

Ka 帯の周波数共用条件の検討

目次

1. ESIM 帯域と他の無線システム	2
2. ケース 1 ESIM 宇宙局 → 電波天文 (22,23GHz 帯) 隣接周波数	3
3. ケース 2 ESIM 地球局 → 電波天文 (31GHz 帯) 隣接周波数	6
4. ケース 3 無線アクセスシステム → ESIM 地球局 隣接周波数	11

1. ESIM 帯域と他の無線システム

周波数共用条件の検討対象は、図 1-1 に示すとおり、WRC-15 において周波数が規定された Ka 帯を用いた移動衛星通信システム（以下では「ESIM」と略す）である、19.7-20.2GHz（宇宙局から地球局）および 29.5-30.0GHz（地球局から宇宙局）とする。

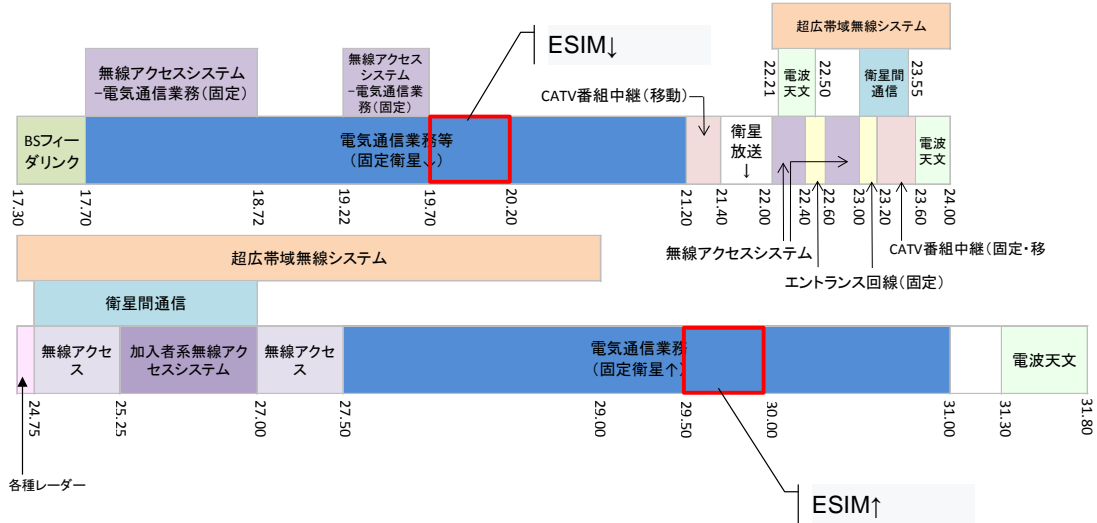


図 1-1 検討対象

周波数共用条件の検討対象一覧を表 1-1 に示す。表 1-1 を基に干渉ケースを 3 ケース想定し、それぞれについて検討を行った。

表 1-1 共用検討の対象一覧

割当周波数帯	GHz	共用周波数帯	隣接周波数帯
WRC-15 ESIM 周波数帯	uplink	29.5-30.0	・電波天文 (31GHz 帯)
	downlink	19.7-20.2	・無線アクセスシステム-電気通信業務 (固定) ・電波天文 (22GHz 帯及び 23GHz 帯)

表 1-2 検討ケース

ケース No.	干渉種類	与干渉システム	被干渉システム	区分
1	隣接周波数	ESIM 宇宙局	電波天文 (22GHz 帯および 23GHz 帯)	通信衛星
2	隣接周波数	ESIM 宇宙局	電波天文 (31GHz 帯)	航空機
3	隣接周波数	無線アクセスシステム-電気通信業務 (固定)	ESIM 地球局	船舶 陸上移動

ESIM 宇宙局として、日本から可視範囲にある Inmarsat F1(63E)及び F3(180E)を対象とした。

2. ケース 1 ESIM 宇宙局 → 電波天文（22,23GHz 帯）隣接周波数

(1) 検討内容

ESIM（宇宙局）が与干渉、電波天文が被干渉となる関係である。ESIM 宇宙局に対応した出力をパラメータとして、隣接業務である 22GHz 帯及び 23GHz 帯の電波天文業務の受信設備に対する共用検討を行った。

検討を行った電波天文業務の受信設備は、電波法第五十六条第一項の規定による電波天文業務の用に供する受信設備のうち、22.21-22.50GHz 及び 23.60-24.00GHz を受信する設備であり、申請予定を含めて以下に示すとおりである。

