

Ka帯を用いた移動体向けブロードバンド
衛星通信システムの技術的条件の検討
(中間報告)

平成28年12月8日
衛星通信システム委員会
作業班

1. 海外におけるESIMの制度化関連動向

ITU-Rでの審議状況まとめ（WRC-19議題1.5）

固定衛星業務で静止軌道上の宇宙局と通信する移動する地球局 [ESIM] による17.7-19.7GHz（宇宙→地球）及び27.5-29.5GHz（地球→宇宙）の周波数利用に関する検討

【背景】 WRC-15においてESIM（Earth Station in Motion）が下り:19.7-20.2GHz、及び上り:29.5-30.0GHzのFSS帯域で運用可能となる脚注が追加され、グローバルに使える帯域となった。更なる帯域拡張（ESIM帯域を含む下り:17.7-20.2GHz、及び上り:27.5-30.0GHz）を狙い、WRC-19の議題化（議題1.5）がされている。



- WRC-15で運用可能となった帯域は衛星業務（FSS, MSS）用途のみであるが、本議題の対象帯域は地上業務（固定業務、移動業務）が国際配分では一次業務として割り当てられており、固定業務（マイクロ回線等）が重要なインフラと主張するアラブ諸国（筆頭はイラン）や、固定業務利用のあるロシア等が大きな懸念を示している。また、ESV（移動するシステムに対してFSS帯域を割当）に対してそもそもの疑念があり、本議題でも再燃している。
- ESIMは陸海空で使用することから、隣接主管庁の他無線業務や周波数割当の保護、当該国で免許が無いESIMが移動してきた場合の扱い、それら責任の所在等が議論になった。議論の結果、上記複数の懸念事項とそれに対する複数対処案を記した作業文書が更新された。その他、航空機/陸上ESIMに関する共用検討事例、実アンテナ例などに関する作業文書が作成された。
- 前研究会期（2012～2015年）で検討された17.3-30.3GHzにおけるESIM技術運用特性のITU-R報告S.2223改定案が合意された。

欧米主要国におけるESIM制度化状況

- 有力なKa帯衛星事業者が存在する英国、ルクセンブルク、ノルウェー及び米国の制度化状況を以下に示す。

国	制度化状況	免許規則（根拠法令）	割当周波数	主な規定	参照基準
英国	制度化済み	IR 2093 Earth Stations on Mobile Platforms	27.5-27.8185 GHz 28.4545-28.8265 GHz 29.4625-30.0 GHz	<ul style="list-style-type: none"> 送信電力：e.i.r.p.55dBW以下（EN 303 978の規定も適用可能） 受信用の17.3-20.2GHz帯の利用は保護されない 	EN 303 978, ECC DEC (13)01
ルクセンブルク	制度化済み	Luxembourg Radio Interface specifications according to Directive 1999/5/EC	17.3-20.2 GHz 27.5-27.8285 GHz 28.4445-28.9485 GHz 29.4525-30.0 GHz	<ul style="list-style-type: none"> 送信電力：e.i.r.p.55-60dBW もしくはECC DEC (13)01の規定 変調方式およびChannel access/Occupation ruleはオペレーターに委任 	EN 303 978, ECC DEC (13)01
ノルウェー	制度化済み	Regulations No. 628 of 19 January 2012 concerning general authorizations for the use of radio frequencies	27.5-27.8285 GHz 28.4445-28.8365 GHz 29.4525-29.5000 GHz 29.5-30.0 GHz	<ul style="list-style-type: none"> 送信電力：e.i.r.p.60dBW以下 固定業務の割当帯域と衛星業務の割当帯域は10MHz以上離れること 	EN 303 978
米国	既存のFSS制度を適用	47 CFR 25.138 – Licensing requirements for GSO FSS earth stations in the conventional Ka-band	18.3-18.8 GHz 19.7-20.2 GHz 28.35-28.6 GHz 29.25-30.0 GHz	<ul style="list-style-type: none"> 左記の規則では、軸外EIRP密度※等を規定 	—

※欧州では、軸外EIRP密度はEN 303 978に規定

アジア主要国におけるKa帯利用調査の結果（1/3）

国	衛星業務使用状況	地上業務使用状況	ESIMの現状・計画
中国	<ul style="list-style-type: none"> •17.7-20.2 GHz、27.5-30 GHzの全帯域は、GSO衛星システムが使用 •17.7-20.2 GHz、27.5-30 GHzは、ブロードバンドサービス向けLEO FSS衛星システムが計画 •19.7-20.1 GHz、29.5-29.9 GHzは、LEO MSS衛星システムが計画 	<ul style="list-style-type: none"> •17.7-19.7 GHzはマイクロ波中継システムに割当 •27.5-30 GHzは他のFSシステムに割当 	<ul style="list-style-type: none"> •19.7-20.2 GHz、29.5-30 GHzは、ESIMの使用を計画（船舶、航空機、車両を含む） •17.7-19.7 GHz、27.5-29.5 GHzは、ITU-Rの研究結果に基づきESIMの使用を検討
韓国	<ul style="list-style-type: none"> •19.7-20.2 GHz、29.5-30 GHzは、FSS（ブロードバンド通信、公共業務）が使用 	<ul style="list-style-type: none"> •17.7-19.7 GHz、27.5-29.5 GHzは、FS及びMSが使用 •27-29.5 GHzのMSは、2019年頃を目途に5Gモバイル等の新たなMSアプリケーションに指定される予定 •17.7-17.74 GHz、19.26-19.3 GHzは、無線LANやP2P通信に使用 •18.8-19.3 GHzは海上業務に使用 	<ul style="list-style-type: none"> •ESIMは現時点で割当てられておらず、今後割当の計画も無し
ベトナム	<ul style="list-style-type: none"> •17.7-20.2 GHz、27.5-30 GHzの一部は、衛星ブロードバンドアプリケーションに使用予定 	<ul style="list-style-type: none"> •17.7-19.7 GHzは複数のP2Pリンクが使用、多くはバックホールに使用 	<ul style="list-style-type: none"> •ESIMを割当済

アジア主要国におけるKa帯利用調査の結果 (2/3)

国	衛星業務使用状況	地上業務使用状況	ESIMの現状・計画
タイ	<ul style="list-style-type: none"> •Ka帯アップリンク周波数の全てと19.7-20.2GHzは、ブロードバンド用GSO衛星システムが独占的に使用 •17.7-20.2GHz、27.5-30 GHzの複数の帯域※1は衛星システムが使用 (TT&C、SMMS※2、ALOS及びWINDSへの接続実験等) 	<ul style="list-style-type: none"> •17.7-19.7 GHzは、FSが一次業務 (co-primary) として分配 •一部の周波数は固定通信アプリケーションに使用 	<ul style="list-style-type: none"> •ESIMは現時点で割当てられておらず、今後割当の計画も無し
マレーシア	<ul style="list-style-type: none"> •19.7-20.2GHzはFSS (衛星ブロードバンドアプリケーション向けのゲートウェイ) 独占使用 •17.7-19.7GHz、27.5-29.5GHzはFSSが使用 	<ul style="list-style-type: none"> •17.7-19.7GHzはP2P (バックホール) が使用 •27.5-29.5GHzはLMCS※3、UWBデバイスが使用 	<ul style="list-style-type: none"> •ESIMは現時点で割当てられておらず、今後割当の計画も無し
シンガポール	<ul style="list-style-type: none"> •19.7-20.2GHz、27.5-30GHzはFSSが使用 •29.5-30GHzを地上業務に使用する計画は無し 	<ul style="list-style-type: none"> •17.7-19.7GHzは島内全域でFSが使用 •27.5-29.5GHzへの地上業務 (IMTサービス) 割当に関心 	<ul style="list-style-type: none"> •ESIMsは19.7-20.2GHz、29.5-30GHzへの割当を計画 •2016年より5年間でシンガポールベースの航空機の各種モデルと約1000隻の船舶にESIM地球局を設置する計画) •17.7-19.7GHz、27.5-29.5GHzはITU-R WP4Aでの更なる検討が必要と認識

