

Ka帯を用いた移動体向けブロードバンド
衛星通信システムの技術的条件の検討

平成28年10月25日

KDDI株式会社

1. 海外におけるESIMの制度化関連動向

1 - 1 ITU-Rでの審議状況

審議状況まとめ（WRC-19議題1.5）

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

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



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

WRC-19議題1.5及びESIM関連トピックの主な議論

• 第1回会合（2016/4）における主な議論

- WRC-19議題1.5のワークプラン案を作成。
- 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開始。
- 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に送付することを合意。
- 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。

• 第2回会合（2016/9,10）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。
- 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。
- 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
- 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
- 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、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。

1 - 2 海外での制度化状況

本調査では、欧米およびアジアにおけるESIMの制度化状況を調査した。各項目の調査概要は以下の通り。

(注) 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。

■ 欧米における制度化状況

- 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ESIM/ESOMP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

- 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) 国際機関におけるESIM関連基準 1/2

- ITU Radio Regulation
 - ✓ RESOLUTION 156 (WRC-15) : 「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」

- ITU勧告【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

(参考) 国際機関におけるESIM関連基準 2/2

■ 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」

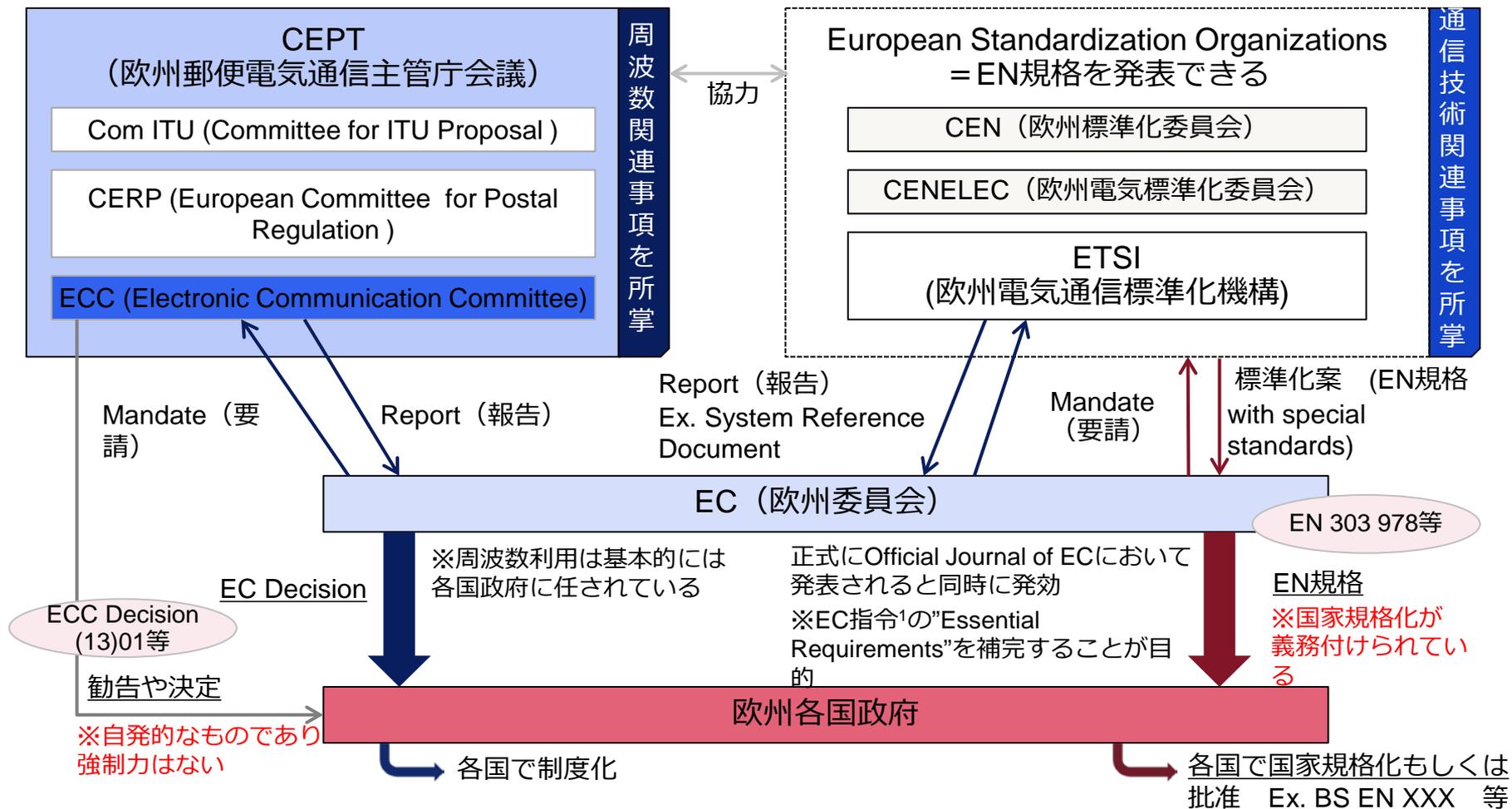
⇒静止軌道衛星を用いたESOMPs向けの標準

- ✓ 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

(参考) 欧州における制度化の流れの概観

- 欧州においては、ECC DecisionやEN指令がESOMPsを定めている。各基準の関係性を以下に示す。



1. EC指令：指令の中の結果についてのみ、加盟国を拘束し、それを達成するための手段と方法は加盟国に任される。

欧米におけるESIM制度化状況（ECC Decisionの国内制度化状況）

- ECC/DEC/(13)01の各国の国内制度化状況（静止衛星を使用）の概要は以下の通り。

制度化済み（Yes）	21か国（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か国（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か国（ハンガリー）
制度化予定あり（Planned）	4か国（オーストリア、ベラルーシュ、ポルトガル、ロシア）
制度化検討中（Under Study）	4か国（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）	2か国（デンマーク、ラトビア、米国）
不明（No Info）	11か国

- ECC/DEC/(15)04の各国の国内制度化状況（非静止衛星を使用）の概要は以下の通り。

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（ベラルーシュ、チェコ、イタリア）
国内制度化の予定なし（No）	4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

