

- ・ Ka帯を用いた移動体向けブロードバンド衛星通信技術に関する検討（H27年度結果）
 - ・ Ka帯移動衛星通信システムの世界動向等

平成28年8月26日
KDDI株式会社

【背景・課題】

海上ブロードバンドのニーズの高まりに伴い、移動通信環境(船舶等)でも安定した高速大容量通信が求められているが、現在のサービス(L帯、Ku帯)では、最大1Mbps程度の通信速度であり、通信エリアも既存業務との共用のために陸上から125kmの離隔距離が必要である。

一方、次世代移動衛星システムとしてKa帯(20/30GHz帯)が世界的に注目されており、具体的なグローバルサービスが計画中であり、今後も更なる利用が計画されている。これを受けて、国際電気通信連合(ITU)においてもKa帯移動衛星通信システムの議論が行われている。

【成果目標】

移動体向け海上ブロードバンド衛星通信システムについて、Ka帯(20/30GHz)を有効利用するためのアンテナ技術等の机上検討、実証試験を行い、その結果を分析し、無線設備の技術的条件として取りまとめる。

これにより、通信速度10倍以上の高速通信サービスによる海上デジタル・ディバイドの解消と、高い周波数の利用を促進することによる衛星通信周波数のひっ迫の緩和を図る。

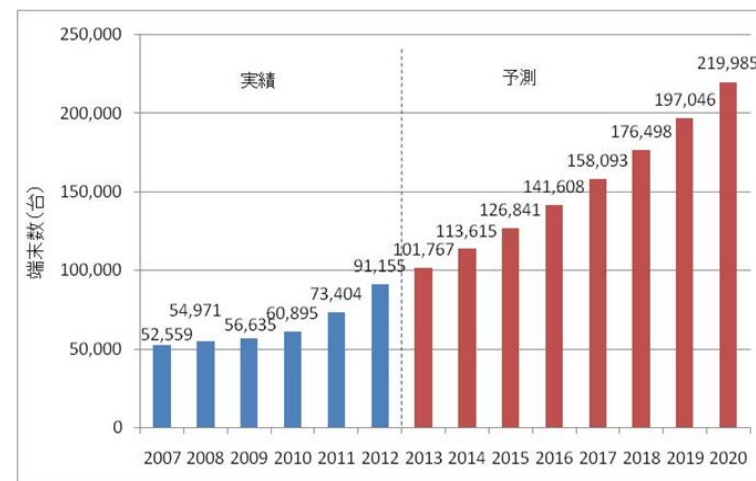


図: 2020年までの移動衛星通信システムの需要予測
(情報通信審議会 情報通信技術分科会 衛星通信システム委員会報告から抜粋。2007年～2012年の端末数は、イリジウム、N-STAR、インマルサット等の端末数の合計)

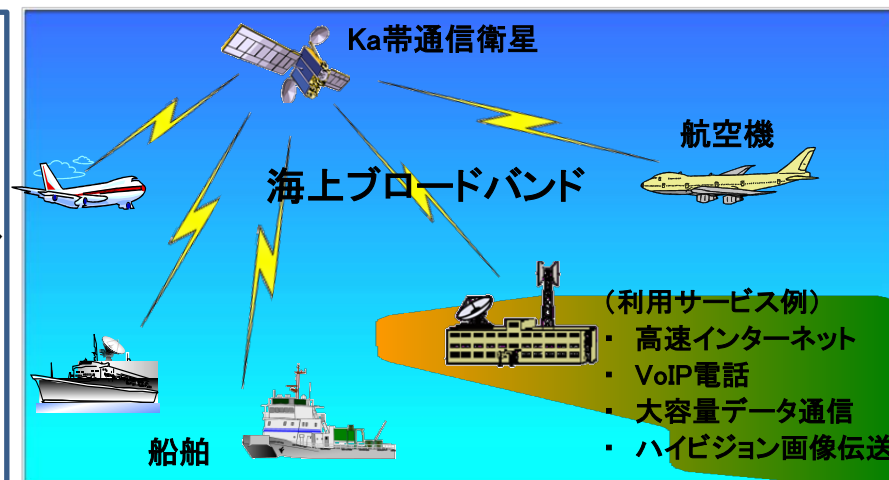


図: Ka帯を用いた海上ブロードバンドサービスのイメージ

H27年度の実施内容及び実施状況(1/2)

■H27年度の実施内容

Ka帯を用いた移動体向け海上ブロードバンド衛星通信システムの技術的条件検討のために、国際的な移動体向け衛星通信に関する動向、国内での海上通信システムの利用実態や活用方策、船舶の船体特性や運航条件等を調査分析し、海上ブロードバンド技術に必要な要件を整理する。

また、Ka帯は衛星通信用周波数の中で高速大容量のブロードバンドに適した周波数帯であるが、一方で従来の衛星通信用周波数よりも高くなるため、降雨減衰等の気象条件の影響を受けやすいなどの特徴がある。更に周波数が高い(すなわち波長が短い)ことにより、アンテナ形状、船舶動揺(船体の揺れ)への補償など装置に求められる条件も陸上とは異なる課題がある。

このため、Ka帯用装置に求められる条件について机上検討(シミュレーション評価)、実証試験を行い、その結果を評価・分析し、Ka帯を用いた移動体向け海上ブロードバンド衛星通信システムの技術的条件として取りまとめを行う。

実施内容	実施状況
1. 海上ブロードバンドに関する動向調査等 ■海上ブロードバンド通信に関する調査 ・利用実態・ニーズ ・国内外システムの技術的諸元等 ・既存Ka帯システムの変復調技術、通信方式等 ■制度等に関する調査 ・国内における制度(Ku帯を含む) ・国外における制度、周波数割当状況等 ・国際標準化機関における動向等	・船舶関係者(商船・漁船・客船)を対象に、通信速度・料金等の実態と次世代衛星通信システム導入へのニーズを調査し、とりまとめた。 ・国内外のKa帯衛星の諸元、Ka帯衛星向けアンテナ・通信機器の技術諸元を調査し、取りまとめた。 ・国際電気通信連合(ITU)の世界無線通信会議(WRC-15、平成27年11月開催)におけるKa帯移動衛星通信システムに関する議論の動向や審議結果をとりまとめた。 ・海外主管庁におけるKa帯移動衛星通信システムの制度化状況や国内における衛星通信システムの技術基準等の現状を比較検討し、当該システムに必要なパラメータ検討、制度化方向性(素案)、技術的条件項目(素案)を取りまとめた。

H27年度の実施内容及び実施状況(2/2)

実施内容	実施状況
2. Ka帯アンテナに対する要求条件等の検討 ■アンテナの技術的条件の検討 ・指向精度、追尾精度、軸外輻射等の検討 ・回線設計(小型アンテナ含む)の成立性検討 ■アンテナ形状の検討 ・パラボラ型、平面型(各々小型化含む等)の検討	・パラボラ型アンテナについては、直径60cm級の場合にITU-Rで定められる軸外輻射規定を満足することを確認した。 ・更に小型化アンテナ(直径40cm級)を机上検討し、主反射鏡と副反射鏡の関係で決まる遮蔽率を最適化することにより、指向性利得を高め、且つ軸外輻射を満足できることを確認した。 ・平面型アンテナ検討(全長70cm級)をシミュレーション並びに試作により行い、軸外輻射マスクを満足できることを確認した。
3. Ka帯電波伝搬に関するフィールド試験 ■Ka帯衛星からの受信レベルの測定(降雨影響の測定) ・衛星からの信号を連続測定し、降雨量との相関を分析 ■海上無線局からの受信レベルの測定(与干渉の有無の測定) ・Ka帯の海上電波伝搬試験を行い、Ka帯移動衛星通信システムが他無線システムに与える影響度合いを実測により分析	・当初予定のフィールド試験を実施し、Ka帯電波が降雨により一定程度影響を受けることを確認した。降雨量との相関を分析した結果、降雨減衰に関するITU-R勧告P.816と一定程度一致することを確認した。 ・海上電波伝搬では、気象条件により異常伝搬が発生し、伝搬ロスが小さくなる場合がある等、有効なデータが得られた。 ・両測定共に、H27年度のフィールド試験は冬期間の実施であり、他の季節は気象条件などが異なり電波伝搬条件が異なると予想されるため、H28年度も引き続き測定中。

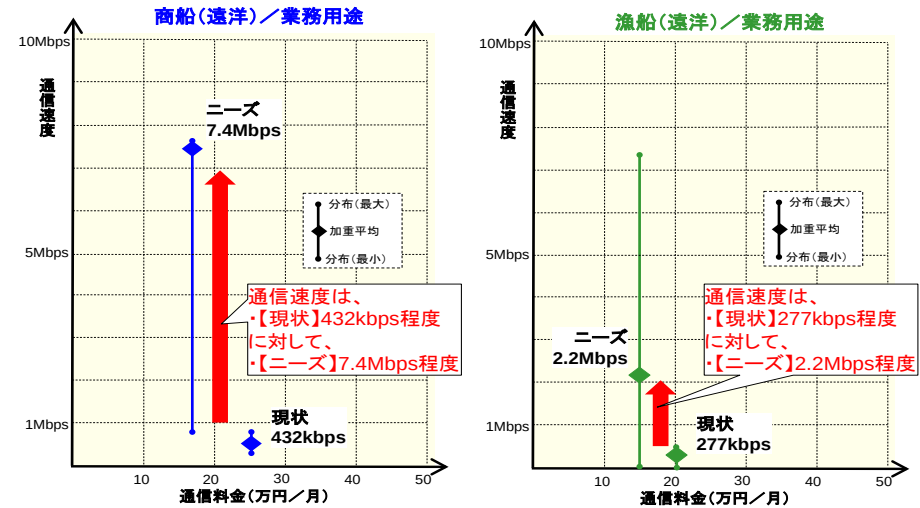
Ka帯移動衛星通信システムの世界動向等

海上ブロードバンド動向調査

■ 船舶関係者(商船・漁船・客船)を対象にヒアリングを実施

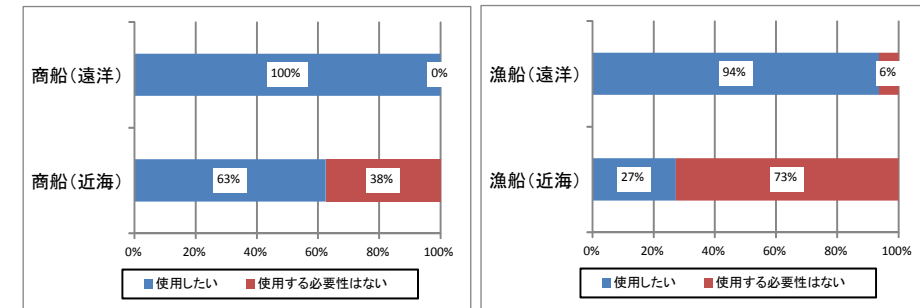
【通信速度・料金等の実態】

- 現状で数100kbps程度のサービスが利用されており、通信速度の高速化ニーズは高く、商船・旅客船が5～10Mbps程度への高速化を、漁船が2Mbps程度への高速化を希望している。
- 商船は、インターネット利用(検索等小容量、動画等大容量)及びデータ送受信(船舶情報)に対するニーズがある。また、一部の船主の中では、陸船間の動画(船橋・機関室・貨物モニタリング等)配信等、新たな大容量インターネット利用へのニーズが高まってきている。
- 通信品質については、CIR(Committed Information Rate; 確保回線速度)と通信レート変動についての意識・要望が高い。低速の場合にも通信品質の安定性を求める意見がある。



【次世代衛星通信システム導入へのニーズ】

- 現状で数100kbps程度のサービスが利用されており、通信速度の高速化ニーズは高く、商船・旅客船が5～10Mbps程度への高速化を、漁船が2Mbps程度への高速化を希望している。
- 5～数10Mbps程度の通信速度が可能となれば、現在支払っている料金より高い料金を支払ってもよいとする船種もある。



WRC-15におけるESOMPs関連議題と審議結果(1)

【背景】

もともと、ESOMPs関連はWRC-15議題に存在しない。
種々議論があり、最終的には議題9.2(RR適用上の矛盾及び困難)で扱うことになった。

議題9.2:

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

【審議結果: 名称】

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

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

WRC-15におけるESOMPs関連議題と審議結果(2)

【審議結果：周波数】

既存の地上系業務に有害な干渉を与えないこと、地上系業務からの保護を求めず、かつその発展に制約を与えないことを条件に、**第1～第3地域共通で上り29.5-30.0GHz / 下り19.7-20.2GHz**におけるESIMの運用を可能とすることで合意。詳細条件を記載した決議156を採択。ただし、ESIMのための新規分配ではなく、29.5-30.0GHz, 19.7-20.2GHzにおける固定衛星業務に関する新しい脚注5.527Aとして規定。