※1 18.113-18.488GHz, 18.717-18.723GHz, 18.9GHz, 19.550-19.850GHz, 19.901-20.101GHz, 27.2-27.8GHz, 28.33GHz, 28.225-28.475GHz, 29.217-29.223GHz及び29.250-29.750GHz

※2 Studying on Small Multi-Mission Satellite

※3 Local Multipoint Communications Service

アジア主要国におけるKa帯利用調査の結果 (3/3)

国	衛星業務使用状況	地上業務使用状況	ESIMの現状・計画
イラン	<ul style="list-style-type: none"> • FSSの使用無し 	<ul style="list-style-type: none"> • 17.7-19.7GHz、27.5-29.5 GHzはFS（バックホール用P2P）が使用 	<ul style="list-style-type: none"> • ESIMは現時点で割当てられておらず、今後割当の計画も無し
豪国	<ul style="list-style-type: none"> • 17.7-20.2 GHz、27.5-30 GHzの全帯域は、衛星システムが使用 	<ul style="list-style-type: none"> • 18.1-18.8GHz、19.3-19.7 GHzはFSが使用 • 18.29125-18.68895 GHz、19.30125-19.69875 GHzはバックホールが多く使用 • 24.25-30GHzは空港のボディスキャナが使用 	<ul style="list-style-type: none"> • 19.7-20.2GHz、29.5-30 GHzは、ESIMの割当をACMA※1で検討中 • 検討の中の外部意見として、GSO、NGSOの双方を考慮する必要性が指摘 • 更に広いKa帯へのESIM割当に対する事業者の関心を注視
ニュージーランド	<ul style="list-style-type: none"> • 17.7-20.2 GHz、27.5-30 GHzはFSSが使用可能 	<ul style="list-style-type: none"> • 17.7-19.7GHzはFS（バックホールが一次業務）が非常に多く使用 • 27.5-28.35GHzはプライベート周波数帯権保有者向けに販売された26.4-28.35GHzの一部、2018年1月に期限切れ 	<ul style="list-style-type: none"> • 19.7-20.2GHz、29.5-30 GHzは、FSSネットワークによるESIMの使用を許可するための変更中 • DL受信は免許不要、UL送信は2016年第4四半期からGURLの新しい規則に包含されるものと想定 • 17.7-19.7GHz、27.5-29.5 GHzのESIMへの割当の計画は無し

※1 Australian Communications and Media Authority

海外におけるESIMの制度化関連動向（まとめ）

■ ITU-R

- WRC-15において、ESIMが下り:19.7-20.2GHz、及び上り:29.5-30.0GHzのFSS帯域で運用可能となる脚注が追加された。
- 更なる帯域拡張（ESIM帯域を含む下り: 17.7-20.2GHz、及び上り: 27.5-30.0GHz）を狙い、WRC-19の議題化（議題1.5）がされている。

■ 海外主要国におけるESIM制度化状況

● 欧州

- ECC Decisionを、各国の国内制度に反映する形で制度化が進んでいる
- 有力なKa帯衛星事業者が存在する英国、ルクセンブルク、ノルウェーでは制度化が完了している

● 米国

- 既存のKa帯地球局に関する制度を、移動する地球局に適用する形で制度化がされている。

● アジア各国

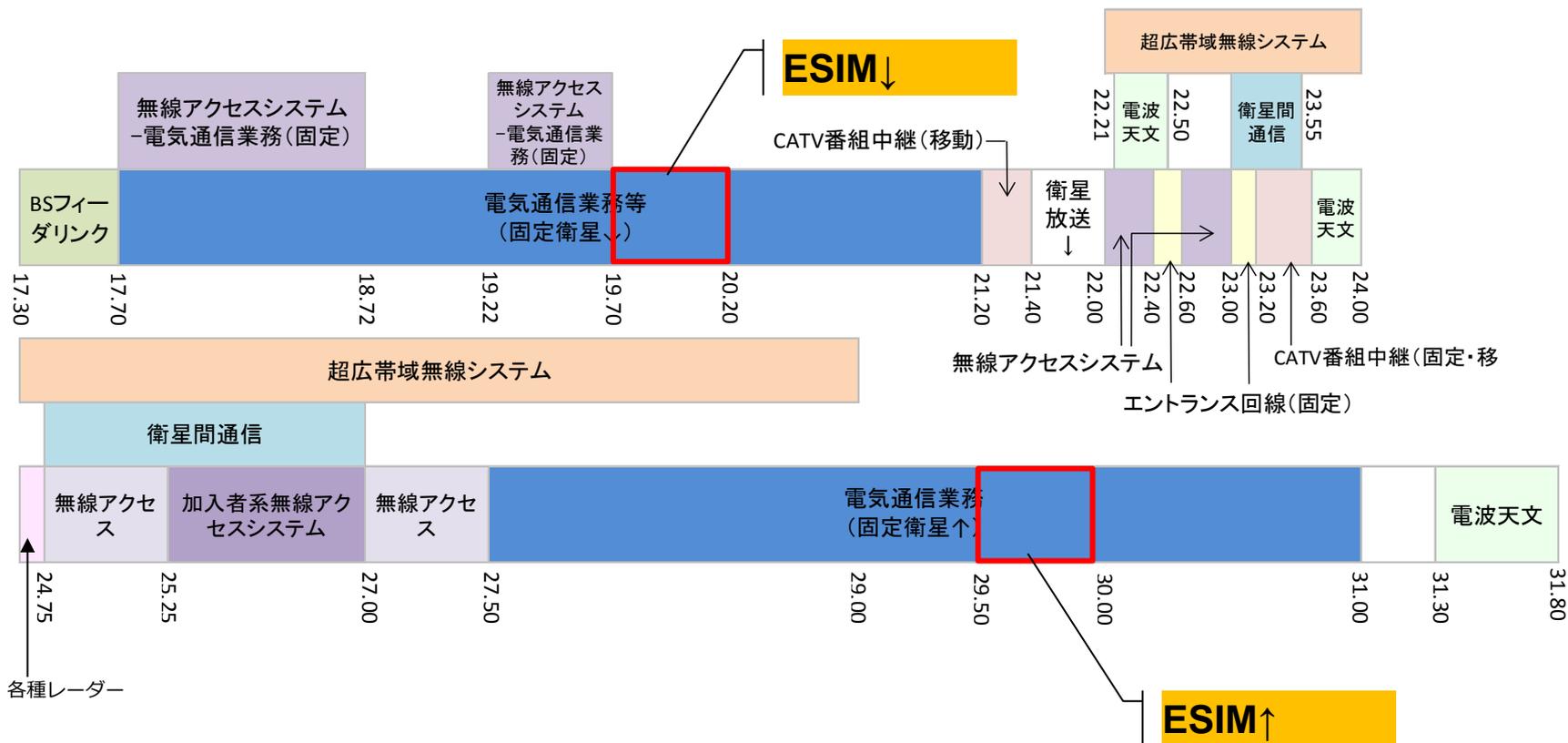
- WRC-15決議や具体的なESIMサービス化を受けて、国ごとに制度化や検討が進められている。
- 制度化済：シンガポール、ベトナム
- 検討中：中国、オーストラリア、ニュージーランド
- 制度化予定なし（2016/9時点）：韓国、タイ、マレーシア、イラン

2. 周波数共用条件の検討

ESIM帯域と他の無線システム

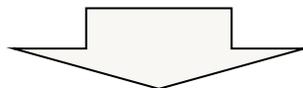
■ 検討対象

- WRC-15 ESIM分配帯域 受信：19.7 – 20.2GHz 送信：29.5 – 30.0 GHz



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 割当周波数帯	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）



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地球局	電波天文（31GHz帯）	航空機 船舶 陸上移動
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	

*: 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。

ケース1 ESIM宇宙局 → 電波天文 (22, 23GHz帯) 隣接周波数 (1/3)

検討内容

ESIM宇宙局に対応した出力をパラメータとして、隣接帯域である電波天文に対する入力電力および共用検討を行う。

主要諸元

与干渉システム



ESIM宇宙局
(F1: 63E, F3: 180E)

最大送信e.i.r.p

→Inmarsat F1(E63)及びF3(E180)を想定 (ITU-Rファイリングより)
= 59.0 [dBW]