欧米主要国におけるESIM制度化状況

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

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

※欧州では、軸外EIRP密度はEN 303 978に規定

英国におけるESIM制度化状況（詳細）

- 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。
- 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（Mandatory）は以下の通り¹。

要件事項	規定
周波数帯	27.5-27.8185 GHz, 28.4545-28.8265 GHz, 29.4625-30 GHz (operation in UK territory) 27.5 – 30 GHz (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	NA
送信電力/電力密度	e.i.r.p. ≤55dBW ※Note1にてETSI EN 303 978 V1.1.2のSection 4.2.3のe.r.i.p.基準の適用も可能としている
Channel access and occupation rules	NA
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 ²
その他重要要件	NA
今後の周波数計画の前提	受信用の17.3-20.2 GHz帯の利用は保護されない
レファレンス	ETSI EN 303 978 V1.1.2

1. 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。
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."）

ルクセンブルクにおけるESIM制度化状況（詳細） 1/2

- 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29.4525-30 GHz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は以下の通り。

要件事項	規定			
周波数帯	17.3 -20.2 GHz	27.500-27.8285 GHz	28.4445-28.9485 GHz	29.4525-30.0 GHz
業務対象	固定衛星業務(↓)	固定衛星業務 (↑)	固定衛星業務 (↑)	固定衛星業務 (↑)
チャネル/変調	民事用－静止衛星ESOMPs (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			

ルクセンブルクにおけるESIM制度化状況（詳細） 2/2

- 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NGSO 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, 28.4445-28.8365GHzおよび29.5-30.0 GHz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は以下の通り。

要件事項	規定			
周波数帯	17.3 -20.2 GHz	27.500-27.8285 GHz	28.4445-28.8365 GHz	29.5-30.0 GHz
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			

ノルウェーにおけるESIM制度化状況（詳細）

- 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** 27.5-27.8285 GHz, 28.4445-28.8365 GHz, 29.4525-29.5 GHz および29.5-30.0 GHz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¹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。**規定の詳細は以下の通り。
- 上記文章にはECC Decision (13)01は言及されていないが、*Høringsnotat: Proposed regulations amending fribruksforskriften*（英文題）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。**

要件事項	規定
周波数帯	27.5-27.8285 GHz, 28.4445-28.8365 GHz、29.4525-29.5000 GHz、29.5-30.0 GHz
業務	固定衛星業務
対象	NA
チャネル/変調	NA
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	NA
免許体制	NA
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	NA
レファレンス	EN 303 978

米国におけるESIM制度化状況（詳細） 1/2

- 米国においては、FCCが無線局の管轄を行っている。FCC規則の衛星通信に関する規則の項目は以下の通りであり、免許規則および技術基準は、赤字で示した項目に定められている。

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

- (※) §25.130 Filing requirements for transmitting earth stations (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に定められているが、Ka帯の移動衛星通信システムに関する規定はない。

米国におけるESIM制度化状況（詳細） 2/2

- 米国FCCでは、Ku帯における、静止軌道衛星の固定衛星業務の移動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。
 - 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、**Ka帯の移動通信システムについては、上記と同等の基準は未だ定められていない。**
- 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19.7-20.2 GHz and 29.5-30 GHz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は留意が必要である。（詳細は後述する）
- なお米国は、WRC-15のResolution 156に反対の立場であった。
 - FCCは5Gに28GHz帯を分配したい狙いがある。
 - 7月14日、FCCは衛星事業者の反対を押し切って、28GHz帯を含む24GHz以上の約11GHzを5Gを一次業務として分配する決定を下している。

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 (17.7-20.2 GHz及び27.5-30 GHz) 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は以下の通り。

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)

※各国の制度化状況の詳細については、以降のページ (AWGにおけるKa帯利用調査の結果) を参照のこと。

AWGにおけるKa帯利用調査の結果（1/4）

- 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及び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。調査の概要を以下に示す。
- 本調査結果の中からESIMの周波数利用状況、制度化状況に関する情報を以降のページで整理する。

● 調査スケジュール

- AWG-19（2016年2月）：質問票が承認、その後関係国において調査実施
- AWG-20（2016年9月）：各国調査結果の回答を収集・編集し、報告書草案を取りまとめ
- AWG-21（2017年3-4月）：報告書草案の完成・承認を予定

