

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 82 号

「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」のうち
「高度 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる
Ku 帯非静止衛星通信システムの技術的条件」

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.....	2
II	委員会及び作業班の構成.....	2
III	検討経過.....	2
IV	検討概要.....	4
1	検討の背景とシステム概要.....	4
1. 1	検討の背景.....	4
1. 2	Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）の概要.....	4
2	他の無線システムとの周波数共用.....	8
2. 1	周波数配置状況.....	8
2. 2	他の無線システムとの周波数共用.....	12
3	Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）の無線設備の技術的条件.....	28
3. 1	一般的条件.....	28
3. 2	送信装置の条件.....	29
4	測定法.....	33
4. 1	送信装置.....	33
5	周波数共用に関する条件.....	35
V	検討結果.....	37
	参考資料.....	50
	参考資料 1 欧州における Ku 帯非静止衛星通信システムの制度化動向.....	50
	参考資料 2 他の無線システムとの周波数共用検討詳細.....	52

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、電気通信技術審議会諮問第 82 号「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」（平成 7 年 9 月 25 日）のうち、「高度 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止衛星通信システムの技術的条件」について検討を行った。

高度 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止衛星通信システムとは、サービスリンクに Ku 帯（宇宙から地球：10.7～12.7GHz、地球から宇宙：14～14.5GHz）、フィーダリンクに Ka 帯（宇宙から地球：17.8～18.6GHz 及び 18.8～19.3GHz、地球から宇宙：27.5～29.1 GHz 及び 29.5～30.0GHz）を用いるものである。

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

「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」（平成 7 年 9 月 25 日）のうち、「高度 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止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 33 回委員会（平成 29 年 6 月 27 日）

「小型衛星から構成される衛星コンステレーションによる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 41 回委員会（令和 2 年 10 月 21 日）

作業班から、「高度 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止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。

(3) 第 42 回委員会（令和 2 年 12 月 2 日～7 日）（メール検討）

委員会報告（案）のパブリックコメント（令和 2 年 10 月 28 日～令和 2 年 11 月 26 日）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 10 回（平成 29 年 6 月 27 日）

委員会の運営方針、検討体制について説明が行われ、「小型衛星から構成される衛星コンステレーションによる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。

(2) 第 11 回（平成 30 年 1 月 18 日）

Ku 帯非静止衛星通信システムの状況に関する報告が行われた。

(3) 第 20 回（令和 2 年 4 月 27 日）

Ku 帯非静止衛星通信システムの検討状況に関する報告が行われた（メール検討）。

(4) 第 21 回（令和 2 年 6 月 3 日）

Ku 帯非静止衛星通信システムの検討状況に関する報告が行われた（Web 会議による開催）。

(5) 第 22 回（令和 2 年 7 月 16 日）

Ku 帯非静止衛星通信システムの検討状況に関する報告が行われた（Web 会議による開催）。

(6) 第 23 回（令和 2 年 9 月 4 日）

「Ku 帯非静止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、技術的条件等について検討を行った。

(7) 第 24 回（令和 2 年 10 月 7 日）

「高度 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止衛星通信システムの技術的条件」に関する委員会報告（案）及びその概要について検討を行った。

また、本件に関しては検討の促進を図るため、電波利用料財源技術試験事務による調査検討を実施し、「Ku/Ka 帯を用いた非静止衛星システムに係る周波数共用技術に関する調査検討会」（主査：三次仁 慶應義塾大学環境情報学部 教授）を開催し、技術的条件（案）を策定するための検討を行った。

IV 検討概要

1 検討の背景とシステム概要

1. 1 検討の背景

衛星搭載機器の小型軽量化や衛星打上げ費用の低廉化により、小型の人工衛星の実用化が比較的容易になった。また非静止衛星システムは、静止衛星に比べ低い高度（低軌道は高度約 2,000km 以下）を周回するため、通信の遅延時間が短い（最小 20 ミリ秒程度）。そのため、中・低軌道に打ち上げた多数の小型衛星を連携させて一体的に運用する「衛星コンステレーション」を構築し、極域を含めた世界全域を対象として、緊急時・平時を問わず、ビジネス用途の高信頼・高速大容量通信など多様なサービスを提供することが可能となった。

これを受けて、非静止軌道衛星については、中軌道（MEO）又は低軌道（LEO）に投入される多数の小型衛星でコンステレーションを構築する計画が複数検討されている。中軌道（高度 2,000～36,000km）については、国内未参入の既存衛星オペレータ及び航空宇宙メーカーによる衛星コンステレーションが、楕円軌道のものも含めて計画されている。低軌道（高度 2,000km 以下）については、既存衛星オペレータによる現行衛星の高度化計画に加え、新興衛星オペレータによる計画が進んでいる。利用周波数については L 帯のほか、Ku 帯、Ka 帯及び V 帯が想定されており、いずれも移動通信端末向けのブロードバンドサービス等を提供する予定である。

高度約 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止衛星通信システム（以下「Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）」という。）による新たな通信サービスは、令和 3 年から開始される予定であり、我が国でも本サービスを導入可能とするための検討を行うものである。

1. 2 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）の概要

Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）は低軌道衛星コンステレーションを利用し全世界にブロードバンド衛星通信サービス、特にインターネット接続を提供する。図 1-1 に Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）のイメージ、及び図 1-2 に Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）の接続イメージを示す。

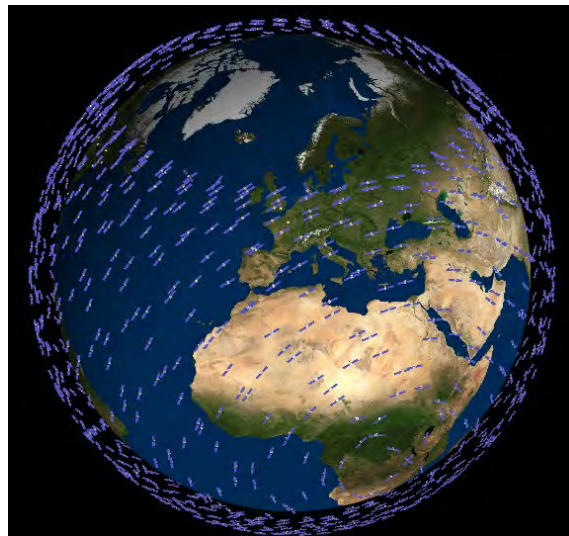


図 1-1 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）のコンステレーションイメージ

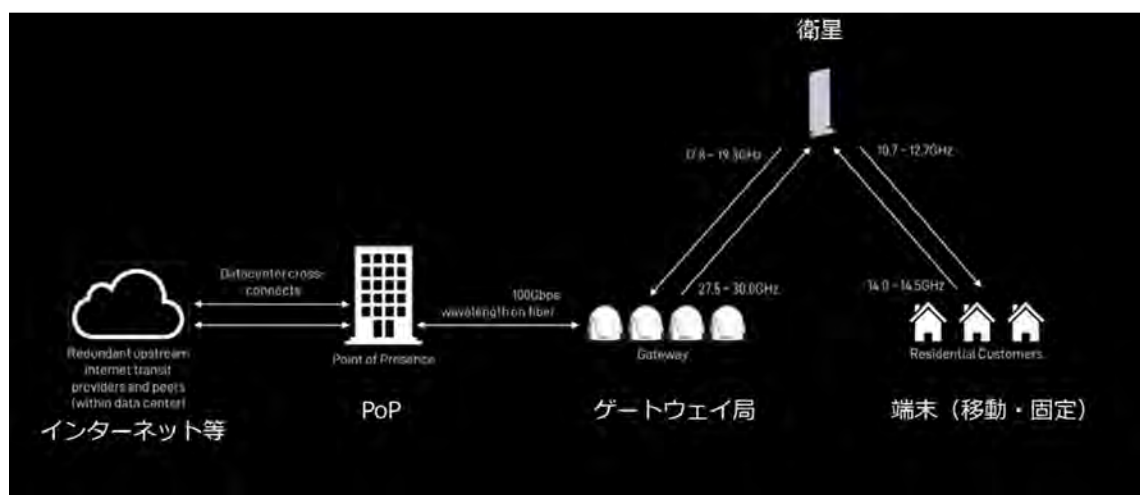


図 1-2 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）の接続イメージ

地球上の複数の軌道を高度約 500km の低軌道で周回（周期約 95 分）し、当初サービスでは合計 4408 機の衛星が配置される。サービスリンクに Ku 帯（宇宙から地球：10.7～12.7GHz、地球から宇宙：14～14.5GHz）、フィーダリンクに Ka 帯（宇宙から地球：17.8～18.6GHz 及び 18.8～19.3GHz、地球から宇宙：27.5～29.1 GHz 及び 29.5～30.0GHz）を用いる。

図 1-3 に Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）のビームカバレッジイメージを示す。サービスリンクのビーム幅は 2.6 度であり、複数の衛星から直径約 25km のステアリングビームをオーバーラップさせながら特定のエリアを照射し、動的にカバレッジを形成している。

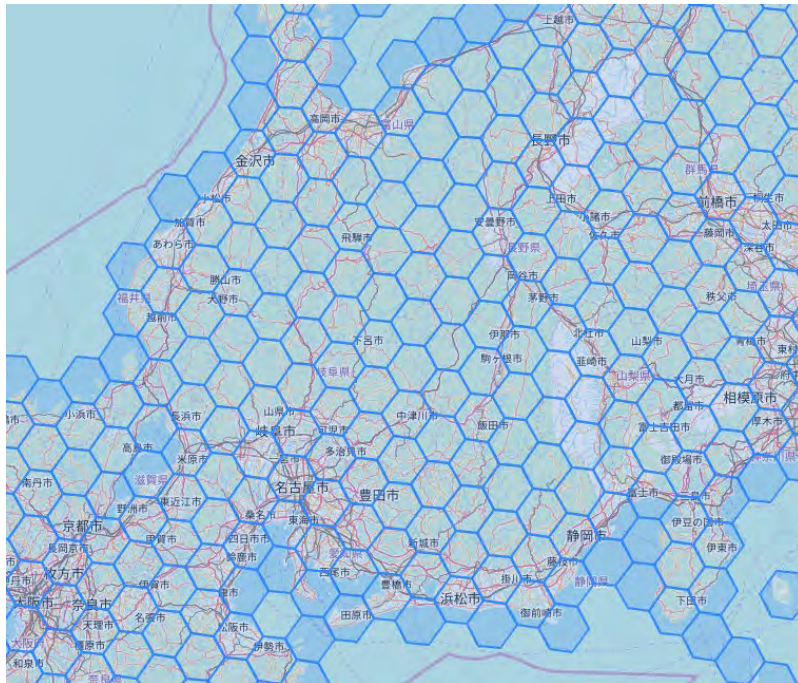


図 1-3 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）のビームカバレッジイメージ

サービスリンクの周波数利用方法は、宇宙から地球方向で 1 ビーム当たり 250MHz 幅の全 2 GHz 幅、地球から宇宙方向で 1 ビームあたり 62.5MHz 幅の全 500MHz 幅となる。（1 ビームの周波数幅が 1 チャンネルとなり、全体で 8 チャンネルとなる。）また、地球局の仰角範囲は 25～90 度である。

フィーダリンク用のゲートウェイ設備は国内に 10 ヶ所程度設置され、POP（Point of Presence）を経由してアンテナ/RF 制御、ビーム制御、通信リソース制御が行われる。

Ku 帯非静止衛星通信サービス（500km）は陸上での可搬型の地球局※のみでなく、船舶搭載、航空機搭載の移動地球局として多くのシーンでの利用が想定されている。例として法人・官公庁向けには災害時のバックアップ回線の提供などの BCP 用途、携帯電話不感地帯における基地局バックホールの提供などが陸上利用の端末の利用シーンとして、また、我が国の領空、領海において航空機、船舶へのブロードバンド衛星通信サービスの提供が移動利用の端末の利用シーンとして検討されている。これらの利用シーンへ対応するため、ユーザ端末の開発が進められている。

※ 移動する地球局だが停止中にのみ運用を行う。

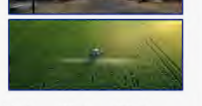
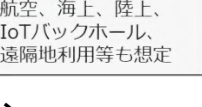
	コンシューマー利用 (優先事項)	法人・官公庁	衛星バックホール	その他
想定サービス例				   
概要	衛星通信による固定ブロードバンドサービスを、コンシューマー向けに提供（優先事項）。特に山間部・離島など僻地において、地上網を確保できない場所へ衛星通信を提供。	災害等で地上通信網が不通となった場合に、データ提供のバックアップとして提供。山間部・離島など僻地において、地上網を確保できない場所へ衛星通信を提供。	携帯電話不感地帯において、携帯電話基地局のバックホールとして衛星通信を提供。（カバレッジ拡大）	航空、海上、陸上、IoTバックホール、遠隔地利用等も想定
想定ユーザー	コンシューマー	法人・官公庁等	携帯電話事業者	
想定ロケーション	自宅等	都市部・山間部・離島	山間部・離島等	
アンテナタイプ	フラットパネルアンテナ	フラットパネルアンテナ	フラットパネルアンテナ	

図 1-4 Ku 帯非静止衛星通信サービスの利用シーン

アンテナタイプ	想定サービス	G/T	サイズ (cm)	スループット	追尾方式
フラットパネルアンテナ	コンシューマー利用 法人・官公庁 携帯バックホール IoTバックホール 海上利用 遠隔地利用	9dB/K	48 (直径)	100Mbps DL 40Mbps UL	電気式 (フェーズド アレー)

図 1-5 ユーザ端末の一例

無線通信規則において、非静止衛星システムは静止衛星網（固定衛星、放送衛星）へ許容し得ない混信を生じさせてはならない（22.2 条）とされており、具体的な保護の条件として等価電力束密度（EPFD）が規定されている。この規定を遵守するため、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）では図 1-6 に示す独自の技術を採用している。この技術は静止衛星とのビームの離隔が 18 度以下となる場合は静止衛星に対して干渉を与える恐れがあるため、静止衛星に干渉を与えない位置に存在する非静止衛星を選択して通信を行うことで干渉回避を実現している（他非静止衛星に対しても同様に干渉回避を実現している）。

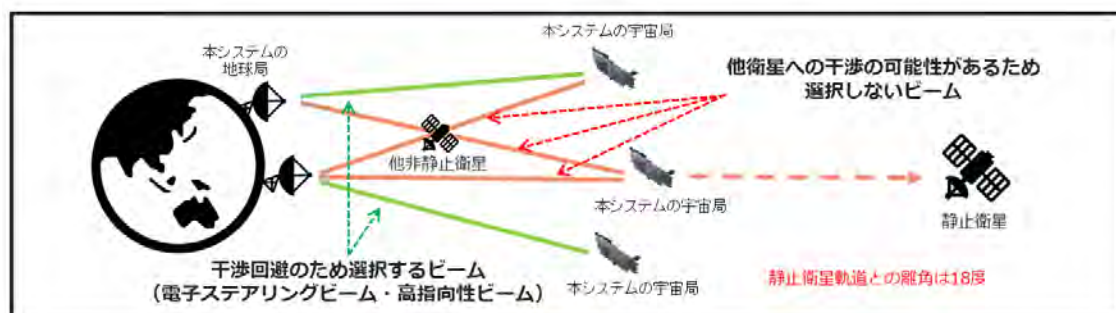


図 1-6 静止衛星への干渉回避技術概要

2 他の無線システムとの周波数共用

2. 1 周波数配置状況

Ku 帯非静止衛星通信システム(500km)が使用するサービスリンク周波数（Ku 帯：10.7-12.7GHz、14.0-14.5GHz。四角枠で示した箇所）の我が国の利用状況を図 2-1 に示す。

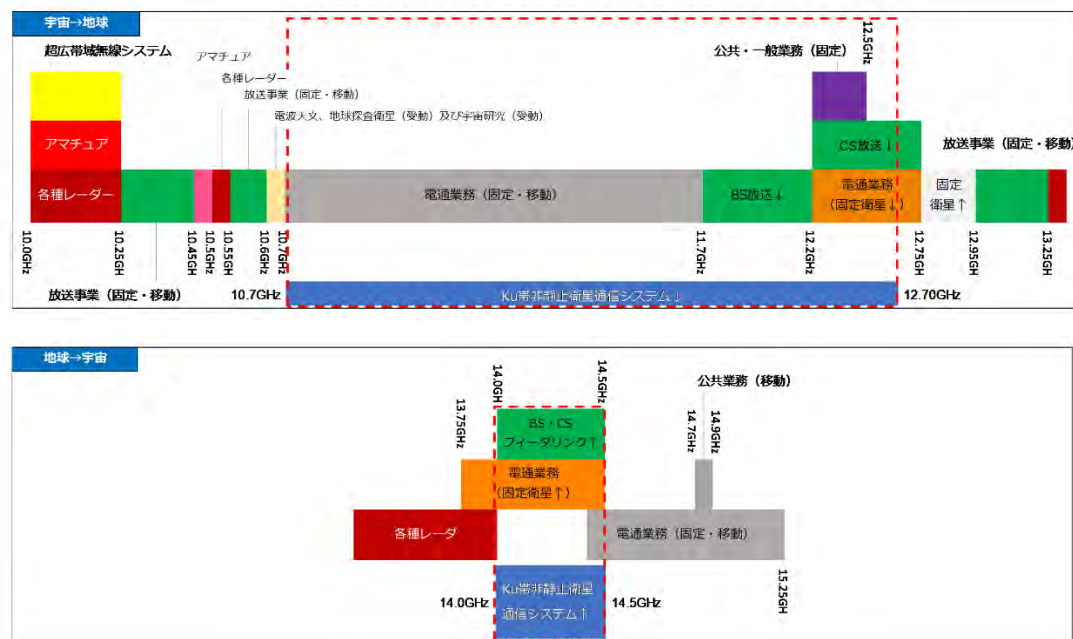


図 2-1 我が国における Ku 帯の周波数使用状況

Ku 帯における共用検討が必要となる対象システムとの組み合わせを、表 2-1 のとおり分析した。

表 2-1 Ku 帯における共用検討対象システムの分析

与干渉	被干渉	分析
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(10.7-12.7GHz)	電波天文 地球探査衛星業務(受動) (10.6-10.7GHz)	要検討
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(10.7-12.7GHz)	電気通信業務(固定・移動) (10.7-11.7GHz)	無線通信規則 21 条の電力束密度(PFD)制限の遵守により保護が行われるため、検討は不要。
Ku 帯非静止衛星通信システム	公共・一般業務(固定)	

