VIASAT RESTRICTED



# 日本国内における27.5～30 GHz帯の固定衛星業務(FSS) (地球から宇宙) と移動業務の周波数共用検討

Viasat・周波数制度・技術担当

**衛星通信システム委員会作業班会合資料**

**2026年11月27日**

Viasat

# 資料概要

1. Viasat社のご紹介:
    a) 日本市場におけるサービス展開
    b) 日本をカバーするViasat衛星
2. 27.5 – 30 GHz 帯におけるESIMの需要と世界的な割り当て状況
    a) 27.5～30 GHz帯におけるFSS（地球から宇宙）
    b) FSS（地球から宇宙）の27.5～30 GHz帯における周波数需要
3. 27.5 – 30 GHz帯の高度化に向けた計画・要望 の対象範囲:
    a) 27.5～30 GHz帯の現在の周波数配分
    b) 国内におけるA-ESIMおよびM-ESIMの利用に関する要望
    c) 決議169を適用した場合の制約
    d) 日本国内基準作成のステップ
4. 27.5～30 GHz帯における、A-ESIMおよびM-ESIM（地球から宇宙）と移動業務受信機の共用検討
5. Viasat社の提案および今後の方針

# 1. Viasat社のご紹介

# 1. Viasatおよび当社サービスの紹介

1986年設立
本社*：米国カールスバッド

Inmarsat Ltd.を買収 2023年5月30日

Viasat + inmarsat

*国際本社：英国ロンドン
世界全体で7,000名の従業員

Viasat

サービス部門

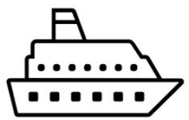
- 通信サービス
- 防衛・先端技術




市場分野


航空

- 主要航空会社200社超、12,000機超に音声・データ通信、安全運航向け通信サービスを提供。
- 毎月5,000万人超の乗客に機内Wi-Fiを提供。


海事

約200万人の船員が、必要時に通信のライフラインを確保する当社のサービスを信頼。


住宅

100万台を超える業務用の陸上端末、各種機器、ハンドセットに通信サービスを提供。

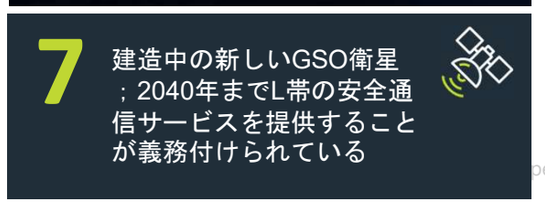

公益事業


政府

- 世界各国の政府要人向け航空機数百機に衛星通信サービスを提供。
- 世界各地の数千の軍・政府機関ユーザーに見通し外（BLOS）衛星通信サービスを提供。

日本では、
Viasat Japan GKおよび
Inmarsat Japan Ltd.が
無線局免許を保有







出典：https://www.viasat.com/about/

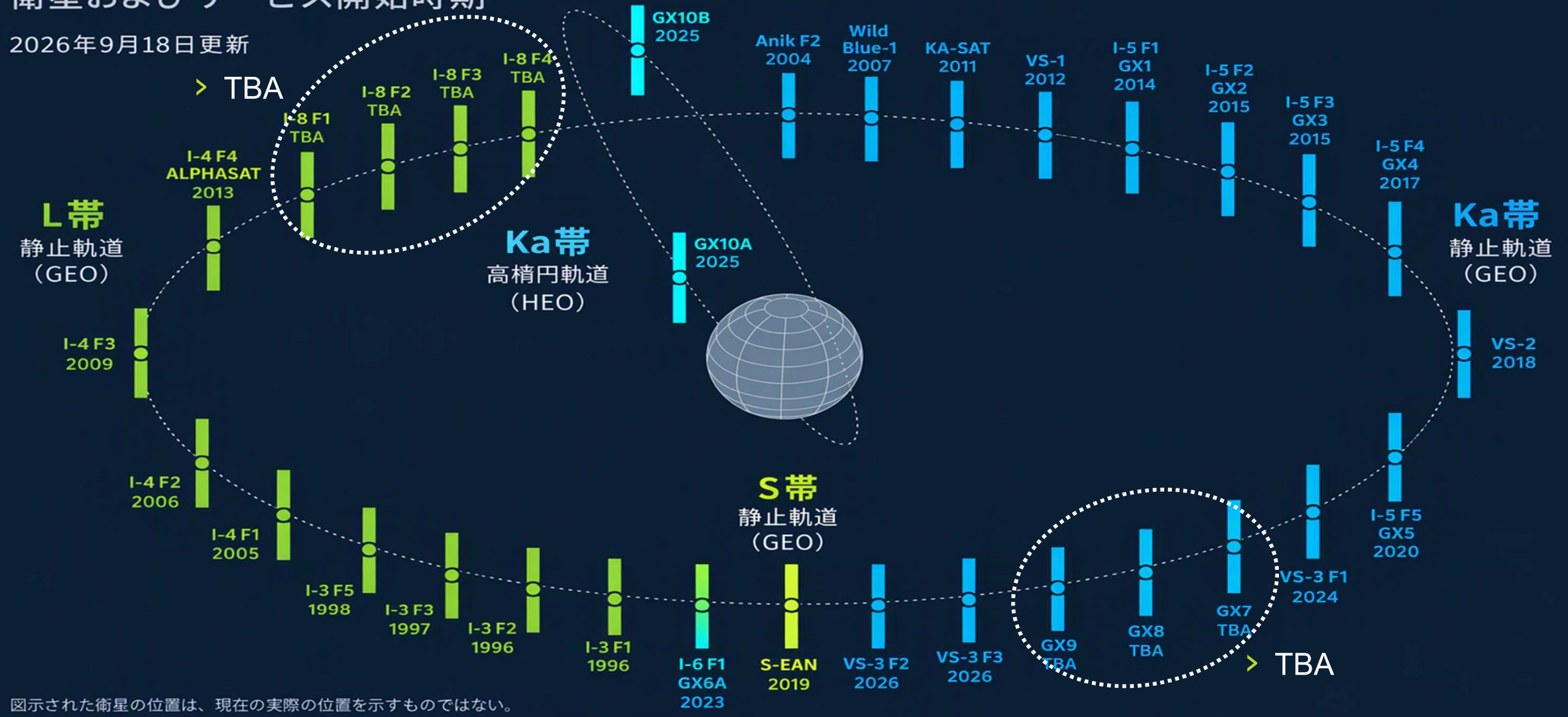


RESTRICTED

# Viasatの現在および将来の衛星フリート

## 衛星およびサービス開始時期

2026年9月18日更新



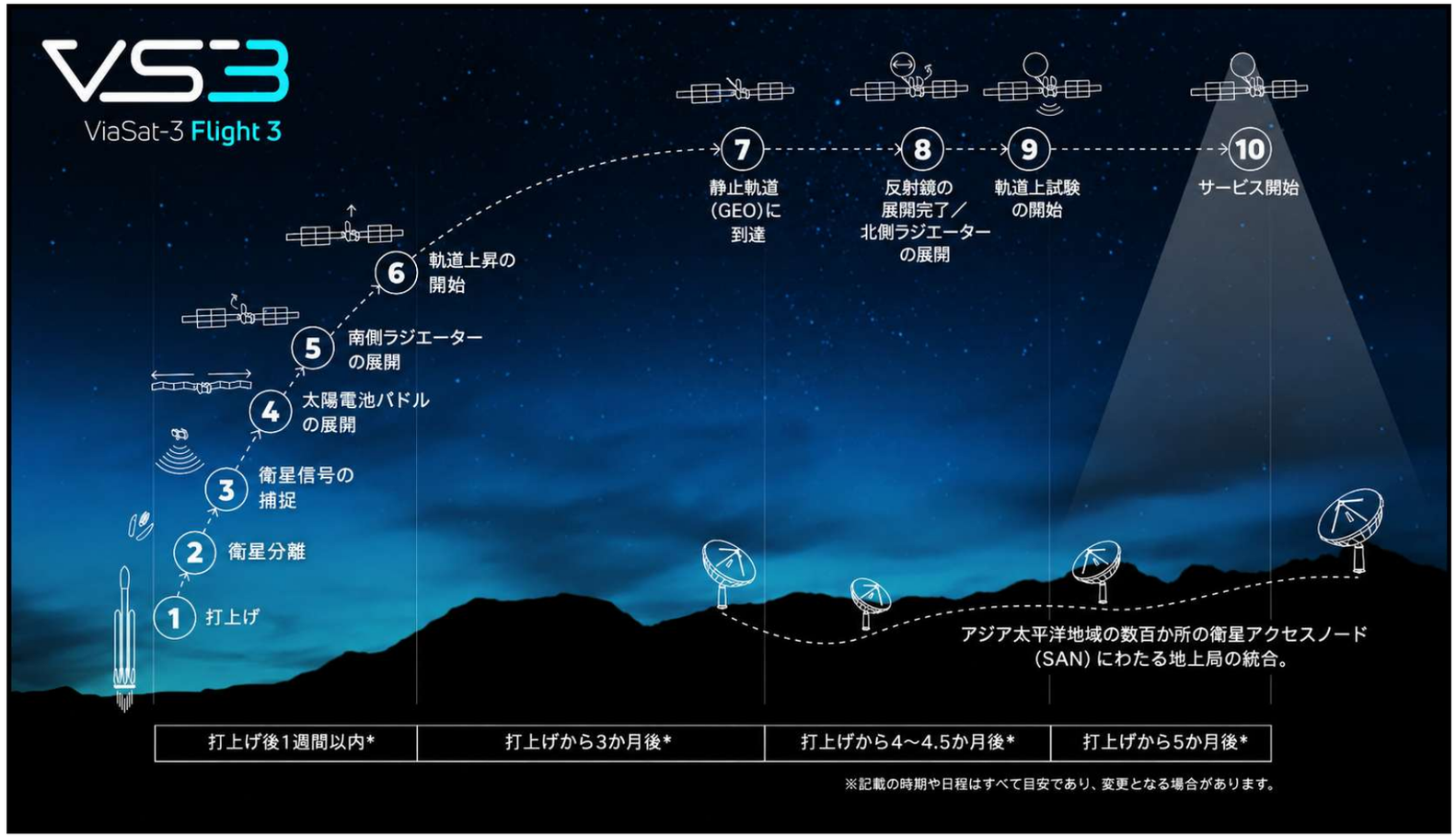

図示された衛星の位置は、現在の実際の位置を示すものではない。
将来のサービス開始時期はすべて予測であり、変更される可能性がある。
本図は説明を目的としたものである。

# 1. Viasatおよび当社サービスの紹介
## Viasat-3 F3 – アジア太平洋向け・超高スループット（UHTS） GSO衛星

**主要な技術的特徴：**

- F 1、2、3の3機のUHTS GSO衛星で構成。Ka帯（上り：27.5～30 GHz、下り：17.7～20.2 GHz）を使用し、1衛星当たり最大1 Tbpsの通信容量を提供。
- 2026年4月29日に打ち上げ、2026年9月に日本を含むアジア太平洋地域でサービス開始。
- 需要に応じて、通信容量を必要な場所へ柔軟かつ迅速に再配分可能。
- 運用電力25 kW超
- 衛星質量6t
- 通信ペイロード：Viasatが設計・製造
- 衛星バス：Boeing社702 MP
- 高精度・高分解能の動的ビームフォーミングと周波数再利用により、アジア太平洋地域全域で需要に応じた通信容量／スループットを提供
- **今後の日本市場におけるサービス提供に不可欠**

**サービスのマイルストーン**




**Source:** https://www.viasat.com/news/latest-news/corporate/2026/viasat-3-f3-enters-service-asia-pacific/

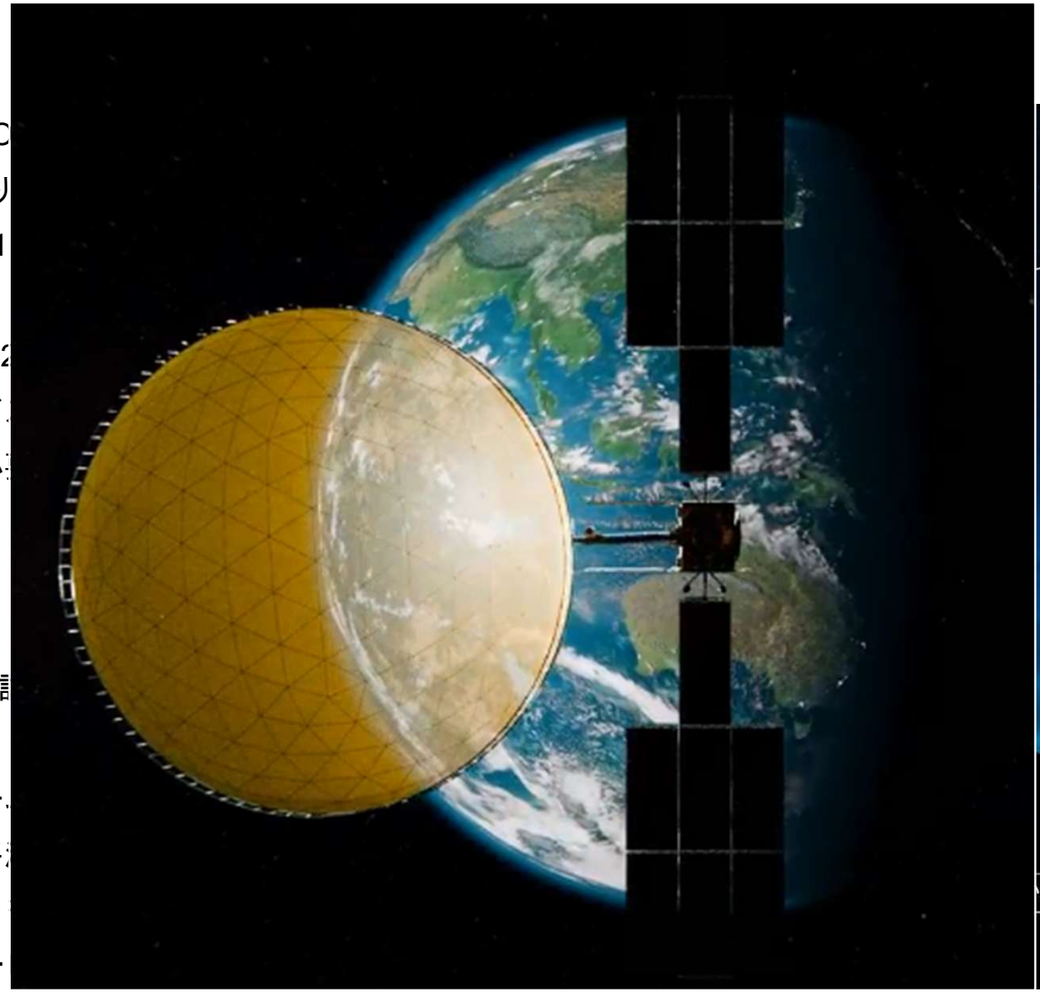


RESTRICTED

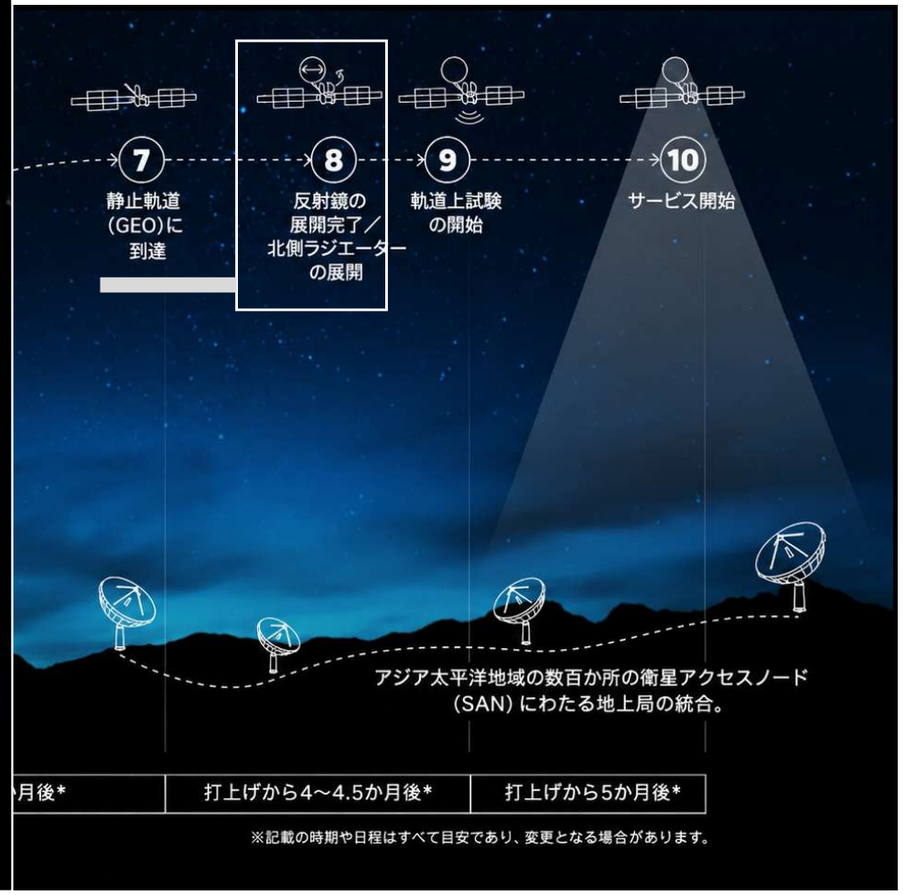
# 1. Viasatおよび当社サービスの紹介
## Viasat-3 F3 – アジア太平洋向け・超高スループット（UHTS） GSO衛星

**主要な技術的特徴：**

- F 1、2、3の3機のUHTS GSC
  （上り：27.5～30 GHz、下り
  を使用し、1衛星当たり最大1
  供。
- 2026年4月29日に打ち上げ、2
  むアジア太平洋地域でサービ
- 需要に応じて、通信容量を必
  速に再配分可能。
- 運用電力25 kW超
- 衛星質量6t
- 通信ペイロード：Viasatが設
- 衛星バス：Boeing社702 MP
- 高精度・高分解能の動的ビー
  数再利用により、アジア太平
  じた通信容量／スループット
- **今後の日本市場におけるサー**