スプリアス領域

→50 μ W又は基本周波数の平均電力より
60dB低い値 (参照帯域4kHz)

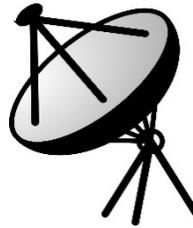
通信

干渉



ESIM地球局

被干渉システム



電波天文

受信電力の閾値

→ITU-R勧告RA.769-2に準拠
連続観測

-269dBW/Hz (22.355GHz)

-271dBW/Hz (23.800GHz)

輝線スペクトル線観測

-254dBW/Hz (22.200GHz, 23.700GHz)

ケース1 ESIM宇宙局 → 電波天文（22, 23GHz帯） 隣接周波数（2/3）

	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（50μW/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])

検討に用いた周波数は、周波数割り当て脚注J36を考慮し22.01GHz

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'	
6	鹿児島県鹿児島市平川町字狐迫	130°30' 26"	31°27' 51"	平成24年総務省告示 第52号
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

ケース1 ESIM宇宙局 → 電波天文（22, 23GHz帯） 隣接周波数（3/3）

共用検討結果

- 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続波観測の23.8GHzでのマージンを示す。

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

*: マージン = ESIM宇宙局のスプリアス領域での地表面での電力束密度 - 勧告ITU-R RA.769-2の閾値



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。

ケース2 ESIM地球局 → 電波天文（31GHz帯）隣接周波数（1/9）

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検討を行う。

共用検討の前提

- ESIMについては、将来サービス化されるものを含めて様々な種類の衛星通信システムが考えられる。衛星毎に諸元が異なることから、特定の衛星諸元を用いた離隔距離計算が難しい。
- そこで、電波天文（31GHz）との共用検討に関しては、電波天文側からの共用条件のみを示すことが適当と考えられる。

共用条件

- $-146 + 0.5 \cdot \theta$ 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

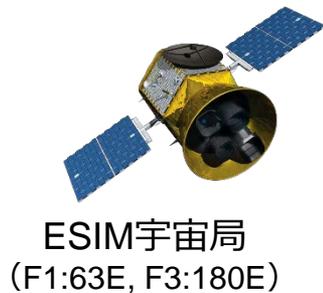
上記共用条件は、情報通信審議会答申 諮問第2013号「Ku帯を用いた高速・大容量航空移動衛星システムの技術的条件」での電波天文業務との共用条件をKa帯周波数に適用したものである。

ケース2 ESIM地球局 → 電波天文 (31GHz帯) 隣接周波数 (2/9)

検討内容

前ページの共用条件のもと、離隔距離の一例として、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する

主要諸元 (Inmarsat GX)

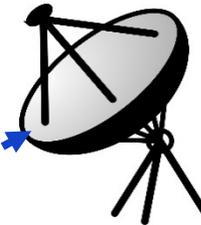


ESIM宇宙局
(F1:63E, F3:180E)

通信

干渉

被干渉システム



電波天文

受信電力の閾値

→ITU-R勧告RA.769-2に準拠
連続観測
-269dBW/Hz (31.550GHz)

与干渉システム



ESIM地球局

送信電力

→H27年度Ka帯技術試験事務検討結果※
31.5dBW/40kHz(65cmパラボラ)
24.5dBW/40kHz (67cm平面アンテナ)
21.5dBW/40kHz (35cm平面アンテナ)
→Inmarsat-5 ITUファイリングの最大値
34.6 dBW/40kHz (Typical M1)

不要発射の許容値 (スプリアス領域)

→平成17年告示1228号
50μW 又は基本周波数の平均電力より60dB低い値 (参照帯域4kHz)

アンテナの放射パターン[dBi]

→ITU-R S.465-6
 $32 - 25 \log \phi$ ($\phi_{min} \leq \phi < 48^\circ$)
-10 ($48^\circ \leq \phi < 180^\circ$)

ケース2 ESIM地球局 → 電波天文（31GHz帯）隣接周波数（3/9）

共用検討

	No.	パラメータ	値	算出方法、出典
ESIM 地球局	[1]	送信電力 (Typical-M1) [dBW/40kHz]	34.6	ITUファイリング
	[2]	送信電力 (Typical-M1) [dBW/4kHz]	24.6	[1]-10log(40/4)
	[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 (Typical-M1) [dBW/4kHz]	-35.4	[2]-[3]
	[5]	スプリアス発射（許容上限値） [μW/4kHz]	50.0	不要発射の許容値（平成17年告示1228号）
	[6]	スプリアス発射（許容上限値） [dBW/4kHz]	-43.0	10log([5]/10 ⁶)
	[7]	スプリアス発射 (最悪値) [dBW/4kHz]	-35.4	Max([4], [6])
	[8]	スプリアス発射 (最悪値) [dBW/Hz]	-71.4	[7]-10log(4000/1)
電波天文	[9]	連続観測における閾値 (31.550GHz) [dBW/Hz]	-269	ITU-R勧告RA.769-2 Table1



共用条件

- $-146 + 0.5 \cdot \theta$ 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

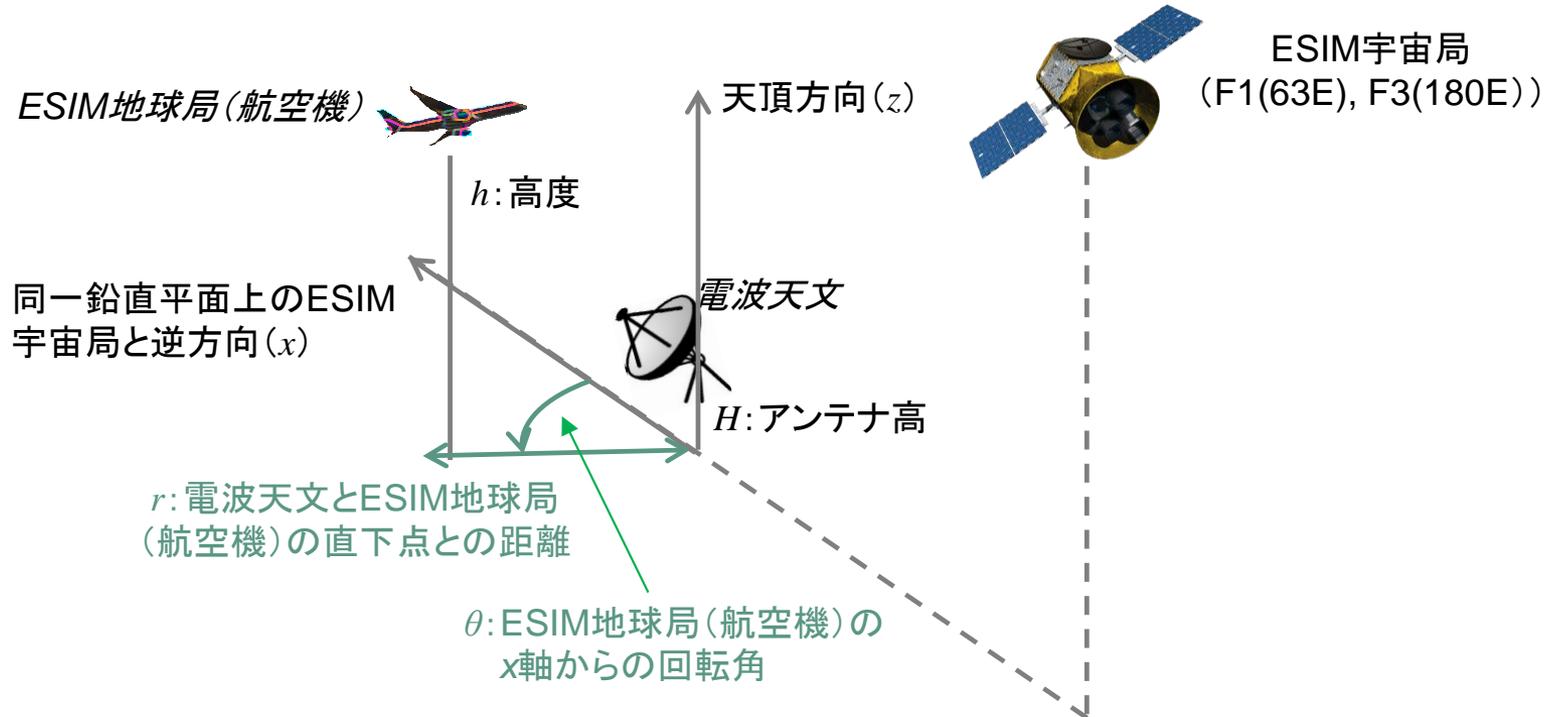
総務省告示195号で保護される野辺山天文台の周辺で検討

検討時の想定

- ESIM地球局のアンテナ主軸はESIM衛星局方向を向く
- 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)を対象とする

