

情報通信審議会 情報通信技術分科会
衛星通信システム委員会報告

諮問第 2037 号

「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」のうち
「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 (ESIM) の技術的条件」

平成 29 年 3 月 31 日

衛星通信システム委員会

情報通信審議会 情報通信技術分科会
衛星通信システム委員会 報告

目次

I	検討事項	3
II	委員会及び作業班の構成	3
III	検討経過	3
IV	検討概要	5
1	システム概要	5
1.1	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概要	5
1.1.1	提供されるサービス	7
1.1.2	利用形態	8
2	他の無線システムとの周波数共用について	10
2.1	周波数配置状況	10
2.2	他のシステムとの周波数共用	10
2.2.1	電波天文業務（22GHz帯及び23GHz帯）	10
2.2.2	電波天文業務（31GHz帯）	12
2.2.3	無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）	18
2.2.4	検討結果まとめ	21
3	無線設備の技術的条件	23
3.1	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	23
3.1.1	一般的条件	23
3.1.2	無線設備の条件	24
4	測定法	28
4.1	送信装置	28
4.1.1	周波数の偏差	28
4.1.2	占有周波数帯幅	28
4.1.3	スプリアス領域及び帯域外領域における不要発射の強度	28
4.1.4	空中線電力の偏差	28
4.1.5	軸外輻射電力	29
4.2	受信装置	29
4.2.1	副次的に発する電波等の限度	29
V	検討結果	29
別表1	情報通信審議会 情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会 構成員	30
別表2	情報通信審議会 情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会作業班 構成員	31
別 添		32

I 検討事項

衛星通信システム委員会（以下、「委員会」という。）は、情報通信審議会諮問第 2037 号「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について」（平成 28 年 6 月 30 日）について検討を行った。

II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成は別表 1 のとおりである。

委員会の調査検討を促進するため、衛星通信システム委員会作業班において技術的条件に関する調査を行った。作業班の構成は別表 2 のとおりである。

III 検討経過

「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」について、委員会及び作業班での検討経過は以下のとおりである。

1. 委員会

(1) 第 28 回（平成 28 年 7 月 22 日）

「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」に関して、委員会の運営方針及び検討スケジュールについて検討を行った。

(2) 第 30 回（平成 28 年 12 月 8 日）

作業班における「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」に関し、中間報告が行われた。

(3) 第 31 回（平成 29 年 2 月 10 日）

作業班から、「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」に関する報告を受け、衛星通信システム委員会報告（案）をとりまとめた。

(4) 第 32 回（平成 29 年 3 月 28 日～29 日）（メール審議）

委員会報告（案）のパブリックコメントで提出された意見に対する委員会の考え方及び委員会報告のとりまとめを行った。

2. 作業班

(1) 第 6 回（平成 28 年 8 月 26 日）

作業班の運営方針、検討体制について説明が行われ、「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」に関する調査の進め方等について検討を行った。また、Ka 帯移動衛星通信システムの世界動向等の紹介が行われた。

(2) 第 7 回（平成 28 年 10 月 25 日）

「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」に関する周波数共用条件等について検討を行った。

(3) 第8回（平成28年11月21日）

「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」に関する周波数共用条件等について検討を行った。

(4) 第9回（平成29年1月20日）

「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」に関する作業班報告書（案）について検討を行った。

IV 検討概要

1 システム概要

1.1 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概要

陸上における移動通信環境の高速大容量化に伴い、船舶や航空機等の移動通信環境においても社会・家族・友人とのコミュニケーションの円滑化等によるデジタル・ディバイド改善、船舶・航空機の運航システムの ICT 化に伴う陸上との高速大容量通信へのニーズが高まっている。

これらの課題を解決するには、広域なサービスエリアを確保可能な移動衛星通信システムの利活用が重要である。現在、我が国においては L 帯 (1.6GHz 帯)、S 帯 (2GHz 帯)、Ku 帯 (12/14GHz 帯) 等を用いた移動衛星通信サービスが提供されており、移動体向けサービスとしては、船舶・航空機向けインマルサットサービス (L 帯) で 500kbps 程度、船舶 VSAT サービス (Ku 帯) で 1~2Mbps 程度の通信速度となっている。

現在主流となっているこれらの周波数帯は逼迫しつつあり、近年では更に高い周波数帯である Ka 帯 (20/30GHz 帯) が、次世代の高速衛星通信用の帯域として世界的に注目されている。Ka 帯においては、インマルサット等の事業者が移動体向けグローバルサービスを計画中である。また 2015 年 11 月に開催された国際電気通信連合 (ITU) 世界無線会議 (WRC-15) では、グローバルサービスを実現するための「移動する地球局 (ESIM: Earth station in motion)」の技術的条件が規定された決議 156 が承認され、29.5-30.0GHz (地上→宇宙)、19.7-20.2GHz (宇宙→地上) において、固定衛星業務用の通信衛星 (FSS 用衛星という) を利用した移動体向け衛星通信システムが運用可能となった。Ka 帯サービスが実現されれば、陸上のほか、船舶や航空機を対象に数 10Mbps 程度の高速通信サービスの提供が可能となり、デジタル・ディバイドの解消が見込まれる。

こうした背景を踏まえ、本検討では、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について検討を行った。本システムでは、図 1-1 に示すように、Ka 帯を利用して、静止軌道上に配置された FSS 用衛星を介し、基地局と、船舶や航空機等に搭載された移動局との間でブロードバンド通信を提供するものである。システム全体及び各セグメントが具備すべき機能を以下に示す。

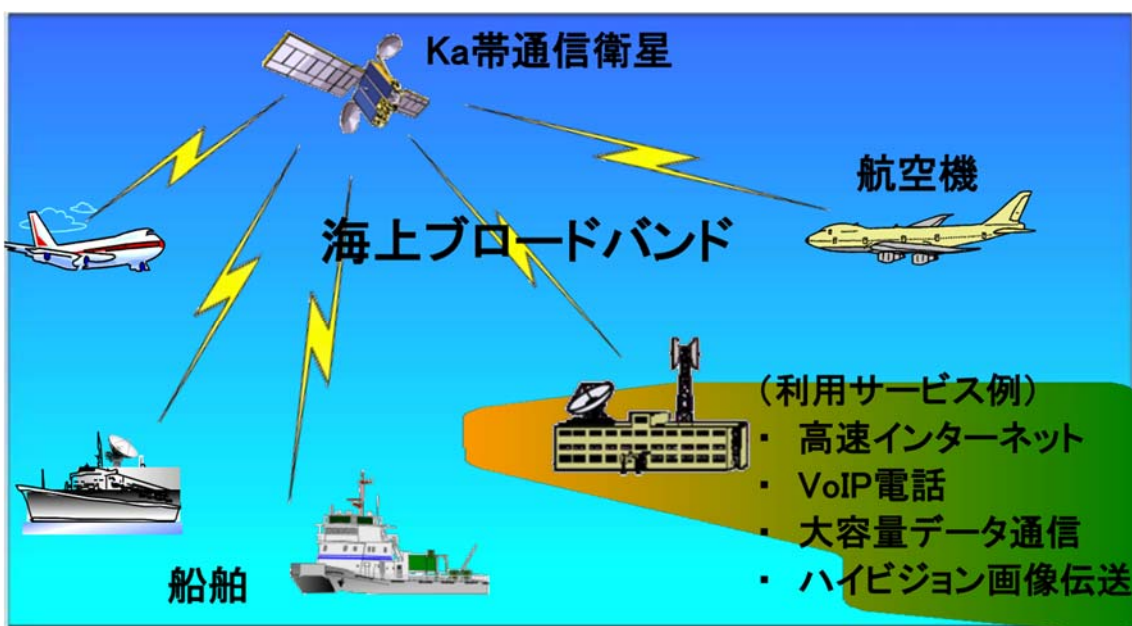


図 1-1 Ka 帯を用いた移動体向けブロードバンド衛星通信システムの構成

(1) システム全体の機能

静止軌道上に配置された FSS 用衛星を経由して、移動局と基地局間の通信サービスを提供する（移動局と基地局の定義は以下参照）。周波数は WRC-15 で運用可能となった以下の周波数を使用する。

- 19.7-20.2GHz（静止衛星→移動局）
- 29.5-30.0GHz（移動局→静止衛星）

WRC-15 決議 156 では、上記の周波数を使用する移動体向け衛星通信システムは、以下の機能が必要とされている。

- 移動局は、ネットワーク制御・監視センター (NCCM: Network Control and Monitoring Center)、もしくは、それに相当する設備により永続的にモニタリングと制御が行われること。少なくとも送信及び停波のコマンドを NCCM から受信し、動作すること。
- 移動局は、通信の相手方となる FSS 用衛星を追尾する機能を有すること。隣接衛星を捕捉・追尾しないこと。
- 移動局は、許可された主管庁の領域を超えたときは、直ちに運用を止める機能を有すること。

なお、WRC-15 決議 156 では、本システムを生命安全 (safety-of-life) に関わる通

信に利用してはならない、としている。

(2) 静止衛星の機能

移動局向けの通信サービスは、国・特定地域内で提供されるものから、グローバルに連続的に提供されるものまで想定される。従って、一衛星のカバレッジ内でのサービスだけでなく、カバレッジが重なり合う複数の静止衛星を使用したサービスも想定される。

各静止衛星は、固定衛星業務用として既に責任主管庁で許可されたものを、その許可条件の下で使用するため、当該条件を遵守する限り、本システムのための特別な追加の条件は必要ない。

(3) 基地局の機能

移動局と地上ネットワークとの接続を行うため、静止衛星との間で電波の送受信を行う。また、本システムとしての機能を実現するため、NCMC と接続し、移動局の指令・制御に関する信号を送受信する。

(4) 移動局の機能

船舶や航空機、あるいは車両等の陸上移動体に搭載され、静止衛星との間で電波の送受信を行う。隣接衛星や地上業務を保護するため、衛星ネットワーク間の調整合意事項を遵守すること、所定の軸外輻射電力の規定を満足すること、等の要件を満足する必要がある。

(5) ネットワーク制御・監視センター (NCMC)

本システムの集中監視、管理、制御の役目を担うもので、日本国外に設置される場合もある。NCMC の主な機能としては、静止衛星の使用状況の監視、移動局から静止衛星に発射する電波の周波数や電力レベル等の制御・監視、移動局の電波発射許可あるいは停波のための制御信号の送出等が挙げられる。

NCMC と基地局とは、システム信頼性を保つため、専用線で結ばれていることが望ましい。

1.1.1 提供されるサービス

Ka 帯を用いた移動体向け衛星通信システムでは、船舶や航空機等からの高速インターネット接続やハイビジョン画像伝送、VoIP 電話等のサービスが提供・計画されている。

現在提供・計画されている主なサービスを以下に示す。

表 1-1 Ka 帯を用いた主な移動体向け衛星通信サービス

オペレータ (国)	Inmarsat (英国)	Telenor (ノルウェー)	Viasat (米国)	Eutelsat (フランス)
主な使用衛星	Inmarsat-5	Thor-7	Viasat-1, Viasat-2	KA-SAT
サービス対象 (移動体)	船舶、航空機	船舶	航空機	航空機
サービス地域	全世界 (極地を除く)	欧州、地中海、北海 周辺	北米、大西洋北部	欧州
通信速度	上り：最大 5Mbps 下り：最大 50Mbps	上り：2-6Mbps 下り：数 10Mbps	上り：2.5-20Mbps 下り：70-100Mbps	最大 100Mbps

1.1.2 利用形態

Ka 帯を用いた移動体向け衛星通信システムは、船舶、航空機のほか、車両や鉄道等の陸上移動体における利用が想定される。以下に、船舶、航空機での利用シーンを示す。

- 利用シーン 1：船舶での利用

海上・洋上において、携帯電話等の電波が届かないエリアを航行する商船、漁船、客船等でブロードバンド通信を利用する。具体的には、船舶から陸上への画像を含む業務用データ伝送（船舶情報、貨物情報等）、安全・省エネ運航のための気象・海象情報伝送、ブロードバンドインターネット接続等を行う。船舶運航のための業務用途に加え、乗員の娯楽や家族や友人とのコミュニケーション手段の提供という福利厚生という側面もある。



図 1-2 船舶における利用イメージ

- 利用シーン 2：航空機での利用

航空機に搭乗する旅客が機内インターネットを利用する。具体的には機内に整備された Wi-Fi を介してインターネットに接続し、Web サイトの閲覧や SNS の利用、映像・音楽の視聴等を行う。今後、航空業務に該当しない範囲において、乗務員が利用可能な通信手段としての利用も想定される。



図 1-3 航空機における利用イメージ

2 他の無線システムとの周波数共用について

2.1 周波数配置状況

WRC-15 決議に基づき、Ka 帯を用いた移動体向け衛星通信システム（以下では ESIM と記す）は、上りサービスリンク（Ka 帯、29.5 - 30.0GHz）及び下りサービスリンク（Ka 帯、19.7 - 20.2GHz）を使用する。

我が国における Ka 帯の周波数使用状況を図 2-1 に示す。ESIM 向け帯域は四角枠で示した箇所である。

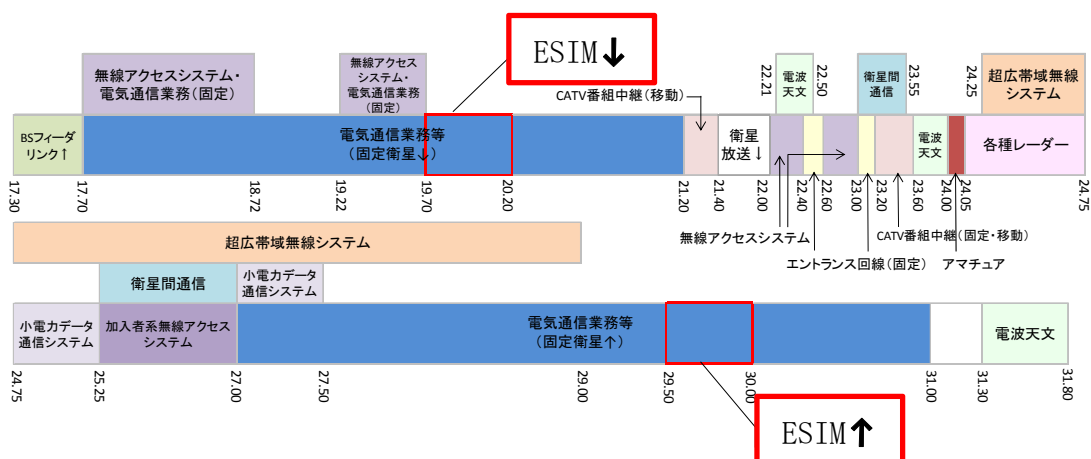


図 2-1 我が国における Ka 帯の周波数使用状況

2.2 他のシステムとの周波数共用

図 2-1 に示す通り、ESIM に関して同一周波数帯を使用する他のシステムは存在しない。ここでは、隣接周波数帯を使用する無線システムとの共用について、以下の無線通信業務を対象に干渉検討を行った。なお、検討結果の詳細は参考資料 3 に示す。

- 電波天文業務（22GHz 帯及び 23GHz 帯）
- 電波天文業務（31GHz 帯）
- 無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）

2.2.1 電波天文業務（22GHz 帯及び 23GHz 帯）

2.2.1.1 電波天文業務（22GHz 帯及び 23GHz 帯）の概要

電波天文業務の用に供する受信設備は、天体から放射される電波を受信することにより、天体や宇宙空間の物理状態、さらには宇宙そのものの成因など、宇宙全体を観測するためのシステムである。

遠方の天体から放射される線スペクトルは、宇宙膨張のため長い波長にずれる（赤方偏移によって、最大 7 倍程度）。また、微弱天体を感度よく観測するために広帯域で観測され

ており、そのため観測は可能な限り広帯域で行われている。

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、22.21-22.5GHz 及び 23.6-24.0GHz を受信する設備は、申請予定を含めて以下が挙げられる。

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° 41' 41"	36° 41' 55"	申請予定
9	茨城県日立市	140° 41' 32"	36° 41' 51"	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

2.2.1.2 電波天文業務（22GHz 帯及び 23GHz 帯）への干渉の検討

本ケースは、ESIM 宇宙局が与干渉、電波天文が被干渉となる関係である。表 2-2 に示した諸元及びに自由空間伝搬損失を基に、日本から可視範囲にある Inmarsat F1(63E)及び F3(180E)と電波天文業務（22GHz 帯及び 23GHz 帯）との干渉の検討を行った。

電波天文業務への割当周波数は 22.21-22.5GHz、及び 23.6-24.0GHz であるが、告示にある電波天文の指定周波数域が 22.21GHz であり、また、周波数割当表脚注 J36 により 22.01-22.21GHz 帯は電波天文に保護されていることから、自由空間伝搬損失を計算する際に用いた周波数は最低周波数である 22.01GHz を用いた。また、ESIM 宇宙局からのスプリアス領域での不要発射は平成 17 年総務省告示 1228 号を適用した際の最悪値を用いた。

表 2-2 共用検討諸元

項目	単位	計算に用いた値
周波数	GHz	22.01
スプリアス領域での不要発射（最悪値）	dBW/4kHz	-35.6

ITU-R 勧告 RA.769-2 で規定されている電力束密度の閾値は、22.01GHz に最も近い周波数では、連続波観測で $-231\text{dB(W/(m}^2\cdot\text{Hz))}$ (22.355GHz)、輝線スペクトル観測で $-216\text{dB(W/(m}^2\cdot\text{Hz))}$ (22.200GHz) 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、ITU-R 勧告 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。22.01GHz における検討結果に対し、連続波観測の 22.355GHz における電力束密度の閾値 $-231\text{dB(W/(m}^2\cdot\text{Hz))}$ との比較を示す。

表 2-3 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"	3.9	3.3
2	141° 07' 57"	39° 08' 01"	4.0	3.3
3	142° 13' 00"	27° 05' 31"	4.0	3.2
4	130° 26' 24"	31° 44' 52"	3.8	3.4
5	124° 10' 16"	24° 24' 44"	3.6	3.5
6	130° 30' 26"	31° 27' 51"	3.8	3.4
7	141° 07' 57"	39° 08' 00"	4.0	3.3
8	140° 41' 41"	36° 41' 55"	4.0	3.3
9	140° 41' 32"	36° 41' 51"	4.0	3.3
10	136° 46' 12"	35° 28' 47"	3.9	3.4

注：マージンとは、ITU-R 勧告 RA.769-2 で規定されている当該周波数帯での電力束密度の閾値 ($-231\text{dB(W/(m}^2\cdot\text{Hz))}$) から Inmarsat F1(63E)及び F3(180E)の地表面での電力束密度を引いた値。

以上より ESIM 宇宙局は 22GHz 帯及び 23GHz 帯の電波天文業務と共用可能である。

2.2.1.3 電波天文業務 (22GHz 帯及び 23GHz 帯) との共用条件の検討

電波天文業務の用に供する受信設備との共用検討の結果、周波数共用は可能であると考えられる。

2.2.2 電波天文業務 (31GHz 帯)

2.2.2.1 電波天文業務 (31GHz 帯) の概要

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、31.3-31.8GHz を受信する設備は、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 (国立天文台野辺山) のみである。国立天文台野辺山の概要について、図 2-2 に示す。



図 2-2 国立天文台野辺山の概要

出所) <http://www.nro.nao.ac.jp/public/about.html>

2.2.2.2 電波天文業務（31GHz 帯）への干渉の検討

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。ESIM 移動局については、将来サービス化されるものも含めて様々な衛星通信システムや移動局（端末）が考えられる。衛星システムや端末種別等により諸元が異なることから、電波天文業務（31GHz 帯）との共用検討に関しては、包括的な観点から電波天文側からの共用条件を示すことが適当と考えられる。

ここで、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」では、電波天文業務との共用条件として ITU-R 勧告 M.1643 を基に以下の共用条件が示された。

$$\begin{array}{lll}
 -190 + 0.5 \cdot \theta & \text{dB(W/(m}^2 \cdot 150\text{kHz))} & \theta \leq 10^\circ \\
 -185 & \text{dB(W/(m}^2 \cdot 150\text{kHz))} & 10^\circ < \theta \leq 90^\circ \\
 (\theta \text{ は電波の到来仰角}) & &
 \end{array}$$

Ka 帯における ESIM と電波天文業務との共用検討に関する ITU-R 勧告は現時点で存在しないものの、電波天文業務の干渉制限値を定めた ITU-R 勧告 RA.769-2 に基づく共用検討が必

要である。

この条件を基に、ESIM 地球局として Inmarsat GX サービスの端末設備を例に取り、共用可能となる離隔距離を検討した。このとき、対象とする衛星は、電波法施行規則第 32 条（地球局の送信空中線の最小仰角）の「宇宙研究業務以外の宇宙無線通信の業務」の場合は仰角 3° 以上のため、それを満たす 180 度衛星とした。ESIM 移動局は航空機、船舶、陸上移動（車両等）の 3 種類が存在することから、種類ごとに検討・考察した。

なお、以下の共用検討においては ITU-R 等の規格値に基づく検討を行ったが、ESIM 移動局（航空機、船舶）については実端末諸元が入手可能であることから、それら検討も合わせて行った。

このとき用いた諸元を表 2-4 に、想定モデルを図 2-3 に示す。共用検討の詳細は参考資料 3 に示した。

表 2-4 共用検討諸元

項目	単位	計算に用いた値
周波数	GHz	31.55
ESIM 地球局（航空機）の高度	m	1,000 及び 10,000
ESIM 地球局（陸上移動）アンテナ高	m	1.5
電波天文業務用受信設備のアンテナ高	m	24.5
スプリアス抑圧フィルター	dB	-60 及び -80

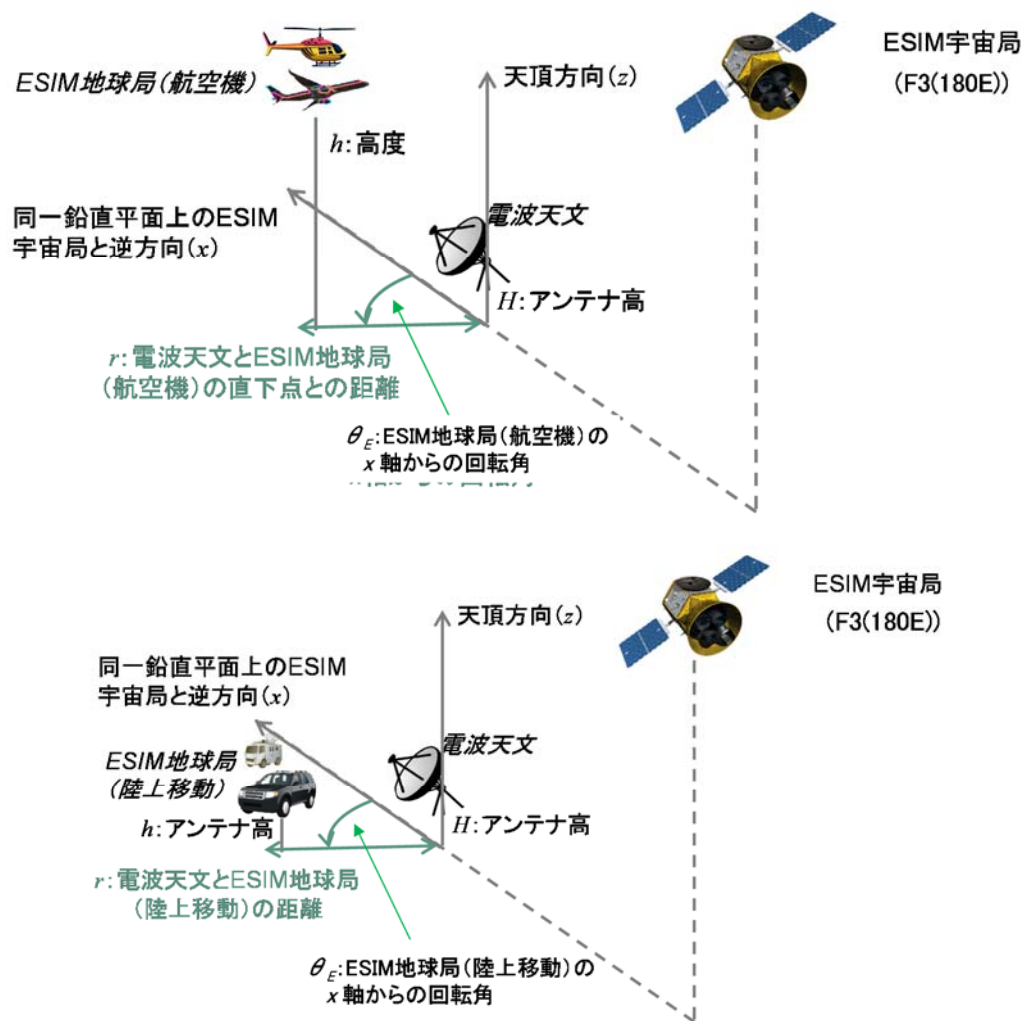


図 2-3 想定モデル

(上：航空機を想定したモデル、下：陸上移動を想定したモデル)

