

# 小型衛星コンステレーションによる衛星通信システム (Ku帯非静止衛星通信システム) の検討状況について

2020年 9月4日



Space Exploration Technologies / TIBRO Japan GK  
*In cooperation with KDDI*

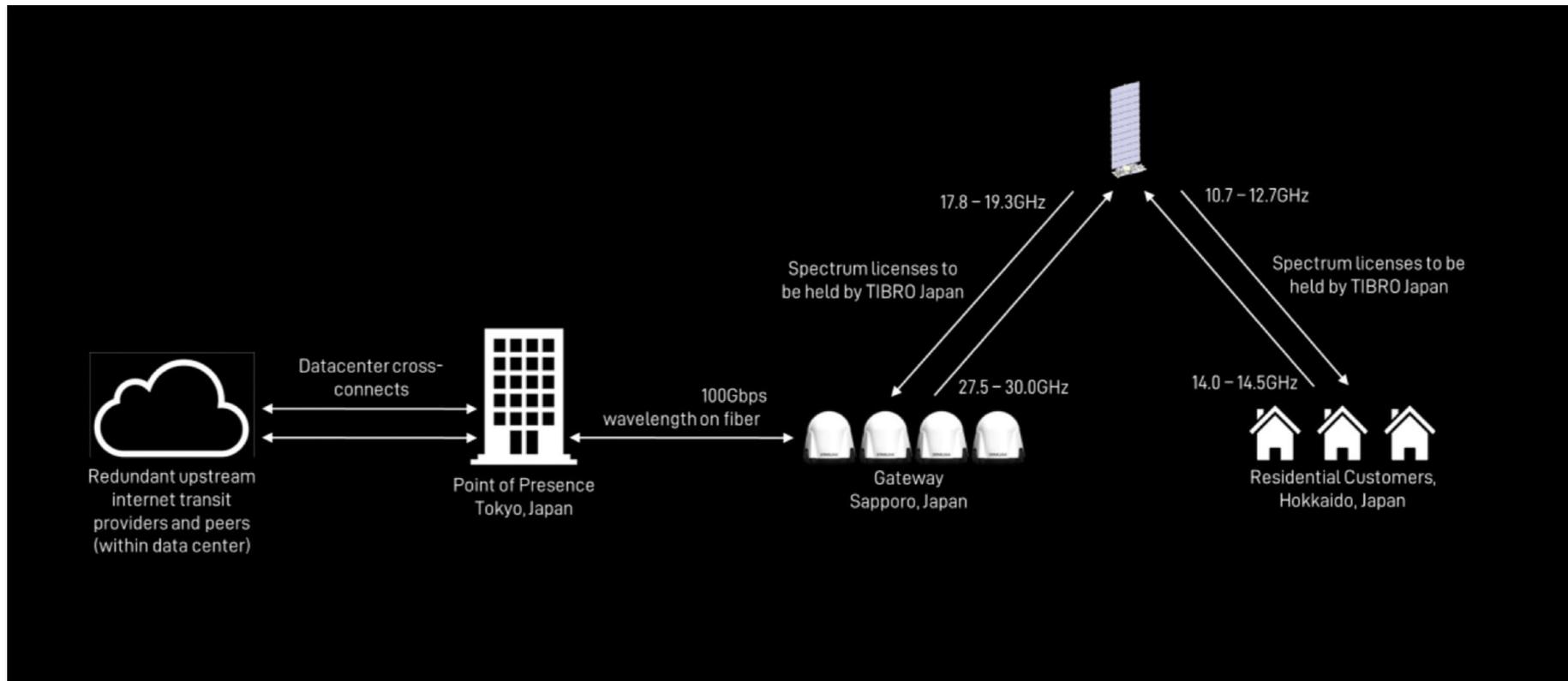
# システム概要・サービスイメージ

# 当該非静止衛星通信システムの概要

システム概要		内容
衛星総数		4,408機（本作業班のスコープ）
軌道高度		4,408機@540km to 570km
打ち上げ開始		2019年5月24日
サービス開始		2020年（日本含む）
利用周波数	サービスリンク（Ku）	10.7-12.7GHz（宇宙から地球） 14.0-14.5GHz（地球から宇宙）
	フィーダーリンク（Ka）	17.8-18.6 / 18.8-19.3 GHz（宇宙から地球） 27.5-29.1 / 29.5-30.0 GHz（地球から宇宙）
サービスリンクビーム幅		ビーム幅2.6度 半径573~960kmの可変カバレッジ
地上設備	GW/POP	連続したカバレッジを提供するため全世界（日本含む）へ展開
	TT&C	世界的に展開予定（ただし、現時点で日本に設置する計画はなし）
	SOC	世界的に展開予定（ただし、現時点で日本に設置する計画はなし）
	GNOC	世界的に展開予定（ただし、現時点で日本に設置する計画はなし）