- 既存の脚注

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

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

- 新たな脚注

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

■ WRC-19議題1.5

- WRC-15において、第1～第3地域のKa帯ESIM利用が合意された。本議題は、固定衛星業務として更なるESIM適用帯域拡大(下り17.7-19.7GHz、上り27.5-29.5GHz)を検討するもの

WRC-15におけるESOMPs関連議題と審議結果(3)

決議156の内容

ESIMの運用条件等を規定。具体的な数値規定として、軸外輻射電力が定められた(既存ITU-RレポートS.2357からの引用)

⇒ 主管庁合意がある場合はその値を、無い場合はAnnex1(下記)を遵守

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

【一部抜粋】

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

(参考) インマルサットGXシステム

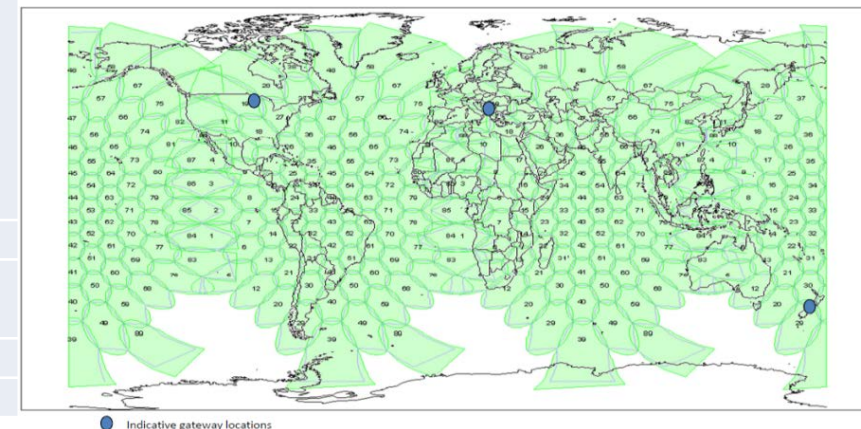
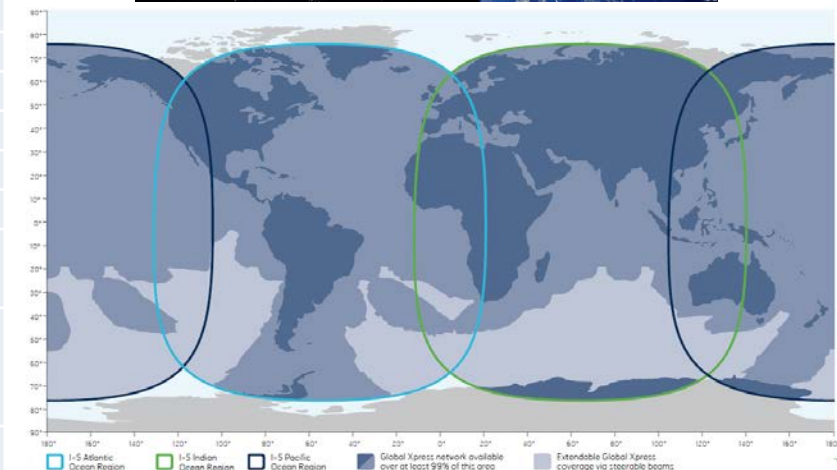
- Ka帯を用いた移動体向け衛星通信としては、以下のサービスが予定されている。
 - インマルサットでは、Ka帯を使用した高速通信サービスであるGlobal Xpressを国外では2016年から提供開始している。
 - 航空機向けにはGX Aviation、船舶向けにはFleet Xpressとしてサービス展開を予定しており、I-5衛星のKa帯リンクと、I-4衛星のL帯リンクとを組み合わせることとで高い稼働率を確保する。

サービス名	航空機向け: GX Aviation / 船舶向けFleet Xpress
概要	船舶および航空機向けに、世界99.9%の稼働率を誇る高速衛星通信サービスを提供
通信速度	(上り)最大5Mbps (下り)最大50Mbps
利用衛星	I-5 F1/F2/F3 および予備機1機
地球局	(船舶向け)60cmクラスアンテナ(国内メーカーでは、日本無線が製造) 100cmクラスアンテナ (航空機向け)74cm(l) x 44cm(w) x 14cm(h)等
サービス地域	極地を除く全球

(参考) インマルサットGXシステム

主要諸元とカバーエリアを示す。

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



アンテナ技術の検討

Ka帯電波伝搬に関するフィールド試験

Ka帯アンテナに対する要求条件等の検討

■ Ka帯移動衛星通信システムのアンテナに求められる技術検討を行った。

【パラボラ型アンテナの検討】

- 既存パラボラアンテナ(直径65cm級)に対する小型化検討(直径40cm級)をシミュレーションにより実施した。
- 主反射鏡と副反射鏡の関係で決まる遮蔽率の最適化を実施し、その結果、主反射鏡直径Dを450mm、副反射鏡の直径dを27mmとした際に指向性利得(ITU-R勧告S.580-6)を満足する検討結果が得られた。
- 上記では規格線とのマージンがないため、更に波源分布(アンテナ面上の電界分布)の最適化を進めた結果、最適化前に比べてマージン1.7dB増加(角度:15.5度付近)する結果が得られた。

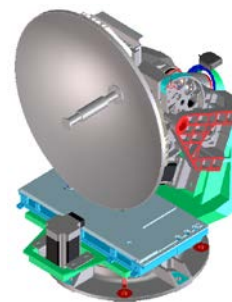


図: パラボラ型アンテナの検討モデル

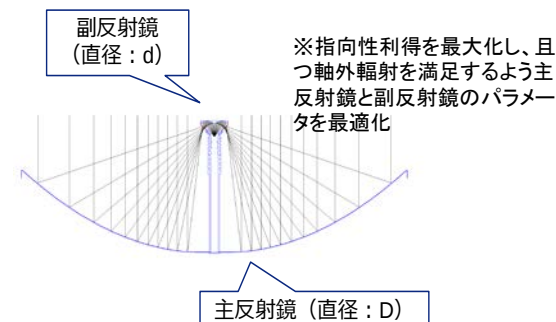


図: パラボラ型アンテナの小型化検討

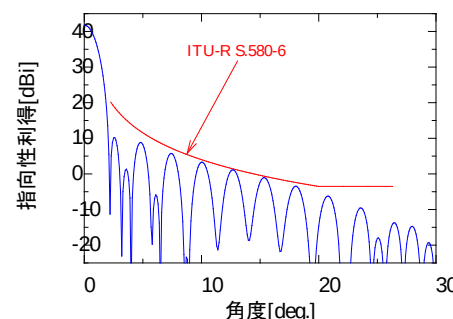


図: 遮蔽率最適化後のアンテナパターン(規格値を満足するがマージンが無い)

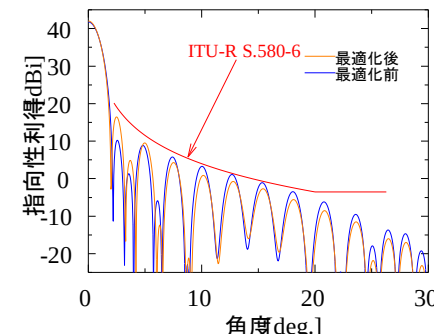


図: 波源分布最適化後のアンテナパターン(規格値とのマージンが1.7dB増加)

【平面型アンテナの検討】

- 全長70cm級の平面アンテナについて、シミュレーション並び試作を行った。
- アンテナパターン実測の結果、軸外輻射マスク規定(ITU-R勧告S.524)を満足していることを確認した。軸外輻射レベルの更なる低減は、引き続き実施していく。

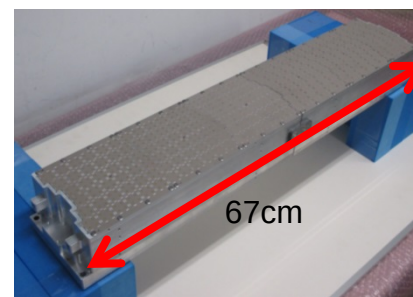


図: 試作した平面型アンテナ

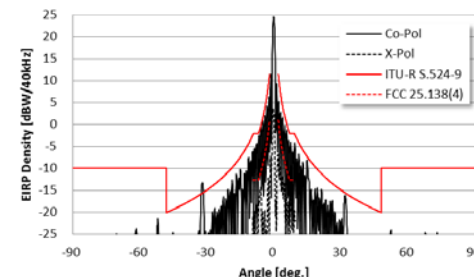


図: 実測したアンテナパターン(周波数:29.5GHz)と軸外輻射マスク

Ka帯電波伝搬に関するフィールド試験(1/3)

Ka帯固定衛星
Superbird-B2

ビーコン信号

試験①

試験②

送信

内陸：山口県山口市
(KDDI山口技術保守センター)

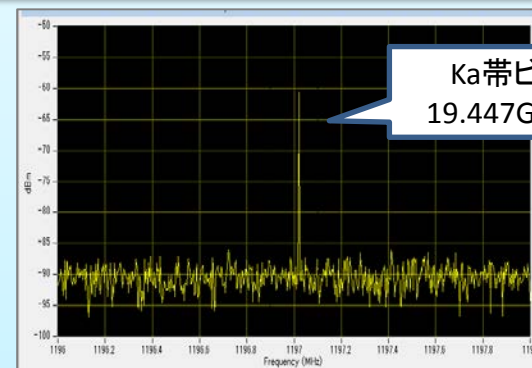
受信

離島：三宅島

海岸沿い：千葉県南房総市

図：フィールド試験構成図

試験①：Ka帯衛星からの受信レベルの測定
(降雨影響の測定)



図：Ka帯ビーコンの受信波形



図：ビーコン受信用アンテナ

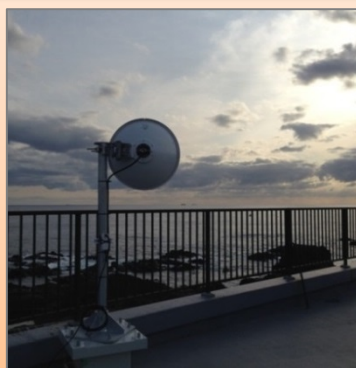


図：降雨量測定器

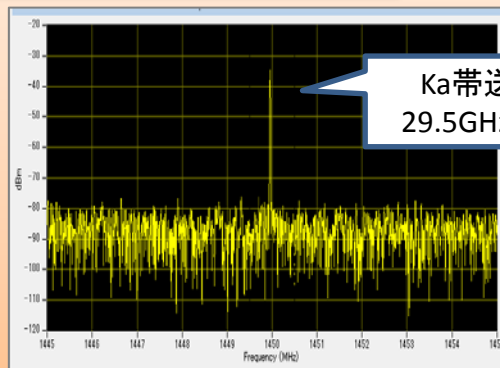
試験②：Ka帯衛星からの受信レベルの測定(与干渉有無の測定)



図：送信用アンテナ



図：受信用アンテナ



図：離島送信局からの受信信号

※1 LNB(発振周波数: 18.25GHz)で周波数変換後のため、波形は1197MHz

※2 LNB(発振周波数: 28.05GHz)で周波数変換後のため、波形は1450MHz

LNB: Low Noise Block down converter

Ka帯電波伝搬に関するフィールド試験(2/3)

試験①: Ka帯衛星からの受信レベルの測定(降雨影響の測定)

■ 実施内容

- ・ 気象条件の異なる3ヶ所(離島、海岸沿い、内陸)において、Ka帯衛星からのビーコン信号を連続測定し、降雨量と受信レベル(降雨減衰量)との相関を分析した。

■ 測定結果

- ・ Ka帯電波が降雨により一定程度の減衰を受けることを確認した(左下図)
- ・ 降雨量との相関を分析した結果、降雨減衰に関するITU-R勧告P.618と一定程度一致することを確認した(右下図)。これにより、Ka帯の回線設計における降雨マージンは勧告P.618に基づく設計が有効である見通しを得た。
- ・ H27年度のフィールド試験は冬期間の実施であり、他の季節は気象条件が異なり電波伝搬条件が異なると予想されるため、H28年度も継続して測定実施中である。

