



National Institute of Information and Communications Technology

移動衛星通信システムのトレンドについて

平成25年4月16日
独立行政法人 情報通信研究機構

1

National Institute of Information and Communications Technology



目的

- L帯、S帯の移動衛星通信システムについて、技術的動向を調査し、以下について整理する。
- 国内及び海外における移動衛星通信システム毎の性能、個々の衛星通信技術を表に整理
- 技術トレンドを調査
 - 周波数の割当状況
 - サービスリンクにおける占有帯域
 - スポットビーム数
 - アンテナ径とスポットビーム数の関係

2

検討した移動衛星通信システム

■ 商用衛星通信システム

- グローバル(イリジウム、Inmarsat 3/I-4)
- 米国、欧州、アジア向け(Thuraya、Garuda-1、ICO-1、Eutelsat-W2A、TerreStar-1/2、SkyTerra-1/2)
- 国内(N-STAR a/b/c/d)

■ その他のシステム

- 軍用衛星通信システム(米国MUOS)

■ 技術試験衛星等

- ETS-V、ETS-VI、ETS-VIII
- STICS(総務省研究開発施策)

移動衛星通信システムの性能・技術

商用衛星通信システムの性能 (グローバル)

衛星名 (運営事業体)	システム/ サービス	サー ビス エリア	周波 数帯	打上/ サービ ス開始 年	スポッ トビーム 数	アン テナ 径	回線数	伝送 速度	衛星バ ス重量 電力	その他
イリジウム	非静止衛 星システム(66個の周回 衛星を使用)	グロ ーバ ル	L 1616- 1626.5 MHz	1999年	48 (16ビーム×3)	188cm × 86cm	—	・音声 2.4kb ps ・デー タ通 信最 大 128kb ps	680kg	—
Inmarsat 3 (Inmarsat Ltd.)	移動体衛星 通信	グロ ーバ ル	L	1998年 (f5衛 星打上)	7(W) 1(G)	—	46ch (1000 、音声)	64kbp s (max)	1133kg 2.8kW	—
Inmarsat I-4 (Inmarsat Ltd.)	移動体衛星 通信	グロ ーバ ル	L	2009年 2月か ら全世 界で利 用可	200(N) 19(W) 1(G)	9m	630ch (18000 、音声)	492kb ps (max)	3300kg 13kW	—

5

商用衛星通信システムの技術 (グローバル)

衛星名 (運営事業体)	通信方式	中継器方式	アンテナ方式	その他
イリジウム	TDMA/FDMA	—	188cm×86cm 3枚	31.5kHzを上り4ス ロット、下り4スロ ット(TDD,TDMA)
Inmarsat 3 (Inmarsat Ltd.)	—	—	22素子給電アレイオ フセット展開型反射 鏡アンテナ	—
Inmarsat I-4 (Inmarsat Ltd.)	—	—	展開型パラボラ反射 鏡アンテナ	—



Inmarsat I-4

6

商用衛星通信システムの性能

(米国、欧州、アジア向け)

衛星名 (運営事業者)	システム/サービス	サービスエリア	周波数帯	打上/サービス開始年	スポットビーム数	アンテナ径	回線数	伝送速度	衛星バス重量電力	その他
GARUDA-1 (インドネシア; ACeS)	衛星地上デュアルユース:衛星/GSM	アジア全域	L	2000年9月から商用サービス開始	140	12m	11000 (音声)	—	2600 kg 10.5kW	2号機の計画は未具体化
Thuraya (アラブ首長国連邦; Thuraya Satellite Telecommunications)	衛星地上デュアルユース:衛星/GSM	ヨーロッパ, 中央アジア, 中東, 北および中央アフリカ	L	2001年6月商用サービス開始	200	12.25m	13750 (音声)	444kbps (max)	3200 kg 11kW	利用者: 30万人
ICO-1 (米国; ICO North America)	MSS/ATCシステム	米国, プエルトリコ	S帯域幅 20MHz	2008年1月にアラスカVで打上げ	最大250ビーム	12m	—	—	6.6トン 15kW	事業停止、DishNetworksに譲渡