# Starlinkシステムイメージ



# SpaceXファイリング情報

Network	ITU Publication Number	BRIFIC / Published Date	FCC Coordination Information
STEAM-1 (Ku band)	CR/C/3739 (参考) CR/C/3739 MOD-1 (参考) CR/C/3739 MOD-2 (参考) CR/C/3739 MOD-3 (参考) CR/C/3739 MOD-4 (参考) CR/C/3739 MOD-5 ※4408機向けに修正中	2799/21 July 2015 2806/27 Oct 2015 2884/27 Nov 2018 2891/19 Mar 2019 2902/20 Aug 2019 2920/12 May 2020	SAT-LOA-20161115-00118 SAT-MOD-20181108-00083 SAT-MOD-20190830-00087 SAT-MOD-20200417-00037
STEAM-2 (Ka band)	CR/C/3740 CR/C/3740 MOD-1 CR/C/3740 MOD-2 CR/C/3740 MOD-3	2799/21 July 2015 2884/27 Nov 2018 2891/19 Mar 2019 2902/20 Aug 2019	
STEAM-2B (Ka band)	CR/C/4422 CR/C/4422 MOD-1 CR/C/4422 MOD-2 CR/C/4422 MOD-3	1 Jan 2017 19 Dec 2018 19 Dec 2018 21 Jul 2020	

RR 22条 (epfd遵守) の適合の詳細はITU-R S.1503に基づく審査ページにて確認可能

<https://www.itu.int/ITU-R/go/space-epfd-data>



# 想定サービス

	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)	
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	航空、海上、陸上、IoTバックホール、遠隔地利用等も想定
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	



# ユーザー端末例

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	55 (直径)	350Mbps DL 130Mbps UL	電気式 (フェーズド アレー)

※ユーザー端末の写真については別途共有致します。



# 国際標準化・制度化状況

# 周波数の国際分配状況 (10.7~12.75GHz)

		国際分配					
第一地域		第二地域		第三地域		日本	
10.6-10.68GHz	地球探査衛星(受動)、固定、移動(航空移動を除く)、電波天文、宇宙研究(受動)、 <i>無線標準</i> 5.149 / 5.482 / 5.482A				10.6-10.68GHz	固定 移動(航空移動を除く) 地球探査衛星(受動) 宇宙研究(受動)、電波天文	
10.68-10.7GHz	地球探査衛星(受動)、電波天文、宇宙研究(受動) 5.340 / 5.483				10.68-10.7GHz	地球探査衛星(受動) 宇宙研究(受動)、電波天文	
10.7-10.95 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.441 固定衛星(↑) 5.484 移動(航空移動を除く)	10.7-10.95 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.441 移動(航空移動を除く)			10.7-11.7 GHz	固定 固定衛星(↓) 移動(航空移動を除く)
10.95-11.2 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.484A/5.484B 固定衛星(↑) 5.484 移動(航空移動を除く)	10.95-11.2 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.584A/5.484B 移動(航空移動を除く)				
11.2-11.45 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.441 固定衛星(↑) 5.484 移動(航空移動を除く)	11.2-11.45 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.441 移動(航空移動を除く)				
11.45-11.7 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.484A/5.484B 固定衛星(↑) 5.484 移動(航空移動を除く)	11.45-11.7 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.484A/5.484B 移動(航空移動を除く)				
11.7-12.5 GHz	固定 放送 放送衛星 5.492 移動(航空移動を除く) 5.487/5.487A	11.7-12.1 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.486 5.484A/5.484B 5.488 <i>移動(航空移動を除く)</i> 5.485	11.7-12.2 GHz	固定 移動(航空移動を除く) 放送 放送衛星 5.492 5.487/5.487A		
		12.1-12.2 GHz	固定衛星(↓) 5.484A/5.484B 5.488 5.485/5.489				
		12.2-12.7 GHz	固定 移動(航空移動を除く) 放送 放送衛星 5.492 5.487A/5.488/5.490	12.2-12.5 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.484B 移動(航空移動を除く) 放送 5.484A/5.487	12.2-12.5 GHz	固定 固定衛星(↓) <i>移動衛星(↓)</i> <i>放送衛星</i>
12.5-12.75 GHz	固定衛星(↓) 5.484A/5.484B 固定衛星(↑) 5.494/5.495 5.496			12.5-12.75 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.484A/5.484B 移動(航空移動を除く) 放送衛星 5.493	12.5-12.7 GHz	固定衛星(↓) <i>移動衛星(↓)</i> 放送衛星

# 関連する国際分配表の脚注（10.7~12.75GHz）

脚注番号	内容	備考
5.487	第一地域及び第三地域では、11.7-12.5GHzの周波数帯においては、それぞれの分配における固定業務、固定衛星業務、移動業務（航空移動を除く。）及び放送業務は、無線通信規則付録第30号の第一地域及び第三地域の計画に従って運用する放送衛星局に対して有害な混信を生じさせてはならない。また、それらの局からの保護を求めてはならない。	BSSの保護
5.487A	付加分配：第一地域では11.7-12.5GHz、第二地域では12.2-12.7GHz及び第三地域では11.7-12.2GHzの周波数帯は、非静止衛星システムに限り、一次的基礎で固定衛星業務（宇宙から地球）にも分配し、固定衛星業務の他の非静止衛星システムとの調整のため、無線通信規則第9.12号の規定に従うことを条件とする。固定衛星業務の非静止衛星システムは、それが適当な場合には固定衛星業務の非静止衛星システムのための完全な調整情報又は通告情報、また、それが適当な場合には静止衛星通信網のための完全な調整情報又は通告情報の無線通信局による受領の日にかかわらず、無線通信規則に従って運用する放送衛星業務の静止衛星網からの保護を求めてはならず、かつ、無線通信規則第5.43A号の規定は適用しない。この周波数帯における固定衛星業務の非静止衛星システムは、その運用中に生ずる可能性がある許容できないいかなる混信をも迅速に除去できるような方法で運用されなければならない。	BSSの静止衛星の保護
5.340 (10.68-10.7GHz)	以下の周波数帯の発射は、全て禁止する。 1400-1427MHz、2690-2700MHz（無線通信規則第5.422号の条件によるものを除く。）、10.68-10.7GHz（無線通信規則第5.483号の条件によるものを除く。）、15.35-15.4GHz（無線通信規則第5.511号の条件によるものを除く。）、23.6-24GHz、31.3-31.5GHz、31.5-31.8GHz（第二地域）、48.94-49.04GHz（航空機搭載の局）、50.2-50.4GHz、52.6-54.25GHz、86-92GHz、100-102GHz、109.5-111.8GHz、114.25-116GHz、148.5-151.5GHz、164-167GHz、182-185GHz、190-191.8GHz、200-209GHz、226-231.GHz、250-252GHz	