表 2-1 検討対象とした電波天文業務の用に供する受信設備

No.	設置場所*	東経	北緯	告示
1	長野県南佐久郡南牧村野辺山	138° 28' 21"	35° 56' 40"	平成25年総務省告示第195号
2	岩手県奥州市水沢区星ガ丘町	141° 07' 57"	39° 08' 01"	平成22年総務省告示第448号
3	東京都小笠原村父島字旭山	142° 13' 00"	27° 05' 31"	
4	鹿児島県薩摩川内市入来町浦之名	130° 26' 24"	31° 44' 52"	
5	沖縄県石垣市字登野城嵩田	124° 10' 16"	24° 24' 44"	平成24年総務省告示第52号
6	鹿児島県鹿児島市平川町字狐迫	130° 30' 26"	31° 27' 51"	
7	岩手県奥州市水沢区星ガ丘町	141° 07' 57"	39° 08' 00"	平成24年総務省告示第174号
8	茨城県高萩市	140° 48' 00"	36° 50' 24"	申請予定
9	茨城県日立市	140° 46' 12"	36° 49' 47"	申請予定
10	岐阜県岐阜市	136° 46' 12"	35° 28' 47"	申請予定

*: 設置場所は番地以下を省略

(2) 主要諸元

ケース 1 における主要諸元を図 2-1 に示す。

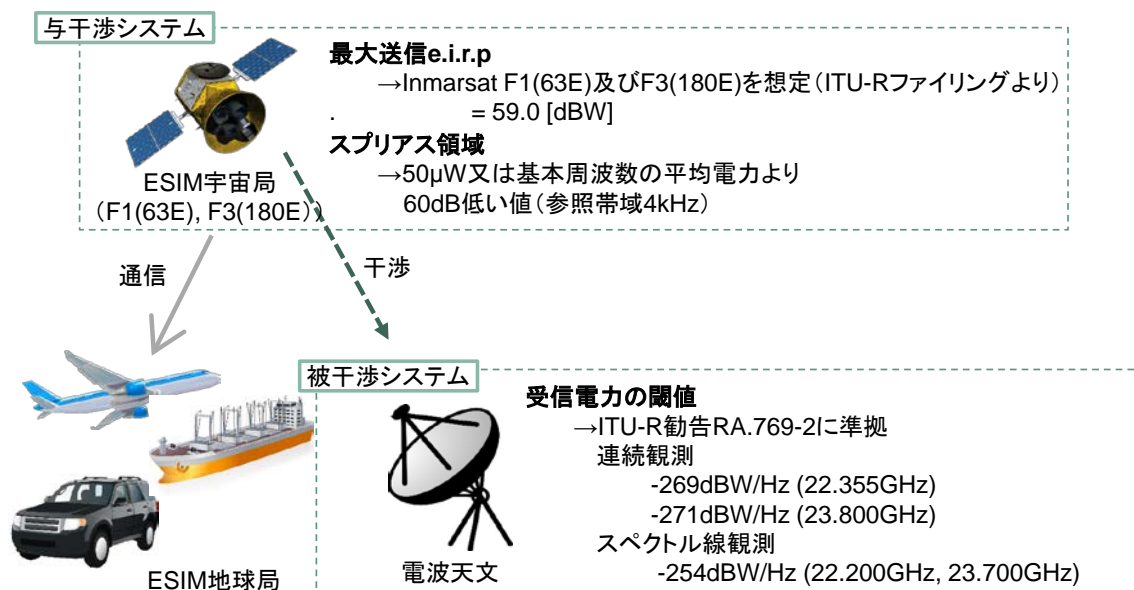


図 2-1 ケース 1 における主要諸元

ESIM 宇宙局より放射されるスプリアス領域での不要発射の強度は、表 2-2 に示す通り -37dBW/4kHz とした。なお検討に用いた周波数は 22.01GHz とした。

表 2-2 ESIM 宇宙局のスプリアス領域での不要発射強度

	No.	パラメータ	値	算出方法、出典
ESIM 宇宙局	[1]	最大送信 e.i.r.p. [dBW]	59.0	Inmarsat F1&F3 を想定
	[2]	最大送信 e.i.r.p. [dBW/4kHz] (帯域 16MHz を想定)	23.0	[1]-10log(16*1000/4)
	[3]	スプリアス発射による減衰[dB/4kHz]	60	不要発射の許容値 (平成 17 年告示 1228 号)
	[4]	スプリアス発射の最大送信 e.i.r.p. [dBW/4kHz]	-37.0	[2]-[3]
	[5]	スプリアス領域での不要発射 (50 μ W/4kHz) [dBW/4kHz]	-43	不要発射の許容値 (平成 17 年告示 1228 号)
	[6]	スプリアス領域での不要発射 (最悪値) [dBW/4kHz]	-37	Max([4], [5])