2.2.2.3 電波天文業務（31GHz 帯）との共用条件の検討

(ア) ESIM 地球局（航空機）との共用検討

図 2-4 に地形を考慮し、60dBc のスプリアス抑圧フィルターを使用し、航空機高度が 1,000m の場合の検討結果を示す。180E 衛星と通信する ESIM 地球局（航空機）は、角度 θ_E によらず、約 2.2km 以遠で共用可能となる。

航空機高度が 10,000m の場合、180E 衛星と通信する ESIM 地球局（航空機）は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。

次に、80dBc のスプリアス抑圧フィルターを使用した場合は、高度 1,000m において電波天文の受信設備の直上を含め共用条件を満足する。

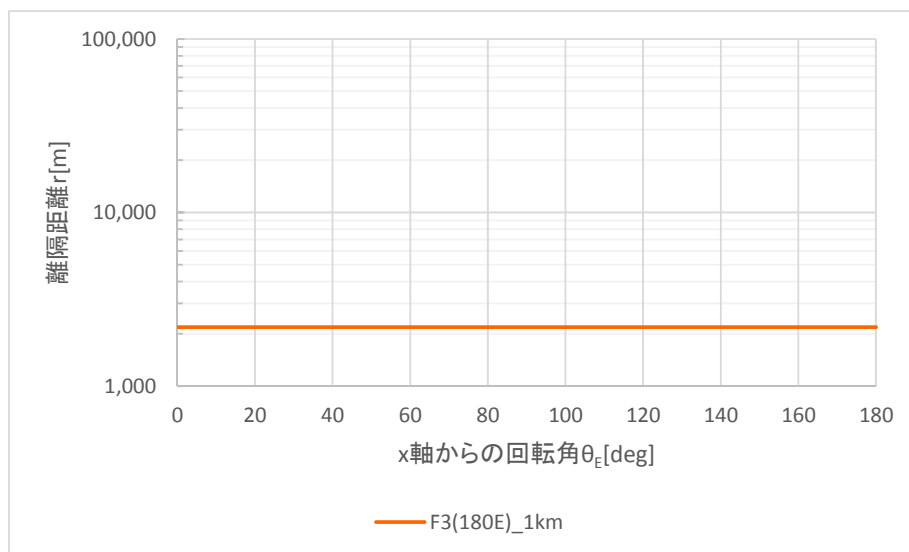


図 2-4 180E 衛星と通信する ESIM 航空機局の離隔距離（地形を考慮）

次に、ESIM 地球局（航空機）の実端末諸元を用いた計算を行った。また、ITU-R 勧告 RA. 769-2 脚注で示される積分時間全ての場合で評価した。干渉量が最も大きくなるケース（最悪ケース）として、航空機が受信設備の真上を通過すると仮定し、巡航高度 8500m、巡航速度 720km/h とした。なお、本検討では外付けスプリアス抑制フィルターは使用しない前提で計算した。最大送信電力密度は、現在製造されている端末の実諸元を用いた。

図 2-5 に、横軸に積分時間、縦軸にスプリアス干渉量とした計算結果を ITU-R 勧告 RA. 769-2 に記載の干渉閾値の基準値と共に示す。図より、全ての場合での干渉閾値の基準値を下回っていることがわかる。

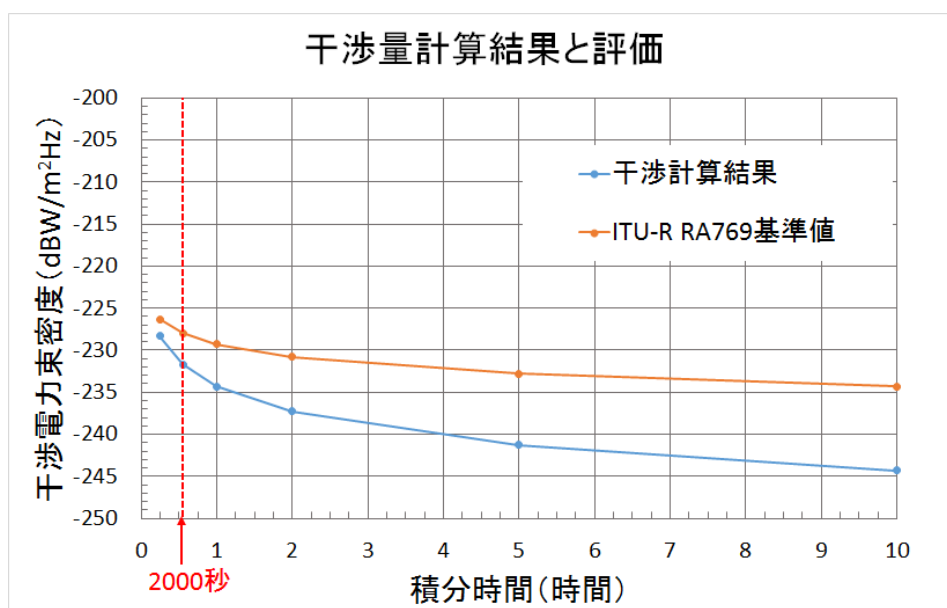


図 2-5 ESIM 地球局（航空機）による干渉量の計算結果

以上のように、実端末諸元を用い、ITU-R 勧告 RA. 769-2 で示されている干渉許容基準で評価することにより、外付けスプリアス抑制フィルターを使用しない状態であっても水平離隔距離に関わらず共用可能である。

なお、上記は Inmarsat-5 の衛星諸元、2 種類の ESIM 地球局（航空機）の端末諸元を用いた場合の検討結果例であり、対象とする衛星システムが異なる場合には、結果が異なる場合がある。

いずれの場合においても、実機でのスプリアス輻射強度を元に、ITU-R 勧告 RA. 769-2 に規定された干渉制限値を満足するように、必要な場合には関係者間で運用協定を締結して、それを適切に実施することで、共用は可能である。

(イ) ESIM 地球局（船舶）との共用検討

次に、ESIM 地球局（船舶）に関しては、検討対象の電波天文受信設備は海上からは 100km 以上離れており、また山岳遮蔽による見通し外の位置関係であるため、ESIM 地球局（船舶）とは共用可能である。

(ウ) ESIM 地球局（陸上移動）との共用検討

ESIM 地球局（陸上移動）と電波天文受信設備との共用検討においては、ESIM 地球局（陸上移動）が同じ位置に留まって通信する場合もありうるため、スプリアス抑圧フィルターが無い場合には閾値を満足できない。

60dBc のスプリアス抑圧フィルターを挿入すると、180E 衛星と通信する ESIM 地球局（陸上移動）は、約 9km 以遠で角度 θ_E によらず共用可能となる。また、80dBc のスプリアス抑圧フィルターの場合には、約 900m 以遠で角度 θ_E によらず共用可能となる。

なお、上記は Inmarsat-5 の衛星諸元、2 種類のスプリアス抑圧フィルター（60dBc 及び 80dBc）を用いた場合の離隔距離の例である。実端末の最大電力密度やスプリアス発射量が規格値よりも小さい場合には、離隔距離は小さくなりうる。また、対象となる衛星システムやフィルター特性等が異なる場合には結果が異なる場合がある。

いずれの場合においても、実機でのスプリアス輻射強度を元に、ITU-R 勧告 RA. 769-2 に規定された干渉制限値を満足するように、必要な場合には関係者間で運用協定を締結して、それを適切に実施することで、共用は可能である。

2.2.3 無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）

2.2.3.1 無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）の概要

無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）は、従来の固定無線通信システムで必須であった大規模な鉄塔を不要とし、小規模な建物にも設置可能な大容量通信システムであり、比較的短期間に低コストで地域内のネットワークの構築等が可能となる。

無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）の概要を図 2-6 に示す。

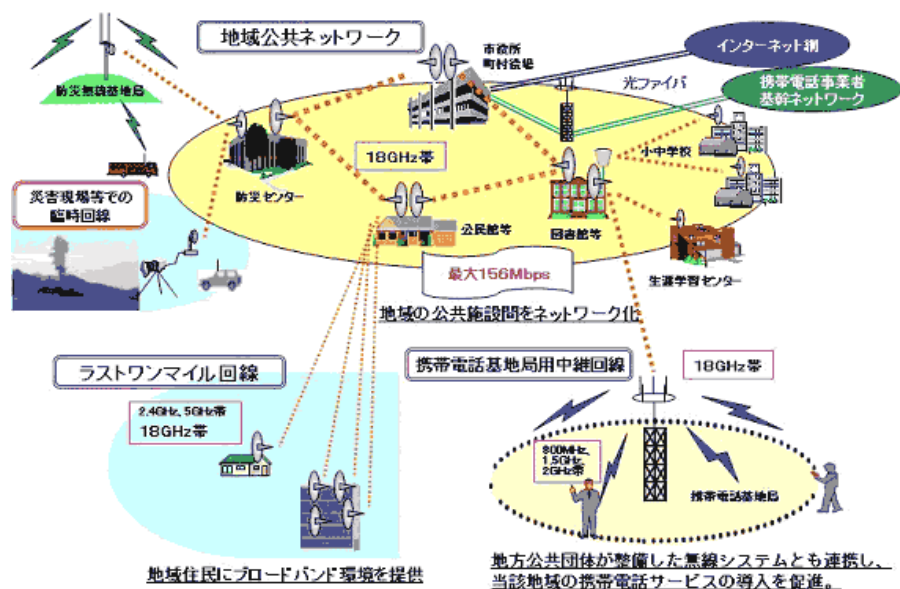


図 2-6 無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）の概要

出所) 総務省 電波利用ホームページより

2.2.3.2 無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）との干渉の検討

表 2-5 に示した諸元及び図 2-7 に示した想定モデルを基に、本システムと無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）との干渉の検討を行った。

表 2-5 共用検討諸元

項目	単位	計算に用いた値
周波数	GHz	20
ESIM 地球局（陸上移動）アンテナ高	m	1.5
無線アクセスシステムのアンテナ高	m	40
長時間干渉許容値 (I/N 値)	dB	-7
短時間干渉許容値 (I/N 値)	dB	-1.3

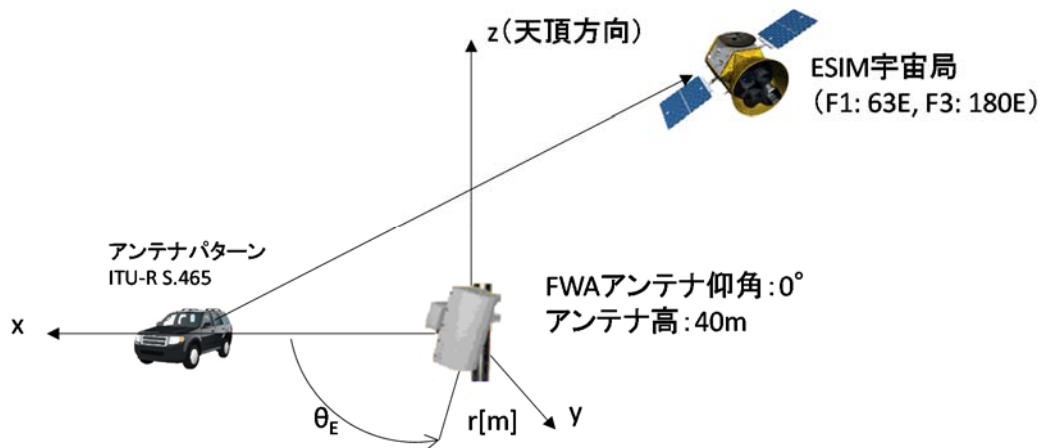


図 2-7 想定モデル

2.2.3.3 無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）との共用条件の検討

本ケースは、無線アクセスシステム（以下、FWA: Fixed Wireless Access）が与干渉、ESIM（移動局）が被干渉となる関係である。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。なお、WRC-15 における決議 156 の規定では、無線通信規則 No. 5.524 号に示した他の主管庁の地上業務との関係においては、ESIM 地球局は第 1 及び第 3 地域の 19.7-20.1 GHz の周波数で運用するこれらの業務の発展において保護を求めたり、制約を与えてはならないとされている。

無線アクセスシステムは陸上で用いられるシステムであり、ESIM（陸上移動）との共用が一番厳しい条件と考えられることから、以下では ESIM 地球局（陸上移動）を対象に検討を行った。ただし、検討手法は航空機、船舶、陸上移動（車両等）の各地球局に適用できるものである。検討結果の節において、種類ごとに考察した。

離隔距離の検討結果を図 2-8 に示す。なお、共用検討の詳細は参考資料 3 に示した。

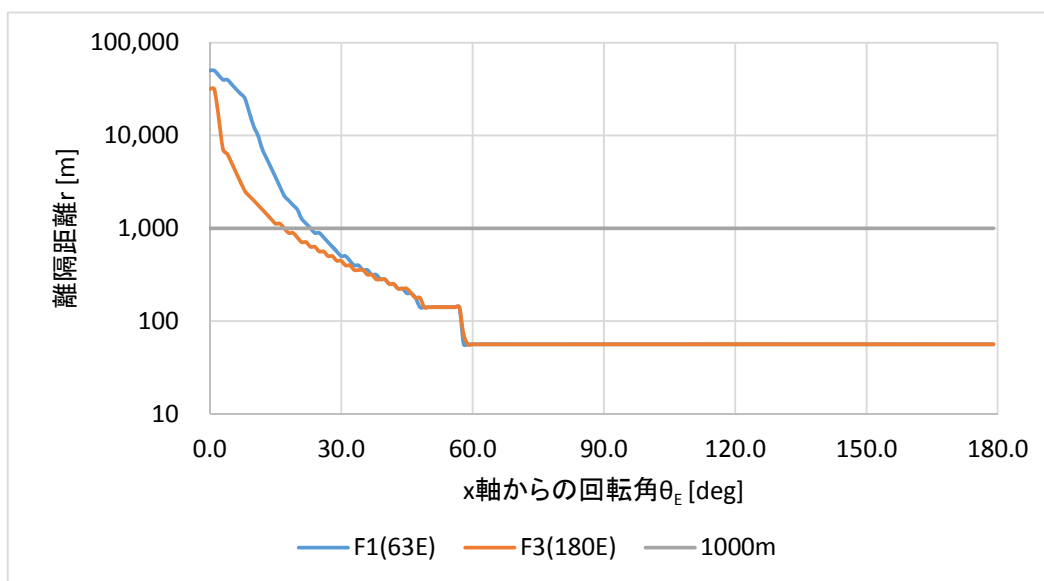


図 2-8 FWA 局主輻射方向からの角度と離隔距離

(ア) ESIM 地球局（陸上移動）との共用検討

180 E 衛星と通信する場合は、無線アクセスシステムの主軸放射方向から 17° 以内を避ければ 1km 以遠で運用可能である。また、63 E 衛星と通信する場合は、無線アクセスシステムの主軸放射方向から 23° 以内を避ければ 1km 以遠で運用可能である。無線アクセスシステムは仰角が 0 度または低い Point-to-Point システムであること、ESIM 地球局（陸上移動）は一定のアンテナ仰角を有するシステムであること等を考慮すると、仮に ESIM 地球局（陸上移動）が干渉を受けたとしても無線アクセスシステムのリンク外や建物等の遮蔽が得られる場所に移動すれば、当該干渉を避けることが可能と考えられる。このため、実用上の運用は問題ないと考えられる。

(イ) ESIM 地球局（航空機）との共用検討

無線アクセスシステムは仰角が 0 度または低い Point-to-Point システムであること、ESIM 地球局（航空機）は一定のアンテナ仰角を有するほか、航空機の高度及び位置は順次変化する。これらを考慮すると、仮に ESIM 地球局（航空機）が干渉を受けたとしても短時間であり、航空機の高度変化や位置変化に伴い、当該干渉を避けることが可能と考えられる。このため、実用上の運用は問題ないと考えられる。

(ウ) ESIM 地球局（船舶）との共用検討

無線アクセスシステムは陸上用途の仰角が 0 度または低い Point-to-Point システムであること、ESIM 地球局（船舶）は一定のアンテナ仰角を有するほか、船舶位置は順次変化する。これらを考慮すると、仮に無線アクセスシステムのアンテナが海上方向を向いており、ESIM 地球局（船舶）が干渉を受けたとしても、船舶の移動に伴って当該干渉を

避けることが可能と考えられる。このため、実用上の運用は問題ないと考えられる。

2.2.4 検討結果まとめ

本報告における干渉検討の結果を以下に示す。

2.2.4.1 電波天文業務（22GHz 帯及び 23GHz 帯）への干渉

電波天文業務の用に供する受信設備との共用検討の結果、周波数共用は可能であると考えられる。

2.2.4.2 電波天文業務（31GHz 帯）への干渉

ESIM 地球局（航空機）に関し、180E 衛星と通信する場合は、60dBc のスプリアス抑圧フィルターを使用した場合において、航空機高度が 10,000m の場合は電波天文の受信設備との共用は可能である。航空機高度が 1,000m の場合、角度 θ_E によらず約 2.2km 以遠で共用可能である。また、80dBc のスプリアス抑圧フィルターを使用した場合は、高度 1,000m において電波天文の受信設備の直上を含め共用可能である。

また、ESIM 地球局（航空機）の実端末諸元を用い、ITU-R 勧告 RA.769-2 脚注で示される積分時間全ての場合で評価すると、外付けスプリアス抑制フィルターを使用しない状態であっても共用可能である。

ESIM 地球局（船舶）に関しては、国立天文台野辺山から海上は 100km 以上離れており、また山岳遮蔽による見通し外のため共用可能である。

ESIM 地球局（陸上移動）に関しては、180E 衛星と通信する場合は、60dBc のスプリアス抑圧フィルターを使用すると約 9km 以遠で角度 θ_E によらず共用可能となる。また、80dBc のスプリアス抑圧フィルターを使用すると約 900m 以遠で角度 θ_E によらず共用可能である。

いずれの場合においても、実機でのスプリアス輻射強度を元に、ITU-R 勧告 RA.769-2 に規定された干渉制限値を満足するように、必要な場合には関係者間で運用協定を締結して、それを適切に実施することで、共用は可能である。

2.2.4.3 無線アクセスシステムー電気通信業務（固定）との干渉

ESIM 地球局（陸上移動）については、無線アクセスシステムの主軸放射方向から 23° 以内を避ければ 1km 以遠で運用可能である。仮に干渉を受けたとしても建物等の遮蔽が得られる場所に移動すれば、当該干渉を避けることが可能であり、実用上の運用は問題ないと

考えられる。

なお、WRC-15 における決議 156 の規定では、無線通信規則 No. 5.524 号に示した他の主管庁の地上業務との関係においては、ESIM 地球局は第 1 及び第 3 地域の 19.7-20.1 GHz の周波数で運用するこれらの業務の発展において保護を求めたり、制約を与えてはならないとされている。

ESIM 地球局（航空機、船舶）については、常に移動することを考慮すると仮に干渉を受けたとしても短時間であり、実用上の運用は問題ないと考えられる。

なお、上記の各検討結果は一定の条件、すなわち Inmarsat 衛星諸元、端末諸元等を用いた場合の離隔距離および退避角度の例であり、対象とする衛星システムや端末諸元が異なる場合には、具体的な諸元での調整が必要となる。

3 無線設備の技術的条件

3.1 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

Ka 帯を用いた移動体向けブロードバンド衛星通信の無線設備の技術的条件については、国際的な電波に関する条約等及び国内の電波法令に適合することが必要である。具体的には以下のとおりとすることが適当である。

3.1.1 一般的条件

3.1.1.1 必要な機能

Ka 帯を用いた移動衛星通信システムには、WRC-15 における決議 156 の規定及び他システムへの与干渉防止の観点から、以下の機能が必要である。

- (1) 移動局は、自局の通信の相手方である人工衛星局のみを自動的に捕捉・追尾する機能を、隣接衛星等の他の人工衛星局の捕捉・追尾を阻止するような手順を含めて備え、通信の相手方である人工衛星局を自動的に捕捉・追尾ができなくなった場合には、直ちに送信を停止するものであること。
- (2) 移動局は、基地局が人工衛星局を経由して送信する制御信号を受信した場合のみ、人工衛星局への送信が可能であること。
- (3) 移動局は、自局の障害を検出する機能を持ち、障害を検出した場合及び人工衛星局を経由した基地局からの信号を正常に受信できなくなった場合には、送信を自動的に停止するものであること。
- (4) 移動局が送信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る指令値に自動的に設定されたものであること。
- (5) 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。
- (6) 移動局は、許可された主管庁の領域を超えたときは、直ちに運用を止める機能を有すること。

3.1.1.2 適用周波数

WRC-15 における決議 156 の規定に基づき、移動局から人工衛星方向（アップリンク）には 29.5-30.0GHz 帯（Ka 帯）、人工衛星から移動局方向（ダウンリンク）には、19.7-20.2GHz 帯（Ka 帯）を使用することが適当である。

3.1.1.3 変調方式

変調方式としては、PSK（位相偏位変調）方式や QAM（直交振幅変調）方式等が考えられるが、最新の技術動向等を踏まえ、柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、特定の方式に限定しないことが適当である。

3.1.1.4 通信方式

通信方式としては、単向通信方式、同報通信方式、単信方式、複信方式や半複信方式及びそれらの併用が考えられるが、柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、特定の方式に限定しないことが適当である。

3.1.1.5 多元接続方式

多元接続方式としては、変調方式や通信方式により、さまざまな方式が可能であることを考慮すると、最新の技術動向等を踏まえ、柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、特定の方式に限定しないことが適当である。

3.1.1.6 電磁環境対策

移動局は、移動する無線局であることから、電波強度に対する安全施設を設けることを定めた電波法施行規則第21条の3の規定は適用されないものの、過度な強度の電波から人体を保護するための必要条件を満たすよう、電波防護指針で定められた要求条件を満たすことが必要である。

また、移動局は航空機や船舶、車両等に搭載して使用することが想定され、それぞれ準拠すべき指針及び規定に従うことが適切である。

3.1.2 無線設備の条件

3.1.2.1 送信装置

(1) 空中線電力

空中線電力は、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の規定に準拠し、無線局の免許の際に指定することが適当である（電波法関係審査基準 別紙2 第3の1(1)エ(カ)）。