(500km) 宇宙局(10.7-12.7GHz)	(12.2-12.5GHz)	
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(10.7-12.7GHz)	静止衛星網(放送衛星・固定衛星)地球局 (11.7-12.75GHz)	無線通信規則 22 条の等価電力束密度(EFPD)制限の遵守により保護が行われるため、また、無線通信規則 5.487A によって静止衛星網(放送衛星)に対して許容できない干渉があれば直ちに除去しなければならないため、事業者間で適切に対応。また、EFPD↓の適合性に関し、姿勢喪失等の異常時への対応のため、個別の静止衛星網との運用調整を実施。
電気通信業務(固定・移動) (10.7-11.7GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(10.7-12.7GHz)	要検討
公共一・般業務(固定) (12.2-12.5GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(10.7-12.7GHz)	要検討
静止衛星網(放送衛星・固定衛星)宇宙局 (11.7-12.7GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(10.7-12.7GHz)	無線通信規則 5.487A、22.2 条に基づき、非静止衛星システムは静止衛星網(固定衛星、放送衛星)からの干渉保護を求めているとされていることから、検討は不要。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(14.0-14.5GHz)	電気通信業務(固定・移動) (14.4-15.25GHz)	要検討
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(14.0-14.5GHz)	静止衛星網(固定衛星)宇宙局 (14.0-14.5GHz)	無線通信規則 22 条の EFPD 制限の遵守により保護が行われるため、事業者間で適切に対応。
電気通信業務(固定・移動) (14.4-14.5GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(14.0-14.5GHz)	要検討

静止衛星網(固定衛星)地球局 (14.0-14.5GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(14.0-14.5GHz)	無線通信規則 5.484A、22.2 条 に基づき、非静止衛星システム は静止衛星網(固定衛星、放送 衛星)からの干渉保護を求めて はならないとされていることから、 検討は不要。
----------------------------------	---	--

Ku 帯非静止衛星通信システム(500km)が使用するフィーダリンク周波数(Ka 帯: 17.8-18.6/18.8-19.3GHz、27.5-29.1/29.5-30.0GHz。四角枠で示した箇所。の我が国の利用状況を図 2-2 に示す。

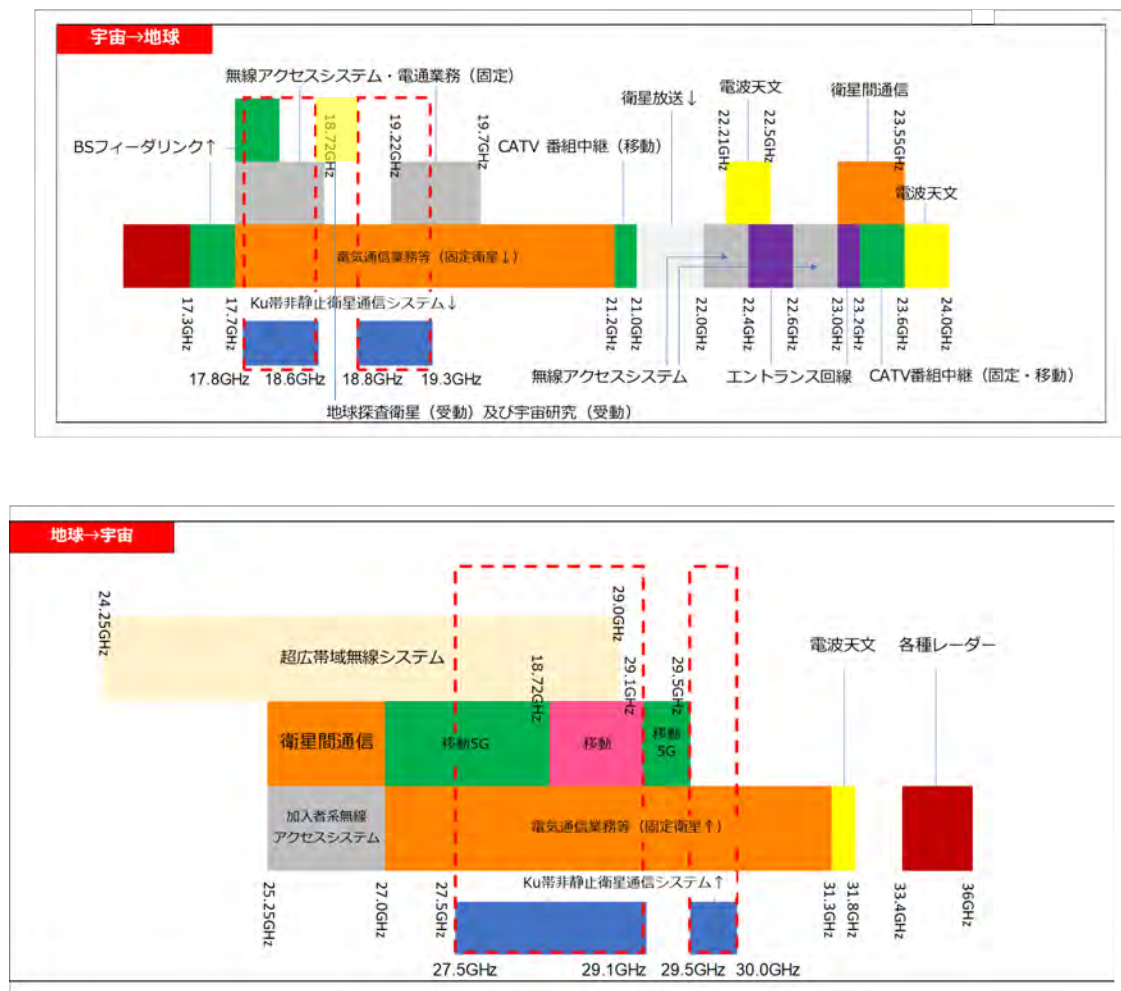


図 2-2 我が国における Ka 帯の周波数使用状況

Ka 帯における共用検討が必要となる対象システムとの組み合わせを、表 2-2

のとおり分析した。

表 2-2 Ka 帯における共用検討対象システムの分析

与干渉	被干渉	分析
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km)フィーダリンク宇宙局 (17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	静止衛星網(固定衛星)地球局 (17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	17.6-18.6GHz は無線通信規則 22 条の EPFD 制限の遵守によ り保護が行われる。また、18.8- 19.3GHz は無線通信規則に基 づく国際調整により共用が図ら れるため、事業者間で適切に 対応。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km)フィーダリンク宇宙局 (17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	静止衛星網(放送衛星)宇宙局 (17.8-18.4GHz)	17.8-18.4GHz は無線通信規則 22 条の EPFD 制限の遵守によ り保護が行われるため、検討は 不要。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km)フィーダリンク宇宙局 (17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	無線アクセスシステム・ 電気通信業務(固定) (17.7-18.72/19.22-19.7GHz)	無線通信規則 21 条の PFD 制 限の遵守により保護が行われ るため、検討は不要。
静止衛星網(固定衛星)宇宙局 (17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク地球局(17.8- 18.6/18.8-19.3GHz)	17.8-18.6GHz は無線通信規則 22.2 条に基づき、非静止衛星 システムは静止衛星網(固定衛 星、放送衛星)からの干渉保護 を求めてはならないとされてい る。また、18.8-19.3GHz は無線 通信規則に基づく国際調整に より共用が図られるため、検討 は不要。
無線アクセスシステム・ 電気通信業務(固定) 17.7-18.72/19.22-19.7GHz	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク地球局(17.8- 18.6/18.8-19.3GHz)	要検討
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km)フィーダリンク宇宙局 (17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	地球探査衛星業務(受動) (18.6-18.8GHz)	要検討。ただし、Ku 帯非静止衛 星通信システム(500km) の利 用周波数は当該周波数の隣接 にあたる。
Ku 帯非静止衛星通信システム	第5世代移動通信システム	要検討

(500km) フィーダリンク地球局 (27.5- 29.1/29.5-30GHz)	(27.5-29.5GHz)	
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク地球局 (27.5- 29.1/29.5-30GHz)	静止衛星網(固定衛星)宇宙局 (27.5-29.1/29.5-30GHz)	28.6-29.1GHz は無線通信規則 に基づく国際調整により共用が 図られる。その他周波数は無 線通信規則 22 条の EPFD 制 限の遵守により保護が行われ るため、事業者間で適切に対 応。
第5世代移動通信システム (27.5-29.5GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km)フィーダリンク宇宙局 (27.5-29.1/29.5-30GHz)	要検討
静止衛星網(固定衛星)地球局 (27.5-29.1/29.5-30GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km)フィーダリンク宇宙局 (27.5-29.1/29.5-30GHz)	28.6-29.1GHz は無線通信規則 に基づく国際調整により共用が 図られる。その他周波数は無 線通信規則 22.2 条に基づき、 非静止衛星システムは静止衛 星網(固定衛星、放送衛星)か らの干渉保護を求めてはならな いとされているため、検討は不 要。

2. 2 他の無線システムとの周波数共用

前項の表 2-1、表 2-2 の分析に基づき、検討要とした Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) と同一周波数、隣接周波数帯を使用する無線システムを対象に干渉検討を行った。一部の無線システムは参考資料 2 に示す通り、欧州郵便電気通信主管庁会議 (CEPT) 内の電気通信委員会 (ECC) において、Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) との干渉検討が実施されていることから、我が国の無線システムとの干渉検討も当該検討結果 (ECC Report 271) に包含可能であるかの観点で検討を実施している。なお、検討結果の詳細は参考資料 3 に示す。

2. 2. 1 電波天文業務

2. 2. 1. 1 電波天文業務の概要

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。

2. 2. 1. 2 Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局 (10.7–12.7GHz) から電波天文業務 (10.6–10.7GHz) への干渉検討

ECC Report 271 の検討結果に包含することが可能であるかとの観点で検討を実施した。ECC Report 271 では、電波天文業務の干渉基準として等価電力束密度 (EPFD) 閾値である $-239.4 \text{ dB (W/m}^2\text{/100MHz)}$ 、勧告 ITU-R RA. 1513 で規定される許容データ損失 2%以下を採用している。また、アンテナパターンは勧告 ITU-R RA. 1631 より最大利得 81dBi (ドイツの Effelsberg 100m 級アンテナのアンテナ利得) を用いている。電波天文業務アンテナ付近で Ku 帯の最も低いチャネル (10.7–10.95GHz) は使用せず、10.6–10.7GHz 帯における最大不要発射 EIRP 値 -142dBW/Hz (当初 12 回で打ち上げる衛星)、 -155dBW/Hz (13 回目以降で打ち上げる衛星) を満たすことで、勧告 ITU-R RA. 1513 の基準である 2%以下のデータ損失を達成する結果となった。また、同様のシミュレーションを欧州、ロシア、トルコの 21 局の電波天文業務のアンテナについても実施し、2%以下のデータ損失を達成している。

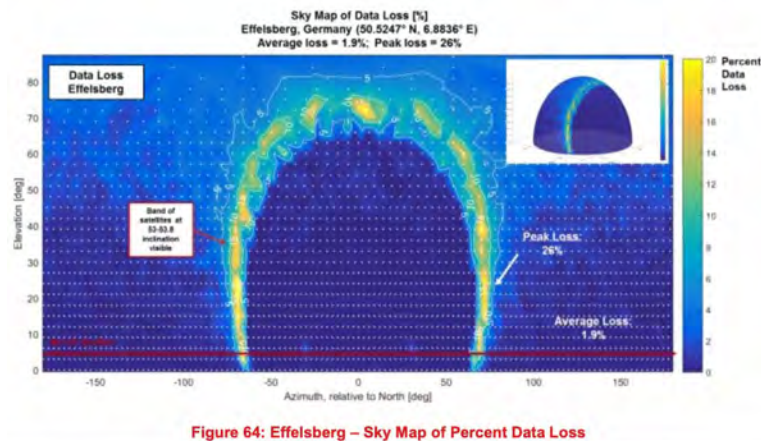


図 2-3 ドイツの Effelsberg の 100m アンテナを利用して検討結果

しかし、本来あるべき電波天文の EPFD 干渉閾値は勧告 ITU-R RA. 769 の電力束密度 (PFD) 閾値に相当する $-241 \text{ dB (W/m}^2\text{/100MHz)}$ であるために ECC Report 271 の検討結果にそのまま包含することはできないことから、この EPFD 干渉閾値を用いて干渉を受ける国内電波天文局に対しても個別に評価を行った。結果として電波天文局付近を衛星のビームが照射する場合には

- ・ Ku 帯の最も低いチャネル (10.7–10.95GHz) は使用しない
- ・ フィルタ挿入を行う

- ・ 10.6-10.7GHz 帯における最大不要発射 EIRP 値は ECC Report 271 同様に-142dBW/Hz（当初 12 回で打ち上げる衛星）、-155dBW/Hz（13 回目以降で打ち上げる衛星）に制限する

という条件において勧告 ITU-R RA. 1513 で規定される許容データ損失 2%以下を達成した。従って、この条件で運用することにより国内の電波天文の保護は可能と結論できる。

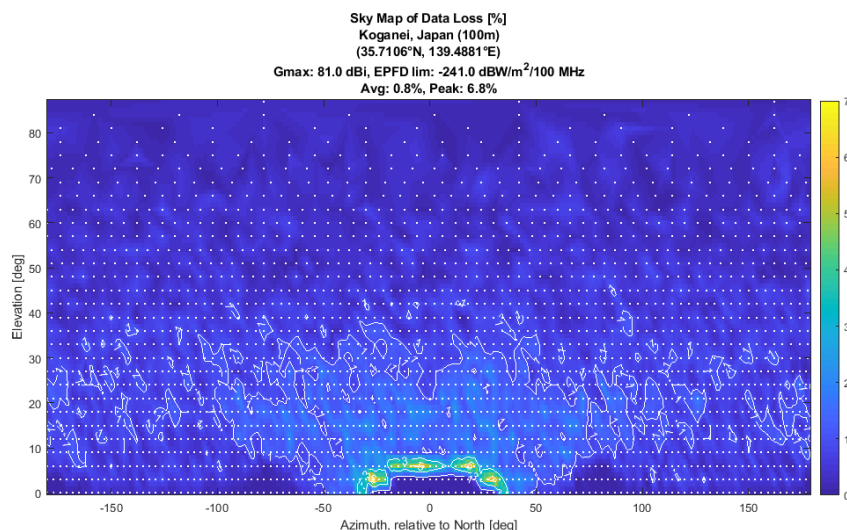


図 2-4 国内（小金井）のアンテナを利用して検討した結果

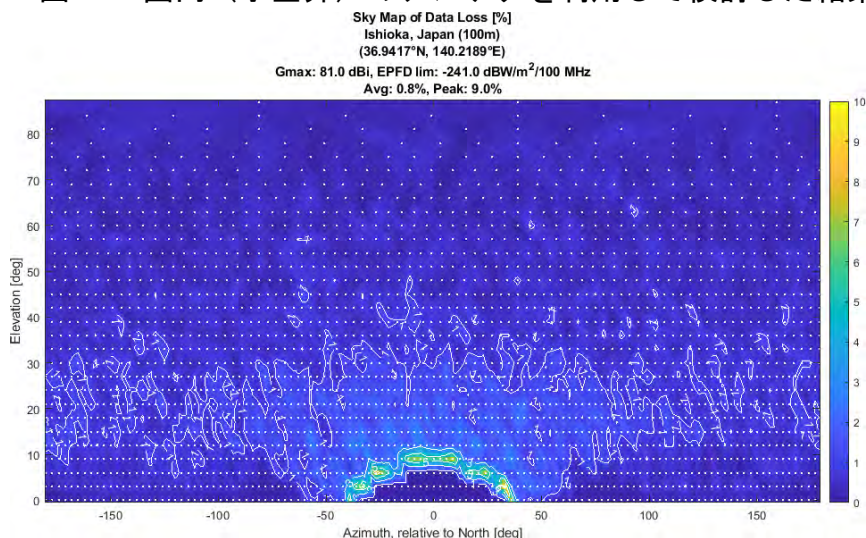


図 2-5 国内（石岡）のアンテナを利用して検討した結果

2. 2. 2 地球探査衛星業務（受動）

2. 2. 2. 1 地球探査衛星業務（受動）の概要

地球を周回する受動検知器を用いて取得した地球の特性およびその自然現象に関する情報を関係通信網の地球局に配布するためのシステムである。

2. 2. 2. 2 Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局 (10.7-12.7GHz) から地球探査衛星業務 (受動) (10.6-10.7GHz) への干渉検討

ECC Report 271 の検討結果に包含することが可能であるかとの観点で検討を実施した。干渉計算の前提として、2. 2. 1 電波天文業務を保護する EIRP 制限と同じ条件で地球探査衛星業務 (受動) をも保護できるかを検討している。この検討結果においては、勧告 ITU-R RS. 1861 のセンサに関する検討 (直接波からの干渉ならびに海上からの反射による干渉) を行っている。