(3) 検討結果

勧告 ITU-R RA.769-2 で規定されている電力束密度の閾値は、連続波観測で -269dB/Hz(22.355GHz)、-271dBW/Hz(23.800GHz)、輝線スペクトル観測で -254dBW/Hz(22.200GHz 及び 23.700GHz)である。

ESIM 宇宙局として、日本から可視範囲にある Inmarsat F1(63E)及び F3(180E)を対象として、勧告 ITU-R RA.769-2 で規定されている電力束密度の閾値を満たしているかど

うかを検討した。検討結果は一番厳しい連速波観測の 23.8GHz でのマージンを示す。

表 2-3 ケース 1 における共用検討結果

No.	東経	北緯	マージン[dB]	
			F1(63E)	F3(180E)
1	138° 28' 21"	35° 56' 40"	-13.6	-13.0
2	141° 07' 57"	39° 08' 01"	-13.7	-13.0
3	142° 13' 00"	27° 05' 31"	-13.7	-12.9
4	130° 26' 24"	31° 44' 52"	-13.5	-13.1
5	124° 10' 16"	24° 24' 44'	-13.3	-13.2
6	130° 30' 26"	31° 27' 51"	-13.5	-13.1
7	141° 07' 57"	39° 08' 00"	-13.7	-13.0
8	140° 48' 00"	36° 50' 24"	-13.7	-13.0
9	140° 46' 12"	36° 49' 47"	-13.7	-13.0
10	136° 46' 12"	35° 28' 47"	-13.6	-13.1

以上の結果より、ESIM 宇宙局は隣接業務である 22GHz 帯及び 23GHz 帯の電波天文業務の受信設備に対して十分共用可能である。

3. ケース 2 ESIM 地球局 → 電波天文（31GHz 帯）隣接周波数

(1) 検討内容

ESIM 地球局と隣接業務である 31GHz 帯の電波天文業務の用に供する受信設備との共用条件は以下である。

- $-146 + 0.5 \cdot \theta$ dB(W/(m²・500MHz)) $\theta \leq 10^\circ$
 - -141 dB(W/(m²・500MHz)) $10^\circ < \theta \leq 90^\circ$
- θ は電波到来角

この条件を基に、ESIM 地球局として Inmarsat GX 衛星を例に取り、共用可能となる離隔距離を検討した。

本ケースは、ESIM（移動局）が与干渉、電波天文が被干渉となる関係である。検討を行った電波天文業務の受信設備は、電波法第五十六条第一項の規定による電波天文業務の用に供する受信設備のうち 31.30-31.80GHz を受信する設備であり、平成 25 年総務省告示第 195 号で規定された長野県南佐久郡南牧村野辺に設置された受信設備である。