● AWG-20における質問票の回答国

- 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
- ニュージーランド

AWGにおけるKa帯利用調査の結果（2/4）

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

AWGにおけるKa帯利用調査の結果（3/4）

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

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

※2 Studying on Small Multi-Mission Satellite

※3 Local Multipoint Communications Service

AWGにおけるKa帯利用調査の結果（4/4）

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

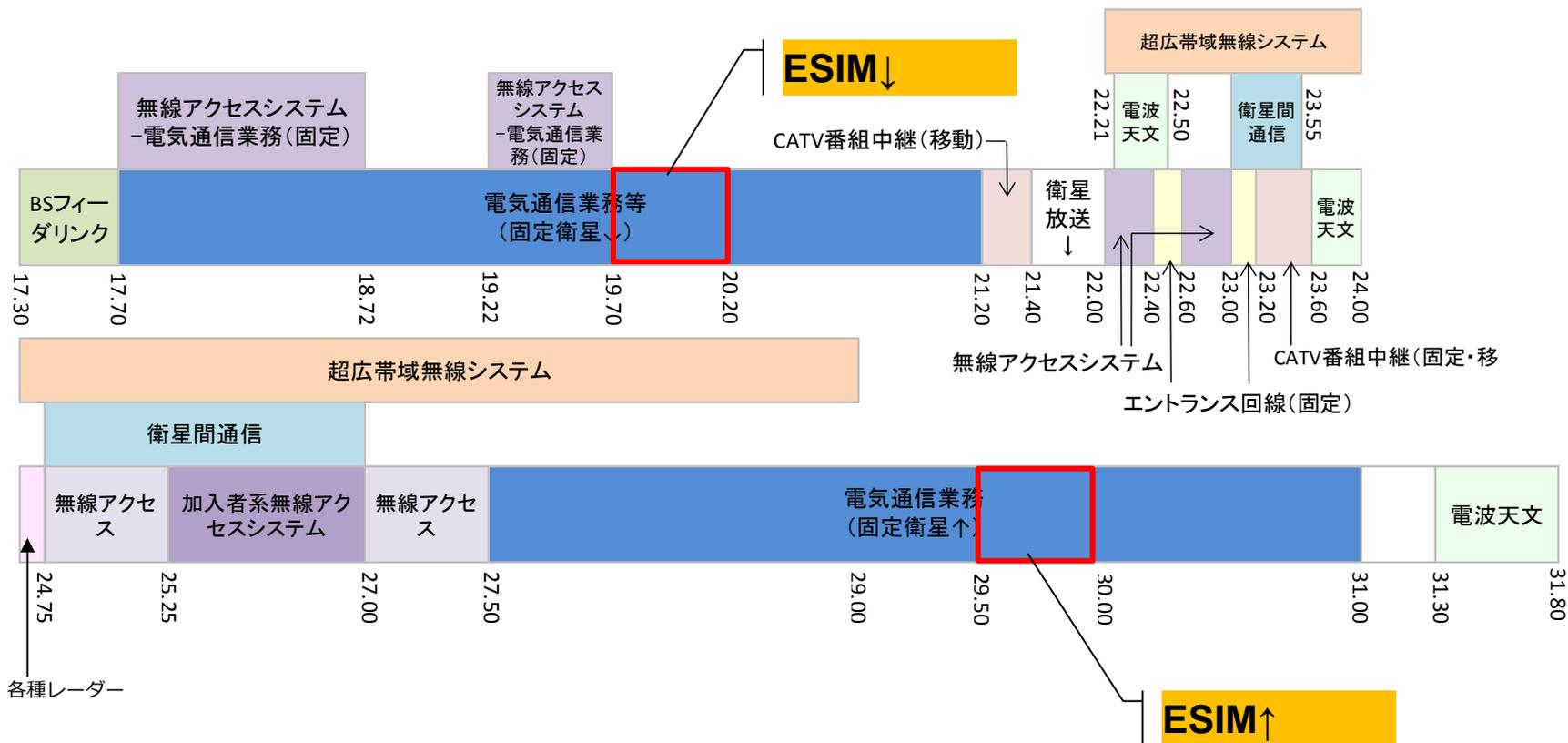
※1 Australian Communications and Media Authority

2. 周波数共用条件の検討

ESIM帯域と他の無線システム

■ 検討対象

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



共用検討の対象一覧

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



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

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

検討内容

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

主要諸元

与干渉システム



ESIM宇宙局
(F1: 63E, F3: 180E)

最大送信e.i.r.p

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

スプリアス領域

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

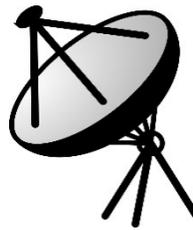
通信

干渉



ESIM地球局

被干渉システム



電波天文

受信電力の閾値

→ITU-R勧告RA.769-2に準拠
連続観測

-269dBW/Hz (22.355GHz)

-271dBW/Hz (23.800GHz)

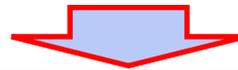
スペクトル線観測

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

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

共用検討結果

	No.	パラメータ	値	算出方法、出典
ESIM 宇宙局	[1]	最大送信e.i.r.p. [dBW]	59.0	Inmarsat F1&F3を想定
	[2]	最大送信e.i.r.p. [dBW/4kHz] (帯域16MHzを想定)	23.0	[1]-10log(16*1000/4)
	[3]	スプリアス発射による減衰[dB/4kHz]	60	不要発射の許容値 (平成17年告示1228号)
	[4]	スプリアス発射の最大送信e.i.r.p. [dBW/4kHz]	-37.0	[2]-[3]
	[5]	スプリアス領域での不要発射 (50 μ W/4kHz) [dBW/4kHz]	-43	不要発射の許容値 (平成17年告示1228号)
	[6]	スプリアス領域での不要発射 (最悪値) [dBW/4kHz]	-37	Max([4], [5])
伝搬損失	[7]	伝搬距離 [km]	41,543 38,320	東京を想定
	[8]	周波数 [GHz]	22.2	
	[9]	伝搬損失 [dB]	212 211	[7],[8]より算出
	[10]	地表面での受信電力 [dBW/4kHz]	-248	[6]-[9]のうち大きい値
	[11]	地表面での受信電力 [dBW/Hz]	-284	[10]-10log(4000)
電波天文	[12]	連続観測における閾値(22.355GHz) [dBW/Hz]	-269	ITU-R勧告RA.769-2 Table1
	[13]	連続観測におけるマージン(22.355GHz) [dBW/Hz]	15	[12]-[11]
	[14]	連続観測における閾値(23.8GHz) [dBW/Hz]	-271	ITU-R勧告RA.769-2 Table1
	[15]	連続観測におけるマージン(23.8GHz) [dBW/Hz]	13	[14]-[11]
	[16]	スペクトル線観測における閾値 (22.2GHz,23.7GHz) [dBW/Hz]	-254	ITU-R勧告RA.769-2 Table2
	[17]	スペクトル線観測におけるマージン (22.2GHz,23.7GHz) [dBW/Hz]	30	[16]-[11]



十分なマージンを満たしており、共用可能

(参考) 総務省告示により保護されている電波天文台

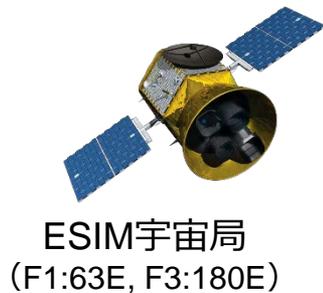
天文台	都道府県	東経 [deg]	北緯 [deg]	伝搬損失[dB]		連続観測 (22.355GHz)での のマーヅン [dB]	連続観測 (23.8GHz)での マーヅン [dB]	スペクトル線観 測(22.2, 23.7GHz)での マーヅン [dB]
				インマルサット I 5衛星				
				E63	E180			
野辺山	長野	138.47	35.94	211.7	211.1	15.1	13.1	30.1
水沢	岩手	141.12	39.14	211.8	211.1	15.1	13.1	30.1
入来	鹿児島	130.44	31.74	211.5	211.2	15.2	13.2	30.2
小笠原	東京	142.22	27.09	211.7	211.0	15.0	13.0	30.0
石垣島	沖縄	124.17	24.41	211.4	211.3	15.3	13.3	30.3
鹿児島大学	鹿児島	130.50	31.46	211.5	211.2	15.2	13.2	30.2

