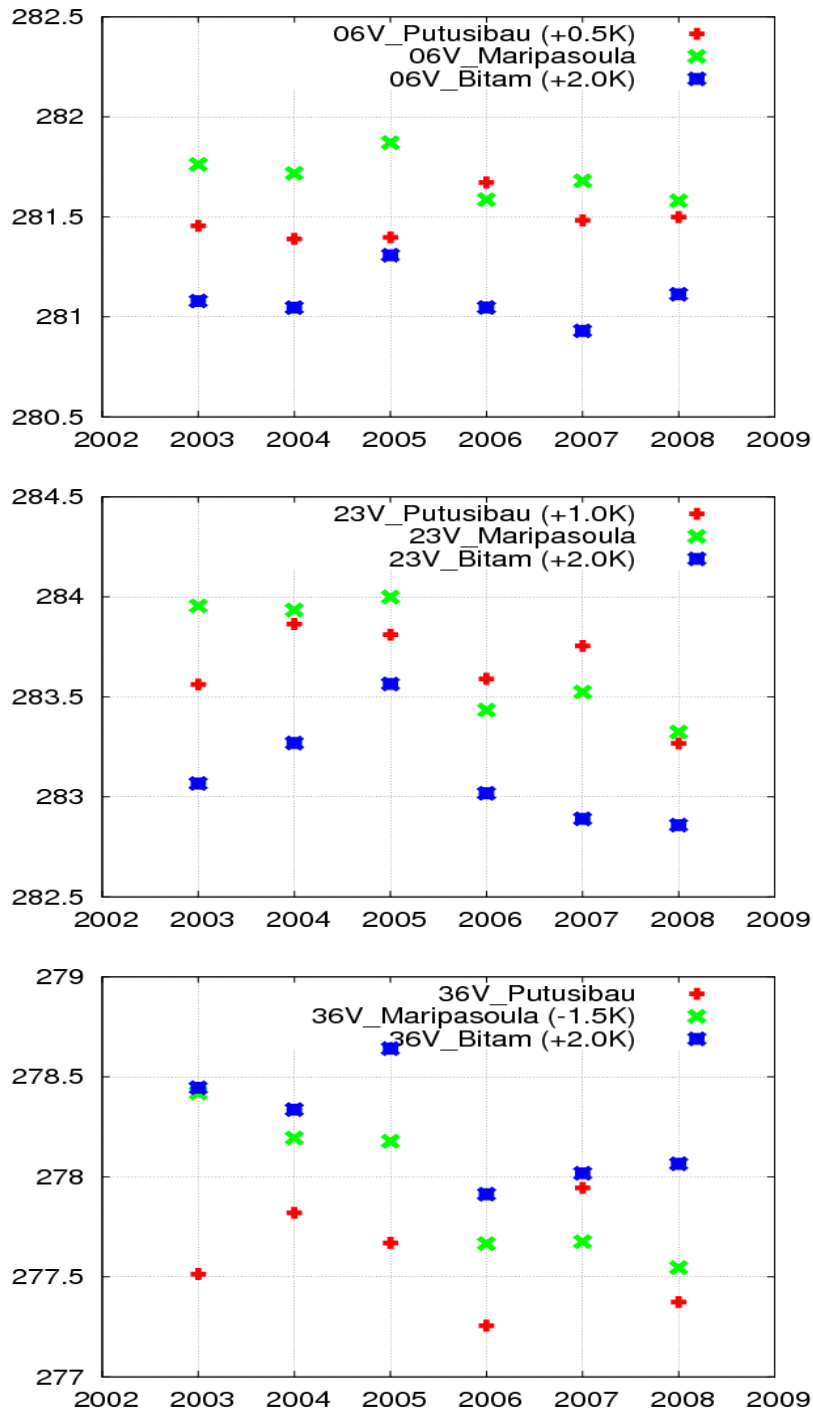


図2 陸域特定点（熱帯雨林域）における AMSR-E 垂直偏波輝度温度の年平均値推移。上から 6.925GHz、23.8GHz、36.5GHz のグラフであり、それぞれ横軸は年、縦軸は輝度温度 [K] である。

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¹

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 μ s)の内の受信ゲート時間(約 36 μ s)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 ² 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	