(2) 主要諸元

ケース 2 における主要諸元を図 3-1 に示す。

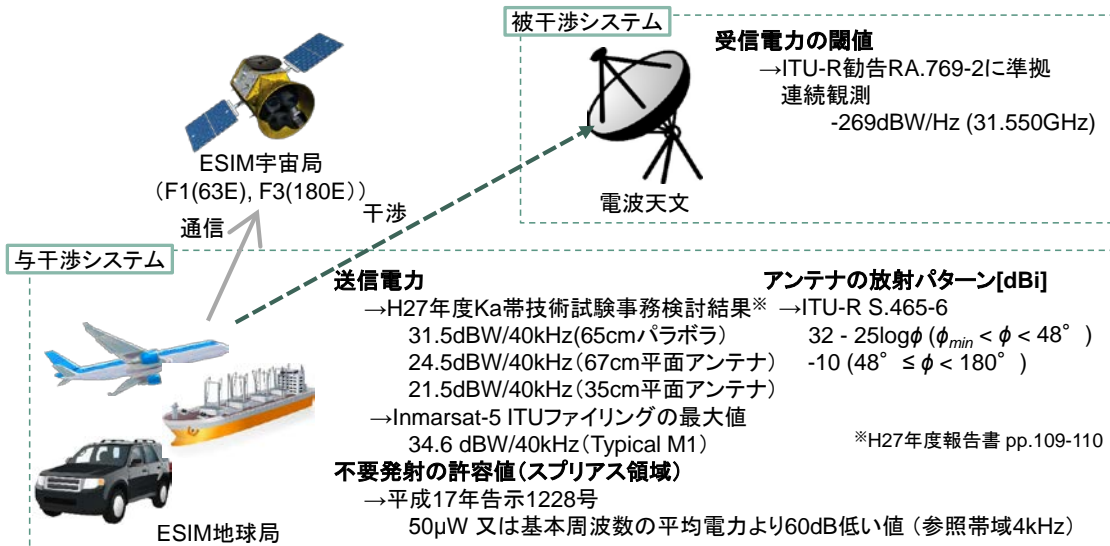


図 3-1 ケース 2 における主要諸元

ESIM 地球局の不要発射の強度は、Inmarsat-5 の ITU ファイリングの送信電力の最大値に平成 17 年告示 1228 号を適用し、-71.4dBW/Hz とした。

勧告 ITU-R RA.769-2 で規定されている電力束密度の閾値は連続波観測のみが示されており、-269dBW/Hz (31.550GHz)である。

(3) 検討結果

(a) ESIM 航空機地球局からの干渉検討

ESIM 航空機地球局アンテナは ESIM 衛星方向とした。また、ESIM 衛星、ESIM 航空機地球局、電波天文業務の受信設備が図 3-2 のように x-z 面上に設置されるように x 軸を設定した。ESIM 航空機地球局の位置を z 軸の周りを回転させ、角度 θ の方向で ESIM 航空機地球局からのスプリアス発射の強度が電波天文業務の受信設備の共用条件を下回る地表面上の距離 r を求める。

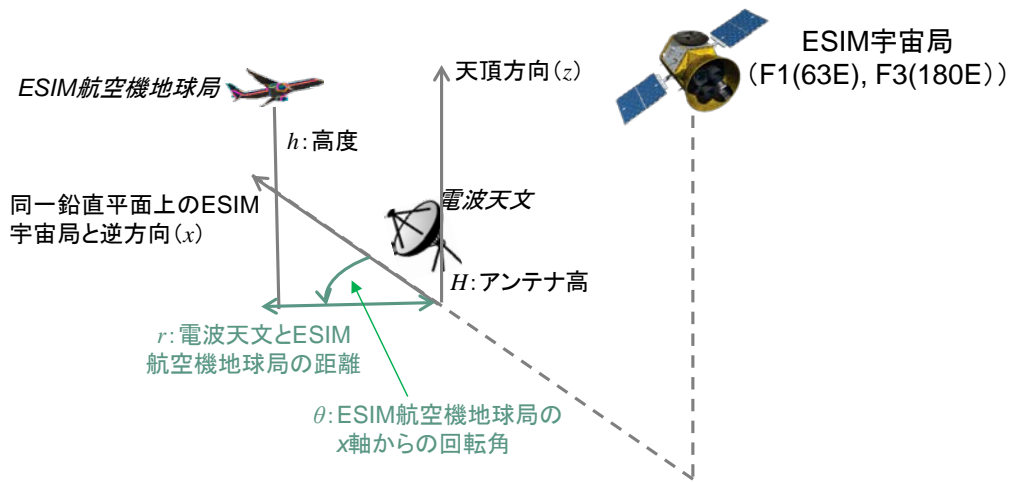


図 3-2 ESIM 航空機地球局、ESIM 宇宙局、電波天文業務の受信局の位置関係

本検討で設定したパラメータを以下に示す。

- ESIM 航空機地球局の高度：1km 及び 10km
- 電波天文業務の受信設備のアンテナ高：24.5m
- 周波数：31.55GHz
- スプリアス抑圧フィルター：60dB