ケース2 ESIM地球局 → 電波天文 (31GHz帯) 隣接周波数 (1/7)

検討内容

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

主要諸元

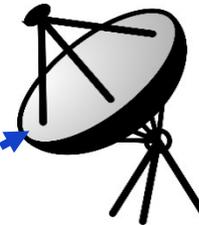


ESIM宇宙局
(F1:63E, F3:180E)

通信

干渉

被干渉システム



電波天文

受信電力の閾値

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

与干渉システム



ESIM地球局

送信電力

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

アンテナの放射パターン[dBi]

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

※H27年度報告書 pp.109-110

不要発射の許容値 (スプリアス領域)

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

ケース2 ESIM地球局 → 電波天文（31GHz帯）隣接周波数（2/7）

共用検討

No.	パラメータ	値	算出方法、出典
ESIM地球局	[1] 送信電力 (Typical-M1) [dBW/40kHz]	34.6	ITUファイリング
	[2] 送信電力 (Typical-M1) [dBW/4kHz]	24.6	[1]-10log(40/4)
	[3] スプリアス発射による減衰[dB/4kHz]	60	不要発射の許容値 (平成17年告示1228号)
	[4] スプリアス発射 (Typical-M1) [dBW/4kHz]	-35.4	[2]-[3]
	[5] スプリアス発射 (許容上限値) [μW/4kHz]	50.0	不要発射の許容値 (平成17年告示1228号)
	[6] スプリアス発射 (許容上限値) [dBW/4kHz]	-43.0	10log([5]/10^6)
	[7] スプリアス発射 (最悪値) [dBW/4kHz]	-35.4	Max([4], [6])
	[8] スプリアス発射 (最悪値) [dBW/Hz]	-71.4	[7]-10log(4000/1)
電波天文	[9] 連続観測における閾値 (31.550GHz) [dBW/Hz]	-269	ITU-R勧告RA.769-2 Table1

共用の条件

電波天文
連続観測における閾値
-269 [dBW/Hz]

ESIM地球局
スプリアス発射 (最悪値) + アンテナ利得 - 伝搬損失
-71.4 [dBW/Hz]

現実的な最悪シナリオを設定

総務省告示195号で保護される野辺山天文台の周辺で検討

ESIM地球局から野辺山天文台に対する現実的な最悪条件で計算を実施
ESIM航空地球局からの干渉
ESIM陸上移動局からの干渉

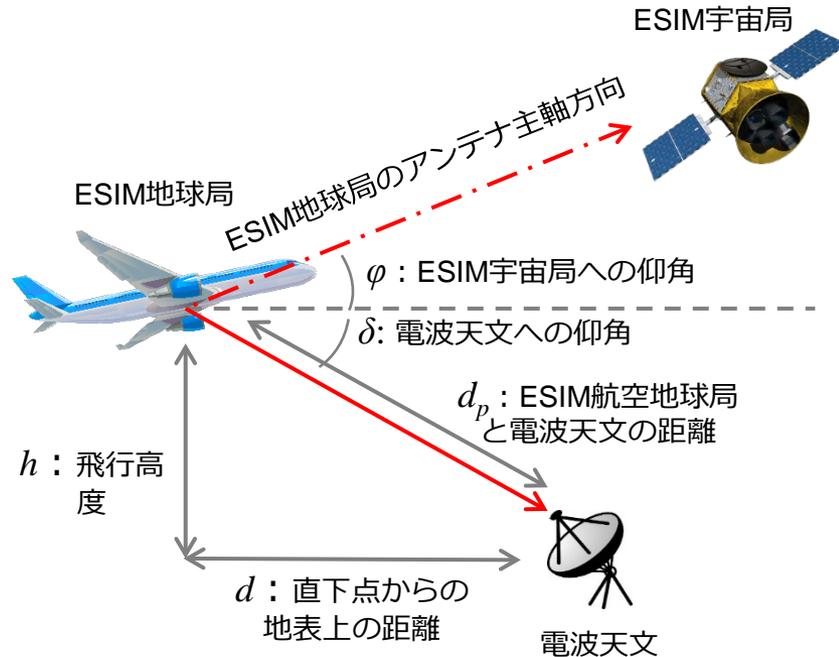
検討時の想定

- ESIM地球局のアンテナ主軸はESIM衛星局方向を向く
- 航空機の野辺山天文台付近での高度を1,000m~10,000mと想定

ESIM航空地球局からの干渉検討 1

現実的な最悪シナリオ

ESIM衛星局、ESIM地球局、電波天文台が鉛直な同一平面上に位置する場合



d_p : ESIM航空地球局と電波天文の距離

$$d_p = \sqrt{(R + h)^2 + R^2 - 2R(R + h) \cos(d/R)}$$

R : 地球半径、 h : 飛行高度(1,000m~10,000m)

δ : 電波天文への仰角

$$\sin \delta = \frac{(R + h)^2 - R^2 + d^2}{2d(R + h)}$$

d : 直下点からの地表上の距離

ϕ : ESIM宇宙局への仰角

野辺山天文台周辺では、ほぼ変化しないため、本検討では定数として扱う

電波天文

連続観測における閾値

-269 [dBW/Hz]

ESIM地球局

スプリアス発射 (最悪値) + アンテナ利得 - 伝搬損失

-71.4 [dBW/Hz]