Viasat



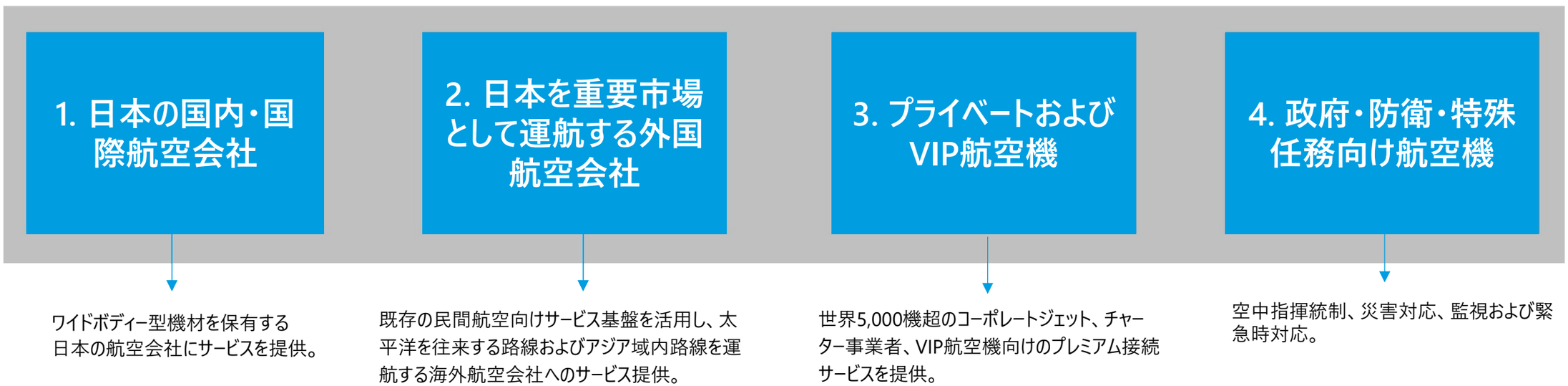

**Source:** https://www.viasat.com/news/latest-news/corporate/2026/viasat-3-f3-enters-service-asia-pacific/



RESTRICTED

# 1.a) 日本市場におけるサービス展開

- Viasatは、幅広い市場分野において、日本のGSO FSSサービスに長年にわたり貢献してきた。
- Viasatが航空、海事および政府向けの各市場で築いてきた優位性を効果的に活用するため、
  - 27.5～30 GHz周波数帯において、Viasatは、日本国内における静止衛星による航空機用 ESIM(A-ESIM)および海事用ESIM（M-ESIM）のアップリンク周波数運用の柔軟化に向けた総務省殿の検討に期待を寄せている。
  - **A-ESIMについて：** 日本におけるViasatのサービスは、機内Wi-Fi、乗客、乗務員、運航および政府向け用途など、さまざまなアプリケーション向けに高スループットかつ継続的なブロードバンド接続を必要とする民間航空、プライベートおよび防衛分野を中心に展開している。Viasatの主な重点分野は以下のとおりである。

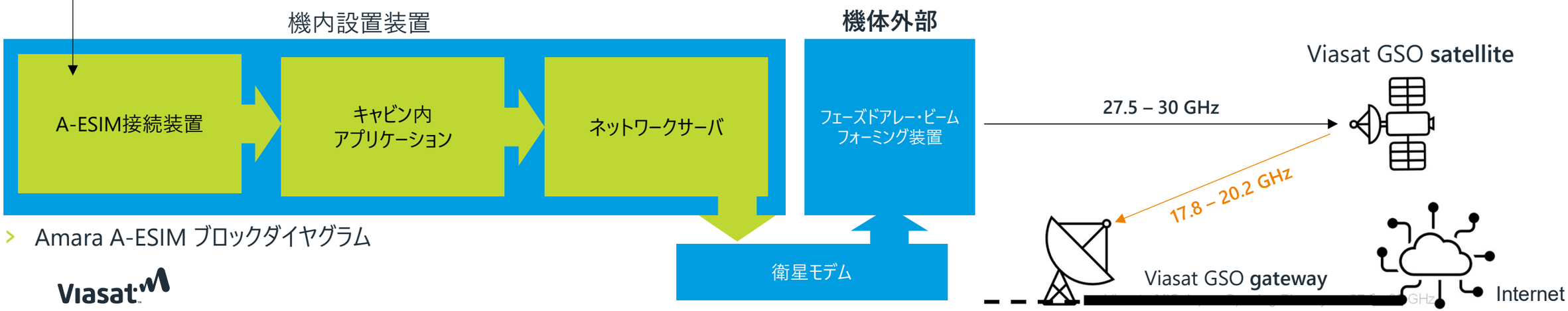





RESTRICTED

# 1.a) 日本国内での具体的なサービス - II

- ViasatのA-ESIMのシステム構成: 複数世代のInmarsatおよびViasatのシステムを組み合わせ、最適化された技術性能を提供:
  - 従来のシステムはInmarsat SwiftBroadband(Lバンド)を使用し、その後Inmarsat Global Express(GX Kaバンド)サービスを使用。
  - 2023年にViasatがInmarsatを買収して以降、新規の導入はViasatのAmaraソリューションへ移行中。AmaraはKaバンドのマルチオービット接続プラットフォーム:
    - Amaraはマルチオービット対応のシステムで、ViasatのKaバンドGSO衛星を使用。Telesatの Lightspeed NGSO衛星コンステレーション/システムも、利用可能になり次第サポート予定。




- Amara A-ESIM ブロックダイヤグラム


Source: https://www.viasat.com/news/latest-news/aviation/2025/viasat-launches-amara--next-generation-in-flight-connectivity-so/

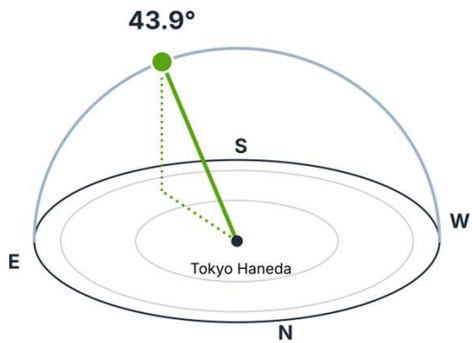
# 1.b) 日本上空におけるViasat衛星の可視性

- 日本においてアップリンク周波数27.5～30 GHzで運用可能なViasat GSO衛星は以下のとおり。

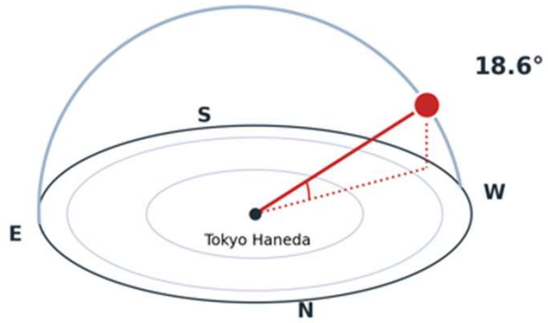
| 番号［#］ | 衛星名 | GSO軌道位置 | 現在の状況 | 東京からGSO衛星への基準仰角* |
|---|---|---|---|---|
| #1 | **Viasat-3 F3** | 159° E | 運用中（2026年9月以降） | 43.9° |
| #2 | **GX6A** (Inmarsat-6-F1) | 83.5° E | 運用中 | 18.6° |
| #3 | **GX3** (Inmarsat-5-F3) | 180° E | 運用中 | 31.0° |

* 東京国際空港（羽田）における計算値

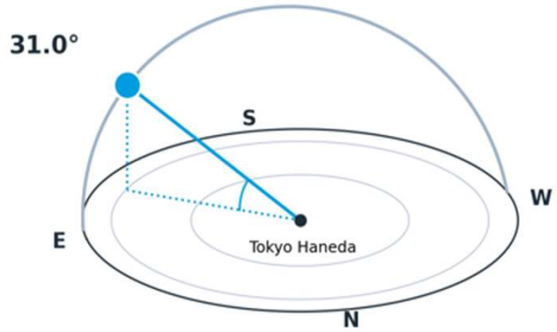
#1




#2




#3




仰角14°を超える各衛星は日本全域から可視である。南西方向に位置するGX6A（83.5°E）が最も仰角が低い。



RESTRICTED

# 2. 27.5 – 30 GHz 帯におけるESIMの需要と世界的な割り当て状況

# 2.a) 27.5−30 GHzにおけるFSSの世界的状況 - I

- 過去20年間で、27.5～30 GHz FSSの地球から宇宙へのGSOおよびNGSOリンクは、主に固定地球局での利用から、航空機、船舶および陸上車両向けのブロードバンド接続へと進展してきた。

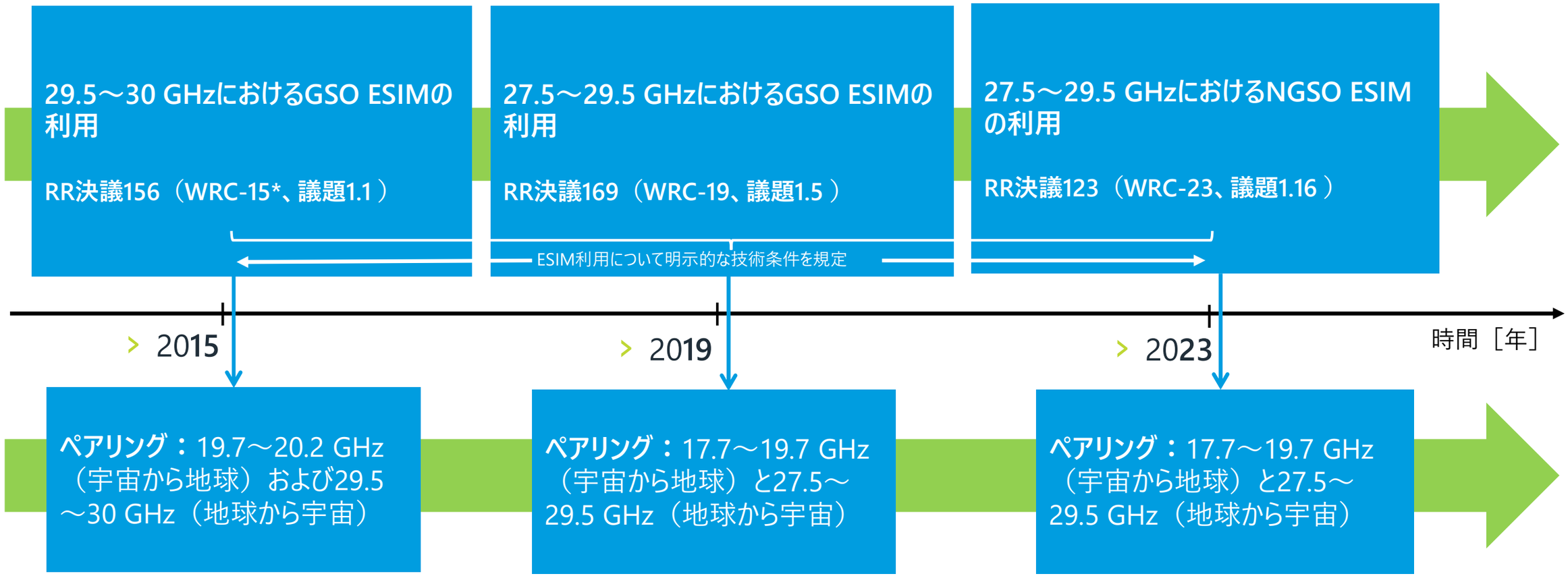
- アプリケーションおよび顧客ニーズの増加に伴い、FSS GSO／NGSO地球局1局当たりに求められるピーク時、平均、最悪時のいずれも継続的に増加している。

- ITU無線通信規則第5条では、RR 5.484A、5.516B、5.517A、5.517B、5.539、5.523C、5.523E、5.535A、5.541Aに規定された条件の下、27.5～30 GHzにおけるFSS（地球から宇宙）を**固定業務、移動業務および衛星間業務とともに** 一次業務として運用することが認められている。**FSS（地球から宇宙）ではGSO衛星システムが40年以上にわたり世界的に運用されており、近年ではNGSO衛星システムの世界的な展開が進んでいる。**

- FSSトラフィック需要は、主に地上通信網のカバレッジ外で運用される航空機、船舶、車両などの移動プラットフォームによって生じる。

# 2.a) 27.5～30 GHzにおけるFSSの世界的状況 - II

27.5～30 GHzにおけるFSS（地球から宇宙）リンクに関する国際的な規制の枠組みは、以下のタイムラインに示すとおり、段階的に整備されてきた。




決議156（WRC-15）、169（WRC-19）および123（WRC-23）の規定は、ESIMの国境を越えた運用に適用される

*WRC：世界無線通信会議

# 2.a) 27.5～30 GHzにおけるFSSの世界的状況 - III

CEPT ECC
Electronic Communications Committee

## ECC Decision (13)01

The harmonised use, free circulation and exemption from individual licensing of Earth Stations On Mobile Platforms (ESOMPs) within the frequency bands 17.3-20.2 GHz and 27.5-30.0 GHz

**Approved 8 March 2013**
latest amended 2 July 2021

**欧州**：ECC/DEC/(13)01により、17.3～20.2 GHz（宇宙から地球）および27.5～30.0 GHz（地球から宇宙）で運用するGSO ESIMについて、航空機・船舶・陸上車両などの移動体向けに、調和的な利用、自由な流通、個別免許の免除を実現するための技術的・運用上の条件が定められた。

NATIONAL ARCHIVES

## Code of Federal Regulations

A point in time eCFR system

Title 47

Displaying title 47, up to date as of 8/05/2026. Title 47 was last amended 7/31/2026. view historical versions

There are Federal Register documents that will modify this content. See the 'Cross Reference' blocks in the text of this content for more information.

There have been changes in the last two weeks to Part 25. view change

Enter a search term or CFR reference (eg. fishing or 1 CFR 1.1)

Title 47 / Chapter I / Subchapter B / Part 25 Previous / Next / Top

ECFR CONTENT

Table of Contents
Details
Print/PDF
Display Options

ENHANCED CONTENT

View table of contents for this page.

**PART 25—SATELLITE COMMUNICATIONS**

**Authority:** 47 U.S.C. 154, 301, 302, 303, 307, 309, 310, 319, 332, 605, and 721, unless otherwise noted.

**Subpart A—General**

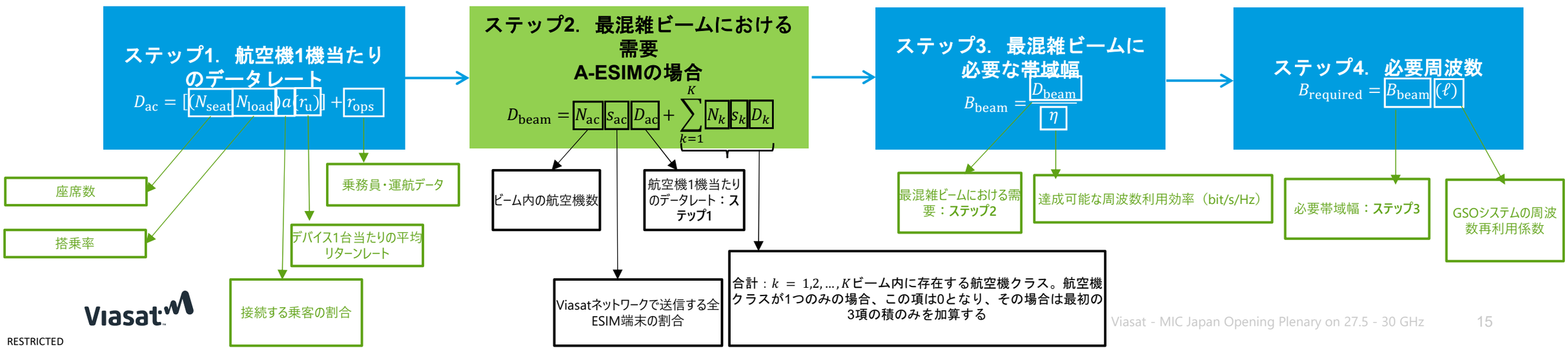
Site Feedback

**米国**：FCCはPart 25のESIM規則を改正し、規制上の負担を軽減するとともに、GSO ESIMの周波数帯を拡大し、NGSO FSS ESIMの枠組みを導入した。一方で、自己監視や、ネットワーク監視・制御センター（NCMC）による100 ms以内の停止機能といったシステム上の制御は維持する。

Viasat

# 2.b) 27.5～30 GHzにおける周波数需要分析 - I
## GSO A-ESIMおよびM-ESIMの例

- 27.5～30 GHzにおける帯域幅拡大の必要性を明確化し、その根拠となる周波数需要分析を実施・提示する。
- A-ESIMおよびM-ESIMが27.5～30 GHz帯のアップリンクで必要とする周波数帯域を算定するため、航空機・船舶からGSO衛星へのトラフィック量を、所定の時点における所要データレートに換算する。
  - 周波数再利用パターンの制約により、低トラヒックビームの未使用周波数を高トラヒックビームに融通することはできない。このため、必要周波数量は最大トラヒックビーム（最混雑ビーム）によって決まり、その推定には所定の時点における当該ビームの平均データレートを用いる。
  - A-ESIMの所要周波数量は、概ね以下の4つのステップにより算定する。



# 2.b) 27.5～30 GHzにおける周波数需要分析 - II
## GSO A-ESIMの例

- ビームは日本上空で最も混雑する東京ビームを選定し、その中に羽田空港および成田空港が含まれる。

| 前提［単位］↓／シナリオ#→ | 低 | 中 | 高 |
|---|---|---|---|
| 繁忙時間帯に東京ビーム内にいる航空機 | 150* | 160* | 180* |
| 27.5～30 GHz GSO ESIMを搭載する割合 | 25% (0.25) | 40% (0.4) | 60% (0.6) |
| デバイス数：$N_{\text{seat}}\times N_{\text{load}}\times a$（$D_{\text{ac}}$の算出用） | $200\times0.75\times0.25$ $\approx 38$台 | $200\times0.75\times0.40$ $= 60$台 | $200\times0.75\times0.60$ $= 90$台 |
| デバイス1台当たりの平均データレート：$r_{\text{u}}$ [Mbps]（$D_{\text{ac}}$の算出用） | 0.10 Mbps | 0.13 Mbps | 0.15 Mbps |
| 乗務員・運航データ：$r_{\text{ops}}$ [Mbps]（$D_{\text{ac}}$ の算出用） | 1 Mbps | 1.5 Mbps | 2 Mbps |
| 航空機1機当たりのデータレート：$D_{\text{ac}}$ [Mbps] | $(N_{\text{seat}}\times N_{\text{load}}\times a\times r_{\text{u}})+$ $r_{\text{ops}} = 4.8$ Mbps | $(N_{\text{seat}}\times N_{\text{load}}\times a\times r_{\text{u}})+r_{\text{ops}} =$ 9.3 Mbps | $(N_{\text{seat}}\times N_{\text{load}}\times a\times r_{\text{u}})+r_{\text{ops}} =$ 15.5 Mbps |
| 単一クラスの航空機における最混雑ビームのデータレート需要：$D_{\text{beam}}$ [Mbps] | $(150\times 0.25)\times D_{\text{ac}} =$ $37.5\times4.8$ Mbps $= 180$ Mbps | $(160\times 0.4)\times D_{\text{ac}} = 64\times9.3$ Mbps $\approx 595$ Mbps | $(180\times 0.6)\times D_{\text{ac}} = 108\times15.5$ Mbps $= 1674$ Mbps |
| ビームに必要な帯域幅：$B_{\text{beam}}$ [MHz] | $B_{\text{beam}} = D_{\text{beam}}/\eta =$ $180/0.8 = 225$ MHz | $B_{\text{beam}} = D_{\text{beam}}/\eta = 595/0.8 =$ 743 MHz | $B_{\text{beam}} = D_{\text{beam}}/\eta = 1674/$ $0.8 \approx 2090$ MHz |
| 必要周波数：$B_{\text{required}}$ [MHz] | $B_{\text{beam}}\times\ell = 225\times2 =$ 500 MHz | $B_{\text{beam}}\times\ell = 743\times2 \approx$ 1486 MHz | $B_{\text{beam}}\times\ell = 2090\times2 =$ 4185 MHz |