離隔距離の検討結果を図 3-3 に示す。

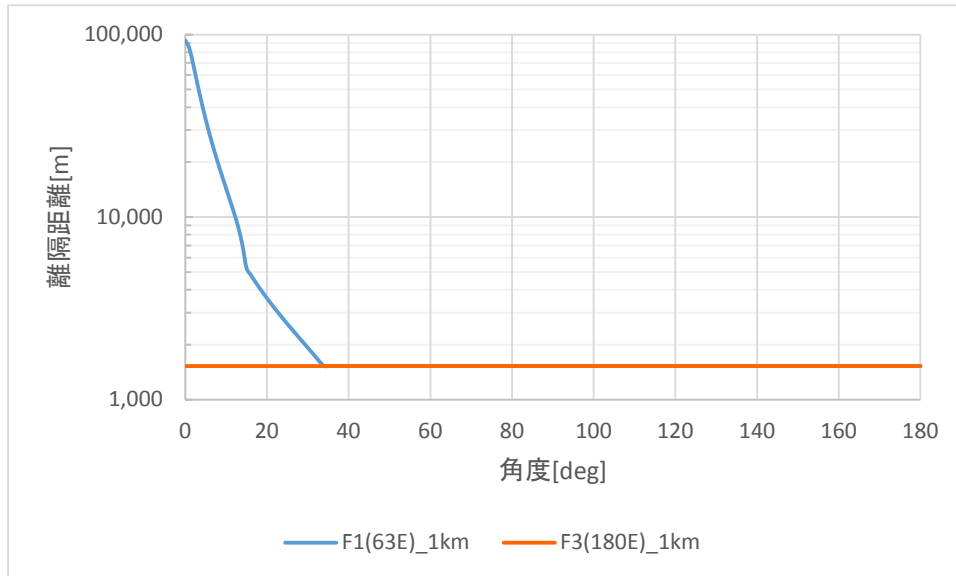


図 3-3 63E 衛星及び 180E 衛星と通信する ESIM 航空機局の離隔距離

ESIM 航空機地球局の高度が 10km の場合、63E 衛星と通信する ESIM 航空機地球局及び 180E 衛星と通信する ESIM 航空機地球局は、ともに電波天文業務の受信設備の直上でも共用条件を満足する。

ESIM 航空機地球局の高度が 1km の場合、図 3-3 に示すように、63E 衛星と通信する ESIM 航空機地球局は $\pm 34^\circ$ 以内を避ければ約 1.5k m 以遠で共用可能となる。180E 衛星と通信する ESIM 航空機地球局は約 1.5km 以遠で共用可能となる。

なお、上記は Inmarsat-5 の衛星諸元を用いた場合の離隔距離例であり、他の衛星の場合には離隔距離は異なる場合がある。

(b) ESIM 陸上移動局からの干渉検討

ESIM 陸上移動地球局アンテナは ESIM 衛星方向とした。また、ESIM 衛星、ESIM 陸上移動地球局、電波天文業務の受信設備が図 3-4 のように x-z 面上に設置されるように x 軸を設定した。ESIM 陸上移動地球局を z 軸の周りを回転させ、角度 θ の方向で ESIM 陸上移動地球局からのスプリアス発射の強度が電波天文業務の受信設備の共用条件を下回る地表面上の距離 r を求める。

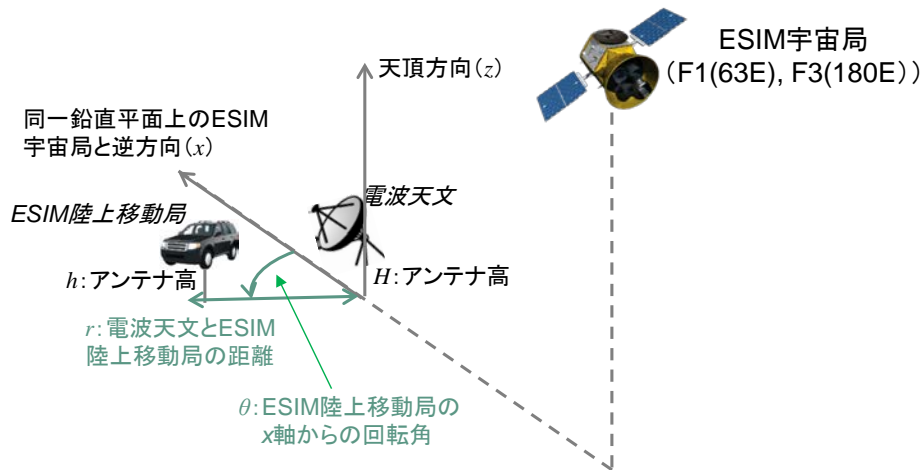


図 3-4 ESIM 陸上移動地球局、ESIM 宇宙局、電波天文業務の受信局の位置関係

本検討で設定したパラメータを以下に示す。

- ESIM 陸上移動地球局のアンテナ高：1.5m
- 電波天文業務の受信設備のアンテナ高：24.5m
- 周波数：31.55GHz
- スプリアス抑圧フィルター：60dB

