

## 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。

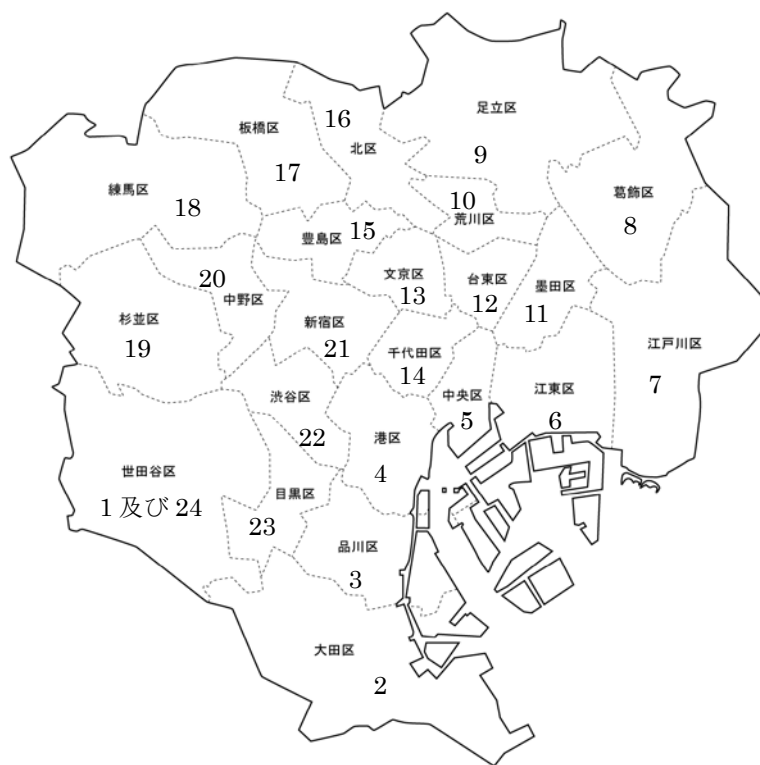
### 2. 調査内容

#### (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。

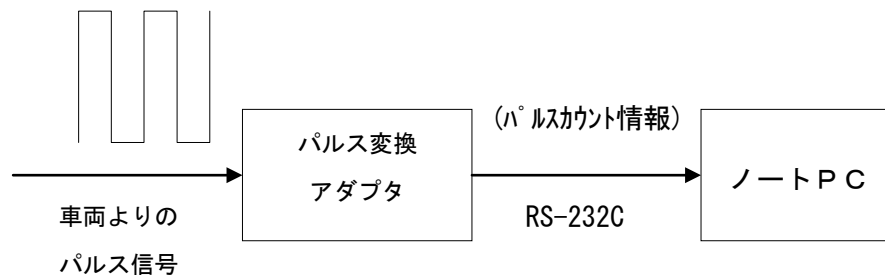


図2 調査機器構成図