¹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。

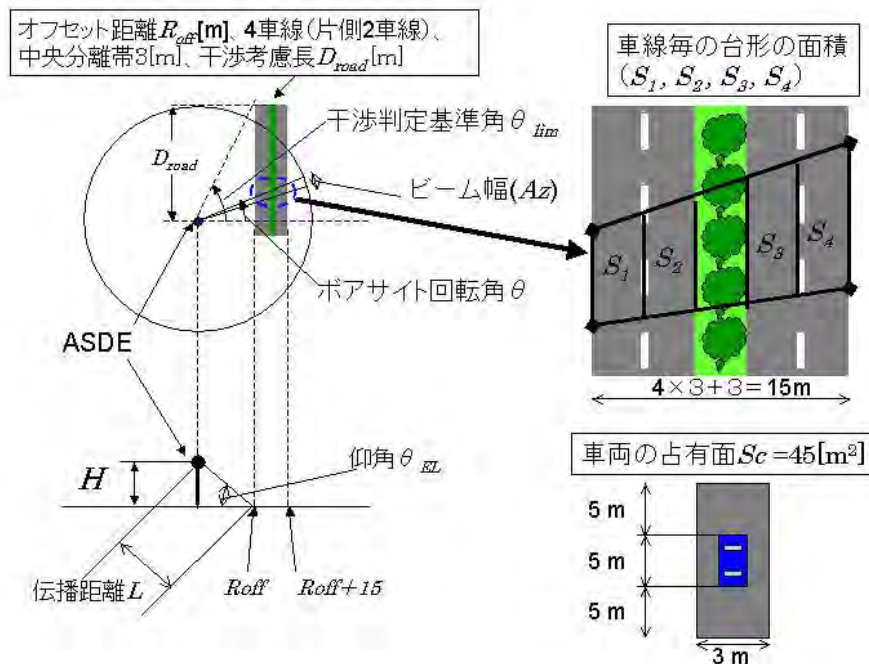


図1 予備検討用干渉モデル

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 θ 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 θ_{lim} により判定する。 θ 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 θ_{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 θ_{lim} とポアサイト回転角 θ 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 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 ²
道路車線数		4	-

表 3 $IN(\theta)$ 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	$L(\theta) = \sqrt{(H-h)^2 + \frac{(R_{off})^2}{\cos^2 \theta}}$
Ga_{ASDE}	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 θ 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 θ 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。

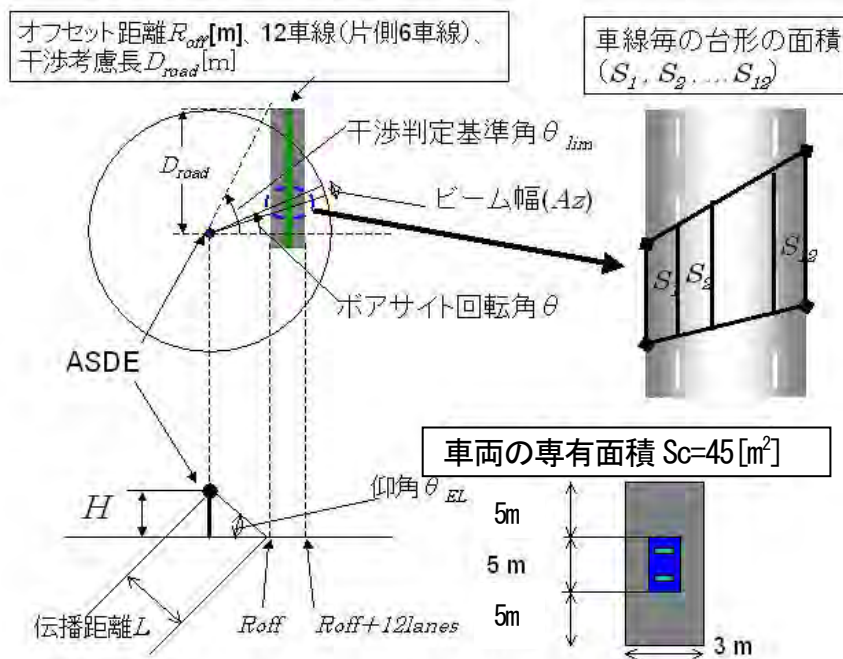


図 2. 羽田空港モデルの説明図

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 θ_{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 θ_{lim} とボアサイト回転角 θ によって変化するI/Nである $I/N(\theta)$ 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 $I/N(\theta)$ 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	0 deg (水平)
		$\text{cosec}^2 \theta_{EL} / \text{cosec}^2 \theta_0 - R^{**}$	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