#「**低**」、「**中**」および「**高**」の3つのシナリオは、航空機数、ビーム内でGSO A-ESIM端末を搭載する航空機の割合、および接続する乗客の割合について想定される変動を反映している。

* 簡略化のため単一クラスの航空機を想定し、https://www.flightradar24.com/data/airports/nrt/statistics および https://www.flightradar24.com/data/airports/hnd/statistics から得られた統計に基づき推定。



RESTRICTED

# 2.b) 27.5～30 GHzにおける周波数需要分析 - II
## GSO A-ESIMの例 – 続き

- ビームは日本上空で最も混雑する東京ビームを選定し、その中に羽田空港および成田空港が含まれる

| 前提［単位］↓／シナリオ#→ | 低 | 中 | 高 |
|---|---|---|---|
| 繁忙時間帯に東京ビーム内にいる航空機 | 150* | 160* | 180* |
| 27.5～30 GHz GSO ESIMを搭載する割合 | 25% (0.25) | 40% (0.4) | 60% (0.6) |
| デバイス数: $N_{\text{seat}}\times N_{\text{load}}\times a$ ($D_{\text{ac}}$の算出用) | $200\times0.75\times0.25$ $\approx 38$台 | $200\times0.75\times0.40$ $= 60$台 | $200\times0.75\times0.60$ $= 90$台 |
| デバイス1台当たりの平均データレート：$r_{\text{u}}$ [Mbps] ($D_{\text{ac}}$ の算出用) | 0.10 Mbps | 0.13 Mbps | 0.15 Mbps |
| 乗務員・運航データ：$r_{\text{ops}}$ [Mbps] ($D_{\text{ac}}$ の算出用) | 1 Mbps | 1.5 Mbps | 2 Mbps |
| 航空機1機当たりのデータレート：$D_{\text{ac}}$ [Mbps] | $(N_{\text{seat}}\times N_{\text{load}}\times a\times r_{\text{u}})+r_{\text{ops}}=$ | $(N_{\text{seat}}\times N_{\text{load}}\times a\times r_{\text{u}})+r_{\text{ops}}=$ 9.3 Mbps | $(N_{\text{seat}}\times N_{\text{load}}\times a\times r_{\text{u}})+r_{\text{ops}}=$ 15.5 Mbps |
| 最混雑ビームにおけるデータレート需要：$D_{\text{b}}$ ラスの航空機の場合 | | $\times 0.4)\times D_{\text{ac}} = 64\times9.3$ Mbps ≈ 595 Mbps | $(180\times 0.6)\times D_{\text{ac}} = 108\times15.5$ Mbps = 1674 Mbps |
| ビームに必要な帯域幅：$B_{\text{beam}}$ [MHz] | $0.8 = 225$ MHz | $= D_{\text{beam}}/\eta = 595/0.8 =$ 743MHz | $B_{\text{beam}} = D_{\text{beam}}/\eta = 1674/$ $0.8 \approx 2090$ MHz |
| 必要周波数：$B_{\text{required}}$ [MHz] | $B_{\text{beam}}\times\ell = 225\times2 =$ 500 MHz | $B_{\text{beam}}\times\ell = 743\times2 \approx$ 1486 MHz | $B_{\text{beam}}\times\ell = 2090\times2 =$ 4185 MHz |

中～高シナリオにおいて、日本上空でのA-ESIM利用に27.5～30 GHz（2,500 MHz）の周波数全体を使用する必要があることを示す。

現実的には中～高の需要を想定

#「**低**」、「**中**」および「**高**」の3つのシナリオは、航空機数、ビーム内でGSO A-ESIM端末を搭載する航空機の割合、および接続する乗客の割合について想定される変動を反映している。

*簡略化のため単一クラスの航空機を想定し、https://www.flightradar24.com/data/airports/nrt/statistics および https://www.flightradar24.com/data/airports/hnd/statistic ら得られた統計に基づき推定。

Viasat



RESTRICTED

# 2.b) 27.5～30 GHzにおける周波数需要分析 - III
## GSO M-ESIMの例

- A-ESIMと同じ方法を用い、日本上空で最も混雑するビームとして東京*ビームを選定する。このビームは、東京湾、横浜、川崎および千葉をカバーする。M-ESIMについても「低」、「中」および「高」の同じ3つのシナリオを検討し、ビーム内でGSO M-ESIM端末を搭載する船舶数を変動させる。「低」シナリオについて、異なる船舶クラスを分析する。

| 船舶クラス | ビーム内の搭載船舶 | 1隻当たりの平均データレート［Mbps］ | 平均データレート需要［Mbps］ | 1隻当たりの平均データレートに関する注記 |
|---|---|---|---|---|
| クルーズ船 | 1 | 60 | 60 | 約3,000人の乗客および乗組員 × 20%（0.2）が、デバイス1台当たり0.1 Mbpsで接続 |
| フェリー | 5 | 8 | 40 | 約500人の乗客 × 15%（0.15）が、デバイス1台当たり0.1 Mbpsで接続し、一部を運航用に使用 |
| 商船 | 30 | 2 | 60 | 約20人の乗組員向け福利厚生インターネットに加え、エンジン監視、報告およびCCTVアップロード |
| その他（漁船、オフショア、ヨットおよび政府） | 20 | 1 | 20 | 一部のユーザーまたは単一の運用データリンク |
| ビーム内の海事データレート需要推定合計 | | | 180 Mbps | |

- 注：船舶クラス、ビーム内の船舶数および船舶1隻当たりのデータレートは代表的な想定値であり、実際の値は、日本各地の港湾ごとに異なる。

詳細については、https://beacon.com/resources/biggest-cargo-ports-japan を参照。

# 2.b) 27.5～30 GHzにおける周波数需要分析 - IV
## GSO M-ESIMの例

- ビームは日本上空で最も混雑する東京*ビームを選定し、東京湾、横浜、川崎および千葉をカバーする。
- M-ESIM について、異なる船舶

| 船舶クラス | 低 | 中 | 高 |
|---|---|---|---|
| クルーズ船 | 1× 60 Mbps = 60 Mbps | 2×100 Mbps = 200 Mbps | 3×150 Mbps = 450 Mbps |
| フェリー | 5×8 Mbps = 40 Mbps | 10×10 Mbps = 100 Mbps | 20×15 Mbps = 300 Mbps |
| 商船 | 30×2 Mbps = 60 Mbps | 60 × 3 Mbps = 180 Mbps | 100×5 Mbps = 500 Mbps |
| その他 | 20×1 Mbps = 20 Mbps | 40 × 1.5 Mbps = 60 Mbps | 80 × 2 Mbps = 160 Mbps |
| 平均総データレート [Mbps] | 180 Mbps | 540 Mbps | 1410 Mbps |
| **ビームに必要な帯域幅：$B_{\text{beam}}$ [MHz]** | $B_{\text{beam}} = D_{\text{beam}}/\eta = 180/0.8 =$ 225 **MHz** | $B_{\text{beam}} = D_{\text{beam}}/\eta = 540/0.8 =$ 675 **MHz** | $B_{\text{beam}} = D_{\text{beam}}/\eta = 1410/$ $0.8 \approx 1763$ **MHz** |
| 必要周波数：$B_{\text{required}}$ [MHz] | $B_{\text{beam}} \times \ell = 225 \times 2 =$ 500 MHz | $B_{\text{beam}} \times \ell = 675 \times 2 \approx$ 1350 MHz | $B_{\text{beam}} \times \ell = 1763 \times 2 =$ 3526 MHz |

A-ESIMの場合と同様の結論

現実的には中～高の需要を想定

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| その他（漁船、オフショア、ヨットおよび政府） | 20 | 1 | 20 | は単一の運用データリンク |

- 注：船舶クラス、ビーム内の船舶数および船舶1隻当たりのデータレートは代表的な想定値であり、実際の値は、日本各地の港湾ごとに異なる。

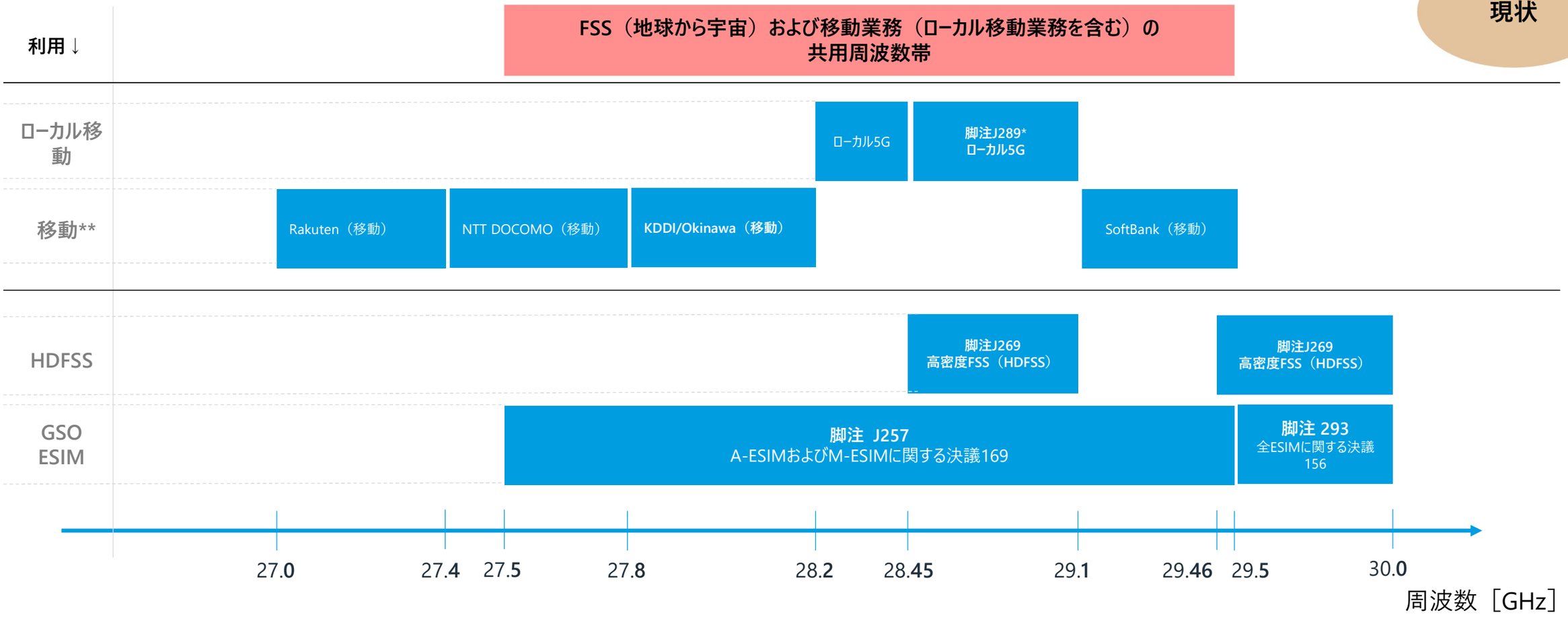


RESTRICTED

# 3. 27.5 – 30 GHz帯への拡張計画の対象

# 3.a) 27～30 GHzにおける日本の周波数分配

現状




**出典：**2019年4月の総務省による5G割当ての事業者ブロック、2019年および2020年のローカル5G制度化、周波数割当計画（2026年4月）の脚注

*：ローカル5G局はFSS地球局からの保護を要求しない

Viasat

RESTRICTED

# 3.b)目的：A-ESIMおよびM-ESIMの運用柔軟性の向上 - I

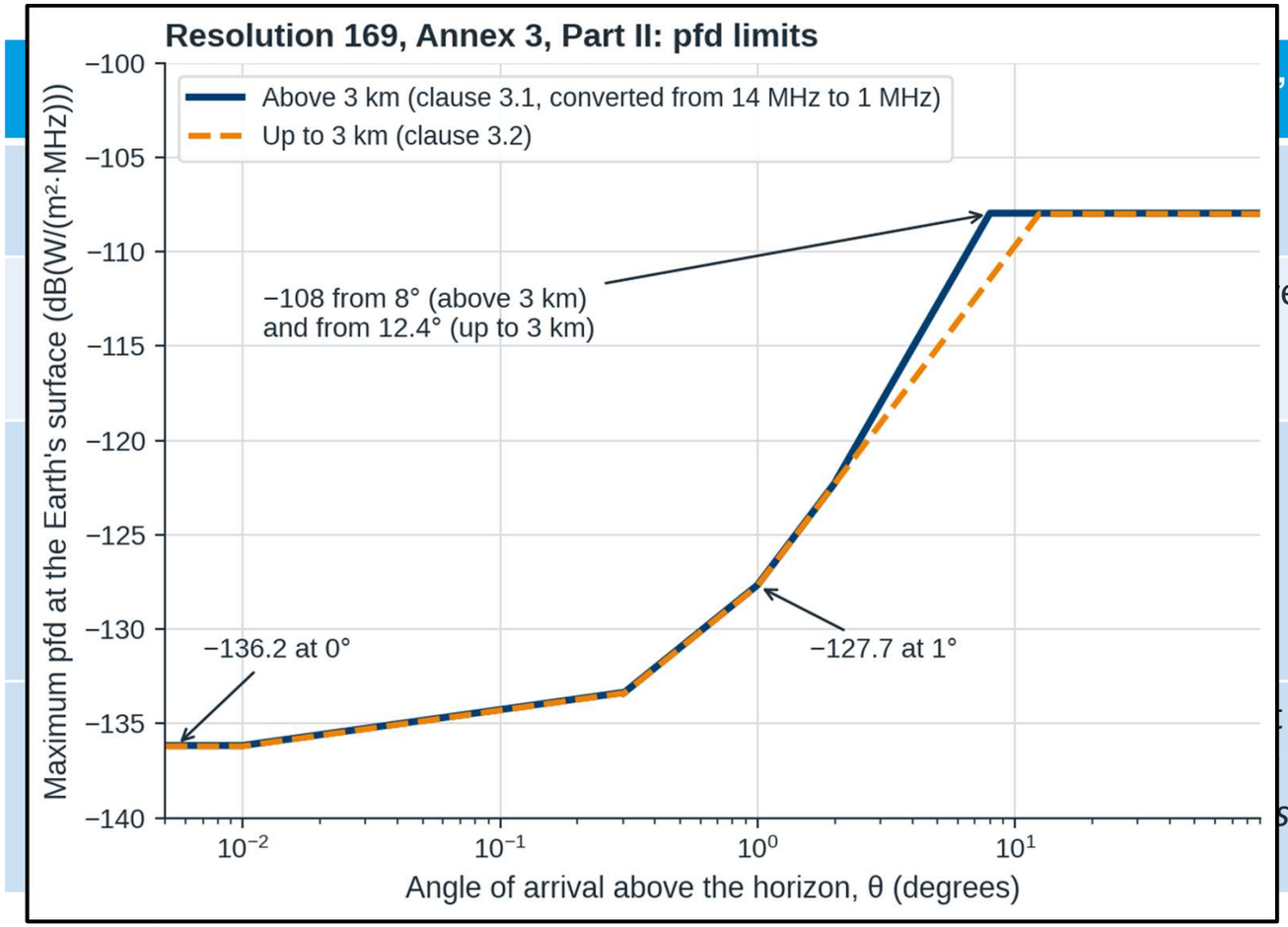
| 番号［#］ | 課題 | 現在の<br>日本の状況 | Viasatの提案 |
|---|---|---|---|
| 1 | **A-ESIM** | 脚注J257により利用可能だが、現状は29.5～30 GHz帯に限定。 | 利用可能帯域を27.5～29.5 GHz帯へ拡張し、国内無線局を適切に保護しつつ、日本の領土・領空内での利用を可能とする。 |
| 2 | **M-ESIM** | 脚注J257により利用可能だが、29.5～30 GHz帯に限定。 | 利用可能帯域を27.5～29.5 GHz帯へ拡張し、国内無線局を適切に保護しつつ、港湾および日本領海内での利用を可能とする。 |
| 3 | **27.5～30 GHzにおける規制上の根拠** | 脚注J257に基づき決議169を適用。<br>現時点では、日本独自の追加技術条件なし。 | • 日本国内では、決議169の規定を緩和するための日本固有の技術条件を設定。<br>• 近隣国に対しては、越境干渉を管理するため決議169の規定を維持。<br>• 国内の既存無線局の保護要件に基づき、日本固有の技術条件を策定。 |
| 4 | **衛星地球局およびネットワーク制御** | 現行の免許条件の下で運用中 | 変更提案なし。 |

**主な要望事項**

# 3.b)目的：A-ESIMおよびM-ESIMの運用柔軟性の向上 - II

| FSS GSO ESIM<br>地球局の種類 | 27.5～29.5 GHzにおける決議169（WRC-23）附属書3の条件 | 適用される制限項目 |
|---|---|---|
| **A-ESIM 超 3 km** | 地表面における電力束密度：第3.1項の値［dB(W/(m²·14 MHz))］ | 地上における到来角$\theta$の電力束密度 |
| **A-ESIM 以下 3 km** | • 地表面における電力束密度：第3.2項の値［dB(W/(m²·MHz))］。<br>• 2°～12.4°では最大3.5 dB厳しい。 | 地上における到来角$\theta$の電力束密度 |
| **M-ESIM** | • 海岸から少なくとも70 km以上離れ、等価等方放射電力密度は水平線方向で最大24.44 dB(W/14 MHz)。<br>• 沿岸国の同意があれば、より近接可能。 | 海岸からの距離 |
| | | M-ESIMから水平線方向への放射 |
| **すべてのESIM** | • 当該国主管庁の認可を条件として、領土内での運用が可能（決議事項3）。<br>• ネットワーク監視制御センターによる常時制御（決議5.2）。 | 主管庁の認可および常時監視制御 |

# 3.b)目的：A-ESIMおよびM-ESIMの運用柔軟性の向上- III




**高度3 km 超 (clause 3.1), dB(W/(m²·14 MHz)):**

$$M_{>3\mathrm{km}}(\theta) = \begin{cases} -124.7 & 0^\circ \le \theta \le 0.01^\circ \\ -120.9 + 1.9\log\theta & 0.01^\circ < \theta \le 0.3^\circ \\ -116.2 + 11\log\theta & 0.3^\circ < \theta \le 1^\circ \\ -116.2 + 18\log\theta & 1^\circ < \theta \le 2^\circ \\ -117.9 + 23.7\log\theta & 2^\circ < \theta \le 8^\circ \\ -96.5 & 8^\circ < \theta \le 90^\circ \end{cases}$$