# 周波数の国際分配状況（14～14.5GHz）

第一地域		国際分配			第三地域		日本	
		第二地域						
14-14.25 GHz		固定衛星(↑) 無線航行 移動衛星(↑) 宇宙研究	5.457A/5.457B/5.484A/5.484B/5.506/5.506B 5.504 5.504B/5.504C/5.506A 5.504A/5.505				14-14.4 GHz	固定衛星(↑) 移動衛星(↑)
14.25-14.3 GHz		固定衛星(↑) 無線航行 移動衛星(↑) 宇宙研究	5.457A/5.457B/5.484A/5.484/5.506/5.506B 5.504 5.504B/5.506A/5.508A 5.504A/5.505/5.508					
14.3-14.4 GHz	固定 固定衛星(↑) 5.457A/5.457B 5.484A/5.484B 5.506/5.606B 移動(航空移動を除く) 移動衛星(↑) 5.504B/5.506A 5.509A 無線航行衛星 5.504A	14.3-14.4 GHz	固定衛星(↑) 5.457A/5.484A 5.484B/5.506 5.506B 移動衛星(↑) 5.506A 無線航行衛星 5.504A	14.3-14.4 GHz	固定衛星(↑) 5.457A/5.484A 5.484B/5.506 5.506B 移動(航空移動を除く) 移動衛星(↑) 5.504B/5.506A 5.509A 無線航行衛星 5.504A			
14.4-14.47 GHz		固定 固定衛星(↑) 移動(航空移動を除く) 移動衛星(↑) 宇宙研究(↓) 5.504A	5.457A/5.457B/5.484A/5.484B/5.506/5.506B 5.504B/5.506A/5.509A				14.4-14.47 GHz	固定 固定衛星(↑) 移動(航空移動を除く) 移動衛星(↑)
14.47-14.5 GHz		固定 固定衛星(↑) 移動(航空移動を除く) 移動衛星(↑) 電波天文 5.149/5.504A	5.457A/5.457B/5.484A/5.484B/5.506/5.506B 5.504B/5.506A/5.509A				14.47-14.5 GHz	固定 固定衛星(↑) 移動(航空移動を除く) 移動衛星(↑) 電波天文



# 周波数の国際分配状況 (17.8~19.3GHz)

第一地域			国際分配 第二地域			第三地域			日本	
17.7-18.1 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.484A 固定衛星(↑) 5.516 移動	5.484A 5.516	17.7-17.8 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.517 固定衛星(↑) 5.516 放送衛星 移動 5.515	17.7-18.1 GHz	固定 固定衛星(↓) 5.484A 固定衛星(↑) 5.516 移動	5.484A 5.516	17.7-17.85 GHz	固定 固定衛星(↓) 移動 固定衛星(↑)	
			17.8-18.1	固定 固定衛星(↓) 5.484A 固定衛星(↑) 5.516 移動 5.519				17.85- 17.97GHz	固定 固定衛星(↓) 固定衛星(↑)	
18.1-18.4 GHz			固定 固定衛星(↓) 5.484A/5.516B 固定衛星(↑) 5.520 移動 5.519/5.521					18.1-18.4 GHz	固定 固定衛星(↓) 移動 固定衛星(↑)	
18.4-18.6 GHz			固定 固定衛星(↓) 5.484A/5.516B 移動					18.4- 18.6GHz	固定 固定衛星(↓) 移動	
18.6- 18.8GHz	地球探査衛星(受動) 固定 固定衛星(↓) 5.522B 移動(航空移動を除く) 宇宙研究(受動) 5.522A/5.522C	5.522B	18.6- 18.8GHz	地球探査衛星(受動) 固定 固定衛星(↓) 5.516B/5.522B 移動(航空移動を除く) 宇宙研究(受動) 5.522A	18.6- 18.8GHz	地球探査衛星(受動) 固定 固定衛星(↓) 5.522B 移動(航空移動を除く) 宇宙研究(受動) 5.522A	5.522B	18.6- 18.72GHz	固定 固定衛星(↓) 地球探査衛星(受動) 宇宙研究(受動)	
								18.72- 18.8GHz	固定 固定衛星(↓) 地球探査衛星(受動) 移動(航空移動を除く) 宇宙研究(受動)	
18.8-19.3 GHz			固定 固定衛星(↓) 5.516B/5.523A 移動					18.8- 19.3GHz	固定 固定衛星(↓) 移動	