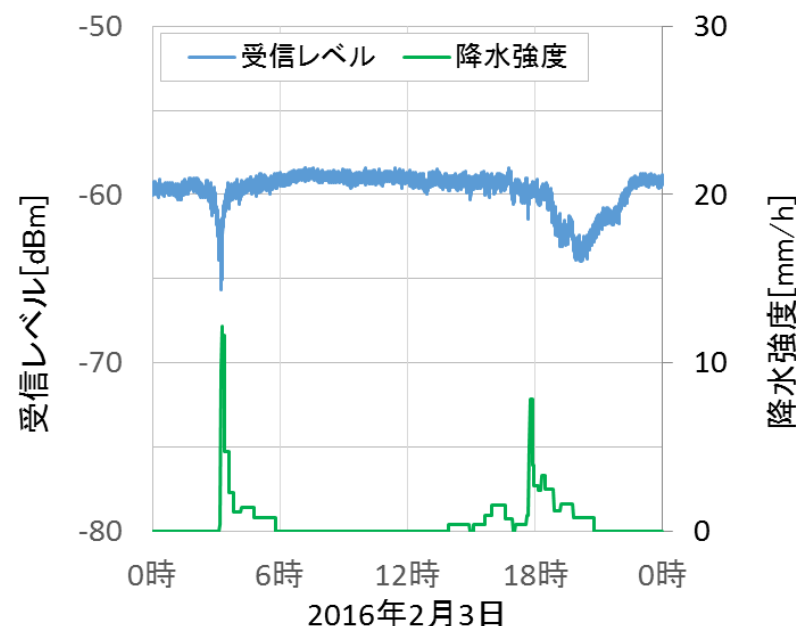


図: 雨の日における受信レベルの時間推移

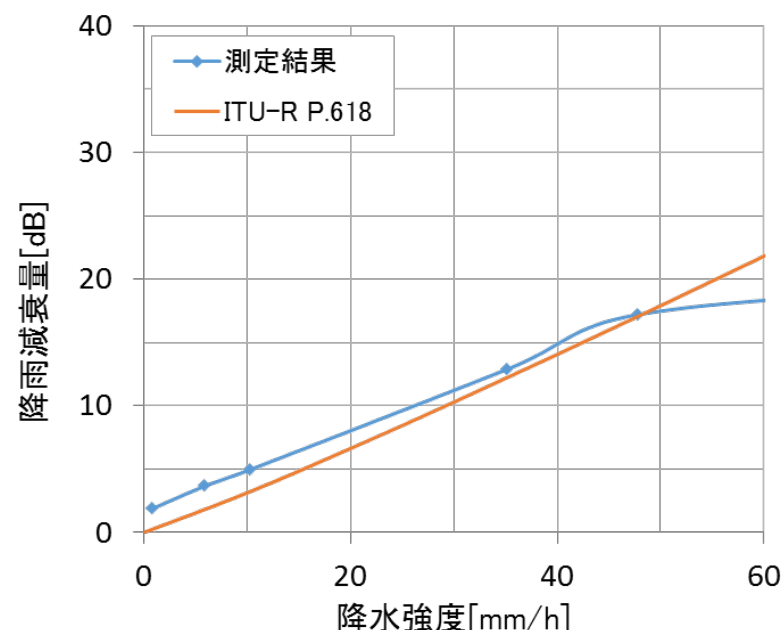


図: 降雨量と降雨減衰量の相関

Ka帯電波伝搬に関するフィールド試験(3/3)

試験②: Ka帯衛星からの受信レベルの測定(与干渉有無の測定)

■ 実施内容

- 離島(船舶に近い環境)に開設した無線局から送信されるKa帯電波の受信信号を、約100km離れた海岸沿いの受信局で連続測定し、受信レベルの時変動を観測した。(見通し距離: 約27km)

■ 測定結果

- 現在までの取得測定データでは、ごく短時間ではあるが、異常伝搬と思われる伝搬ロスの減少(受信レベルの上昇)が見られた(下図)
- H27年度のフィールド試験は冬期間の実施であり、他の季節は気象条件が異なり電波伝搬条件が異なると予想されるため、H28年度も継続して測定実施中である。
- これら年間を通じての実測結果をITU-R勧告の伝搬モデルと比較分析し、その上で、他無線システムへの与干渉有無をITU-R手法に基づき評価予定。

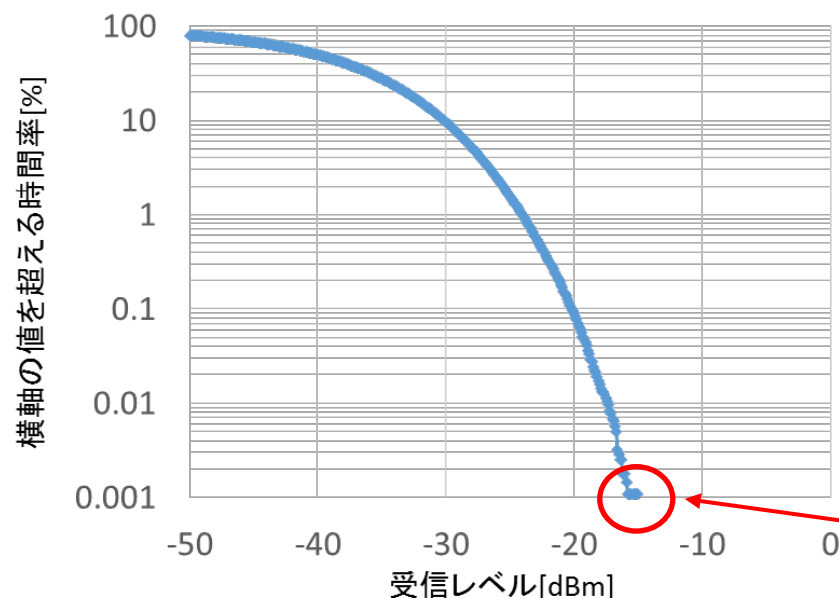


図: 海上伝搬したKa帯電波の受信信号レベル

(*) 与干渉量(共用条件)の評価

被干渉側の無線システムにおける最大許容干渉レベル(I_{max})は、 $I_{max} = (I/N) + \text{雑音電力(dBW)}$ で定められる。ここで(I/N)は干渉電力対雑音電力の許容値である。次に、共用条件は次式の通りであり、 $(\text{送信電力}) + (\text{送信アンテナ利得}) - (\text{伝搬損失}) + (\text{受信アンテナ利得}) < I_{max}$ を満たせば干渉は与えない。本式で用いる伝搬損失(干渉時間率に対する伝搬損失)はITU-R勧告を用いるが、その有効性について本電波伝搬を通して分析している。

※時間率についての補足

時間率とは、ある閾値を超える時間確率を表しており、他無線システムとの共用検討では、長時間干渉(時間率20%)と短時間干渉(0.001%)の値が用いられる。

左図において、時間率0.001%に該当する受信レベルは-15.0dBmであるが、これは-15.0dBmを超える受信レベルが測定期間の0.001%(1年間に換算すると5分程度)の確率で発生することを表している。

技術的条件策定に向けた調査検討

制度等に関する調査

【国内制度】

国内における衛星通信システムの制度^(※)の現状を分析し、Ka帯移動衛星通信システムに関する制度化の方向性を検討。

(※)オムニトラックス、オーブコム、N-STAR、イリジウム、スラヤ、インマルサット、ESV、ヘリサット、移動体SNG

○用途については、「個別の制度化」、「包括的な制度化」の2つの方向性を検討

○局種については、個別(携帯移動地球局／船舶地球局／航空機地球局)と包括的(携帯移動地球局)の2つの方向性を検討

【国外制度】

欧米におけるKa帯移動衛星通信システムの既存の技術基準を整理・分析。

(ETSI)

EN 303 978「Satellite Earth Stations and Systems (SES); Harmonized EN for Earth Stations on Mobile Platforms (ESOMP) 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」

EN 303 979「Satellite Earth Stations and Systems (SES); Harmonised EN for Earth Stations on Mobile Platforms (ESOMP) 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」

(CEPT)

ECC/DEC/(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」

(FCC)

FCC-Rule (CFR-47)

(ITU-R)

ITU-R Rec 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」

技術的条件(素案)

- 海外主管庁におけるKa帯移動衛星システムの制度化状況や国内における衛星通信システムの技術基準等の現状を比較検討し、当該システムの制度化方向性(素案)、技術的条件項目(素案)を取りまとめた。
- H28年度には、Ka帯アンテナ技術の検討結果、電波伝搬に関するフィールド試験結果、及び他無線システムとの共用検討結果を踏まえ、最終的な技術的条件案を取りまとめる予定

取りまとめた制度化方向性(素案)

【システム用途】

- 陸上用途・海上用途・航空用途に対し、「個別の制度化」「包括的な制度化」の2つの方向性を検討
- 個別の制度化を行う場合、主に陸上用途は携帯移動衛星業務、海上用途は海上移動衛星業務、航空用途は航空移動衛星業務、として検討
- 包括的な制度化の場合、携帯移動衛星業務として検討

【無線局局種】

- 陸上用途・海上用途・航空用途に対し、「個別の無線局として制度化」「全ての用途を携帯移動地球局として制度化」の2つの方向性を検討
- 個別の無線局の場合、陸上用途は携帯移動地球局、海上用途は船舶地球局、航空用途は航空機地球局、として検討
- 包括的な制度化の場合、携帯移動地球局として検討

取りまとめた技術的条件項目(素案)

構成	条件項目例
一般的条件	移動局選択制御、追尾機能、インターロック機能、自動停波機能、移動局停波機能、移動局運用位置管理機能、筐体に関する条件、多元接続方式、変調方式 等
送信装置の条件	空中線電力、空中線電力の許容偏差、周波数許容偏差、占有周波数帯幅、電力束密度、キャリアオフ時漏洩電力、筐体輻射 等
受信装置の条件	副次的に発射する電波強度 等
空中線の条件	等価等方輻射電力(EIRP)、軸外輻射電力、送信空中線の最小仰角、交差偏波電力/交差偏波識別度、追尾精度 等

H28年度の実施内容等

■ 実施内容

実施内容	実施計画
1. 移動体向けブロードバンド通信に関する調査	・H27年度調査内容からの差分を調査する(Ka帯機器の最新動向、標準化動向、等) ・WRC-15でKa帯移動衛星システム(ESIM)の規定がなされたことから、主要海外主管庁における免許方針、技術的条件の策定状況を重点的に調査する。
2. アンテナ技術等に関する検討	・船舶環境、航空機環境を想定した技術的要求条件等を検討し、周波数共用条件の検討に反映させる。 ・原則として、シミュレーション環境下で様々な動揺条件、アンテナパラメータ等を変化させ、評価試験を行う。
3. 伝搬試験の実施	・H27年度と同様に、Ka帯電波伝搬試験を継続し、降雨減衰の影響、海上伝搬(異常伝搬)の影響を実測する。 ・年間を通じての実測結果をITU-R勧告の伝搬モデルと比較分析し、共用条件策定に反映させる。
4. 周波数共用条件の検討	・Ka帯アップリンク、ダウンリンク共に、周波数割当てされているシステム毎に共用検討を行う。共用検討は、海上・航空・陸上の全てを対象に実施する。 ・原則として最悪値条件(システム同士が正対するモデル)で行い、同条件で共用が難しい場合は、相対関係・アンテナ指向性・地形条件等を入れたシミュレーション計算して共用条件を探る。
3. 技術的条件の素案作成	・技術的項目案の精査、条件案のとりまとめを行う。

周波数共用条件の検討
(H28年度実施)

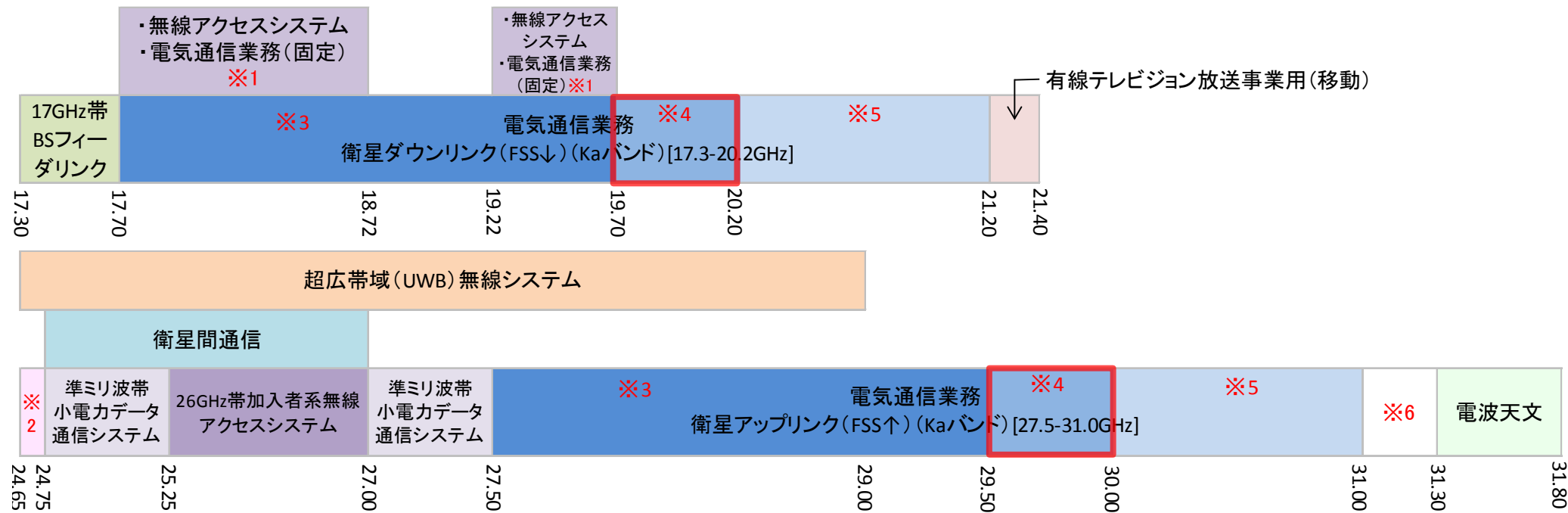
共用検討が必要なシステム

■ 検討の前提

1. WRC-15で決定されたESIM分配帯域
 - アップリンク29.5-30.0GHz、ダウンリンク19.7-20.2GHz
 2. WRC-19議題となっているESIM帯域を含む帯域
 - アップリンク27.5-30.0GHz、ダウンリンク17.7-20.2GHz
 3. 国内Ka帯FSS割り当て帯域
 - アップリンク27.5-31.1GHz、ダウンリンク17.7-21.2GHz
- 上記1の周波数帯域を対象に共用検討を行う。