ESIM地球局 (航空機) からの干渉検討

ESIM地球局 (航空機) の位置をz軸の周りを回転させ、角度 θ の方向でESIM地球局 (航空機) 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。



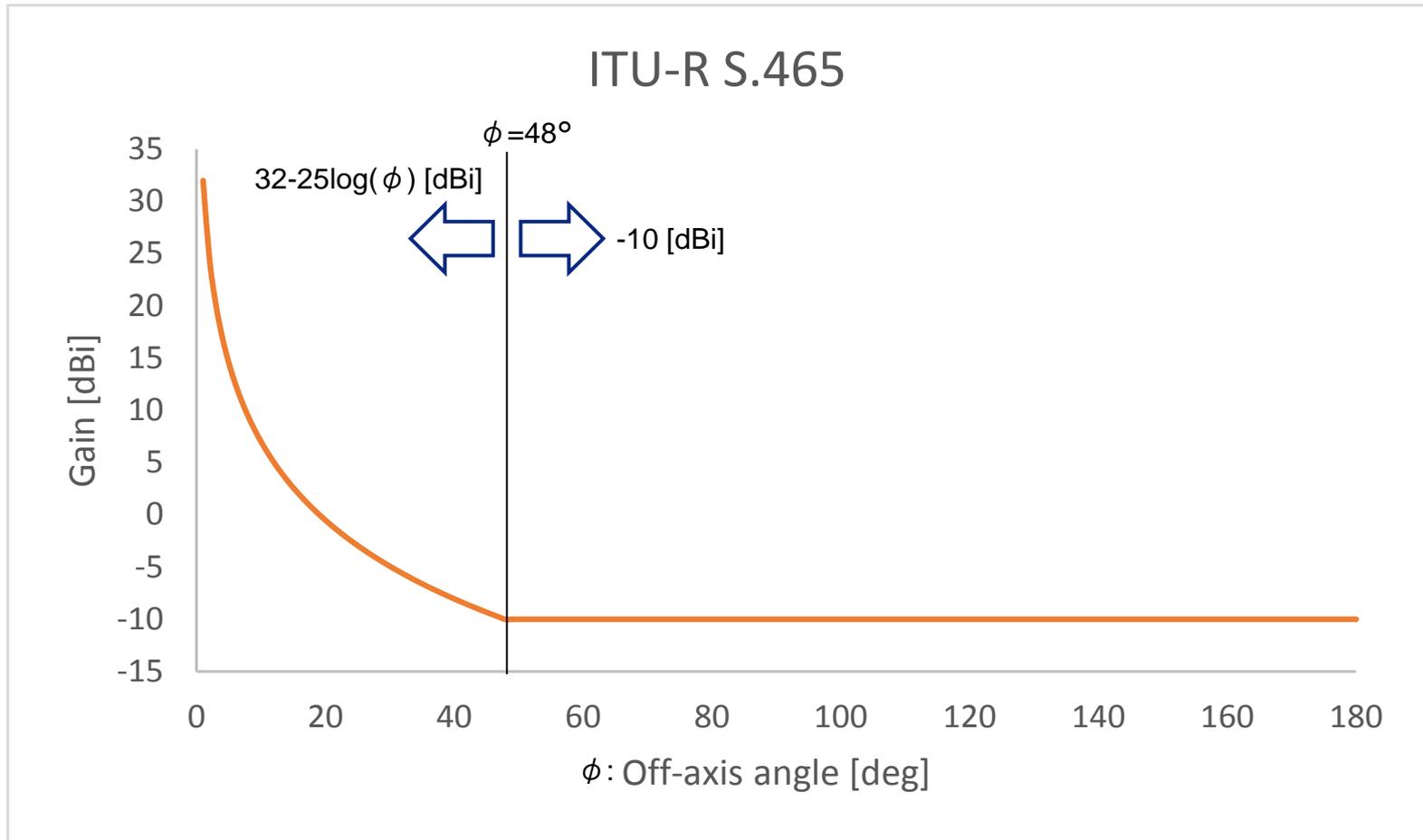
【想定したパラメータ】

- ESIM地球局 (航空機) 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

ケース2 ESIM地球局 → 電波天文 (31GHz帯) 隣接周波数 (5/9)

ESIM地球局 (航空機) からの干渉検討

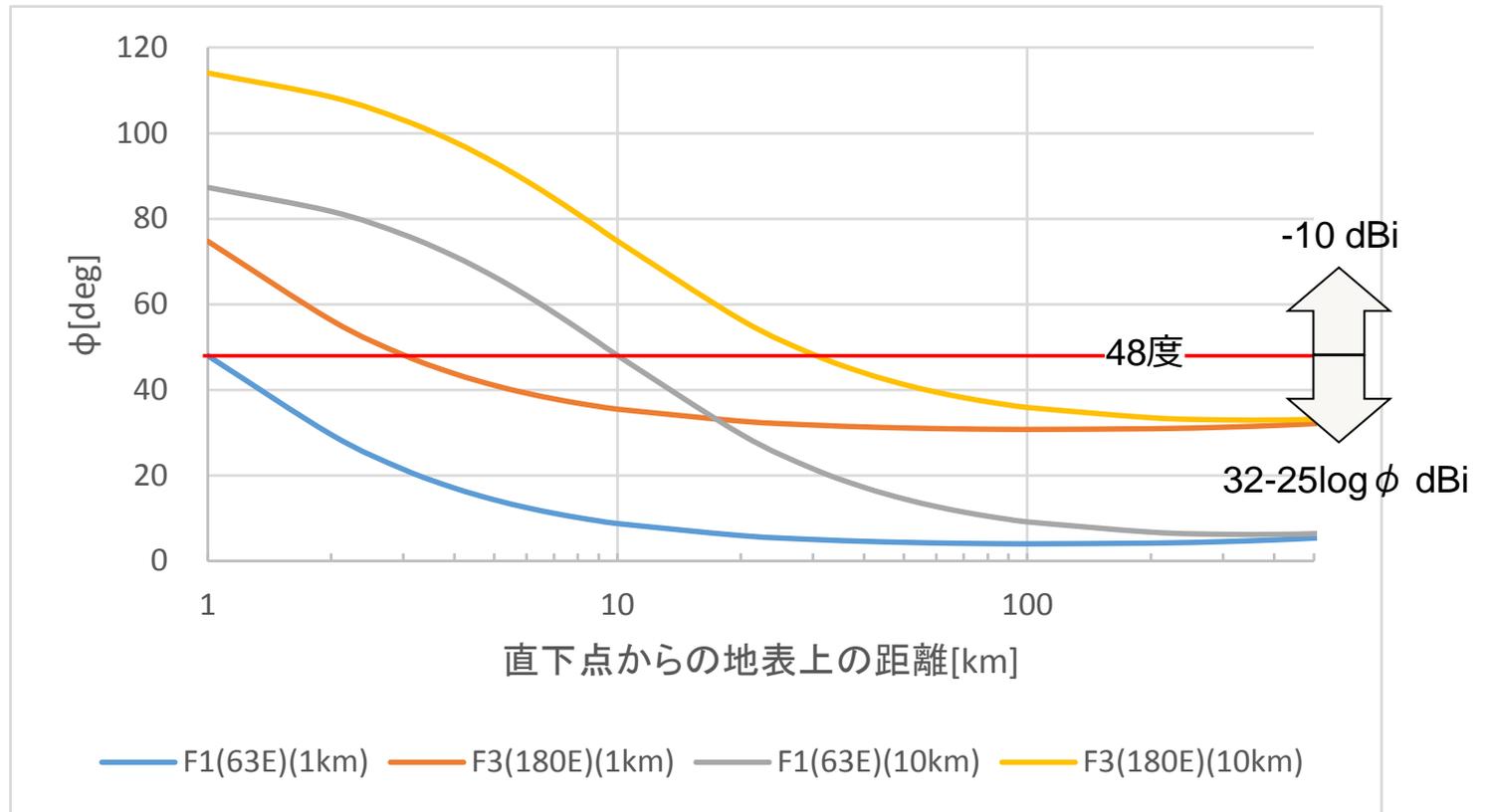
- ESIM地球局 (航空機) のアンテナパターンはITU-R S.465-6に従うと想定した。