# 周波数の国際分配状況 (27.5~30.0GHz)

第一地域		国際分配 第二地域		第三地域		日本	
27.5-28.5GHz		固定 5.537A 固定衛星(↑) 5.484A / 5.516B / 5.539 移動 5.538/5.540				27.5-28.5GHz	固定衛星(↑) 移動 固定
28.5-29.1GHz	固定 固定衛星(↑) 5.484A / 5.516B / 5.523A / 5.539 移動 地球探査衛星(↑) 5.541/5.540	28.5-29.1GHz	固定 固定衛星(↑) 5.484A / 5.516B / 5.523A / 5.539 移動 地球探査衛星(↑) 5.541/5.540	28.5-29.1GHz	固定 固定衛星(↑) 5.484A / 5.516B / 5.523A / 5.539 移動 地球探査衛星(↑) 5.541/5.540	28.5-29.1GHz	固定衛星(↑) 移動 固定 地球探査衛星(↑)
29.1-29.5GHz		固定 固定衛星(↑) 5.516B / 5.523C / 5.523E / 5.535A / 5.539 / 5.541A 移動 地球探査衛星(↑) 5.541 5.540				29.1-29.5GHz	固定衛星(↑) 移動 固定 地球探査衛星(↑)
29.5-29.9GHz	固定衛星(↑) 5.484A / 5.484B / 5.516B / 5.527A / 5.539 地球探査衛星(↑) 5.541 移動衛星(↑) 5.550 / 5.542	29.5-29.9GHz	固定衛星(↑) 5.484A / 5.484B / 5.516B / 5.527A / 5.539 移動衛星(↑) 地球探査衛星(↑) 5.541 5.525 / 5.526 / 5.527 / 5.529 / 5.540	29.5-29.9GHz	固定衛星(↑) 5.484A / 5.484B / 5.516B / 5.527A / 5.539 地球探査衛星(↑) 5.541 移動衛星(↑) 5.550 / 5.542	29.5-29.9GHz	固定衛星(↑) 移動衛星(↑) 固定 移動 地球探査衛星(↑)
29.9-30GHz		固定衛星(↑) 5.484A / 5.484B / 5.516B / 5.527A / 5.539 移動衛星(↑) 地球探査衛星(↑) 5.541 / 5.543 5.525 / 5.526 / 5.527 / 5.538 / 5.540 / 5.542				29.9-30GHz	固定衛星(↑) 移動衛星(↑) 地球探査衛星(↑)



# 海外の標準化・制度化検討状況

## ■ Ku帯非静止衛星通信システムの技術的条件を用いた共用検討やその結果を踏まえた標準を策定

標準団体	文書番号	内容
ETSI	EN 303 981	2020年9月にパブリックノーティス予定、12月に発行予定 (ECC Decision (17) 04/(18) 05に反映予定)
ECC	ECC Decision (17) 04	<a href="https://www.ecodocdb.dk/download/89ca1a89-b33c/ECCDEC1704.pdf">https://www.ecodocdb.dk/download/89ca1a89-b33c/ECCDEC1704.pdf</a> (EN 303981を反映：2020年末)
	ECC Report 271	<a href="https://www.ecodocdb.dk/download/3ab9e6bc-0afd/ECC%20Report%20271.pdf">https://www.ecodocdb.dk/download/3ab9e6bc-0afd/ECC%20Report%20271.pdf</a> (更改中：2020年10月完了予定)
	ECC Decision (18) 05	<a href="https://www.ecodocdb.dk/download/a885e3f1-0c26/ECCDec1805.pdf">https://www.ecodocdb.dk/download/a885e3f1-0c26/ECCDec1805.pdf</a> (EN 303981を反映：2020年末)

# 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
EIRP密度マスク	4.1.7	アンテナ製造業者は、RR 22条に規定されたepfd（↑）制限を遵守するために、ITU-R 勧告S.1503-2において規定されたシミュレーションを実行するためのEIRP密度マスク値の公表義務。アンテナ製造業者は最大EIRP密度となる運用モードの公表と、WBES(Wide Band Earth Station)のための試験モードの提供義務
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	軸外の不要発射EIRP密度の上限値を規定
軸上スプリアス放射	4.2.4	軸上の不要発射EIRP密度の上限値を規定
搬送波抑圧	4.2.5	故障時、電波発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
電波発射停止	4.2.6	WBESの電波発射が許可されない場合は、電波発射を停止する義務
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



## ■ 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.  $eirp \leq 60$ 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)

## ■ 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		<ul style="list-style-type: none"><li>• 電波天文 (10.6-10.7GHz)</li><li>• 地球探査衛星 (10.6-10.7GHz)</li></ul>
アップリンク	14-14.5	<ul style="list-style-type: none"><li>• 固定業務</li><li>• 電波天文 (二次業務)</li></ul>	

- 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9月現在改訂中であり、2020年10月頃に改訂予定。**

# 改訂中ECC Report 271の変更点（SpaceXパート）

赤字ハイライトが今回ECC Report 271で更新された内容

パラメータ	変更前				変更後			
全機数	4425機				4408機			
衛星高度 軌道傾斜角 軌道数 衛星数/軌道	衛星高度	軌道傾斜角	起動数	衛星数/軌道	衛星高度	軌道傾斜角	起動数	衛星数/軌道
	1150km	53°	32軌道	50機	550km	53°	72軌道	22機
	1110km	53.8°	32軌道	50機	540km	53.2°	72軌道	22機
	1130km	74°	8軌道	50機	570km	70°	36軌道	20機
	1275km	81°	5軌道	75機	560km	97.6°	6軌道	58機
1325km	70°	6軌道	70機	560km	97.6°	4軌道	43機	
ユーザ端末種類	固定地球局				固定地球局と移動地球局			
最低仰角	40°				25°			