**高度 3 km 未満 (clause 3.2), dB(W/(m²·MHz)):**

$$M_{\le 3\mathrm{km}}(\theta) = \begin{cases} -136.2 & 0^\circ \le \theta \le 0.01^\circ \\ -132.4 + 1.9\log\theta & 0.01^\circ < \theta \le 0.3^\circ \\ -127.7 + 11\log\theta & 0.3^\circ < \theta \le 1^\circ \\ -127.7 + 18\log\theta & 1^\circ < \theta \le 12.4^\circ \\ -108 & 12.4^\circ < \theta \le 90^\circ \end{cases}$$

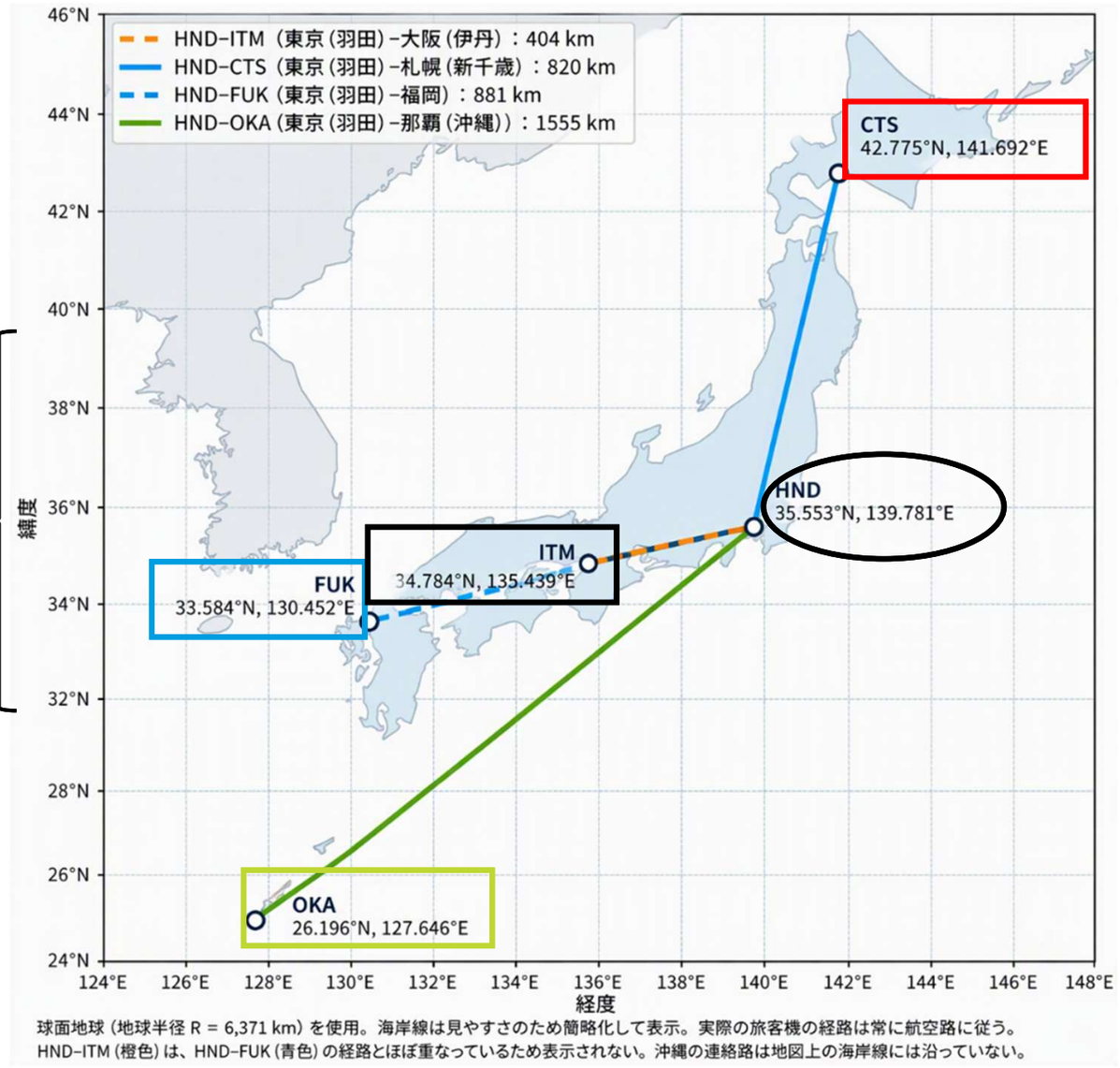
**地上への到来角に対するpfd 上限**
**－136.2 dB(W/(m²·MHz)) @ 水平方向**
**－ 108 dB(W/(m²·MHz)) @ 8° (高度 3 km以上) または 、**
**@12.4° ( 高度 3 km未満)**



RESTRICTED

# 3.c) 日本におけるA-ESIM運用への影響- I

- 決議169に基づく技術条件がA-ESIMの運用に与える影響を評価するため、羽田空港を発着する国内線のうち、運航頻度が最も高い国内ハブ路線を対象に分析する。
- 例として、東京羽田（HND）－大阪（ITM）、HND－千歳（CTS）、HND－福岡（FUK）およびHND－沖縄（OKA）の路線で検討する。
- これらの路線を、図に示した飛行プロファイルと、航空会社の運航スケジュールデータに基づき評価し、決議169の下でA-ESIMを運用できない合計時間を検討した。

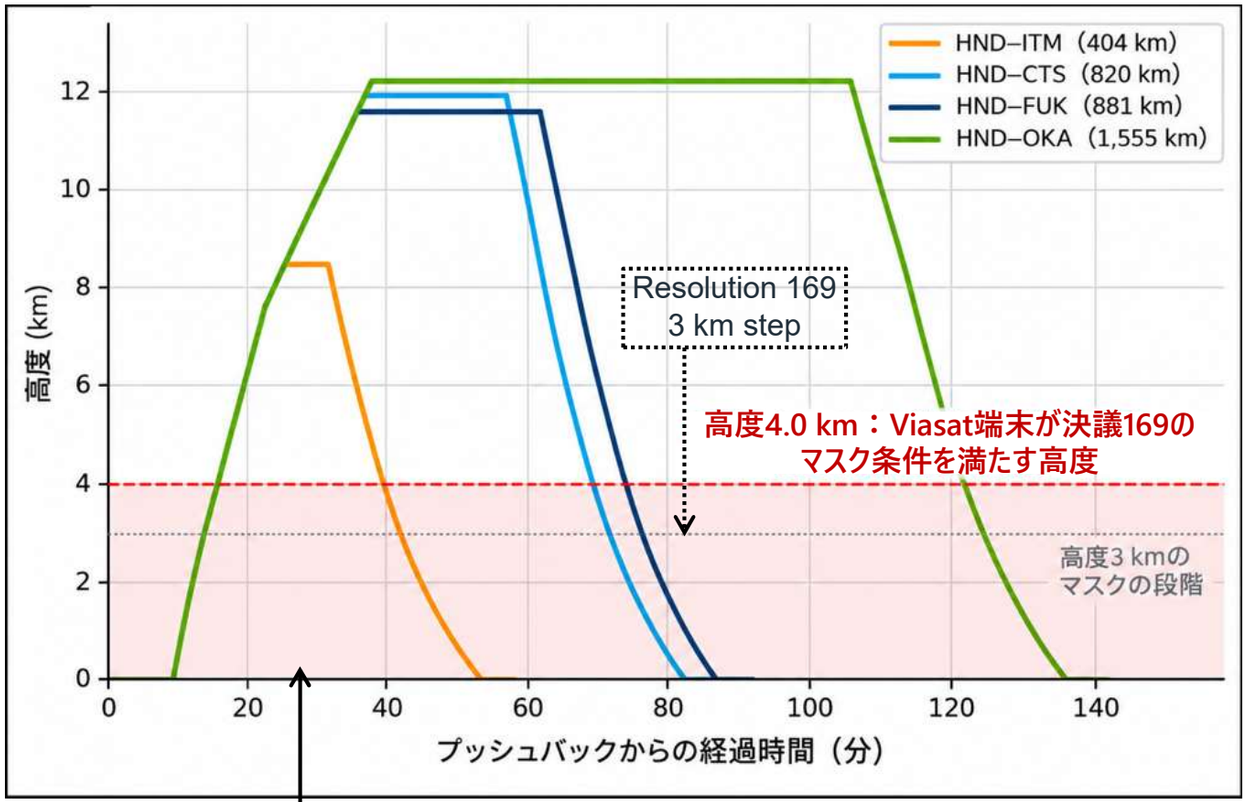


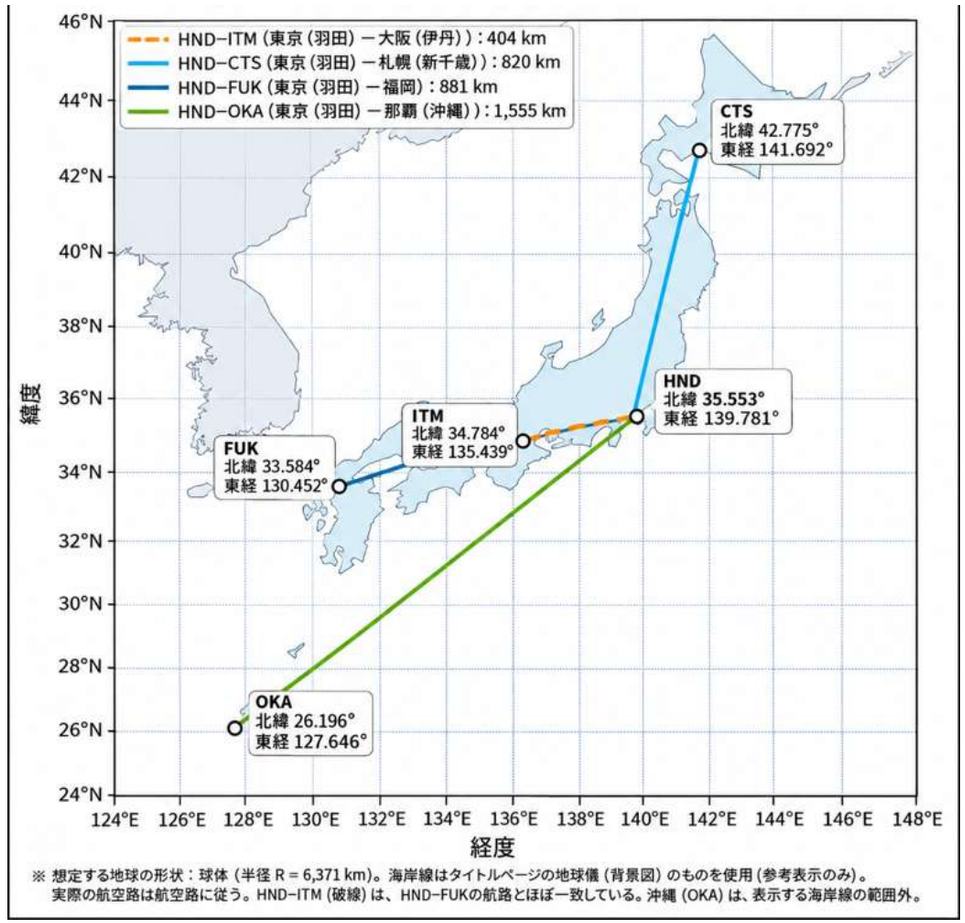

地球を半径 R = 6,371 km の球体としてモデル化。海岸線は視認性を考慮して簡略化して表示。実際の航空機は、所定の航空路に沿って飛行する。



RESTRICTED

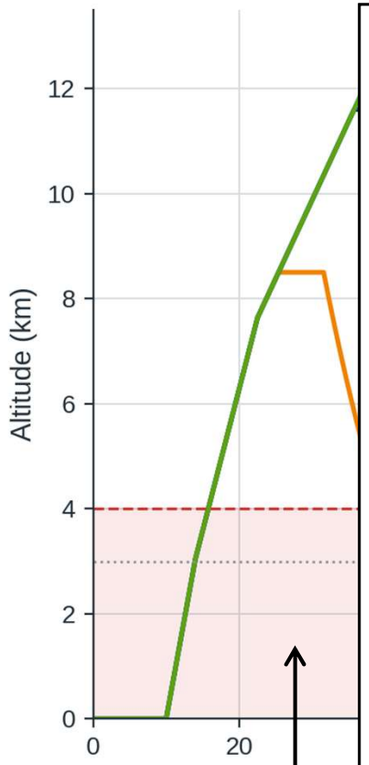
# 3.c) 日本におけるA-ESIM運用への影響 - II



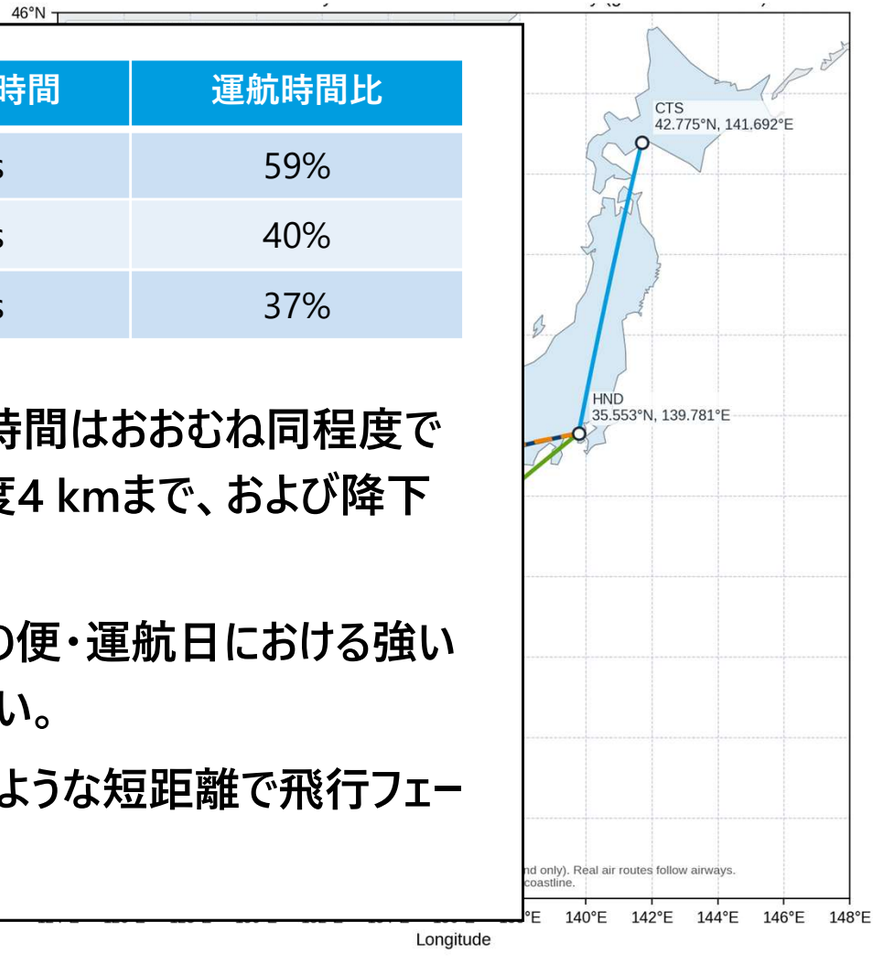

- 網掛け：東経83.5°のGSO衛星に対してViasat端末がRes. 169 マスクを満足しない高度4.0 km未満の範囲。

# 3.c) 日本におけるA-ESIM運用への影響 - III




| 運航区間 | 運航時間 | 利用不可となる時間 | 運航時間比 |
|---|---|---|---|
| HND to ITM | 57 minutes | 34 minutes | 59% |
| HND to CTS | 87 minutes | 35 minutes | 40% |
| HND to FUK | 91 minutes | 34 minutes | 37% |

- 各路線で27.5 – 29.5 GHzの利用が出来ない時間はおおむね同程度である。具体的には、地上走行中、上昇時の高度4 kmまで、および降下時の高度4 km以下の時間である。
- これは平均的な状況を示したものであり、特定の便・運航日における強い追い風など、その他の影響要因は考慮していない。
- この影響は、羽田（HND）– 伊丹（ITM）のような短距離で飛行フェーズの切り替えが頻繁な路線で最も大きい。

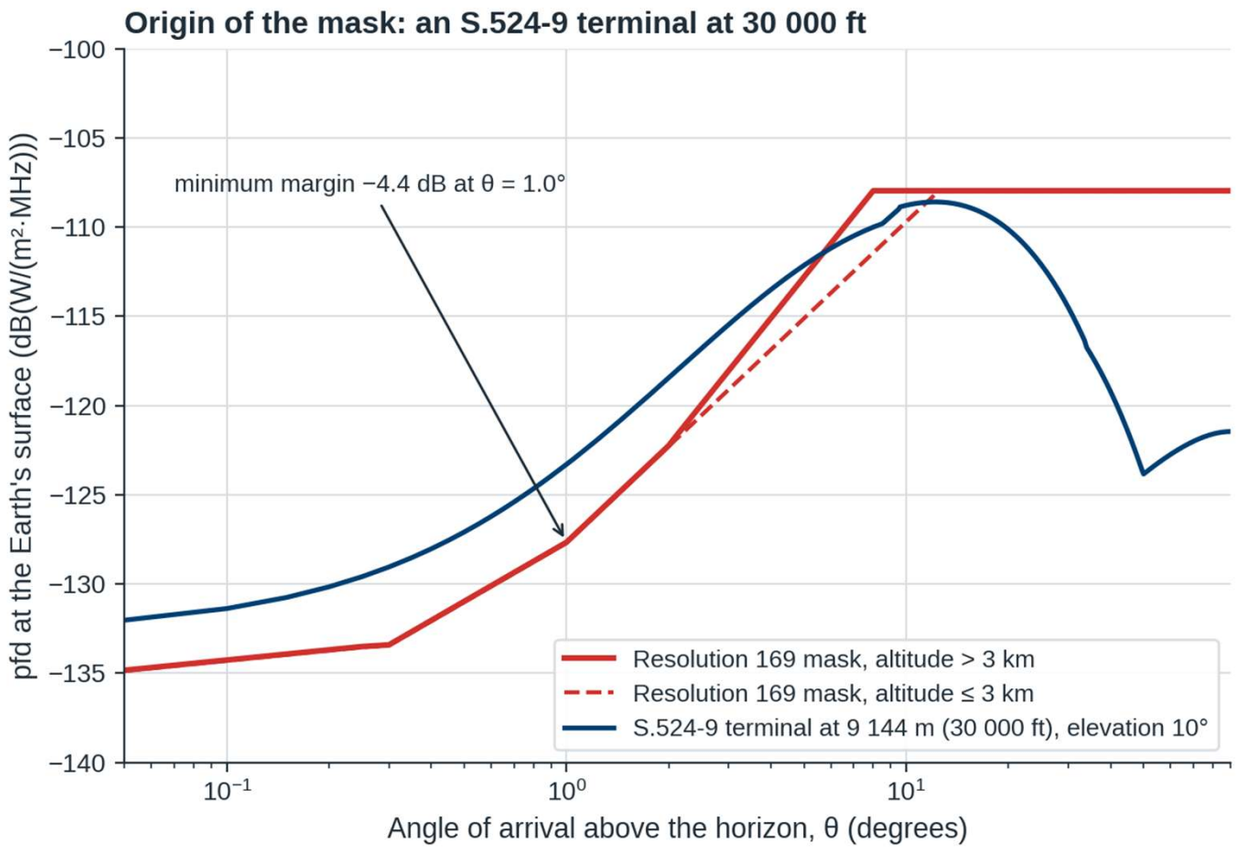



› 網掛け：東経83.5°のG
km未満の範囲。



RESTRICTED

# 3.c) 日本におけるA-ESIM運用への影響 - IV




- 高度3 kmを超える航空機に適用される決議169マスクは、CEPTのECC Report 184およびECC Decision (13)01に由来する。
- CEPTでは、このマスクは固定業務が使用する周波数帯にのみ適用されている。
- このマスクは、固定業務を保護するため、高度30,000フィートを飛行する航空機地球局の軸外等価等方放射電力制限をもとに策定された。
- 日本では27.5～29.5 GHz帯に免許された固定局は存在せず、保護対象は移動業務の基地局およびユーザ端末である。