ケース2 ESIM地球局 → 電波天文（31GHz帯）隣接周波数（6/9）

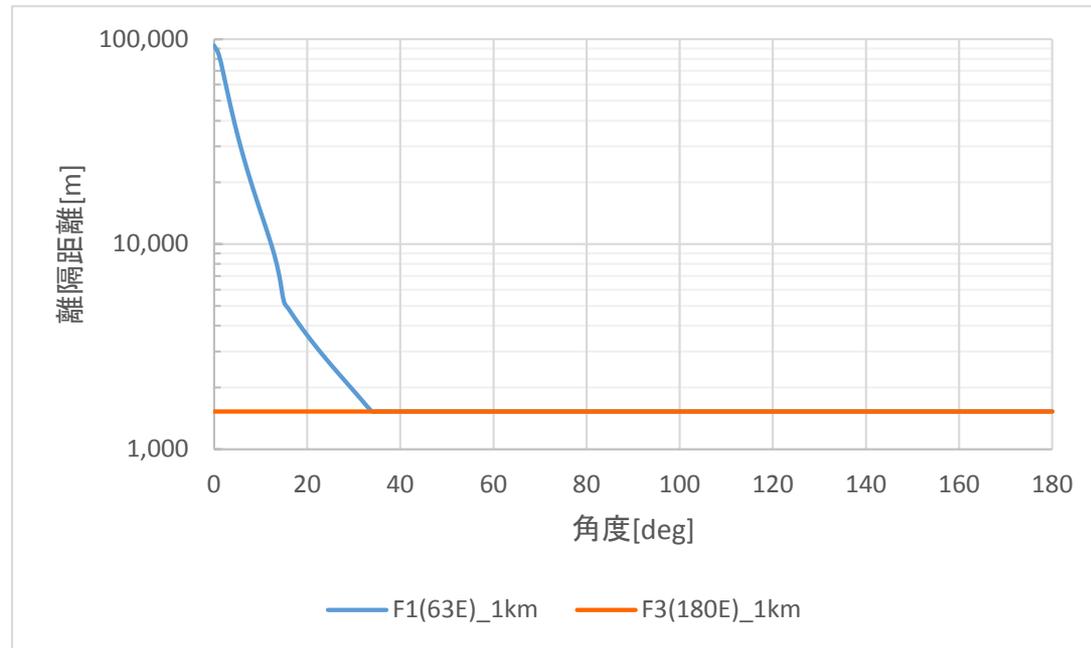
ESIM地球局（航空機）からの干渉検討

- θ 及び電波天文からの距離 r により、ESIM地球局（航空機）のアンテナの主輻射軸方向とESIM地球局（航空機）から電波天文のアンテナ中心の方向の角度 ϕ は変化し、その角度に応じたESIM地球局（航空機）のアンテナゲインが求められる。
- $\theta=0^\circ$ での r と ϕ の関係を示す。



ESIM地球局（航空機）からの干渉検討

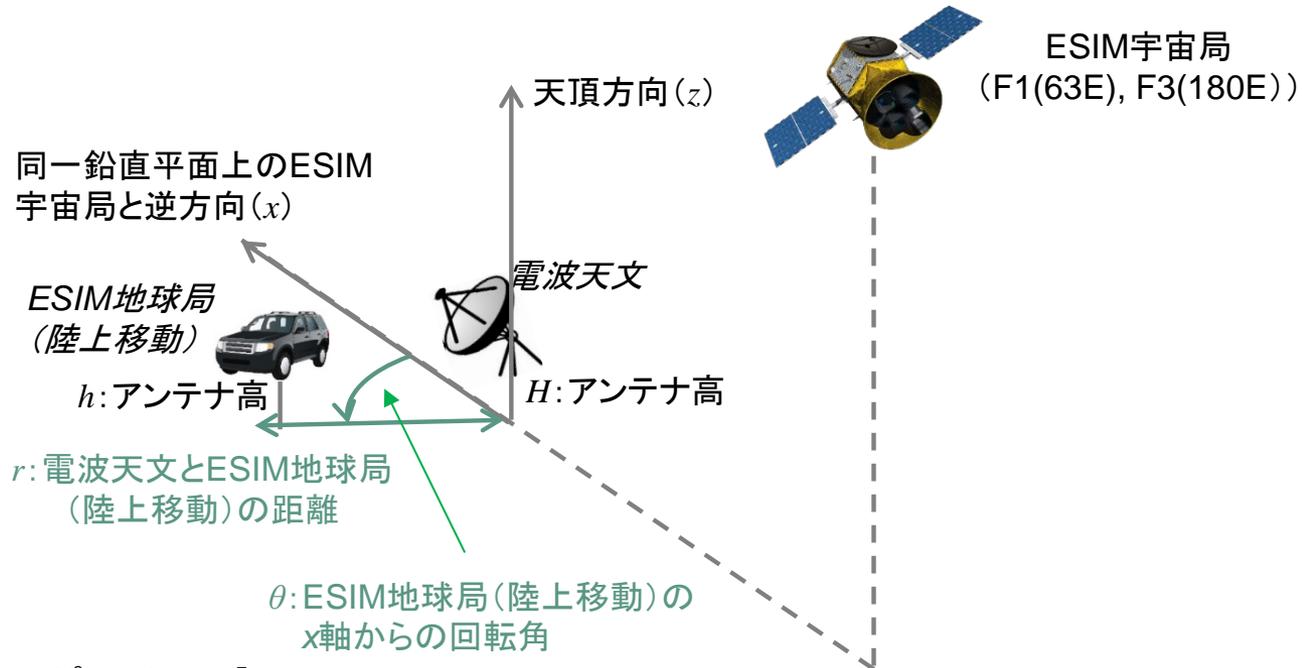
- ESIM地球局（航空機）の高度が10kmの場合、63E衛星と通信するESIM地球局（航空機）及び180E衛星と通信するESIM地球局（航空機）は、ともに電波天文業務の受信設備の直上でも共用条件を満足する。
- ESIM地球局（航空機）の高度が1kmの場合、63E衛星と通信するESIM地球局（航空機）は $\pm 34^\circ$ 以内を避ければ約1.5km以遠で共用可能となる。180E衛星と通信するESIM地球局（航空機）は約1.5km以遠で共用可能となる。



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、他の衛星の場合や、スプリアス発射強度が告示記載値より小さい場合には、離隔距離は異なる場合がある。

ESIM地球局 (陸上移動) からの干渉検討

ESIM地球局 (陸上移動) の位置をz軸の周りを回転させ、角度 θ の方向でESIM地球局 (航空機) 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。