- 全機が、ITU-R RS.1861勧告に記載されるEESS衛星の高度よりも低い高度に存在するため、EESS衛星のバックローブへの干渉は発生しない。



# 改訂中ECC Report 271の変更点 (SpaceXパート)

青文字ハイライトが今回ECC Report 271で更新された内容

既存業務		FSS 地球局	FSS側の 条件	共用・共存検討結果
帯域(GHz)	業務			
10.6-10.7	電波天文	—	電力制限	<ul style="list-style-type: none"> <li>FSS宇宙局の不要発射：時間率2%以上で10.6-10.7GHzのEPFD<math>\leq</math>-239.4 dBW/m<sup>2</sup>/100MHz</li> <li>不要発射実現のため、フィルタ挿入等に加え、電波天文/地球探査衛星が見えるエリアでは最隣接チャンネル(10.7~10.95GHz)の発射停止</li> <li>電波天文の保護条件データ損失2%以内を満たす結果、EESS (受動) (海面反射による影響、Meteor-Mへの干渉) に対しても十分マージンがある結果。</li> </ul>
10.6-10.7	EESS(受動)			
14.25-14.5	FS	固定	地理的隔離	<ul style="list-style-type: none"> <li>水平方向の輻射は-72.76dBW/Hzに制限、地球局の最低仰角は25°。</li> <li>FS周辺に“保護ゾーン”設定。FSSの同一チャンネル送信を規制。</li> <li>保護ゾーンの規模は個々の局の特性や地形により決定。</li> </ul>
		移動 (陸上)		
		移動 (海上)		
		移動 (航空)	電力制御	<ul style="list-style-type: none"> <li> <math>\text{pfd mask}</math> : <math>\theta</math> = 水平面上の入射波の到来角度  <math>\theta \leq 5^\circ</math> : -119.5 dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz))  <math>5^\circ &lt; \theta \leq 20^\circ</math> : -124.5 + <math>\theta</math> dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz))  <math>20^\circ &lt; \theta \leq 90^\circ</math> : -84.5 dB(W/(m<sup>2</sup> · MHz))                     </li> <li>航空機の機体減衰を考慮すると、高度3000mより上空で運用可能。</li> </ul>
14.47-14.5	電波天文	固定	地理的隔離	<ul style="list-style-type: none"> <li>FS周辺に“保護ゾーン”設定。FSSの同一チャンネル送信を規制。</li> <li>保護ゾーンの規模は個々の局の特性や地形により決定。</li> </ul>
		移動 (陸上)		
		移動 (海上)		
		移動 (航空)	電力制御	<ul style="list-style-type: none"> <li> <math>\text{pfd mask}</math> : <math>\theta</math> = 水平面上の入射波の到来角度  <math>\theta \leq 10^\circ</math> : -185 + 0.5 · <math>\theta</math> dB(W/(m<sup>2</sup> · 150kHz))  <math>10^\circ &lt; \theta \leq 90^\circ</math> : -180 dB(W/(m<sup>2</sup> · 150kHz))                     </li> <li>電波天文保護のためのEIRPマスクと比較し、30-40dB高い値となった (つまり、LOS内の電波天文が用いる周波数と同一周波数を用いた通信は困難)</li> </ul>



## ■ 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.  $eirp \leq 54.5\text{dBW}$  (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

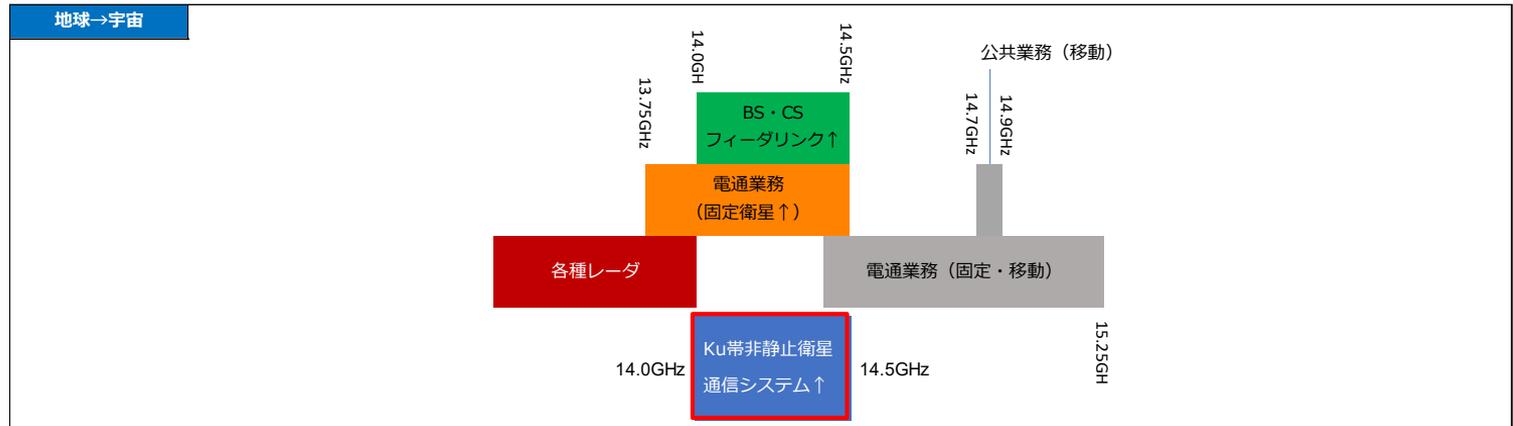
※固定地球局のDecisionと違い、飛行場周辺の調整に関する規定は無し。

【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  $eirp \leq 54.5\text{dBW}$  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。OWは  $eirp 34\text{dBW}$  のため追加制約なし。