$g(\phi)$: ϕ 方向のESIM地球局のアンテナゲイン

$$g(\phi) = 32 - 25 \log \phi \quad (\phi_{min} < \phi < 48^\circ)$$

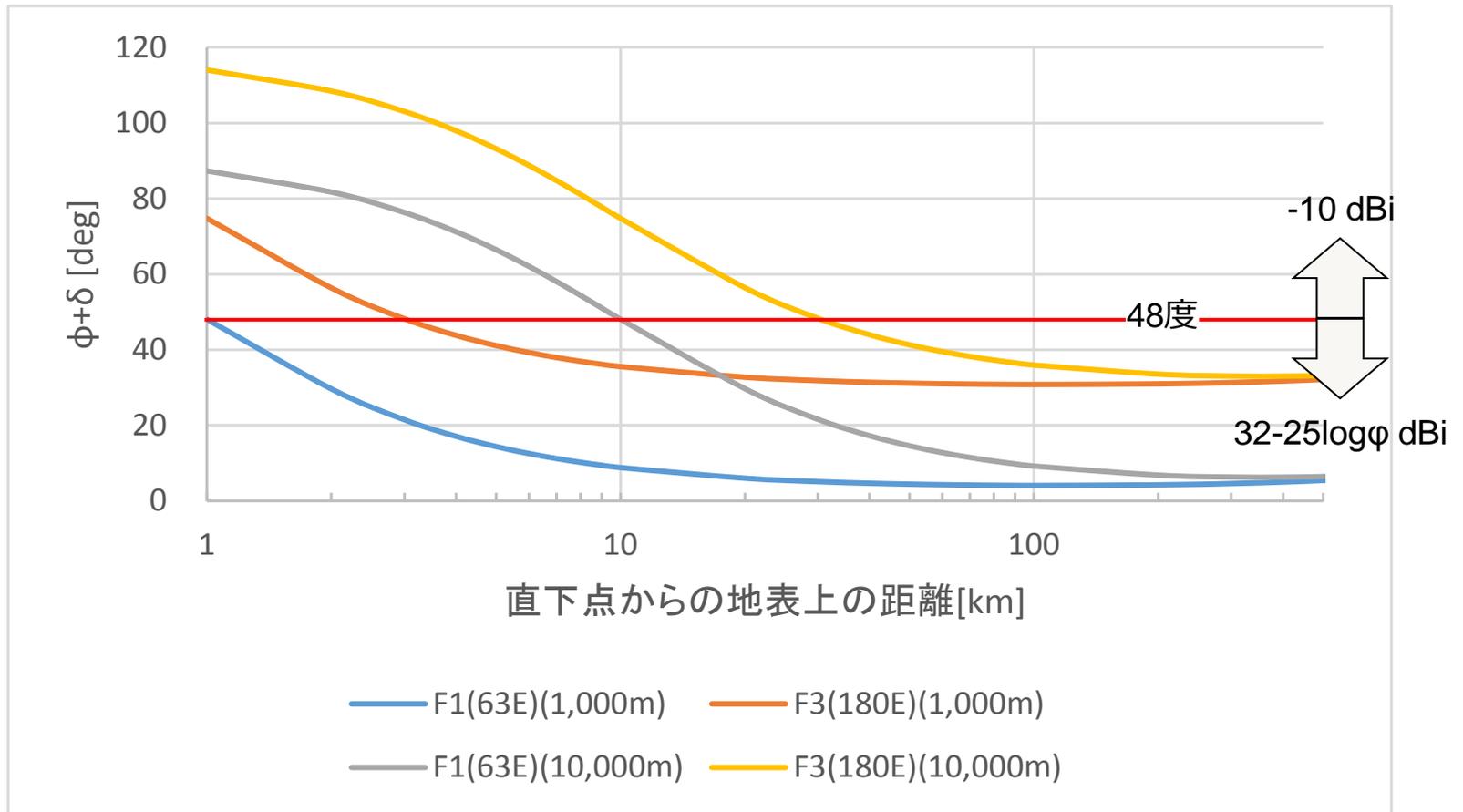
$$= -10 \quad (48^\circ < \phi < 180^\circ)$$

$g(\phi + \delta)$: ESIM地球局の電波天文の方向へのアンテナゲイン

$L(d_p)$: 距離 d_p の自由空間減衰

ESIM航空地球局からの干渉検討 1

- ESIM地球局の位置でのESIM地球局の主輻射軸と電波天文台のなす角度($\phi + \delta$)とESIM地球局から電波天文までの地表面での距離の関係



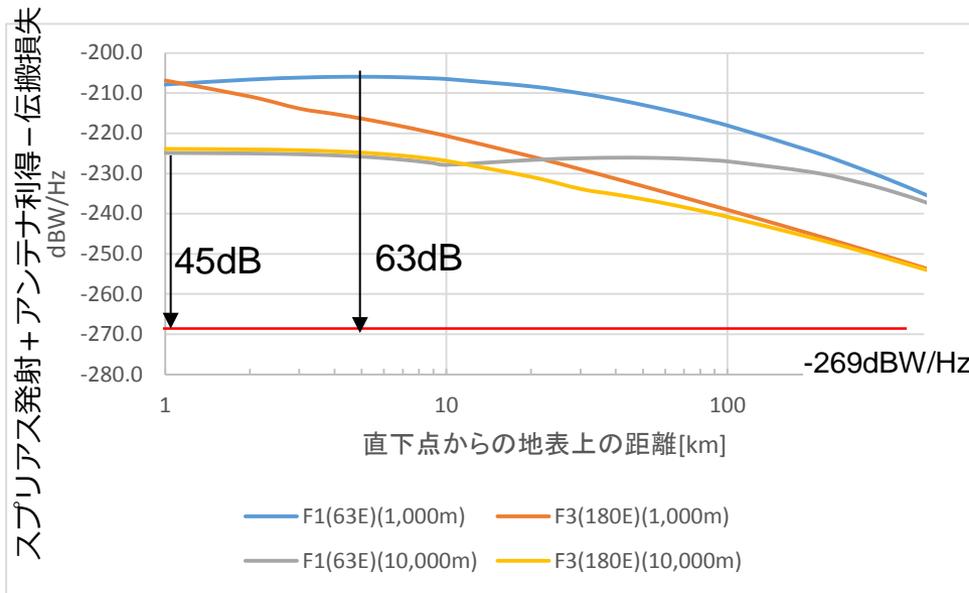
ESIM航空地球局からの干渉検討 1

- 航空機の直下から電波天文台までの地表上の距離をパラメータとしてITU-R勧告 RA.769-2 Table1が求める-269dBW/Hzを満たすための抑圧量を求める。

電波天文 連続観測における閾値 -269 [dBW/Hz]	=	ESIM地球局 スプリアス発射 (最悪値) + 抑圧量 + アンテナ利得 - 伝搬損失 -71.4 [dBW/Hz] $g(\varphi + \delta)$ $L(d_p)$
-------------------------------------	---	---