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		
	downlink	19.7-20.2		固定業務(電気通信業務) ・無線アクセスシステム(FWA)

(参考)我が国の周波数割当状況



- ※1 18GHz帯公共用小容量固定、18GHz帯FWA、18GHz帯電気通信業務(エントランス)
- ※2 各種レーダー
- ※3 WRC-19議題のESIM帯域 受信:17.7-19.7GHz 送信:27.5-29.5GHz
- ※4 **WRC-15 ESIM分配帯域 受信:19.7-20.2GHz 送信:29.5-30.0GHz**
- ※5 国内FSS割当帯域 受信:17.7-21.2GHz 送信:27.5-31.0GHz
- ※6 固定、移動(航空移動を除く)、標準周波数報時衛星(宇宙から地球)、宇宙研究
但し、現在使用システムは無い。

(参考)無線システムと無線局数

無線システム名	使用周波数 [GHz]	H24 無線局数	H27 無線局数
17GHz帯BSフィーダリンク	17.30～18.40	27	25
18GHz帯公共用小容量固定	17.82～17.85, 18.57～18.60	457	899
18GHz帯無線アクセスシステム (FWA)	17.82～17.85, 17.97～18.45, 18.57～18.60, 19.22～19.70	747	818
18GHz帯電気通信業務 (エントランス)	17.85～17.97, 18.60～18.72	5,042	4,839
衛星ダウンリンク (Kaバンド) [17.3-20.2GHz]	17.30～20.20	2	3
有線テレビジョン放送事業用 (移動)	21.20～21.40, 23.2～23.6	1	20
超広帯域 (UWB) 無線システム (特定無線設備: 第47号の2)	22.0～29.0	85 ^{*1}	91 ^{*2}
準ミリ波帯小電力データ通信システム (特定無線設備: 第19号の4)	24.77～25.23, 27.02～27.46	5,033 ^{*1}	6,669 ^{*2}
26GHz帯加入者系無線アクセスシステム	25.25～27.0	4,103	6,150
衛星アップリンク (Kaバンド) [27.5-31.0GHz]	27.50～31.0	—	—
電波天文	31.30～31.80	—	—

*1: 平成23年度までの全国における出荷台数を合計した数。

*2: 平成26年度までの全国における出荷台数を合計した数。

共用条件の検討

＜ESIM地球局の検討条件＞

■ アンテナパターン

- ITU-R、CEPTの条件を参照する。また、WRC-15の軸外輻射規定を満足するものとする。
- アンテナの主輻射は、基本的には静止衛星軌道の方角を向いているものとする。

■ 送信EIRP

- 回線設計をもとに設定する。

■ 不要発射強度

- 総務省告示1228号の基準を基本とし、必要に応じ、更なる減衰量を検討する。

■ 仰角条件

- 日本の領土内(陸上移動)、EEZ内(海上移動、航空移動)を考慮する。

■ 動揺条件

- 海上移動、航空移動の場合は、船舶の動揺条件、航空機の動揺条件(3軸の角速度・振幅条件)を考慮する。
- 動揺条件は、ETSI基準、事業者基準等を参照する。

■ 追尾精度等

- 既存システムの動向、海外基準等を元に設定する。(追尾誤差0.2° 等)
- 自動停波時に、異常検知から停波に要する時間の指向誤差を考慮する。停波までに要する時間は、既存システムの動向、海外基準等を元に設定する。(1秒、100ミリ秒、10mミリ秒 等)

- 
- アンテナパターン、動揺条件、追尾精度等を踏まえた最悪条件(正対条件)により干渉計算を行い、共用可否を評価。同条件で共用が難しい場合は、相対関係・アンテナ指向性・地形条件等を入れたシミュレーション計算して共用条件を探る。
 - 上記検討結果をもとに、共用条件として、離隔距離、ガードバンド、不要発射の強度の許容値等について検討。

(参考) 実施体制

- 移動衛星システム、固定衛星システムの長期運用実績、衛星通信技術に関する知識・ノウハウを有するKDDI株式会社のもとに、学識経験者、衛星通信事業者、メーカー、船舶・航空機関係者等による検討会を設置し、検討を実施

事務局:KDDI株式会社

Ka帯を用いた移動体向け海上ブロードバンド衛星通信技術に関する調査検討会

主査	石川 博康	日本大学工学部 電気電子工学科 ワイヤレス通信研究室 教授
構成員	伊藤 達郎	全日本空輸株式会社 整備センター技術部 客室技術チーム 主席部員
構成員	井上 眞太郎	日本無線株式会社 海上機器技術部 船用ネットワークグループ 課長
構成員	河合 宣行	KDDI株式会社 グローバルネットワーク・オペレーションセンター 副センター長
構成員	城戸 克也	日本航空株式会社 IT企画本部 IT運営企画部 海外IT・ネットワーク戦略グループ
構成員	小山 仁明	一般社団法人 日本船主協会 海務部 副部長
構成員	高橋 佳子	インマルサット株式会社 マリタイム・セールスマネージャー
構成員	土谷 牧夫	三菱電機株式会社 通信機製作所 通信情報システム部 衛星通信プロジェクト 部長
構成員	村上 寛	商船三井客船株式会社 取締役
構成員	森田 靖彦	スカパーJSAT株式会社 技術運用部門 衛星技術本部 衛星通信技術部 部長代行
構成員	山下 史洋	NTTアクセスサービスシステム研究所 無線エントランスプロジェクト 衛星通信グループ 主任研究員

実施状況

- 第1回検討会(平成27年9月4日)
- ・調査検討の実施内容、想定スケジュールについて
 - ・海上ブロードバンドに関する調査について
 - ・Ka帯アンテナ技術の検討について
 - ・Ka帯での実証試験(電波伝搬試験)について
- 第2回検討会(平成27年12月18日)
- ・海上ブロードバンドに関する調査の進捗報告(制度関連、利用実態・ニーズ関連)
 - ・Ka帯アンテナ技術検討の進捗報告
 - ・Ka帯での実証試験(電波伝搬試験)の進捗報告
- 中間報告(メール報告)(平成28年3月4日)
- ・Ka帯アンテナ技術検討の進捗報告
 - ・Ka帯での実証試験(電波伝搬試験)の進捗報告
 - ・技術的条件(素案)
 - ・報告書骨子(案)
- 第3回検討会(平成28年3月23日)
- ・技術的条件(素案)
 - ・報告書(案)について

(参考資料)

Ka帯衛星通信システムの技術的諸元等

平成28年8月26日

KDDI株式会社

1. 国内のKa帯衛星本体、トランスポンダに関する調査

国内のKa帯衛星システム

- 国内ではスカパーJSAT、宇宙航空研究開発機構(JAXA)がKa帯衛星システムを運用している。
- 次ページ以降では、Ka帯衛星システムについて、国内システムの技術的諸元等を記す。

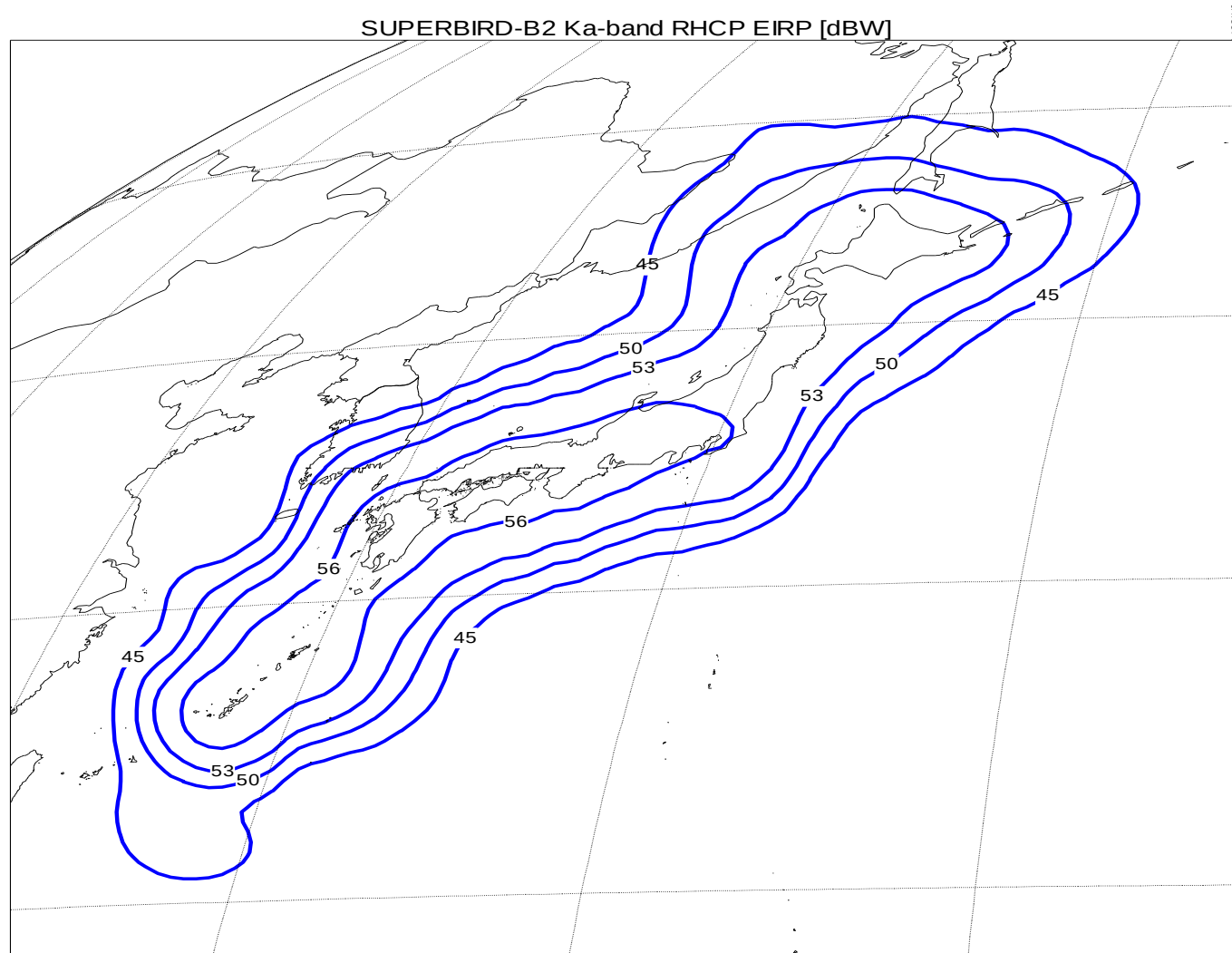
衛星事業者	衛星システム	用途
スカパーJSAT株式会社	Superbird B2	国内向け衛星通信サービスの提供
	Superbird B3	同上
	(JCSAT-16)	予備衛星
国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構 (JAXA)	WINDS	超高速衛星通信システムの技術実証のための実験衛星

スカパーJSAT: Superbird B2/B3衛星諸元

- 現在運用中のSuperbird B2、及び2016年度上期に打上げ予定の後継機であるSuperbird B3の主要諸元を示す。なお、Superbird B2は、全てのユーザが後継機B3へ移行完了するまでは、現行軌道で運用予定。
- 主に固定局、可搬局向け通信サービスを提供

衛星名称	Superbird B2		Superbird B3
運用事業者	スカパーJSAT		スカパーJSAT
打ち上げ	2000.2.18		2016年度上期
打ち上げロケット	Ariane 4		N/A
軌道位置	GEO, 162E		GEO, 162E
主要カパレッジ	日本		日本
製造メーカー	Boeing (Hughes)		三菱電機
バス	BSS-601HP		DS-2000
設計寿命	13年以上		15年以上
供給電力	5.3kW (EOL)		N/A
重量	4051kg (launch mass), 2160kg (dry mass)		N/A
使用周波数	Ku帯、Ka帯		N/A
EIRP	Ku: Max 56dBW以上 (日本、沖縄)、Max 56dBW以上 (可動) Ka: Max 56dBW以上		B2と同等 (日本ビーム、可動ビーム)
G/T	Ku: Max 12dB/K以上 (日本、沖縄)、Max 10dB/K以上 (可動) Ka: Max 12dB/K以上		B2と同等 (日本ビーム、可動ビーム)
偏波	Ku: 水平偏波、垂直偏波、 Ka: RHCP、LHCP		Ku: 水平偏波、垂直偏波、Ka: RHCP、LHCP