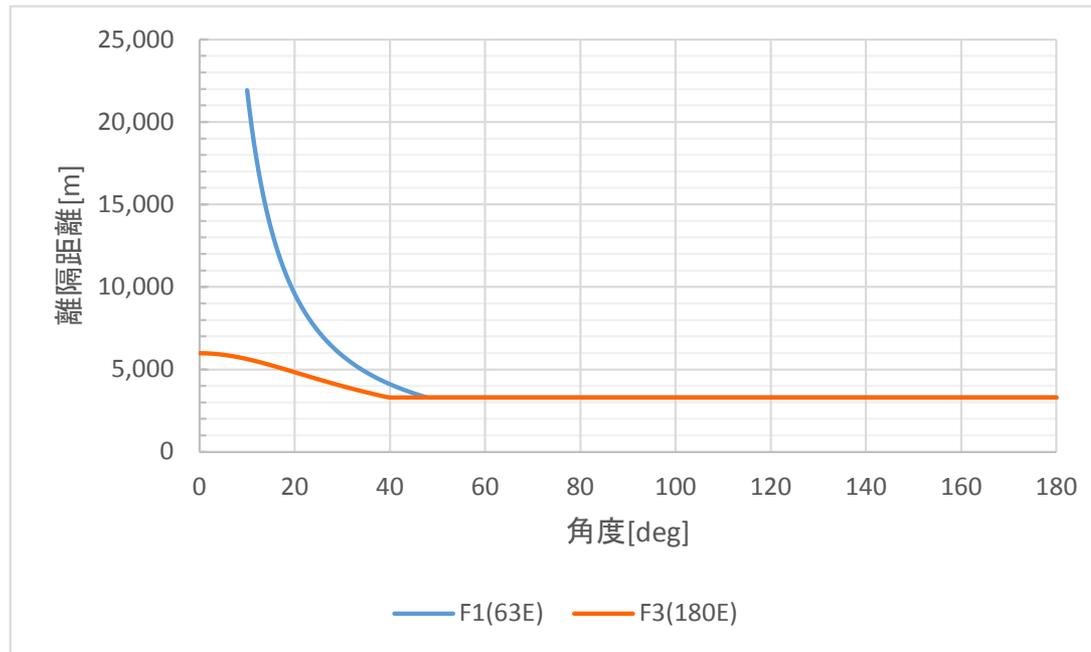
【想定したパラメータ】

- ESIM地球局 (陸上移動) 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
- ESIM地球局 (陸上移動) のアンテナパターン : ITU-R S.465-6

ケース2 ESIM地球局 → 電波天文（31GHz帯）隣接周波数（9/9）

ESIM地球局（陸上移動）からの干渉検討

- 63E衛星と通信するESIM地球局（陸上移動）は、 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。
- 180E衛星と通信するESIM地球局（陸上移動）は、 $\pm 40^\circ$ 以内を避ければ約3.3km以遠で共用可能となる。



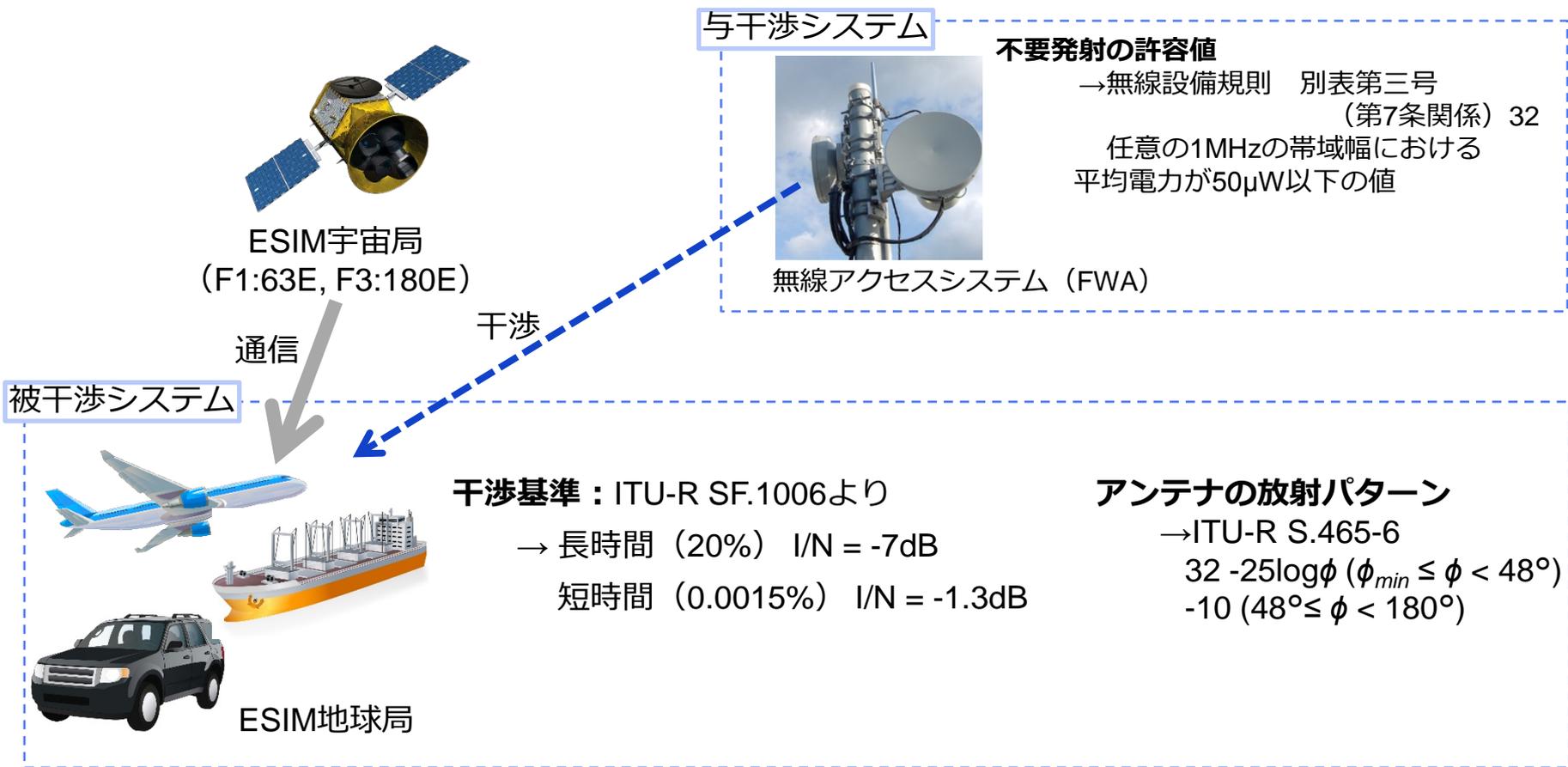
上記はInmarsat-5の衛星諸元を用いた場合の離隔距離例であり、他の衛星の場合や、スプリアス発射強度が告示記載値より小さい場合には、離隔距離は異なる場合がある。

ケース3 無線アクセスシステム → ESIM地球局 隣接周波数 (1/4)

検討内容

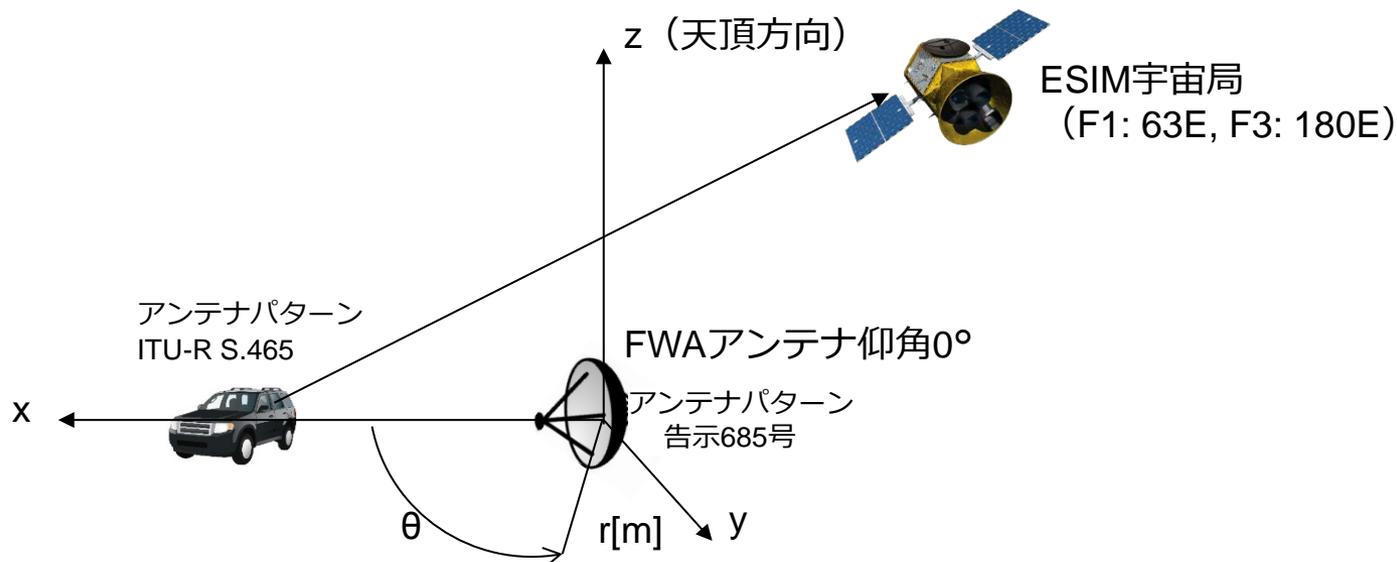
隣接帯域である18GHz帯の無線アクセスシステムに対応した出力をパラメータとして、ESIM地球局に対する入力電力および運用可能性を検討する。