- ESIM地球局の飛行高度 $h=10,000\text{m}$ の場合: 最大で45dB
- ESIM地球局の飛行高度 $h=1,000\text{m}$ の場合: 最大で63dB

- 送信機にフィルター等を付加することで60dB程度の抑圧量は現実的な値であることより、技術的に実現可能と考えられる*。



* 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
ヘリサット作業班 報告書より

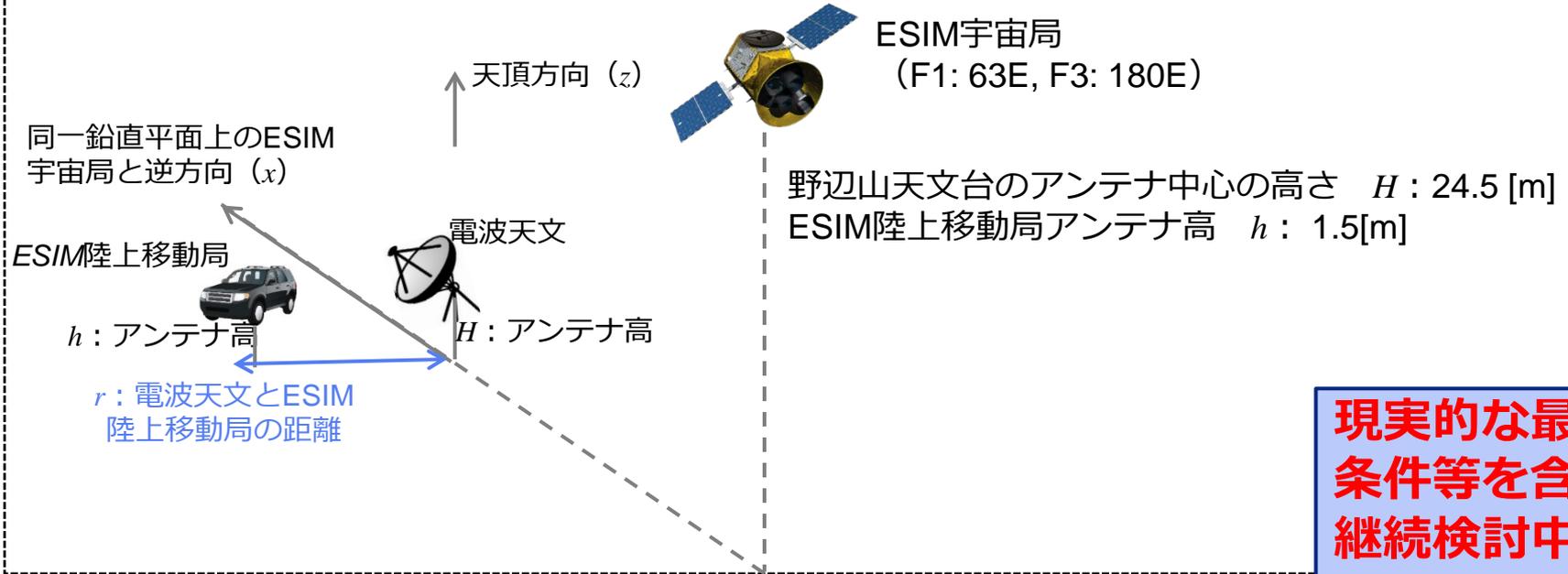
ESIM航空地球局からの干渉検討 2

- 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 M.1643を基に以下の条件が示されている。
 - $-190 + 0.5 \cdot \theta$ dB(W/(m² · 150kHz)) $\theta \leq 10^\circ$
 - -185 dB(W/(m² · 150kHz)) $10^\circ < \theta \leq 90^\circ$(θ は電波の到来仰角)
- -185 dB(W/(m² · 150kHz))はITU-R RA.769 Table 2のKu帯における閾値-221 dB(W/(m² · Hz))より15dB厳しい値である。これはGSOに対してさらに15dB厳しい値が望ましいとされていることより、航空機地球局にも同様の制約が求められたものと想定される。
- また、 $-190 + 0.5 \cdot \theta$ は、 $\theta=10^\circ$ で $10^\circ < \theta \leq 90^\circ$ での条件と接続し、ITU-R SA.509に示された電波天文のアンテナゲインが主輻射軸より 80° から 120° にかけアンテナゲインが -5dBiと 48° から 80° 及び 120° から 180° の-10dBiより5dB高いために、その影響を制限していると想定される。
- 以上よりKa帯での電波天文業務との共用条件として、上記条件は以下のように変更し適用可能と考えられる。
 - $-161 + 0.5 \cdot \theta$ dB(W/(m² · 500MHz)) $\theta \leq 10^\circ$
 - -156 dB(W/(m² · 500MHz)) $10^\circ < \theta \leq 90^\circ$

ESIM陸上移動局からの干渉検討

想定シナリオ

電波天文台のアンテナ中心でのITU-R RA.769の閾値を下回るよう距離を取る。



現実的な最悪条件等を含め、継続検討中

$$\text{電波天文 ITU-R RA.769の閾値} \geq \text{ESIM陸上移動局 スプリアス発射} + \text{アンテナ利得} + \text{伝搬損失}$$