(2) 空中線電力の許容偏差

平均電力の±50%以内が適当である（無線設備規則第14条）。これは定格電力の許容偏差として規定される。

(3) 周波数の許容偏差

周波数の許容偏差は、Ka帯における一般の地球局の規定値である±100ppmとすることが適当である（無線設備規則第5条）。

(4) 占有周波数帯幅

占有周波数帯幅は、様々な用途における柔軟性を確保するため、一律の値を規定せずに、一般的に地球局で適用されているように、電波法関係審査基準に規定されている各種の伝

送方式に応じて確立している計算手法を適用し、無線局の免許の際に指定することが適当である。

(5) 不要発射の強度

不要発射の強度は、以下のとおりであることが適当である（無線設備規則第 7 条及び平成 17 年総務省告示第 1228 号）。

ア スプリアス領域の不要発射の強度の許容値

50 μ W 以下、又は基本周波数の平均電力より 60dB 低い値であること。

ここで、スプリアス領域の不要発射の強度の許容値は、4kHz の周波数帯域幅における電力とする。

イ 帯域外領域の不要発射の強度の許容値

必要周波数帯域内における 4kHz の周波数帯域幅当りの最大電力密度から、4kHz の周波数帯域幅当りの次式により求められる値と、スプリアス領域の不要発射の強度の許容値のうち小さい方の値以下であること。なお、15GHz 以上の周波数の電波を使用する送信設備にあっては、4kHz の代わりに 1MHz の周波数帯域幅を用いることができる。

$$40\log\left(\frac{2F}{BN} + 1\right)\text{dB}/4\text{kHz}$$

ここで F は必要周波数帯幅と帯域外領域の境界より中心周波数と反対方向に離れる周波数の値であり、BN は必要周波数帯域幅（F と同じ単位とする）である。

3.1.2.2 受信装置

(1) 副次的に発する電波等の限度

無線設備規則第 24 条第一項に従うことが適当である。すなわち、受信空中線と電氣的常数の等しい疑似空中線回路を使用して測定した場合に、その回路の電力が 4nW 以下となる必要がある。

3.1.2.3 空中線

(1) 軸外輻射電力密度

他衛星システムへの与干渉防止の観点から、WRC-15 における決議 156 の規定に基づき、静止衛星軌道（GSO）から 3 度以内のいかなる方向における軸外輻射電力（EIRP）密度は、周波数調整合意を遵守し、かつ以下の値を満足することが適当である。

ア 軸外輻射電力密度

対向する衛星方向からの離角 [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
$48^\circ < \theta \leq 180^\circ$	-10 以下

(注)

- ・上記値は晴天時での最大値である。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 ESIM 地球局から同じ 40kHz 帯域内で同時送信が行われる場合、 $10\log_{10}N$ [dB] (N は ESIM 地球局数) を差し引くこと。関係する主管庁間で合意が得られる場合は、他の方法を用いてもよい。
- ・他の FSS 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 ESIM 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。

ESIM 地球局が低仰角で運用する場合は、以下に示す量だけ EIRP 密度を増加させることができる。

イ 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]
$\epsilon \leq 5^\circ$	2.5
$5^\circ < \epsilon \leq 30^\circ$	3-0.1 ϵ

(2) 送信空中線の最小仰角

送信空中線の最小仰角は、電波法施行規則 32 条に準拠し、 3° 以上とすることが適当である。

(3) 指向精度

WRC-15 決議 156 において指向精度の規定はないが、隣接衛星等の他システムの保護に係る条件である。隣接衛星等の保護においては、軸外輻射電力規定（マスク値）を満足するように、送信機の送信電力を設定し、アンテナを衛星方向に指向させる機能が必要である。一般的にアンテナ径が小さくなれば指向精度は緩くなる傾向があるが、指向精度の実力に応じて回線設計（特に送信電力）を適切に選定することにより、軸外輻射電力規定との余裕度を確保することができる。

今後開発されるアンテナ技術の導入を妨げないこと、また、各衛星事業者が適切な回線設計により軸外輻射電力規定を満足することが可能であることを考慮すると、指向精度を必ずしも定める必要はない。

なお、指向精度の実力は無線設備の測定時、または機器性能資料等により確認することができ、それに基づき各衛星事業者は回線設計を行うことができる。

(4) 偏波

偏波は WRC-15 決議 156 に特段の定めはなく、将来の柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、限定しないことが適当である。

(5) 交差偏波識別度

交差偏波識別度は WRC-15 決議の規定でないことから、電波法および関連諸規則による規定を行わないことが適当である。

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である。

4 測定法

移動局の無線設備の測定法については、国内で定められた測定法に準拠して以下のとおりとすることが望ましい。

4.1 送信装置

4.1.1 周波数の偏差

受検機器を無変調の状態で作動させ、指定された周波数に対する偏差の最大値を求める。受検機器が無変調動作できない場合や、測定器等により測定可能であれば変調状態で測定してもよい。

4.1.2 占有周波数帯幅

受検機器を変調の状態で作動させ、スペクトラムアナライザを用いて測定する。

測定点はアンテナ端子又は測定用モニター端子とする。

使用するパターン発生器は規定伝送速度に対応した標準符号化試験信号を発生する信号源とする。

誤り訂正を使用している場合は、そのための信号を付加した状態で測定する。(内蔵パターン発生器がある場合はこれを使用してもよい)。

標準符号化試験信号はランダム性が確保できる信号とする。

4.1.3 スプリアス領域及び帯域外領域における不要発射の強度

変調状態で動作させ、搬送波の平均電力に対する各不要発射波成分の平均電力又は相対値をスペクトラムアナライザで測定する。ただし、拡散変調において変調波による測定が困難な場合は無変調の状態での測定し、変調による拡散係数を計算により求めて換算する。

拡散係数とは、搬送波の無変調状態における当該不要波の平均電力に対する搬送波変調時の当該不要波の 4 kHz 当たりの電力密度に対する比とする。

4.1.4 空中線電力の偏差

変調の状態での連続送信させ、送信設備の電力出力を電力計又はスペクトラムアナライザを用いて測定し、規定された空中線電力との比を求める。

ただし、アクティブフェーズドアレーアンテナのように、空中線電力を直接測定することが困難な場合は、あらかじめ測定された較正值により確認しても良い。試験用ホーンアンテナを用いて送信輻射電力を測定し、既知であるホーンアンテナ利得、スパンロス及び空中線利得から空中線電力を求める方法もある。

4.1.5 軸外輻射電力

4.1.4の項目にて測定した送信設備の電力に、送信損失及び空中線の指向特性の利得を加えて求める。

4.2 受信装置

4.2.1 副次的に発する電波等の限度

副次的に発する電波等の限度は、受検機器を連続受信状態にし、副次的に発する電波等の限度を、スペクトラムアナライザを用いて求める。

V 検討結果

情報通信審議会諮問第2037号「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」のうち「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(ESIM)の技術的条件」について、別添のとおり一部答申(案)を取りまとめた。

別表1 情報通信審議会 情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会 構成員

氏名	所属
主査委員 安藤 真 あんどう まこと	東京工業大学 理事・副学長（研究担当） 産学連携推進本部長
委員 森川 博之 もりかわ ひろゆき	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
専門委員 有木 節二 ありき せつじ	一般社団法人 電気通信事業者協会 専務理事
主査代理 専門委員 井家上 哲史 いけがみ てつし	明治大学 理工学部 教授
専門委員 碓井 照子 うすい てるこ	奈良大学 名誉教授
〃 梅比良 正弘 うめひら まさひろ	茨城大学 教授・副工学部長
〃 片山 泰祥 かたやま やすよし	一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 専務理事
〃 加藤 寧 かとう ねい	東北大学 電気通信研究機構 機構長
〃 門脇 直人 かどわき なおと	国立研究開発法人 情報通信研究機構 執行役 ワイヤレスネットワーク総合研究センター長 オープンイノベーション推進本部長
〃 庄司 るり しょうじ るり	東京海洋大学 海洋工学系 教授
〃 中島 務 なかじま つとむ	ダイナミックマップ基盤企画株式会社 代表取締役社長（第29回）
〃 松井 房樹 まつい ふさき	一般社団法人 電波産業会 専務理事・事務局長
〃 三浦 佳子 みうら よしこ	消費生活コンサルタント
〃 三神 泉 みかみ いずみ	一般財団法人 衛星測位利用推進センター 専務理事（第30回～）
〃 山本 静夫 やまもと しずお	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 理事

別表2 情報通信審議会 情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会作業班 構成員

氏名	所属
主任 森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
主任代理 松井 房樹	一般社団法人 電波産業会 専務理事・事務局長
構成員 姉齒 章	双葉電子工業株式会社 企画開発部 主幹技師
〃 伊藤 達郎	全日本空輸株式会社 整備センター技術部 客室技術チーム 主席部員
〃 伊藤 信幸	日本無線株式会社 海上機器事業部 マリンエンジニアリング部 船用ネットワークグループ 課長
〃 大幡 浩平	スカパーJSAT 株式会社 技術運用本部 技術担当主幹
〃 小竹 信幸	一般財団法人 テレコムエンジニアリングセンター 技術部 部長
〃 加島 勝	一般社団法人 日本船主協会 海務部 副部長 (第9回～)
〃 上村 治	ソフトバンク株式会社 渉外本部 標準化推進部 部長 (第6回)
〃 城戸 克也	日本航空株式会社 IT企画本部 IT運営企画部 海外IT・ネットワーク戦略グループ
〃 小出 孝治	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 周波数管理室 室長
〃 小山 仁明	一般社団法人 日本船主協会 海務部 副部長 (第6回～8回)
〃 齋藤 正雄	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 電波研究部 野辺山宇宙観測所 所長
〃 城田 雅一	クアルコムジャパン株式会社 標準化担当部長
〃 菅田 明則	KDDI 株式会社 技術企画本部 電波部 企画・制度G 担当部長
〃 土谷 牧夫	三菱電機株式会社 通信機製作所 通信情報システム部 衛星通信プロジェクト部長
〃 菱倉 仁	株式会社テレキュー ト ICT事業部 モバイルソリューショングループ テクニカルアドバイザー
〃 福本 史郎	ソフトバンク株式会社 渉外本部 標準化推進部 国際規格課 課長 (第7回～)
〃 古川 憲志	株式会社NTTドコモ 電波部 電波企画担当部長
〃 本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃 三浦 周	国立研究開発法人 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク 総合研究センター 宇宙通信研究室 主任研究員
〃 森 正幸	古野電気株式会社 船用機器事業部 営業企画部 担当部長

別 添

情報通信審議会諮問第 2037 号

「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」
のうち「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(ESIM)の技
術的条件」

情報通信審議会諮問第 2037 号「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」のうち「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 (ESIM) の技術的条件」についての一部答申

1 一般的条件

1.1 必要な機能

Ka 帯を用いた移動衛星通信システムには、WRC-15 における決議 156 の規定及び他システムへの与干渉防止の観点から、以下の機能が必要である。

- (1) 移動局は、自局の通信の相手方である人工衛星局のみを自動的に捕捉・追尾する機能を、隣接衛星等の他の人工衛星局の捕捉・追尾を阻止するような手順を含めて備え、通信の相手方である人工衛星局を自動的に捕捉・追尾ができなくなった場合には、直ちに送信を停止するものであること。
- (2) 移動局は、基地局が人工衛星局を経由して送信する制御信号を受信した場合のみ、人工衛星局への送信が可能であること。
- (3) 移動局は、自局の障害を検出する機能を持ち、障害を検出した場合及び人工衛星局を経由した基地局からの信号を正常に受信できなくなった場合には、送信を自動的に停止するものであること。
- (4) 移動局が送信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る指令値に自動的に設定されたものであること。
- (5) 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。
- (6) 移動局は、許可された主管庁の領域を超えたときは、直ちに運用を止める機能を有すること。

1.2 適用周波数

WRC-15 における決議 156 の規定に基づき、移動局から人工衛星方向（アップリンク）には 29.5-30.0GHz 帯（Ka 帯）、人工衛星から移動局方向（ダウンリンク）には、19.7-20.2GHz 帯（Ka 帯）を使用することが適当である。

1.3 変調方式

変調方式としては、PSK（位相偏位変調）方式や QAM（直交振幅変調）方式等が考えられるが、最新の技術動向等を踏まえ、柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、特定の方式に限定しないことが適当である。

1.4 通信方式

通信方式としては、単向通信方式、同報通信方式、単信方式、複信方式や半複信方式及びそれらの併用が考えられるが、柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、

特定の方式に限定しないことが適当である。

1.5 多元接続方式

多元接続方式としては、変調方式や通信方式により、さまざまな方式が可能であることを考慮すると、最新の技術動向等を踏まえ、柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、特定の方式に限定しないことが適当である。

1.6 電磁環境対策

移動局は、移動する無線局であることから、電波強度に対する安全施設を設けることを定めた電波法施行規則第 21 条の 3 の規定は適用されないものの、過度な強度の電波から人体を保護するための必要条件を満たすよう、電波防護指針で定められた要求条件を満たすことが必要である。

また、移動局は航空機や船舶、車両等に搭載して使用することが想定され、それぞれ準拠すべき指針及び規定に従うことが適切である。

2 無線設備の条件

2.1 送信装置

(1) 空中線電力

空中線電力は、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の規定に準拠し、無線局の免許の際に指定することが適当である（電波法関係審査基準 別紙 2 第 3 の 1 (1) エ (カ)）。

(2) 空中線電力の許容偏差

平均電力の±50%以内が適当である（無線設備規則第 14 条）。これは定格電力の許容偏差として規定される。

(3) 周波数の許容偏差

周波数の許容偏差は、Ka 帯における一般の地球局の規定値である±100ppm とすることが適当である（無線設備規則第 5 条）。

(4) 占有周波数帯幅

占有周波数帯幅は、様々な用途における柔軟性を確保するため、一律の値を規定せずに、一般的に地球局で適用されているように、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て確立している計算手法を適用し、無線局の免許の際に指定することが適当である。

(5) 不要発射の強度

不要発射の強度は、以下のとおりであることが適当である（無線設備規則第 7 条及び平成 17 年総務省告示第 1228 号）。

ア スプリアス領域の不要発射の強度の許容値

50 μ W 以下、又は基本周波数の平均電力より 60dB 低い値であること。

ここで、スプリアス領域の不要発射の強度の許容値は、4kHz の周波数帯域幅における電力とする。

イ 帯域外領域の不要発射の強度の許容値

必要周波数帯域内における 4kHz の周波数帯域幅当りの最大電力密度から、4kHz の周波数帯域幅当りの次式により求められる値と、スプリアス領域の不要発射の強度の許容値のうち小さい方の値以下であること。なお、15GHz 以上の周波数の電波を使用する送信設備にあつては、4kHz の代わりに 1MHz の周波数帯域幅を用いることができる。

$$40\log\left(\frac{2F}{BN} + 1\right)\text{dB}/4\text{kHz}$$

ここで F は必要周波数帯幅と帯域外領域の境界より中心周波数と反対方向に離れる周波数の値であり、BN は必要周波数帯域幅（F と同じ単位とする）である。

2.2 受信装置

(1) 副次的に発する電波等の限度

無線設備規則第 24 条第一項に従うことが適当である。すなわち、受信空中線と電氣的常数の等しい疑似空中線回路を使用して測定した場合に、その回路の電力が 4nW 以下となる必要がある。

2.3 空中線

(1) 軸外輻射電力密度

他衛星システムへの与干渉防止の観点から、WRC-15 における決議 156 の規定に基づき、静止衛星軌道（GSO）から 3 度以内のいかなる方向における軸外輻射電力（EIRP）密度は、周波数調整合意を遵守し、かつ以下の値を満足することが適当である。

ア 軸外輻射電力密度

対向する衛星方向からの離角 [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 $10\log_{10} \theta$ 以下
$48^\circ < \theta \leq 180^\circ$	-10 以下

(注)

- ・上記値は晴天時での最大値である。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ESIM地球局から同じ40kHz帯域内で同時送信が行われる場合、 $10\log_{10}N$ [dB] (NはESIM地球局数)を差し引くこと。関係する主管庁間で合意が得られる場合は、他の方法を用いてもよい。
- ・他のFSS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ESIM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。

ESIM地球局が低仰角で運用する場合は、以下に示す量だけEIRP密度を増加させることができる。

イ 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]
$\epsilon \leq 5^\circ$	2.5
$5^\circ < \epsilon \leq 30^\circ$	3-0.1 ϵ

(2) 送信空中線の最小仰角

送信空中線の最小仰角は、電波法施行規則 32 条に準拠し、 3° 以上とすることが適当である。

(3) 指向精度

WRC-15 決議 156 において指向精度の規定はないが、隣接衛星等の他システムの保護に係る条件である。隣接衛星等の保護においては、軸外輻射電力規定（マスク値）を満足するように、送信機の送信電力を設定し、アンテナを衛星方向に指向させる機能が必要である。一般的にアンテナ径が小さくなれば指向精度は緩くなる傾向があるが、指向精度の実力に応じて回線設計（特に送信電力）を適切に選定することにより、軸外輻射電力規定との余裕度を確保することができる。

今後開発されるアンテナ技術の導入を妨げないこと、また、各衛星事業者が適切な回線設計により軸外輻射電力規定を満足することが可能であることを考慮すると、指向精度を必ずしも定める必要はない。

なお、指向精度の実力は無線設備の測定時、または機器性能資料等により確認することができ、それに基づき各衛星事業者は回線設計を行うことができる。

(4) 偏波

偏波は WRC-15 決議 156 に特段の定めはなく、将来の柔軟なシステム設計・運用が行われるべきであるため、限定しないことが適当である。

(5) 交差偏波識別度

交差偏波識別度は WRC-15 決議の規定でないことから、電波法および関連諸規則による規定を行わないことが適当である。

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に衛星通信事業者が個別に指定することが適当である。

3 測定法

移動局の無線設備の測定法については、国内で定められた測定法に準拠して以下のとおりとすることが望ましい。

3.1 送信装置

3.1.1 周波数の偏差

受検機器を無変調の状態で作動させ、指定された周波数に対する偏差の最大値を求める。受検機器が無変調動作できない場合や、測定器等により測定可能であれば変調状態で測定してもよい。

3.1.2 占有周波数帯幅

受検機器を変調の状態で作動させ、スペクトラムアナライザを用いて測定する。

測定点はアンテナ端子又は測定用モニター端子とする。

使用するパターン発生器は規定伝送速度に対応した標準符号化試験信号を発生する信号源とする。

誤り訂正を使用している場合は、そのための信号を付加した状態で測定する。(内蔵パターン発生器がある場合はこれを使用してもよい)。

標準符号化試験信号はランダム性が確保できる信号とする。

3.1.3 スプリアス領域及び帯域外領域における不要発射の強度

変調状態で動作させ、搬送波の平均電力に対する各不要発射波成分の平均電力又は相対値をスペクトラムアナライザで測定する。ただし、拡散変調において変調波による測定が困難な場合は無変調の状態での測定し、変調による拡散係数を計算により求めて換算する。

拡散係数とは、搬送波の無変調状態における当該不要波の平均電力に対する搬送波変調時の当該不要波の 4 kHz 当たりの電力密度に対する比とする。

3.1.4 空中線電力の偏差

変調の状態での連続送信させ、送信設備の電力出力を電力計又はスペクトラムアナライザを用いて測定し、規定された空中線電力との比を求める。

ただし、アクティブフェーズドアレイアンテナのように、空中線電力を直接測定することが困難な場合は、あらかじめ測定された較正值により確認しても良い。試験用ホーンアンテナを用いて送信輻射電力を測定し、既知であるホーンアンテナ利得、スパンロス及び空中線利得から空中線電力を求める方法もある。

3.1.5 軸外輻射電力

4.1.4の項目にて測定した送信設備の電力に、送信損失及び空中線の指向特性の利得を加えて求める。

3.2 受信装置

3.2.1 副次的に発する電波等の限度

副次的に発する電波等の限度は、受検機器を連続受信状態にし、副次的に発する電波等の限度を、スペクトラムアナライザを用いて求める。

参 考 资 料

参考資料

目次

参考資料 1： 海外における ESIM の制度化動向

1. ITU-R の動向.....	3
1.1 WRC-15 における ESOMPs 関連議題と審議結果	3
1.1.1 概要	3
1.1.2 審議結果	3
1.2 WRC-19 議題 1.5 に関する審議状況.....	4
2. 海外における ESIMs の制度化動向	6
2.1 調査概要	6
2.2 欧米における制度化状況	7
2.3 アジアにおける制度化状況.....	12

参考資料 2： Ka 帯を用いた移動衛星通信システムの動向

1. 調査の概要.....	15
2. Inmarsat plc.....	15
3. Telenor Satellite	18
4. ViaSat Inc.....	21
5. Eutelsat	24
6. SES S.A.....	27
7. O3b Networks.....	30

参考資料 3： Ka 帯の周波数共用条件の検討

1. ESIM 帯域と他の無線システム.....	34
2. ケース 1 ESIM 宇宙局 → 電波天文（22, 23GHz 帯）隣接周波数	35
3. ケース 2 ESIM 地球局 → 電波天文（31GHz 帯）隣接周波数	38
4. ケース 3 無線アクセスシステム → ESIM 地球局 隣接周波数.....	48

参考資料 1 海外における ESIM の制度化動向

1. ITU-R の動向

1.1 WRC-15 における ESOMPs 関連議題と審議結果

1.1.1 概要

ITU-R SG4 WP4A では、Ka 帯を用いた移動体向け衛星通信システムに関する検討として、固定衛星業務で静止衛星と通信する移動プラットフォーム上地球局（ESOMPs：Earth Stations On Mobile Platforms）の周波数分配に関する研究が進められ、2 つの ITU-R 報告（S.2223、S.2357）が作成されている。

ESOMPs 関連は、元々 WRC-15 議題には存在しないものの、種々議論があり、議題 9.2（RR 適用上の矛盾及び困難）¹として扱われた。

2015 年 11 月に開催された WRC-15 では、Ka 帯を用いた移動体向け衛星通信システムが運用可能な周波数の検討が行われ、他システム保護のための運用条件が規定された決議 156 が採択された。

1.1.2 審議結果

(1) 名称について

固定衛星業務（FSS: Fixed Satellite Service）として移動体に設置する地球局であることから、ESOMPs（Earth Stations on Mobile Platforms）から、ESIM（Earth Stations in Motion、移動する地球局）に名称が変更された。

変更の背景としては、「移動地球局」が使用するのは移動衛星業務（MSS: Mobile Satellite Service）、「地球局」が使用するのは固定衛星業務（FSS）となるためである。Ka 帯では、移動衛星業務（MSS）より固定衛星業務（FSS）に多くの周波数が一次分配されているため、地球局とする方が利用周波数上有利である。

(2) 周波数について

既存の地上系業務に有害な干渉を与えないこと、地上系業務からの保護を求めず、かつその発展に制約を与えないことを条件に、第 1～第 3 地域共通で上り 29.5-30.0GHz /下り 19.7-20.2GHz における ESIM の運用を可能とすることで合意された。ただし、ESIM のための新規分配ではなく、29.5-30.0GHz、19.7-20.2GHz における固定衛星業務に関する新しい脚注 5.527A として規定した。既存および新たな脚注を以下に示す。

¹ 議題 9.2 とは、RR の適用の際に生じた困難又は矛盾に関する無線通信局長の報告を検討し、承認することである。具体的には、失効している規定や、相互に矛盾する規定について無線通信局長が報告にまとめ、WRC で検討、承認するものである。

- 既存の脚注

5.526 In the bands 19.7-20.2 GHz and 29.5-30 GHz in Region 2, and in the bands 20.1-20.2 GHz and 29.9-30 GHz in Regions 1 and 3, networks which are both in the fixedsatellite service and in the mobile-satellite service may include links between earthstations at specified or unspecified points or while in motion, through one or more satellites for point-to-point and point-to-multipoint communications

⇒第1、第3地域では29.9-30.0/20.1-20.2GHzの上り/下りの各100MHzのみに適用

- 新たな脚注

5.527A The operation of earth stations in motion communicating with the FSS is subject to Resolution 156 (WRC-15).