- ・ 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。

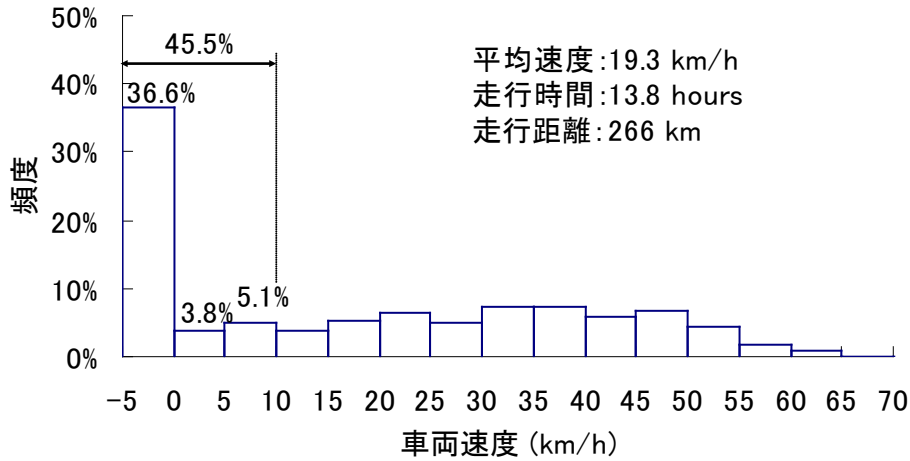


図3 車両速度の頻度分布

(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。

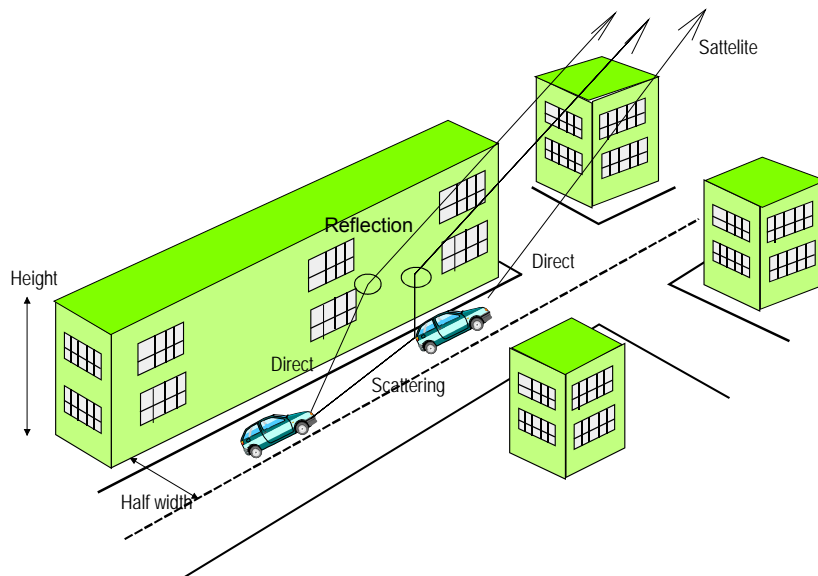


図 参 4-5-B1 Reflection by buildings.