表 2-3 は勧告 ITU-R RS. 1861 のセンサに対する直接波からの干渉結果を示す。ここで、一つの軌道面において衛星間の距離は数百～千 km であるため、同じ軌道上の衛星が 2 機以上同時に瞬時可視範囲の間に 2 機以上同時に入ることはないが、可能性としては高高度の衛星と低高度の衛星 2 基が瞬時可視範囲を一瞬交差する場合があります、この場合干渉量は瞬間的に 3dB 増加するが、この場合であっても地球探査衛星業務 (受動) は保護可能であると結論できる。

表 2-3 ECC Report 271 における検討結果 (直接波による干渉)

Parameter	Value					Unit
	Sensor C1	Sensor C2	Sensor C3	Sensor C4	Sensor C5	
	Mainbeam					
Worst e.i.r.p. (one satellite)	-62.0	-62.0	-62.0	-62.0	-62.0	dBW/(100 MHz)
EESS gain	36	42.3	45	36	44.1	dBi
EESS altitude	817	705	833	835	699.6	km
SpaceX orbit altitude	570	570	570	570	570	km
Min. Distance	247.0	135.0	263.0	265.0	129.6	km
Min. Propagation Loss	160.8	155.6	161.4	161.5	155.2	dB
Max. Interference	-186.9	-175.3	-178.4	-187.5	-173.2	dBW/(100 MHz)
Protection Criterion	-166	-166	-166	-166	-166	dBW/(100 MHz)
Margin	20.9	9.3	12.4	21.5	7.2	dB

表 2-4 は勧告 ITU-R RS. 1861 のセンサに対する海上からの反射による干渉結果を示す。瞬時視野 (Instantaneous field of view: IFOV) 861km (41km×21km) に照射される電波からの影響を計算しているが、結果として、電波天文保護のための不要発射制限値を満たすことで、地球探査衛星業務 (受動) の保護も可

能（60dB 以上のマージン）という結果であり、地球探査衛星業務（受動）は保護可能であると結論できる。

表 2-4 ECC Report 271 における検討結果（海上からの反射による干渉）

Parameter ^{*)}	Sensor C1 ^{*)}	Sensor C2 ^{*)}	Sensor C3 ^{*)}	Sensor C4 ^{*)}	Sensor C5 ^{*)}
Worst e.i.r.p. (dBW/(100 MHz)) ^{*)}	-62.0 ^{*)}	-62.0 ^{*)}	-62.0 ^{*)}	-62.0 ^{*)}	-62.0 ^{*)}
NGSO FSS satellite altitude (km) ^{*)}	550 ^{*)}	550 ^{*)}	550 ^{*)}	550 ^{*)}	550 ^{*)}
pfd (dBW/m ² /(100 MHz)) ^{*)}	-187.8 ^{*)}	-187.8 ^{*)}	-187.8 ^{*)}	-187.8 ^{*)}	-187.8 ^{*)}
Instantaneous field of view (km ²) ^{*)}	1680.0 ^{*)}	1479.0 ^{*)}	1344.0 ^{*)}	13452.0 ^{*)}	861.0 ^{*)}
Backscatter coefficient (%) ^{*)}	120 ^{*)}	120 ^{*)}	120 ^{*)}	120 ^{*)}	120 ^{*)}
Reflected power (dBW/(100 MHz)) ^{*)}	-94.8 ^{*)}	-95.3 ^{*)}	-95.8 ^{*)}	-85.8 ^{*)}	-97.7 ^{*)}
Distance ground - Satellite EEES-passive (km) ^{*)}	1221.7 ^{*)}	1123.5 ^{*)}	2033.7 ^{*)}	1766.1 ^{*)}	1114.9 ^{*)}
Propagation loss (dB) ^{*)}	174.7 ^{*)}	174.0 ^{*)}	179.2 ^{*)}	177.9 ^{*)}	173.9 ^{*)}
EEES antenna gain (dBi) ^{*)}	36.0 ^{*)}	42.3 ^{*)}	45.0 ^{*)}	36.0 ^{*)}	44.1 ^{*)}
Received power at the passive sensor (dBW/(100 MHz)) ^{*)}	-233.5 ^{*)}	-227.0 ^{*)}	-229.9 ^{*)}	-227.7 ^{*)}	-227.5 ^{*)}
Protection criterion (dBW/(100 MHz)) ^{*)}	-166 ^{*)}	-166 ^{*)}	-166 ^{*)}	-166 ^{*)}	-166 ^{*)}
Margin (dB) ^{*)}	67.5 ^{*)}	61.0 ^{*)}	63.9 ^{*)}	61.7 ^{*)}	61.5 ^{*)}

2. 2. 3 電気通信業務（固定・移動）、公共・一般業務（固定）

2. 2. 3. 1 電気通信業務（固定・移動）（10.7-11.7GHz）、公共・一般業務（固定）（12.2-12.5GHz）

2. 2. 3. 1. 1 電気通信業務（固定・移動）（10.7-11.7GHz）、公共・一般業務（固定）（12.2-12.5GHz）の概要

電気通信業務（固定・移動）は電気通信事業者が、主に携帯電話等の基地局エントランス、災害等発生時の伝送路の救済や確保のために、臨時回線を構築する目的やイベント等開催時に、現地からの臨時映像を伝送するために利用している。平成 30 年度電波の利用状況調査の結果では 3,523 局が存在している。

公共・一般業務（固定）は、主に公益事業者、国及び地方公共団体が、音声、データ及び画像（映像を含む）などの多様な情報を伝送するために利用している。平成 30 年度電波の利用状況調査の結果では 1,307 局が存在している。

2. 2. 3. 1. 2 電気通信業務（固定・移動）（10.7-11.7GHz）、公共・一般業務（固定）（12.2-12.5GHz）から Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（10.7-12.7GHz）への干渉検討

一対一干渉シナリオにて所要改善量を算出した結果、電気通信業務（固定・移動）で184dB、公共・一般業務（固定）で178dBとなった。本所要改善量を満たす所要離隔距離は、ITU-R勧告P. 452-16を用いて電気通信業務（固定・移動）は46～58km、公共・一般業務（固定）で42～53kmとなった。

前項に示した通り、電気通信業務（固定・移動）、公共・一般業務（固定）と共に多くの局が存在すること、また電気通信業務（移動）は運用場所を特定できないことから、上記の離隔距離を確保しつつKu帯非静止衛星通信システム（500km）地球局を運用することは困難である。なお、公共・一般業務については、設置場所等の詳細情報自体が取得困難である。

欧州での検討結果は「固定局の干渉から保護を要求しない」とされており、国内においても電気通信業務（固定・移動）、及び公共・一般業務（固定）からの干渉に対して保護を求めない運用が適当と考えられる。

ただし、実際の運用に際して、地球局設置場所の干渉波測定を踏まえたサイトエンジニアリング等の実施、また電気通信業務（固定・移動）の実際の周波数利用状況より、多くの固定局と重複する周波数の利用を回避するようKu帯非静止衛星通信システム（500km）側で適切な周波数利用設計を行う等の工夫により干渉の低減が可能となる。それでも周波数が重複する少数の固定局からの干渉が発生する可能性があるが、Ku帯非静止衛星通信システム（500km）では1チャンネルあたり250MHz幅のキャリアが10.7-12.7GHz帯に8チャンネル存在し、その中から1チャンネルの選択を行い運用しており、ある時間で干渉を検知すると他の利用可能なチャンネルに回避することになるため、通信サービスへ干渉の影響を受けないよう運用を行うことが可能と考えられる。

2. 2. 3. 2 電気通信業務（固定・移動）（14.4-15.25GHz）

2. 2. 3. 2. 1 電気通信業務（固定・移動）（14.4-15.25GHz）の概要
11GHz帯と同様、電気通信事業者が、主に携帯電話等の基地局エントランス、災害等発生時の伝送路の救済や確保のために、臨時回線を構築する目的やイベント等発生時に、現地からの臨時映像を伝送するために利用している。

2. 2. 3. 2. 2 Ku帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（14.0-14.5GHz）から電気通信業務（固定・移動）（14.4-15.25GHz）への干渉検討

Ku帯非静止衛星通信システム（500km）の地球局（陸上：移動中に運用を行う地球局を除く。）と移動地球局（船舶、航空機）毎に干渉検討を実施した。Ku帯非静止衛星通信システム（500km）の移動地球局（船舶、航空機）から電気通信業務（固定・移動）への干渉検討はECC Report 271の検討結果に包含することが可能であるかとの観点で検討を実施した。

(1) Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局 (陸上) から電気通信業務 (固定・移動) への干渉

端末の特性に基づき、水平方向 EIRP $-27.3\text{dBW}/40\text{kHz}$ 、アンテナ高 1.5m、10m を与干渉パラメータとして、一対一干渉シナリオにて所要改善量を算出した結果、Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局 (陸上) が電気通信業務 (固定、移動) と同一の周波数を用いる場合で 187dB、本所要改善量を満たす所要離隔距離は、ITU-R 勧告 P.452-16 を用いて 46~57km となった。

このように Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局 (陸上) が電気通信業務 (固定) と同一の周波数を用いる場合は設置の場所や条件により離隔距離が異なるため、実際の運用に際しては、各固定局に対して除外ゾーンを設け、当該ゾーン内で地球局は固定局と同一周波数の送信を行わないという対応により、周波数共用が可能であると考えられる。

また、電気通信業務 (移動) は運用場所を特定出来ないことから、上記の離隔距離を確保しつつ Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局を運用することは困難である。一方で、電気通信業務 (移動) は、災害発生時やイベント等の開催時の臨時回線を目的として利用されていることから、移動局の利用時には、周辺の Ku 帯非静止衛星システム地球局から干渉を与えないような措置 (対象周波数の利用禁止等、具体的には関係する事業者間で予め調整) を行うことにより共用は可能と考えられる。

なお、除外ゾーンの調整や具体的な発射停止方法については、事業者間の運用調整により行われることが想定される。

また、隣接周波数共用について分析した。14-14.4GHz を用いる VSAT 地球局の不要発射強度は、平成 17 年総務省告示第 1228 号にて規定されている。また、平成 21 年情報通信審議会報告 (VSAT 高度化) の VSAT 地球局パラメータより、アンテナのサイドローブ利得は -10dBi ($\theta > 25^\circ$) であることから、不要発射 EIRP は $-29\text{dBW}/\text{MHz}$ と考えられる。

一方、欧州電気通信標準化機構で規格化された ETSI EN303 981 にて、Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局の軸外不要発射強度規定は $95\text{dBpW}/10\text{MHz}$ または $71\text{dBpW}/\text{MHz}$ 、即ち $-35\text{dBW}/\text{MHz}$ または $-49\text{dBW}/\text{MHz}$ (EIRP) と規定されており上記の VSAT 不要発射強度を下回る。

従って、Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局の不要発射強度は ETSI 規格に準拠することで、隣接周波数 (スプリアス領域) を用いる電気通信業務 (固定) の保護が可能と考えられる。

他方、当該 ETSI 規格においては、搬送波の中心周波数から 125MHz 以下の範

囲で上記地球局の軸外不要発射強度規定（95dBpW/10MHz または 71dBpW/MHz）を超え、VSAT 不要発射強度を上回ることがあるため、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（陸上）が 14.0-14.4GHz を用いる場合は 14.4-14.5GHz 帯を用いる電気通信業務（固定・移動）と運用前に包括的な調整を行うことにより共用が可能である。なお、地球局（航空機・船舶）が 14.0-14.4GHz を用いる場合においても 14.4-14.5GHz 帯を用いる電気通信業務（固定・移動）とは運用前に包括的な調整を行うことにより共用が可能である。また Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（陸上）が 14.4-14.5GHz を用いる場合は 14.5-14.6GHz を用いる電気通信業務（固定局・移動局）とは運用前に地球局個別に調整を行うことにより共用が可能である。なお、地球局（航空機・船舶）が 14.4-14.5GHz を用いる場合においても 14.5-14.6GHz を用いる電気通信業務（固定局・移動局）とは運用前に地球局個別に調整を行うことにより共用が可能である。

（２）Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（航空機）から電気通信業務（固定・移動）への干渉

ECC Report 271 ならびに ECC Decision 18(05)において、14.4-14.5GHz を利用する固定局の保護基準を ECC Report 026 に基づく $I/N = -20\text{dB}$ （時間率 20%）として、当該保護基準を満たすための PFD 制限（表 2-5）が規定されている。

表 2-5 固定局保護のための Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（航空機）の PFD マスク

水平方向を基準とした電波の到来角(θ)	PFD (dBW/m ² ・Hz)
$\theta \leq 5^\circ$	-122
$5^\circ < \theta \leq 40^\circ$	$-127 + \theta$
$40^\circ < \theta \leq 90^\circ$	-87

ここで、以下の観点から我が国の電気通信業務（固定・移動）との共用は ECC Report 271 の検討結果に包含することが可能と考えられる。

- 欧州の検討では、日本より高緯度の北緯 45° での検討を行っている。高緯度では非静止衛星が多く見えることから、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（航空機）の同一周波数による同時送信数が国内より多くなるため、より厳しい条件（与干渉送信電力観点）で共用検討を実施。
- 電気通信業務（移動）は臨時運用を目的とした回線であり、固定通信シス

テムと同様な技術特性となっているため、固定局との共用検討に包含することが可能。

- 但し、電気通信業務（固定）の局を設置する海拔高によっては、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（航空機）が近接するケースでは PFD マスクが適切に機能しない場合が想定される、その際は Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（陸上）同様に近傍での電波発射停止措置等による対策が必要。

以上を踏まえ、欧州の PFD 規定、及び事業者間運用調整により、国内の電気通信業務（固定・移動）との共用は可能と考えられる。

（３）Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（船舶）から電気通信業務（固定・移動）への干渉

ECC Report 271 ならびに ECC Decision 18(05)において Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（船舶）から 14.4-14.5GHz を利用する固定局保護のための PFD 制限（低潮線から海拔 80m 地点において $-116 \text{ dBW/m}^2 \cdot \text{Hz}$ ）が規定されている。

ここで、以下の観点から我が国の電気通信業務（固定・移動）との共用は ECC Report 271 の検討結果に包含することが可能と考えられる。

- 欧州の検討は伝搬モデルに海上プロファイルを利用していることから、地理的特性に影響しない
- 電気通信業務（移動）は臨時運用を目的とした回線であり、固定通信システムと同様な技術特性となっているため、固定局との共用検討に包含することが可能
- 但し、瀬戸内海等の内海での運用では PFD 制限の適用が困難であるため、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（陸上）同様に近傍での電波発射停止措置等による対策が必要

以上を踏まえ、欧州の PFD 規定、及び事業者間運用調整により、国内の電気通信業務（固定・移動）との共用は可能と考えられる。

2. 2. 3. 2. 3 電気通信業務（固定・移動）（14.4-15.25GHz）から Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）宇宙局（14.0-14.5GHz）への干渉検討

我が国で利用される電気通信業務（固定・移動）の無線局から、宇宙局に入

力される干渉電力による雑音温度増加率（ $\Delta T/T$ ）の評価を行った。
電気通信業務 1 台あたりの $\Delta T/T$ は 0.23% となる。ここで、平成 30 年度の電波の利用状況調査の結果より全国の 15GHz 帯 FWA は 1,798 局であるが（移動局数は 72 局存在するが、より利用数の多い固定局で検討を実施）、これらの無線局が 14.4~15.25GHz 帯において均等に周波数を利用していると仮定すると 212 台（ $1798 \times (14.5 - 14.4) / (15.25 - 14.4)$ ）と推計できる。また、勧告 ITU-R S.1528 において、メインローブとサイドローブのクロスポイントは 4.8° との記載があり、本検討ではその範囲内を対象とするビーム範囲とする。高度 550km の位置に衛星が位置し、ビーム幅 4.8° で照射すると、地表にはおよそ半径 23km の円状のカバレッジエリアができる。当該カバレッジエリアの面積は $1,661\text{km}^2$ となり、日本の全面積 $377,900\text{km}^2$ のおよそ 0.0044 の割合であることから、全台による干渉雑音増加率は 0.21%（ $\Delta T/T \times 212 \text{ (台)} \times 0.0044$ ）となり、無線通信規則付録第 5 号の 6% を下回ることから共用は可能と考えられる。

2. 2. 4 無線アクセスシステム・電気通信業務（固定）

2. 2. 4. 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は、公益事業者、国及び地方公共団体が、音声、データ及び画像（映像を含む）などの多様な情報を伝送するため使用している。具体的には、主に自治体が構築する地域公共ネットワークの中継回線や、公共施設や災害現場等までのラストワンマイルとしてなど、条件不利地域等におけるブロードバンド化のために利用されている。

また、電気通信業務（固定）は、電気通信事業者が電気通信業務用の無線局の免許を受け、概ね 10 数 km までのスパンに応じた伝送（25~150Mbps）に利用している。

2. 2. 4. 2 無線アクセスシステム・電気通信業務（固定）（17.7-18.72/19.22-19.7GHz）から Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）フィーダリンク地球局（17.8-18.6/18.8-19.3GHz）への干渉検討

Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）のフィーダリンク地球局は、我が国で 10 局程度設置されることが計画されている。設置場所に応じた個別の対応が可能なため、設置の際は候補地周辺の干渉状況に応じて防護壁を設置するなどの措置で干渉を回避することにより共用が可能と考えられる。また、設置後は既存の地球局と同様の調整スキームを適用することにより、後発の無線アクセスシステム・電気通信業務（固定）との周波数共用が可能と考えられる。