(3) 決議 156 の内容

決議 156 では、ESIM の運用条件等が規定され、具体的な数値規定として、既存 ITU-R 報告 S.2357 からの引用により軸外輻射電力が定められた。主管庁合意がある場合はその値を、無い場合は Annex1 (図 1-1) を順守することとなる。

ITU-R 勧告 S.524 は、固定衛星業務における軸外輻射を規定しており、国内 Ka 帯 VSAT 規定における参照元である。同一規定もあるが、異なる部分もある。

主輻射の方向からの離角[φ]	決議156 (WRC-15)	参考:ITU-R勧告S.524-9
$2 \leq \phi \leq 7$	19-25log ₁₀ θ以下	19-25log ₁₀ θ以下
$7^\circ < \phi \leq 9.2^\circ$	-2 以下	-2 以下
$9.2^\circ < \phi \leq 48^\circ$	22-25log ₁₀ θ以下	22-25log ₁₀ θ以下
$48^\circ < \phi$	-10 以下	-10 以下
	<p>・出力調整機能がある場合は、降雨減衰を補完するだけの出力増加を行ってもよい。出力調整機能が無い場合は、GSO FSS衛星ネットワークとの相互調整を経て合意した数値を使用してよく、その数値は上記と異なっていてよい。</p> <p>・θが2°以下の場合はEIRPは他のGSO FSSと調整・合意の上で決定された値とする。</p> <p>・CDMA方式を利用するなど、同じ40kHz帯域内で同時かつ連続的に複数地球局の輻射が行われる場合、10log₁₀N dB (Nは地球局数)を差し引くこと。もし影響を与える他の事業者との間で合意が取れるのであれば、他の方法を用いてもよい。</p> <p>・他のGSO衛星ネットワークとの調整において、マルチスポットによる波数再利用技術を用いたFSSへのESIMからの潜在的な干渉を保證することを調整の際に考慮しなければならない。</p>	
	<p>・静止軌道方向±3度以内のいずれの方向においても上記の値を超えてはならない。</p> <p>・静止軌道方向±3度以上の場合は、3dBを超えてはならない。</p> <p>・27.5-30GHz帯で運用される地球局は、軸外輻射電力のピーク値の90%が上記で規定された軸外輻射電力を越えない設計となること。ピーク値の計算はITU-R Rec. S.732に従うこと。</p> <p>・CDMA方式を利用するなど、同じ40kHz帯域内で同時かつ連続的に複数地球局の輻射が行われる場合、10log₁₀N dB (Nは地球局数)を差し引くこと。</p>	

図 1-1 決議 156 Annex1 (一部抜粋)

(4) WRC-19 議題 1.5 の決定

WRC-19 議題 1.5 として、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を実施することが決定された。

1.2 WRC-19 議題 1.5 に関する審議状況

2016年4月及び9-10月に開催されたITU-R WP4A 会合では、WRC-19 議題 1.5 に関する審議が行われた。

WRC-15 で運用可能となった帯域は、元々衛星業務 (FSS, MSS) 用途のみであるが、本

議題の対象帯域は、国際分配上として、地上業務（固定業務、移動業務）が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。

また、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。

WRC-19 議題 1.5 及び ESIM 関連トピックの主な議論を以下に示す。

(1) 第 1 回会合（2016 年 4 月）における主な議論

WRC-19 議題 1.5 のワークプラン案が作成され、他業務との共用検討に関する作業文書の骨子を作成し、一部セクションについて作成を開始した。他業務との共用検討に必要な技術情報提供の依頼を目的とした4件のリエゾン文書を各 WP に送付することが合意された。また、2016 年 4 月会合から持ち越された ITU-R 報告 S.2223 (17.3-30.0GHz 帯における GSO FSS ESOMPs に対する技術・運用要求) の改定草案の審議・修正を行い、改訂報告案として議長報告に添付された。

(2) 第 2 回会合（2016 年 9,10 月）における主な議論

27.5-29.5GHz 帯における航空機 ESIM が、地上業務に与える干渉量の一検討や、27.5-29.5GHz 帯における陸上 ESIM が、地上業務に与える干渉推定手法の一検討が行われた。

また、ITU Space Radiocommunications Stations (SRS) データベースに登録されている FSS 地球局の仕様（アンテナ諸元等）と想定される ESIM 仕様の比較分析の検討を行った。更に、当該議題の作業文書（FSS 分配の 17.7-19.7GHz 及び 27.5-29.5GHz において静止軌道上の宇宙局と通信する ESIM の運用）の取りまとめを行った。

なお、第 1 回会合から持ち越された ITU-R 報告 S.2223 改定案については、エディトリアルな修正が行われた上で合意され、SG4 に上程することとなった。

2. 海外における ESIMs の制度化動向

2.1 調査概要

本調査では、欧米およびアジアにおける ESIMs の制度化状況を調査した。

欧米における制度化状況については、欧州各国の ECC Decision の反映状況を調査するとともに、米国・英国・ルクセンブルク・ノルウェーにおける ESIMs/ESOMPs 関連規則の制度化状況について、各国政府の公式文書を元に国内制度化状況の調査を行った。

アジアにおける制度化状況については、APT Wireless Group (AWG) の Task Group Modern Satellite Applications (TG-MSA) において実施された、アジア太平洋地域における Ka 帯 (17.7-20.2 GHz 及び 27.5-30 GHz) の利用状況、規制状況に関する調査を元にアジア各国の制度化状況の調査を行った。

参考として、国際機関における ESIMs/ESOMPs²関連基準を以下に示す。

- ITU 【勧告に関しては遵守義務なし】
 - ✓ ITU-R S.524-9 : 「Maximum permissible levels of off-axis e.i.r.p. density from earth stations in geostationary-satellite orbit networks operating in the fixed-satellite service transmitting in the 6 GHz, 13 GHz, 14 GHz and 30 GHz frequency bands」
 - ✓ WRC-15 Resolution 156 : 「Use of the frequency bands 19.7-20.2 GHz and 29.5-30.0 GHz by earth stations in motion communicating with geostationary space stations in the fixed-satellite service」
- CEPT 【遵守義務なし】
 - ✓ ECC Decision (13)01 : 「The harmonised use, free circulation and exemption from individual licensing of ESOMPs within the frequency bands 17.3-20.2 GHz and 27.5-30.0 GHz」
⇒ 静止軌道衛星を用いた ESOMPs 向けの標準
 - ✓ ECC Decision (15)04 : 「The harmonised use, free circulation and exemption from individual licensing of Land and Maritime ESOMPs operating with NGSO FSS satellite systems in the frequency ranges 17.3-20.2 GHz, 27.5-29.1 GHz and 29.5-30.0 GHz」
⇒ 非静止軌道衛星を用いた ESOMPs 向けの標準
- ETSI 【各国の国家規格として採用することが義務付けられる】
 - ✓ EN 303 978 : 「Satellite Earth Stations and Systems (SES); Harmonized EN for ESOMPs transmitting towards satellites in geostationary orbit in the 27,5 GHz to 30,0 GHz frequency bands covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive」
⇒ 静止軌道衛星を用いた ESOMPs 向けの標準
 - ✓ EN 303 979 : 「Satellite Earth Stations and Systems (SES); Harmonised EN for ESOMPs transmitting towards satellites in non-geostationary orbit in the 27,5 GHz to 29,1 GHz and 29,5 GHz to 30,0 GHz frequency bands covering the essential requirements of article 3.2 of the R&TTE Directive」
⇒ 非静止軌道衛星を用いた ESOMPs 向けの標準

² WRC-15 以前に策定された制度関連では ESOMPs という語が残っている。

また、欧州における制度化の流れの概観を図 2-1 に示す。欧州においては、ECC Decision や EN 指令が ESOMPs を定めている。

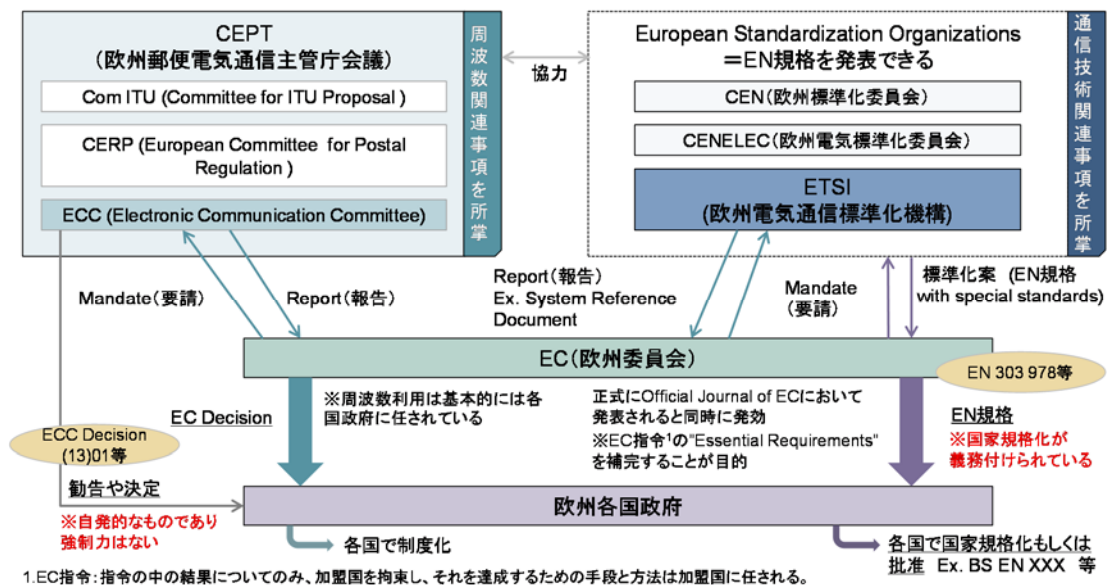


図 2-1 欧州における制度化の概観

2.2 欧米における制度化状況

(1) 欧米における ESIM 制度化状況概要

欧米各国における静止衛星を使用する ESIM の制度化状況の概要を表 2-1 に示す。また、非静止衛星を使用する ESIM の制度化状況の概要を表 2-2 に示す。

なお、欧州各国については、静止衛星を使用する ESIM については ECC/DEC/(13)01 の制度化状況を、非静止衛星を使用する ESIM については ECC/DEC/(15)04 の制度化状況を示す。

表 2-1 静止衛星を使用する ESIM の制度化状況

制度化済み (Yes)	21 各国 (ベルギー、イタリア、ルクセンブルグ、英国、ノルウェー等)
一部制度化済み (Yes Partly)	5 各国 (フィンランド、ヨルダン、ドイツ、リトアニア、スウェーデン)
取組中 (Committed)	1 各国 (ハンガリー)
制度化予定あり (Planned)	4 各国 (オーストリア、ベラルーシ、ポルトガル、ロシア)
制度化検討中 (Under Study)	4 各国 (チェコ、フランス、スペイン、トルコ)
国内制度化の予定なし (No)	3 各国 (デンマーク、ラトビア、米国)
不明 (No Info)	11 各国

表 2-2 非静止衛星を使用する ESIM の国内制度化状況

制度化済み (Yes)	5 か国 (クロアチア、ルクセンブルク、ノルウェー等)
一部制度化済み (Yes Partly)	1 か国 (スウェーデン)
取組中 (Committed)	1 か国 (デンマーク)
制度化予定あり (Planned)	2 か国 (ドイツ、ギリシャ)
制度化検討中 (Under Study)	3 か国 (ベラルーシ、チェコ、イタリア)
国内制度化の予定なし (No)	5 か国 (ブルガリア、ラトビア、マルタ、ポルトガル、米国)
不明 (No Info)	32 か国

(2) 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表 2-3 に示す。

表 2-3 欧米主要国における ESIM の制度化状況

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	27.5-27.8185GHz 28.4545-28.8265GHz 29.4625-30.0GHz	<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	17.3-20.2GHz 27.5-27.8285GHz 28.4445-28.9485GHz 29.4525-30.0GHz	<ul style="list-style-type: none"> 送信電力 : e.i.r.p.55-60dBW もしくは ECC DEC 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	27.5-27.8285GHz 28.4445-28.8365GHz 29.4525-29.5000GHz 29.5-30.0GHz	<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	18.3-18.8GHz 19.7-20.2GHz 28.35-28.6GHz 29.25-30.0GHz	<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

欧米主要国における制度化状況の詳細について、以下に示す。

① 英国における ESIM 制度化状況

2014 年 2 月に IR 2093 - UK Interface Requirement 2093: Earth Stations on Mobile Platforms (ESOMPs)が発表され、ESOMPs への周波数割当てに係る上位規則が規定された。同文書の Sec.1(Reference)では、ECC Decision(13)01 および EN 303 978 が言及

されている。また、同文書が規定する割当て周波数帯や送信電力は、いずれも ECC Decision(13)01 の規定範囲内である。

IR2093 に規定されている義務要件を表 2-4 に示す³。

表 2-4 英国における ESIM の要件

要件事項	規定
周波数帯	27.5-27.8185GHz, 28.4545-28.8265GHz, 29.4625-30GHz (operation in UK territory) 27.5 – 30GHz (operation outwith UK territory)
業務	固定衛星業務
対象	Earth Stations on Mobile Platforms (ESOMPs)
チャンネル/変調	N/A
送信電力/電力密度	e.i.r.p. ≤ 55 dBW ※Note1 にて ETSI EN 303 978 V1.1.2 の Section 4.2.3 の e.i.r.p. 基準の適用も可能としている
Channel access and occupation rules	N/A
免許体制	免許不要：陸上の ESOMPs / 免許必要：航空機上・船舶上の ESOMPs [*]
その他重要要件	N/A
今後の周波数計画の前提	受信用の 17.3-20.2GHz 帯の利用は保護されない
レファレンス	ETSI EN 303 978 V1.1.2

※ECC Decision(13)01 の規定を考慮した規定である。 (“In the case of land based ESOMPs operating in the bands available for uncoordinated FSS earth stations, there is no change to the current interference environment since ESOMPs may operate in any location, just like uncoordinated FSS earth stations.”)

② ルクセンブルクにおける ESIM 制度化状況

2016 年 1 月に Luxembourg Radio Interface specifications according to Directive 1999/5/EC の最新版が発表されており、同文書にて GSO ESOMPs に関する免許規則が規定されている。同文書において、17.3-20.2GHz、27.5-27.8285GHz、28.4445-28.9485GHz および 29.4525-30GHz を ESOMPs に割当てているが、いずれも ECC Decision(13)01 の規定範囲内である。

同文書に規定されている要件を表 2-5 に示す。

³ Article 3.2 of Directive 1999/5/EC の “essential requirements” と合わせて ESOMPs の最低運用基準とされる。

表 2-5 ルクセンブルクにおける ESIM の要件（静止衛星）

要件事項	規定			
周波数帯	17.3 -20.2GHz	27.500-27.8285GHz	28.4445-28.9485GHz	29.4525-30.0GHz
業務	固定衛星業務(↓)	固定衛星業務(↑)	固定衛星業務(↑)	固定衛星業務(↑)
対象	民事用－静止衛星 ESOMPs			
チャンネル/変調	(オペレーターに委任)			
送信電力/ 電力密度	55-60 dBW (ECC DEC (13)01 に準拠するよう規定)			
Channel access and occupation rules	(オペレーターに委任)			
免許体制	individual licensing は免除される※			
その他 重要要件	NA			
今後の周波数 計画の前提	追加的な規定は ECC DEC (13)01 の技術・運用基準に準拠すること			
レファレンス	EN 303 978、ECC DEC (13)01			

※EU 加盟国においては、免許体制の種類が License-exempt/Light-licensing/individual license に分類されており、ルクセンブルクは上記のうち、Light-licensing（別名 general authorization）制度を基本的に採用している。この Light-licensing 制度の下では、登録もしくは通知が必須とされており、アプリケーションを明示が義務付けられている代わりに、ユーザー数の通告は義務付けられていない。ESOMPs も Light Licensing の下で運用されている。なお、EU 加盟国における Individual licensing とは、無線局の利用前に、個別に使用許可を受けること（obligation for the user to be granted individual rights of use before transmitting）を義務付ける制度である。

また、同文書にて NGSO ESOMPs に関する免許規則も規定されている。同文書において、17.3-20.2GHz, 27.5-27.8285GHz, 28.4445-28.8365GHz および 29.5-30.0GHz を ESOMPs に割当てているが、いずれも ECC Decision(15)04 の規定範囲内である。

同文書に規定されている要件を表 2-6 に示す。

表 2-6 ルクセンブルクにおける ESIM の要件（非静止衛星）

要件事項	規定			
周波数帯	17.3 -20.2GHz	27.500-27.8285GHz	28.4445-28.8365GHz	29.5-30.0GHz
業務	固定衛星業務(↓)	固定衛星業務 (↑)	固定衛星業務(↑)	固定衛星業務 (↑)
対象	民事用－非静止衛星 ESOMPs			
チャンネル/変調	(オペレーターに委任)			
送信電力/電力密度	(ECC DEC (15)04 に準拠するよう規定)			
Channel access and occupation rules	(オペレーターに委任)			
免許体制	individual licensing は免除される			
その他重要要件	NA			
今後の周波数計 画の前提	ECC DEC (15)04 の技術・運用基準 に準拠すること	ECC DEC (15)04 の技術・運用基準 に準拠すること	ECC DEC (15)45 の技術・運用基準 に準拠すること	ECC DEC (15)04 の技 術・運用基準に準拠 すること
レファレンス	EN 303 979、ECC DEC (15)04			

③ ノルウェーにおける ESIM 制度化状況

2014 年に改訂された、Regulations No. 628 of 19 January 2012 concerning general authorizations for the use of radio frequencies (General authorization's regulations) (英文題) において Ka 帯移動衛星通信システムに係る規定がある。同文書において、EN 303 978 を根拠に 27.5-27.8285GHz、28.4445-28.8365GHz、29.4525-29.5GHz および 29.5-30.0GHz が FSS に割当てられ、放射方向が静止衛星軌道の南北方向±3° 以内⁴ の場合、移動衛星通信システムへの割当てが適用可能であるとしている。規定の詳細を表 2-7 に示す。また、前述の文章には ECC Decision (13)01 は言及されていないが、Høringsnotat: Proposed regulations amending fribruksforskriften (原文題) において General authorization's regulations の変更を提案する際に、ECC Decision (13)01 を参照している。

表 2-7 ノルウェーにおける ESIM の要件

要件事項	規定
周波数帯	27.5-27.8285GHz、28.4445-28.8365GHz、29.4525-29.5000GHz、29.5-30.0GHz
業務	固定衛星業務
対象	N/A
チャンネル/変調	N/A
送信電力/電力密度	最大 e.i.r.p. :60 dBW 最大放射電力：主輻射の方向からの離角が 7°以上で、35 dBW/MHz (29.5-30.0GHz 帯を除く)
Channel access and occupation rules	N/A
免許体制	N/A
その他重要要件	固定業務への割当て周波数帯と衛星業務への割当て周波数帯は 10MHz 以上離れていなければならない。
今後の周波数計画の前提	N/A
レファレンス	EN 303 978

④ 米国における EISM 制度化状況

米国においては、FCC が無線局の管轄を行っている。FCC 規則における衛星通信に関する規則の項目は図 2-2 の通りであり、免許規則および技術基準は、Subpart B および Subpart C に定められている。

⁴ 原文：“direction of the beam is less than three degrees above the horizontal plane of the earth station”

Part 25-SATELLITE COMMUNICATIONS

- Subpart A-General : § 25.101~
- Subpart B—Applications and Licenses: §25.110~
 - Earth Station: §25.130 -§25.139
- Subpart C—Technical Standards: § 25.201~※
- Subpart D—Technical Operations : § 25.271~
- Subpart E [Reserved]
- Subpart F—Competitive Bidding Procedures for DARS : § 25.401
- Subparts G-H [Reserved]
- Subpart I—Equal Employment Opportunities : § 25.601
- Subpart J—Public Interest Obligations : § 25.701

図 2-2 FCC 規則の衛星通信に関する規則の項目

※ § 25.130 Filing requirements for transmitting earth stations の(a)にて、ESV (船上地球局)、VMES (移動体搭載地球局)、ESAA (航空機地球局)の申請については、それぞれ § 25.221、§ 25.222、§ 25.226、§ 25.227 に規定された追加的な申請義務に遵守するよう定められているが、Ka 帯の移動衛星通信システムに関する規定はない。

米国 FCC では、Ku 帯における固定衛星業務で静止軌道衛星を使用する移動衛星通信システムについて、以下の免許規則 (Blanket licensing provision) を規定しているが、静止軌道衛星の固定衛星業務に割当てられている周波数においては、下記のいずれの地球局も一次業務として利用ができると定められている。一方、Ka 帯の移動通信システムについては、これらと同等の基準は未だ定められていない。

- 47 CFR 25.227 : Blanket licensing provisions for Earth Stations Aboard Aircraft (ESAAs)
- 47 CFR 25.222 : Blanket Licensing provisions for Earth Stations on Vessels (ESVs)
- 47 CFR 25.226 : Blanket Licensing provisions for domestic, U.S. Vehicle-Mounted Earth Stations (VMESs)

一方、ITU-R の脚注 5.526 及び、これに対応する米国の周波数分配計画の脚注 5.529 にて、(米国を含む) Region 2 においては、FSS 帯である 19.7-20.2GHz および 29.5-30GHz を、移動する地球局に対しても割当てて良いとする規定がある。そのため、Ka 帯を利用する ESIM の免許は、Ka 帯の FSS の免許要件である 47 CFR 25.138 —Licensing requirements for GSO FSS earth stations in the conventional Ka-band を根拠としている。47 CFR 25.138 の軸外輻射規定は、WRC-15 Resolution 156 の軸外輻射規定と合致していない点に留意が必要である。

2.3 アジアにおける制度化状況

(1) アジアにおける ESIM 制度化状況概要

アジアにおける制度化状況は、APT Wireless Group (AWG) の Task Group Modern Satellite

Applications (TG-MSA)において実施された、アジア太平洋地域における Ka 帯 (17.7-20.2GHz 及び 27.5-30GHz) の利用状況、規制状況に関する調査 (以下、「AWG における Ka 帯利用調査」) を元に整理した。上記調査に回答したアジア 10 か国の各国の国内制度化状況の概要を表 2-8 に示す。

表 2-8 アジア 10 か国の各国の国内制度化状況の概要

制度化済み	1 か国 (ベトナム)
計画中/検討中	5 か国 (シンガポール、中国、ニュージーランド、豪州、日本)
制度化の予定なし	4 か国 (韓国、タイ、マレーシア、イラン)

(2) AWG における Ka 帯利用調査の結果

APT Wireless Group (AWG) の Task Group Modern Satellite Applications (TG-MSA) において、アジア太平洋地域における Ka 帯 (17.7-20.2 GHz および 27.5-30 GHz) の利用状況、規制状況に関する調査が実施された。

本調査は、AWG-19 (2016 年 2 月) において質問票が承認され、その後関係国において質問票にもとづき調査が実施された。また AWG-20 (2016 年 9 月) においては、各国からの回答を収集・編集が行われ、報告書草案が取りまとめられた。今後、AWG-21 において、報告書草案の完成・承認が予定されている。

なお、AWG-20 における質問表の回答国は、日本、中国、韓国、ベトナム、タイ、マレーシア、シンガポール、イラン、オーストラリアおよびニュージーランドである。

AWG における Ka 帯利用調査の結果概要を表 2-9 に示す。

表 2-9 AWG における Ka 帯利用調査の結果概要

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"> 17.7-20.2GHz、27.5-30GHz の全帯域は、GSO 衛星システムが使用 17.7-20.2GHz、27.5-30GHz 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 19.7-20.1GHz、29.5-29.9 GHz は、LEO MSS 衛星システムが計画 	<ul style="list-style-type: none"> 17.7-19.7GHz 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"> 19.7-20.2GHz、29.5-30 GHz は、ESIM の使用を計画 (船舶、航空機、車両を含む) 17.7-19.7GHz、27.5-29.5GHz 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"> 19.7-20.2GHz、29.5-30GHz は、FSS (ブロードバンド通信、公共業務) が使用 	<ul style="list-style-type: none"> 17.7-19.7GHz、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 18.8-19.3GHz 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"> 17.7-20.2GHz、27.5-30GHz 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

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"> • 17.7-19.7GHz 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、27.5-29.5 GHz 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
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"> • 17.7-20.2GHz、27.5-30GHz 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 • 18.29125-18.68895GHz、19.30125-19.69875GHz 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^{※4} 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"> • 17.7-20.2GHz、27.5-30GHz 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、27.5-29.5GHz の ESIM への割当の計画は無し