ESIM陸上地球局と電波天文の位置関係(r, θ)で変化

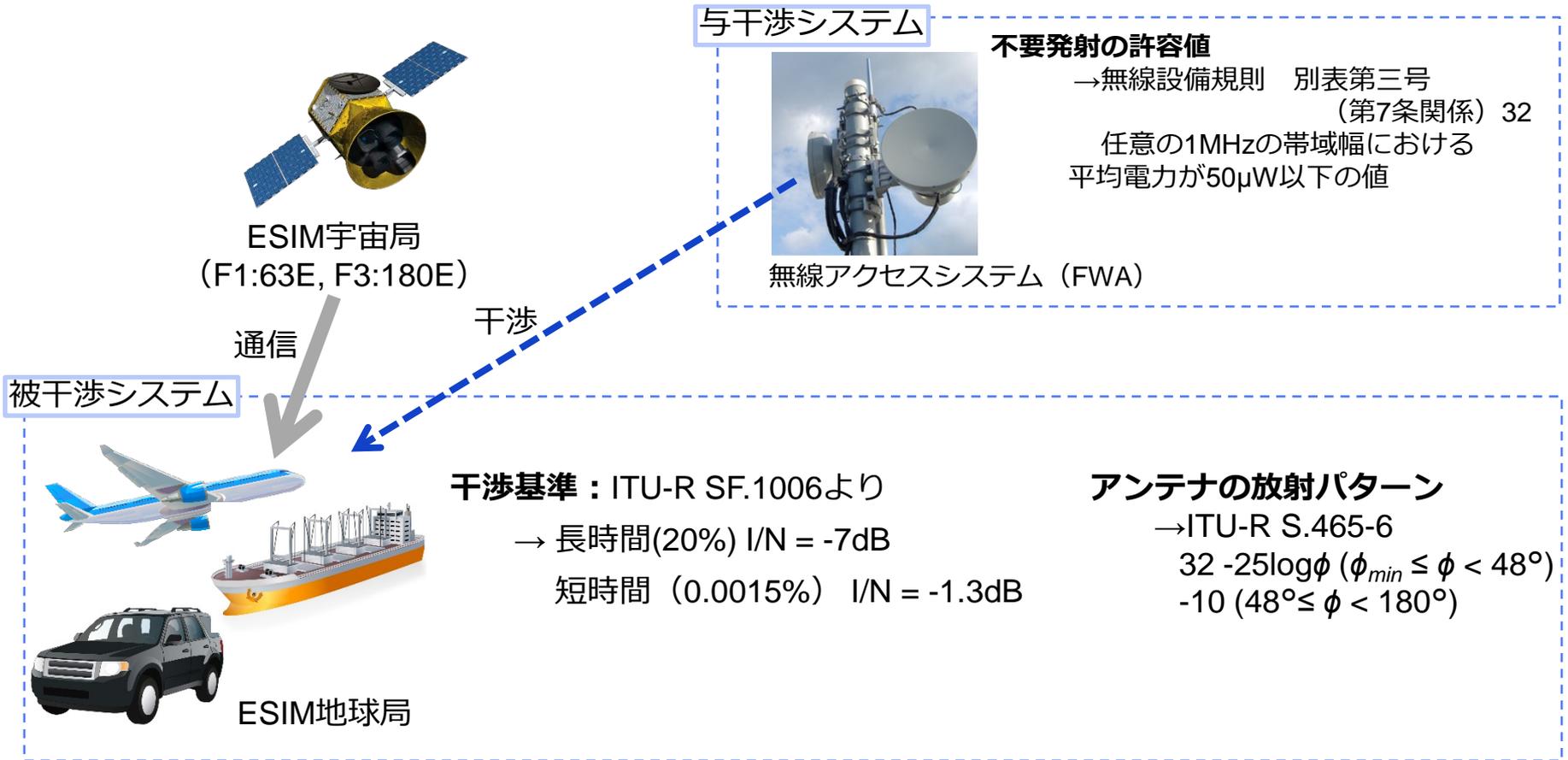
電波天文台に入射するESIM陸上移動局からのスプリアス発射の強度がITU-R RA.769の閾値を下回る地表面上の距離 r を求める。

ケース3 無線アクセスシステム → ESIM地球局 隣接周波数 (1/3)

検討内容

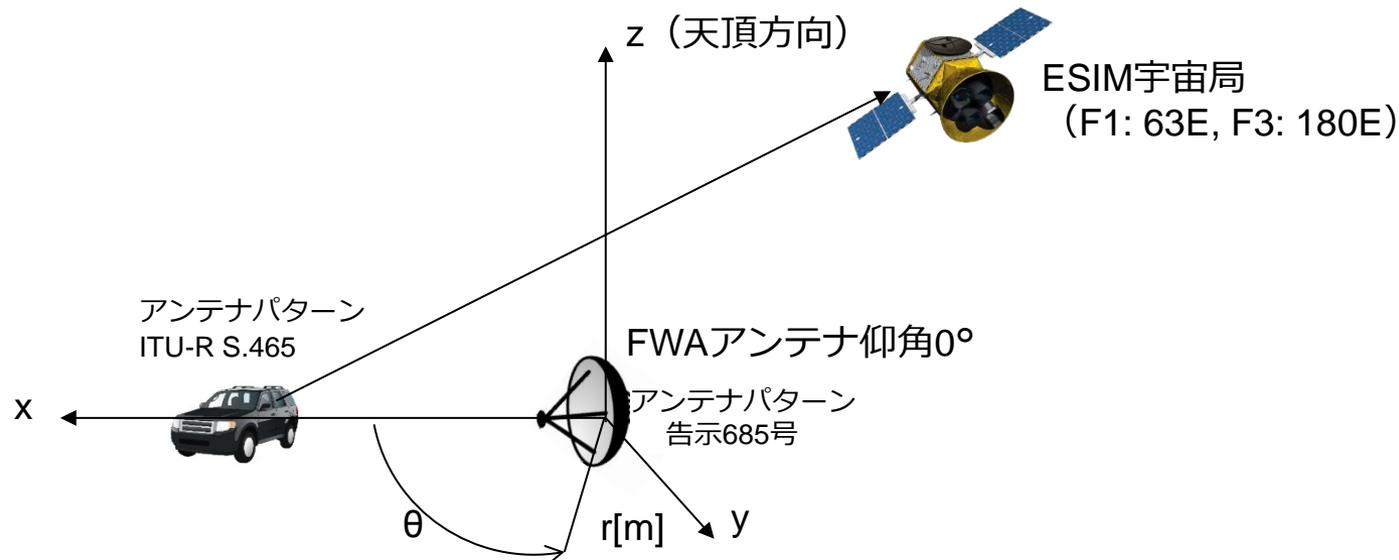
隣接帯域である18GHz帯の無線アクセスシステムに対応した出力をパラメータとして、ESIM地球局に対する入力電力および共用検討を行う