2. 2. 5 地球探査衛星業務（受動）

2. 2. 5. 1 地球探査衛星業務（受動）の概要

地球を周回する受動検知器を用いて取得した地球の特性およびその自然現象に関する情報を関係通信網の地球局に配布するためのシステムである。

2. 2. 5. 2 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）宇宙局（17.8-18.6/18.8-19.3GHz）から地球探査衛星業務（受動）（18.6-18.8GHz）への干渉検討

18.6-18.8GHz に関しては、地球探査衛星業務（受動）とともに、固定業務、固定衛星業務（宇宙から地球）及び移動業務（航空移動業務を除く。）にも一次分配がなされているため、10.68-10.7GHz の場合とは異なり、地球探査衛星業務（受動）は、この帯域においては、他の能動業務と周波数を共用していることとなる。また、18.6-18.8GHz においては、同一帯域に分配されている固定衛星業務から地球探査衛星業務（受動）を保護するため、無線通信規則 21.16.2 により、この帯域で運用されている固定衛星業務用の衛星に対して、200MHz 当たり、地表面での PFD 値が -95 dBW/m² を超えないように規定がなされている。このような状況を踏まえ、ECC では、周波数の分配がある 17.7-18.6GHz 及び 18.8-19.3GHz において固定衛星業務を行う非静止衛星と、隣接帯域である 18.6-18.8GHz で運用されている地球探査衛星業務（受動）との間での干渉検討については、行っていない。また、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）は、軌道高度が約 550km であることを踏まえ、上記の PFD 制限値を衛星からの EIRP に換算すると 30dBW/200MHz となる。一方で、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）の EIRP は -54.3 dBW/Hz であるため、これを 200MHz に換算した場合には 28.7dBW/200MHz となるが、この値は、上記の PFD 制限値から換算した EIRP よりも低いものとなっている。さらに、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）は、18.6-18.8GHz の地球探査衛星業務（受動）と同一帯域ではなく、隣接帯域を利用することを考慮すると帯域外輻射は 35dB 以上低く -6.3 dBW/200MHz となることから 18.6-18.8GHz 帯の PFD 制限値に対し 36dB 以上のマージンが見込まれるため、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）から地球探査衛星業務（受動）には影響がないものと結論できる。

2. 2. 6 第 5 世代移動通信システム（5G）

2. 2. 6. 1 5G の概要

5G は 4G を発展させた「超高速」だけでなく、「多数接続」、「超低遅延」といった新たな機能を持つ次世代の移動通信システムであり、IoT 時代に、多種多様なネットワークを包含する総合的な ICT 基盤を提供するものである。

2. 2. 6. 2 Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク地球局 (27.5-29.1/29.5-30GHz) から 5 G (27.5-29.5GHz) への干渉

フィーダリンク地球局と 5 G システム (5 G 携帯電話とローカル 5 G は区別せず、包括的に検討) とは、ある地域 (山口県と北海道) における地形を考慮した検討の結果、フィーダリンク地球局の近傍 (2.5~8.4km 程度以内の数地点) を除いて 5 G 基地局の許容干渉電力を満たす結果となった。したがって、本離隔距離を考慮した上で、フィーダリンク地球局の近傍において干渉が大きくなる地点には 5 G 基地局を設置しない、あるいは 5 G 基地局の近傍において干渉が大きくなる地点にはフィーダリンク地球局を設置しない等の必要な対策を取れば、同一周波数干渉の条件を含めて共用は可能と考えられる。また、5 G 基地局がフィーダリンク地球局の周辺に設置されていなければ、陸上移動局がフィーダリンク地球局の近傍で通信を行うこともないことから、陸上移動局との共用も可能と考えられる。

なお、5 G 携帯電話については、その導入の際の衛星通信システムとの共用検討の結果、電波法関係審査基準の別紙 1 第 25 地球局及び携帯基地地球局において、以下のとおり規定されている。

3 27.0GHz から 31.0GHz までの周波数の電波を送信する地球局及び携帯基地地球局である場合は、27.0GHz から 28.2GHz まで又は 29.1GHz から 29.5GHz までの周波数を使用する電気通信業務の無線局 (携帯無線通信を行う既設のもの (予備免許を受けているものを含む。) に限る。) 及び法第 27 条の 13 第 1 項の規定に基づく認定 (27.0GHz から 28.2GHz まで又は 29.1GHz から 29.5GHz までの周波数を指定しているものに限る。) を受けた開設計画 (法第 27 条の 14 第 1 項の規定による変更の認定があったときは、その変更後のもの) に基づき当該認定の有効期間中に開設される特定基地局 (既設のもの (予備免許を受けているものを含む。) を除く。) の免許人との間で周波数の共用について合意していること。ただし、当該地球局及び携帯基地地球局が当該電気通信業務の無線局及び当該特定基地局へ混信その他の妨害を与えないことが明らかであるときは、この限りでない。

2. 2. 6. 3 5 G (27.5-29.5GHz) から Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク宇宙局 (27.5-29.1/29.5-30GHz) への干渉

本検討で想定した5G基地局諸元（参考資料2の2.9項）に基づけば、低仰角の条件でクラッタ損を考慮しない場合には約8,500局の5G基地局を設置すると非静止衛星の許容干渉電力に到達するが、これらの低仰角の条件ではクラッタ損を期待できるため、その場合には十分な数（数万局程度）の5G基地局を設置できるとの結果が得られた。陸上移動局からの干渉影響は、5G基地局からの干渉影響に比較して、大幅に増加することはないものと考えられる。

同一周波数の条件を含めて5Gシステムと非静止衛星との共存を実現するには、5G基地局の設置状況を適切に管理していく必要がある。

従って、5G基地局の設置状況を適切に管理することにより共用が可能と考えられる。

2. 2. 7 検討結果まとめ

Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）の導入可能性を評価するため、他の無線システムとの周波数共用検討を行った。そのまとめを表 2-6、2-7 に示す。

表 2-6 周波数共用検討まとめ（Ku 帯）

与干渉	被干渉	周波数共用
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(10.7-12.7GHz)	電波天文 地球探査衛星業務(受動) (10.6-10.7GHz)	フィルタ挿入等に加え、電波天文の最隣接チャネルの発射停止等により、電波天文保護のための不要発射制限値を満たすことで、国内の電波天文の保護は可能。また、同様の条件で地球探査衛星業務(受動)の保護は可能。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(10.7-12.7GHz)	電気通信業務(固定・移動) (10.7-11.7GHz)	無線通信規則 21 条の電力束密度(PFD)制限の遵守により共用は可能。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(10.7-12.7GHz)	公共一・般業務(固定) (12.2-12.5GHz)	
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(10.7-12.7GHz)	静止衛星網(放送衛星・固定衛星)地球局 (11.7-12.75GHz)	無線通信規則 22 条に EPFD 制限の遵守(※1)が定められており、また、無線通信規則

		5.487A によって静止衛星網(放送衛星)に対して許容できない干渉があれば直ちに除去しなければならないため、これらの遵守により共用は可能。
電気通信業務(固定・移動) (10.7-11.7GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(10.7-12.7GHz)	既存システムの干渉から保護を要求しないが、Ku 帯非静止衛星通信システム(500km)側の対処により、運用は可能。
公共一般業務(固定) (12.2-12.5GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(10.7-12.7GHz)	
静止衛星網(放送衛星・固定衛星)宇宙局 (11.7-12.7GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(10.7-12.7GHz)	無線通信規則 5.487A、22.2 条に基づき、非静止衛星システムは静止衛星網(固定衛星、放送衛星)からの干渉保護を求めない。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(14.0-14.5GHz)	電気通信業務(固定・移動) (14.4-15.25GHz)	- 地球局(陸上): 事業者間調整(※2)により共用可能。 - 地球局(航空機・船舶): 欧州の PFD 規定を満たすこと、及び事業者間調整(※2)により共用は可能。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局(14.0-14.5GHz)	静止衛星網(固定衛星)宇宙局 (14.0-14.5GHz)	無線通信規則 22 条の EPFD 制限の遵守(※1)により共用は可能。
電気通信業務(固定・移動) (14.4-14.5GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(14.0-14.5GHz)	共用可能
静止衛星網(固定衛星)地球局 (14.0-14.5GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 宇宙局(14.0-14.5GHz)	無線通信規則 5.487A、22.2 条に基づき、非静止衛星システムは静止衛星網(固定衛星、放送衛星)からの干渉保護を求めない。

※1 単一の ITU 調整/通告資料で公表された結果およびその妥当性について事業者間で確認されていること。

※2 地球局が 14.4-14.5GHz を用いる場合は 14.5-14.6GHz を用いる電気通信業務（固定局・移動局）と運用前に地球局個別に調整を行うことにより共用可能である。

表 2-7 周波数共用検討まとめ（Ka 帯）

与干渉	被干渉	分析
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク宇宙局(17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	静止衛星網(固定衛星)地球局 (17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	17.8-18.6GHz は無線通信規則 22 条の EPFD 制限の遵守(※1)により、18.8-19.3GHz は無線通信規則に基づく国際調整により共用が可能。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク宇宙局(17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	静止衛星網(放送衛星)宇宙局 (17.8-18.4GHz)	17.8-18.4GHz は無線通信規則 22 条の EPFD 制限の遵守により保護が行われるため、共用が可能。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク宇宙局(17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	無線アクセスシステム・ 電気通信業務(固定) (17.7-18.72/19.22-19.7GHz)	無線通信規則 21 条の PFD 制限の遵守により保護が行われるため、共用が可能。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク宇宙局(17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	地球探査衛星業務(受動) (18.6-18.8GHz)	無線通信規則 21.16.2 に規定される PFD 制限値を下回ることにより保護が行われるため、共用が可能。
静止衛星網(固定衛星)宇宙局 (17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク地球局(17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	17.6-18.6GHz は無線通信規則 22.2 条に基づき、非静止衛星システムは静止衛星網(固定衛星、放送衛星)からの干渉保護を求めない。 18.8-19.3GHz は無線通信規則に基づく国際調整により共用が可能。
無線アクセスシステム・ 電気通信業務(固定) 17.7-18.72/19.22-19.7GHz	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク地球局(17.8-18.6/18.8-19.3GHz)	候補地周辺の干渉状況に応じた個別の対応(防護壁を設置するなどの措置)で干渉を回避することにより共用が可能。
Ku 帯非静止衛星通信システム	第5世代移動通信システム	電波法関係審査基準に基づく

(500km) フィーダリンク地球局(27.5- 29.1/29.5-30GHz)	(27.5-29.5GHz)	事業者間調整等により共用が 可能。
Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク地球局(27.5- 29.1/29.5-30GHz)	静止衛星網(固定衛星)宇宙局 (27.5-29.1/29.5-30GHz)	28.6-29.1GHz は無線通信規則 に基づく国際調整により、その 他周波数は無線通信規則 22 条の EPFD 制限の遵守(※1) により共用が可能。
第5世代移動通信システム (27.5-29.5GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク宇宙局(27.5- 29.1/29.5-30GHz)	5G 基地局の設置状況を適切 に管理することにより共用が可 能。
静止衛星網(固定衛星)地球局 (27.5-29.1/29.5-30GHz)	Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク宇宙局(27.5- 29.1/29.5-30GHz)	28.6-29.1GHz は無線通信規則 に基づく国際調整により共用が 可能。その他周波数は無線通 信規則 22.2 条に基づき、非静 止衛星システムは静止衛星網 (固定衛星、放送衛星)からの 干渉保護を求めない。

※1 単一の ITU 調整/通告資料で公表された結果およびその妥当性について
事業者間で確認されていること。

3 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）の無線設備の技術的条件

Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）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。具体的には以下の通りとすることが適当である。

3. 1 一般的条件

3. 1. 1 必要な機能

- (1) 送信する周波数や電力は、フィーダリンク地球局が送信する制御信号によって自動的に設定されるものであること。
- (2) 自局の通信の相手方である人工衛星局の方向を自動的に捕捉・追尾する機能を有すること。また、自動的に捕捉・追尾できなくなった場合に直ちに送信を停止できること。
- (3) フィーダリンク地球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。
- (4) 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フィーダリンク地球局が送信する信号を正常に受信できないときは、送信を自動的に停止する機能を有すること。
- (5) フィーダリンク地球局の制御により電波の発射を停止する機能を有すること。
- (6) 位置情報を測定してフィーダリンク地球局に送信する機能を有する等、他の無線局の運用に妨害を与えないための措置が講じられていること。

3. 1. 2 適用周波数帯

適用周波数帯は、地球から宇宙方向（アップリンク）には 14.0-14.5GHz 帯（Ku 帯）、宇宙から地球方向（ダウンリンク）には、10.7-12.7GHz 帯（Ku 帯）を使用することが適当である。なお、運用に当たっては、無線通信規則による国際調整結果を遵守すること。

3. 1. 3 通信方式

複信方式での利用が考えられるが、それ以外の利用形態も考えられることから、特定の方式に限定しないことが適当である。

3. 1. 4 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. 5 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. 6 電磁環境対策

移動しない地球局については、発射される電波の強度が基準値を超える場所取扱者のほか容易に出入りすることができないよう施設すること。

移動する地球局については、電波防護指針で定められた要求条件を満足すること。

3. 2 送信装置の条件

3. 2. 1 送信装置

（１） 空中線電力の許容偏差

無線設備規則第 14 条に規定されているとおり、空中線電力の許容偏差は、上限 50%、下限 50%であることが適当である。

（２） 周波数の許容偏差

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

（３） 占有周波数帯幅の許容値

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、無線局の免許の際に指定することが適当である。

（４） 不要発射の強度の許容値

不要発射の強度の許容値は、本システムを利用する欧州の地球局規格 ETSI EN 303 981 を考慮し、表 3-1、表 3-2 に示す軸外輻射不要発射の強度の許容値（空中線の最大指向方向から 7 度超の軸外輻射）とすることが適当である。ここで「送信不可状態」とは地球局が搬送波を送信できない状態、「送信状態」とは地球局が搬送波を送信できる状態で且つ送信中の場合、「送信停止状態」とは地球局が搬送波を送信できる状態で且つ送信していない場合を示す（以下同じ）。

表 3-1 送信不可状態の軸外不要発射の強度の許容値
(空中線の最大指向方向から 7 度超の軸外輻射)

周波数	EIRP	測定帯域幅
1.0～2.0 GHz	52 dBpW	1 MHz
2.0～10.7 GHz	58 dBpW	1 MHz
10.7～21.2 GHz	64 dBpW	1 MHz
21.2～60.0 GHz	70 dBpW	1 MHz

表 3-2 送信状態及び送信停止状態の軸外不要発射の強度の許容値
(空中線の最大指向方向から 7 度超の軸外輻射)

周波数	EIRP	測定帯域幅
1.0～2.0 GHz	53 dBpW	1 MHz
2.0～3.4 GHz	59 dBpW	1 MHz
3.4～10.7 GHz	65 dBpW	1 MHz
10.7～13.75 GHz	71 dBpW	1 MHz
13.75～14.0 GHz	95 dBpW (※)	10 MHz
14.50～14.75 GHz	95 dBpW (※)	10 MHz
14.75～21.2 GHz	71 dBpW	1 MHz
21.2～27.35 GHz	77 dBpW	1 MHz
27.35～27.50 GHz	85 dBpW	1 MHz
27.50～30.00 GHz	85 dBpW	1 MHz
30.00～31.00 GHz	85 dBpW	1 MHz
31.00～31.15 GHz	85 dBpW	1 MHz
31.15～60.0 GHz	77 dBpW	1 MHz

※ 14-14.5GHz の中で送信される搬送波の中心周波数から 125MHz 以下の範囲で、本許容値を上回ることが出来る。但し、FCC 規則 § 25.202(f) の帯域外領域における不要発射の規定に基づく以下の許容値を超えてはならない。

- ・ 中心周波数から帯域幅の 50%～100%の範囲において、必要周波数帯幅内における 4kHz の周波数帯幅あたりの平均電力から 25dB 以下であること
- ・ 中心周波数から帯域幅の 100%～250%（ただし 125MHz が上限）の範囲において、必要周波数帯幅内における 4kHz の周波数帯幅あたりの平均電力から 35dB 以下であること

3. 2. 2 受信装置

(1) 副次的に発射する電波の強度

欧州の地球局規格に副次的に発射する電波の強度に該当する規定は無い。

また、フェーズドアレイアンテナを利用する地球局では空中線端子がない場合も想定される。その際には OTA (Over The Air) による EIRP 等の測定が考えられるが、受信アンテナの最大指向性方向と、副次的に発射する電波の強度の方向が異なる場合、空中線絶対利得の値が不明となるため、現行基準の空中線端子から発射される電波の限度を厳密に測定することは事実上困難であると考えられる。

一方で、「不要発射の強度の許容値」では、送信停止状態の電力レベル (EIRP) も規定されており、これが実質的に受信機から副次的に発する電波等を重畳した値となる、従って、当該送信停止状態の電力レベルの規制値を以て、副次的に発射する電波の強度の規定を除外することが適当と考えられる。

3. 2. 3 空中線

(1) 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 度以上とすることが適当である。

また、周波数共用検討結果を踏まえ、運用上の仰角範囲を 25～90 度とすることが適当である。

(2) 地表線方向の等価等方輻射電力

地表線方向の等価等方輻射電力の許容値は、電波法施行規則 32 条の 2 に準拠し、仰角 θ が 0 度以下の場合は 40 dBW/4kHz、0 度を越え 5 度以下の場合は $40+3\theta$ dBW/4KHz とすることが適当である。

(3) 軸外輻射電力

静止衛星システム保護のための無線通信規則 22 条により EPFD ↑ 制限が規定されている。軸外輻射電力は、ITU-R 勧告 S. 1503 に基づく EPFD ↑ の計算で用いられ、無線通信規則 22 条に適合することが ITU-R により確認された以下の EIRP マスクとすることが適当である。