7

商用衛星通信システムの技術

(米国、欧州、アジア向け)

衛星名 (運営事業者)	通信方式	中継器方式	アンテナ方式	その他
GARUDA-1 (インドネシア; ACeS)	GSM900デュアル	—	88素子ダイポールフィードアレイ Folding-Rib型展開アンテナ	—
Thuraya (アラブ首長国連邦; Thuraya Satellite Telecommunications)	GSM, GSMデュアル	—	128素子ダイポールフィードアレイ 展開型アンテナ	—
ICO-1 (米国; ICO North America)	DVB-SH, GMR-1	ベントパイプ方式	・46素子給電アレイ+反射鏡 ・GBBF方式	ファイダリンク: Ka帯 帯域幅750MHz

GBBF: Ground Based Beam Forming (衛星アンテナのビーム形成を地上での信号処理で行う方式)



Thuraya

8

商用衛星通信システムの性能

(米国、欧州、アジア向け)

衛星名 (運営事業体)	システム/サービス	サービスエリア	周波数帯	打上/サービス開始年	スポットビーム数	アンテナ径	回線数	伝送速度	衛星バス重量電力	その他
Eutelsat-W2A (Eutelsat / SES Global)	衛星系 (SDMB) と地上系 (3G/Beyond3G) 携帯電話を複合した移動体通信	ヨーロッパ地域	S	2009年にSea Launchで打上げ	6ビーム	12m	—	—	5.7トン 11kW	Solaris Mobileがライセンス
TerreStar-1&2 (米国; TerreStar Network)	MSS/ATCシステム	米国, カナダ, プエルトリコ	S	初号機は2009年7月に打上げ	北米500ビーム	18m	—	—	6.8トン 11.5kW	2010年倒産、DishNetworksに譲渡
SkyTerra-1, 2 & SA (米国/カナダ; SkyTerra (旧MSV))	MSS/ATCシステム	北米, 中米および南米	L	初号機は2010年打上げ	北米500ビーム	22m	—	—	5.4トン 14kW	GPSとの干渉あり、2012年に倒産

9

商用衛星通信システムの技術

(米国、欧州、アジア向け)

衛星名 (運営事業体)	通信方式	中継器方式	アンテナ方式	その他
Eutelsat-W2A (10A) (Eutelsat / SES Global)	DVB-S, SH, E-SSA, ETSI S-MIM	—	—	6つのスポットビーム、S帯5MHzの3周波数再利用
TerreStar-1&2 (米国; TerreStar Network)	—	—	・78素子給電アレイ+反射鏡 ・GBBF方式	—
SkyTerra-1, 2 & SA (米国/カナダ; SkyTerra (旧MSV))	—	—	・82素子給電アレイ+反射鏡 ・GBBF方式	—

GBBF: Ground Based Beam Forming (衛星アンテナのビーム形成を地上での信号処理で行う方式)



TerreStar



SkyTerra

商用衛星通信システムの性能

(国内)

衛星名 (運営事業 体)	システム /サービス	サービス エリア	周波 数帯	打上/ サービ ス開始 年	スポッ トビー ム数	アンテ ナ径	回線数	伝送速度	衛星 バス 重量 電力	その他
N-STAR a,b (日本:NTT ドコモ)	移動体 衛星通 信	日本本 土および 概ね200 海里	S (フィ ーダ リンク はC)	1995年 8月、 1996年 2月	S:4ビ ーム、 C:1ビ ーム	2.6m × 3.5m (送信) 2.6m × 3.25m (受信)	S: 15MHz C: 72MHz	音声: 5.6kbps パケット: 上り8kbps/ 下り64kbps	約2ト ン/約 5,200 W	132°E 136°E
N-STAR c,d (日本:NTT ドコモ)	移動体 衛星通 信	日本本 土および 概ね200 海里	S (フィ ーダ リンク はC)	2002年 7月、 2006年 4月	S:4ビ ーム、 C:1ビ ーム	5.1m φ	S: 15+15 MHz C: 72MHz	音声: 8kbps パケット: 上り最大 144kbps/ 下り最大 384kbps	約1ト ン、 約2ト ン/約 2,400 W、約 12,00 0W	136°E 132°E