※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 29.250-29.750GH

※2 Studying on Small Multi-Mission Satellite

※3 Local Multipoint Communications Service

※4 Australian Communications and Media Authority

参考資料 2 Ka 帯を用いた移動衛星通信システムの動向

1. 調査の概要

国外における Ka 帯衛星システムの動向を調査した。具体的には、Ka 帯衛星を所有し、移動体向け衛星通信サービスを展開、もしくは展開予定の衛星通信事業者を対象に、概要(企業概要、所有衛星、主要サービス等)、移動体向け通信サービス及び主要衛星の諸元等について整理した。本調査は、Web サイト、文献情報収集により実施した。

調査対象とした海外衛星事業者は以下の 6 社である。

- Inmarsat 社
- Telenor 社
- ViaSat 社
- Eutelsat 社
- SES 社
- O3b 社

2. Inmarsat plc

(1) 概要

Inmarsat 社は、1979 年に設立された国際機関である国際海事衛星機構 (INMARSAT) の事業部分を引き継いだ企業であり、本社をロンドン置いている。

現在 11 の衛星を所有している。主要サービスとしては、第 4 世代である I-4 衛星 (L 帯) を利用した移動体向け高速通信サービスが挙げられ、船舶向けの FleetBroadband サービス、航空機向けの SwiftBroadband サービスとして展開している。提供する通信速度は最大 432kbps 程度である。

Ka 帯衛星システムとしては、2013 年から 2015 年にかけて打上げられた、Inmarsat-5 (I-5) 衛星が挙げられる。3 機のコンステレーションにより、全世界で使用可能なネットワークを構築しており、2016 年以降、Global Xpress サービスとして移動体向けに最大 50Mbps の高速通信サービスを提供する。さらに、2020 年以降、L 帯と Ka 帯の双方のペイロードを有する Inmarsat-6 衛星 2 機の打ち上げを計画している。

Inmarsat 社の Ka 帯衛星システムの一覧を表 2-1 に示す。

表 2-1 Inmarsat 社における Ka 帯衛星システムの一覧

Ka 帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
I-5 F1	12Gbps	89	2013 年 12 月
I-5 F2	12Gbps	89	2015 年 2 月
I-5 F3	12Gbps	89	2015 年 8 月

(2) 移動体向けサービス

Ka 帯を用いた移動体向け的高速通信サービスとして、2016 年より Global Xpress の提供を開始する予定である。航空機向けには GX Aviation、船舶向けには Fleet Xpress としてサービス展開を予定しており、I-5 衛星の Ka 帯リンクと I-4 衛星の L 帯リンクとを組み合わせることで高い稼働率を確保する。航空機向け GX Aviation 及び船舶向け Fleet Xpress の概要を表 2-2 に示す。

表 2-2 航空機向け GX Aviation 及び船舶向け Fleet Xpress の概要

サービス名	航空機向け：GX Aviation / 船舶向け Fleet Xpress
概要	船舶および航空機向けに、99.9%の稼働率を確保する高速衛星通信サービスを提供。
通信速度	(上り) 最大 5Mbps、(下り) 最大 50Mbps
利用衛星	I-5 F1/F2/F3 の 3 機および予備機 1 機
地球局	(船舶向け) パラボラアンテナ (60cm クラス、100cm クラス) (航空機向け) 平面アンテナ (94×23cm (swept volume)) 等
サービス地域	極域を除く全球

(3) 移動体向けサービスに利用する衛星諸元

I-5 衛星のイメージを図 2-1、主要諸元を表 2-3、想定される主要通信諸元 (空中線利得、電波型式、最大電力) を表 2-4 に示す。また、衛星カバレッジを図 2-2 に示す。



図 2-1 I-5 衛星のイメージ

出所) Inmarsat Web サイト

表 2-3 I-5 衛星の主要諸元

衛星名称	Inmarsat-5	
運用事業者	Inmarsat	
打上げ	F1: 2013.12.8, F2: 2015.2.1, F3: 2015.8.28	
打上げロケット	Proton M	
軌道位置	F1: GEO,63E, F2: GEO,55W, F3: GEO,180W	
カバレッジ	極域除く全球	
製造メーカー	Boeing	
バス	Boeing 702HP	
設計寿命	15年	
供給電力	15kW(BOL), 13.8kW(EOL)	
重量	6100kg (launch mass)	
中継器容量	<Global> 40MHz×72, >6Gbps	<High Capacity> 125MHz×8, ~6Gbps
ビーム	<Global> 89 (Fixed spot beams) ※72 simultaneously active	<High Capacity> 6 (Steerable beams)
使用周波数	<Global> Uplink 29.5-30.0GHz (User) 28.0-29.5GHz (Gateway) Downlink 19.7-20.2GHz (User) 18.2-19.7GHz (Gateway)	<High Capacity> Uplink 29.0-29.5GHz (User) 27.5-28.0GHz (Gateway) Downlink 19.2-19.7GHz (User) 17.7-18.2GHz (Gateway)
ビーコン周波数	19.707GHz	
EIRP	Fixed beam: 51.3dBW (edge of beam)	Steerable beam: 54dBW (edge of beam)
G/T	9dB/K	11dB/K
偏波	RHCP, LHCP	

出所) Inmarsat 資料より作成

表 2-4 主要通信諸元

ESIM 地球局種別	アンテナ利得 [dBi]	電波型式	最大電力 [dBW]
陸上移動 (標準型 1)	45.5	16M0G7W	10.0
		8M0G7W	9.0
		4M0G7W	8.0
船舶 (標準型 1)	43.6	8M0G7W	10.0
		4M0G7W	9.0
		2M0G7W	8.0
航空機 (標準型 1)	37.2	4M0G7W	8.0
		2M0G7W	7.0
		1M0G7W	3.0

出所) 衛星ファイリング資料より作成

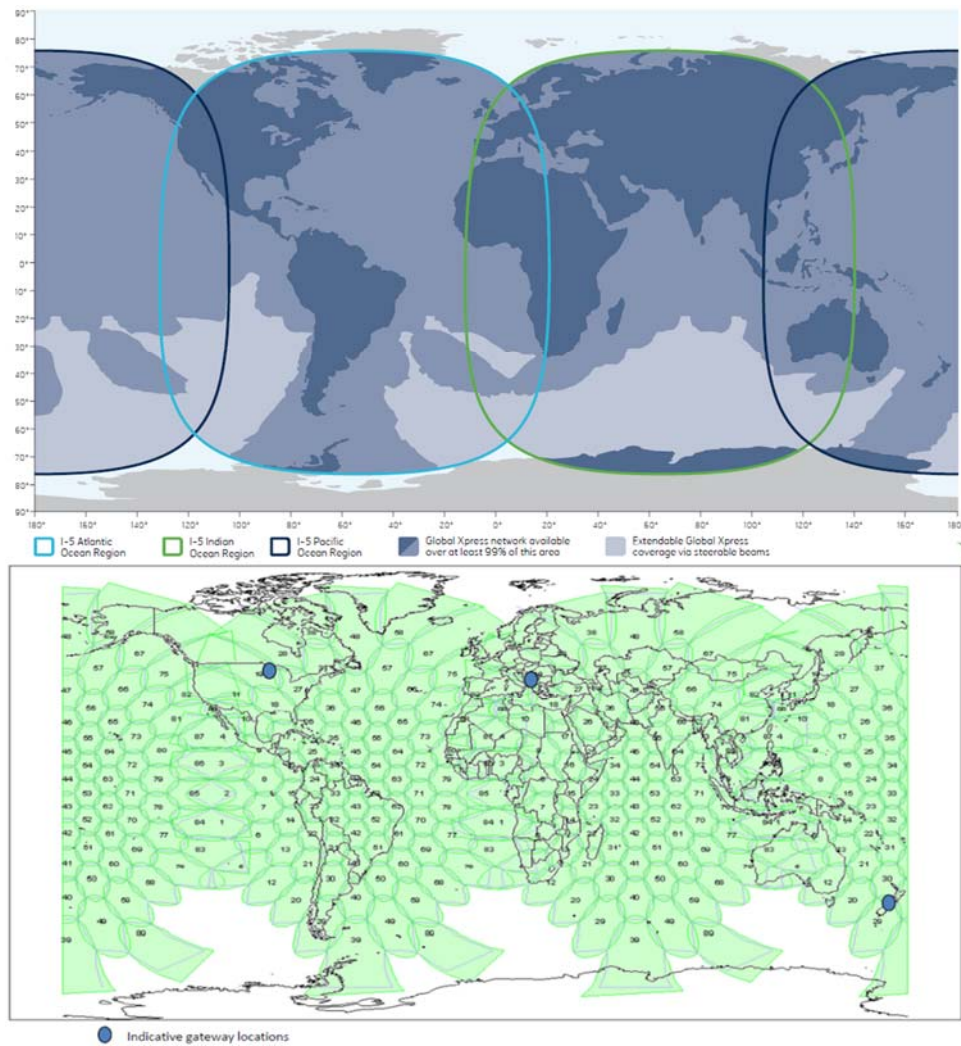


図 2-2 I-5 衛星のカバーエリア

出所) Inmarsat Web サイト

3. Telenor Satellite

(1) 概要

Telenor Satellite社は、ノルウェーに本社を置く Telenor グループの100%子会社であり、1988年に創業された。

現在4機の衛星を運用すると共に、Thor10-02衛星のトランスポンダの一部を所有している。そのうち、Ka帯衛星はThor-7である。Thor-7の概要を表3-1に示す。

表 3-1 Thor-7の概要

Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
Thor-7	6~9Gbps	30	2015年4月

(2) 移動体向けサービス

海運業界および石油・ガス業界、放送業界等を中心として企業向け通信サービスを主要サービスとしている。2015年に打上げられた Thor-7 の Ka 帯ビームは、主に船舶向けの VSAT 衛星通信サービスである Maritime/VSAT サービスに適用する。同サービスの概要を表 3-2 に示す。

表 3-2 Maritime/VSAT サービスの概要

サービス名	Maritime/VSAT
概要	iDirect 社の iDirect Velocity プラットフォームを用いて、船舶向けに VNO サービスを提供。上り 2~6Mbps、下り数 10Mbps 程度の通信速度、稼働率 99.5%を実現。
通信速度	(上り) 2~6Mbps、(下り) 数 10Mbps 程度 (CIR:32kbps~2048kbps, MIR:128kbps~8192kbps)
利用衛星	Thor-7
地球局	60cm アンテナ、100cm アンテナ (Cobham 社製, Intellian 社製等を使用)

(3) 移動体向けサービスに利用する衛星諸元

Thor-7 衛星のイメージを図 3-1、主要諸元を表 3-3 に示す。また、Thor-7 衛星の Ka 帯スポットビームのカバレッジを図 3-2 に示す。



図 3-1 Thor-7 衛星のイメージ

出所) Telenor Satellite 社 Web サイト

表 3-3 Thor-7 衛星の主要諸元

衛星名称	Thor 7	
運用事業者	Telenor Satellite Broadcasting	
打上げ	2015.4.26	
打上げロケット	Ariane 5 ECA	
軌道位置	GEO, 1W	
カバレッジ	Ka: 欧州、北海、ノルウェー海、紅海、バルト海、ペルシヤ湾、地中海、北極	
製造メーカ	Space Systems/Loral	
バス	SSL-1300	
設計寿命	15 年	
供給電力	9.9 kW(EOL)	
重量	4600kg (launch mass), 1800kg (dry mass)	
中継器容量	Ka: 6~9Gbps (25 transponder)	Ku: 33MHz×11 (21BSS channels)
ビーム	Ka: 欧州ビーム 30 (FWD/RTN Spot Beams) ※25 simultaneously active 北極ビーム 1 (Spot beams) 1 steerable spot beam	Ku: 欧州ビーム
使用周波数	Ka Uplink: 29.5-30.0GHz Downlink: 19.7-20.2GHz	Ku Uplink: 17.3-18.1GHz Downlink: 11.7-12.5GHz
ビーコン周波数	20.198GHz	12494.5 LHCP 12495.5 LHCP
EIRP	Ka: N/A	Ku: Max 52dBW 以上
G/T	Ka: Max 11dB/K 以上	Ku:N/A
偏波	Ka: RHCP, LHCP	Ku: linear H/V

出所) Telenor Satellite 社資料

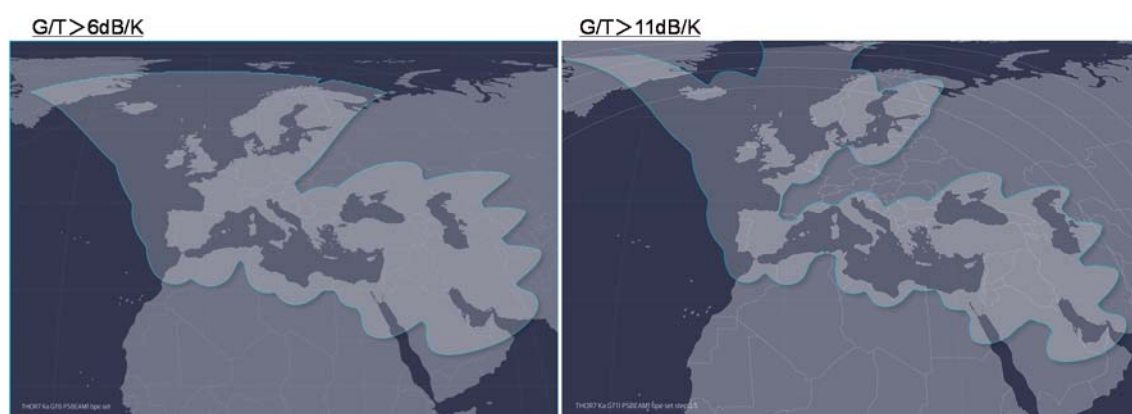


図 3-2 Thor-7 衛星の Ka 帯スポットビームのカバレッジ

出所) Telenor Satellite 社 Web サイト

4. ViaSat Inc.

(1) 概要

Viasat 社は、1986 年に創業され米国に本社を置いている。2009 年に WildBlue 社を買収し、米国向けのサービスネットワークを強化するとともに、各国のパートナーを通じた他地域へのサービス展開を行っている。

2 機の衛星 (WildBlue-1、ViaSat-1) を所有するとともに、Telesat 社が所有する Anik-F2 のトランスポンダの一部を利用している。ViaSat-1 は、140Gbps の設計容量を有し、コンシューマ向け／企業向けブロードバンドサービスに利用される他、航空機向けインターネットサービスにも利用されている。2017 年に予定されている ViaSat-2 の打上げにより、これらのサービスの更なる大容量化が図られると共に、カバレッジが従来の北米から、大西洋を含めた地域まで拡大される予定である。

2015 年 11 月 9 日に 3 機の Ka 帯衛星コンステレーションにより全球をカバーする ViaSat-3 衛星の計画を発表した。各衛星のスループットは 1Tbps としており、航空機におけるコンシューマ向けインターネットアクセス、政府用航空機向け通信サービスの拡充を図るとしている。

Viasat 社の Ka 帯衛星システムの一覧を表 4-1 に示す。

表 4-1 Viasat 社における Ka 帯衛星システムの一覧

衛星名称	中継器容量	ビーム数	打上げ日
Anik-F2 (Telesat) ※トランスポンダの一部を利用	2.0 Gbps	45	2004 年 7 月
WildBlue-1	7.0 Gbps	35	2006 年 12 月
ViaSat-1	140.0 Gbps	72	2011 年 10 月
ViaSat-2	350.0 Gbps	125	2017 年 (予定)

(2) 移動体向けサービス

Ka 帯を用いた移動体向け衛星通信サービスとして、航空機向けのインターネット接続サービス Exede In the Air を提供している。2014 年 7 月、ViaSat 社と Eutelsat 社はインフライトコネクティビティ向上のため、両社の Ka バンド衛星ネットワークを接続することに合意しており、ViaSat-2 打ち上げ後は、欧州－米国間を飛行する航空機に対しフルカバレッジの通信サービスを提供する予定である。

Exede In the Air の概要を表 4-2 に示す。

表 4-2 Exede In the Air の概要

サービス名	Exede In the Air	(参考) Exede Enterprise
概要	航空機内にいくつかの無線アクセスポイントを置くことで、乗客に安定した信号を供給。航空機が移動していても自動的にスポットビーム間のハンドオーバーを行い、安定した通信を実現。	企業向けにネットワーク構築や可搬局提供、インターネット接続等のサービスを提供。
通信速度	(下り) 航空機向け 70~100Mbps (乗客向け 12Mbps) (上り) 航空機から衛星向け 2.5~20Mbps	(下り) 18Mbps (上り) 8Mbps
利用衛星	ViaSat-1、ViaSat-2 (予定)	ViaSat-1
地球局	2540 (94.7cm)、2532 (80.7cm) アンテナ	75cm、1.2m アンテナ
サービス地域	2017年までに、欧米を中心として主要航空ルートの85%をカバー予定。	米国

出所) Viasat 社資料より作成

(3) 移動体向けサービスに利用する衛星諸元

運用中の Viasat-1 及び計画中である Viasat-2 のイメージを図 4-1、主要諸元を表 4-3 に示す。また、Viasat-1 のカバーエリアを図 4-2 に、Viasat-2 のカバーエリアを図 4-3 に示す。



図 4-1 Viasat-1 及び Viasat-2 のイメージ

出所) Viasat 社 Web サイト

表 4-3 Viasat-1 及び Viasat-2 の主要諸元

衛星名称	Viasat-1	Viasat-2
運用事業者	Viasat	Viasat
打上げ	2011.10.19	2017 (予定)
打上げロケット	Proton M	N/A
軌道位置	GEO, 115°W	GEO, 70°W
カバレッジ	米国、カナダ、アラスカ、ハワイ	北米、中米、カリブ海、米-欧間の空海
製造メーカー	Space Systems/Loral	Boeing Satellite Systems
バス	LS-1300	BSS-702HP
設計寿命	15 年	15 年
供給電力	N/A	N/A
重量	6740kg (Launch mass), 3650kg (Dry mass)	N/A
中継器容量	140Gbps (Ka 56 transponder)	350Gbps (CH 帯域幅 : 1000MHz+500MHz)
ビーム	Gateway: 20 (Spot Beams) Use: 72 (Spot Beams)	125
使用周波数	Uplink 28.1-29.1GHz, 29.5-30.0GHz (Gateway) 28.35-29.1GHz, 29.5-30.0GHz (User) Downlink 18.3-19.3GHz, 19.7-20.2GHz	Uplink 28.1-29.1GHz, 29.5-30.0GHz (Gateway) 28.35-29.1GHz, 29.5-30.0GHz (User) Downlink 18.3-19.3GHz, 19.7-20.2GHz
ビーコン周波数	18.797 LHCP, 18.799 LHCP	N/A
EIRP	60.7dBW	peak: 56.6~62.2dBW (Gateway Spot Beams) peak: 62.7~67.0dBW (User Spot Beams)
G/T	24.2dB/K	peak: 17.1~21.9dB/K (A-Type Spot Beams) peak: 18.2~22.7dB/K (B-Type Spot Beams)
偏波	RHCP, LHCP	RHCP, LHCP

出所) Viasat 社資料より作成

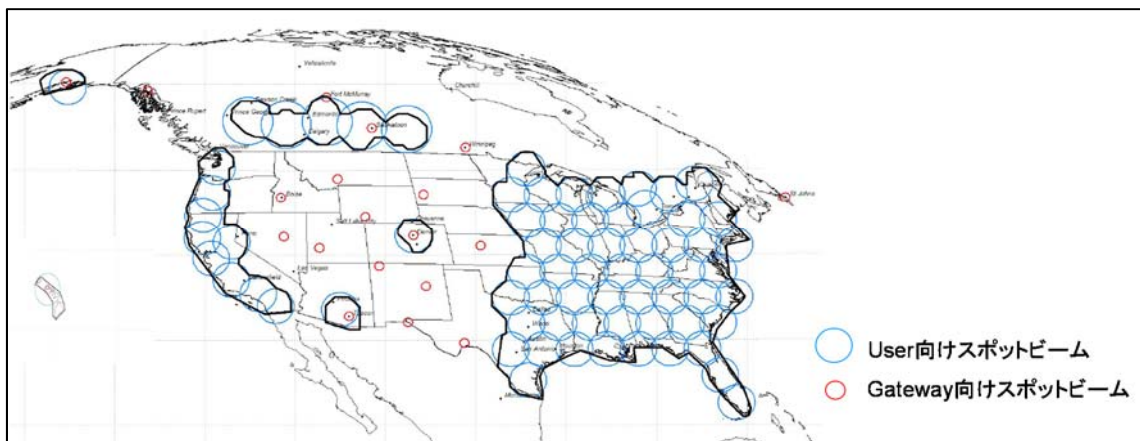


図 4-2 Viasat-1 のカバーエリア

出所) Viasat, FCC International Bureau Presentation, 2011



図 4-3 Viasat-2 のカバーエリア

出所) Viasat 社 Web サイト

5. Eutelsat

(1) 概要

Eutelsat 社は、1977 年に創業され、フランスに本社を置く衛星事業者である。

2015 年 11 月現在 38 機の衛星が運用されており、今後 3 年以内にさらに 6 機が打ち上げられる予定である。このうち、主な Ka 帯衛星システムの一覧を表 5-1 に示す。

映像ソリューションを主要サービスとしてきたが、近年はブロードバンドサービスや政府向け通信サービスを拡大させている。2010 年に打ち上げられた KA-SAT は、ヨーロッパ初の HTS⁵として、コンシューマ向けインターネット接続や、企業・政府向けネットワークサービスに利用されると共に、航空機向けインターネットサービスにも利用されている。

今後、ラテンアメリカのブロードバンドサービス提供を目的とした Eutelsat 65WA (2016 年打ち上げ) など、Ka 帯 HTS のカバレッジを拡大する。なお、Eutelsat 36C のカバレッジは欧州側ロシア中心となっている。

また、航空機向けサービス用途としては、北太平洋地域をカバーする Ku 帯 HTS である Eutelsat 172B を 2017 年に打ち上げる予定である。

⁵ High Throughput Satellite

表 5-1 Eutelsat 社における Ka 帯衛星システムの一覧

Ka 帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
KA-SAT	90Gbps	82	2010 年 12 月
Eutelsat 3B	9 Ka transponders	5	2014 年 5 月
Eutelsat 36C	70 Ku/Ka transponders	N/A	2015 年 12 月
Eutelsat 65WA	24Gbps	24	2016 年 3 月

(2) 移動体向けサービス

Ka 帯を用いた移動体向け衛星通信サービスとして、航空機向けのインターネット接続サービス Eutelsat Air Access を提供している。同サービスは、A320、B737、E190 型航空機を中心に導入が検討されており、自社の Ka 帯衛星に加え、他社の Ka 帯 HTS を活用してサービスエリアの拡大を図る。特に ViaSat 社とローミング契約を結ぶことで、今後、欧州のみならず、北アメリカ大陸や北極圏をカバーする予定である。

Eutelsat Air Access の概要を表 5-2 に示す。

表 5-2 Eutelsat Air Access の概要

サービス名	Eutelsat Air Access
概要	航空機の乗客に安定したインターネット接続環境を提供（映像ストリーミングも可能）。
通信速度	(TCP) 100Mbps
利用衛星	KA-SAT
地球局	75cm アンテナ (SurfBram 2 ProPortable)、120cm アンテナ (SurfBram 2 Professional Terminal)
サービス地域	北米および欧州地域。 他の Ka 帯 HTS 衛星とローミングすることで、サービス提供地域を今後拡大する予定。