※ 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。

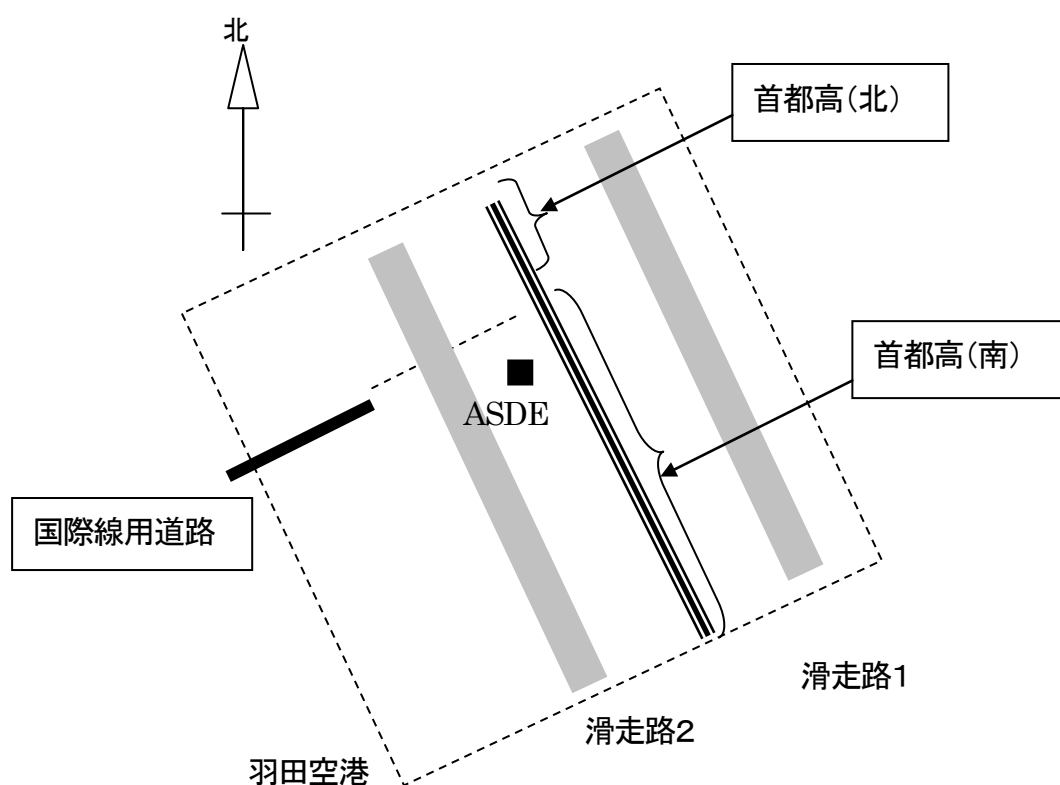


図 3 羽田空港略図

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

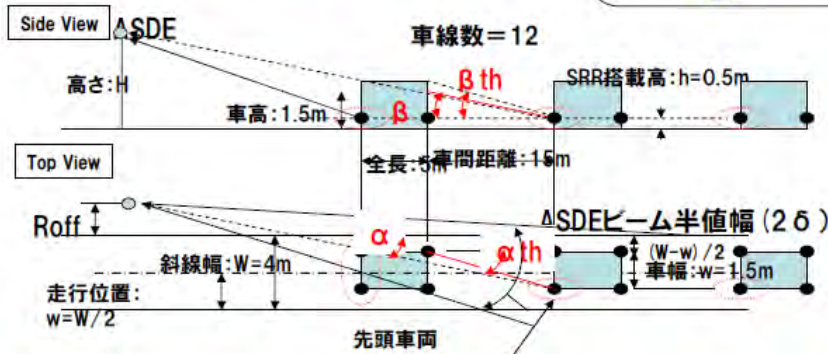
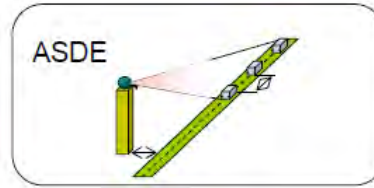
施設名	オフセット R_{off} [m]	地上高 H [m]	道路長 D_{road} [m]	I/N 最悪値 [dB]	マージン [dB]
国際線用	155	84.6	2000	-15.1	5.1
首都高(北)	94	84.6	813	-24.6	14.6
首都高(南)	94	84.6	2200	-12.5	2.5

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 (αR) と、遮蔽する角度 (α) 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