**他地域・他業務向けのマスクは、日本の移動業務の保護要件には必ずしも適合せず、角度によっては過度に厳しい可能性がある。**

# 3.c) 日本におけるA-ESIM運用への影響 - V

| 規定：<br>決議169（WRC-23） | 規定内容 | 日本国内での運用上の影響 |
|---|---|---|
| ***決議事項*** 1.2.4 | 電力束密度の制限は、他の主管庁の地上業務を保護するための条件である。 | マスクは隣国への影響を防ぐためのもの。 |
| ***決議事項*** 3 | ESIMsは、当該国主管庁の認可を条件として、その領土内での運用が可能である。 | 日本国内における条件は日本の主管庁が定める。 |
| **附属書3、第II部、第3.3項** | 移動業務への分配がある国では、領土内での運用に主管庁の事前同意が必要。 | 国内の5Gに対する条件は日本の主管庁が定める。 |
| **附属書3、第II部、第5項** | 当該主管庁の領土内において、規定値を超える電力束密度（PFD）で運用する場合は、当該主管庁の事前同意が必要。 | 決議169では、国内での異なるPFDマスクの適用を想定する。 |
| **更なる*決議事項*** | 当該合意は、合意の当事国以外の主管庁に影響を及ぼしてはならない。 | 決議169のマスクは近隣国に対して引き続き適用される。 |

国内のPFDレベルは総務省殿が決定し、具体的な値は技術的検討に基づき設定。

# 3.d) 主な検討事項および実施ステップ - I

- **移動業務の保護基準を満足しつつ、日本国内で決議169の電力束密度（PFD）マスクを緩和できるか？**
- **可能な場合、どの程度、またどの高度まで緩和できるか？**

| ｽﾃｯﾌﾟ | 実施内容 | 結果 |
|---|---|---|
| 1 | 5Gの保護基準を採用：I/N = －6 dB（－110 dBm/MHz）。 | 許容できる干渉レベルの上限を設定。 |
| 2 | 最悪条件において、全到来角で日本の5G基地局およびユーザー端末の保護基準となる電力束密度を高精度に算出。 | 日本の5G移動業務の受信機が許容できるPFDを特定。 |
| 3 | 決議169のマスクと比較。 | 決議169マスクがどの程度過剰な保護となっているかを評価。 |
| 4 | 全到来方向・全周波数で許容PFDを下回る、日本用のマスク案を検討。 | 保護基準を満たすマスク案を作成。 |
| 5 | ESIM端末がマスク案を満たす高度と高度別の最悪条件のI/N算出。 | 航空機の各飛行フェーズ（高度）におけるI/Nを算出。 |
| 6 | 5G基地局、端末の上空を飛行する場合を想定し、ビーム到来角や5G端末と基地局の位置関係を含めてシミュレーションを実施。生じるI/Nを累積分布関数（CDF）で示し、マスク案を適用可能な範囲を特定。 | マスク案適用時のマージンと限界を特定。 |

ステップ1～4では5G受信機に対する検討。ステップ5および6は、次節で示す共用・両立性を検討。

# 3.d) 主な検討事項および実施ステップ – II

## Steps 1、2:　移動局が許容可能な電力束密度(PFD)

$$N = -228.6 + 10\log_{10}(290) + 60 + F = -134 \text{ dB(W/MHz)}$$

受信機雑音 （1 MHzあたり） $F = 10$ dB ($-104$ dBm/MHz)

$$\frac{I}{N} = \text{PFD} + 10\log_{10}\left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) + G_{\text{rx}}(\theta) - L_{\text{rx}} - N \leq -6 \text{ dB}$$

許容可能な電力束密度(PFD)

$= -50.4$ dB(m²) at 28 GHz

基地局・端末受信機の$\theta$ 方向
アンテナンテナ利得

基地局給電線損失： 3 dB ／
端末の人体損失；4 dB

# 3.d) 主な検討事項および実施ステップ – III

## Steps 1 、2:　移動局が許容可能な電力束密度(PFD)

**検討の前提：**

- 最悪条件：28 GHz、到来角方向に取り得る最大アンテナ利得を適用（基地局：全ビーム方向の包絡線、ユーザ端末：最大利得）
- 伝搬路上のクラッタ損失および偏波損失は考慮しない。
- 基地局は、高さ6 mに設置された8×8平面構成のアクティブアンテナシステム（AAS）を使用し、機械的下向きチルト角10°、給電線損失3 dB。ユーザ端末は、アンテナ利得20 dBi、人体損失4 dB、雑音指数10 dB。

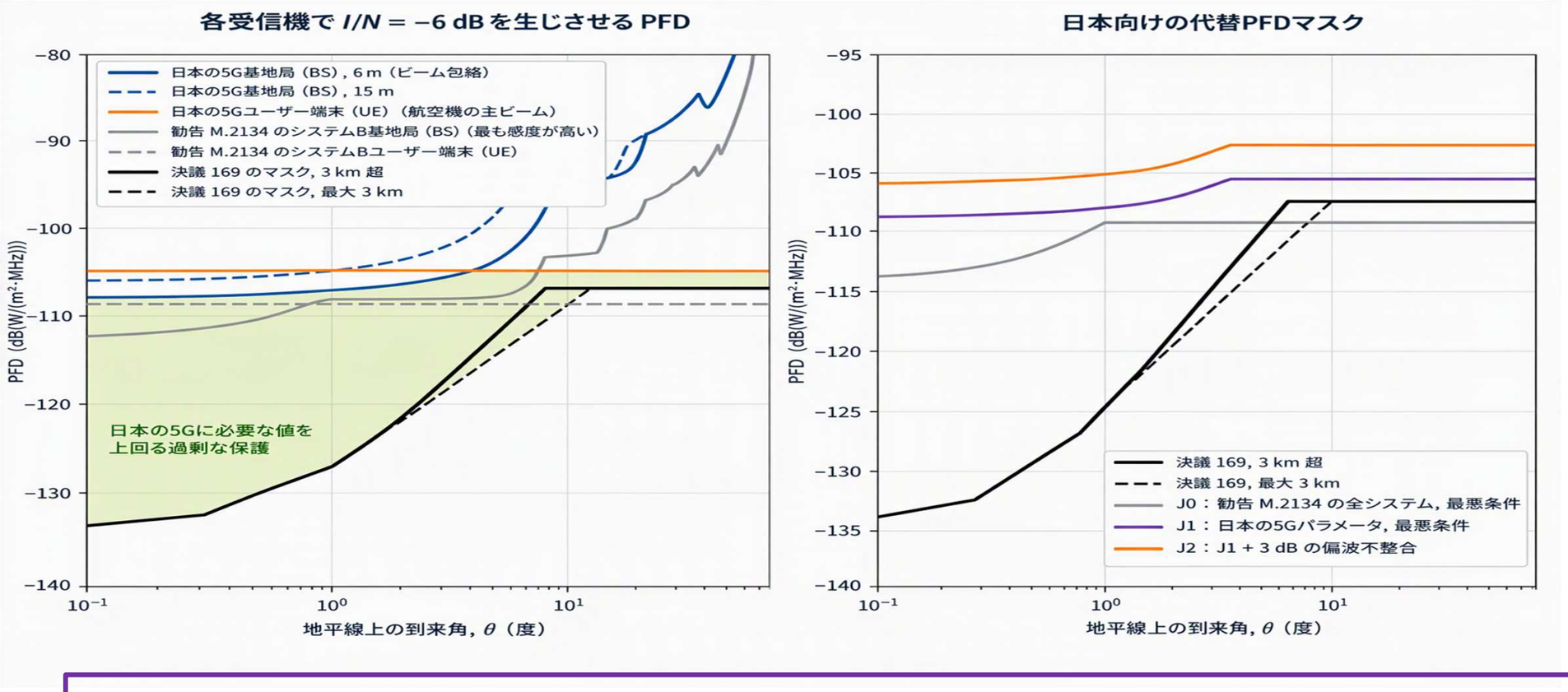
$$\mathrm{PFD}_{\mathrm{prot}}(\theta) = N - 6 - 10\log_{10}\left(\frac{\lambda^2}{4\pi}\right) - G_{\mathrm{rx}}(\theta) + L_{\mathrm{rx}}$$

到来角($\theta$)に対し、$I/N = -6$ dB となるPFD

| Arrival angle [$\theta$] | $\theta = 0°$ | $\theta = 2°$ | $\theta = 5°$ | $\theta = 12.4°$ | $\theta = 45°$ |
|---|---|---|---|---|---|
| アンテナ高6mの基地局における PFD [dB(W/m$^2$.MHz)] | $-108.7$ | $-107.5$ | $-104.3$ | $-95.4$ | $-86.2$ |
| 移動機端末高1.5mにおけるPFD [dB(W/m$^2$.MHz)] | $-105.6$ | | | | |

# 3.d) 主な検討事項および実施ステップ – IV

## 過度な保護の見直しと日本独自のPFDマスクの策定




- ✓ マスク案 J1： $M_{J1}(\theta)$は、27.5～29.5 GHz帯の全周波数およびすべての到来角 $\theta$ において$PFD_{prot}(\theta)$を下回る。
- ✓ 従って、$M_{J1}(\theta)$ を満足するA-ESIMは、アンテナが正対する最悪条件においても、日本のすべての5G受信機に対して $I/N \leq -6\ dB$ を満足する。

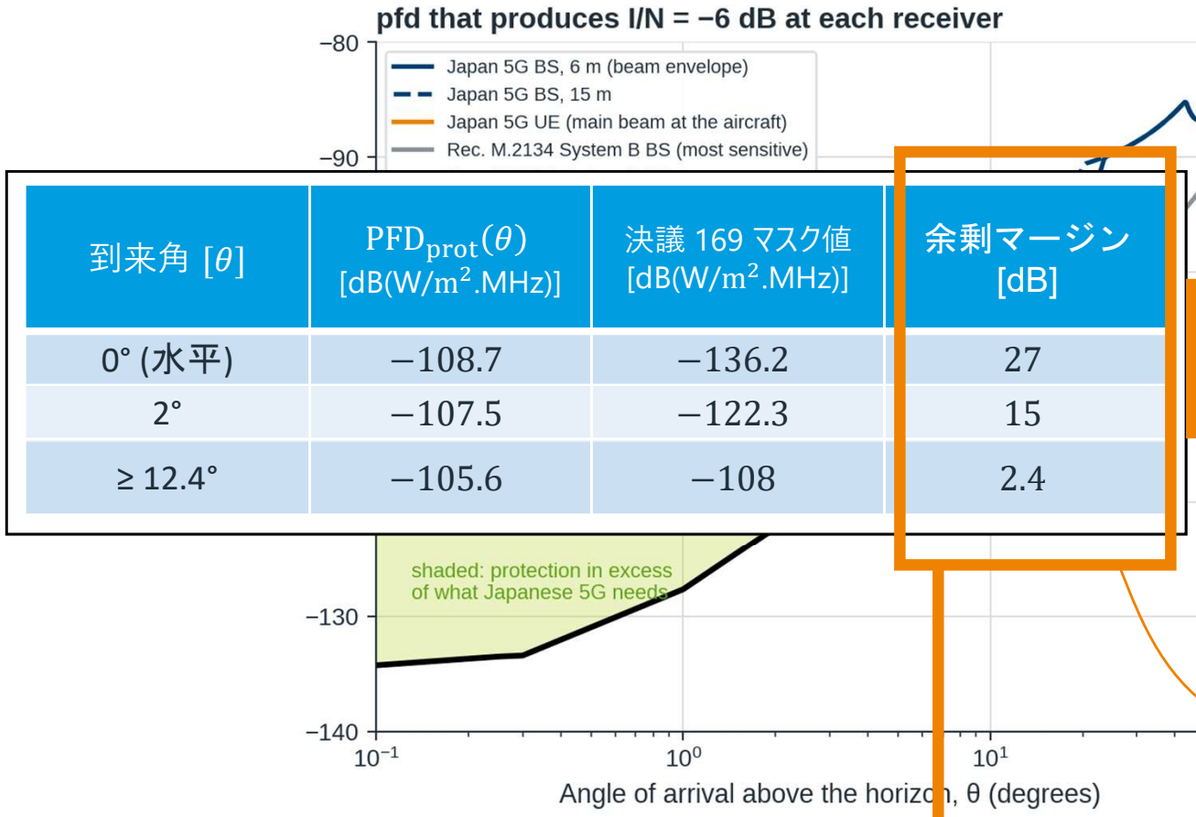


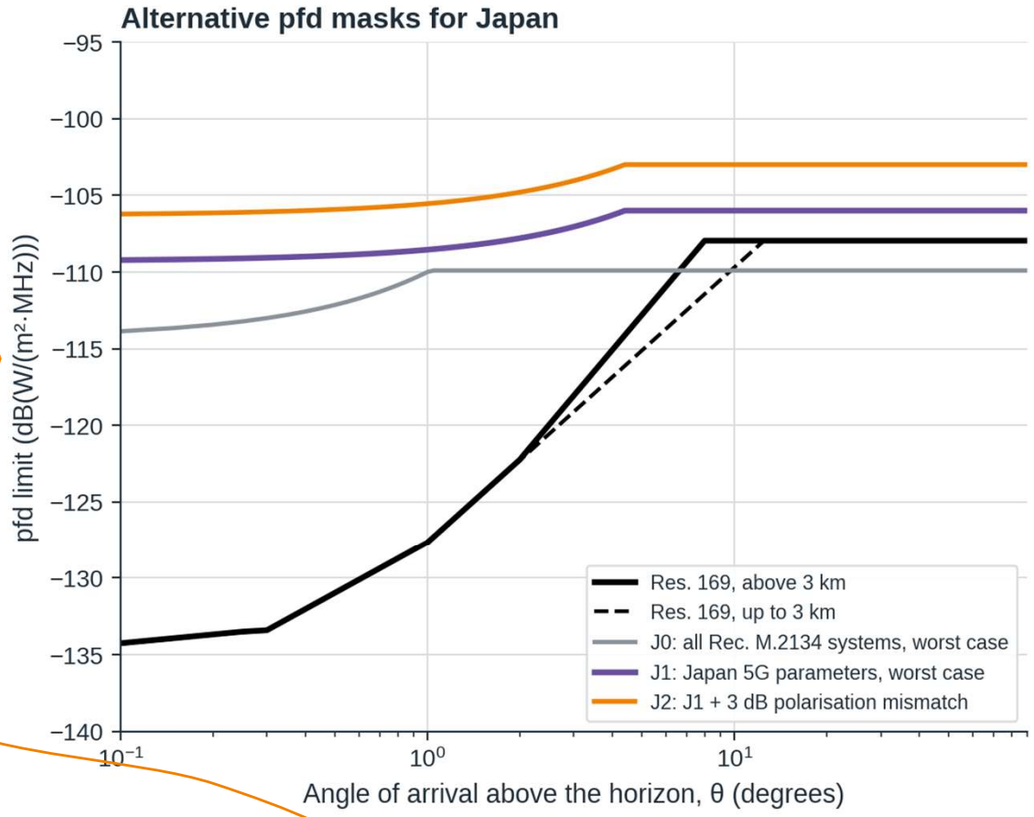
RESTRICTED

# 3.d) 主な検討事項および実施ステップ – V

## Steps 3 、4: 余剰な保護マージンと国内用のPFDマスク

| 到来角 $[\theta]$ | $\mathrm{PFD}_{\mathrm{prot}}(\theta)$ [dB(W/m$^2$.MHz)] | 決議 169 マスク値 [dB(W/m$^2$.MHz)] | 余剰マージン [dB] |
|---|---|---|---|
| 0° (水平) | −108.7 | −136.2 | 27 |
| 2° | −107.5 | −122.3 | 15 |
| ≥ 12.4° | −105.6 | −108 | 2.4 |




$$M_{J1}(\theta) = \min(-109.3 + 0.75\theta, -106) \leq \mathrm{PFD}_{\mathrm{prot}}(\theta) \qquad \mathrm{dB(W/m^2.MHz)}$$

決議169マスクは、日本の5G保護に必要なレベルと比べ、$\theta$ = 0°に対し、27 dB、2°に対して15 dB厳しい。この余剰なマージンは、国内では緩和可能。



RESTRICTED

# 3.d) 主な検討事項および実施ステップ – VI

## Steps 5 、6: マスク案から周波数共用・両立性検討へ

$$pfd \le M_{J1}(\theta) \le pfd_{\text{prot}}(\theta) \quad \Longrightarrow \quad \frac{I}{N} \le -6 \text{ dB}$$

このマスクは、あらゆる場所・時点のすべての受信機に対してI/Nの上限を定めるものであり、これが保証される保護レベルとなる。

$$\frac{I}{N} = -6 - \Delta_{\text{mask}} - \Delta_{\text{terminal}} - \Delta_{\text{gain}} - L_{\text{pol}} - L_{\text{clutter}}$$