出所) Eutelsat 社資料より作成

(3) 移動体向けサービスに利用する衛星諸元

運用中である KA-SAT のイメージを図 5-1、主要諸元を表 5-3 に示す。また、カバーエリアを図 5-2 及び図 5-3 に示す。



図 5-1 KA-SAT のイメージ

出所) Eutelsat 社 Web サイト

表 5-3 KA-SAT の主要諸元

衛星名称	KA-SAT
運用事業者	EUTELSAT
打上げ	2010.12.26
打上げロケット	Proton M
軌道位置	GEO, 9E
カバレッジ	ヨーロッパ、北アフリカ、中東
製造メーカー	EADS Astrium
バス	Eurostar E3000
設計寿命	16 年
供給電力	14kW (Spacecraft Power)
重量	6100kg (Launch mass), 3170kg (Dry mass)
中継器容量	90Gbps, CH 帯域幅 : 250MHz×2 (user down)
ビーム	82 (Spot beam)
使用周波数	Uplink: 29.5-30.0GHz (User) 28.0-29.5GHz (Gateway) Downlink: 19.7-20.2GHz (User) 18.2-19.7GHz (Gateway)
ビーコン周波数	Beacon 1: 19680,00H, Beacon 2: 11700,40H, Beacon 3: 11701,60H (19.7GHz H, 27.5GHz H との情報もあり)
EIRP	Max 60dBW 以上
G/T	N/A
偏波	RHCP, LHCP

出所) Eutelsat 社資料より作成



図 5-2 KA-SAT のカバーエリア

出所) Eutelsat 社 Web サイト

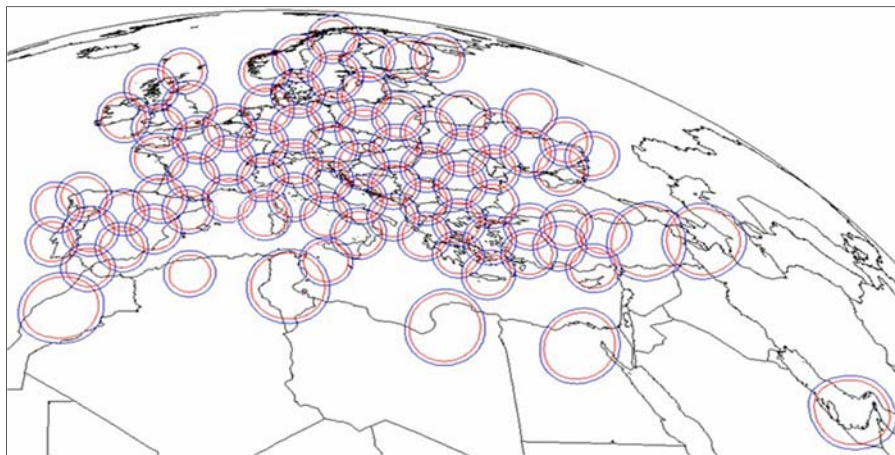


図 5-3 KA-SAT のカバーエリア (スポットビーム配置)

出所) Eutelsat, Services and possible applications, 2012

6. SES S.A.

(1) 概要

SES 社は、1985 年に前身である欧州衛星会社として設立され、現在ルクセンブルクに本社を置いている。

2015 年 11 月現在、53 機の衛星を所有している。主な Ka 帯衛星システムの一覧を表 6-1 に示す。SES 社は、Gogo 社や KVH 社等と協力し、Ku 帯を利用した移動体向けサービスを展開しており、Ka 帯衛星については、主にコンシューマー向けブロードバンドサービスや企業向けネットワークサービス等に利用されている。2017 年以降に打上げ予定の HTS である SES-12、SES-14、SES-15 により、航空機、船舶向けの移動通信サービスが展開される見込みである。また、O3b 社に対する資本参加を通じて、中軌道衛星を用いた次世代ネットワークデータ通信の提供に力を入れている。

表 6-1 SES 社における主な Ka 帯衛星システムの一覧

Ka 帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
AMC-15	40MHz×3 Transponders/beam	12	2004 年 10 月
AMC-16	40MHz×3 Transponders/beam	12	2004 年 12 月
Astra-1L	Ka 帯: 2 / Ku 帯: 29	—	2007 年 5 月
Astra-4A	Ka 帯: 3 (250MHz×2 / 125MHz×1) Ku 帯: 54	—	2007 年 11 月
Astra-3B	Ka 帯: 4 (250MHz×4) / Ku 帯: 60	—	2010 年 5 月
Astra-2E	Ka 帯: 4 (250/500/600MHz) / Ku 帯: 76	—	2013 年 9 月
Astra-2F	Ka 帯: 3 (500/600MHz) / Ku 帯: 70	—	2013 年 9 月
Astra-5B	Ka 帯: 6 (500/600MHz) / Ku 帯: 40	—	2014 年 3 月
Astra-2G	Ka 帯: 4 (250/500/600MHz) Ku 帯: 70	—	2014 年 12 月
SES-12	Ka 帯: 8 (250/500/600MHz) Ku 帯: 38(Wide)、32(Spot) HTS: 14GHz ※Ka 帯はテレポートのみ	Ka 帯: 11 Ku 帯: 70 ※HTS のみ	2017 年下期(予定)
SES-14	Ka 帯: 25(Spot)に含む Ku 帯: 14(Shaped)、25(Spot) C 帯: 20 HTS: 12GHz ※Ka 帯はテレポートのみ	Ka 帯: 5 Ku 帯: 40 ※HTS のみ	2017 年下期(予定)
SES-15	Shaped: 6×36MHz、4×54MHz HTS: 10GHz ※Ka 帯はテレポートのみ	Ka 帯: 4 Ku 帯: 54 ※HTS のみ	2017 年下期(予定)

出所) SES 社資料より作成

(2) 移動体向けサービスに利用する衛星諸元

計画中である SES-12 衛星のイメージを図 6-1、主要諸元を表 6-2 に示す。また、カバーエリアを図 6-2 に示す。

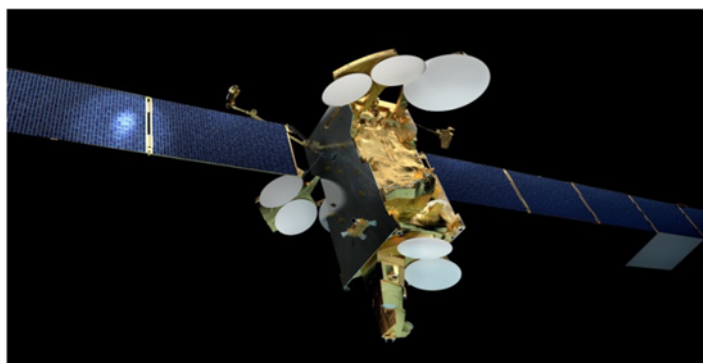


図 6-1 SES-12 衛星のイメージ

出所) Airbus Defence and Space 社 Web サイト

表 6-2 SES-12 衛星の主要諸元

衛星名称	SES-12
運用事業者	SES-Astra
打上げ	2017.Q4 (予定)
打上げロケット	Ariane-5ECA
軌道位置	GEO, 95°E
カバレッジ	中東、北アフリカ、欧州、ロシア・CIS、アジア・太平洋
製造メーカー	Airbus Defence and Space
バス	Eurostar E3000
設計寿命	15 年
供給電力	19kW
重量	5300kg (Launch mass)
中継器容量	Ka: 8 transponder, Ku: 68 transponder Wide-beam payload: 36MHz×54 HTS payload: 14GHz
ビーム	11 Ka spot beams 70 Ku spot beams 8 Ku wide beam,
使用周波数	N/A
ビーコン周波数	N/A
EIRP	N/A
G/T	N/A
偏波	N/A

出所) SES 社資料より作成

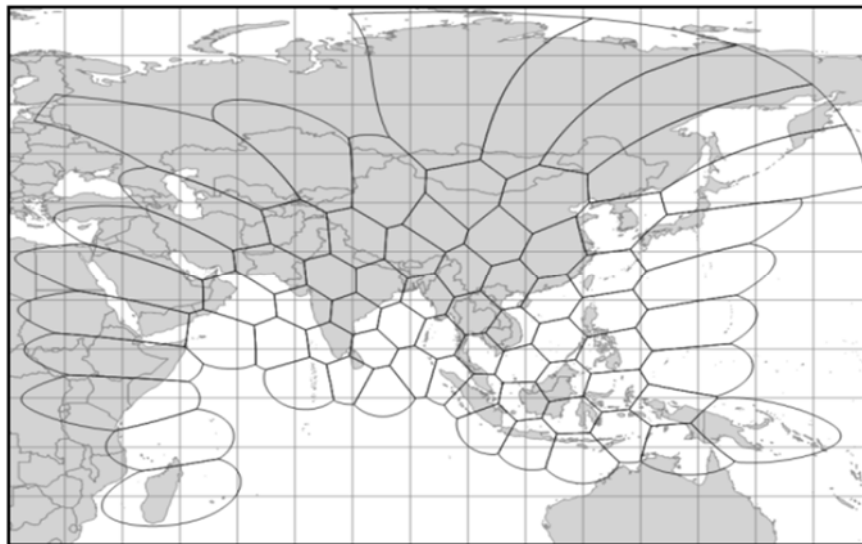


図 6-2 SES-12 における HTS カバレッジ (Ku 帯)

出所) Financial Results For the six months to 30 June 2014

参考として、SES-14 及び SES-15 における Ku 帯スポットビームのカバレッジを図 6-3、
図 6-4 に示す。

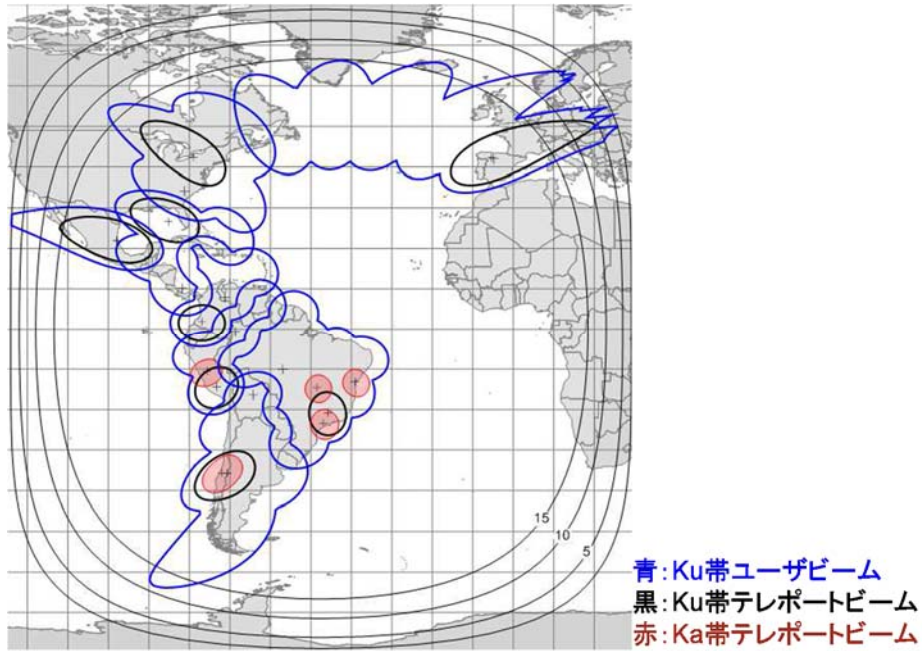


図 6-3 SES-14 における HTS カバレッジ

出所) SES Overview,2015

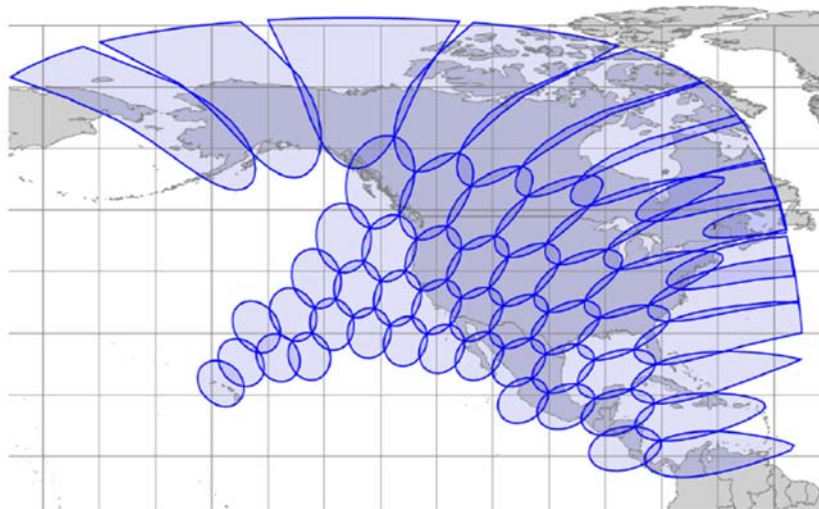


図 6-4 SES-15 における Ku 帯 HTS カバレッジ

出所) Financial Results For the six months to 30 June 2014

7. O3b Networks

(1) 概要

O3b 社は、2007 年に創業された比較的新しい企業であり、本社をオランダに置いている。インターネットで繋がることが出来ないアフリカ、アジア、中南米、中東の発展途上国に住む「Other 3 billion (残り 30 億)」の人々に、高速で低価格のインターネットサービスを提供することを目指している。

中軌道（8,062km）衛星コンステレーションを運用していることが特徴であり、高速かつ低遅延（150msec 以下）の通信サービスを提供可能である。2013 年 6 月に 8 機、2014 年 12 月 18 日に 4 機の Ka 帯衛星の打ち上げに成功し、2014 年末現在合計 12 の衛星を所有・運用している。

O3b 衛星は、高速・低遅延の特徴を活かし、モバイルバックホールや基幹ネットワーク向け需要に対応したサービスを中心としつつ、船舶向けのブロードバンド通信サービスも提供している。O3b 社における Ka 帯衛星システムの一覧を表 7-1 に示す。

表 7-1 O3b 社における Ka 帯衛星システムの一覧

Ka 帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
第一世代（8 機）	84Gbps	70	2013 年 6 月
第二世代（4 機）	42Gbps	70	2014 年 12 月

(2) 移動体向けサービス

Ka 帯を利用した移動体向け衛星通信サービスとして、主にクルーズ船を対象とした高速通信サービス O3b Maritime を提供している。O3b 衛星のビームは船舶の通常航路を追い、常に船舶をビームの中心に位置させ、2 時間ごとのインターバルで上り下りの信号を介して緯度/経度の位置情報を更新、船舶が航路を変更した際はリアルタイムで位置情報を更新する仕組みをとっている。

O3b Maritime のイメージを図 7-1、概要を表 7-2 に示す。



図 7-1 O3b Maritime のイメージ

出所) O3b 社 Web サイト

表 7-2 O3b Maritime の概要

サービス名	O3b Maritime
概要	クルーズ船オペレータ、スーパーヨットオーナー、船舶向け通信サービスプロバイダ・インテグレーターのために用意されたサービスであり、乗船するゲストやクルーに対し、陸上と同等の高速インターネット環境を提供。
通信速度	(CIR) 350Mbps
利用衛星	O3b 衛星
地球局	1.2m アンテナ、2.2m アンテナ
サービス地域	北緯 45°から南緯 45°の範囲

出所) O3b 社 Web サイト

(3) 移動体向けサービスに利用する衛星諸元

O3b 衛星のイメージを図 7-2 に、主要諸元を表 7-3 に示す。また、カバーエリアを図 7-3 に示す。

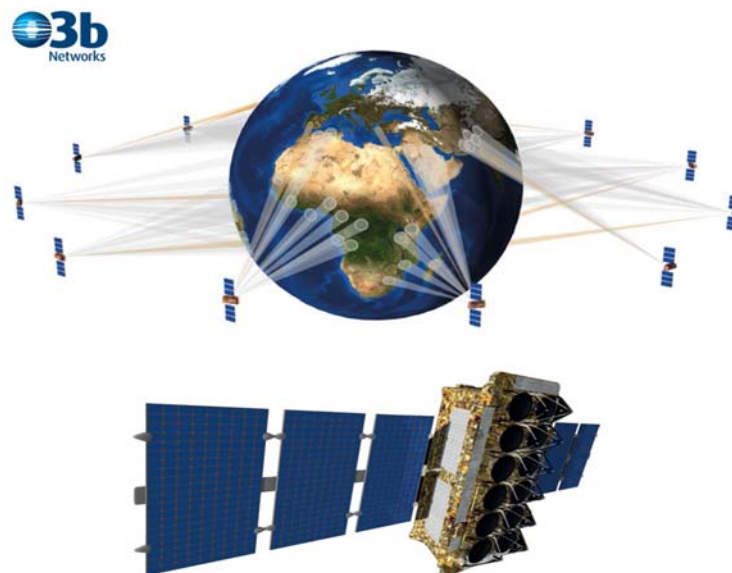


図 7-2 O3b 衛星のイメージ

出所) O3b 社 Web サイト

表 7-3 O3b 衛星の主要諸元

衛星名称	O3b
運用事業者	O3b Networks
打上げ	2013.6.25
打上げロケット	Soyuz ST-B
軌道位置	MEO, 軌道間隔:45° 軌道高度:8062km
カバレッジ	±45° 以内 (緯度) : ラテンアメリカ、アフリカ、中東、アジア、豪国等
製造メーカー	Thales Alenia Space
バス	ELiTeBus
設計寿命	10 年
供給電力	2.4kW (BOL), 1.7kW (EOL)
重量	700kg (Launch mass) 450kg (Dry mass)
中継器容量	84Gbps/8satellites 216MHz×2 (=Rtn/Fwd)/beam 1.6Gbps (800Mbps×2)/beam
ビーム	10 ビーム/地域 (7 地域) , 70 ビーム/12satellites (1 衛星あたり Gateway 2 ビーム、User 10 ビーム)
使用周波数	Uplink 27.6-28.4(EPC bands),28.6-29.1(NGSO bands), 29.5-30.0(Future plan) Downlink 17.8-18.6(EPC bands),18.8-19.3(NGSO bands), 19.7-20.2(Future plan)
ビーコン周波数	N/A
EIRP	49.7dBW (Max)
G/T	N/A
偏波	RHCP, LHCP

出所) O3b 社資料をもとに作成



図 7-3 O3b 衛星のカバーエリア

出所) O3b 社 Web サイト

参考資料 3 Ka 帯の周波数共用条件の検討

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 と記す）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。

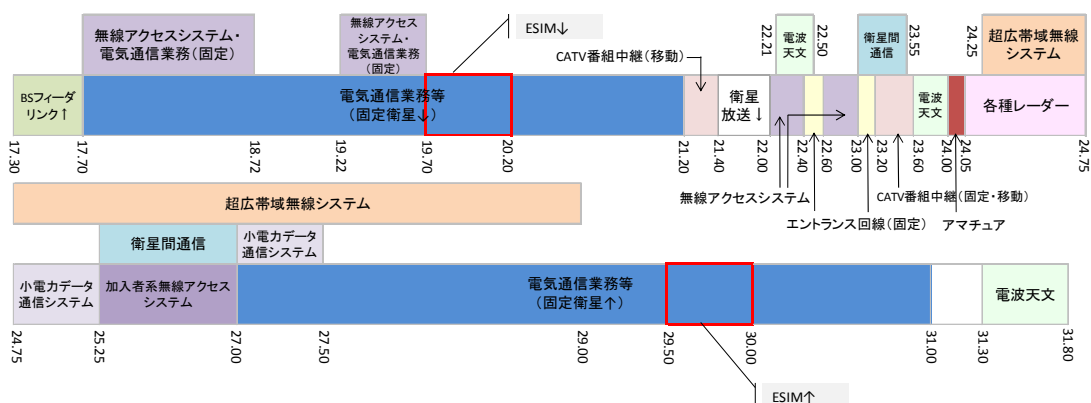


図 1-1 我が国における Ka 帯の周波数使用状況、及び検討対象の無線システム

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

周波数帯		GHz	同一周波数帯	隣接周波数帯
WRC-15 ESIM 周波数帯	uplink	29.5-30.0	無し	・電波天文（31GHz 帯）
	downlink	19.7-20.2	無し	・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 検討した干渉ケース

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 地球局	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

なお、ESIM としては将来サービス化されるものも含めて様々な衛星通信システムが考えられるが、以下に示す共用検討例においては現時点で具体的な情報が得られる Inmarsat GX サービスの Inmarsat-5 衛星及び地球局（移動端末）を想定した。

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

(1) 電波天文業務（22, 23GHz 帯）の概要

電波天文業務の用に供する受信設備は、天体から放射される電波を受信することにより、天体や宇宙空間の物理状態、さらには宇宙そのものの成因など、宇宙全体を観測するためのシステムである。

遠方の天体から放射される線スペクトルは、宇宙膨張のため長い波長にずれる（赤方偏移によって、最大 7 倍程度）。また、微弱天体を感度良く観測するために広帯域で観測されており、そのため観測は可能な限り広帯域で行われている。

(2) 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 宇宙局のパラメータを用い、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、22.21-22.5GHz 及び 23.6-24.0GHz 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'	
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° 41' 41"	36° 41' 55"	申請予定
9	茨城県日立市	140° 41' 32"	36° 41' 51"	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

(3) 主要諸元

ケース 1 における主要諸元を図 2-1 に示す。

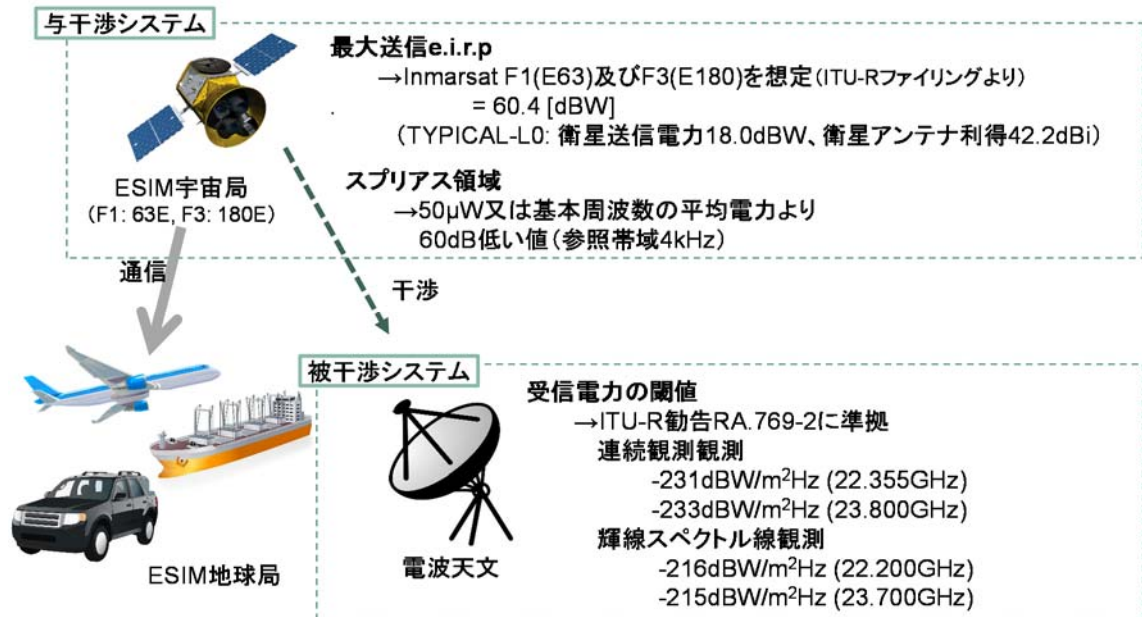


図 2-1 ケース 1 における主要諸元

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。ESIM 宇宙局から電波天文業務の受信設備までの伝搬損失は自由空間伝搬損失とし、周波数は 22.01GHz を用いた。これは、電波天文業務への割当周波数は 22.21-22.5GHz、及び 23.6-24.0GHz であるが、告示にある電波天文の指定周波数域が 22.21GHz であり、また、周波数割当表脚注 J36 により 22.01-22.21GHz 帯は電波天文に保護されていることから、最低周波数である 22.01GHz を用いた。

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]	60.4	Inmarsat F1&F3 を想定
	[2]	最大送信 e.i.r.p. [dBW/4kHz] (帯域 16MHz を想定)	24.4	[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]	スプリアス領域での不要発射 (アンテナ利得分を含む) [dBW/4kHz]	-35.6	[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]	-35.6	[4],[5]のうち厳しい値