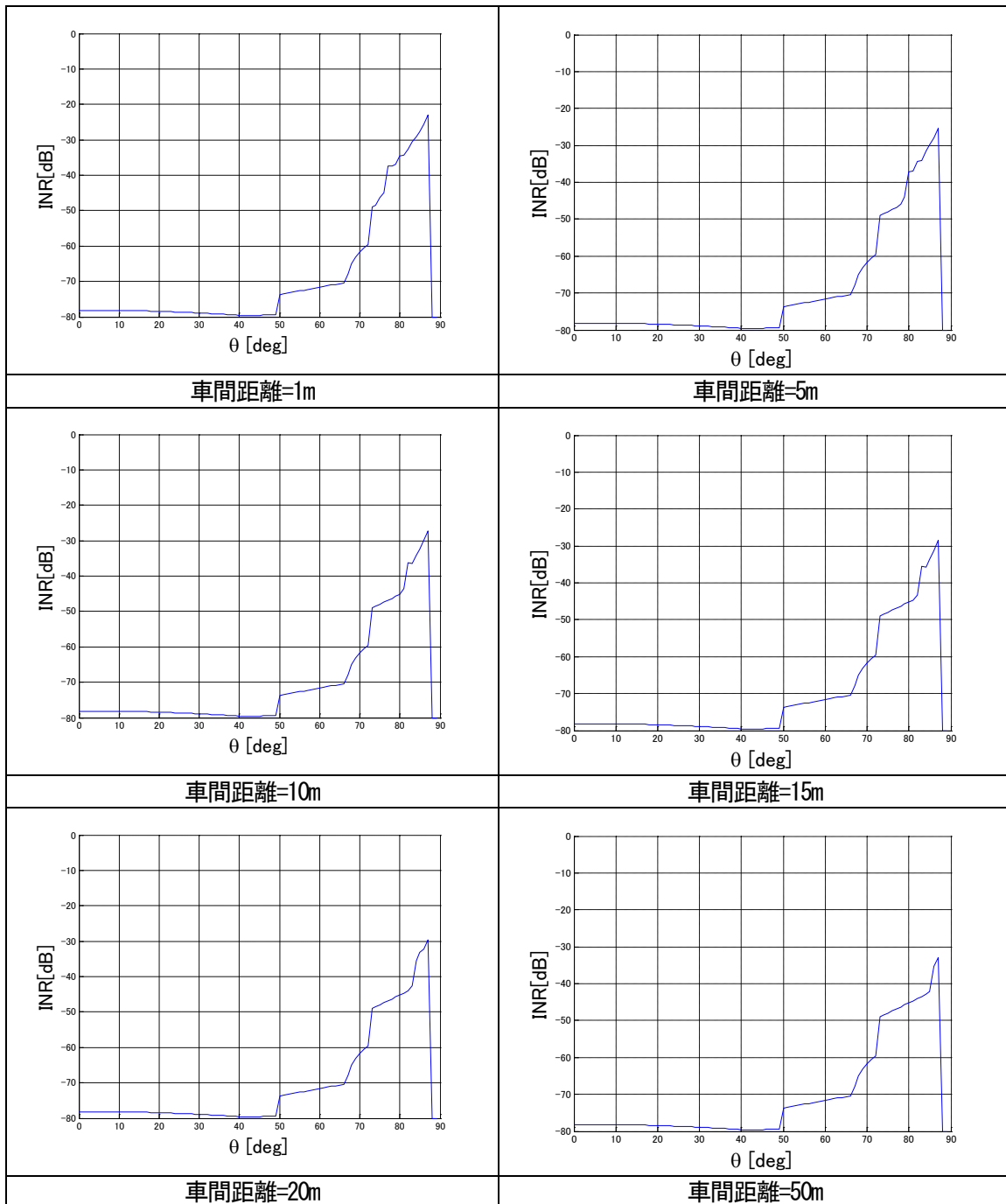
干渉計算の対象として、平均化モデルで最悪値となった首都高(南)を設定した。表 8 に本検討で用いた干渉パラメータを示す。ほとんどは前節と同じであるが、集合干渉が干渉源との位置関係により遮蔽されるモデルとなっている。

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
$Discr_{rad}(N, \rho) \rightarrow \text{ITU-R のモデルへ変更}$	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, ρ)	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)
		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

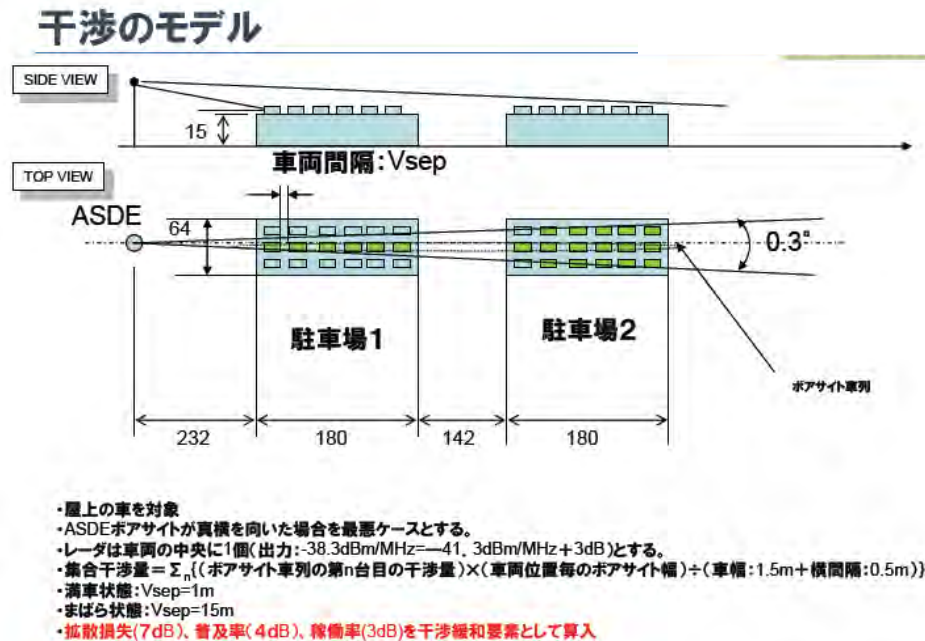
さらに、同様の手法により、現在稼働が予定されている第2羽田、第2成田について検討した。以下、結果を示す。やはり干渉許容値を下回った。