11

商用衛星通信システムの技術

(国内)

衛星名 (運営事業 体)	通信方式	中継器方式	アンテナ方式	その他
Nstar a,b (日本:NTTドコモ)	回線交換方式:FDMA(SCPC)、パケット交換方式:リターンリンク FDMA(SCPC)/フォワードリンク TDM	回線交換方式、パケット交換方式	—	—
N-STAR c,d (日本:NTTドコモ)	回線交換方式:FDMA(SCPC)、パケット交換方式:リターンリンク FDMA(SCPC)/フォワードリンク TDM	回線交換方式、パケット交換方式	—	—



N-STAR c



N-STAR d

12

その他のシステム(軍用)

性能

衛星名 (運営事業 体)	システム/ サービス	サービ スエリア	周波 数帯	打上/ サービ ス開始 年	スポッ トビーム 数	アンテ ナ径	回線数	伝送速 度	衛星バ ス重量 電力	その 他
Mobile User Objective System (MUOS) 米国、軍用	静止衛星シ ステム(4個の静 止衛星で全世 界をカバー)	グロー バル	UHF 上り: 300- 320M Hz 下り: 360- 380M Hz	2012年 (1号機)	16	約14m	4083※	2.4kbps- 384kbps	A2000M ハス6740 kg; 3812 kg (dry)	-

(※1衛星当たり同時接続回線数(回線当たり2.4kbpsの場合))

技術

通信方式	中継器方式	アンテナ方式	その他
SA-WCDMA (Spectrally Adaptive WCDMA)	ベントパイプ	マルチビーム+ 反射鏡アンテナ	Ka-band feeder link (上り:30-31GHz、下 り:20.2-21.2GHz)

通信・放送衛星開発プロジェクト

(総務省資料等に基づき作成)

1970年代 1980年代 1990年代 2000年代

通信衛星

- CS (1977年打上)
- CS-2a (1983年打上)
- CS-2b (1983年打上)
- CS-3a (1988年打上)
- CS-3b (1988年打上)
- JSAT-1, 2 (1989, 1990年打上)
- JSAT-3 (1995年打上)
- 4号, 1B号, 4A号
- JCSAT-2A (2002年打上)
- JCSAT-3A, 5A, RA, 85, 110R, 4B (2006, 2006, 2009, 2009, 2011, 2012年打上)
- N-STAR a,b (1995, 1996年打上)
- N-STAR c (2002年打上)
- N-STAR d (2006年打上)
- SUPERBIRD-1A, B (1989, 1990年打上)
- SUPERBIRD-A, B (1992年打上)
- SUPERBIRD-B2 (2000年打上)
- SUPERBIRD-C2 (2008年打上)

放送衛星

- BS (1978年打上)
- BS-2a (1984年打上)
- BS-2b (1986年打上)
- BS-3a (1990年打上)
- BS-3b (1991年打上)
- BSAT-1a, 1b (1997, 1998年打上)
- BSAT-2a, 2c (2001, 2003年打上)
- BSAT-3a, 3b (2003, 2010年打上)

技術試験衛星等

- ETS-I (1975年打上) 電波伝搬実験
- ETS-II (1977年打上) 電波伝搬実験
- ECS (1979年打上) 通信実験
- ECS-b (1980年打上) 通信実験
- ETS-V (1987年打上) 移動体通信実験
- ETS-VI (1994年打上) 固定・移動体通信実験
- COMETS (1998年打上) 通信放送技術衛星
- ETS-VIII (2006年12月打上) 移動体通信実験
- TRMM (1997年打上) 熱帯降雨観測衛星
- DRTS (2002年打上) データ中継技術衛星
- OICETS (2005年打上) 光衛星間通信実験
- WINDS (2008年打上) 超高インターネット実験
- 準天頂衛星(みちびき) (2010年打上)