離隔距離の検討結果を図 3-5 に示す。

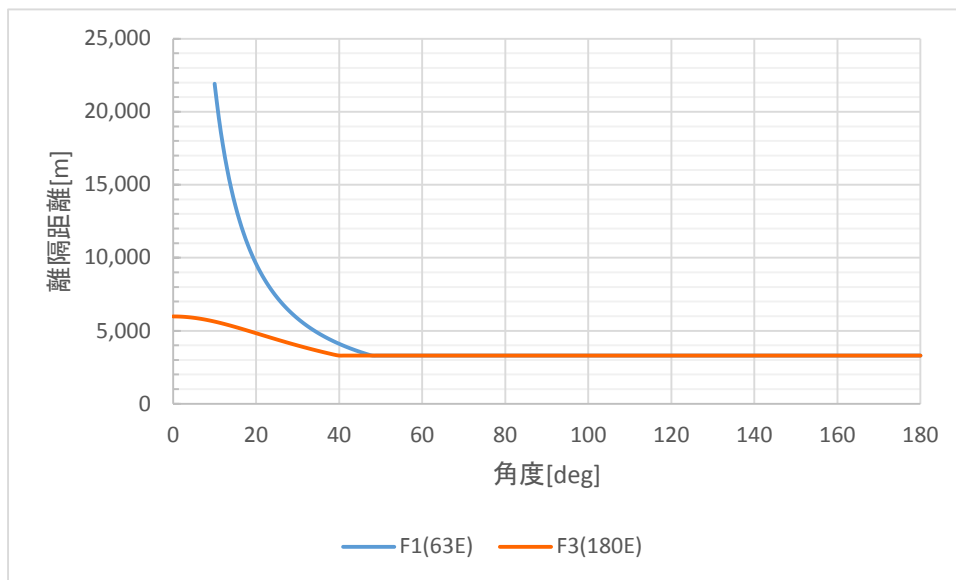


図 3-5 ESIM 陸上移動地球局の離隔距離

63E 衛星と通信する ESIM 陸上移動地球局は、図 3-4 で定義した θ が $\pm 48^\circ$ 以内を避ければ約 3.3km 以遠で共用可能となる。また、180E 衛星と通信する ESIM 陸上移

動地球局は、 $\pm 40^\circ$ 以内を避ければ約 3.3km 以遠で共用可能となる。

なお、上記は Inmarsat-5 の衛星諸元を用いた場合の離隔距離例であり、他の衛星の場合には離隔距離は異なる場合がある。

4. ケース 3 無線アクセスシステム → ESIM 地球局 隣接周波数

(1) 検討内容

無線アクセスシステム（以下、FWA）が与干渉、ESIM（移動局）が被干渉となる関係であるが、WRC-15における決議 156の規定により ESIM 地球局は保護を求めることができない。ここでは、無線アクセスシステムの周辺にて ESIM 地球局を運用する際の離隔距離について検討を行った。