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。



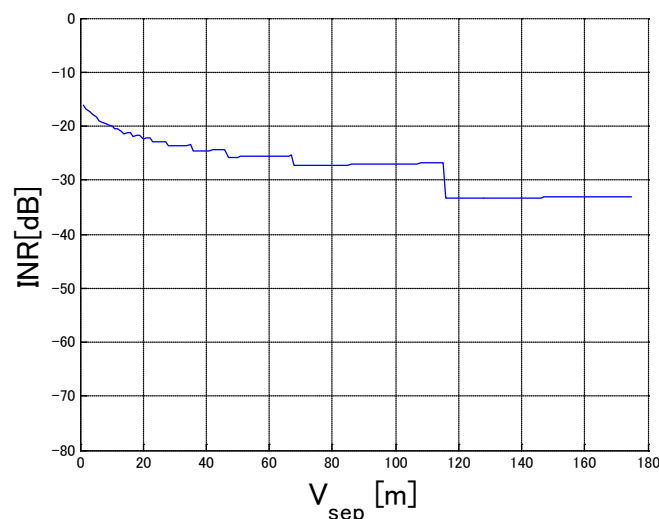


図5 駐車場からの干渉検討結果

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/km² 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/km² 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

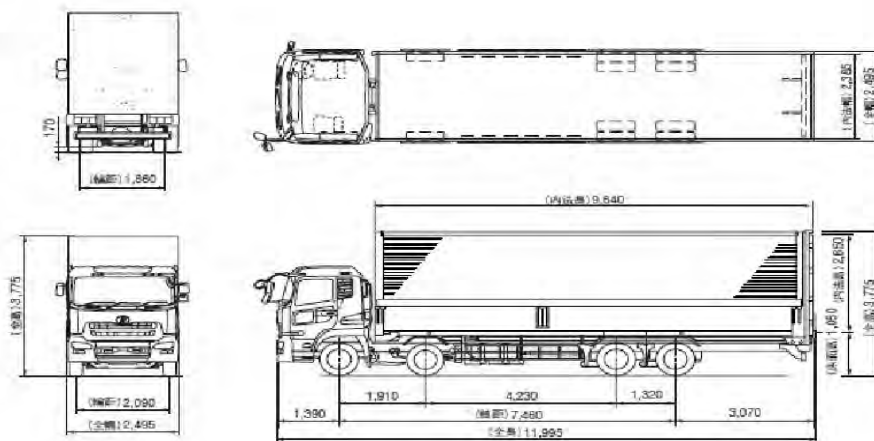


図 1 車両寸法図(日産ディーゼルホームページより)