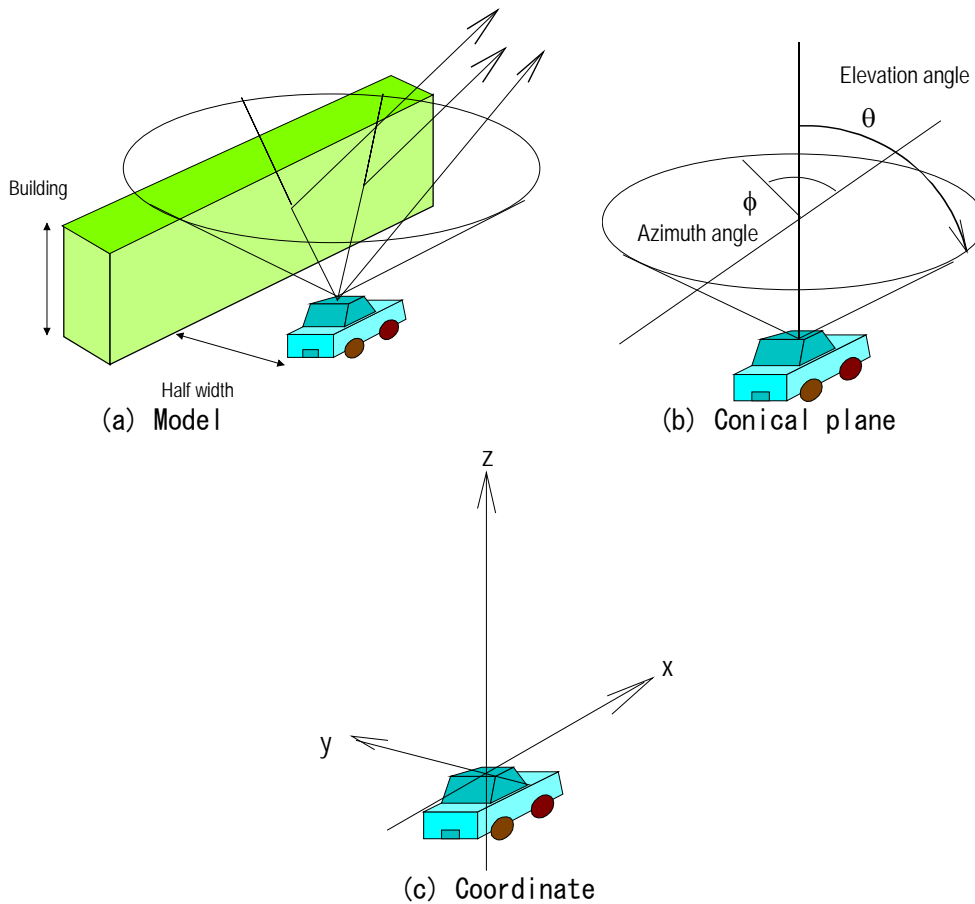


图 参 4-5-B2 Model of the reflection by buildings.

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 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])



#	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撮り、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。具体的にはフロー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。

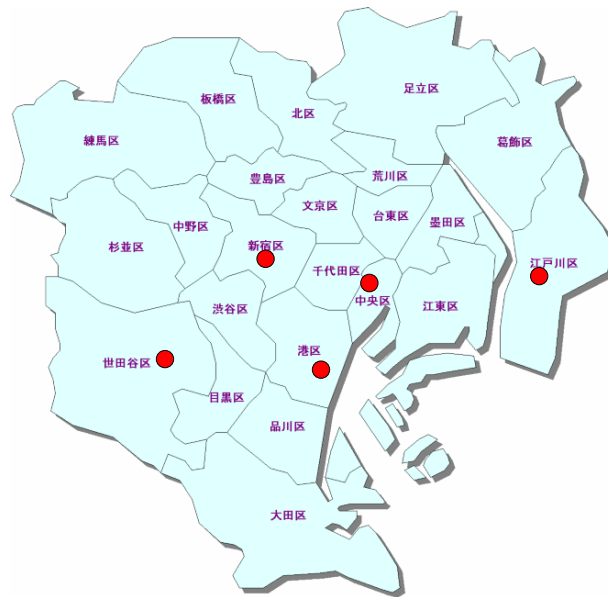


図1 ビル高さ調査箇所： 5箇所

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
東京23区	622	8,663,751	13,933	2.380	304.73
人口密度上位13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
一般国道	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
	都県道	人口当り延長(m/千人)	1,115	1,380	1,233	361	436	185	168	1,543	1,746	523
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。

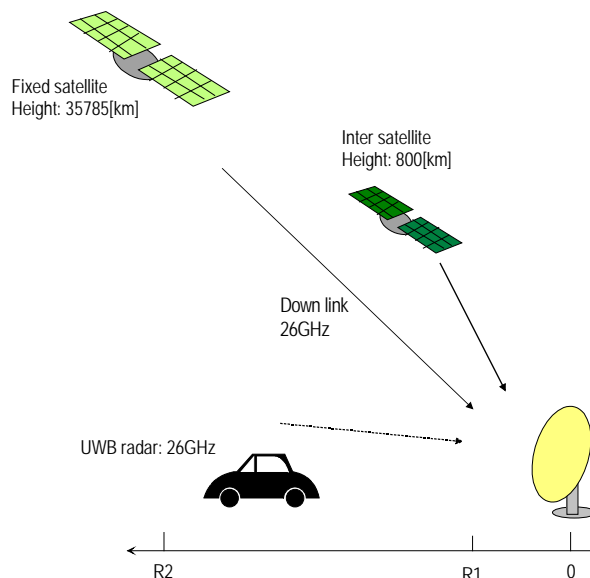


図 1 Space Research Service Frequency: 25.5~27[GHz].