技術試験衛星等の性能

衛星名・プロジェクト名	システム/サービス	サービスエリア	周波数帯	打上/サービス開始年	スポットビーム数	アンテナ径	回線数	伝送速度	衛星バス重量電力	その他
ETS-V	EMSS (Experimental Mobile Satellite System)	北太平洋/東南アジア	L(1.6/1.5 GHz) (フーダリンクはC)	1987	2	1.5m	3MHz(海事) + 3MHz(航空)	0.1k - 160k bps	550kg 1.1kW	—
ETS-VI	S帯移動体衛星通信システム	日本及びその近海	S(2.6/2.5 GHz) (フーダリンクはC)	1994	5	3.5m	5MHz	—	2000kg 4.1kW	—
ETS-VIII	S帯移動体衛星通信システム(衛星携帯電話)	日本及びその近海	S(2.6/2.5 GHz) (フーダリンクはKa)	2006	3	13m	2.5MHz/beam	0.05k - 1580k bps	3000kg 7.5kW	—
(参考) STICS (総務省研究開発施策)	地上衛星共用携帯電話システム	日本の排他的経済水域(想定)	S(想定)	—	100程度	30m	10000	10k bps	5.8トン 13kW	—

15

技術試験衛星等の技術

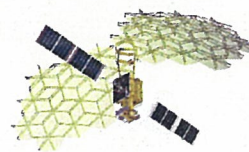
衛星名・プロジェクト名	通信方式	中継器方式	アンテナ方式	その他
ETS-V	FM, SSB, FSK, BPSK, QPSK, OQPSK, MSK	ベントパイプ	オフセットパラボラ反射鏡	—
ETS-VI	—	サテライトスイッチ	オフセットカセグレン反射鏡	—
ETS-VIII	BPSK, QPSK, OQPSK, $\pi/4$ QPSK, 8PSK, MBCM	ベントパイプ+再生中継	31素子給電レイ+オフセットパラボラ反射鏡	—
(参考) STICS (総務省研究開発施策)	—	デジタルチャネライザ	デジタルビームフォーマ+100素子級給電レイ+反射鏡	—



ETS-V



ETS-VI



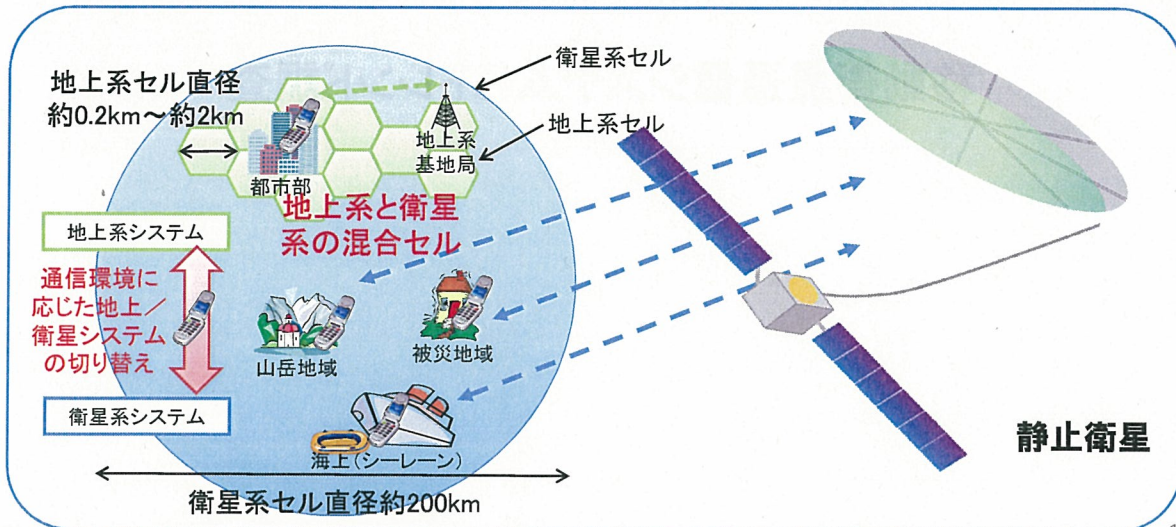
ETS-VIII

16

移動衛星通信の研究開発

■地上／衛星共用携帯電話システム(STICS) (平成20年度－平成24年度)