実際に生じるI/Nは、以下のマージンによりさらに低くなる：
PFD許容値に対するマスクのマージン、マスクに対する端末のマージン、5Gビームが航空機方向を向かないこと、偏波損失、クラッタ損失。

| 課題 | Viasat の検討結果 |
|---|---|
| マスク案 (J1) が保護基準を満たす高度（Resolution 169マスク : 4.0 km) | 3.2 km |
| 最悪条件（アンテナ正対）: $I/N \le -6$ dB from 移動局端末／基地局 | 3.1 km / 1.5 km |
| モンテカルロ解析：超過が生じない最低高度（移動局端末／基地局） | 2.25 km / 1.25 km |
| 緩和の限界 | 低高度および地上で5Gと同一チャネルを使用する場合、見通し内にある受信機では保護基準を超過する。 |

現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン



RESTRICTED

# 3.d) 主な検討事項および実施ステップ – VII

## M-ESIMに対しても同様の検討実施

| 課題 | A-ESIM | M-ESIM |
|---|---|---|
| **決議 169 の条件** | 地表面PFDマスク：高度3 kmで切替え | 低潮線から70 km、水平線方向で最大<br>24.44 dB(W/14 MHz) = 12.98 dB(W/MHz) |
| **マスクの由来** | CEPT マスク：固定業務保護を目的に策定 | 固定業務保護のため、短時間率の伝搬予測に基づき<br>ITU-Rで導出（ITU-R Report S.2464） |
| **国内向け検討内容** | 航空機からのPFDに対する日本の5Gの許容レベル | 水平線方向の制限値で送信する船舶が、日本の5G局でI/N＝－6 dBとなる距離 |
| **共用検討結果** | J1マスクは高度3.2 km以上で適合。低高度・地上では限界あり | 海上見通し：37.3 km（基地局）、5G局がクラッタ内の場合：数km |
| **検討の進め方** | 第一段階 | 次回の作業班会合に詳細な検討結果を提示予定 |

**Same reasoning: test the Resolution 169 condition against the Japanese stations it would protect**

# 4. 27.5～30 GHz帯における、A-ESIMおよびM-ESIM（地球から宇宙）と移動業務受信機の共用検討

# 4. 共用検討・解析の概要

- **目的：** 日本国内でJ1マスクを適用しないと仮定した共用シナリオについて、決定論的解析（最悪ケース）およびモンテカルロ解析を実施する。これらをベンチマークとして、J1を適用しない場合の干渉環境を示し、提案するJ1マスクによる保護効果を評価するための基準とする。
- **保護基準：** I/N＝－6 dB、すなわち5G受信機入力で－110 dBm/MHz（MICの5G技術条件に基づく）。
- **最悪ケース（決定論的解析）：** 航空機1機、アンテナ正対、自由空間伝搬を想定。保護基準を超過し得るかを評価。
- **モンテカルロ解析：** 航空機の飛行中、5Gのビーム方向およびユーザ位置をランダムに設定し、実際に生じるI/Nとその発生頻度を評価。結果はCDFで表示。
- **5G運用の保護：** 5G利用帯域（27.5～28.45 GHzおよび29.1～29.5 GHz）では、提案するJ1マスクを満足しない運用は想定しない。J1マスクを適用することで、解析したすべての運用条件において採用した保護基準を満足し、日本国内の5G受信機を保護する。

| 入力 | 方法 | 結果 |
|---|---|---|
| 日本を対象とするITU申請資料<br>Viasatの運用値<br>日本の5Gパラメータ<br>日本の無線局データベース<br>航空会社の路線および空港 | ITU-R勧告：<br>P.525, P.676 , P.2108, P.2109,<br>M.2101 , M.2134, S.524,<br>機体損失：S.2158<br>評価手法：S.1855 | 飛行高度別の最悪ケース<br>モンテカルロ：I/NのCDF<br>地上：距離<br>pfdマスクに対するマージン |



RESTRICTED

# 4. パラメーターおよび検討の前提

| 項目 | 使用値 |
|---|---|
| **5G基地局** | 8×8アレー、23 dBi、フィーダ損失3 dB、雑音指数10 dB、高さ6 m（15 mも使用）、下向きチルト10°、－3°～－60°のビーム、Rec. ITU-R M.2101のアンテナモデル |
| **5Gユーザー端末** | 20 dBi（8×4アレーとしてモデル化）、人体損失4 dB、雑音指数10 dB、高さ1.5 m |
| **保護基準** | －110 dBm/MHz (I/N = －6 dB) |
| **航空ESIM** | • 端末の送信パラメータ：40.5 dBi、13 dBW、40 Mbaud搬送波（軸上37.5 dBW/MHz）、Rec. ITU-R S.1855の基準アンテナパターン。<br>• Rec. ITU-R S.524-9の値およびITU申請値を用いた評価も実施 |
| **衛星方向** | 最悪ケースを含むよう、申請軌道位置において日本上空で観測される仰角12°未満～　58°の範囲 |
| **伝搬** | 自由空間（P.525-5）、気体（P.676-13）、機体減衰（Rec. ITU-R S.2158）。一部のケースではクラッタ（P.2108-1）および建物侵入損失（P.2109-2、20.1 dB）も考慮 |
| **送信** | 連続送信（Duty cycle 100%）、航空機1機。 |
| **周波数** | 飛行中：28.0 GHz。地上の航空機は29.3 GHz |

*出典：情報通信審議会の5G技術条件に関する報告書（2018年）、MIC令和3年度調査、Rec. ITU-R M.2134-0、文書4A/885。*

**情報通信審議会が使用する5Gパラメータおよび基準。最悪条件ではクラッタなし、アンテナ水平面方向で正対**

# 4. A-ESIM 最悪ケース探索手順

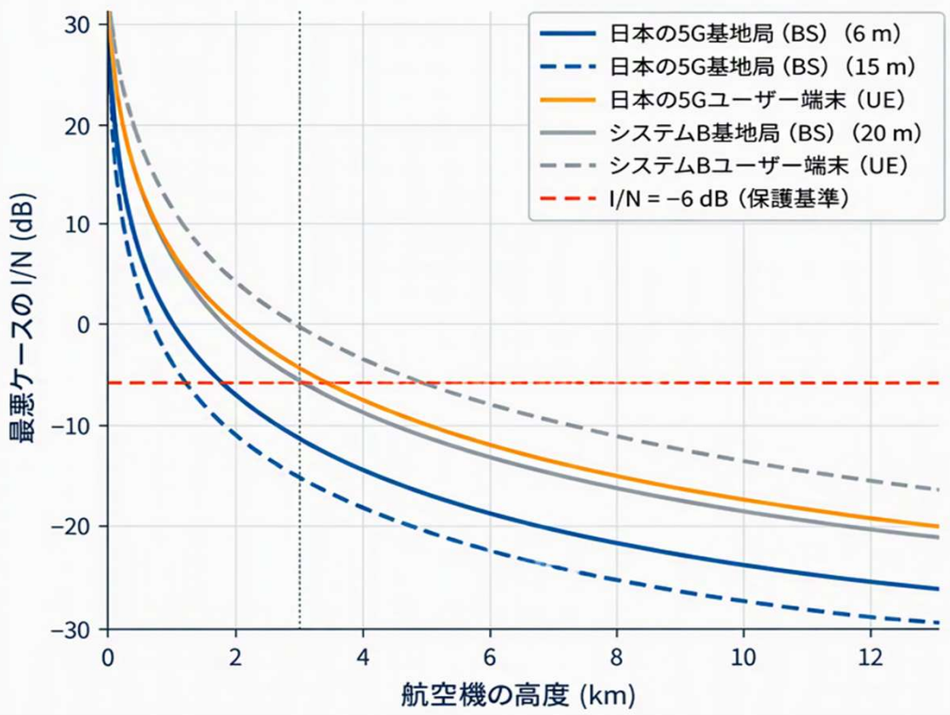
**高度 $h_a$、主ビーム仰角 ε の1機の航空機について：**

1. **各到来角 θ**（0～2°：0.05°刻み、2～20°：0.1°刻み、20～90°：0.5°刻み）について、**地上距離 d(θ)、斜距離 r、角度 γ**を算出
2. **衛星方位に対する受信機の各方位角オフセット Δ**（0°、5°、10°、15°、20°、30°、45°、60°、90°、135°、180°）について、**e.i.r.p.密度、およびPFD**を算出
3. 各方位角で得られたPFDの**最大値をPFD包絡線**として採用
4. **マスク M(θ)に対するマージン**：全到来角における差の最小値を算出（地表面PFD）
5. **最悪条件のI/N**：各 θ に対し、基地局は**ビーム利得包絡線 $G_{env}(θ)$**、ユーザ端末（UE）は**最大利得**を適用（受信アンテナ高におけるPFD）
6. 高度：0.05～1 km（0.05 km刻み）、1～6 km（0.1 km刻み）、6～14 km（0.25 km刻み）で計算を繰り返す。マージンが0以上を維持する最も低い高度グリッドを最低適合高度とする。

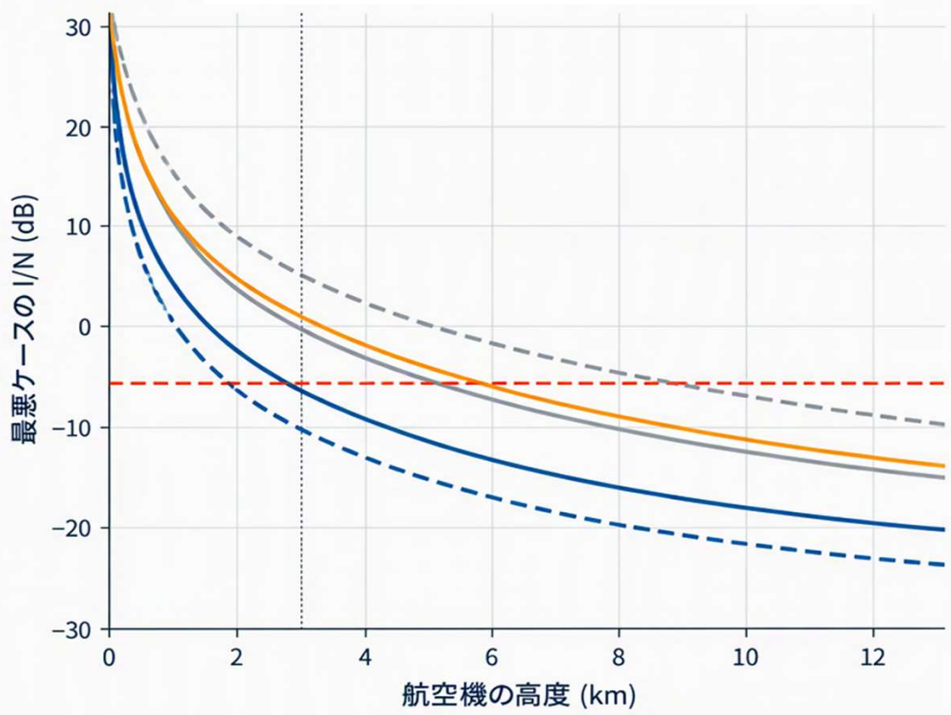
# 4. A-ESIM運用の最悪ケース分析

- 5G受信機と航空機1機が水平角方向で正対、自由空間伝搬を想定した決定論的な最悪ケース評価

GM-40, 40MHz 幅キャリア（免許値および Rec. S.1855による基準パターン）



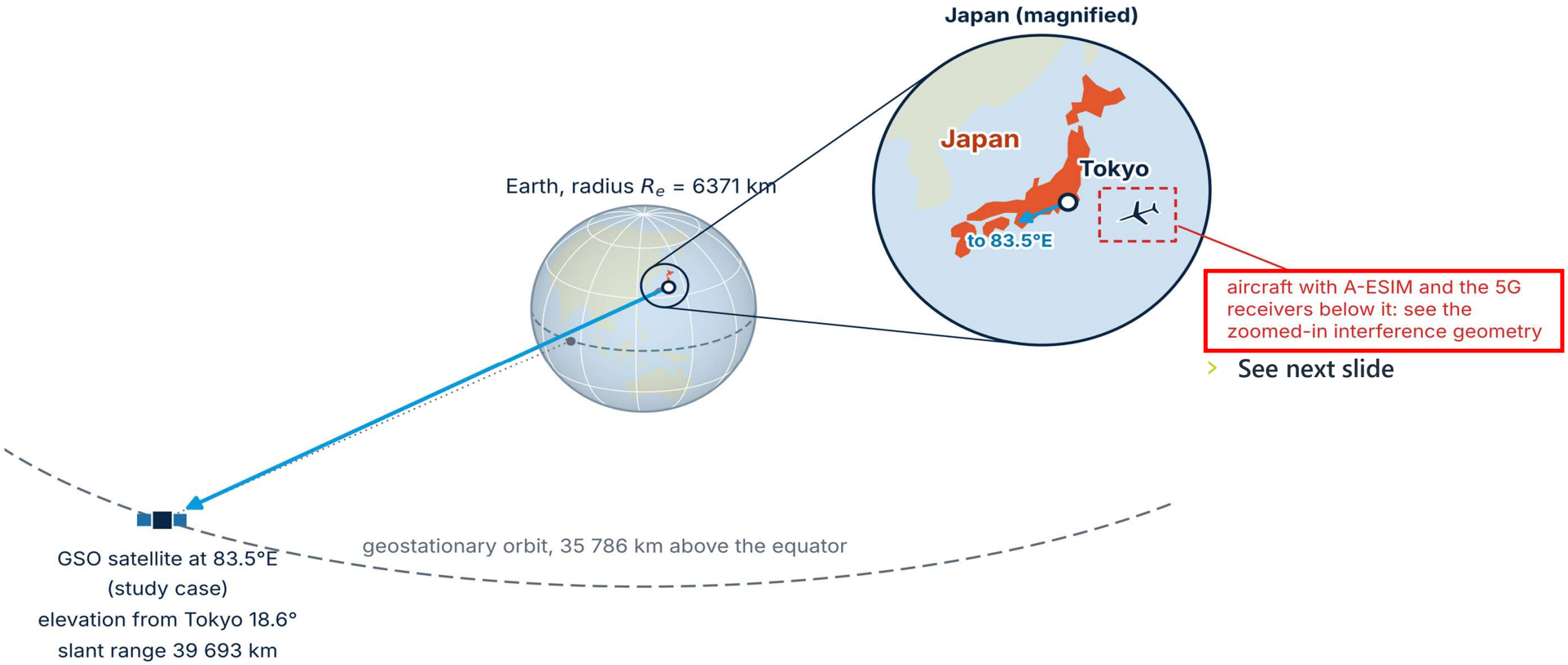

モデルM：S.524-9による許容軸外e.i.r.p密度の値




現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン

**Viasat端末：3.1 km（ユーザー端末）および1.5 km（基地局）以上でI/N ≤ −6 dBの基準を満足**

# 4. A-ESIM 共用検討に用いたシナリオ（Monte Carlo）

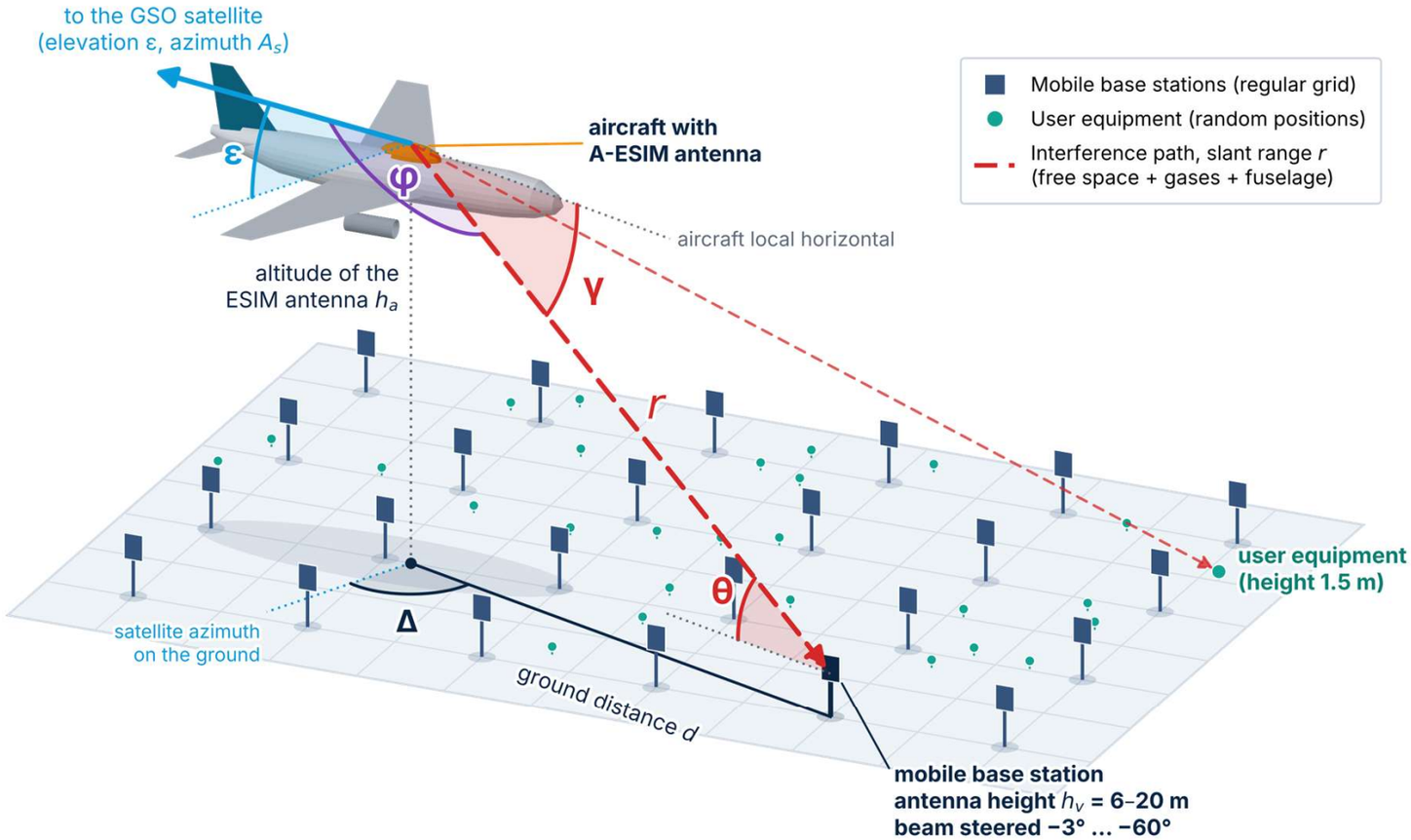



*Earth and geostationary orbit drawn to scale. Aircraft symbol not to scale. Coastlines are simplified.*



RESTRICTED

# 4. A-ESIM 共用検討に用いたシナリオ（Monte Carlo）




*Schematic, not to scale*

φ off-axis angle at the ESIM antenna, between the satellite direction and the receiver → e.i.r.p. radiated towards the receiver

γ angle of the path below the aircraft's local horizontal → fuselage attenuation

θ angle of arrival above the horizon at the receiver → pfd mask value and 5G antenna gain