(4) 検討結果と考察

ITU-R 勧告 RA.769-2 で規定されている電力束密度の閾値は、22.01GHz に最も近い周波数では、連続波観測で-231dB(W/(m²・Hz)) (22.355GHz)、輝線スペクトル観測で-216dB(W/(m²・Hz)) (22.200GHz) 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) を例に、ITU-R 勧告 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計算した。22.01GHz における検討結果に対し、連続波観測の 22.355GHz における電力束密度の閾値-231dB(W/(m²・Hz))との比較を表 2-3 に示す。

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"	3.9	3.3
2	141° 07' 57"	39° 08' 01"	4.0	3.3
3	142° 13' 00"	27° 05' 31"	4.0	3.2
4	130° 26' 24"	31° 44' 52"	3.8	3.4
5	124° 10' 16"	24° 24' 44'	3.6	3.5
6	130° 30' 26"	31° 27' 51"	3.8	3.4
7	141° 07' 57"	39° 08' 00"	4.0	3.3
8	140° 41' 41"	36° 41' 55"	4.0	3.3
9	140° 41' 32"	36° 41' 51"	4.0	3.3
10	136° 46' 12"	35° 28' 47"	3.9	3.4

注：マージンとは、ITU-R 勧告 RA.769-2 で規定されている当該周波数帯での電力束密度の閾値 -231dB(W/(m²・Hz))から Inmarsat F1 (63E) 及び F3 (180E) の地表面での電力束密度を引いた値。

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) 電波天文業務（31GHz 帯）の概要

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、31.3-31.8GHz を受信する設備は、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山に設置された受信設備（国立天文台野辺山）のみである。国立天文台野辺山の概要を以下に示す。

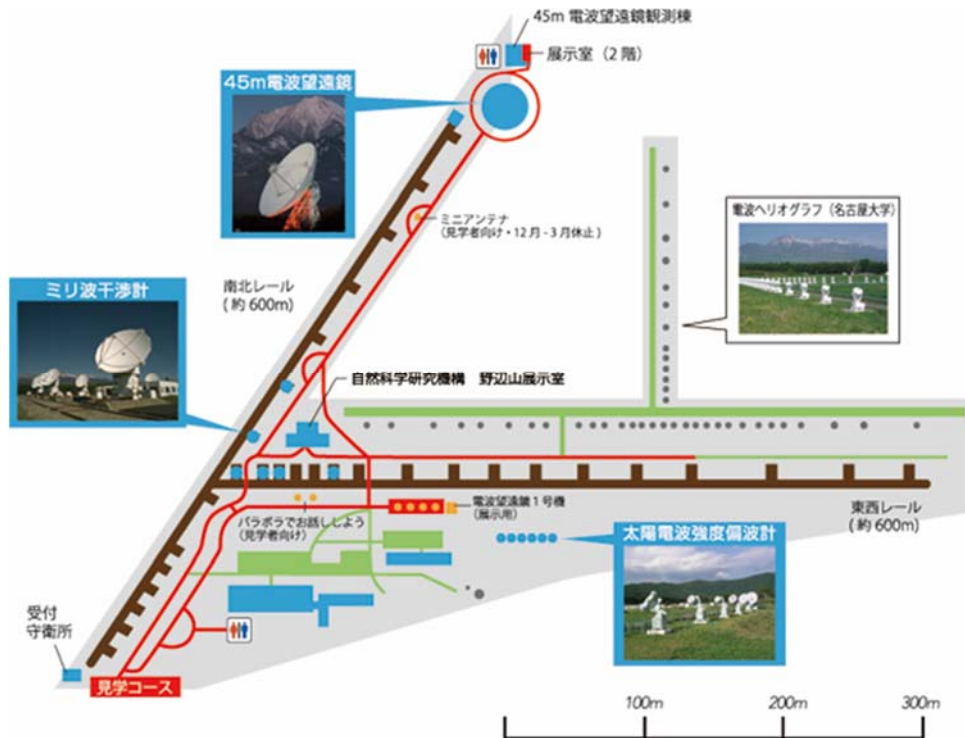


図 3-1 国立天文台野辺山の概要

(2) 検討内容

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。ESIM 移動局については、将来サービス化されるものも含めて様々な衛星通信システムや移動局（端末）が考えられる。衛星システムや端末種別等により諸元が異なることから、電波天文業務（31GHz 帯）との共用検討に関しては、包括的な観点から電波天文側からの共用条件を示すことが適当と考えられる。

ここで、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」では、電波天文業務との共用条件として ITU-R 勧告 M.1643 を基に以下の共用条件が示された。

-190 + 0.5 · θ	dB(W/(m ² · 150kHz))	$\theta \leq 10^\circ$
-185	dB(W/(m ² · 150kHz))	$10^\circ < \theta \leq 90^\circ$
(θ は電波の到来仰角)		

Ka 帯における ESIM と電波天文業務との共用検討に関する ITU-R 勧告は現時点で存在しないものの、電波天文業務の干渉制限値を定めた ITU-R 勧告 RA.769-2 に基づく共用検討が必要である。

この条件を基に、ESIM 地球局として Inmarsat GX サービスの端末設備を例に取り、共用可能となる離隔距離を検討した。このとき、対象とする衛星は、電波法施行規則第 32 条（地球局の送信空中線の最小仰角）の「宇宙研究業務以外の宇宙無線通信の業務」の場合は仰角 3° 以上のため、それを満たす 180 度衛星とした。ESIM 移動局は航空機、船舶、陸上移動（車両等）の 3 種類が存在することから、種類ごとに検討・考察した。

なお、以下の共用検討においては ITU-R 等の規格値に基づく検討を行ったが、ESIM 移動局（航空機、船舶）については実端末諸元が入手可能であることから、それら検討も合わせて行った。

(3) 共用検討

(ア) 主要諸元

ケース 2 における主要諸元を図 3-2 に示す。

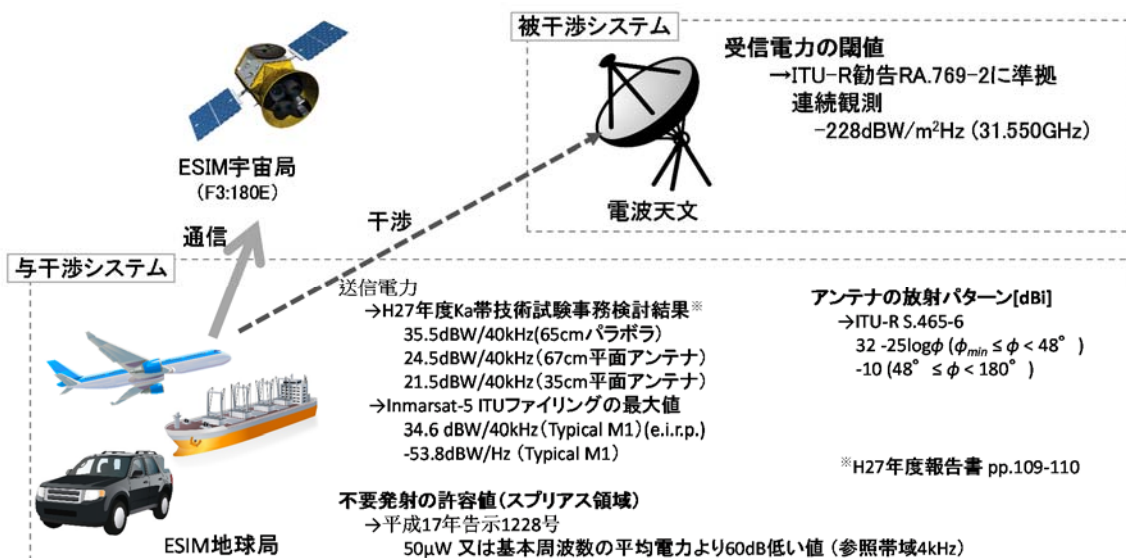


図 3-2 ケース 2 における主要諸元

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、50 μW/4kHz から -79dBW/Hz とした。

ITU-R 勧告 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、-228dB(W/(m²・Hz)) (31.550GHz) である。

(イ) 検討結果と考察

(a) ESIM 地球局（航空機）からの干渉検討（その1）

ESIM 地球局（航空機）アンテナは ESIM 衛星方向とした。また、ESIM 衛星、ESIM 地球局（航空機）、電波天文業務の受信設備が図 3-3 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（航空機）の位置を z 軸の周りを回転させ、角度 θ_E 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。

なお、本検討においては、情報通信審議会答申 諮問第 2013 号で示された共用条件を本検討における当該周波数帯（Ka 帯）に適用した以下条件で評価を行った。

$$\begin{array}{lll}
 -146 + 0.5 \cdot \theta & \text{dB(W/(m}^2 \cdot 500\text{MHz))} & \theta \leq 10^\circ \\
 -141 & \text{dB(W/(m}^2 \cdot 500\text{MHz))} & 10^\circ < \theta \leq 90^\circ
 \end{array}$$

（ θ は電波の到来仰角）

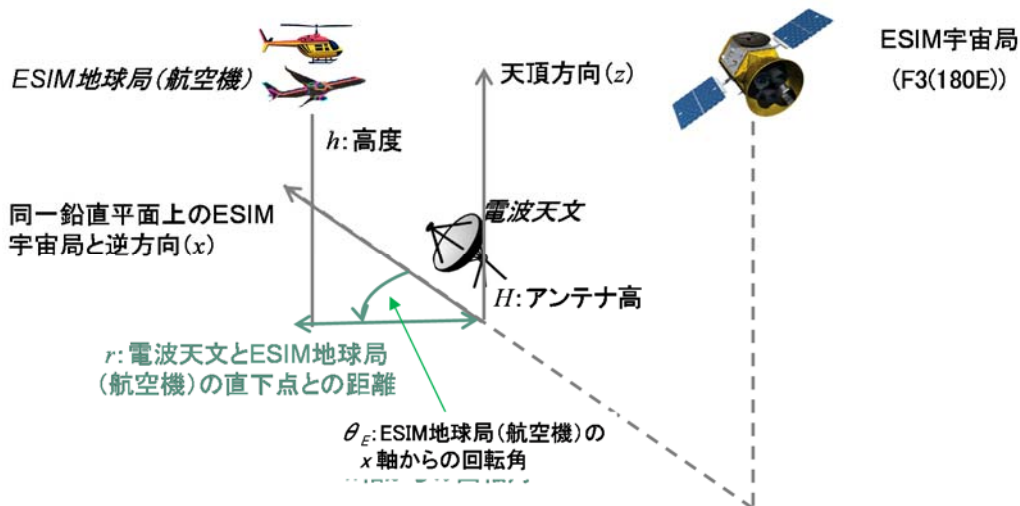


図 3-3 ESIM 地球局（航空機）、ESIM 宇宙局、電波天文業務の受信局の位置関係

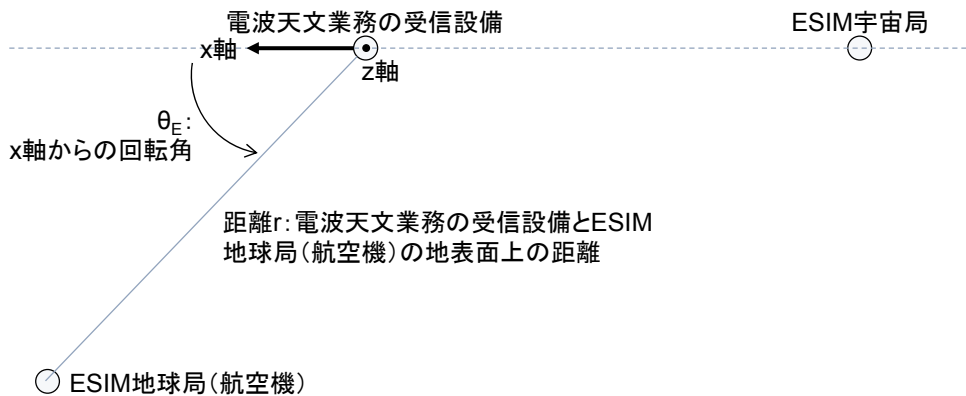


図 3-4 ESIM 地球局（航空機）の x 軸からの回転角 θ_E (z 方向から)

本検討で設定したパラメータを以下に示す。スプリアス抑圧フィルターとは、ESIM 機器アンテナ端に外付けで取り付ける追加フィルターである。ESIM が用いる周波数と電波天文で受信する周波数との間には十分な周波数離調があるため、数十 dB を減衰させるフィルターは十分に実現可能である。80dBc の特性を持つスプリアス抑圧フィルター諸元の一例を図 3-5 に示す。

- ESIM 地球局（航空機）の高度：1,000m 及び 10,000m
- 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 及び 80dB

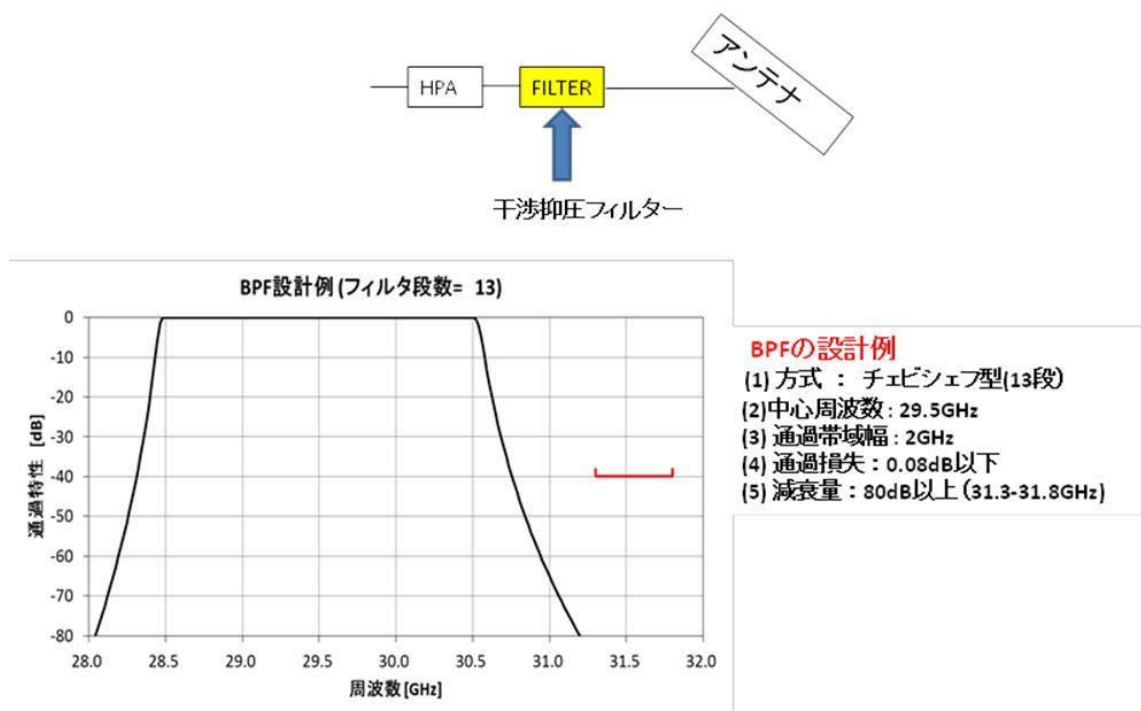


図 3-5 スプリアス抑圧フィルターの一例

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。ITU-R S.465-6 で規定されるアンテナパターンを図 3-6 に示す。

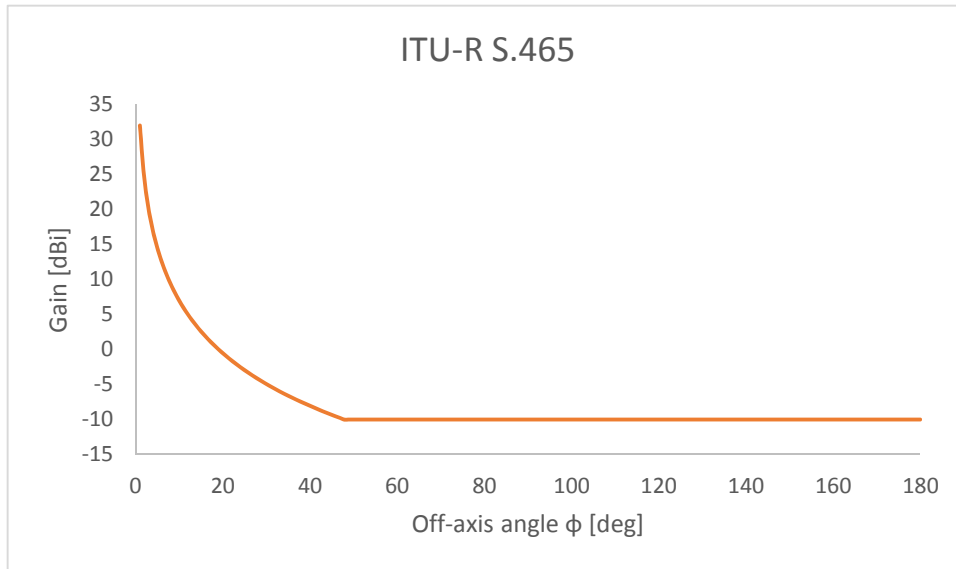


図 3-6 ITU-R S.465-6 で規定されるアンテナパターン

ESIM 地球局（航空機）のアンテナ主輻射軸は常に ESIM 宇宙局方向を向いていると仮定する。電波天文アンテナ方向の ESIM 地球局（航空機）のアンテナゲインは、図 3-6 により、角度 ϕ 、つまり、ESIM 地球局（航空機）アンテナの主輻射軸方向と、ESIM 地球局（航空機）アンテナから電波天文のアンテナ中心方向の角度により求まる。角度 ϕ は、図 3-3 に示す θ_E 及び r に依存して決定される。

図 3-7 に、電波天文への干渉が最大となる $\theta_E=0^\circ$ （航空機の直下点と電波天文アンテナが直線上にある状態）における r と ϕ の関係を示す。なお、図 3-6 に示したとおり、 48° を超えた角度では ESIM 地球局（航空機）のアンテナゲインは -10dBi となる。

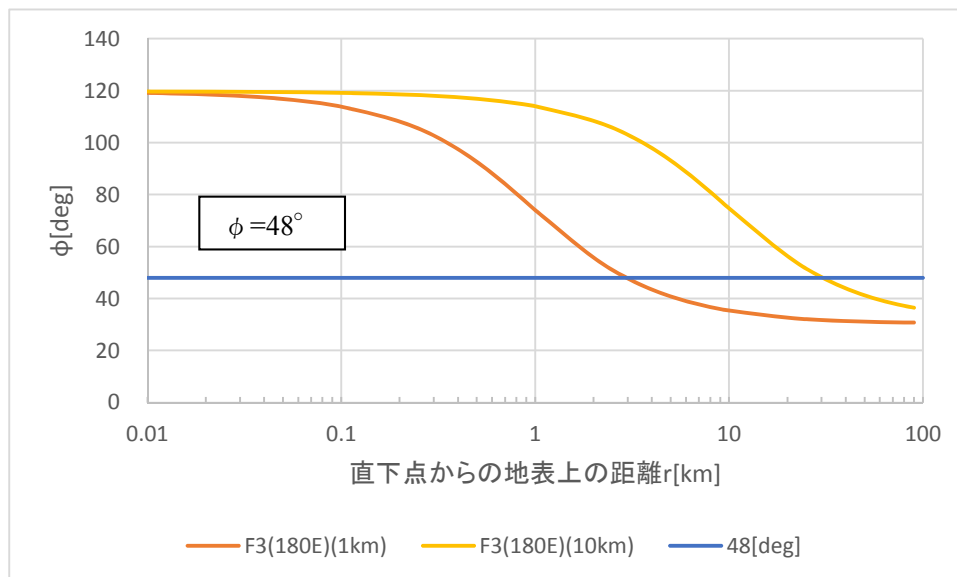


図 3-7 r と ϕ の関係 ($\theta_E=0^\circ$ の場合)

以上より、電波天文の受信設備の周囲における ESIM 地球局（航空機）の離隔距離を計算した結果を図 3-8 に示す。図 3-8 は受信設備周辺の地形を考慮せず、また 60dBc のスプリアス抑圧フィルターを用いた結果である。地形を考慮した結果は後述する。

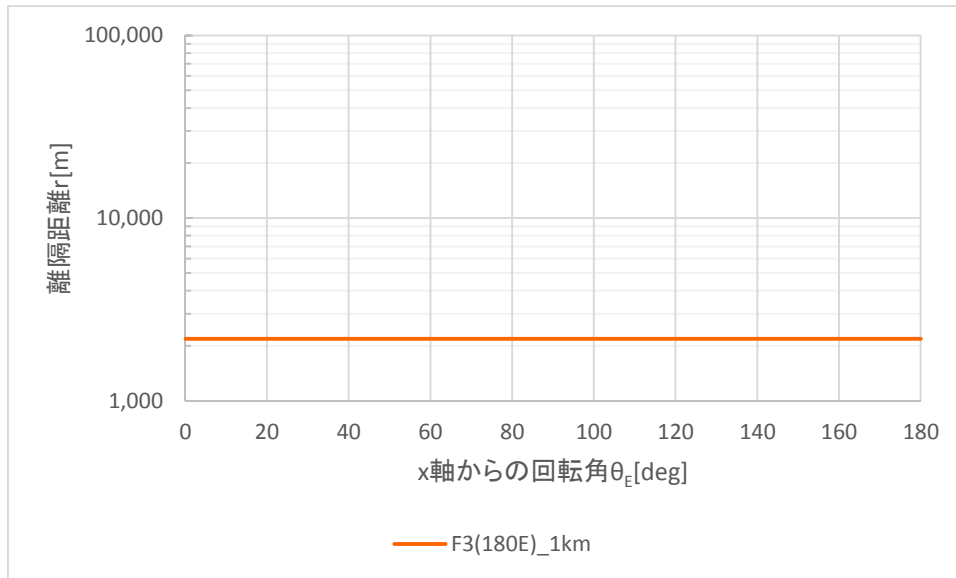


図 3-8 180E 衛星と通信する ESIM 地球局（航空機）の離隔距離

ESIM 地球局（航空機）の高度が 1,000m の場合、図 3-8 に示すように、180E 衛星と通信する ESIM 地球局（航空機）は約 2.2km 以遠で θ_E によらず共用可能となる。

ESIM 地球局（航空機）の高度が 10,000m の場合については、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。

なお、80dBc のスプリアス抑圧フィルターを使用した場合は、高度 1,000m において電波天文の受信設備の直上を含め共用可能となる。

図 3-8 の結果は電波天文の受信設備周辺の地形を考慮していないが、現実の共用条件を検討する場合は地形を考慮する必要がある。以下では、電波天文の受信設備周辺のスカイラインと、図 3-8 で示した共用可能な離隔距離における電波到来角に基づき、見通し条件を検討した。

本受信設備周辺のスカイラインの仰角は図 3-9 に示すように概ね 4°以上、北側では概ね 5° である。180E 衛星と通信する ESIM 地球局（航空機）からの電波到来角は 5°を超えるため、地形を考慮した場合の結果も図 3-8 と同じとなる。