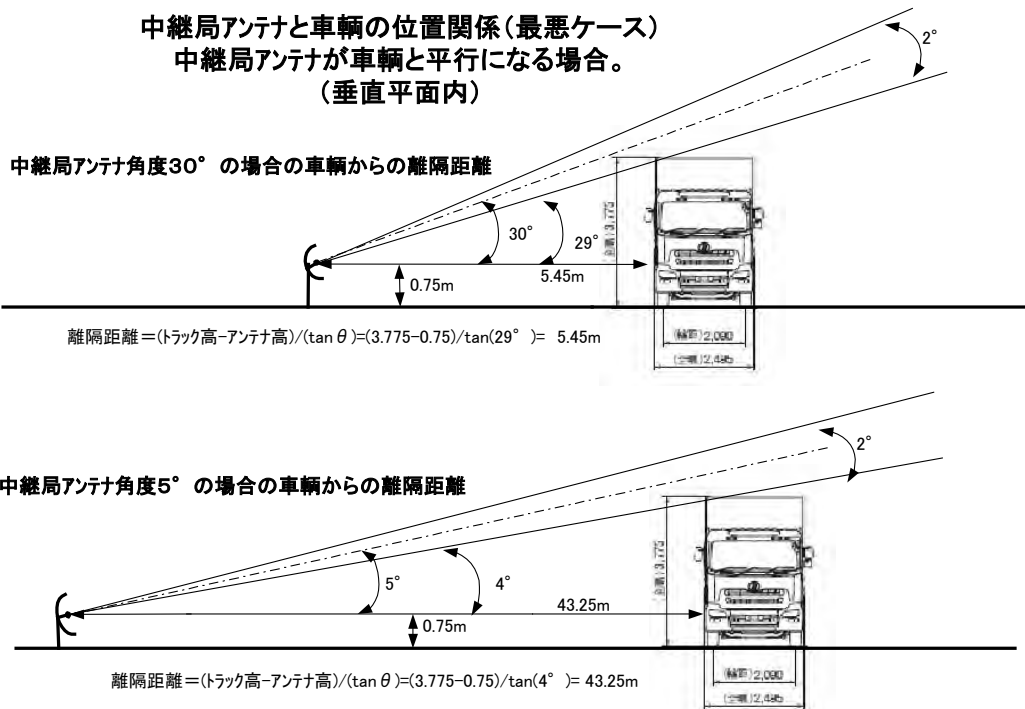


図2 車両によるビームが影響を受ける距離

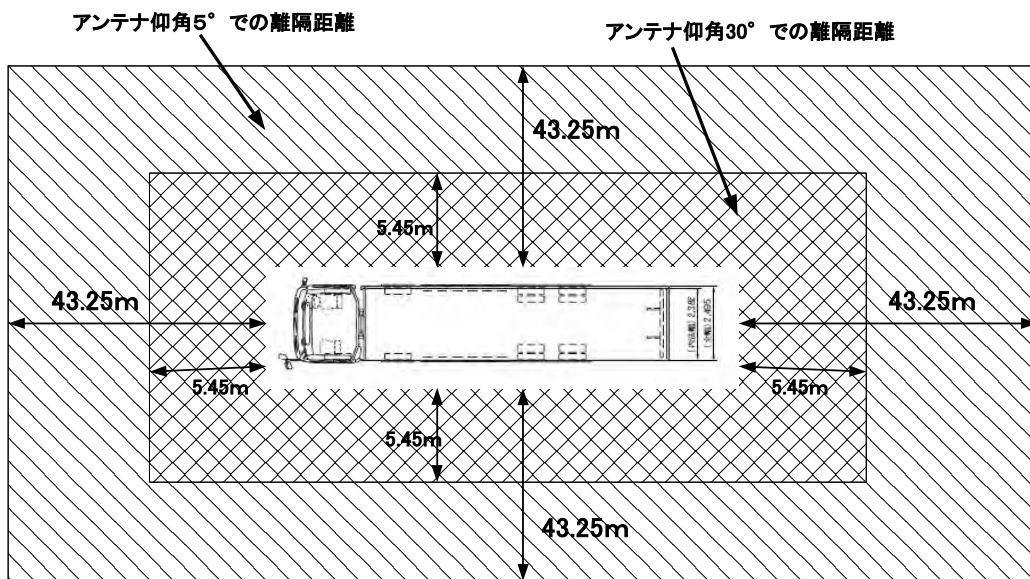


図3 アンテナ仰角と車両からの離隔距離

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、車両とアンテナの間隔=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り、UPC 用ビーコン受信地球局アンテナ仰角=0° で 171m から車両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両距離が 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両による影響を避けるため、車両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 車両の全長制限

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

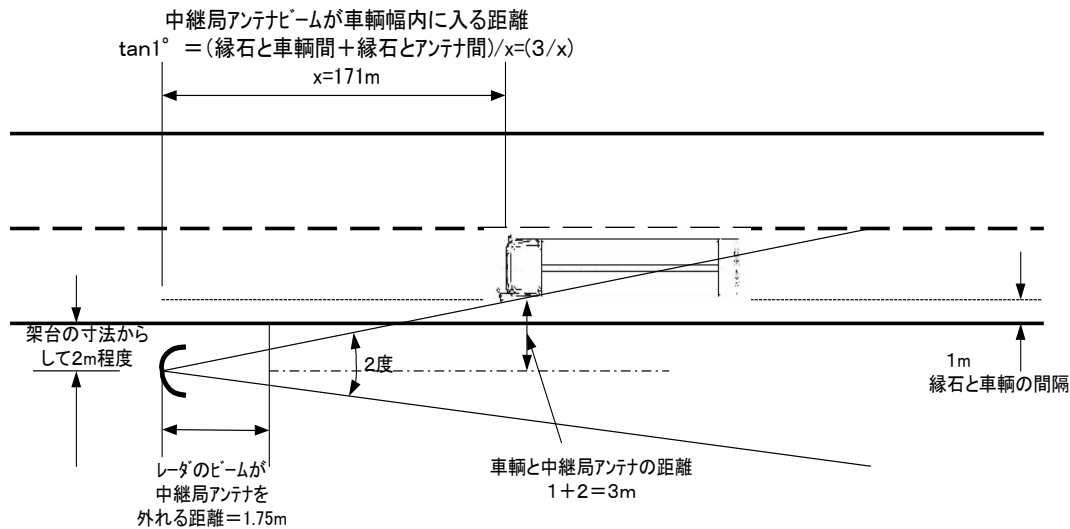


図5 UPC用ビーコン受信地球局のアンテナが車輦と平個になる場合
 (仰角0°の場合=実際には存在しない最悪ケース)