Suprebird-B2 カバレッジ (EIRP)

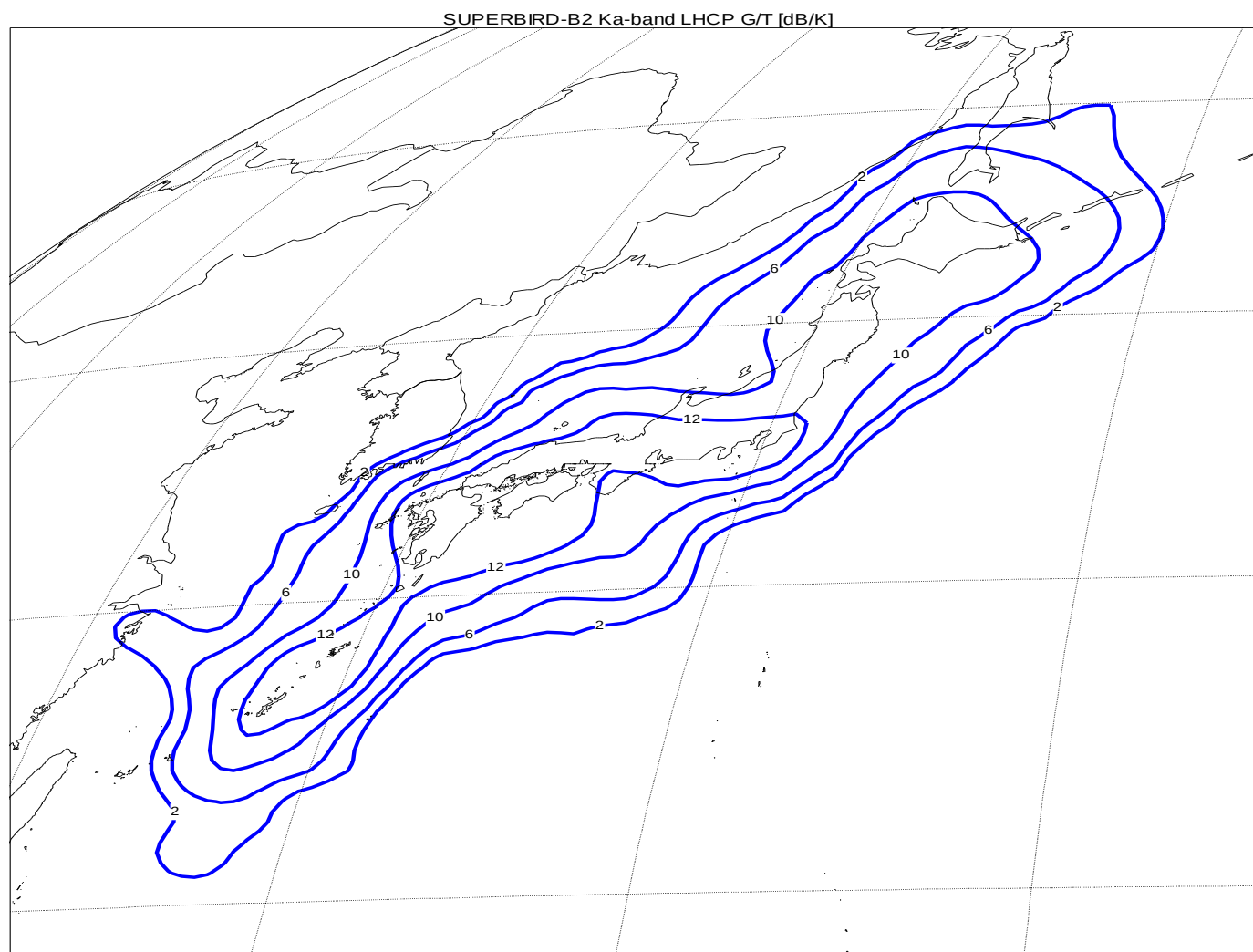


(注1) 上記は代表的な性能を表すものです。

(注2) 運用衛星EIRP は、他の衛星システムとの調整等によります。

出所)スカパーJSAT

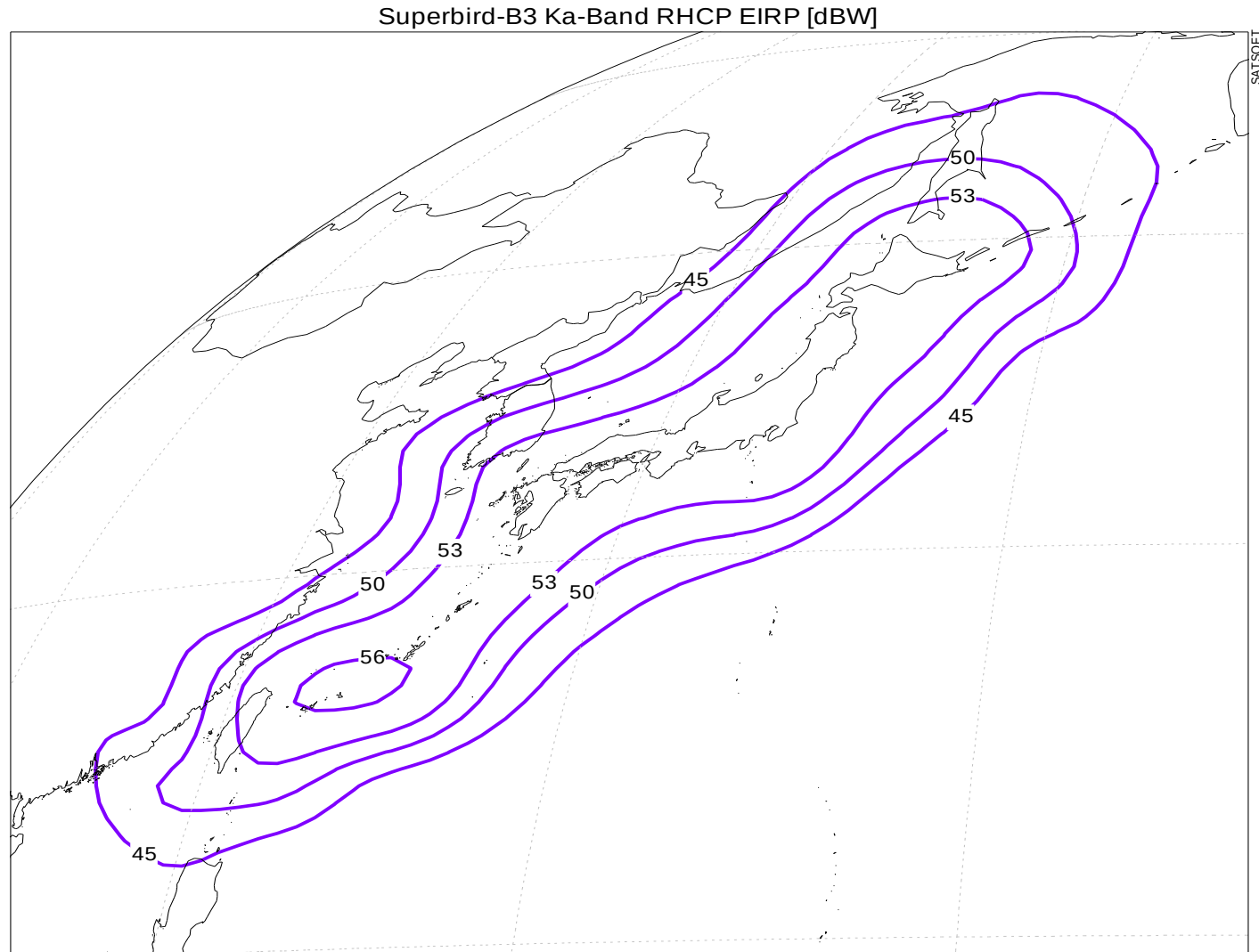
Suprebird-B2 カバレッジ (G/T)



(注) 上記は代表的な性能を表すものです。

出所)スカパーJSAT

Suprebird-B3 カバレッジ (EIRP)

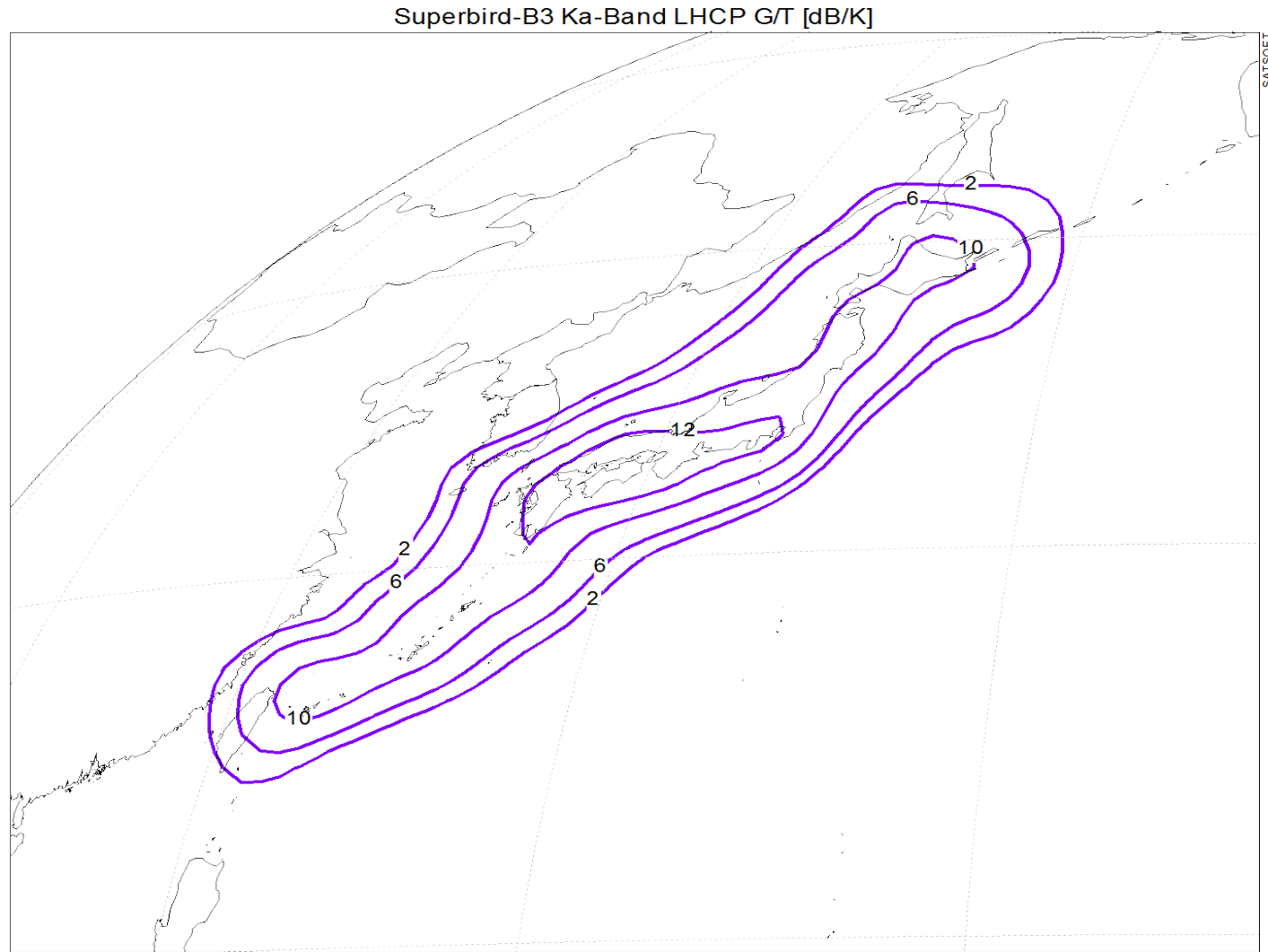


(注1) 上記は代表的な性能を表すものです。また、カバレッジエリアは暫定的なものであり今後変更になる可能性があります。

(注2) 運用衛星EIRP は、他の衛星システムとの調整等によります。

出所) スカパーJSAT

Suprebird-B3 カバレッジ (G/T)