- (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 mW/MHz	-41.3 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 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 <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と考えられる。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よりも小さいと考えられる。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

- (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。

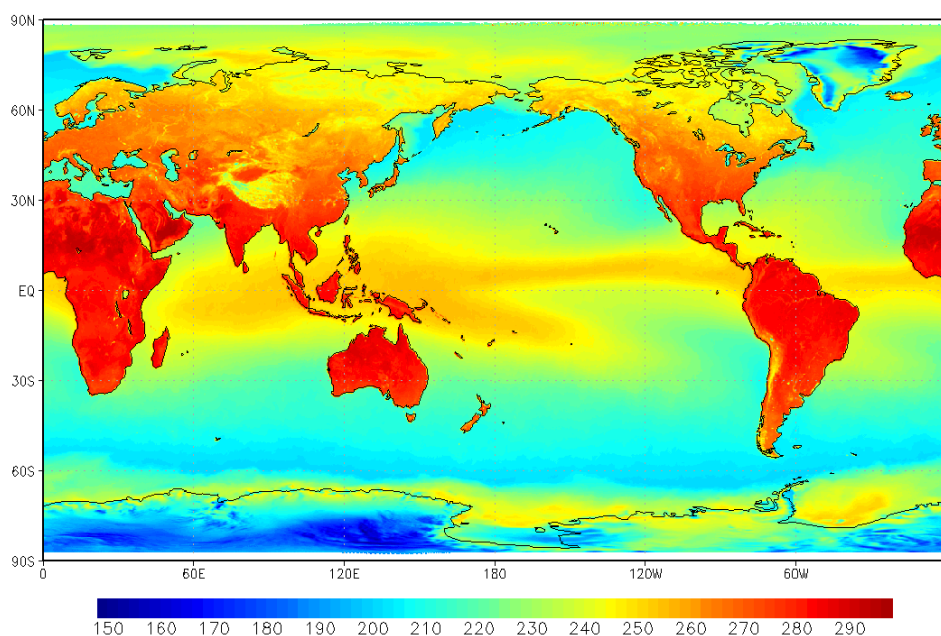