主要諸元



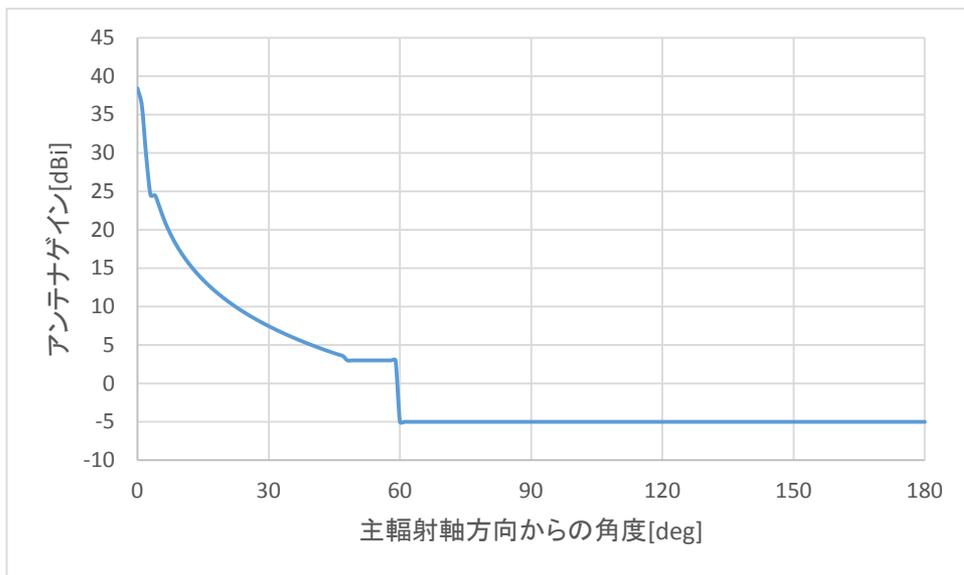
ケース3 無線アクセスシステム → ESIM地球局 隣接周波数 (2/4)

- ESIM地球局アンテナはESIM衛星方向とする。
- ESIM衛星、ESIM地球局、FWA局が下図のようにx-z面上に設置されるようにx軸を設定する。
- 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表面上の距離 r を求める。
 - 受信干渉レベル (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]) \leq 許容干渉レベル



ケース3 無線アクセスシステム → ESIM地球局 隣接周波数 (3/4)

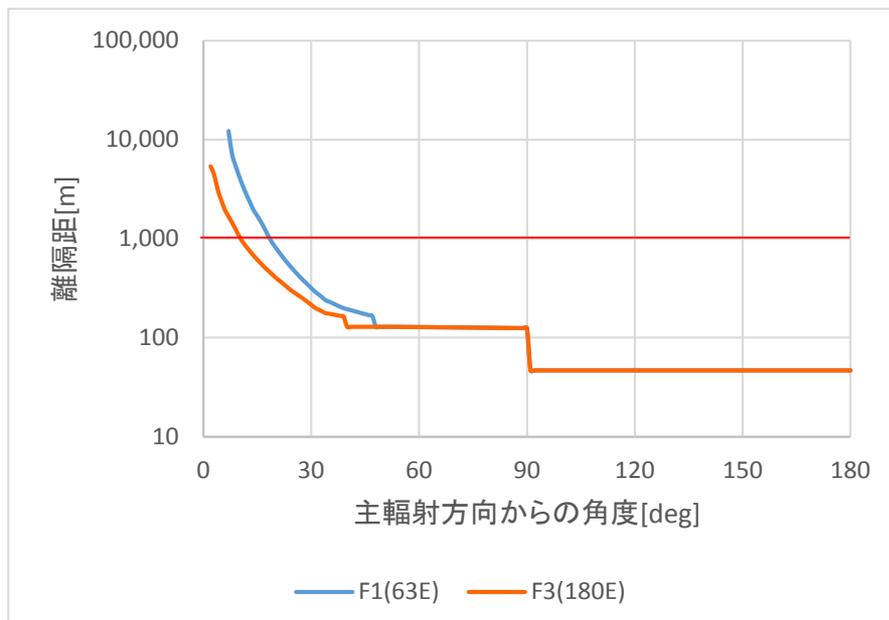
- 無線アクセスシステム (FWA) のアンテナパターン
 - FWA局のアンテナパターンは、情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上移動地球局に無線通信委員会報告 「業務用陸上無線通信の高度化等に関する技術的条件のうち、基幹系無線システムの高度化等に係る技術的条件」に示された「Gamaxが20dBiを超え40.3dBiを超えない場合」を適用。
 - GamaxはFWAシステムの回線設計例に示された38.4dBiを適用。
(Gamaxは主輻射軸方向のアンテナゲイン)



- ESIM地球局の長時間・短時間の許容干渉レベル
 - RR Appendix 7, Table 8CのFixed Satellite, 19.3-19.7GHzより
 - ✓ 雑音温度：300K
 - ✓ 帯域：1MHz
 - ✓ 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
- FWA局のスプリアス
 - 無線設備規則別表第三号 (第7条関係) 32より
 - ✓ 50 μ W/MHz → -43.0dBW

ケース3 無線アクセスシステム → ESIM地球局 隣接周波数 (4/4)

- 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輻射軸方向から9°以内を避ければ1km以遠で運用可能である。
- 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輻射軸方向から18°以内を避ければ1km以遠で運用可能である。



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。

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、他の衛星の場合や、スプリアス発射強度が告示記載値より小さい場合には、離隔距離は異なる場合がある。

共用検討結果（まとめ）

- ESIM帯域における周波数共用条件を下記の通り取りまとめた。
- なお、電波天文（31GHz帯）との共用条件は、関係者（国立天文台）と引き続き調整中である。

ケース	干渉形態	与干渉システム	被干渉システム	共用可能性	区分
1	隣接周波数	ESIM宇宙局	電波天文（22GHz帯および23GHz帯）	十分なマージンで共用可能	通信衛星
2	隣接周波数	ESIM地球局	電波天文（31GHz帯）	【共用条件】 $-146 + 0.5 \cdot \theta$ dB(W/(m ² ・500MHz)) $\theta \leq 10^\circ$ -141 dB(W/(m ² ・500MHz)) $10^\circ < \theta \leq 90^\circ$ θ は電波到来角	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（受信）	<ul style="list-style-type: none"> ESIM地球局は他無線システムからの干渉を許容しなければならない ⇒干渉を許容すれば、離隔距離制限なく運用可能。 干渉を受けないための運用条件例は下記の通り： FWA局から1km以遠で運用するためには、180 E衛星と通信するESIM地球局では、FWA局の主輻射軸方向から9°以内を避けること。 63 E衛星と通信するESIM地球局では、FWA局の主輻射軸方向から18°以内を避けること。 	船舶 陸上移動

共用検討結果（まとめ） 離隔距離例

- ESIMについては、将来サービス化されるもの含めて様々な種類の衛星通信システムが考えられる。
- ここでは、近日中にサービス化が予定されているInmarsat GXの場合の離隔距離例を示す。

【ESIM地球局（航空機）】

- 60dBのスプリアス抑圧フィルターを挿入すれば、高度10kmの場合、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。
- 同様の条件で、高度1kmの場合、180E衛星と通信するESIM地球局（航空機）は約1.5km以遠で共用可能。
63E衛星と通信するESIM地球局は $\pm 34^\circ$ 以内を避ければ約1.5km以遠で共用可能。