(注) 上記は代表的な性能を表すものです。また、カバレッジエリアは暫定的なものであり今後変更になる可能性があります。

出所)スカパーJSAT

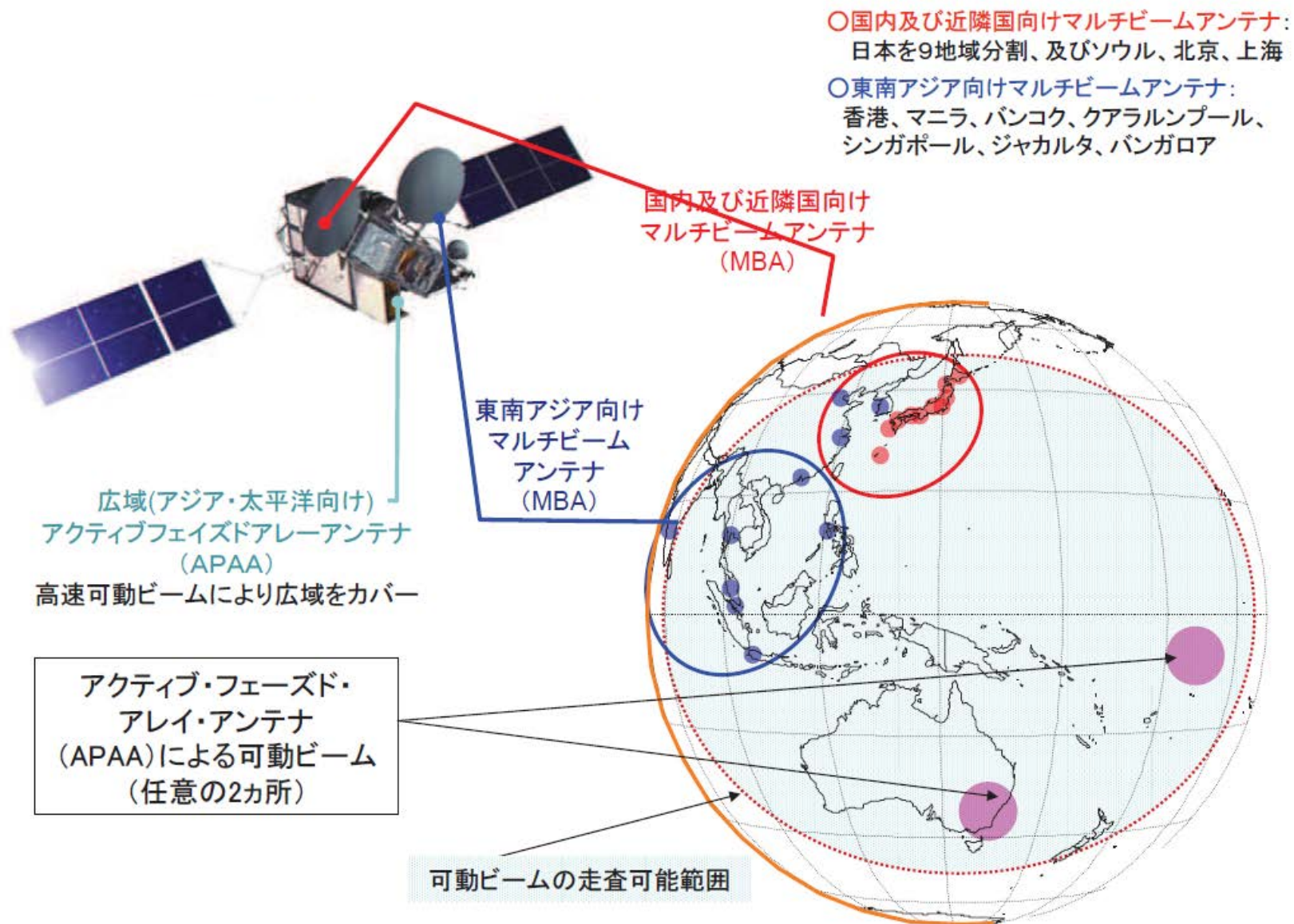
JAXA: WINDS

- 5m級アンテナの地球局を用いて、単一搬送波で最大1.2Gbps、16APSK-OFDMで3.2Gbpsの高速通信（ベントパイプのみ）、45cm級アンテナの地球局に対して下り155Mbps、上り1.5Mbpsの高速通信を実現
- 高利得マルチビームアンテナ、アクティブフェーズドアレーアンテナ（APAA）を搭載
- 最大280Wの送信電力を有するマルチポートアンプを開発（8個の入出力ポート、8台のTWTAを並列）
- ATM交換技術を用いた再生中継方式の実証

衛星名称	きずな(WINDS)
運用事業者	JAXA
打ち上げ	2008.2.23
打ち上げロケット	H-IIA
軌道位置	GEO, 143E
カバレッジ	マルチビーム: 日本、近隣国、東南アジア APAA: アジア太平洋地域
製造メーカー	NEC
バス	JAXA独自バス
設計寿命	5年
供給電力	5.2kW以上
重量	4800kg (launch mass)、2700kg (in orbit)
増幅器(HPA)	280W
中継器容量	3.2Gbps(16APSK-OFDM伝送時)、1.2Gbps(単一搬送波)
ビーム	マルチビーム: 日本9ビーム、近隣国3ビーム、東南アジア7ビーム APAA: アジア太平洋地域を走査(2ビーム)
使用周波数	Ka: Uplink: 27.5-28.6GHz、 Downlink: 17.7-18.8GHz
ビーコン周波数	—
EIRP	マルチビーム: 68dBW以上、 APAA: 55dBW以上
G/T	マルチビーム: 18dB/K以上、 APAA: 7dB/K以上
偏波	マルチビーム: 水平偏波・垂直偏波、 APAA: 垂直偏波



WINDS:カバレッジ



2. 海外のKa帯衛星本体、トランスポンダに関する調査

Inmarsat —概要

- 1979年に設立された、国際機関である国際海事衛星機構 (INMARSAT) の事業部分を引き継いだ企業であり、本社をロンドンに置く。
- 現在11の衛星を所有する。現在の主要サービスとして、第4世代のI-4衛星 (K帯) を利用した移動体向け高速通信サービスが挙げられ、船舶向けとして FleetBroadband サービス、航空機向けとして SwiftBroadband サービスを展開している。提供通信速度は432kbps程度である。
- 2013年～2015年にかけて打上げられた、Ka帯を用いた Inmarsat-5 による Global Xpress サービスは、3機のコンステレーションにより、全世界で使用可能なネットワークを構築しており、2016年以降、移動体向けに最大50Mbpsの高速通信サービスを提供する。

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

Inmarsat —移動体向けサービス

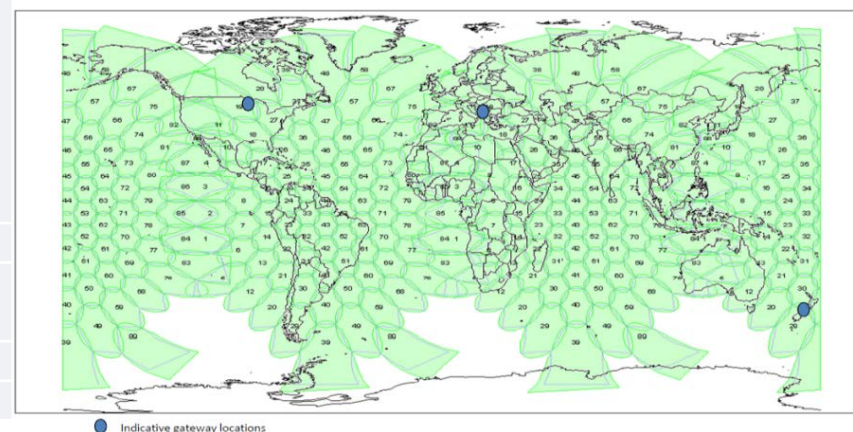
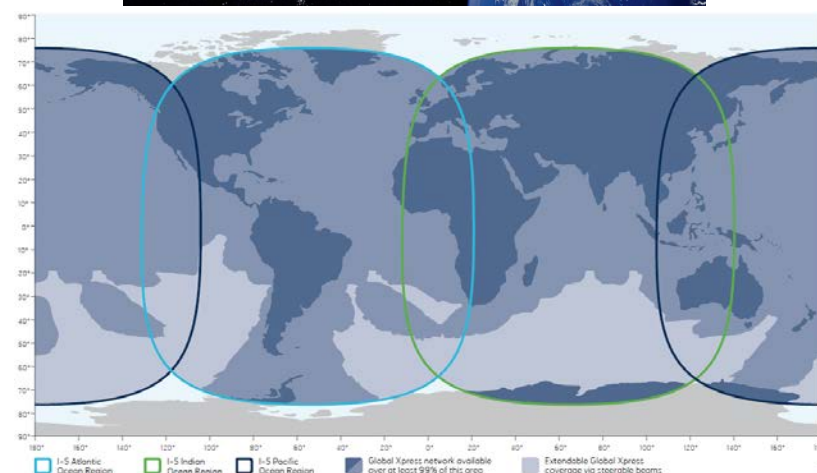
- Ka帯を用いた移動体向け衛星通信としては、以下のサービスが予定されている。
 - Ka帯を使用した高速通信サービスであるGlobal Xpressの提供開始を、2016年に予定している。
 - 航空機向けにはGX Aviation、船舶向けにはFleet Xpressとしてサービス展開を予定しており、I-5衛星のKa帯リンクと、I-4衛星のL帯リンクとを組み合わせることで高い稼働率を確保する。

サービス名	航空機向け:GX Aviation / 船舶向けFleet Xpress
概要	船舶および航空機向けに、世界99.9%の稼働率を確保する高速衛星通信サービスを提供
通信速度	(上り)最大5Mbps (下り)最大50Mbps
利用衛星	I-5F1/F2/F3 および予備機1機
地球局	(船舶向け)60cmクラスアンテナ(国内メーカーでは、日本無線が製造) 100cmクラスアンテナ (航空機向け)74cm(l) x 44cm(w) x 14cm(h)等
サービス地域	極地を除く全球

Inmarsat —移動体向けサービスに利用する衛星諸元

■ I-5衛星の主要諸元とカバーエリアを示す。

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



(出所: Inmarsat)

Telenor ―概要／移動体向けサービス

- Telenor Satellite Broadcasting社は1988年に創業され、ノルウェーに本社を置くTelenorグループの100%子会社である。
- 同社は現在4機の衛星を運用すると共に、Thor10-02 衛星のトランスポンダーの一部を所有している。そのうち、Ka帯衛星はThor-7である(下表に記す)。
- 同社は、海運業界および石油・ガス業界、放送業界等を中心として企業向け通信サービスを主要サービスとしてきた。2015年に打ち上げられたThor-7のKa帯ビームは、主に船舶向けVSAT衛星通信サービスへの適用を予定している。

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

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

Telenor —移動体向けサービスに利用する衛星諸元

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



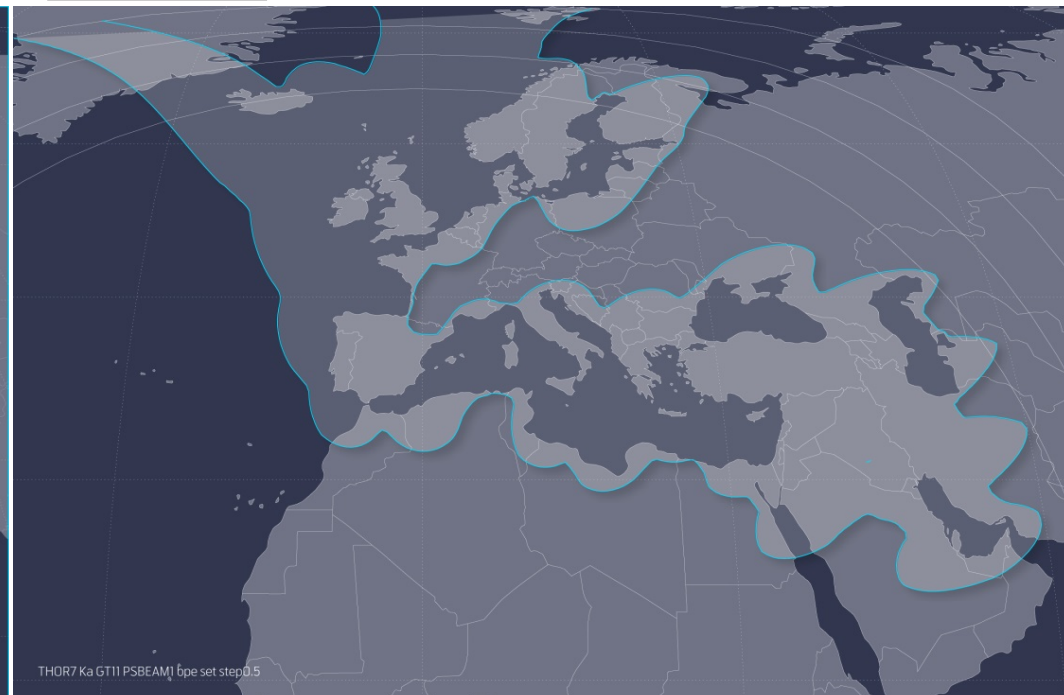
Telenor — 移動体向けサービスに利用する衛星諸元

- Thor-7のKa帯スポットビームのカバレッジを以下に示す。

G/T > 6dB/K



G/T > 11dB/K



ViaSat —概要

- 1986年に創業され、米国に本社を置く。2009年にWildBlue社を買収し、米国内のサービスネットワークを強化するとともに、各国のパートナーを通じて他地域へもサービスを展開している。
- ViaSat社は、2機の衛星(WildBlue-1、ViaSat-1)を所有するとともに、Telesat社が所有するAnik-F2のトランスポンダの一部を利用している。
- ViaSat-1は、140Gbpsの設計容量を有し、コンシューマ向け／企業向けブロードバンドサービスに利用されると共に、航空機向けインターネットサービスにも利用されている。
- 2016年に予定されているViaSat-2の打上げにより、さらなる大容量化が図られると共に、カバレッジが従来の北米から、大西洋を含めた地域まで拡大される予定である。
- 2015年11月9日、ViaSatは、3機のKa帯衛星コンステレーションにより全球をカバーするViaSat-3衛星の計画を発表、各衛星のスループットは1Tbpsとしている。航空機におけるコンシューマ向けインターネットアクセスに加え、政府用航空機向け通信サービスを拡充としている。