主要諸元



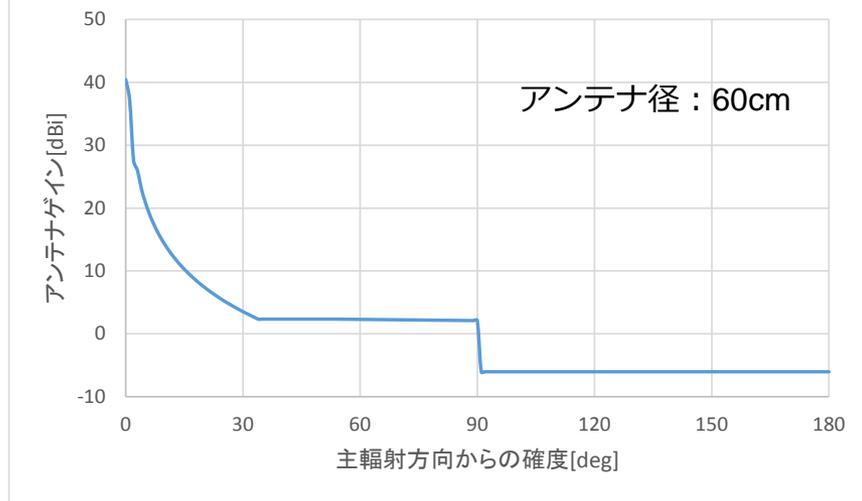
ケース3 無線アクセスシステム → ESIM地球局 隣接周波数 (2/3)

- ESIM地球局アンテナはESIM衛星方向
- ESIM衛星、ESIM地球局、FWA局が下図のようにx-z面上に設置されるようにx軸を設定
- ESIM地球局をz軸の周りを回転させ、角度 θ の方向でESIM地球局に入射するFWA局からのスプリアス発射の強度がESIM地球局の許容干渉レベルを下回る地表面上の距離 r を求める。
 - 受信干渉レベル (スプリアス発射[dBW] - 伝搬ロス[dB] + ESIM地球局アンテナゲイン[dB] + FWAアンテナゲイン[dB]) \leq 許容干渉レベル



ケース3 無線アクセスシステム → ESIM地球局 隣接周波数 (3/3)

無線アクセスシステム (FWA) のアンテナパターン (告示685号)



長時間I/N : -7dB → 許容干渉レベル : -150.8dBW
 短時間I/N : -1.3dB → 許容干渉レベル : -145.1dBW
 雑音温度 : 300K
 帯域 : 1MHz

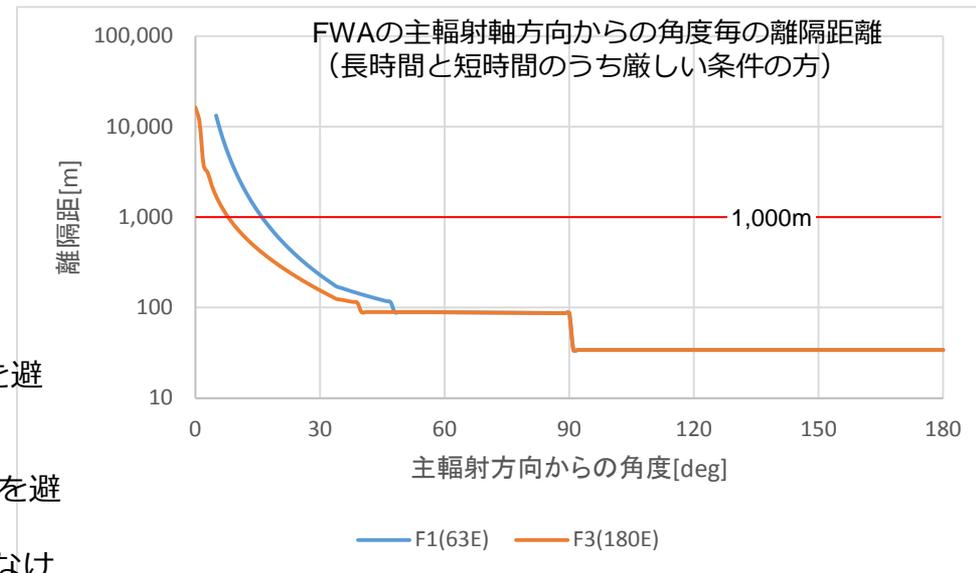
(RR Appendix 7, Table 8CのFixed Satellite, 19.3-19.7GHz参照)

スプリアス : 50 μ W/MHz → -43.0dBW

離隔距離[m] (上段180E度衛星、下段63E衛星)

	正面	5°	31°	90.4°以上
長時間干渉	16,318 <u>282,689</u>	1,704 <u>13,234</u>	147 <u>213</u>	34 <u>34</u>
短時間干渉	11,111 <u>192,478</u>	1,160 <u>9,011</u>	100 <u>145</u>	23 <u>23</u>

- 180E衛星
 - 無線アクセスシステムの主軸放射方向から8°以内を避けられれば1km以上離れれば運用可能
- 63E衛星
 - 無線アクセスシステムの主軸放射方向から17°以内を避けられれば1km以上離れれば運用可能
- なお、ESIM地球局は他無線システムからの干渉を許容しなければならない (WRC-15決議156)



共用検討結果

ケース No.	干渉種類	与干渉システム	被干渉システム	共用可能性	区分
1	隣接周波数	ESIM宇宙局	電波天文（22GHz帯 および23GHz帯）	マージン13dBで共用可能	通信衛星
2	隣接周波数	ESIM地球局	電波天文 (31GHz帯)	(詳細検討の実施中)	航空機 船舶 陸上 移動
3	隣接周波数	無線アクセスシステム-電気通信業務（固定）	ESIM地球局 (受信)	<ul style="list-style-type: none"> ・180度衛星は無線アクセスシステムの主軸放射方向から8°以内を避けなければ1km以上で、63度衛星では17度以内を避ければ離隔距離1km以上で運用可能 ・ただし、ESIM地球局は他無線システムからの干渉を許容しなければならぬ 	

3. 技術的条件の検討項目の整理

一般的条件の検討項目整理

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

送信装置／受信装置の検討項目整理

<送信装置の条件>

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

<受信装置の条件>

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

空中線の検討項目整理

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

軸外輻射電力の規定

<軸外輻射電力>

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

<注釈>

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

<低仰角時の条件>

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