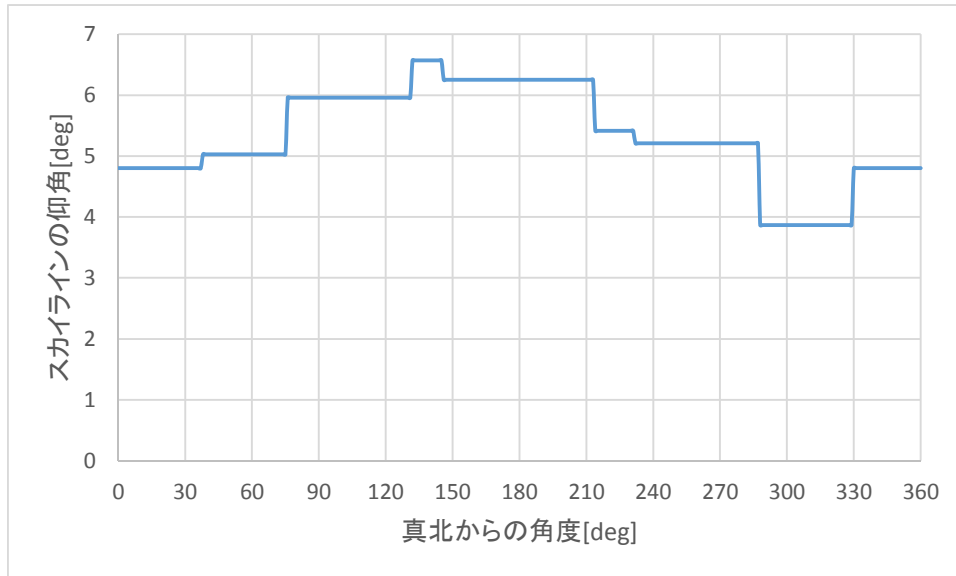


図 3-9 受信設備周辺のスカイラインの仰角

(b) ESIM 地球局（航空機）からの干渉検討（その 2）

主要諸元は図 3-2 と同様であるが、本検討（その 2）では、ESIM 地球局（航空機）の実端末諸元を用いて計算を行った。

ESIM 地球局（航空機）からの干渉検討において、ITU-R 勧告 RA.769-2 で示されている干渉許容基準の積分時間全ての場合に対して、航空機速度（数百 km/h）、電波天文受信設備周辺の地形や航空機高度を考慮した計算を行った。干渉量が最も大きくなるケース（最悪ケース）は、受信設備の真上を通過し、x 軸の正または負方向に飛行する場合であるため、x 軸に沿って飛行するケースとした。なお、本検討では外付けスプリアス抑制フィルターは使用しない前提で計算した。

上記ケースに比較的近い定期航空路として東京（羽田）－富山便を想定した。当該航空路が受信設備真上を通過すると仮定し、巡航高度 8500m（引用：<https://www.ana.co.jp/travel/topics/pilot/061212/>）、巡航速度 720km/h（実際の値に近く秒速 200m と切りの良い数値に設定）で飛行した場合に、 $x=0$ を中心として x 軸負方向（方位角 123.5° ）から x 軸正方向（方位角 303.5° ）に積分計算し、その平均値を算出して評価する。

最大送信電力密度は、現在製造されている Honeywell 社製の 2 機種（MCS-8200 および MCS-8000）の実諸元を用いた（下表）。MCS8200 は機体胴体上部に取り付けるタイプのアンテナで、MCS-8000 は垂直尾翼内に取り付けるタイプのアンテナとなる。いずれも、電波型式が 2 種類あるが、460KG7W はシグナリング用で瞬間的に送信されるだけの信号であるため、通常のリモコン用（7M34G7W）を用いることとし、最大電力密度は高い方となる -61.1dBW/Hz を用いる。なお、アンテナ軸外放射パターンは ITU-R 勧告 S.456-6 を使用した。

端末型番	アンテナ径 (m)	電波型式	アンテナ利得 (dBi)	偏波	最大出力 (dBW)	最大電力密度 (dBW/Hz)	変調信号の内容
MCS-8200	0.65× 0.195	460KG7W	39.8	RHC	4.8	-51.8	Signaling
		7M34G7W	39.8	RHC	6.2	-62.5	Data Link
MCS-8000	0.30	460KG7W	37.0	RHC	-4.4	-61.0	Signaling
		7M34G7W	37.0	RHC	7.6	-61.1	Data Link

図 3-10 に、横軸に積分時間、縦軸にスプリアス干渉量とした計算結果を ITU-R 勧告 RA.769-2 に記載の干渉閾値の基準値と共に示す。図から、全ての場合での干渉閾値の基準値を下回っていることがわかる。

以上のように、実端末諸元を用い、ITU-R 勧告 RA.769-2 で示されている干渉許容基準で評価することにより、外付けスプリアス抑制フィルターを使用しない状態であっても水平離隔距離に関わらず共用可能である。

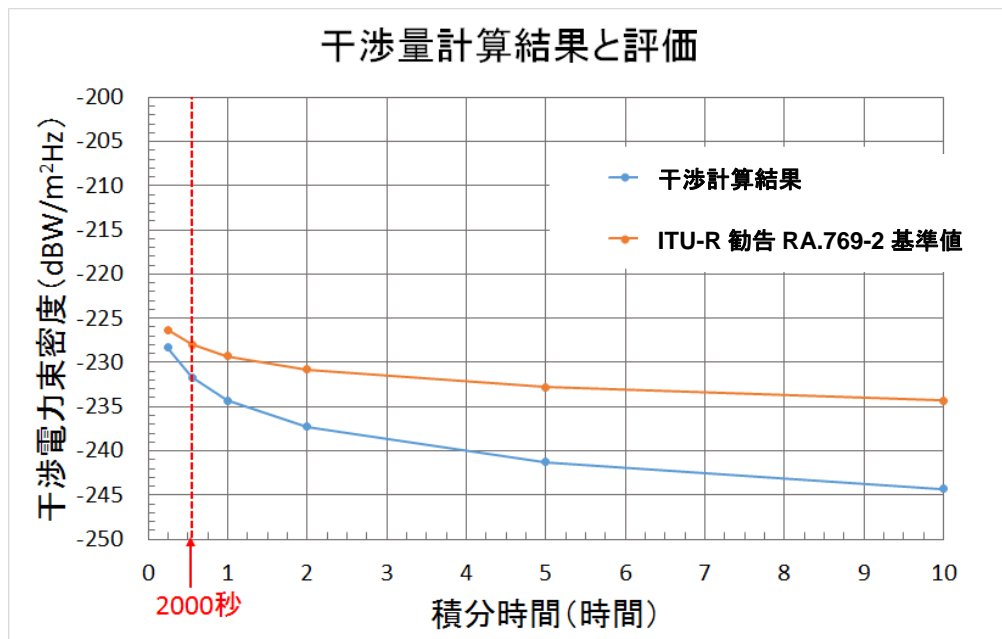


図 3-10 ESIM 地球局 (航空機) による干渉量の計算結果

(c) ESIM 地球局 (船舶) からの干渉検討

検討対象の電波天文業務の用に供する受信設備は、長野県野辺山に設置された 1 設備のみである。海上からは 100km 以上離れており、また山岳遮蔽による見通し外の位置関係であるため、ESIM 地球局 (船舶) とは共用可能である。当然ながら、ESIM 地球局 (船舶) の実諸元を用いた場合も共用可能である。

(d) ESIM 地球局（陸上移動）からの干渉検討

ESIM 地球局（陸上移動）アンテナは ESIM 衛星方向とした。また、ESIM 衛星、ESIM 地球局（陸上移動）、電波天文業務の受信設備が図 3-11 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（陸上移動）を z 軸の周りを回転させ、角度 θ_E の方向で ESIM 地球局（陸上移動）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。

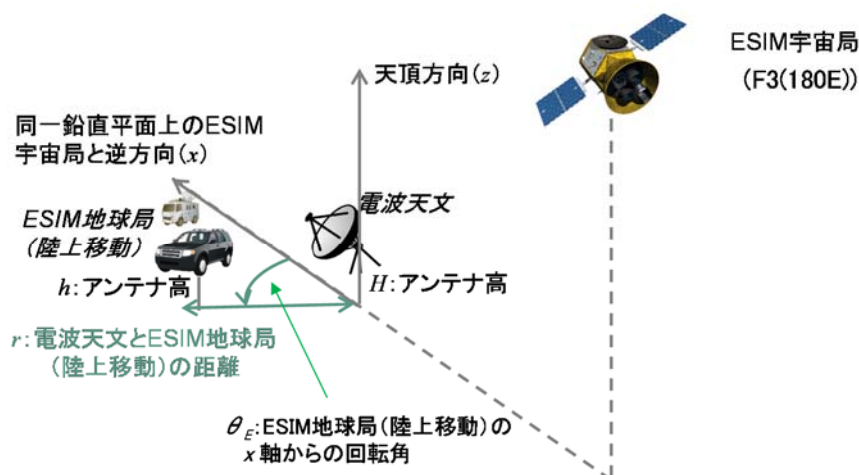


図 3-11 ESIM 地球局（陸上移動）、ESIM 宇宙局、電波天文業務の受信局の位置関係

本検討で設定したパラメータを以下に示す。スプリアス抑圧フィルターとは、ESIM 機器アンテナ端に外付けで取り付ける追加フィルターである。ESIM が用いる周波数と電波天文で受信する周波数との間には十分な周波数離調があるため、数十 dB を減衰させるフィルターは十分に実現可能である。80dBc の特性を持つスプリアス抑圧フィルターの諸元は図 3-5 に示した。

- 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 及び 80dB

ESIM 地球局（陸上移動）のアンテナパターンは、図 3-6 と同様とした。

上記条件で計算した結果、ESIM 地球局（陸上移動）と電波天文受信設備との共用検討においては、ESIM 地球局（陸上移動）が同じ位置に留まって通信する場合もありうるため、スプリアス抑圧フィルターが無い場合には閾値を満足できない。

60dBc のスプリアス抑圧フィルターを挿入すると、180E 衛星と通信する ESIM 地球局（陸上移動）は、約 9km 以遠で角度 θ_E によらず共用可能となる。また、80dBc のスプリアス抑圧フィルターの場合には、約 900m 以遠で角度 θ_E によらず共用可能となる。

以上、ESIM 地球局（航空機、船舶、陸上移動）に関して干渉計算を行った。上記は Inmarsat-5 の 衛星諸元、2 種類のスプリアス抑圧フィルター（60dBc 及び 80dBc）を用いた場合の離隔距離の例である。実端末の最大電力密度やスプリアス発射量が規格値よりも小さい場合には、離隔距離は小さくなりうる。また、対象となる衛星システムやフィルター特性等が異なる場合には、結果が異なる場合がある。

いずれの場合においても、実機でのスプリアス輻射強度を元に、ITU-R 勧告 RA.769-2 に規定された干渉制限値を満足するように、必要な場合には関係者間で運用協定を締結して、それを適切に実施することで、共用は可能である。

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) 無線アクセスシステム—電気通信業務（固定）の概要

無線アクセスシステム—電気通信業務（固定）は、従来の固定無線通信システムで必須であった大規模な鉄塔を不要とし、小規模な建物にも設置可能な大容量通信システムであり、比較的短期間に低コストで地域内のネットワークの構築等が可能となる。無線アクセスシステム—電気通信業務（固定）の概要を以下に示す。

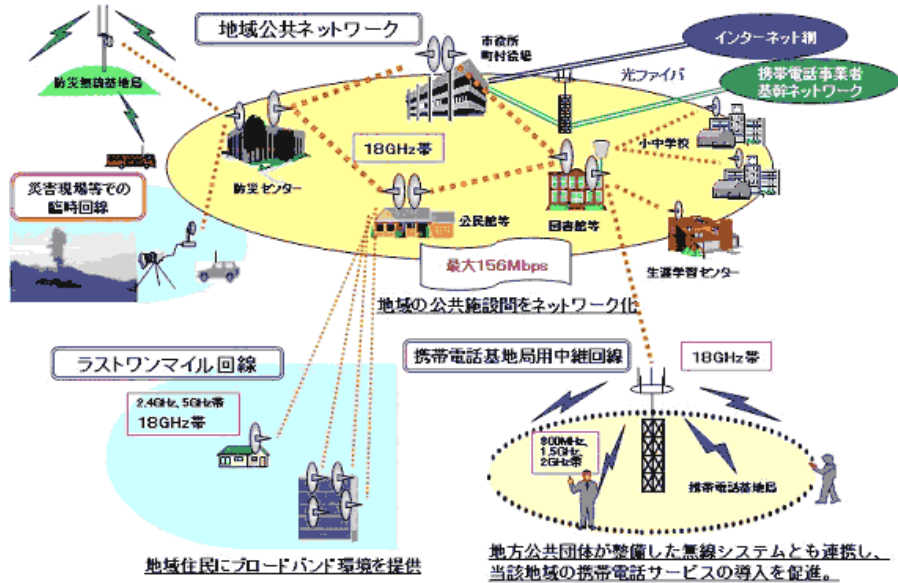


図 4-1 無線アクセスシステム—電気通信業務（固定）の概要

(2) 検討内容

本ケースは、無線アクセスシステム（以下、FWA: Fixed Wireless Access）が与干渉、ESIM（移動局）が被干渉となる関係である。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運用可能距離について検討を行った。なお、WRC-15 における決議 156 の規定では、無線通信規則 No. 5.524 号に示したで規定されている他の主管庁の地上業務との関係においては、ESIM 地球局は（第 1 及び第 3 地域）の地上業務については、19.7-20.1 GHz の周波数で運用する帯において、これらの業務の発展において ESIM 地球局は保護を求めたり、制約を与えてはならないことができないとされている。

無線アクセスシステムは図 4-1 の通り陸上で用いられるシステムであり、ESIM（陸上移動）との共用が一番厳しい条件と考えられることから、以下では ESIM 地球局（陸上移動）を対象に検討を行った。ただし、検討手法は航空機、船舶、陸上移動（車両等）の各地球局に適用できるものである。検討結果の節において、種類ごとに考察した。

(3) 検討結果と考察

(a) ESIM 地球局（陸上移動）との干渉検討

ケース 3 における主要諸元を図 4-2 に示す。

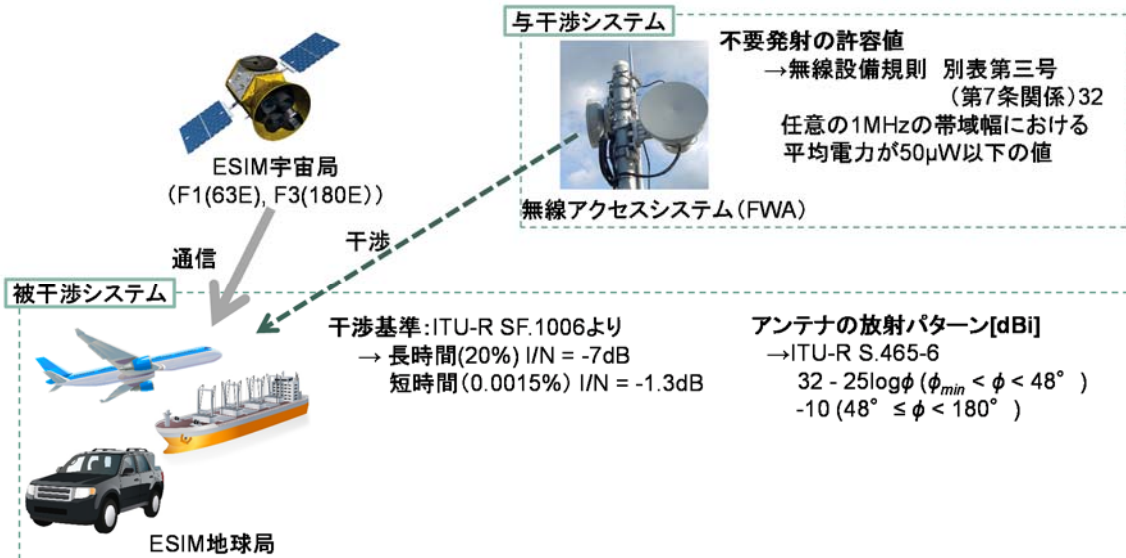


図 4-2 ケース 3 における主要諸元

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 4-3 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_E 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。

- 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[dBi] + FWA アンテナゲイン[dBi]) \leq 許容干渉レベル

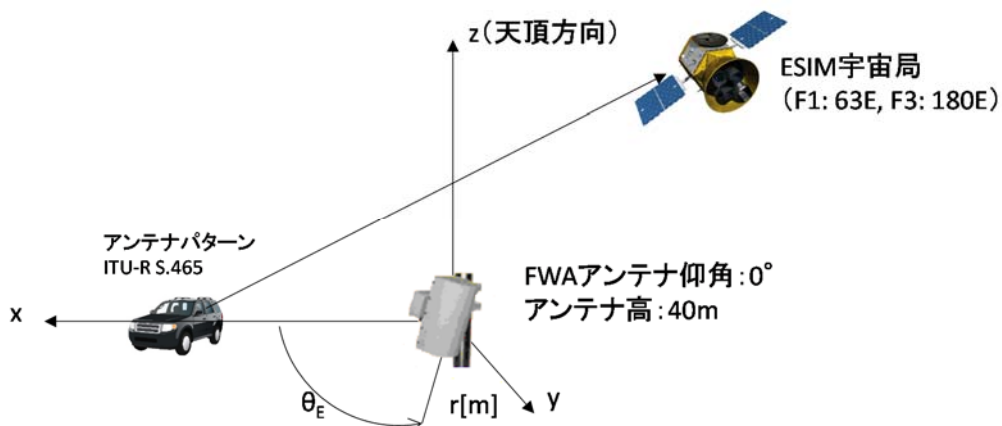


図 4-3 ESIM 地球局、ESIM 宇宙局、FWA 局の位置関係

本検討で設定したパラメータを以下に示す。

- ESIM 地球局（陸上移動）のアンテナ高：1.5m
- FWA 局のアンテナ高：40m
- 周波数：20GHz

ESIM 地球局のアンテナパターンは、図 3-6 と同様とした。

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 はアンテナ主軸方向でのアンテナゲインであり、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 4-4 に示す。

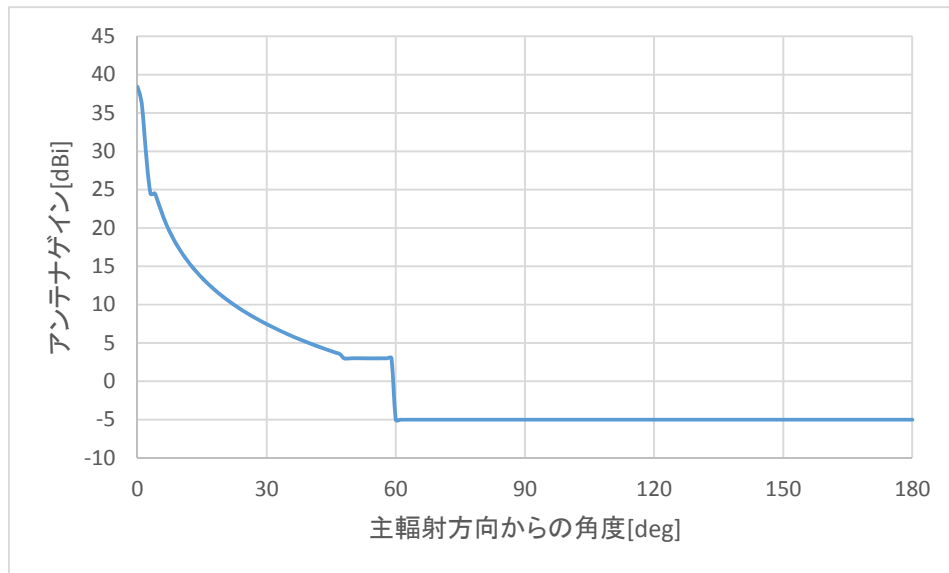


図 4-4 無線アクセスシステム (FWA) のアンテナパターン

ITU-R 勧告 SF.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。

長時間干渉許容値 (I/N) : -7dB → 許容干渉レベル : -150.8dBW

短時間干渉許容値 (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, 19.3-19.7GHz 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。電波伝搬モデルは ITU-R 勧告 P.452 を適用した。

スプリアス : $50 \mu \text{ W/MHz}$ \rightarrow -43.0dBW (帯域 : 1MHz)

(4) 検討結果と考察

離隔距離の検討結果を図 4-5 に示す。なお、63E 衛星と 180E 衛星のそれぞれについて、長時間干渉と短時間干渉の厳しい方をプロットした。

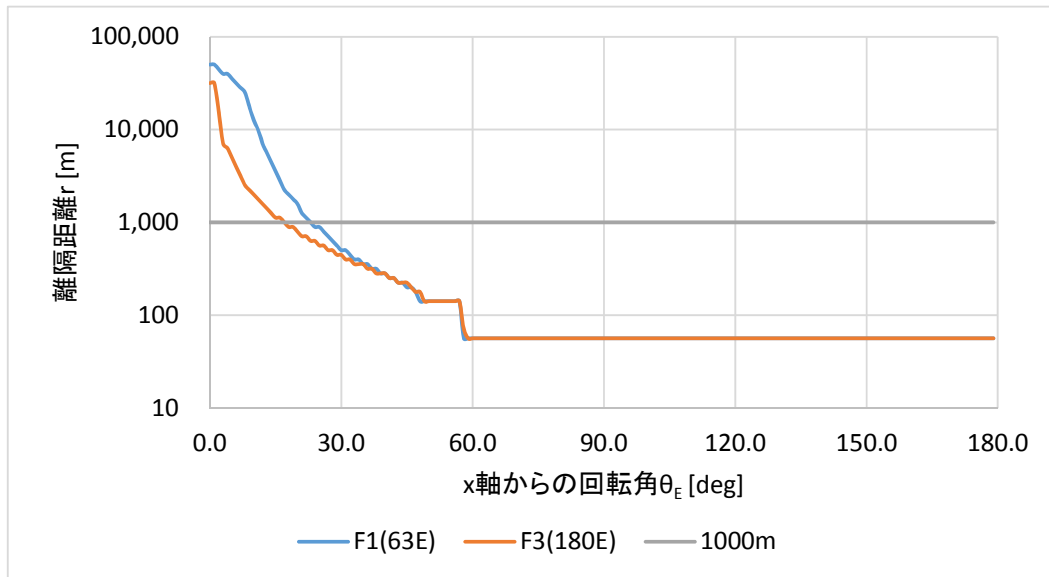


図 4-5 FWA 局主輻射方向からの角度と離隔距離
(63E、180E 共に、長時間干渉と短時間干渉の厳しい方の条件)

以上、ESIM 地球局（陸上移動）については、180 E 衛星と通信する場合、無線アクセスシステムの主軸放射方向から 17° 以内を避ければ 1km 以遠で運用可能である。また、63 E 衛星と通信する場合は、無線アクセスシステムの主軸放射方向から 23° 以内を避ければ 1km 以遠で運用可能である。無線アクセスシステムは仰角が 0 度または低い Point-to-Point システムであること、ESIM 地球局（陸上移動）は一定のアンテナ仰角を有するシステムであること等を考慮すると、仮に ESIM 地球局（陸上移動）が干渉を受けたとしても無線アクセスシステムのリンク外や建物等の遮蔽が得られる場所に移動すれば、当該干渉を避けることが可能と考えられる。このため、実用上の運用は問題ないと考えられる。

(b) ESIM 地球局（航空機）との干渉検討

ESIM 地球局（航空機）については、無線アクセスシステムは仰角が 0 度または低い Point-to-Point システムであること、ESIM 地球局（航空機）は一定のアンテナ仰角を有するほか、航空機の高度及び位置は順次変化する。これらを考慮すると、仮に ESIM 地

球局（航空機）が干渉を受けたとしても短時間であり、航空機の高度変化や位置変化に伴い、当該干渉を避けることが可能と考えられる。このため、実用上の運用は問題ないと考えられる。

(c) ESIM 地球局（船舶）との干渉検討

ESIM 地球局（船舶）については、無線アクセスシステムは陸上用途の仰角が 0 度または低い Point-to-Point システムであること、ESIM 地球局（船舶）は一定のアンテナ仰角を有するほか、船舶位置は順次変化する。これらを考慮すると、仮に無線アクセスシステムのアンテナが海上方向を向いており、ESIM 地球局（船舶）が干渉を受けたとしても、船舶の移動に伴って当該干渉を避けることが可能と考えられる。このため、実用上の運用は問題ないと考えられる。なお、本結果は Inmarsat-5 の衛星諸元を用いた場合の運用可能距離例であり、他の衛星の場合には運用可能距離は異なる場合がある。