衛星名称	中継器容量	ビーム数	打上げ日
Anik-F2 (Telesat) ※トランスポンダの一部を利用	2.0 Gbps	45	2004年7月
WildBlue-1 ※所有	7.0 Gbps	35	2006年12月
ViaSat-1 ※所有	140.0 Gbps	72	2011年10月
ViaSat-2	350.0 Gbps	125	2016年中旬(予定)

ViaSat —移動体向けサービス

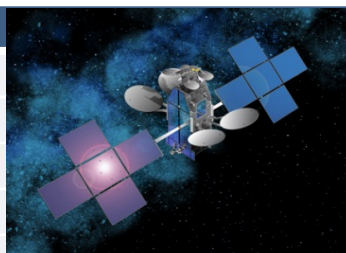
- Ka帯を用いた移動体向け衛星通信サービスは以下のとおりである。
 - 航空機向けのインターネット接続サービスExede In the Air を提供している。
 - 2014年7月、ViaSat社とEutelsat社は、インフラコネクティビティ向上のため、両社のKaバンド衛星ネットワークを接続することに合意した。
 - ViaSat-2打ち上げ後は、欧州－米国間を飛行する航空機に対し、フルカバレッジを提供する予定である。

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

ViaSat —移動体向けサービスに利用する衛星諸元

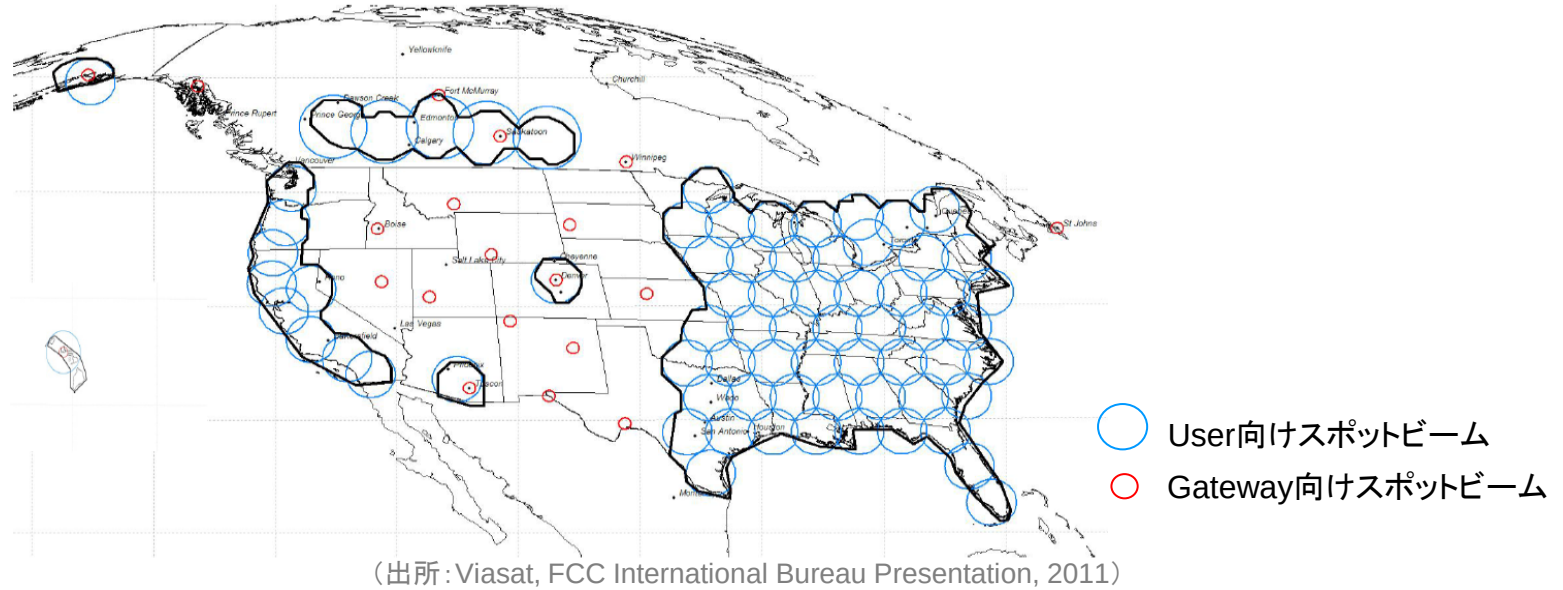
■ 運用中のViasat-1、計画中のViasat-2の主要諸元及びカバーエリアを示す。

衛星名称	Viasat-1	Viasat-2
運用事業者	Viasat	Viasat
打ち上げ	2011.10.19	2016中期(予定)
打ち上げロケット	Proton M	N/A
軌道位置	GEO, 115° W	GEO, 70° W
カバレッジ	米国、カナダ、アラスカ、ハワイ	北米、中米、カリブ海、米-欧間の空海
製造メーカー	Space Systems/Loral	Boeing Satellite Systems
バス	LS-1300	BSS-702HP
設計寿命	15年	15年
供給電力	N/A	N/A
重量	6740kg (Launch mass), 3650kg (Dry mass)	N/A
中継器容量	140Gbps (Ka 56 transponder)	350Gbps (CH帯域幅: 1000MHz+500MHz)
ビーム	Gateway: 20 (Spot Beams) Use: 72 (Spot Beams)	Gateway: 20 (A-Type Spot Beams) User: 72 (B-Type Spot Beams)
使用周波数	Uplink 28.1-29.1GHz, 29.5-30.0GHz (Gateway) 28.35-29.1GHz, 29.5-30.0GHz (User) Downlink 18.3-19.3GHz, 19.7-20.2GHz	Uplink 28.1-29.1GHz, 29.5-30.0GHz (Gateway) 28.35-29.1GHz, 29.5-30.0GHz (User) Downlink 18.3-19.3GHz, 19.7-20.2GHz
ビーコン周波数	18.797 LHCP, 18.799 LHCP	N/A
EIRP	60.7dBW	peak: 56.6~62.2dBW (A-Type Spot Beams) peak: 62.7~67.0dBW (B-Type Spot Beams)
G/T	24.2dB/K	peak: 17.1~21.9dB/K (A-Type Spot Beams) peak: 18.2~22.7dB/K (B-Type Spot Beams)
偏波	RHCP, LHCP	RHCP, LHCP



ViaSat —移動体向けサービスに利用する衛星諸元

Viasat-1カバーエリア



Viasat-2カバーエリア



(出所: Viasat)

Eutelsat —概要

- 1977年に創業されたEutelsat社は、フランスに本社を置く、老舗衛星事業者である。
- 2015年11月現在38機の衛星が運用されており、今後3年以内にさらに6機が打ち上げられる予定である。このうち、主なKa帯衛星を下表に記す。
- 同社は、映像ソリューションを主要サービスとしてきたが、近年はブロードバンドサービスや政府向け通信サービスを拡大させている。
- 2010年に打ち上げられたKA-SATは、ヨーロッパ初のHTSとして、コンシューマー向けインターネット接続や、企業・政府向けネットワークサービスに利用されると共に、航空機向けインターネットサービスにも利用されている。
- 今後、サハラ砂漠以南のアフリカ向けのインターネット環境整備を目的としたAMOS-6 ※ 衛星(2016年打上げ予定)、ラテンアメリカのブロードバンドサービス提供を目的としたEutelsat 65WA(2016年打上げ予定)など、Ka帯HTSのカバレッジが拡大する。
- なお、航空機向けサービス用途としては、北太平洋地域をカバーするKu帯 HTSであるEutelsat 172Bを、2017年に打上げる予定である。

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

※ Ka帯のビーム36本を搭載するHTSであり、Spacecom社所有。Spacecom社・Facebook社との提携による事業。

Eutelsat —移動体向けサービス

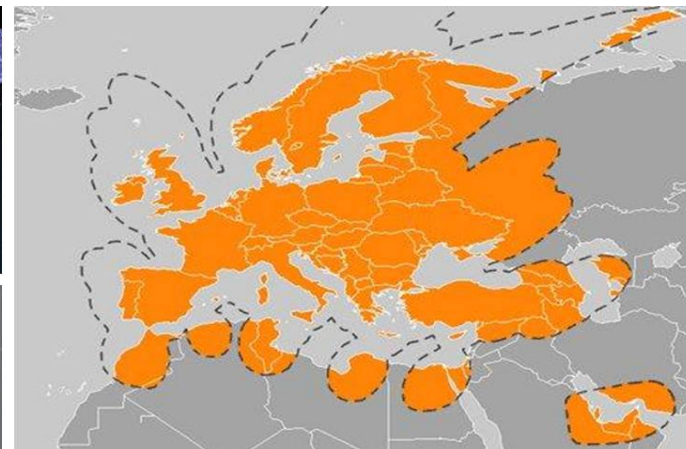
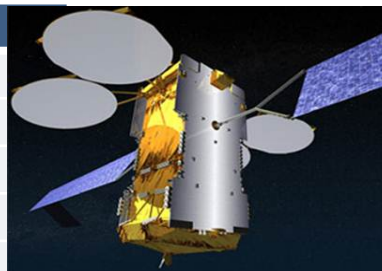
- Ka帯を用いた移動体向け衛星通信サービスは以下のとおりである。
 - 航空機向けのインターネット接続サービスEutelsat Air Accessを提供している。
 - 同サービスは、A320、B737、E190 型航空機を中心に導入が検討されている。
 - 他のKa帯HTSを活用するとともに、ViaSat社とローミング契約を結ぶことで、2016年には北アメリカ大陸および北極圏をカバーする予定である。

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

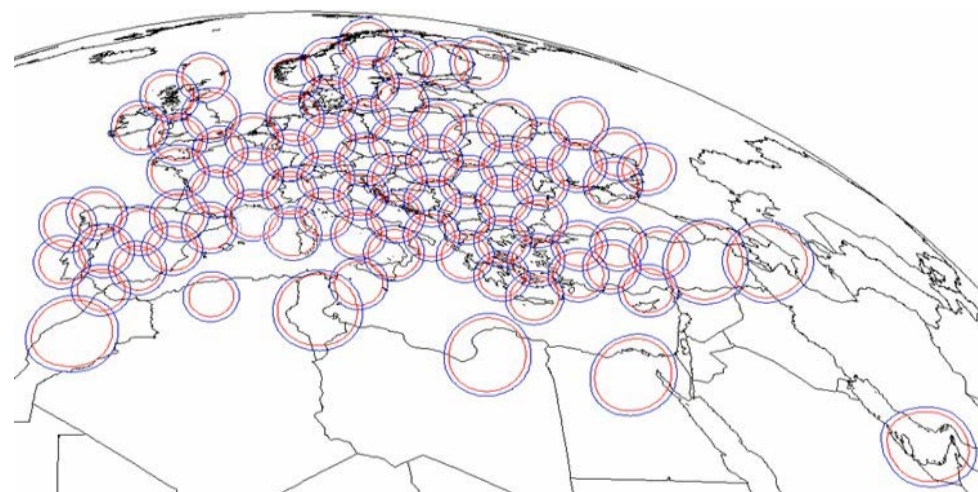
Eutelsat —移動体向けサービスに利用する衛星諸元

■ 運用中のKA-SATの主要諸元及びカバーエリアを示す。

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



(出所: Eutelsat)



(出所: Eutelsat, Services and possible applications, 2012)