【ESIM地球局（船舶および陸上移動）】

- 60dBのスプリアス抑圧フィルターを挿入すれば、180E衛星と通信するESIM地球局は、 θ が $\pm 40^\circ$ 以内を避ければ約3.3km以遠で共用可能。
- 同様の条件で、63E衛星と通信するESIM地球局は、 θ が $\pm 48^\circ$ 以内を避ければ約3.3km以遠で共用可能。

3. 技術的条件の検討項目の整理

一般的条件の検討項目整理

技術的条件項目	海外の規定例					評価結果	技術的条件（素案）
	WRC-15	ETSI	CEPT	FCC			
移動局選択制御 （※包括免許化を実施する場合は、基地局からの制御により周波数を自動的に設定することが必要）	-	-	-	-	○	WRC-15決議の規定ではないが、他システム保護や包括免許化の可能性の観点から必要	移動局が使用する周波数及び輻射する電力は、基地局が送信する制御信号によって自動的に設定されること
追尾機能	○	○	○	-	○	WRC-15決議の規定であり他システム保護の観点から必要	通信の相手方となる人工衛星局のみを自動的に捕捉・追尾する機能を有すること
インターロック機能	○	-	-	-	○	WRC-15決議の規定であり他システム保護の観点から必要	移動局は基地局が送信する制御信号を受信した場合に限り送信を開始できる機能を有すること
自動停波機能	-	○	○	-	○	WRC-15決議の規定ではないが、国内類似システムの事例を踏まえ、他システム保護の観点から必要	移動局は自局の障害を検出する機能を有し、障害を検出したとき、及び基地局が送信する信号を正常に受信できない時に、自動的に電波の発射を停止する機能を有すること
移動局停波機能	○	○	-	-	○	WRC-15決議の規定であり他システム保護の観点から必要	基地局の制御により、移動局の電波の発射を停止する機能を有すること
移動局位置管理機能	○	○	-	-	○	WRC-15決議の規定であり他システム保護の観点から必要	移動局は、権利を有する領域内でのみ電波を発射し、領域を超えたときに直ちに電波を停止する機能を有すること
移動局送信制御 （※同一トラボン・同一周波数を使用する移動局のEIRP総和を管理する機能）	-	○	-	-	-	WRC-15決議の規定でないことから不要	-
筐体に関する条件 （※送受信機の筐体は容易に開けることができないこと、等）	-	-	-	-	-	WRC-15決議の規定でないことから不要	-

送信装置／受信装置の検討項目整理

<送信装置の条件>

技術的条件項目	国内技術基準との対応	海外の規定例				評価結果	技術的条件（素案）
		WRC-15	ETSI	CEPT	FCC		
空中線電力	・電波法関係審査基準 別紙2第3の1(1)工(力)	-	-	-	-	-	現行基準に準拠 (柔軟性を確保するため、一律の値を規定せず、電波法関係審査基準に規定に準拠し、無線局の免許の際に指定することが適当)
空中線電力の許容偏差	・無線設備規則第14条	-	-	-	-	-	現行基準に準拠 上限50%、下限50%
最大電力密度	・電波法関係審査基準 別紙2第3の1(1)工(サ)	-	-	-	-	-	現行基準に準拠 (電波法関係審査基準の規定を満足すること)
周波数の許容偏差	・無線設備規則第5条	-	-	-	-	-	現行基準に準拠 100（百万分率）
占有周波数帯幅	・無線設備規則第6条 ・電波法関係審査基準 別紙2第3の1(1)工(オ)	-	-	-	-	-	現行基準に準拠 (柔軟性を確保するため、一律の値を規定せず、電波法関係審査基準に規定されている各種の伝送方式に応じた計算手法を適用し、無線局の免許の際に指定することが適当)
不要発射の強度	・無線設備規則第7条 総務省告示第1228号	-	○	○	-	-	現行基準に準拠 スプリアス領域：50μW以下 又は -60dBc/4kHz 帯域外領域：40log(2F/BN+1)dB/4kHz
電力束密度 (PED)	-	-	○	○	-	-	現状では地上システムとの共用は無いことから不要
搬送波抑制	-	-	○	-	-	-	他システム保護の観点では不要

<受信装置の条件>

副次的に発射する電波等の強度	無線設備規則第24条	-	-	-	-	-	現行基準に準拠 4nW以下
----------------	------------	---	---	---	---	---	------------------

空中線の検討項目整理

技術的条件項目	国内技術基準・RRとの対応	海外の規定例				評価結果	技術的条件（素案）
		WRC-15	ETSI	CEPT	FCC		
等価等方輻射電力（EIRP）	RR21.8 （※地表線に対するEIRP）	-	-	○ （主輻射）	-	-	RRに準拠 ・ $0^\circ < \theta \leq 5^\circ$: 64+30 dB(W/1MHz) ・ $\theta \leq 0^\circ$: 64 dB(W/1MHz)
軸外輻射電力	Resolution 156 (WRC-15)	○	○	○	○	○	WRC-15決議の規定であり他システム保護の観点から必要 詳細は次頁参照
送信空中線の最小仰角	RR21.14 電波法施行規則第32条	-	-	○	○	-	現行基準に準拠 3°以上
アンテナ利得	-	-	-	-	○	-	WRC-15決議の規定でないことから不要 -
偏波角	-	-	○	-	-	-	WRC-15決議の規定でないことから不要 -
追尾精度	-	-	○	-	-	-	WRC-15決議の規定には無い。追尾精度を規定に入れるとしても、停波条件と共に規定すべき（追尾誤差は軸外輻射電力に影響が出るため） -
偏波	-	-	-	-	-	-	WRC-15決議の規定でないことから不要 国内外の衛星システムの動向を踏まえると、円偏波が適当
交差偏波識別度	-	-	-	-	-	-	柔軟性を確保するため、一律の値を規定せずに、通信相手方の人工衛星局の交差偏波側の中継器を利用するシステムに干渉を生じさせないよう衛星通信事業者が個別に指定することが適当

軸外輻射電力の規定

<軸外輻射電力>

主輻射の方向からの離角[θ]	最大EIRP [dBW/40kHz]
$2^\circ \leq \theta \leq 7^\circ$	19-25 $\log_{10}\theta$ 以下
$7^\circ < \theta \leq 9.2^\circ$	-2 以下
$9.2^\circ < \theta \leq 48^\circ$	22-25 $\log_{10}\theta$ 以下
$48^\circ < \theta$	-10以下

<注釈>

- 送信電力制御機能がある場合は、降雨減衰を補完するだけの出力増加を行ってもよい。送信電力制御機能が無く、上記EIRPを満足できない場合は、FSS衛星ネットワークとの二国間調整を経て合意した数値を使用してよい。
- θ が 2° 以下の場合、EIRPは他の静止衛星軌道FSSと調整・合意の上で決定された値とする。
- CDMA方式を利用し、複数地球局（ESIM）から同じ40kHz帯域内で同時送信が行われる場合、 $10\log_{10}N$ [dB]（Nは地球局数）を差し引くこと。もし関係する主管庁間で合意が取れるのであれば、他の方法を用いてもよい。
- 他の静止衛星軌道衛星ネットワークとの調整において、周波数再利用技術を用いる地球局からの干渉が発生する可能性があること考慮しなければならない。

<低仰角時の条件>

静止衛星軌道に対する仰角[ε]	EIRP密度の増加量[dB]
$\varepsilon \leq 5^\circ$	2.5
$5^\circ < \varepsilon \leq 30^\circ$	3-0.1 ε

技術的条件の項目整理（まとめ）

■ Ka帯衛星移動通信システムに求められる技術的条件（素案）を整理した。

- 一般的条件
- 送信装置/受信装置の条件
- 空中線の条件

■ 継続検討項目

- **上記技術的条件はほぼ取りまとめを完了したが、空中線に関する項目（追尾精度）を詳細検討中**
- **追尾精度の条件について**
 - ITU WRC-15規定には無いものの、ハードウェア実現や軸外輻射電力規定を遵守するために、何らかの値が必要と考えられる。
 - 欧米の規定も参考にしつつ、シミュレーション検討などを通して、具体的な数値について継続検討中