# 国内既存システムとの共用検討について

**Ku帯サービスリンク**

# サービスリンク利用帯域と国内既存システム



# 共用検討の進め方（Ku帯）

## ■ 共用検討シナリオ

DL/UL	シナリオ	与干渉	被干渉
ダウンリンク	a	非静止衛星通信システム 宇宙局 10.7-12.7GHz	電波天文 10.6-10.7GHz
	b	非静止衛星通信システム 宇宙局 10.7-12.7GHz	地球探査衛星（受動） 10.6-10.7GHz
	c	電通業務（固定・移動） 10.7-11.7GHz	非静止衛星通信システム 地球局 10.7-12.7GHz
	d	公共・一般業務（固定） 12.2-12.5GHz	非静止衛星通信システム 地球局 10.7-12.7GHz
アップリンク	d	非静止衛星通信システム 地球局 14.0-14.5GHz	電通業務（固定・移動） 14.4-15.25GHz
	e	電通業務（固定・移動） 14.4-15.25GHz	非静止衛星通信システム 宇宙局 14.0-14.5GHz

- 静止衛星通信システムとの共用は、欧州での検討と同様にRR Article 22条遵守により満たされるため、個別の検討は不要。但し、個別の衛星通信システムとの運用調整は実施。
- 非静止衛星通信システムとの共用は、RR 9.12条により調整。
- 宇宙局から地上局へ干渉（宇宙局→電通業務（固定・移動）10.7-11.7GHz、公共・一般業務（固定）12.2-12.5GHzについても欧州での検討ではRR Article 21条遵守により保護されると結論。
- 14.47-14.5GHzを用いる電波天文は国内に存在しないことから、個別の検討は不要。

## ■ 共用検討手法

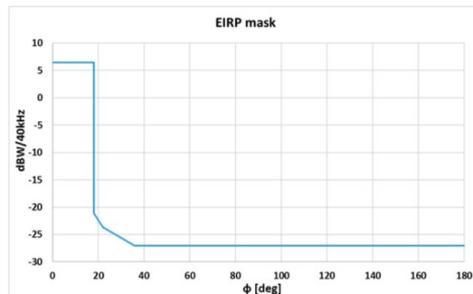
- 地球局のパラメータは次頁のものを利用し、当該レポートの検討手法、技術試験事務、その他海外等の検討内容を踏まえ、上記シナリオにおける個別共用検討を実施。



# 地球局パラメータ (Ku帯)

地球局パラメータ	コンシューマ向け地球局 Starlink system
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 フェーズドアレーアンテナ