SES ー概要

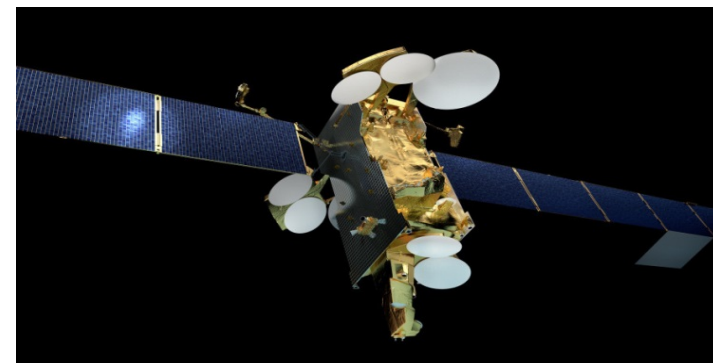
- 1985年、前身である欧州衛星会社として設立され、現在ルクセンブルクに本社を置く。
- 2015年11月現在、53機の衛星を所有している。主なKa帯衛星を下表に記す。
- SES社は、Gogo社やKVH社等と協力し、Ku帯を利用した移動体向けサービスを展開している。
- Ka帯衛星は、主にコンシューマー向けブロードバンドサービス、企業向けネットワークサービス等に利用されている。2017年以降に打上げ予定のKu帯/Ka帯HTSであるSES-12,15により、航空機、船舶向けの移動通信サービスが展開される見込みである。
- O3b社に対する資本参加を通じて、中軌道衛星を用いた次世代ネットワークデータ通信の提供に力を入れている。

Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
AMC-15	40MHz × 3 Transponders/beam	12	2004年10月
AMC-16	40MHz × 3 Transponders/beam	12	2004年12月
Astra-1L	Ka帯: 2 / Ku帯: 29	—	2007年5月
Astra-4A	Ka帯: 3 (250MHz × 2 / 125MHz × 1) / Ku帯: 54	—	2007年11月
Astra-3B	Ka帯: 4 (250MHz × 4) / Ku帯: 60	—	2010年5月
Astra-2E	Ka帯: 4 (250/500/600MHz) / Ku帯: 76	—	2013年9月
Astra-2F	Ka帯: 3 (500/600MHz) / Ku帯: 70	—	2013年9月
Astra-5B	Ka帯: 6 (500/600MHz) / Ku帯: 40	—	2014年3月
Astra-2G	Ka帯: 4 (250/500/600MHz) / Ku帯: 70	—	2014年12月
SES-12	Ka帯: 8 (250/500/600MHz) / Ku帯: 68 / 14GHz (Ku/Ka帯HTSペイロード)	11 (Ka帯のみ)	2017年下期(予定)
SES-14	12GHz (Ku/C帯HTSペイロード) (Ka帯はテレポートビームのみ)	5 (Ka帯のみ)	2017年下期(予定)
SES-15	10GHz (Ku/Ka帯HTSペイロード)	4 (Ka帯のみ)	2017年上期(予定)

SES —移動体向けサービスに利用する衛星諸元

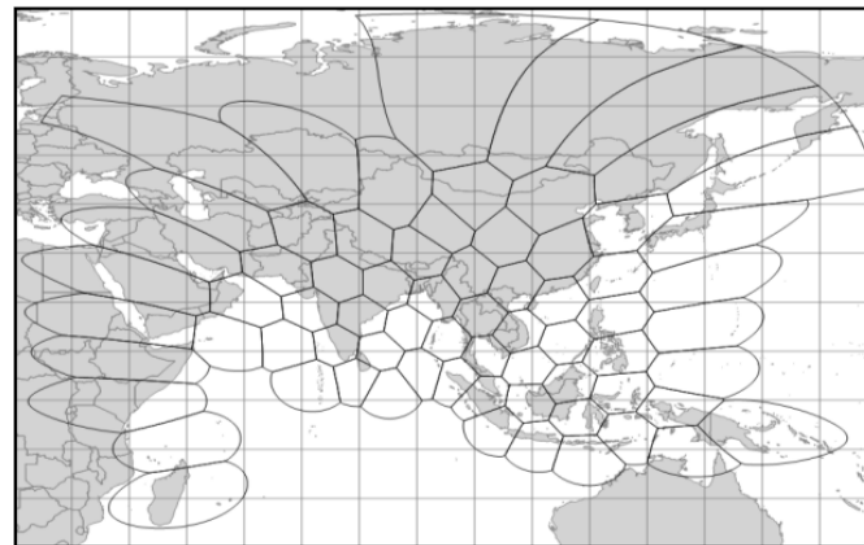
■ 計画中のSES-12衛星の主要諸元及びカバーエリアを以下に示す。

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



(出所: Airbus Defence and Space)

HTSマルチスポットビームカバレッジ(Ku帯)

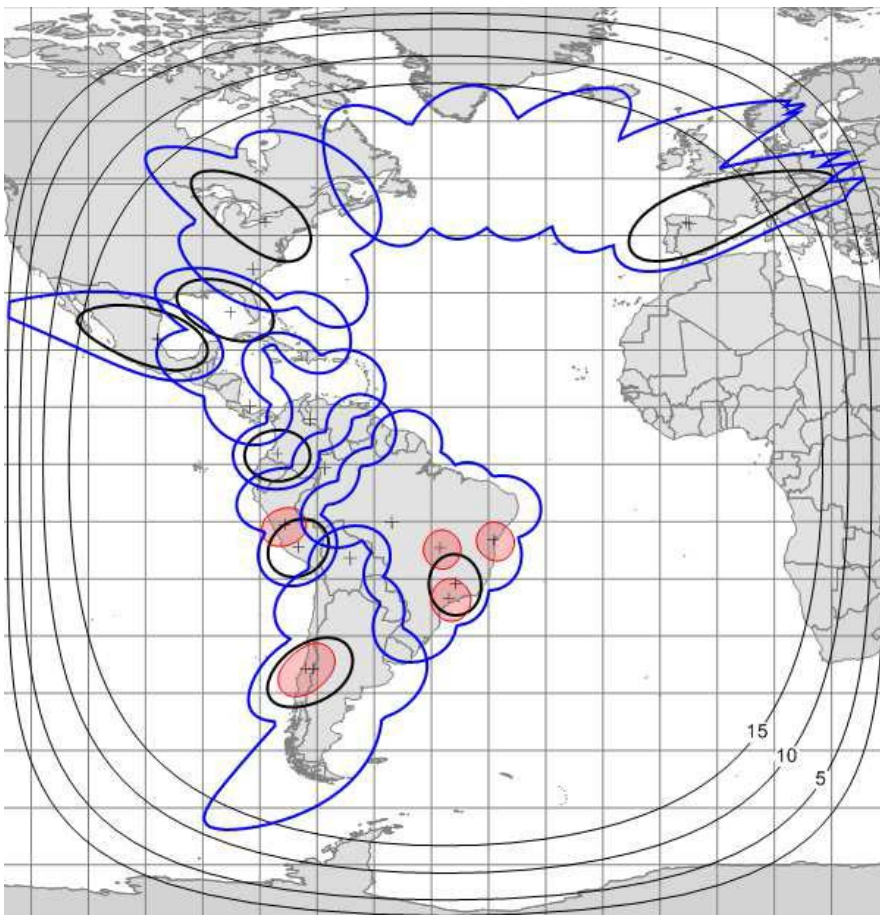


(出所: Financial Results For the six months to 30 June 2014)

SES —移動体向けサービスに利用する衛星諸元

■ 参考として、SES-14、SES-15におけるKu帯スポットビームのカバレッジを示す。

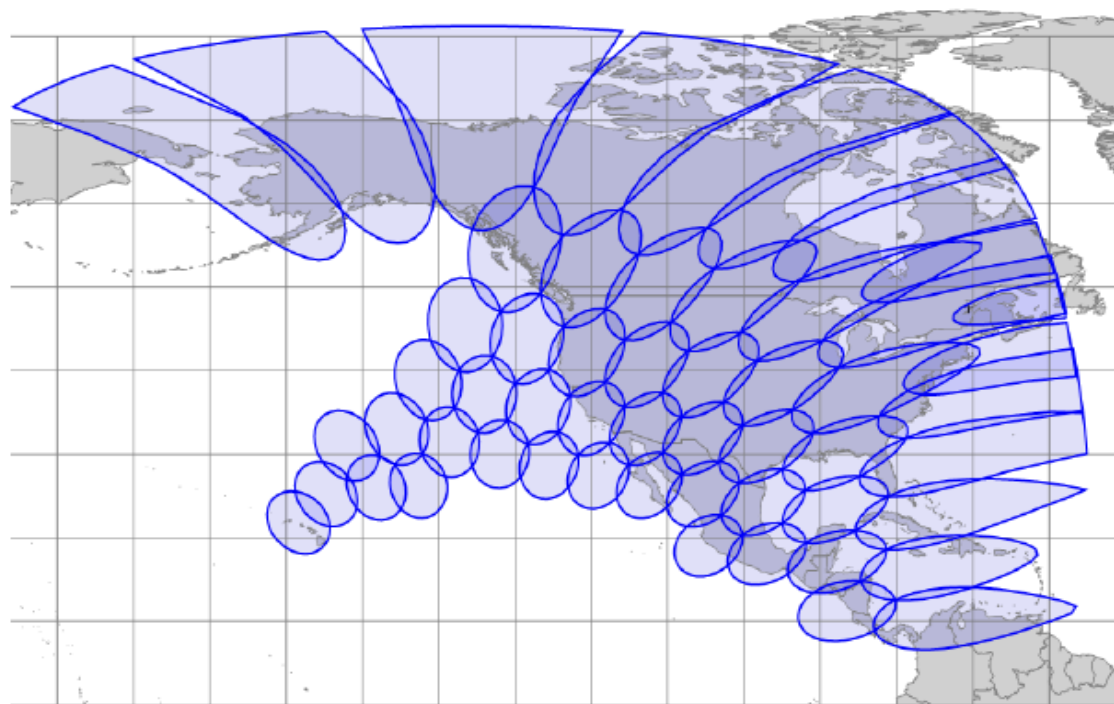
SES-14 Ku帯・Ka帯カバレッジ



青: Ku帯ユーザビーム
黒: Ku帯テレポートビーム
赤: Ka帯テレポートビーム

(出典: SES Overview, 2015)

SES-15 Ku-band HTS coverage



(出典: SES, FY2014 Results)

O3b ―概要

- 2007年に創業された比較的新しい企業であり、本社をオランダに置く。
- インターネットで繋がることが出来ないアフリカ、アジア、中南米、中東の発展途上国に住む「Other 3 billion(残り3億)」の人々に高速で低価格のインターネットサービスを提供することを目指し、中軌道(8,062km)衛星を運用していることが特徴である
- 2013年6月に8機、2014年12月18日に4機のKa帯衛星の打ち上げに成功し、2014年末現在合計12の衛星を所有・運用している。
- O3b社の衛星は、高速・低遅延の特徴を活かし、バックホールや基幹ネットワーク向け需要に対応したサービスを中心としつつ、移動体向けブロードバンド通信サービスも提供する。

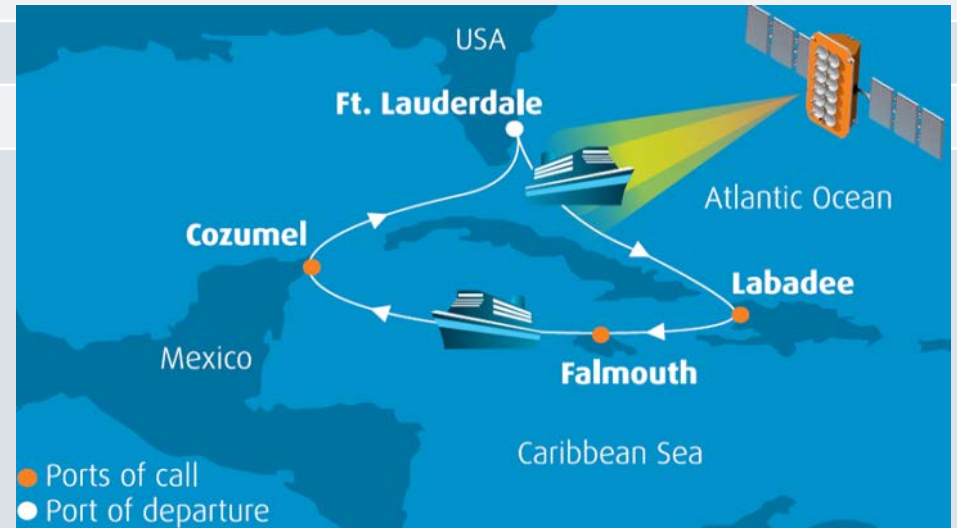
Ka帯衛星	中継器容量	ビーム	打上げ日
第一世代(8機)	84Gbps	70	2013年6月
第二世代(4機)	42Gbps		2014年12月

O3b —移動体向けサービス

■ Ka帯を利用した移動体向け衛星通信サービスは以下の通りである。

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

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



O3b —移動体向けサービスに利用する衛星諸元

■ O3b衛星の主要諸元とカバーエリアを示す。

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