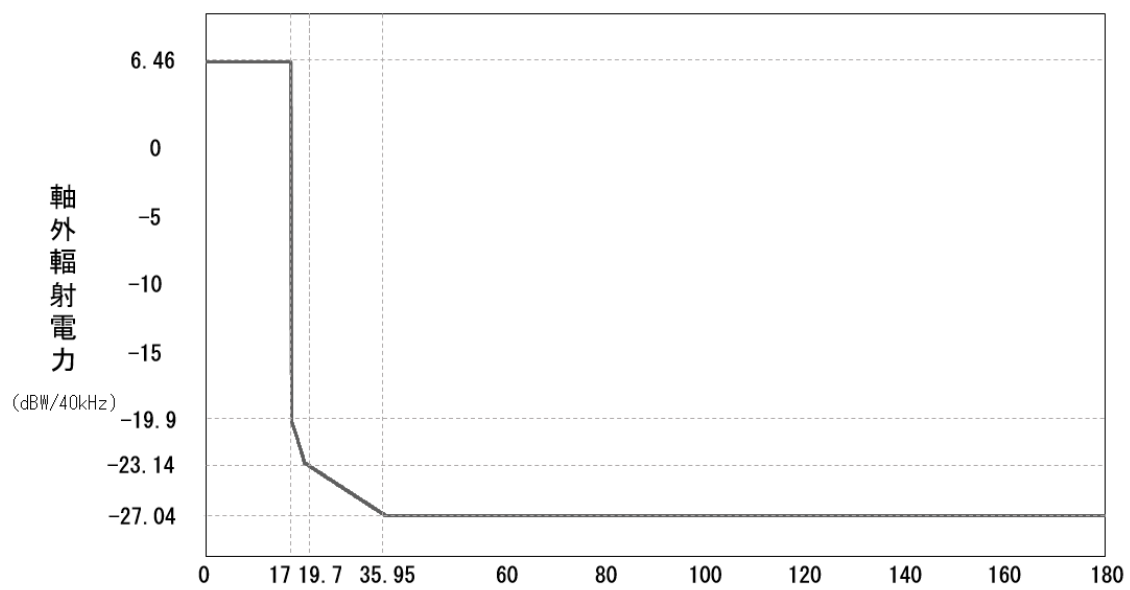


図 3-1 主輻射方向からの離角 (度)

(4) 指向精度

静止衛星システム保護の観点では EPFD ↑ 制限を満足することで十分なため、指向精度を必ずしも定める必要はない。

4 測定法

空中線端子を有する地球局の測定法については、国内で適用されている地球局の測定法に準ずることが適当である。

空中線端子を有していない（アクティブフェーズドアレイアンテナを用いる）地球局の測定法については、OTA（Over The Air）による測定法を適用することが適当である。また、技術的条件の規定内容に応じ、送信装置には等価等方輻射電力（EIRP：Equivalent Isotropic Radiated Power）または総合輻射電力（TRP）を適用する。

4. 1 送信装置

4. 1. 1 空中線電力の許容偏差

（ア） 空中線端子がある場合

変調の状態で連続送信させ、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。

（イ） 空中線端子がない場合

被試験器を試験周波数及び最大出力に設定し、指向方向を固定する。試験用空中線は被試験器の輻射電力が最大となる方向に配置する。スペクトルアナライザを使用し送信輻射電力を測定し、試験用空中線利得、伝搬損失、被試験器の空中線利得等から空中線電力を求める。

4. 1. 2 周波数の許容偏差

（ア） 空中線端子がある場合

被試験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。被試験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。

（イ） 空中線端子がない場合

被試験器を試験周波数及び最大出力に設定し、指向方向を固定する。試験用空中線は被試験器の輻射電力が最大となる方向に配置する。スペクトルアナライザを使用し、被試験器の周波数を測定する。試験器を無変調状態とすることができる場合には周波数計を用いて測定してもよい。

4. 1. 3 不要発射の強度の許容値

（ア） 空中線端子がある場合

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。EIRP で指定された規定に対しては、被試験器のアンテナ利得と乗算し不要発射の等価等方輻射電力を求

める。送信不可状態、及び送信停止状態でも同様の測定をする。

(イ) 空中線端子がない場合

被試験器を試験周波数及び最大出力に設定し、試験用空中線において、被試験器の空中線利得が一定値(例 8dBi)となるよう、また被試験機の不要発射の強度が最大となるように被試験機と試験用空中線の配置、被試験機の指向方向を適切に設定する。スペクトルアナライザを使用し、被試験器の不要発射の強度を測定する。送信不可状態、及び送信停止状態でも同様の測定をする。

なお、電力で指定された規定に対しては、全放射面における TRP を求め、導出した TRP にバースト時間率の逆数を乗じた値を測定値とすることもできる。

4. 1. 4 占有周波数帯幅

(ア) 空中線端子がある場合

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。

(イ) 空中線端子がない場合

被試験器を試験周波数に合わせ、出力及び占有周波数帯幅が最大となるように設定し、送信状態とする。試験用空中線は被試験器の空中線電力の総和が最大となる方向に配置する。スペクトルアナライザを搬送波周波数に設定し、EIRP スペクトル分布を測定するとともに、帯域内の全電力を求める。導出した全電力の 0.5%となる上下の限界周波数点を求め、その差を測定値とする。

5 周波数共用に関する条件

2章に示した他のシステムとの周波数共用検討結果を踏まえ、以下に Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）の周波数共用に関する条件を示す。

5. 1 静止衛星システムの保護に関する条件

ITU-R の審査により無線通信規則 22 条の EPFD 制限値へ適合と判定されていること。

ITU-R 勧告 S. 1503 に基づく EPFD の計算で用いられ、無線通信規則 22 条に適合することが ITU-R により確認された EIRP マスクを満たすこと。

5. 2 非静止衛星システムの保護に関する条件

電波の公平かつ能率的な利用を確保するため、無線通信規則 9 条に基づく国際周波数調整の結果を遵守し、他の非静止衛星システムとの調整が適切に行われていること。

また、今後の国際周波数調整の状況により、我が国における周波数の使用条件が変更された場合は、適宜見直す必要がある。

5. 3 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（陸上）に関する条件

14. 4-14. 5GHz の既存業務保護のため、既存業務局の周辺で 14. 4-14. 5GHz の送信禁止ゾーンを設ける等運用調整により、予め既存業務の免許人との間で周波数の共用について合意すること※。

5. 4 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（船舶）に関する条件

ECC Decision (18) 05 に基づき、14. 4-14. 5GHz において、我が国の低潮線の海拔 80m 地点における PFD 制限 $-116 \text{ dBW/m}^2 \cdot \text{Hz}$ を満たすこと。なお、本 PFD 制限を遵守するため、地球局は自身による位置情報・姿勢情報等のモニタリング機能と自動的に EIRP を低減または送信を停止する機構を具備すること。

但し、実際の運用を考慮し予め既存業務の免許人との間で周波数の共用について合意すること※。

5. 5 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（航空機）に関する条件

ECC Decision (18) 05 に基づき、14. 4-14. 5GHz において、表 5-1 に示す地表面における PFD 制限値を満たすこと。なお、本 PFD 制限を遵守するため、地球局は自身による位置情報・姿勢情報等のモニタリング機能と自動的に EIRP を低

減または送信を停止する機構を具備すること。

但し、実際の運用を考慮し予め既存業務の免許人との間で周波数の共用について合意すること※。

表 5-1 地表面における PFD 制限値

水平方向を基準とした電波の到来角 (θ)	PFD (dBW/m ² ·Hz)
$\theta \leq 5^\circ$	-122
$5^\circ < \theta \leq 40^\circ$	-127+ θ
$40^\circ < \theta \leq 90^\circ$	-87

5. 6 電波天文保護及び地球探査衛星（受動）保護に関する条件（10. 6-10. 7GHz）

ECC Report 271 に基づき、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）宇宙局は 10. 6-10. 7GHz の電波天文保護及び地球探査衛星（受動）保護のため、表 5-2 に示すビーム毎の不要発射制限値を満たすこと。本不要発射制限値を満たすため、フィルタ挿入等に加え、電波天文の最隣接チャネルの発射停止等の適切な措置が講じられること。

表 5-2 電波天文業務保護のための不要発射制限値

衛星	EIRP 値
当初 12 回で打ち上げる衛星	-142 dBW/Hz
13 回目以降打ち上げる衛星	-155 dBW/Hz

※ 地球局が、14. 4-14. 5GHz を用いる場合は 14. 5-14. 6GHz を用いる既存の電気通信業務（固定局・移動局）と運用前に地球局個別の調整が必要。

V 検討結果

電気通信技術審議会諮問第 82 号「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」(平成 7 年 9 月 25 日)のうち、「高度 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止衛星通信システムの技術的条件」について、別添のとおりとりまとめた。

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	独立行政法人 国立高等専門学校機構 理事（～第 40 回） 東京工業大学 名誉教授（第 41 回～）
主査代理 専門委員 井家上 哲史	明治大学 理工学部 教授
委 員 森川 博之	東京大学 大学院工学系研究科 教授
専門委員 有木 節二	一般社団法人 電気通信事業者協会 専務理事（～第 37 回） 一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 常務理事（第 38 回～）
〃 今井 正道	奈良大学 名誉教授
〃 碓井 照子	茨城大学 理工学研究科 教授
〃 梅比良 正弘	一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 専務理事（～第 37 回）
〃 片山 泰祥	東北大学 大学院情報科学研究科 教授
〃 加藤 寧	国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事（～第 38 回）
〃 門脇 直人	東京海洋大学 大学院海洋工学系 教授
〃 庄司 るり	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 理事（第 41 回～）
〃 寺田 弘慈	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 室長（第 39 回～）
〃 豊嶋 守生	一般社団法人 電波産業会 代表理事・専務理事・事務局長（～第 40 回）
〃 松井 房樹	消費生活コンサルタント
〃 三浦 佳子	一般財団法人 衛星測位利用推進センター 専務理事
〃 三神 泉	一般社団法人 電気通信事業者協会 専務理事（第 39 回～）
〃 山本 一晴	国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 理事（～第 33 回）
〃 山本 静夫	

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	主 要 現 職
主 任 藤井 威生	電気通信大学 先端ワイヤレス・コミュニケーション研究センター 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（～第 23 回）
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（～第 14 回）
〃 有木 節二	一般社団法人 電気通信事業者協会 専務理事（～第 16 回）
〃 市川 麻里	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（第 13 回～第 22 回）
〃 伊藤 信幸	日本無線株式会社 マリンシステム技術部 衛星通信グループ
〃 梅窪 孝	気象庁 観測部 気象衛星課 調査官（第 20 回～）
〃 大石 雅寿	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 周波数資源保護室 特任教授（第 19 回～）
〃 大島 浩	日本電気株式会社 宇宙システム事業部 シニアエキスパート（～第 20 回）
〃 大幡 浩平	スカパー J S A T 株式会社 技術運用本部 技術担当主幹（～第 13 回）
〃 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 16 回）
〃 菊池 弘明	全日本空輸株式会社 整備センター技術部 マネージャー（～第 19 回）
〃 城戸 克也	日本航空株式会社 I T 企画本部 I T 運営企画部 センター基盤グループ
〃 行田 弘一	芝浦工業大学 工学部 情報通信工学科 教授
〃 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（～第 12 回）
〃 坂本 信樹	株式会社 N T T ドコモ 電波部電波企画担当 担当課長（第 20 回～）
〃 正源 和義	株式会社放送衛星システム 総合企画室 専任部長（第 12 回～第 19 回）
〃 上馬 弘敬	三菱電機株式会社 通信機製作所 通信情報システム部 次長
〃 城田 雅一	クアルコムジャパン合同会社 標準化部長
〃 関口 和浩	イリジウムコミュニケーションズ リージョナルディレクター
〃 竹林 哲哉	一般社団法人 日本船主協会 海務部 副部長
〃 田中 祥次	NHK 放送技術研究所 伝送システム研究部 上級研究員（～第 11 回） 株式会社放送衛星システム 総合企画室 専任部長（第 20 回～）
〃 中川 裕康	古野電気株式会社 船用機器事業部 営業企画部 規格検定課 課長（第 23 回～）
〃 中澤 実	日本電気株式会社 宇宙システム事業部 マネージャー（第 21 回～）
〃 中山 稔啓	株式会社フジテレビジョン 技術局 局次長（～第 18 回）
〃 並木 広行	全日本空輸株式会社 整備センター技術部 マネージャー（第 20 回～）
〃 菱倉 仁	株式会社 I P モーション モバイルソリューション事業部 チーフエンジニア

〃	福井 裕介	KDDI株式会社 技術統括本部 グローバルネットワーク・オペレーション マネジメント部 衛星通信グループ マネージャー
〃	福本 史郎	ソフトバンク株式会社 電波企画室 標準化推進部 部長
〃	古川 憲志	株式会社NTTドコモ 電波部 電波企画担当部長（～第11回）
〃	本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
〃	本間 希樹	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 国立天文台 水沢VLBI観測所 所長・教授（～第18回）
〃	牧山 隆宏	株式会社NTTドコモ 電波部 電波企画担当部長（第15回～第20回）
〃	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
〃	箕輪 祐馬	スカパーJSAT株式会社 宇宙技術本部 通信システム技術部 チーム長（第20 回～）
〃	村瀬 和也	スカパーJSAT株式会社 衛星技術本部 通信システム技術部 部長代行（第14 回～第20回）
〃	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（～第21回）
〃	森本 聡	株式会社フジテレビジョン 技術局 電波担当部長（第19回～）
〃	山本 一晴	一般社団法人 電気通信事業者協会 専務理事（第17回～）
〃	横畑 和典	NHK放送技術研究所 伝送システム研究部 上級研究員（第12回～）
〃	渡辺 知尚	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（第23回～）

別添

諮問第 82 号

「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」のうち「高度 500km の軌道を利用する衛星コンステレーションによる Ku 帯非静止衛星通信システムの技術的条件」

電気通信技術審議会諮問第 82 号「非静止衛星を利用する移動衛星通信システムの技術的条件」(平成 7 年 9 月 25 日)のうち、「高度500kmの軌道を利用する衛星コンステレーションによるKu帯非静止衛星通信システムの技術的条件」についての一部答申(案)

1 一般的条件

1. 1 必要な機能

- (1) 送信する周波数や電力は、フィーダリンク地球局が送信する制御信号によって自動的に設定されるものであること。
- (2) 自局の通信の相手方である人工衛星局の方向を自動的に捕捉・追尾する機能を有すること。また、自動的に捕捉・追尾できなくなった場合に直ちに送信を停止できること。
- (3) フィーダリンク地球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。
- (4) 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フィーダリンク地球局が送信する信号を正常に受信できないときは、送信を自動的に停止する機能を有すること。
- (5) フィーダリンク地球局の制御により電波の発射を停止する機能を有すること。
- (6) 位置情報を測定してフィーダリンク地球局に送信する機能を有する等、他の無線局の運用に妨害を与えないための措置が講じられていること。

1. 2 適用周波数帯

適用周波数帯は、地球から宇宙方向(アップリンク)には 14.0-14.5GHz 帯(Ku 帯)、宇宙から地球方向(ダウンリンク)には、10.7-12.7GHz 帯(Ku 帯)を使用することが適当である。なお、運用に当たっては、無線通信規則による国際調整結果を遵守すること。

1. 3 通信方式

複信方式での利用が考えられるが、それ以外の利用形態も考えられることから、特定の方式に限定しないことが適当である。

1. 4 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. 5 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. 6 電磁環境対策

移動しない地球局については、発射される電波の強度が基準値を超える場所取扱者のほか容易に出入りすることができないよう施設すること。

移動する地球局については、電波防護指針で定められた要求条件を満足すること。

2 送信装置の条件

2. 1 送信装置

（1） 空中線電力の許容偏差

無線設備規則第 14 条に規定されているとおり、空中線電力の許容偏差は、上限 50%、下限 50%であることが適当である。

（2） 周波数の許容偏差

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

（3） 占有周波数帯幅の許容値

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、無線局の免許の際に指定することが適当である。

（4） 不要発射の強度の許容値

不要発射の強度の許容値は、本システムを利用する欧州の地球局規格 ETSI EN 303 981 を考慮し、表 3-1、表 3-2 に示す軸外輻射不要発射の強度の許容値（空中線の最大指向方向から 7 度超の軸外輻射）とすることが適当である。ここで「送信不可状態」とは地球局が搬送波を送信できない状態、「送信状態」とは地球局が搬送波を送信できる状態で且つ送信中の場合、「送信停止状態」とは地球局が搬送波を送信できる状態で且つ送信していない場合を示す（以下同じ）。

表 2-1 送信不可状態の軸外不要発射の強度の許容値
(空中線の最大指向方向から 7 度超の軸外輻射)

周波数	EIRP	測定帯域幅
1.0～2.0 GHz	52 dBpW	1 MHz
2.0～10.7 GHz	58 dBpW	1 MHz
10.7～21.2 GHz	64 dBpW	1 MHz
21.2～60.0 GHz	70 dBpW	1 MHz

表 2-2 送信状態及び送信停止状態の軸外不要発射の強度の許容値
(空中線の最大指向方向から 7 度超の軸外輻射)

周波数	EIRP	測定帯域幅
1.0～2.0 GHz	53 dBpW	1 MHz
2.0～3.4 GHz	59 dBpW	1 MHz
3.4～10.7 GHz	65 dBpW	1 MHz
10.7～13.75 GHz	71 dBpW	1 MHz
13.75～14.0 GHz	95 dBpW (※)	10 MHz
14.50～14.75 GHz	95 dBpW (※)	10 MHz
14.75～21.2 GHz	71 dBpW	1 MHz
21.2～27.35 GHz	77 dBpW	1 MHz
27.35～27.50 GHz	85 dBpW	1 MHz
27.50～30.00 GHz	85 dBpW	1 MHz
30.00～31.00 GHz	85 dBpW	1 MHz
31.00～31.15 GHz	85 dBpW	1 MHz
31.15～60.0 GHz	77 dBpW	1 MHz