図1 AMSR-E 23.8GHz 帯垂直偏波輝度温度[K]の2003年の全球年平均分布図。

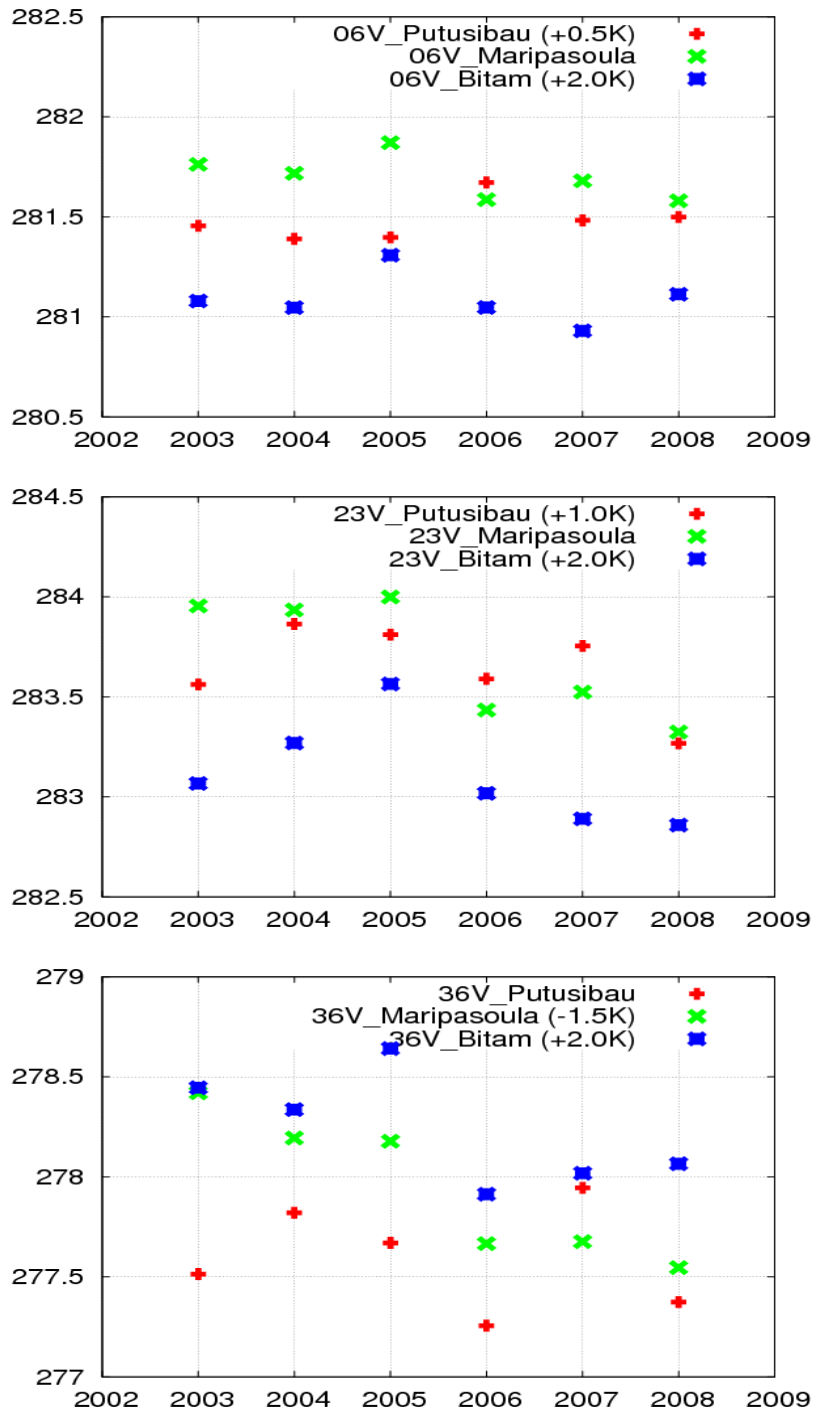


図2 陸域特定点（熱帯雨林域）における AMSR-E 垂直偏波輝度温度の年平均値推移。上から 6.925GHz、23.8GHz、36.5GHz のグラフであり、それぞれ横軸は年、縦軸は輝度温度 [K] である。

## 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<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。

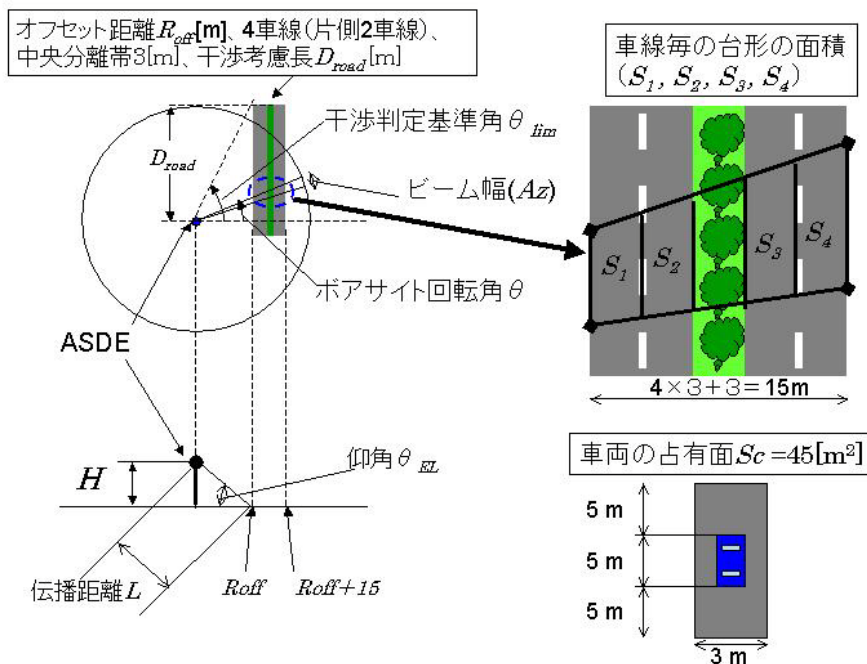


図1 予備検討用干渉モデル

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。