### \*NOTE

フェーズドアレー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。

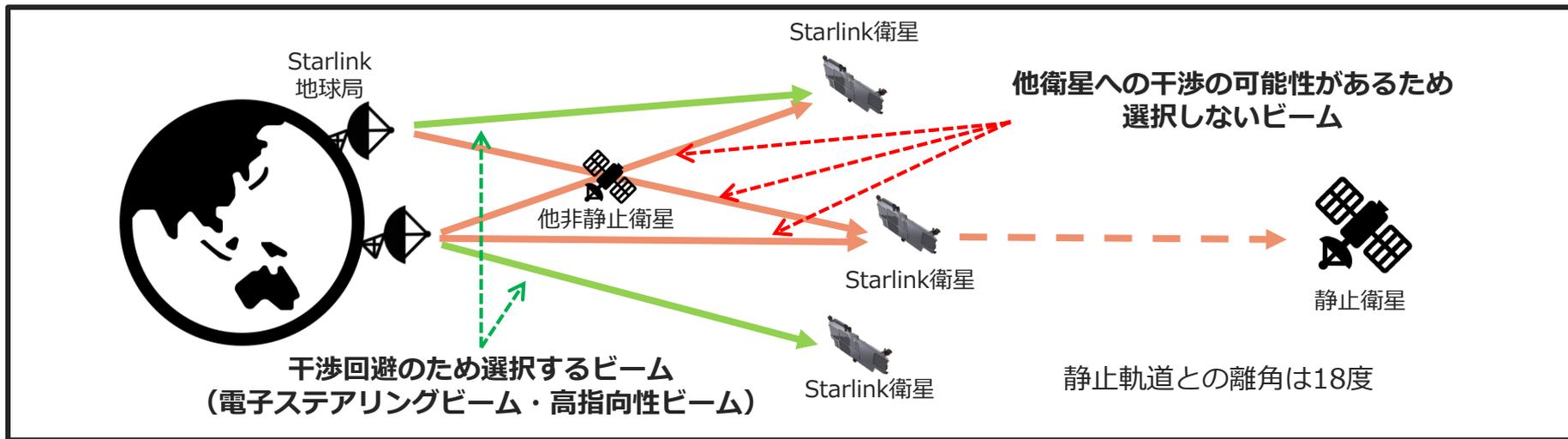


# 各シナリオの共用検討手法（Ku帯）

シナリオ	与干渉	被干渉	検討手法
A	非静止衛星通信システム 宇宙局 10.7-12.7GHz	電波天文 10.6-10.7GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECC Report271の検討結果へ包含可能かどうかを検討</li> </ul>
B	非静止衛星通信システム 宇宙局 10.7-12.7GHz	地球探査衛星（受動） 10.6-10.7GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>ECC Report 271の分析に我が国の地球探査衛星（受動）のパラメータを適用しての検証</li> </ul>
C	電通業務（固定・移動） 10.7-11.7GHz	非静止衛星通信システム 地球局 10.7-12.7GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧州検討結果：固定局の干渉から保護を要求しない</li> <li>その他海外における地球局被干渉の検討事例や、過去の非静止衛星通信システムに関する国内検討内容を調査の上、必要に応じて個別検討を実施</li> </ul>
D	公共・一般業務（固定） 12.2-12.5GHz	非静止衛星通信システム 地球局 10.7-12.7GHz	
E	非静止衛星通信システム 地球局 14.0-14.5GHz	電通業務(固定・移動) 14.4-15.25GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球局パラメータ、及び地形や建物による損失効果を考慮した所要離隔距離を算出</li> <li>実際の固定局設置場所の例として、国内2拠点における地形・建物による損失効果を計算</li> <li>ECC Report271の検討結果へ包含可能かどうかを検討</li> </ul>
F	電通業務(固定・移動) 14.4-15.25GHz	非静止衛星通信システム 宇宙局 14.0-14.5GHz	<ul style="list-style-type: none"> <li>欧州では検討なし</li> <li>その他海外における宇宙局被干渉の検討事例等や、過去の非静止衛星通信システムに関する国内検討内容を調査の上、必要に応じて個別検討を実施</li> </ul>

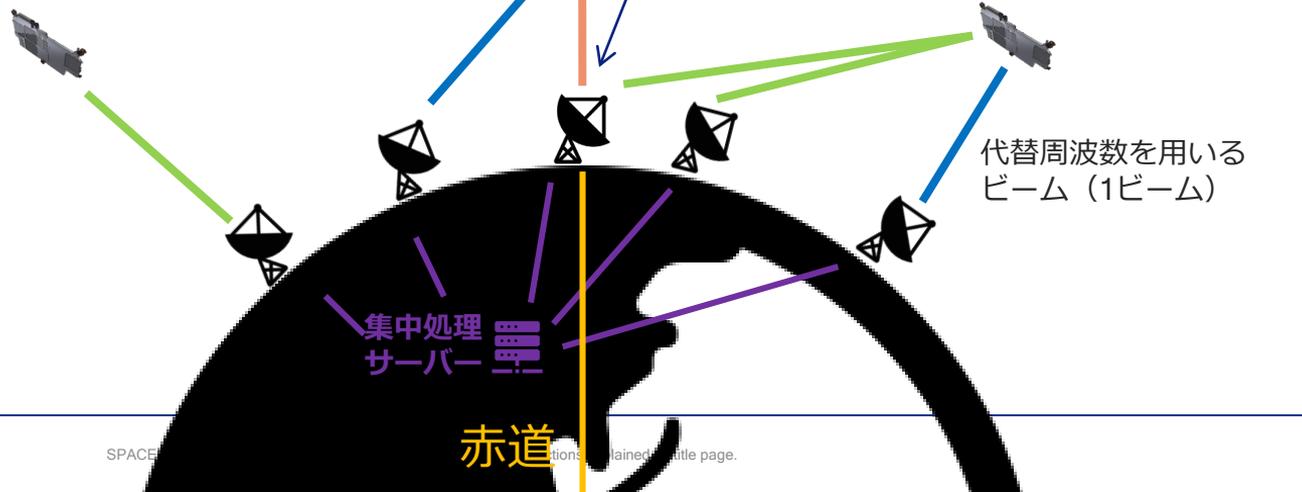
# 干渉回避手法（静止衛星及び他非静止衛星向け）

- Starlinkシステムでは、以下の機能により静止衛星及び他非静止衛星との干渉を回避可能。
  - 電子ステアリングビーム
  - 強いサイドローブ低減が可能な高指向性ビーム
  - 周波数再利用
- 軌道上に多くの衛星が存在するため、他衛星への干渉が発生しないビームを選択可能。