※ 14～14.5GHz の中で送信される搬送波の中心周波数から 125MHz 以下の範囲で、本許容値を上回ることが出来る。但し、FCC 規則 § 25.202(f) の帯域外領域における不要発射の規定に基づく以下の許容値を超えてはならない。

- ・ 中心周波数から帯域幅の 50%～100%の範囲において、必要周波数帯幅内における 4kHz の周波数帯幅あたりの平均電力から 25dB 以下であること
- ・ 中心周波数から帯域幅の 100%～250%（ただし 125MHz が上限）の範囲において、必要周波数帯幅内における 4kHz の周波数帯幅あたりの平均電力から 35dB 以下であること

2. 2 受信装置

(1) 副次的に発射する電波の強度

欧州の地球局規格に副次的に発射する電波の強度に該当する規定は無い。

また、フェーズドアレイアンテナを利用する地球局では空中線端子がない場合も想定される。その際には OTA (Over The Air) による EIRP 等の測定が考えられるが、受信アンテナの最大指向性方向と、副次的に発射する電波の強度の方向が異なる場合、空中線絶対利得の値が不明となるため、現行基準の空中線端子から発射される電波の限度を厳密に測定することは事実上困難であると考えられる。

一方で、「不要発射の強度の許容値」では、送信停止状態の電力レベル (EIRP) も規定されており、これが実質的に受信機から副次的に発する電波等を重畳した値となる、従って、当該送信停止状態の電力レベルの規制値を以て、副次的に発射する電波の強度の規定を除外することが適当と考えられる。

2. 3 空中線

(1) 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 度以上とすることが適当である。

また、周波数共用検討結果を踏まえ、運用上の仰角範囲を 25～90 度とすることが適当である。

(2) 地表線方向の等価等方輻射電力

地表線方向の等価等方輻射電力の許容値は、電波法施行規則 32 条の 2 に準拠し、仰角 θ が 0 度以下の場合は 40 dBW/4kHz、0 度を越え 5 度以下の場合は $40+3\theta$ dBW/4kHz とすることが適当である

(3) 軸外輻射電力

静止衛星システム保護のための無線通信規則 22 条により EPFD ↑ 制限が規定されている。軸外輻射電力は、ITU-R 勧告 S. 1503 に基づく EPFD ↑ の計算で用いられ、無線通信規則 22 条に適合することが ITU-R により確認された以下の EIRP マスクとすることが適当である。

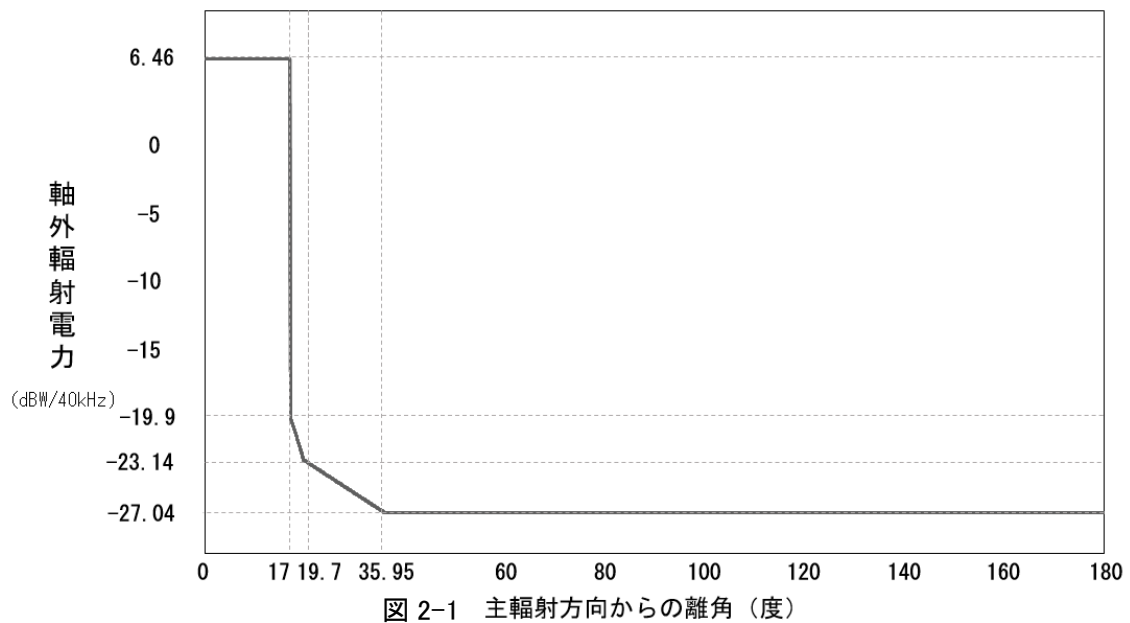


図 2-1 主輻射方向からの離角 (度)

(4) 指向精度

静止衛星システム保護の観点では EPFD ↑ 制限を満足することで十分なため、指向精度を必ずしも定める必要はない。

3 測定法

空中線端子を有する地球局の測定法については、国内で適用されている地球局の測定法に準ずることが適当である。

空中線端子を有していない(アクティブフェーズドアレイアンテナを用いる)地球局の測定法については、OTA (Over The Air) による測定法を適用することが適当である。また、技術的条件の規定内容に応じ、送信装置には等価等方輻射電力 (EIRP : Equivalent Isotropic Radiated Power) または総合輻射電力 (TRP) を適用する。

図 2-1

3. 1 送信装置

3. 1. 1 空中線電力の許容偏差

(ア) 空中線端子がある場合

変調の状態で連続送信させ、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。

(イ) 空中線端子がない場合

被試験器を試験周波数及び最大出力に設定し、指向方向を固定する。試験用空中線は被試験器の輻射電力が最大となる方向に配置する。スペクトルアナラ

イザを使用し送信輻射電力を測定し、試験用空中線利得、伝搬損失、被試験器の空中線利得等から空中線電力を求める。

3. 1. 2 周波数の許容偏差

(ア) 空中線端子がある場合

被試験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。被試験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。

(イ) 空中線端子がない場合

被試験器を試験周波数及び最大出力に設定し、指向方向を固定する。試験用空中線は被試験器の輻射電力が最大となる方向に配置する。スペクトルアナライザを使用し、被試験器の周波数を測定する。試験器を無変調状態とすることができる場合には周波数計を用いて測定してもよい。

3. 1. 3 不要発射の強度の許容値

(ア) 空中線端子がある場合

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。EIRP で指定された規定に対しては、被試験器のアンテナ利得と乗算し不要発射の等価等方輻射電力を求める。送信不可状態、及び送信停止状態でも同様の測定をする。

(イ) 空中線端子がない場合

被試験器を試験周波数及び最大出力に設定し、試験用空中線において、被試験器の空中線利得が一定値(例 8dBi)となるよう、また被試験機の不要発射の強度が最大となるように被試験機と試験用空中線の配置、被試験機の指向方向を適切に設定する。スペクトルアナライザを使用し、被試験器の不要発射の強度を測定する。送信不可状態、及び送信停止状態でも同様の測定をする。

なお、電力で指定された規定に対しては、全放射面における TRP を求め、導出した TRP にバースト時間率の逆数を乗じた値を測定値とすることもできる。

3. 1. 4 占有周波数帯幅

(ア) 空中線端子がある場合

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。

(イ) 空中線端子がない場合

被試験器を試験周波数に合わせ、出力及び占有周波数帯幅が最大となるように設定し、送信状態とする。試験用空中線は被試験器の空中線電力の総和が最大となる方向に配置する。スペクトルアナライザを搬送波周波数に設定し、EIRP スペクトル分布を測定するとともに、帯域内の全電力を求める。導出した全電力の 0.5%となる上下の限界周波数点を求め、その差を測定値とする。

4 周波数共用に関する条件

4. 1 静止衛星システムの保護に関する条件

ITU-R の審査により無線通信規則 22 条の EPFD 制限値へ適合と判定されていること。

ITU-R 勧告 S. 1503 に基づく EPFD の計算で用いられ、無線通信規則 22 条に適合することが ITU-R により確認された EIRP マスクを満たすこと。

4. 2 非静止衛星システムの保護に関する条件

電波の公平かつ能率的な利用を確保するため、無線通信規則 9 条に基づく国際周波数調整の結果を遵守し、他の非静止衛星システムとの調整が適切に行われていること。

また、今後の国際周波数調整の状況により、我が国における周波数の使用条件が変更された場合は、適宜見直す必要がある。

4. 3 Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局 (陸上) に関する条件

14.4-14.5GHz の既存業務保護のため、既存業務局の周辺で 14.4-14.5GHz の送信禁止ゾーンを設ける等運用調整により、予め既存業務の免許人との間で周波数の共用について合意すること※。

4. 4 Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局 (船舶) に関する条件

ECC Decision (18) 05 に基づき、14.4-14.5GHz において、我が国の低潮線の海拔 80m 地点における PFD 制限 $-116 \text{ dBW/m}^2 \cdot \text{Hz}$ を満たすこと。なお、本 PFD 制限を遵守するため、地球局は自身による位置情報・姿勢情報等のモニタリング機能と自動的に EIRP を低減または送信を停止する機構を具備すること。

但し、実際の運用を考慮し予め既存業務の免許人との間で周波数の共用について合意すること※。

4. 5 Ku帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（航空機）に関する条件

ECC Decision(18)05 に基づき、14. 4-14. 5GHz において、表 5-1 に示す地表面における PFD 制限値を満たすこと。なお、本 PFD 制限を遵守するため、地球局は自身による位置情報・姿勢情報等のモニタリング機能と自動的に EIRP を低減または送信を停止する機構を具備すること。

但し、実際の運用を考慮し予め既存業務の免許人との間で周波数の共用について合意すること※。

表 4-1 地表面における PFD 制限値

水平方向を基準とした電波の到来角 (θ)	PFD (dBW/m ² ·Hz)
$\theta \leq 5^\circ$	-122
$5^\circ < \theta \leq 40^\circ$	-127+ θ
$40^\circ < \theta \leq 90^\circ$	-87

4. 6 電波天文保護及び地球探査衛星（受動）保護に関する条件（10. 6-10. 7GHz）

ECC Report 271 に基づき、Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）宇宙局は 10. 6-10. 7GHz の電波天文保護及び地球探査衛星（受動）保護のため、表 5-2 に示すビーム毎の不要発射制限値を満たすこと。本不要発射制限値を満たすため、フィルタ挿入等に加え、電波天文の最隣接チャネルの発射停止等の適切な措置が講じられること。

表 4-2 電波天文業務保護のための不要発射制限値

衛星	EIRP 値
当初 12 回で打ち上げる衛星	-142 dBW/Hz
13 回目以降打ち上げる衛星	-155 dBW/Hz

※ 地球局が、14. 4-14. 5GHz を用いる場合は 14. 5-14. 6GHz を用いる既存の電気通信業務（固定局・移動局）と運用前に地球局個別の調整が必要。

参考資料

参考資料 1 欧州における Ku 帯非静止衛星通信システムの制度化動向

ETSI European Standard EN 303 981

■ 概要

- 非静止衛星と通信を行うKu帯地球局（固定／移動）に関する技術標準。
- 2020年9月にパブリックノーティス、12月に発行予定

仕様が定められている項目	該当条項	概要
アンテナのビーム・ポインティング	4.2.2	最大アンテナビームポインティングエラーの公表義務
軸外スプリアス放射	4.2.3	軸外の不要放射EIRP密度の上限値を規定
軸上スプリアス放射	4.2.4	軸上の不要放射EIRP密度の上限値を規定
搬送波抑圧	4.2.5	故障時、電波放射停止が必要な条件下において、NCF（Network Control Facility）によりWBESの搬送波抑圧を規定
電波放射停止	4.2.6	WBESの電波放射が許可されない場合は、電波放射を停止する義務
WBESのIDと位置	4.2.7	WBES個別のID（固定もしくは移動）を識別する機能を具備する義務
制御・監視機能（CMFs）	4.2.8	WBESを適切に制御・監視するための機能を具備する義務
受信アンテナのoff-axis利得パターン	4.2.9	所望信号に対する地上業務、他衛星サービスからの干渉保護のためのアンテナ利得パターンの規定
ブロッキング性能	4.2.10	帯域内干渉を防ぐためのブロッキング性能を規定
隣接信号選択性	4.2.11	所望信号に対する隣接周波数を用いる他衛星からの送信EIRP密度を規定

ECC Report 271 概要

■ 概要

- Ku帯のFSS帯域で運用する非静止衛星通信システムに関する共用共存結果を纏めたレポート。
 - 本結果はNGSO FSSの①周波数の欧州統一利用、②地球局の個別免許免除に関する制度の標準（ECC Decision）のベースとなる。
 - 共用検討におけるNGSO FSS側パラメータはKu帯非静止衛星通信システムのものを使用。
 - 共用共存検討対象業務：

	GHz	共用周波数帯	隣接周波数帯
ダウンリンク	10.7-12.75		● 電波天文（10.6-10.7GHz） ● 地球探査衛星（10.6-10.7GHz）
アップリンク	14-14.5	● 固定業務 ● 電波天文（二次業務）	

- 当初計画では14-14.5GHzのみの検討であったが、電波天文及び地球探査衛星（受動）からの要求に基づき10.6-10.7GHzの隣接共用も対象に追加
- 宇宙研究、無線航行、無線航行衛星は分配はされているものの展開無しのため共用検討対象外
- 静止衛星ネットワークとの共用は、RR Article22に規定された静止衛星保護のためのEPFDを満たす必要があるため、追加共用検討は不要(ETSI TR 103 399)
- 10.7-12.7GHzは固定業務からの被干渉が考えられるが、欧州では包括免許の場合は個別免許を有する業務からの干渉許容を原則としていることから、Ku帯非静止衛星通信システムが被干渉の検討は実施されていない
- 2020年10月頃改訂予定

ECC Decision (17) 04

■ 概要

- **Ku帯非静止衛星通信システムと運用する固定地球局の、周波数の欧州統一利用と個別免許免除に関する制度の標準。**
 - 10.7-12.75GHz(↓)と14-14.5GHz(↑)を、NGSO FSS衛星システムの固定地球局用に指定。
 - 以下の場合に、上記帯域で運用する固定地球局の個別免許を免除。
 - a. センターからの制御、EN 303 980/EN303 981の準拠など技術的・運用的要求条件を満たす
 - b. $\text{eirp} \leq 60\text{dBW}$ (1つのアンテナが2以上の送信機と一緒にいる場合、又は1つの送信機がマルチキャリアオペレーションを行う場合、メインローブのアンテナからの全ての同時放射の合計値が上記水準を満たしている)
 - c. 10.7-11.7GHzの固定業務の無線局からの保護を要求しない
 - d. 他の一次業務との共存性を維持しながらNGSO FSS衛星システムと運用する
 - e. 機器の利用に関してEUのRadio Equipment Directive Article 3(2)の基本要件を順守する
 - 飛行場周辺の調整に関しては、本Decision Annex 2に定める要求条件を用いることも可能。
 - 2017年6/30発行済。(CEPT加盟国に対する推奨施行時期:2017年12/30)
 - ETSI EN 303 981を反映：2020年末改訂予定

ECC Decision (18) 05

■ 概要

- **Ku帯非静止衛星通信システムと運用する移動地球局 (ESIM) の、周波数の欧州統一利用と個別免許免除に関する制度の標準。**
 - 10.7-12.75GHz(↓)と14-14.5GHz(↑)を、NGSO FSS衛星システムのESIM用に指定。
 - 以下の場合に、上記帯域で運用するESIMの個別免許を免除。
 - a. センターからの制御、EN 303980/EN303 981の準拠など技術的・運用的要求条件 (Annex 1) を満たし、Annex 1 を満たす旨の宣言やオペレータに関する情報をCEPT事務局に提出 (Annex 2)
 - b. $\text{eirp} \leq 54.5\text{dBW}$ (1つのアンテナが2以上の送信機と一緒にいる場合、又は1つの送信機がマルチキャリアオペレーションを行う場合、メインローブのアンテナからの全ての同時放射の合計値が上記水準を満たしている)
 - c. 10.7-11.7GHzの固定業務の無線局からの保護を要求しない
 - d. 他の一次業務との共存性を維持しながらNGSO FSS衛星システムと運用する
 - e. 機器の利用に関してEUのRadio Equipment Directive Article 3(2)の基本要件を順守する
- ※固定地球局のDecisionと違い、飛行場周辺の調整に関する規定は無し。
- 【補足】ECC Report 272 (航空機周辺で運用する地球局に関するレポート) の記載「Ku帯において $\text{eirp} \leq 54.5\text{dBW}$ で運用するESIMは、飛行場周辺での運用に関する追加制約なし」と記載。
- ETSI EN 303 981を反映：2020年末改訂予定

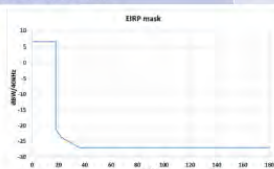
参考資料 2 他の無線システムとの周波数共用検討詳細

1 Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) 地球局パラメータ

地球局パラメータ (Ku帯)