Δ azimuth of the receiver from the satellite azimuth, seen from the aircraft: $\cos\varphi = \cos\varepsilon \cdot \cos\gamma \cdot \cos\Delta - \sin\varepsilon \cdot \sin\gamma$

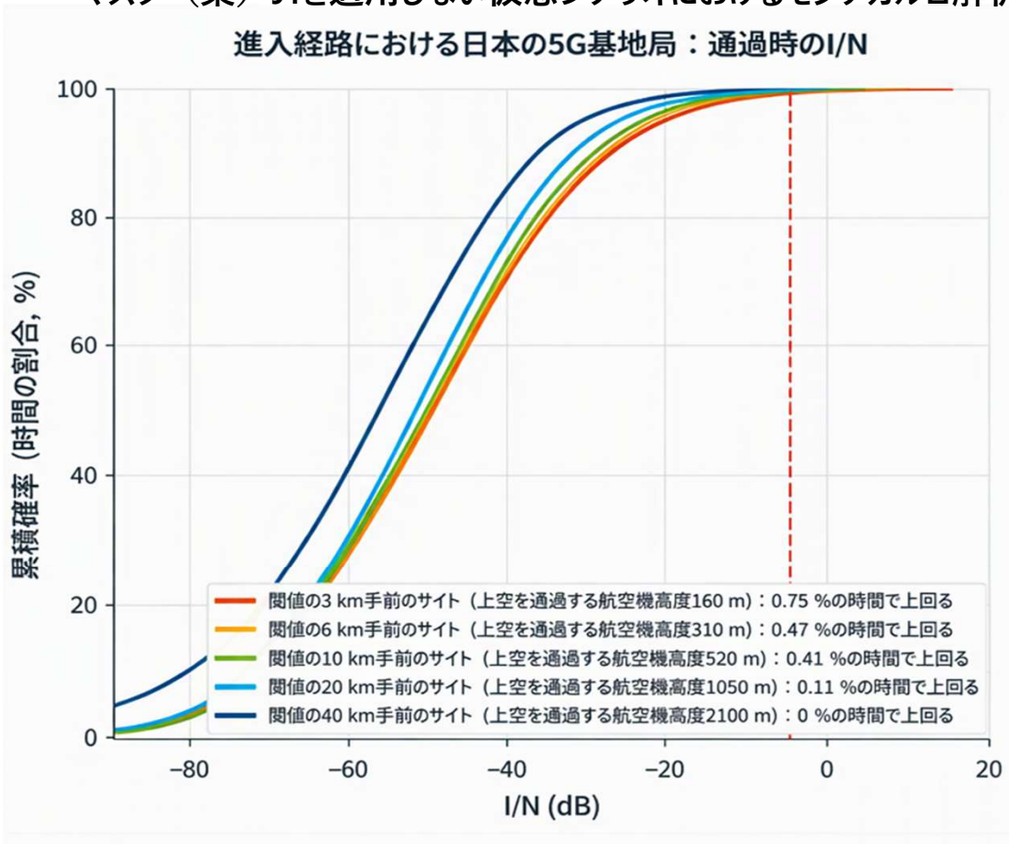
The study uses a spherical Earth ($R_e$ = 6371 km): $\gamma = \theta + \psi$ with $\psi = d / R_e$. On this flat sketch γ and θ look equal.

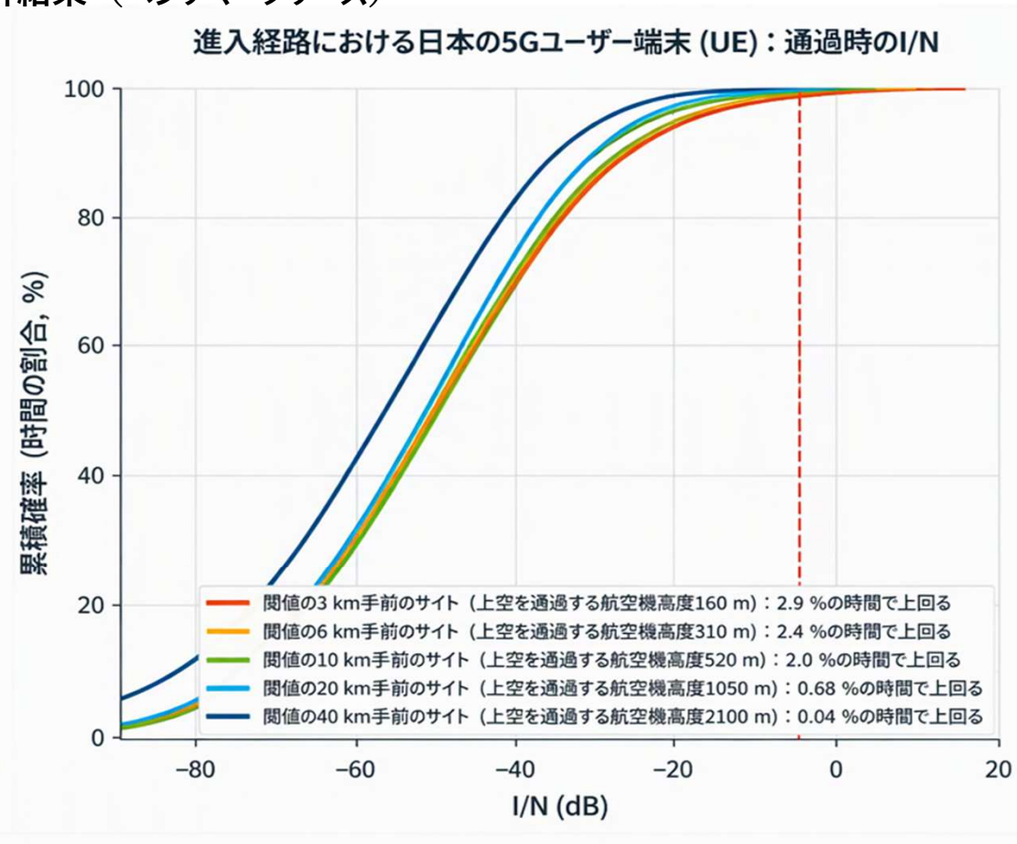
Viasat

RESTRICTED

# 4. 進入時におけるA-ESIM起因のI/NのCDF

- マスク（案）J1を適用しない仮想シナリオにおけるモンテカルロ解析結果（ベンチマークケース）



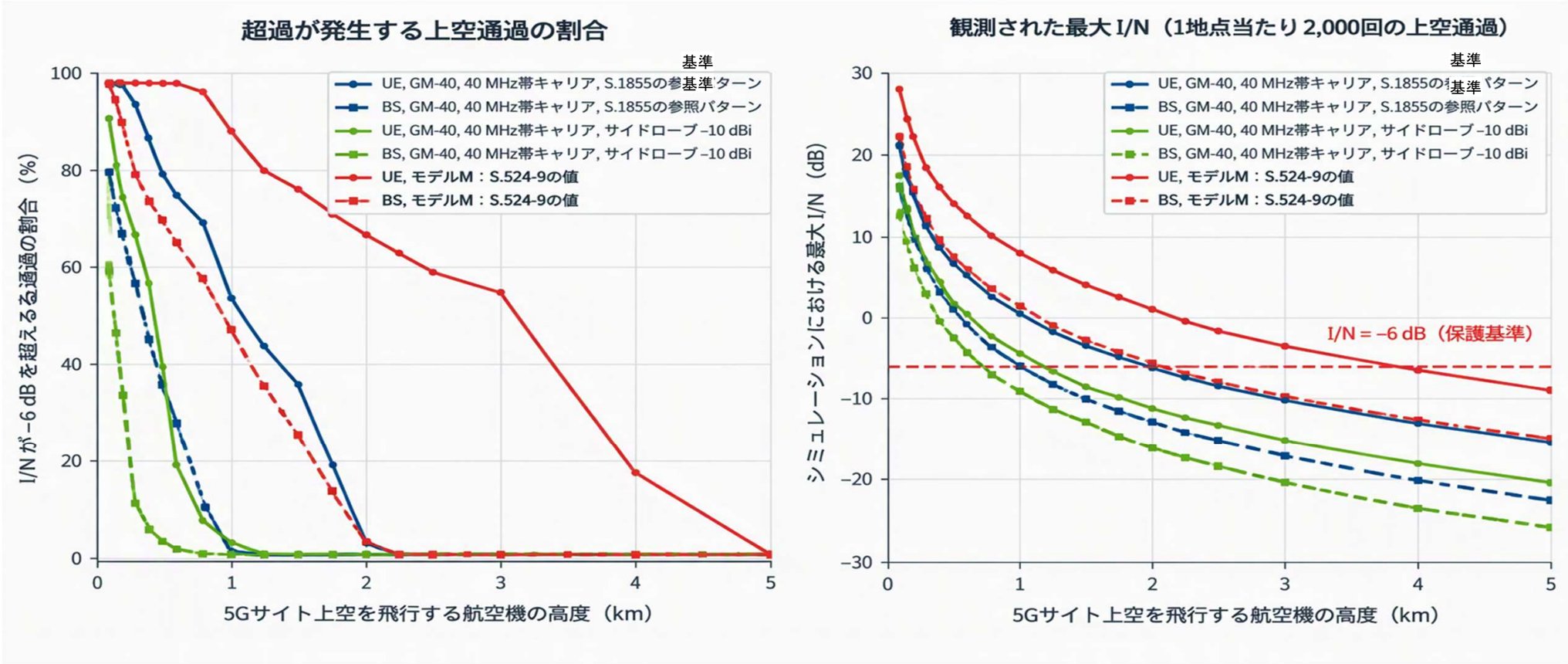




現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン

**滑走路から20 km以内の見通し内サイト：通過時間のうち、基地局では0.1～0.8%、ユーザー端末では0.7～2.9%でI/Nが－6 dBを超える**

# 4. 5Gと同一チャネルで、A-ESIMの送信が可能な最低高度

- マスク（案）J1を適用しない仮想シナリオにおけるモンテカルロ解析結果（ベンチマークケース）



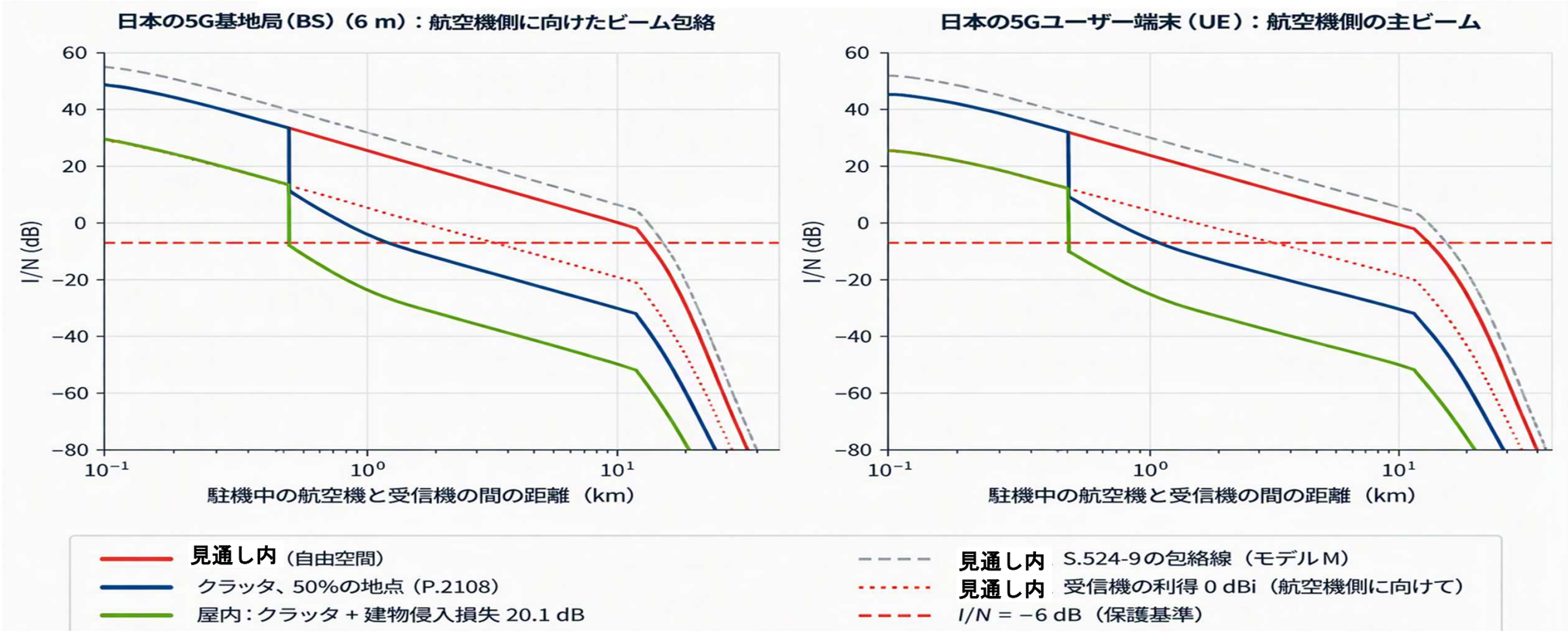

現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン

2.25 km（ユーザー端末）および1.25 km（基地局）以上では超過は確認されなかった。2.0 kmでは、ユーザー端末が－6 dBを超える時間は0.01%未満