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思われる。

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) 車輻制限一杯の車輻が通れない場合

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、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、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。

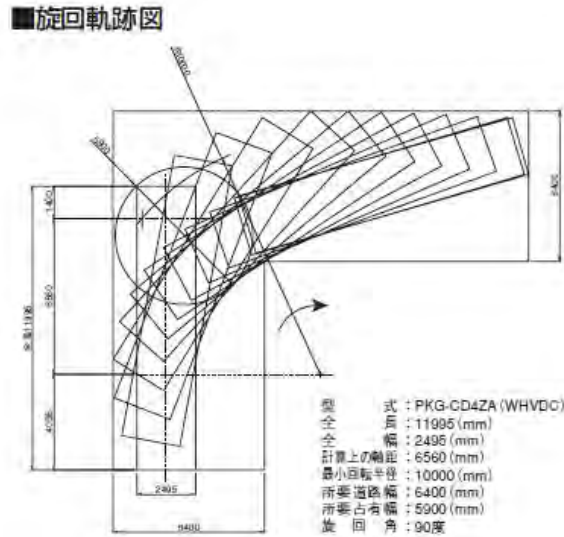


図6 車輻長 12m、車輻幅 2.5m が旋回した場合の車輻位置と範囲

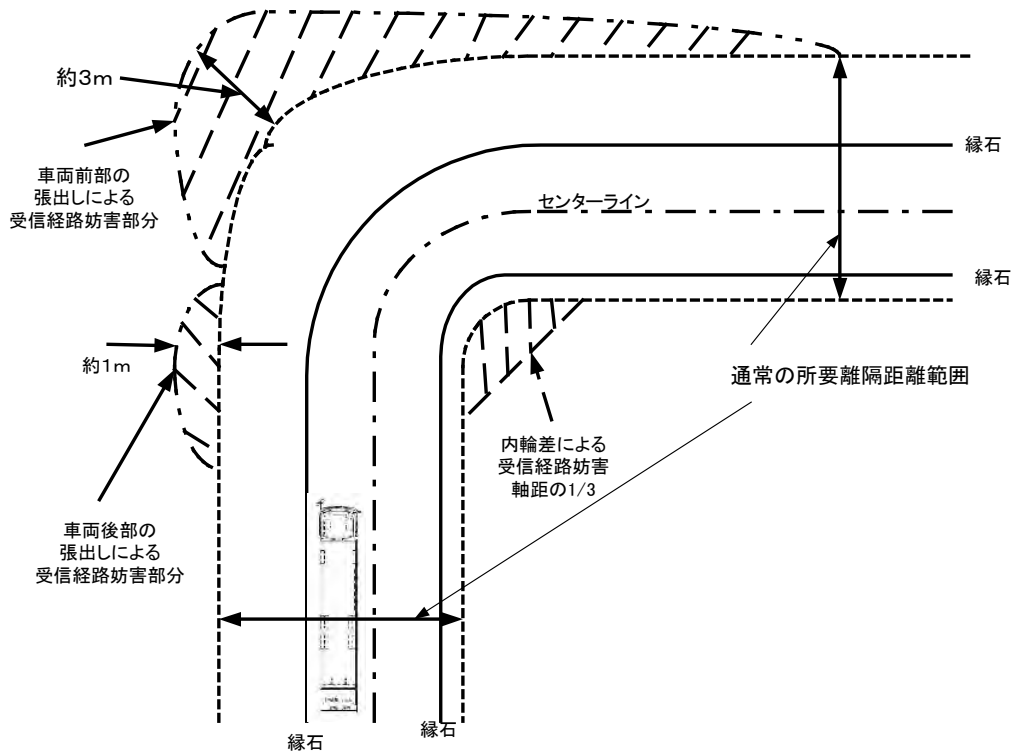


図7 曲線道路でのUPC ビーコン受信経路妨害付加部分

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、 ϕ_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
$2.42^\circ \leq \Phi < 48^\circ$	Φ 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° の時であるので、最大利得は、表 1 から仰角 5° 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。