項目	パラメータ
周波数	14.0-14.5 GHz
最大EIRP	38.2 dBW *
CH幅 (ABW)	62.5 MHz
帯域幅 (OBW)	60 MHz
アンテナ径	0.48 m
アンテナ最小仰角	25 °
送信アンテナビーム幅	2.8 °
最大送信空中線利得	34.6 dBi *
送信給電線損失	N/A (Phased Array)
最大送信電力 (アンテナ入力点)	6.08 dBW *
水平方向におけるEIRP (アンテナ最小仰角の場合)	-27.3 dBW/40 kHz

地球局EIRPマスク
フェーズドアレイアンテナ



*NOTE

フェーズドアレイアンテナの天頂方向が送信空中線利得が最大となるが、EIRPは衛星が天頂方向以外に存在する場合に最大となる。そのため、最大EIRP = 最大送信空中線利得 + 最大送信電力とはならない。

図 参1-1 地球局パラメータ

2 他の無線システムとの周波数共用 (「Ku/Ka帯を用いた非静止衛星システムに係る周波数共用技術に関する調査検討会」において実施した結果から抜粋)

2. 1 計算の前提条件

MRI

計算の前提条件

- 離隔距離計算に使用したモデル
 - ITU-R勧告P.452-16 (ITU-Rが公開しているMATLABを使用)
- 設定値
 - 時間率: 利用状況に応じて設定
 - ΔN (大気屈折率の最悪月の平均値): 50
 - N_0 (海面レベル屈折率): 350
 - d_{ct} (送信点からの海岸までの陸上距離): 500km
 - d_{cr} (受信点から海岸までの陸上距離): 500km
 - 標高は 0m
 - ゾーン: A2 (内陸)
 - 計算間隔: 1km
 - 送受信局の緯度経度: E140, N36 (東京付近)
- 想定するアンテナ高
 - Ku帯非静止衛星の地球局: 1.5m、10m※
 - ※ECC Report 271 「A2.4 GENERAL CHARACTERISTICS OF SPACE EX EARTH STATIONS」
 - Ka帯非静止衛星の地球局: 1.5m、10m
 - 共用相手側のアンテナ高: 利用状況に応じたアンテナ高

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

2. 2 Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）宇宙局（10.7-12.7GHz）から電波天文（10.6-10.7GHz）への干渉

MRI

Ku帯非静止衛星（宇宙局）→電波天文【隣接】

以下の通り、ECC Report 271の検討結果（宇宙局→電波天文）から、共用可能と結論付けられる。

■ 電波天文のパラメータ

項目	パラメータ	数値	ITU-R勧告
干渉基準	電力束密度(PFD)閾値	-160 dBW/m ²	RA.769
	許容データ損失率	2%	RA.1513
	実効電力束密度(EPFD)閾値	-239.4dBW/m ² /(100MHz)	—
アンテナ	最大アンテナ利得	81dBi	RA.1631
	最大アンテナ径	100m	S.1428
	アンテナ効率	70%	—

■ 計算方法

- SpaceX全衛星4,408機が最大EIRPをとるワーストケースで計算
 - 720機が-142dBW/Hz、3,688機が-155dBW/Hz
- RASサイト付近でKu帯の最も低いチャネル(10.7-10.95GHz)は使用しない
- 2,000秒間の平均データ損失率を算出
- 欧州、ロシア、トルコの21か所をシミュレーション

■ 結果

- EPFD閾値-239.4dBW/m²/(100MHz)及びデータ損失率2%以下どちらの条件も満たす
- 右上図と右下図は100m級アンテナを使用する独Effelsbergの結果

※なお、電波天文の干渉基準については、本来EPFD閾値は勧告ITU-R RA.769の電力束密度(PFD)閾値に相当する-241dBW/m²/(100MHz)として検討することが適切である。当該条件で個別に検討を行った結果、電波天文付近では、Ku帯の最も低いチャネル(10.7-10.95GHz)は使用しない、フィルタ挿入を行うという条件において、共用可能であるとの結論が得られている。

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

2. 3 電気通信業務（固定・移動）（10.7-11.7GHz）から Ku 帯非静止衛星通信システム（500km）地球局（10.7-12.7GHz）への干渉

MRI

電気通信業務（固定、移動）→Ku帯非静止衛星（地球局）【同一】



電気通信業務（固定、移動）（10.7-11.7GHz）



Ku帯非静止衛星（地球局）（10.7-12.7GHz）

計量	値 [※] 【単位】	根拠／仮定／計算式 等
①EIRP	55 [dBm] =25 [dBW]	陸上無線通信委員会報告*1「参考資料13：基幹系無線システムの主な技術的条件について（1）固定通信システム」より、11GHz帯のEIRPを適用。 $65 - 25 \log \theta [\text{dBm}] (2.5^\circ \leq \theta < 48^\circ)$ $23 [\text{dBm}] (48^\circ \leq \theta)$ ここで、 $\theta = 2.5^\circ$ とする。
②受信アンテナ利得	4.7 [dBi]	RR Appendix8 Annex3 (BR IFICのSpaceXシステム (STEAM-1)の共用検討で使用*2)のアンテナパターン ($D/\lambda < 100$ の場合)を適用する。 $52 - 10 \log(D/\lambda) - 25 \log \theta [\text{dBi}]$ ここで、 $D/\lambda = 17.1$ 、 $\theta = 25^\circ$ (SpaceX最小仰角*3)とする ($D=0.48\text{m}$ *3、 $f=10.7\text{GHz}$)。

*1：情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告、平成26年5月「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」

*2：ただし、高度変更前の共用検討 (Attachment 5: Interference Analysis to Accompany the Request for Modification of the STEAM-1 Non-Geostationary Satellite System) <https://www.itu.int/en/ITU-R/space/Pages/bnfcAdditionalInformation.aspx>

*3：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 資料の地球局パラメータ (Ku帯)より

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記しているため、そのまま用いると「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

電気通信業務(固定、移動) → Ku帯非静止衛星(地球局)【同一】

(続き)

諸量	値※ [単位]	根拠／仮定／計算式 等
①EIRP	25 [dBW]	(前頁再掲)
②受信アンテナ利得	4.7 [dBi]	(前頁再掲)
③干渉基準	-154 [dBW]	ITU-R勧告SF.1006-0 式(3) (4) 及び以下の諸元(SF.1006-0 Table 1の10-15GHzの値を適用)より、長時間の許容干渉レベル P_r を計算。 $k = 1.38E - 23 [J/K]$ (ボルツマン定数) $p_1 = 20 [dB]$, $p_2 = 0.005 [dB]$, $n_2 = 20 [dB]$, 受信システム雑音温度 $T_r = 200 [K]$ (受信システム雑音温度) $B = 1E + 6 [Hz]$ (参照帯域幅) $J = -8.5 [dB]$ (長期許容干渉電力と熱雑音電力の比) $M_2 = 4 [dB]$ (リンクのフェードマージン) $N_2 = 1 [dB]$ (衛星中継器によるリンクへのノイズ寄与) $W = 0 [dB]$ (基準帯域内の妨害電波の熱雑音等価係数) $\text{長時間 } P_r (20\%) = 10 \log (k \cdot T_r \cdot B) + J - W [dBW] = -154 [dBW]$
④所要改善量	184 [dB]	①EIRP + ②受信アンテナ利得 - ③干渉基準

電気通信業務(固定、移動)のアンテナ高を30m、
時間率は20%に設定

SpaceX 地球局アンテナ高	離隔距離
1.5 [m]	46 [km]
10 [m]	58 [km]



共用するには、46～58kmの離隔距離が必要

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記している場合があるため、そのまま用いると、「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

2. 4 公共・一般業務(固定)(12.2-12.5GHz) から Ku 帯非静止衛星通信システム(500km)地球局(10.7-12.7GHz)への干渉

公共・一般業務(固定) → Ku帯非静止衛星(地球局)【同一】



公共・一般業務(固定)(12.2-12.5GHz)



Ku帯非静止衛星(地球局)(10.7-12.7GHz)

諸量	値※ [単位]	根拠／仮定／計算式 等
①EIRP	49 [dBm] = 19 [dBW]	陸上無線通信委員会報告*1「参考資料13:基幹系無線システムの主な技術的条件について(1)固定通信システム」より、12GHz帯のEIRPを適用。 $58 - 22.5 \log \theta [dBm] (2.5^\circ \leq \theta < 48^\circ)$ $20 [dBm] (48^\circ \leq \theta < 90^\circ)$ $78.5 - 0.65 \theta [dBm] (90^\circ \leq \theta < 110^\circ)$ $7 [dBm] (110^\circ \leq \theta)$ ここで、 $\theta = 2.5^\circ$ とする。
②受信アンテナ利得	4.7 [dBi]	RR Appendix8 Annex3 (BR IFICのSpaceXシステム(STEAM-1)の共用検討で使用*2)のアンテナパターン($D/\lambda < 100$ の場合)を適用する。 $52 - 10 \log (D/\lambda) - 25 \log \theta [dBi]$ ここで、 $D/\lambda \approx 17.1$ 、 $\theta = 25^\circ$ (SpaceX最小仰角*3)とする($D=0.48m$ *3、 $f=10.7GHz$)。

*1:情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告、平成26年5月「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」

*2:ただし、高度変更前の共用検討(Attachment 5: Interference Analysis to Accompany the Request for Modification of the STEAM-1 Non-Geostationary Satellite System)

*3: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資料の地球局パラメータ(Ku帯)より

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記しているため、そのまま用いると、「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

公共・一般業務(固定) → Ku帯非静止衛星(地球局)【同一】

(続き)

数量	値※ [単位]	根拠／仮定／計算式 等
①EIRP	19 [dBW]	(前頁再掲)
②受信アンテナ利得	4.7 [dBi]	(前頁再掲)
③干渉基準	-154 [dBW]	ITU-R勧告SF.1006-0 式(3) (4) 及び以下の諸元 (SF.1006-0 Table 1の10-15GHzの値を適用)より、長時間の許容干渉レベル P を計算。 $k = 1.38E - 23$ [J/K] (ボルツマン定数) $p_1 = 20$ [%], $p_2 = 0.005$ [%], $n_2 = 2$ [-] $T_r = 200$ [K] (受信システム雑音温度) $B = 1E + 6$ [Hz] (参照帯域幅) $J = -8.5$ [dB] (長期許容干渉電力と熱雑音電力の比) $M_s = 4$ [dB] (リンクのフェードマージン) $N_L = 1$ [dB] (衛星中継器によるリンクへのノイズ寄与) $W = 0$ [dB] (基準帯域内の妨害電波の熱雑音等価係数) 長時間: $P_{r(20\%)} = 10 \log (k \cdot T_r \cdot B) + J - W$ [dBW] $= -154$ [dBW]
④所要改善量	178 [dB]	①EIRP + ②受信アンテナ利得 - ③干渉基準



公共・一般業務(固定)のアンテナ高を30m、
時間率は20%に設定

SpaceX 地球局アンテナ高	離隔距離
1.5 [m]	42 [km]
10 [m]	53 [km]



共用するには、42～53kmの離隔距離が必要

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記している場合があるため、そのまま用いると、「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

2. 5 Ku帯非静止衛星通信システム(500km)地球局(14.0-14.5GHz)から電気通信業務(固定・移動)(14.4-15.25GHz)への干渉

Ku帯非静止衛星(地球局) → 電気通信業務(固定、移動)【同一】



Ku帯非静止衛星(地球局)(14.0-14.5GHz)



電気通信業務(固定、移動)(14.4-15.25GHz)

数量	値※ [単位]	根拠／仮定／計算式 等
①EIRP	-27.3 [dBW/40kHz] =-13 [dBW/MHz]	✓ SpaceX地球局(Ku帯)が最小仰角25°で運用している場合における、水平方向のEIRP(アンテナ最小仰角の場合)*1を適用する。

*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作業班 資料の地球局パラメータ(Ku帯)より

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記しているため、そのまま用いると、「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

Ku帯非静止衛星(地球局)→電気通信業務(固定、移動)【同一】

(続き)

数量	値※ [単位]	根拠/仮定/計算式 等
①EIRP	-13 [dBW/MHz]	〈前頁再掲〉
②受信アンテナ利得	54.8 [dBi]	陸上無線通信委員会報告*1「参考資料13:基幹系無線システムの主な技術的条件について(1)固定通信システム」より、15GHz帯のアンテナパターンを適用。 $54.8 - 5.248\theta^2$ [dBi] ($0^\circ \leq \theta < 2.5^\circ$) $32 - 25\log\theta$ [dBi] ($2.5^\circ \leq \theta < 48^\circ$) -10 [dBi] ($48^\circ \leq \theta$) ここで、 $\theta = 0^\circ$ とする。
③干渉基準	-146 [dBW/MHz]	✓ 雑音電力 = -136 [dBW/MHz] (ITU-R勧告F.758-7 Annex2 Table 9より、14.4-15.35GHzの値を適用) ✓ 混信保護基準(I/N) = -10 [dB] (ITU-R勧告F.758-7 Annex2 Table 5より、3GHz以上の値を適用) ✓ 長時間干渉での電力密度 = 雑音電力 + I/N
④所要改善量	187 [dB]	①EIRP + ②受信アンテナ利得 - ③干渉基準

*1:情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告、平成26年5月
 「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」

電気通信業務(固定、移動)のアンテナ高を30m、
 時間率を20%(ITU-R勧告F.758-7より)に設定

SpaceX地球局アンテナ高	離隔距離
1.5 [m]	46 [km]
10 [m]	57 [km]



共用するには、46~57kmの離隔距離が必要

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記しているため、そのまま用いると、「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

Ku帯非静止衛星(地球局)→電気通信業務(固定、移動)【同一】

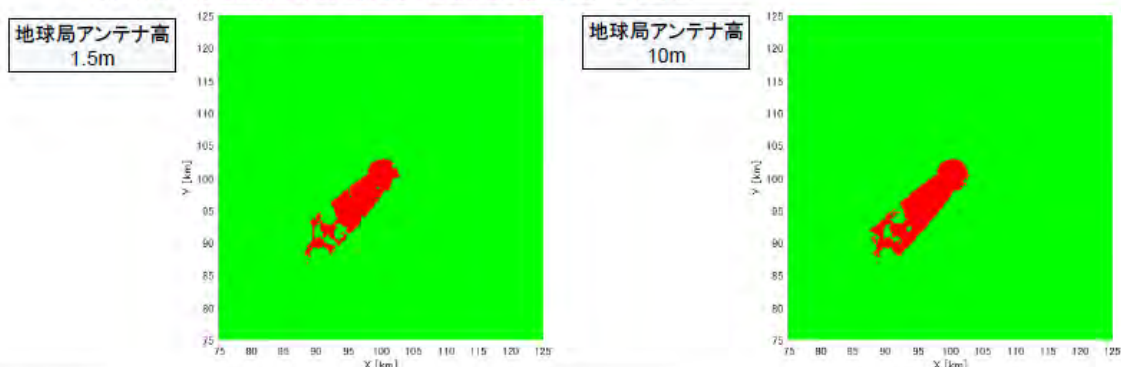
干渉範囲のケーススタディとして、既存の電気通信業務の無線局が設置されている地域を対象に、地形情報を考慮した離隔距離の計算を実施

■ 伝搬モデル、評価手法

項目	概要
伝搬モデル	・ITU-R P.452(時間率20%)、標高を考慮。
評価手法	・電通業務無線局の設置位置(仮設定)を中心に200km四方の範囲(250m×250mメッシュ)を対象に、電通業務の指向方向を仮設定し、P.452による電波伝搬を計算。

■ 計算結果

- ・中心位置($x=100$ km, $y=100$ km)に固定業務(被干渉局)を配置し、周辺に地球局(与干渉局)をメッシュ配置(250m×250m)。
- ・固定業務の設置位置における干渉電力が、許容干渉電力を上回った時の地球局位置を赤色で表示している。
- ・干渉エリアは、固定業務の指向方向18km程度×幅数km程度の範囲に限定されている。

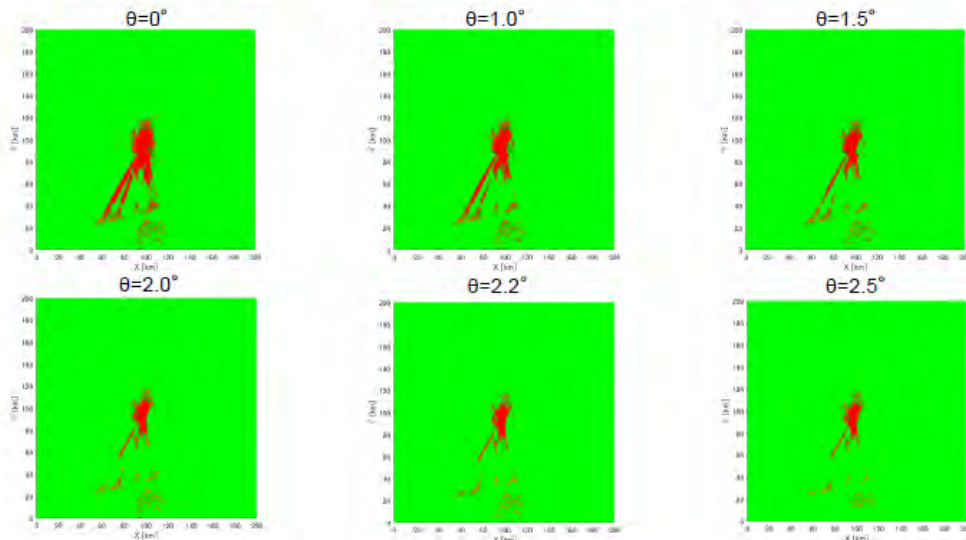


Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

Ku帯非静止衛星(地球局)→電気通信業務(固定、移動)【同一】

■ 計算結果

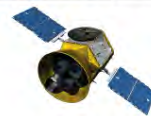
- 固定業務の指向方向を全方位で検討した場合の干渉範囲を示すと共に、固定業務への入射角度(仰角方向)を変化させて場合の干渉範囲の変化を検討した。(地球局アンテナ高:10m)
- 入射角度が $0^\circ \sim 2.5^\circ$ まで変化すると、最大離隔距離は80km程度から40km程度まで低減される。



Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

2. 6 電気通信業務(固定・移動)(14.4-15.25GHz)からKu帯非静止衛星通信システム(500km)宇宙局(14.0-14.5GHz)への干渉

電気通信業務(固定、移動)→Ku帯非静止衛星(宇宙局)【同一】



電気通信業務(固定、移動)(14.4-15.25GHz)

Ku帯非静止衛星(宇宙局)(14.0-14.5GHz)

諸量	値※ [単位]	根拠/仮定/計算式 等
①EIRP	23 [dBm] = -7 [dBW]	陸上無線通信委員会報告*1「参考資料13:基幹系無線システムの主な技術的条件について(1)固定通信システム」より、15GHz帯のEIRPを適用。 $65 - 25 \log \theta [\text{dBm}] (2.5^\circ \leq \theta < 48^\circ)$ $23 [\text{dBm}] (48^\circ \leq \theta)$ ここで、 $\theta = 90^\circ$ とする。
②自由空間伝搬損失	170 [dB]	周波数: 14.4GHz 地球局-非静止衛星間距離(SpaceX): 550 km*2
③受信アンテナ利得	35.7 [dBi]	✓ FCCファイリングより、Beam ID: RX12 (受信帯域14.0-14.5GHz)のPeak Gain*3は35.7[dBi] ✓ ITUファイリングより、当該宇宙局におけるアンテナパターンはS.1528に準拠
④干渉波の電力 I	-141.7 [dBW]	①EIRP - ②伝搬損失 + ③アンテナ利得

*1: 情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告、平成26年5月

「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」

*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 資料の地球局パラメータ(Ku帯)より

*3: FCCファイリング(SATMOD2019083000087) Tech Reportより

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記しているため、そのまま用いると、「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

電気通信業務(固定、移動)→Ku帯非静止衛星(宇宙局)【同一】

(続き)

諸量	値※ [単位]	根拠/仮定/計算式 等
④干渉波の電力 I	-141.7 [dBW]	(前ページ再掲)
⑤増加雑音温度 ΔT	9.75E-01 [K]	$\Delta T = \frac{10 \left(\frac{I}{10} \right)}{kB}$ $B=500$ [MHz] (SpaceX受信キャリア帯域) *1 $k=1.38E-23$ [J/K] (ボルツマン定数)
⑥温度増加率 $\Delta T/T$	2.30E-01 [%]	システム1台による温度増加率 $\Delta T/T$ 受信機の等価雑音温度 $T=424$ [K] (ITU-RのBR IFIC *2より)
⑦全台による温度上昇率	0.21 [%]	$\Delta T/T \times (\text{台数})$ ✓ 15GHz帯FWAは全国で1798台(H30年度*3) ✓ NGS0周波数帯と重なる台数は、各無線局が15GHz帯に均等に分布していると仮定し推計 : $1798 \times (14.5-14.4)/(15.25-14.4) \approx 212$ 台 ✓ S.1528において、メインローブとサイドローブのクロスポイントは4.8° との記載があり、本検討ではその範囲内を対象とするビーム範囲とする。 ✓ 高度550kmの位置に衛星が位置し、ビーム幅4.8° で照射すると、地表にはおよそ半径23kmの円状のカバレッジエリアができる。当該カバレッジエリアの面積は1,661km ² となり、日本の全面積377,900km ² のおよそ0.0044の割合である。 ✓ 全台による温度上昇率 = $\Delta T/T \times 212(\text{台}) \times 0.0044$
⑧干渉基準	6 [%]	$\Delta T/T$ は6%を越えない(RR Appendix 5 Table 5-1)

- *1: FCCファイリング (SATMOD2019083000087) Tech Reportより
*2: ただし、高度変更前の共用検討 (Attachment 5: Interference Analysis to Accompany the Request for Modification of the STEAM-1 Non-Geostationary Satellite System)
<https://www.itu.int/en/ITU-R/space/Pages/brificAdditionalInformation.aspx>
*3: 総務省 平成30年度電波の利用状況調査より

⑦温度上昇率が干渉基準6%を下回るため
共用可能

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記しているため、そのまま用いると、「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

2. 7 無線アクセスシステム・電気通信業務(固定)(17.7-18.72/19.22-19.7GHz) から Ku 帯非静止衛星通信システム(500km) フィーダリンク地球局(17.8-18.6/18.8-19.3GHz) への干渉

無線アクセスシステム・電通業務(固定)→Ka帯非静止衛星(地球局)【同一】



無線アクセスシステム(17.7-18.72、19.22-19.7GHz)
電通業務(固定)(17.7-18.72、19.22-19.7GHz)

Ka帯非静止衛星(地球局)(17.8-18.6、18.8-19.3GHz)

諸量	値※ [単位]	根拠/仮定/計算式 等
①EIRP	70 [dBm] =40 [dBW] (無線アクセスシステム) 62 [dBm] =32 [dBW] (電通業務)	$\text{Gamax} = 38.4$ [dBi] (無線アクセスシステム)、38.0 [dBi] (電通業務) (回線設計条件例 *1より)とし、下式 *1より求める。 【無線アクセスシステム】 $70.3 - 1.65 \times \theta^2$ [dBm] ($0^\circ \leq \theta \leq 2.5^\circ$) $68.05 - 20.23 \times \log(\theta)$ [dBm] ($2.5^\circ \leq \theta < 54^\circ$) 33 [dBm] ($54^\circ \leq \theta < 70^\circ$) $33.0 - 0.0138 \times (\theta - 70)^2$ [dBm] ($70^\circ \leq \theta < 90^\circ$) 27.5 [dBm] ($90^\circ \leq \theta$) 離角 $\theta = 0^\circ$ (保守的な条件とする) 【電通業務】 $70 - 20.8 \times \log(\theta)$ [dBm] ($2.5^\circ \leq \theta < 48^\circ$) 35 [dBm] ($48^\circ \leq \theta$) 離角 $\theta = 2.5^\circ$ (保守的な条件とする)

- *1: 情報通信審議会情報通信技術分科会陸上無線通信委員会報告、平成26年5月
「業務用陸上無線通信の高周波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周波化等に関する技術的条件」

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記しているため、そのまま用いると、「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

無線アクセスシステム・電通業務(固定)→Ka帯非静止衛星(地球局)【同一】

(続き)

諸量	値 [※] [単位]	根拠/仮定/計算式 等
①EIRP	40[dBW](無線アクセスシステム) 32[dBW](電通業務)	(前ページ再掲)
②受信アンテナ利得	-5.4[dBi]	SpaceX Gateway局アンテナパターン ^{*1} より、 $\theta = 25^\circ$ (SpaceX最小仰角 ^{*2})の場合のアンテナ利得
③干渉基準	-151[dBW]	ITU-R勧告SF.1006-0 式(3)(4)及び以下の諸元(SF.1006-0 Table 1の15-40GHzの値を適用)より、長時間の許容干渉レベル P_s を計算。 $k = 1.38E - 23$ [J/K] (ボルツマン定数) $p_1 = 20$ [%], $p_2 = 0.003$ [%], $n_2 = 2$ [-] $T_r = 300$ [K] (受信システム雑音温度) $B = 1E + 6$ [Hz] (参照帯域幅) $J = -7$ [dB] (長期許容干渉電力と熱雑音電力の比) $M_2 = 6$ [dB] (リンクのフェードマージン) $N_2 = 1$ [dB] (衛星中継器によるリンクへのノイズ寄与) $W = 0$ [dB] (基準帯域内の妨害電波の熱雑音等価係数) 長時間: $P_s(20\%) = 10 \log(k \cdot T_r \cdot B) + J - W$ [dBW] = -151 [dBW]
④所要改善量	186[dB](無線アクセスシステム) 177[dB](電通業務)	①EIRP - ②受信アンテナ利得 - ③干渉基準

与干渉側のアンテナ高を30m、
時間率を20%に設定

*1: SpaceX社より提供
*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 資料の地球局パラメータ(Ka帯)より

地球局アンテナ高	離隔距離
1.5 [m]	43[km] (無線アクセスシステム) 39[km] (電通業務)
10 [m]	53[km] (無線アクセスシステム) 49[km] (電通業務)

43~53km(無線アクセスシステム)、39~49km(電通業務(固定))の離隔距離を取ることで共用可能

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

※[dB]を単位に含む各値は小数点以下を丸めて表記しているため、そのまま用いると、「地球局の出力」、「所要改善量」は表に記載の値の通りにはならない場合がある

2. 8 Ku 帯非静止衛星通信システム (500km) フィーダリンク地球局 (27.5-29.1/29.5-30GHz) から第5世代移動通信システム (27.5-29.5GHz) への干渉

Ka帯非静止衛星(地球局)→携帯電話(5G)



Ka帯非静止衛星(地球局)
(27.5-29.1, 29.5-30.0GHz)



移動(5G) (27.0-29.5GHz)

- 「平成30年度 情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会報告」と同様の検討手法を使用する。

■ 送信側(NGSO地球局)パラメータ

項目	地球局1	地球局2
設置場所 ^{*1}	山口県	北海道
送信周波数	27.5 GHz	
送信電力	18.78 (case1) or 10.46 (case 2) dBW/(480MHz) ^{*2}	
空中線利得	SpaceX社より提供	
空中線指向特性	ITU-R S.465又はS.1428に基づき地球局毎の値を利用	
空中線仰角	25° (最小仰角) ^{*3}	

※1: SpaceXのGateway局の設置予定地域の中から、電波伝搬の特性が異なる代表的な2地域(平けた地域と山間の地域)を選定

※2: 本送信電力は8つのアンテナのサイドローブの影響を加味し、1アンテナあたりの電力に換算した値である。

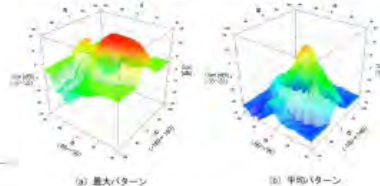
※3: 情報通信審議会 情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会作業班 資料の地球局パラメータ(Ka帯)より

■ 受信側(5G基地局)パラメータ

項目	数値	備考
許容干渉電力	-110dBm/MHz	※1
空中線指向特性	ITU-R M.2101から計算した最大・平均パターン	※2
チルト角	10°	※1
空中線高	6m	※1

※1: ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく(Document 5-1/36-E)

※2: ITU-R M.2101 Annex 1の5章の数式によって生成された多数のスナップショットに対して統計処理を行い、任意方向の空中線利得を最大値(包絡線)あるいは平均値によりモデル化



Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

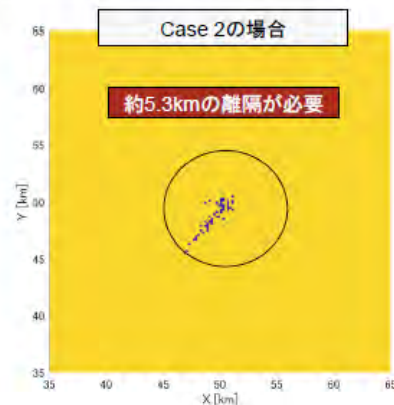
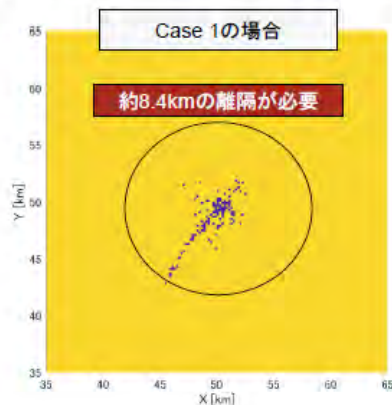
Ka帯非静止衛星(地球局)→携帯電話(5G)

■ 伝搬モデル、評価手法

項目	内容
伝搬モデル	・ITU-R P.452(時間率20%)、標高を考慮。
評価手法	・地球局1(山口)を中心に100km四方の範囲を対象に、P.452による電波伝搬を計算。

■ 計算結果

- ・ 100km四方のうち中心部分(x=50km, y=50km)地点にSpaceX地球局を配置する。(下記図では見やすさのためx,y軸ともに35~65kmを抽出)
- ・ 5G基地局のアンテナパターンは最大パターンにて評価。(※前回結果より最大パターンの方が長い離隔距離が必要との結果が得られたため)
- ・ Gateway局は最小仰角25[°]で運用されていると仮定。(※前回結果より低仰角の方が長い離隔距離が必要との結果が得られたため)
- ・ Case 1の場合には5G基地局との離隔距離は約8.4km程度必要。また、Case 2場合離隔距離は約5.3km程度必要との結果が得られた。



Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

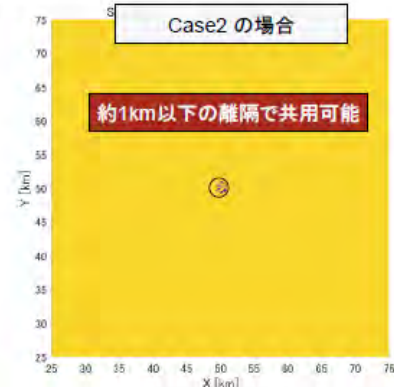
Ka帯非静止衛星(地球局)→携帯電話(5G)

■ 伝搬モデル、評価手法

項目	内容
伝搬モデル	・ITU-R P.452(時間率20%)、標高を考慮。
評価手法	・地球局2(北海道)を中心に100km四方の範囲を対象に、P.452による電波伝搬を計算。

■ 計算結果

- ・ 100km四方のうち中心部分(x=50km, y=50km)地点にSpaceX地球局を配置する。(下記図では見やすさのためx,y軸ともに25~75kmを抽出)
- ・ 5G基地局のアンテナパターンは最大パターンにて評価。(※前回結果より最大パターンの方が長い離隔距離が必要との結果が得られたため)
- ・ Gateway局は最小仰角25[°]で運用されていると仮定。(※前回結果より低仰角の方が長い離隔距離が必要との結果が得られたため)
- ・ Case 1の場合には5G基地局との離隔距離は約2.5km程度必要。また、Case 2場合離隔距離は1km以下の離隔にて共用可能との結果が得られた。



Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

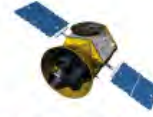
※山口の場合とx,y軸の範囲が異なるので注意

2. 9 第5世代移動通信システム(27.5-29.5GHz)からKu帯非静止衛星通信システム(500km)フィーダリンク地球局(27.5-29.1/29.5-30GHz)への干渉

携帯電話(5G)→Ka帯非静止衛星(宇宙局)



移動(5G)(27.0-29.5GHz)



Ka帯非静止衛星(宇宙局)
(27.5-29.1, 29.5-30.0GHz)

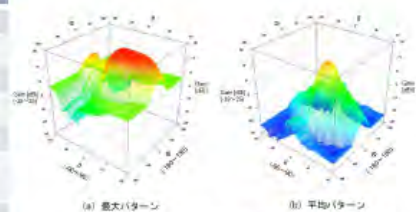
- ・「平成30年度 情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会報告」と同様の検討手法を使用する。

■ 送信側(5G基地局)パラメータ

項目		数値	備考
送信周波数		27.5 GHz	※1
送信電力	P	5 dBm/MHz	※1
空中線利得	G_t	約23dBi (素子当たり5dBi, 素子数8×8)	※1
送信系各種損失	P_{li}	3 dBi	※1
等価等方輻射電力(EIRP)	P_{eq}	25dBm/MHz ($P_{eq}=P+G_t-P_{li}$)	※1
空中線指向特性	G	ITU-R M.2101から計算した最大・平均パターン(右下図)	※2
チルト角		10°	※1
空中線高		6m	※1

※1:ITU-RのIMT-2020共用検討パラメータに基づく(Document 5-1/36-E)

※2:ITU-R M.2101 Annex 1の5章の数式によって生成された多数のスナップショットに対して統計処理を行い、任意方向の空中線利得を最大値(包絡線)あるいは平均値によりモデル化



＜ビームフォーミングを考慮した5G空中線指向特性＞

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

携帯電話(5G)→Ka帯非静止衛星(宇宙局)

■ 受信側(NGSO宇宙局)パラメータ

項目	設定
受信空中線パターン	G_r SF.1528の軸外アンテナ利得(LEO)を適用
許容干渉電力	ITU-R S.1432Iに基づき設定

■ 伝搬モデル、評価手法

項目	概要
伝搬モデル	・自由空間伝搬損失のみ(L_b) ・自由空間伝搬損失(L_b)＋クラッタ損(場所率50%)(L_{CL})
評価手法	国内の昼間人口の多い地点順に基地局を1局ずつ配置し、非静止衛星における複数の基地局からの累積干渉電力を算出して、許容干渉電力と比較

■ 計算結果

- ・設置局数に対する累積干渉電力を計算
- ・累積干渉電力が許容干渉電力と等しくなる局数(=設置可能局数)を算出する
- ・設置可能局数が50,000局を超える場合は、50,000局設置時のマージンを算出

条件	仰角	設置可能局数	
		平均パターン	最大パターン
自由空間伝搬損失のみ	25度	約8,500局	約1,600局
	30度	約10,000局	約1,800局
	60度	50,000局以上(約7dB)	約5,400局
	90度	50,000局以上(約6dB)	約1,300局
自由空間伝搬損失＋クラッタ損	25度	約34,000局	約7,400局
	30度	約28,000局	約5,400局
	60度	50,000局以上(約9dB)	約7,100局
	90度	50,000局以上(約6dB)	※推定1,800局-2,000局

Copyright (C) Mitsubishi Research Institute, Inc.