# 4 .最悪ケースにおけるI/Nと地上距離の関係

- マスク（案）J1を適用しない仮想シナリオ：5G保護に必要な離隔距離を算定するための、駐機スポットでの最悪ケース評価

**機体が地上にあり、GM-40、40 MBd, 衛星仰角18.6°、5G受信機は衛星の方位角方向と一致、偏波損失 0 dB**

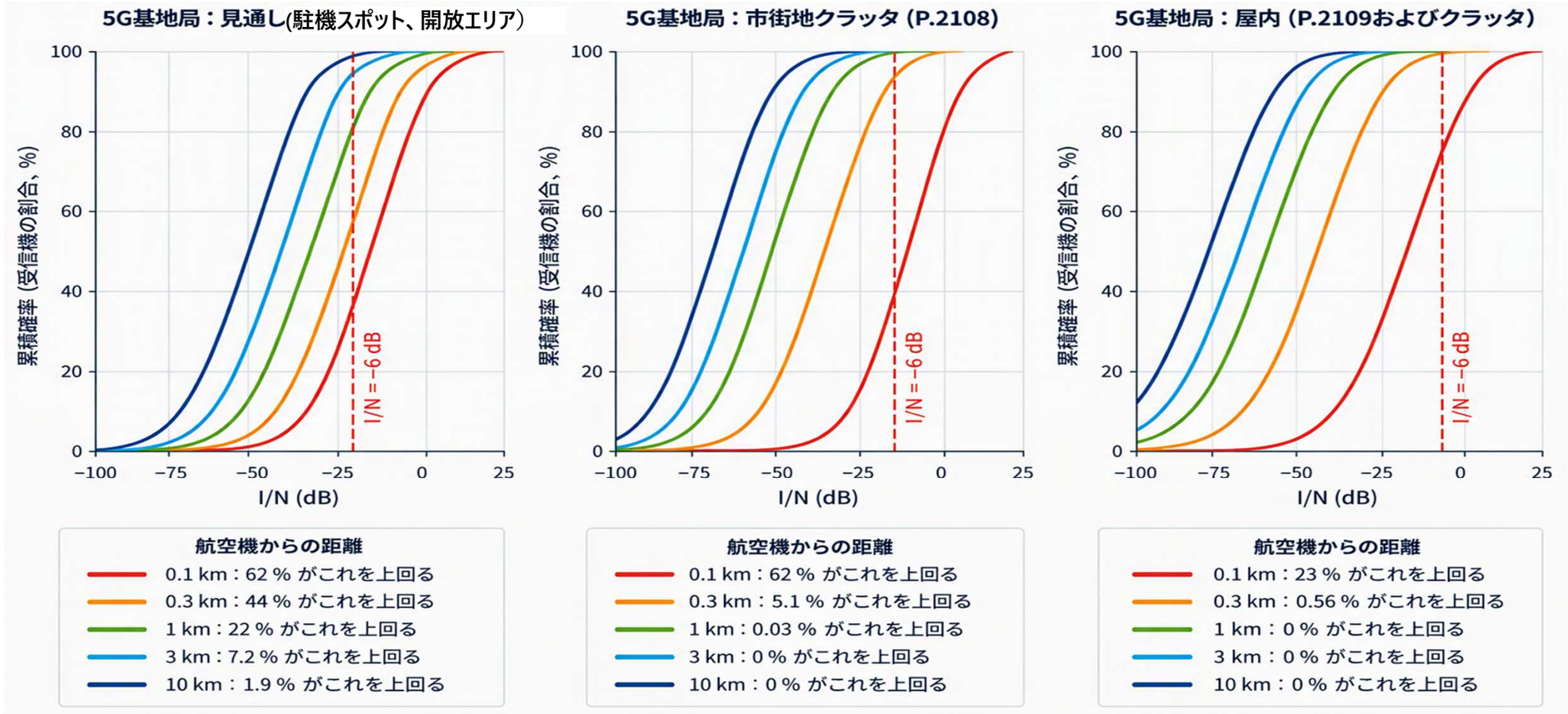



現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン

**アンテナが正対かつ見通し内の場合、17 kmまで基準を超過（電波見通し距離21 km）。クラッタ環境では約0.8 kmまで**

# 4. 移動基地局におけるI/Nの累積分布（CDF）

- マスク（案）J1を適用しない仮想シナリオにおけるモンテカルロ解析結果（ベンチマークケース）

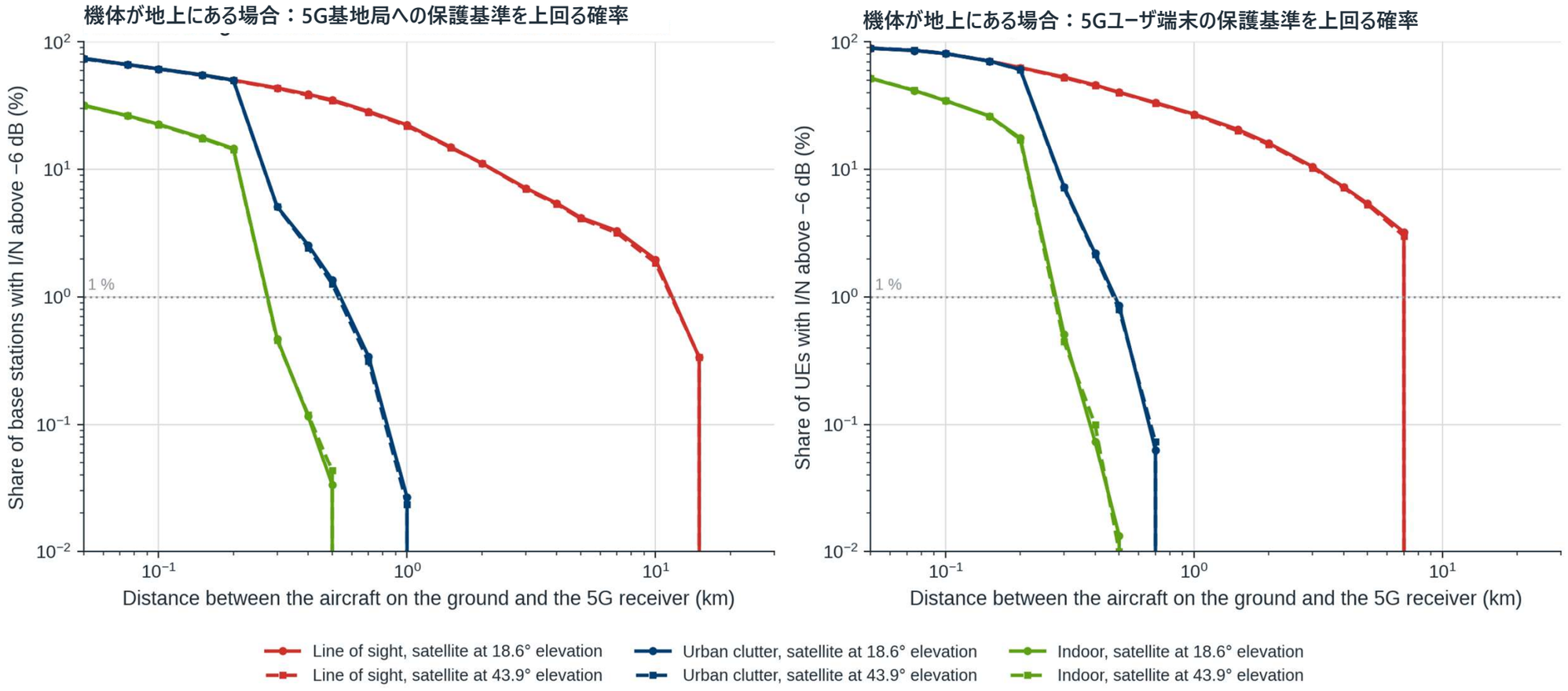



現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン

**見通し内：100 mで基地局の62%、1 kmで22%が基準を超過。クラッタ環境：300 mで5.1%、1 kmで0.03%**

# 4. A-ESIMに必要な移動業務受信機との離隔距離

- マスク（案）J1を適用しない仮想シナリオ（ベンチマークケース）：駐機スポットにおける所要離隔距離




現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン

**I/N > －6 dBとなる受信機は最大1%：見通し内 15 km以遠、都市クラッタ 0.7 km以遠、屋内 0.3 km以遠**

# 4. 同一チャネル5Gへの共用検討結果（飛行フェーズ別）

| 飛行フェーズ | 最悪条件（アンテナ正対） | 統計的結果（モンテカルロ） | 保護対象5Gサブバンドに関する結論 |
|---|---|---|---|
| **高度10～12 kmで巡航** | $I/N$ −17 dB (ユーザー端末),<br>−24 dB（基地局） | 最大 $I/N$ −23 dB | 保護基準を大きなマージンで満足 |
| **高度3.2 km超での上昇・降下** | $I/N \leq -6$ dB | 超過時間0% | 保護基準を満足 |
| **高度2.25～3.2 km** | 基準を最大3 dB超過 | 2,000回の上空通過で超過なし | 確認されず<br>（閾値を越えるため運用せず） |
| **高度2.0～2.25 km** | 最大4 dB超過 | 時間の0.01%未満、ユーザー端末のみ | まれかつ短時間（最大2秒）<br>（運用せず） |
| **高度2.0 km未満** | 100 mで最大31 dB超過 | 進入の最後の10 kmにおいて、ユーザー端末で時間率2.0～2.9%で超過 | 保護基準を満足せず<br>（運用せず） |
| **駐機スポットおよび地上走行** | 見通し内で超過 | 15 km（見通し内）、0.7 km（クラッタ）を超える範囲では受信機の1%以下 | 5Gセルの位置に依存 |

現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン

**3.2 km超では最悪条件でも基準を満足する。低高度および地上では5G保護基準を満足できないため、5Gと同一サブバンドの使用を回避。**

# 4. 日本国内のA-ESIM／M-ESIM運用における決議169 PFD制限の緩和可能性

| 検討事項 | 結果 | 技術的裏付け |
|---|---|---|
| **日本国内でPFDマスクを緩和できるか？** | 可能：決議169マスクに代えて、J1マスク min(－109.3 + 0.75θ, －106) dB(W/(m²·MHz)) を適用 | 決議169のマスクは、日本の5G受信機でI/N＝－6 dBとなるPFDに対し、水平線方向で27 dB、2°で15 dB、一定値領域で2.4 dB低い。J1マスクは、27.5～29.5 GHzの全周波数・全到来角でこのPFDを下回る（最低マージン0.15 dB）。条件はアンテナはアジマス方向で正対、クラッタ損失・偏波損失なし、大気損失無し、衛星仰角＞10°。 |
| **一律3 kmの高度閾値は必要か？** | 不要：各端末は、そのPFDがマスクを満足する高度から送信 | 地表面でのPFD制限には、高度、送信電力、アンテナ特性が既に反映される。Viasat端末は、J1を40 MBdで高度3.2 km、80 MBdで2.3 km以上で満足。決議169では4.0 km以上（札幌付近では4.6 km）。 |
| **5Gと同一チャネルで、低高度・地上までさらに緩和できるか？** | 不可：PFDマスクによる緩和は不可 | 最悪条件では、I/Nは高度2 kmで基準を3.8 dB、高度0.3 kmで20.9 dB超過。モンテカルロ解析では、高度2.25 km以上で超過なし、1 kmで超過時間率0.2%、進入最後の20 kmでは0.7～2.9%超過（ユーザ端末）。ゲートでは、影響を受ける受信機が最大1%となる離隔距離は、見通し内15 km、クラッタ環境 0.7 km、屋内 0.3 km。 |
| **28.45～29.1 GHz帯にPFD制限は必要か？** | 不要：全高度および地上で運用可能 | 保護対象となる移動業務受信機はない。ローカル5GはFSS地球局からの保護を要求できない（J289。本帯域は高密度FSS用に特定：J269）。日本では、この帯域に8局のローカル5G基地局が搬送波を有する一方、27.5～29.5 GHzに免許された固定局は0局。 |
| **変更されない条件は何か？** | 隣国に対しては決議169を適用。27.5～29.5 GHz帯は変更なし | 附属書3は他国主管庁の地上業務を保護するもの。領土内でより高いPFDレベルを認める合意は、他国に影響を及ぼしてはならない（further resolves）。 |
| **結論を左右する要因は何か？** | マスクは5G受信機条件、適用高度は端末特性に依存 | J1は、日本の5GパラメータであるN、G_rx(θ)、L_rxから導出。高度3.2 kmはITU-R S.1855の参照アンテナパターンによる値である。 |

**現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン**

可能：日本国内ではJ1マスクを適用。一律3 kmの高度閾値は設けず、Viasat端末では3.2 kmまで。5G同一チャネルでは、それ未満への適用は不可。

# 5. Viasat社の提案と、今後の進め方

# 5.a) Viasatの提案

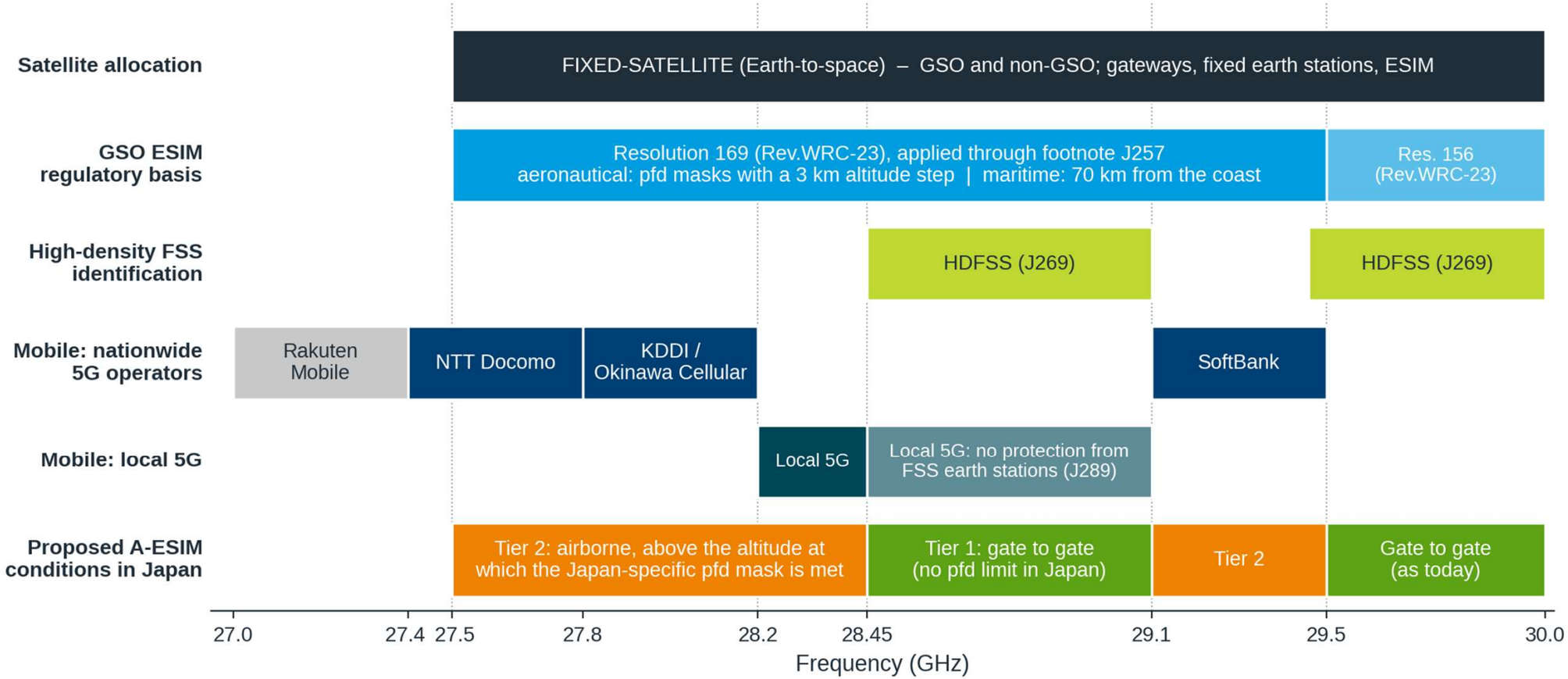
- Viasat端末（40 MBd）の最悪条件におけるJ1適合性解析から導出した高度閾値）

| | 27.5～28.45 GHz<br>5G: NTT DOCOMO、KDDI、ローカル5G | 28.45～29.1 GHz<br>高密度FSS,<br>ローカル5G（保護なし:J289） | 29.1～29.5 GHz<br>5G:SoftBank | 29.5～30.0 GHz<br>既存のESIM帯域 |
|---|---|---|---|---|
| 高度3.2 km以上：<br>上昇、巡航、降下 | 送信：マスク案J1を満たす<br>最悪条件のI/N ≤ −6 dB | ESIM 送信 | 送信：マスク案J1を満たす<br>最悪条件のI/N ≤ −6 dB | ESIM 送信 |
| 高度 3.2 km 未満： | 5Gと同一チャネルでの送信無し | ESIM 送信 | 5Gと同一チャネルでの送信無し | ESIM 送信<br>(既存の許可条件) |

注：高度値は、40 MBd搬送波を含む本検討の端末・運用条件に基づく最悪条件でのJ1適合性評価から導出した最低適合高度である。端末仕様、搬送波帯域幅、アンテナ特性、衛星仰角等により、適合高度は異なる場合がある。

**ゲート・ツー・ゲートサービス では高度3.2 km未満で 保護対象 5G バンドを使用しない。**

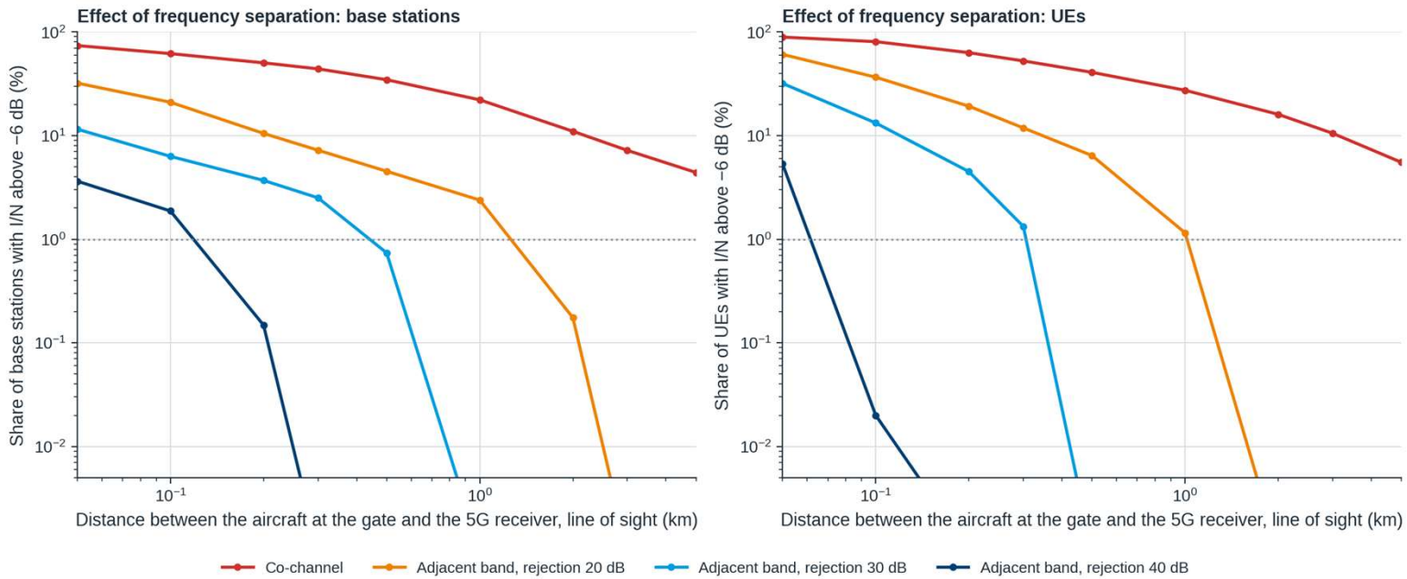
# 5.a) Viasatの提案における周波数帯計画




**地上：28.45～29.1 GHzおよび29.5～30.0 GHz；3.2 km超：27.5～30.0 GHz全帯域**

# 5.a) 28.45～29.1 GHz 帯の隣接帯域について

- 現在、29.5～30.0 GHzのESIM搬送波は、SoftBankの周波数ブロック（29.1～29.5 GHz）に隣接してゲート・ツー・ゲートで運用されている。今回の提案により、29.1 GHzおよび28.45 GHzでも同様の状況となる。
- ゲートから見通し内300 mの基地局の場合、ESIM搬送波と5Gチャネル間の離調による減衰量に応じて、保護基準を超過する割合は、20 dB：7.2%、30 dB：2.5%、40 dB：なし。
- この減衰量は、端末の帯域外放射マスクと5G受信機の選択度を合わせたもの。Viasatから実測の放射マスクを提示予定。




**29.5 GHzでは5G隣接帯域での運用実績あり。実測放射マスクが本検討を補完する。**

# 5.a) Viasat の提案における周波数帯計画

| 番号［#］ | 技術条件 | 根拠 |
|---|---|---|
| 1 | 29.5～30.0 GHz：変更なし | 2017年の技術条件；決議156 |
| 2 | 28.45～29.1 GHz：A-ESIMは全高度および地上で送信可能；軸外e.i.r.p.密度はRec. ITU-R S.524-9の範囲内。 | 脚注J269およびJ289 |
| 3 | 27.5～28.45 GHzおよび29.1～29.5 GHz、A-ESIM：全高度において、日本領土内のPFDは提案マスクJ1を超えないこと。 | アンテナが整合した状態で5G基地局およびユーザー端末を保護 |
| 4 | 地上および条件3を満たす高度未満では、関係する移動業務免許人との合意がない限り送信を行わない。 | 地上評価 |
| 5 | 実測アンテナパターンおよび免許上のe.i.r.p.密度に基づき、機体減衰および大気吸収を考慮した計算により適合性を確認する。 | Rec. ITU-R S.2158の方法 |
| 6 | ネットワーク制御センターは、航空機の位置および高度に応じて利用可能な周波数を制御し、制御用搬送波が途絶した場合には送信を停止する。 | 決議169、決議事項5.2；2017年の条件 |
| 7 | 近隣国に対して：決議169（WRC-23改訂）附属書3を適用：変更なし。 | 脚注J257 |

# 5.a) Viasat提案の要点

| 番号［#］ | 提案 | 運用条件 |
|---|---|---|
| 1 | 現在策定中の技術条件において、GSO航空ESIMによる27.5～29.5 GHzの利用を可能とする。 | 日本で免許を受けた端末は、衛星および端末の設計仕様の範囲内で、27.5～30 GHzの全帯域を利用できる。 |
| 2 | ITU-Rが定める－110 dBm/MHzの保護基準および日本の5Gシステムの諸元に基づき、移動業務を保護する。[28.45～29.1 GHzを除く] | 5G技術条件および令和3年度調査と同じ根拠。 |
| 3 | 日本領土内では、決議169のマスクに代えて提案するマスクJ1を適用 | 各端末はマスクを満足する高度以上で送信可能。40 MBd搬送波を使用するViasat端末の場合、その高度は3.2 km。 |
| 4 | 現在の29.5～30.0 GHzと同様に、28.45～29.1 GHzで全高度および地上での運用を可能とする。 | 1.15 GHzの帯域（100 MHzチャネル11本）でゲート・ツー・ゲートのサービスを可能とする。 |
| 5 | J1マスクを満たさない高度において、および地上における5Gサブバンド：今後、関係する免許人間の合意に基づく運用を検討。[28.45～29.1 GHzを除く] | 調整距離は15 km（見通し内）、0.7 km（クラッタ）および0.3 km（屋内）。 |
| 6 | 実測アンテナパターンおよび免許上のe.i.r.p.密度に基づき適合性を確認し、ネットワーク制御センターによる制御で保護基準を確実に満足するよう管理。 | 航空機の位置および高度により利用周波数を制限。 |
| 7 | 近隣国に対しては決議169を維持。海事ESIMについても同じ検討の対象とする | 国境では脚注J257を引き続き適用。 |

**現行のViasat端末の免許値および、Rec. ITU-R S.1855のアンテナパターン**

**28.45～29.1 GHzおよび29.5～30.0 GHzでゲート・ツー・ゲートのサービス；3.2 km超では27.5～30 GHz全体を使用；－110 dBm/MHzの保護基準を満足させる。**