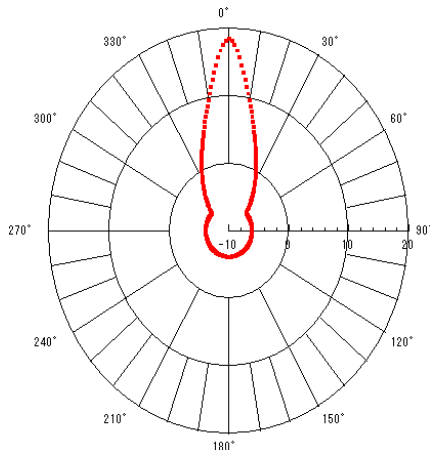


図 8 仰角 5° でのアンテナパターン

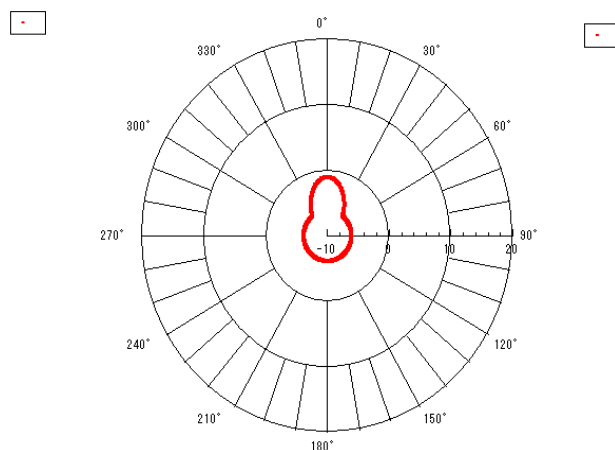


図 9 仰角 30° でのアンテナパターン

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 dB/距離 、ブレイクポイント以遠を -12 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	→	$20 \times \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 - 103.969$

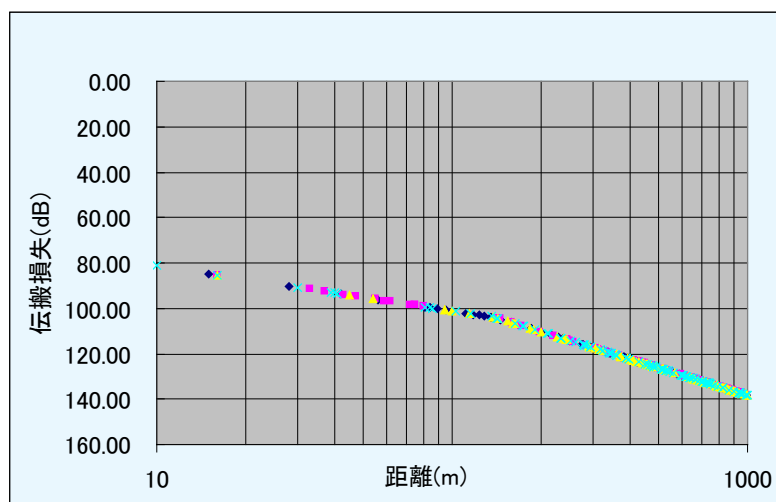


図 10 距離別の伝搬損失

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/km² 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。

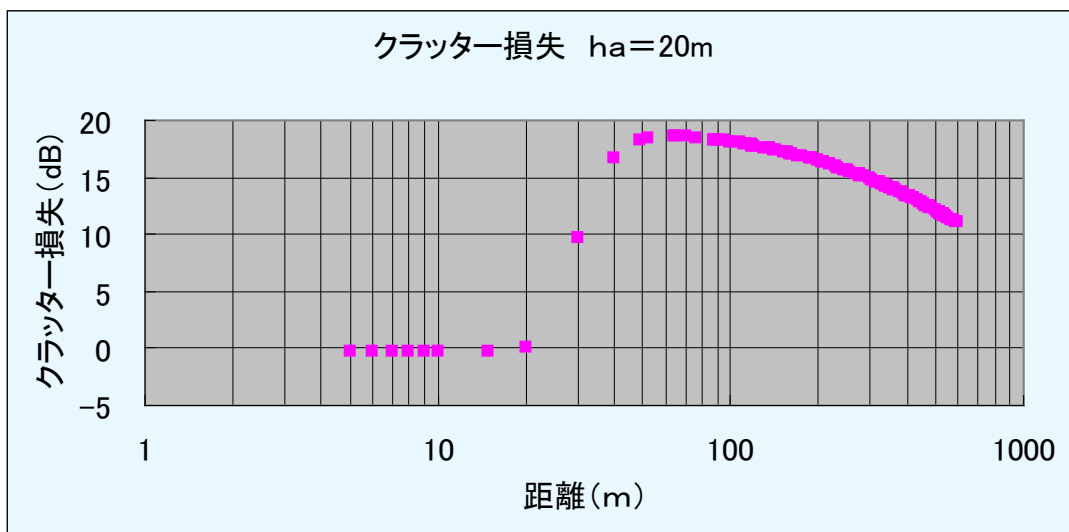


図 11 距離別のクラッタ損失

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¹及び、 $C/(I+N)$ 基準値²

¹ 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 [※]	C/(I+N) 基準 [※]	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

² 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	=10log(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*LOG10(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*LOG10(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
UWB レーダ帯域外送信機出力 I_UWB/MHz	-75.3	dBm/MHz
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 _i	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 _i	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 _i	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
UWB レーダ帯域外送信機出力 I_UWB/MHz	-61.3	dBm/MHz
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 _i	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 _i	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 _i	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 ²]
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/cm²]

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