(2) 主要諸元

ケース 3 における主要諸元を図 4-1 に示す。

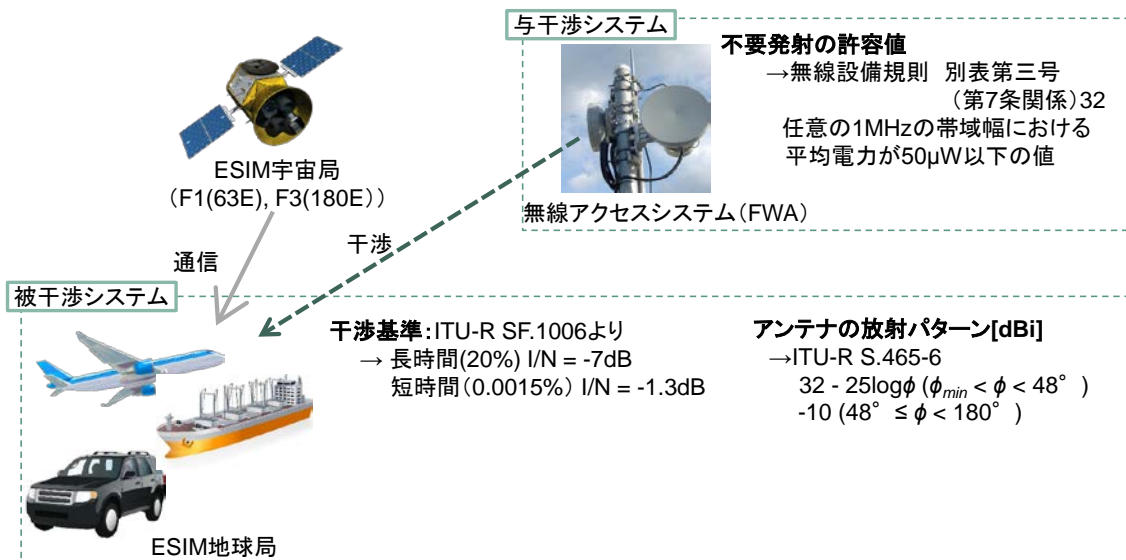


図 4-1 ケース 3 における主要諸元

ESIM 地球局アンテナは ESIM 衛星方向とした。また、ESIM 衛星、ESIM 地球局、FWA 局が図 4-2 のように x-z 面上に設置されるように x 軸を設定した。ESIM 地球局を z 軸の周りを回転させ、角度 θ の方向で ESIM 地球局に入射する FWA 局からのスプリアス発射の強度が ESIM 地球局の許容干渉レベルを下回る地面上の距離 r を求める。なお、許容干渉レベルは以下の式のとおりとなる。

- 許容干渉レベル \leq スプリアス発射[dBW] - 伝搬ロス[dB] + ESIM 地球局アンテナゲイン[dB] + FWA アンテナゲイン[dB]

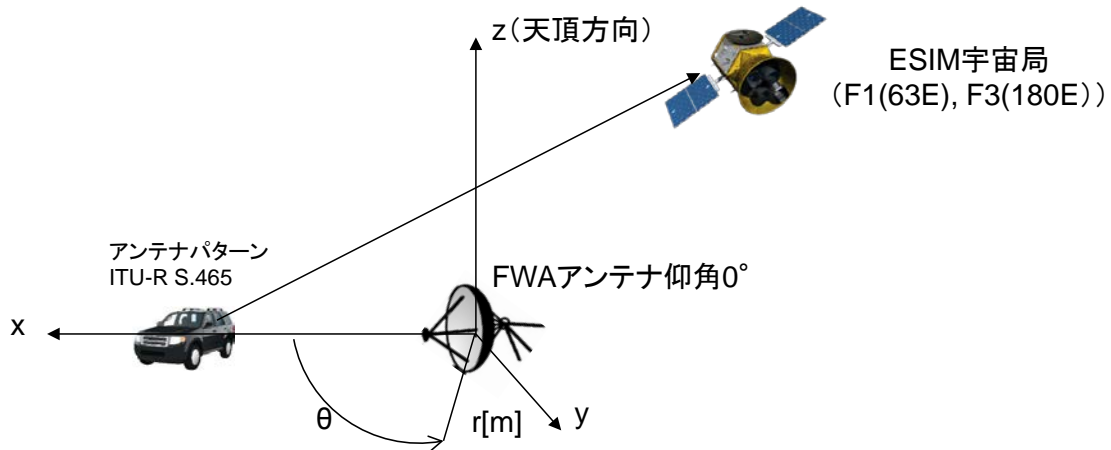


図 4-2 ESIM 地球局、ESIM 宇宙局、FWA 局の位置関係

FWA 局のアンテナパターンは、情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上移動地球局に無線通信委員会報告「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件のうち、基幹系無線システムの高度化等に係る技術的条件」に示された Gamax が 20dBi を超え 40.3dBi を超えない場合を適用している。なお Gamax は FWA システムの回線設計例に示された 38.4dBi を利用している。FWA 局のアンテナパターンを図 4-3 に示す。