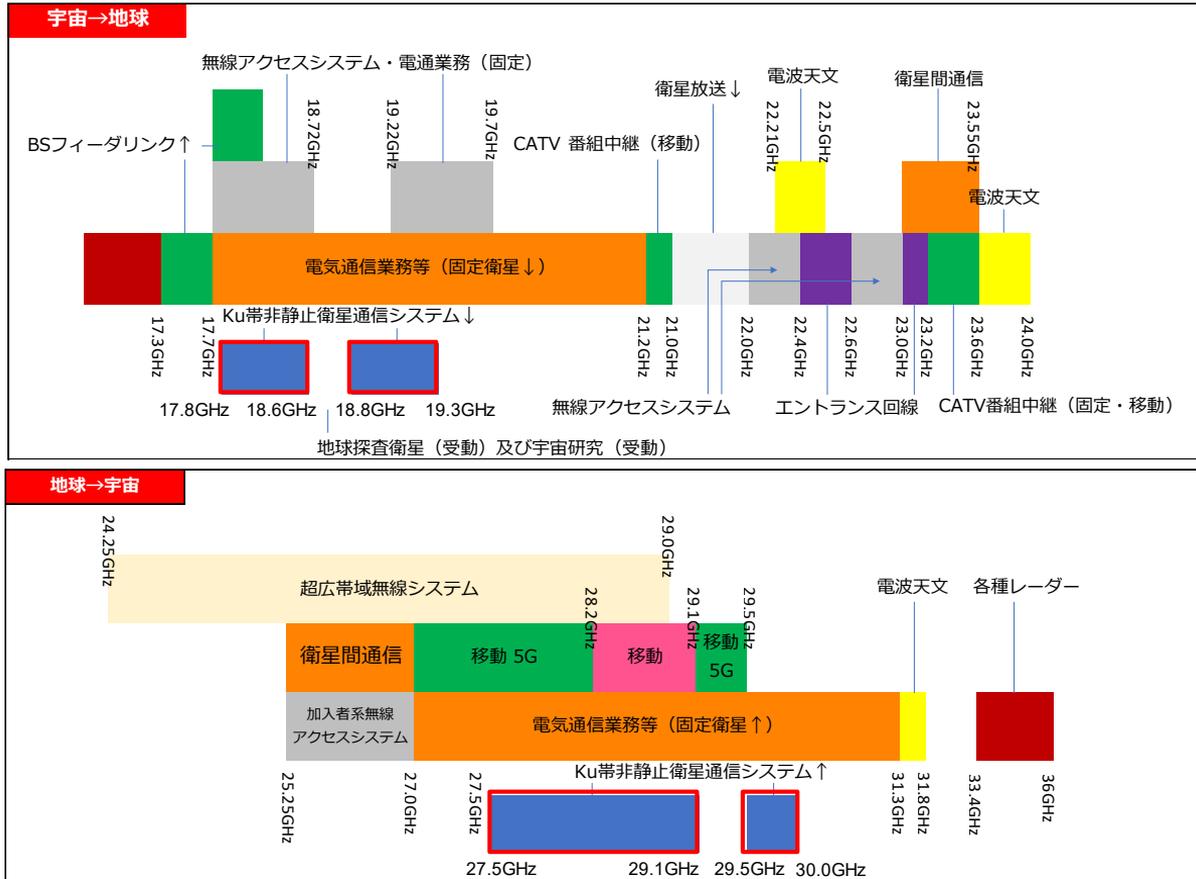
# 干渉回避手法の詳細

- SpaceX Starlink システムは下記の特徴により他の衛星への干渉を回避する能力を持つ。
  - Steerable beams : 複数の場所に対し正確なビーム照射が可能
  - Shapeable beams : 衛星の同じアンテナから複数のビームを利用可
  - Frequency reuse : 複数のビームで同じ周波数を利用可
- 軌道上の衛星数が多いので、他の衛星に干渉を与えないパスが多く存在する。



# Ka帯フィーダリンク

# フィーダリンク利用帯域と国内既存システム



# 共用検討の進め方（Ka帯）

## ■ 共用検討シナリオ

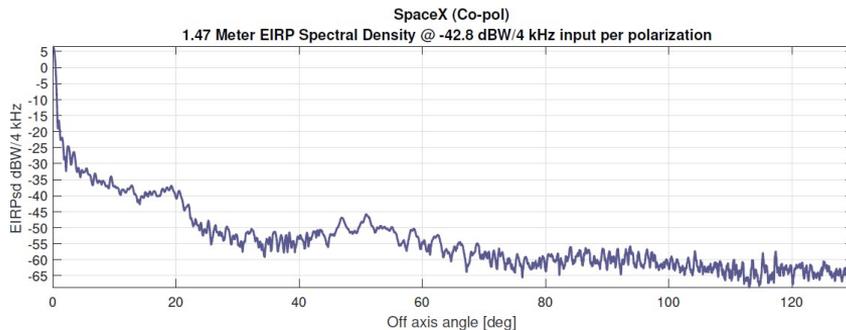
DL/UL	シナリオ	与干渉	被干渉
ダウンリンク	A	非静止衛星通信システム 宇宙局 17.8-18.6/18.8-19.3GHz	無線アクセスシステム 17.7-18.72/19.22-19.7GHz
	B	無線アクセスシステム 17.7-18.72/19.22-19.7GHz	非静止衛星通信システム 地球局 17.8-18.6/18.8-19.3GHz
	C	非静止衛星通信システム 宇宙局 17.8-18.6/18.8-19.3GHz	地球探査衛星（受動） 18.6-18.8GHz
アップリンク	D	非静止衛星通信システム地球局 27.5-29.1/29.5-30GHz	携帯（5Gシステム） 27.0-29.5GHz
	E	携帯（5Gシステム） 27.0-29.5GHz	非静止衛星通信システム 宇宙局 27.5-29.1/29.5-30GHz

- 静止衛星通信システムとの共用は、欧州での検討と同様にRR Article 22条遵守により満たされるため、個別の検討は不要（18.8-19.3GHz/28.6-29.1GHzではRR 9.12A条調整）。
- 上記の共用シナリオの具体的な検討については、フィーダリンク地球局の免許申請者により、適切に行われるものと想定。

# 地球局パラメータ (Ka帯)

地球局パラメータ	Starlink GW地球局
周波数	27.5-29.1/29.5-30GHz
最大EIRP	66.5dBW
CH幅 (ABW)	500MHz
帯域幅 (OBW)	480MHz
アンテナ径	1.47m
アンテナ最小仰角	25°
送信アンテナビーム幅	0.5°
送信空中線利得	49.5dBi
送信給電線損失	0dB
送信電力 (アンテナ入力点)	16.98dBW
水平方向におけるEIRP (アンテナ最小仰角の場合)	-32.8 dBW/40kHz
GW局設置場所、局あたりの最大アンテナ数	日本国内に9-10局 (北海道~九州)、局内に設置されるアンテナの最大数 : 9局

地球局EIRPマスク  
パラボラアンテナ



**EOF**