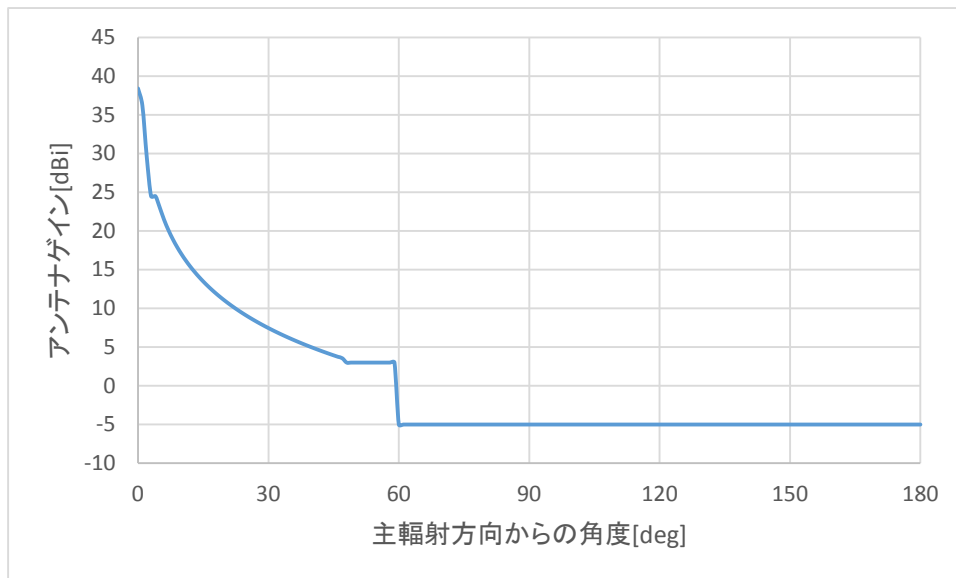


図 4-3 無線アクセスシステム (FWA) のアンテナパターン

ITU-R 勧告 FS.1006 及び RR Appendix 7 Table 8c より長時間及び短時間の許容干渉レベルを以下のように設定した。

長時間 I/N : -7dB → 許容干渉レベル : -150.8dBW

短時間 I/N : -1.3dB → 許容干渉レベル : -145.1dBW

雑音温度 : 300K

帯域：1MHz

(RR Appendix 7, Table 8c の Fixed Satellite, 19.3-19.7 参照)

また、FWA 局のスプリアス領域での不要発射の強度は、無線設備規則別表第三号（第7条関係）32 より以下のように設定した。

スプリアス：50 μ W/MHz → -43.0dBW（帯域：1MHz）

(3) 検討結果

離隔距離の検討結果を表 4-1 に示す。

180 E 衛星と通信する ESIM 地球局は、無線アクセスシステムの主軸放射方向から 9° 以内を避ければ 1km 以遠で運用可能である。また、63 E 衛星と通信する ESIM 地球局は、無線アクセスシステムの主軸放射方向から 18° 以内を避ければ 1km 以遠で運用可能である。

なお、本結果は Inmarsat-5 の衛星諸元を用いた場合の離隔距離例であり、他の衛星の場合には離隔距離は異なる場合がある。

表 4-1 離隔距離[m]

衛星	干渉の種類	正面	4.2°	47.3°	59.1°	90° 以上
63 E 衛星	長時間干渉	(347,543)	36,474	175	52	52
	短時間干渉	(614,358)	64,720	88	28	28
180E 衛星	長時間干渉	(19,649)	3,723	140	52	52
	短時間干渉	(34,015)	2,552	69	28	28

() 内の数字は見通し外であるが、参考のため記述した。

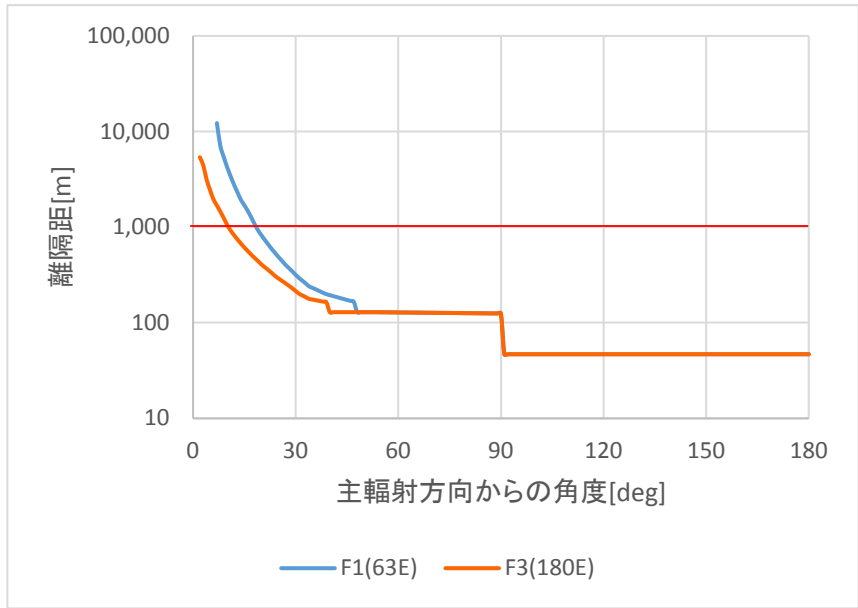


図 4-4 FWA 局主輻射方向からの角度と離隔距離
(長時間干渉と短時間干渉のうち厳しい方の条件)