- 地上移動通信と衛星移動通信の周波数共用基盤技術の確立
- 地上系と衛星系の周波数の共用化により、周波数有効利用の促進と非常災害時通信の提供の同時実現が可能



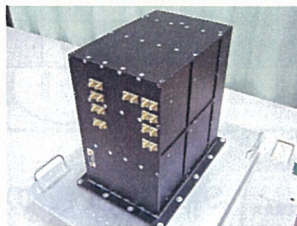
17

移動衛星通信の開発成果

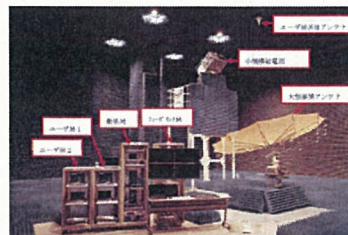
■地上／衛星共用携帯電話システム(STICS) (平成20年度－平成24年度)

- 鍵となる衛星搭載デジタル通信機器の基盤技術等を開発
- 100ビーム級対応のデジタルビーム形成装置、非常災害時等に柔軟なチャンネル割当が可能なデジタルチャネライザを開発し基本性能を確認

地上衛星デュアルモード・周波数共用型の携帯電話システムの実現に向け開発技術を活用可能



チャネライザ/デジタルビーム
形成装置

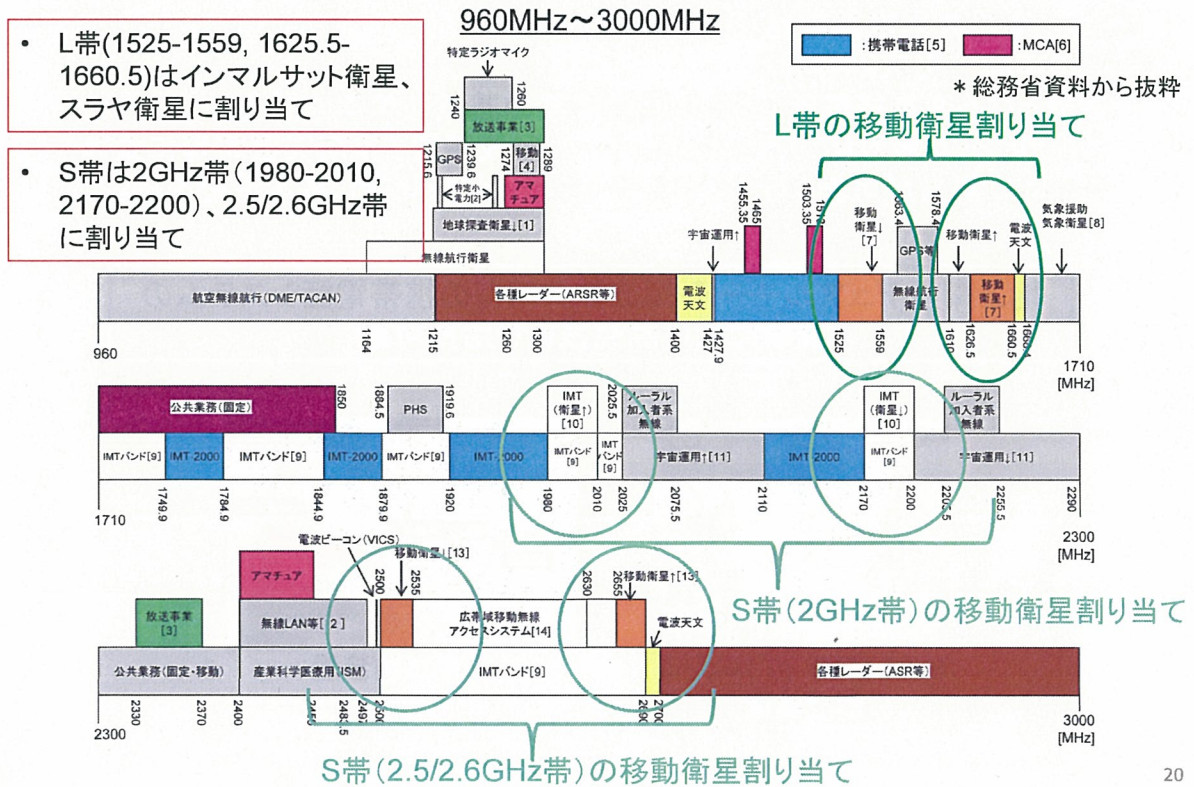


総合試験装置

18

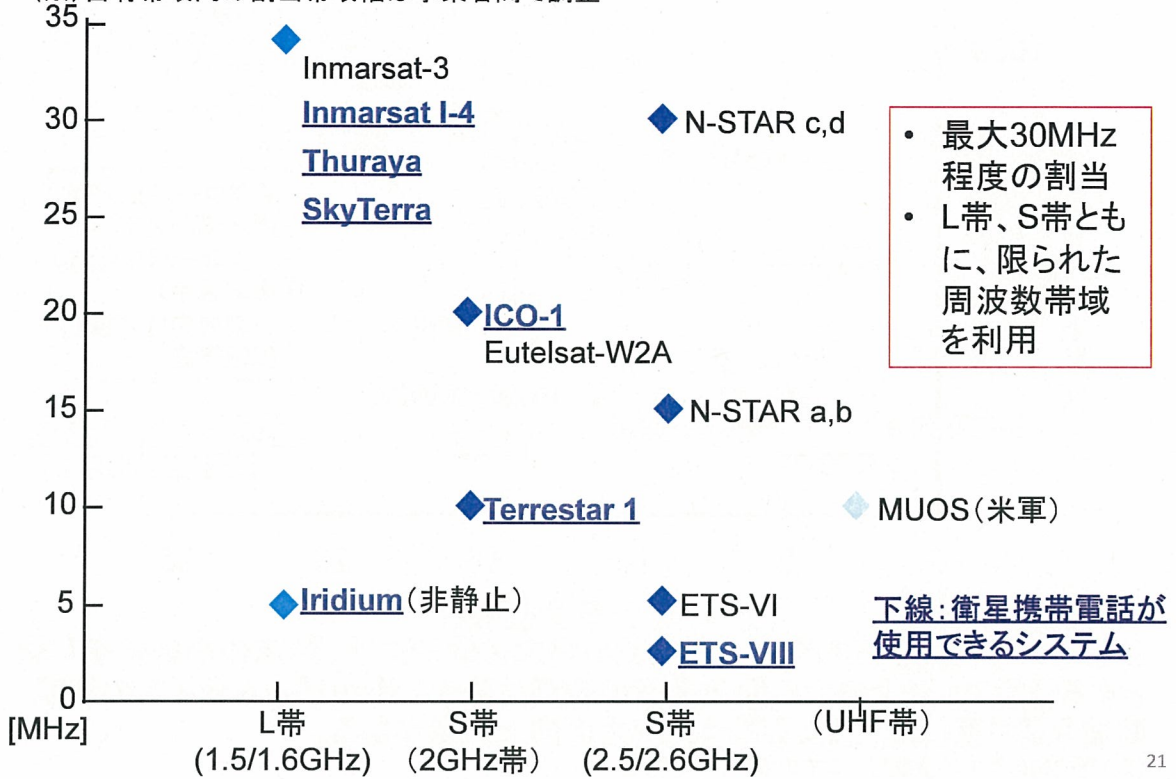
移動衛星通信システムのトレンド調査

日本における移動衛星業務の周波数割当状況

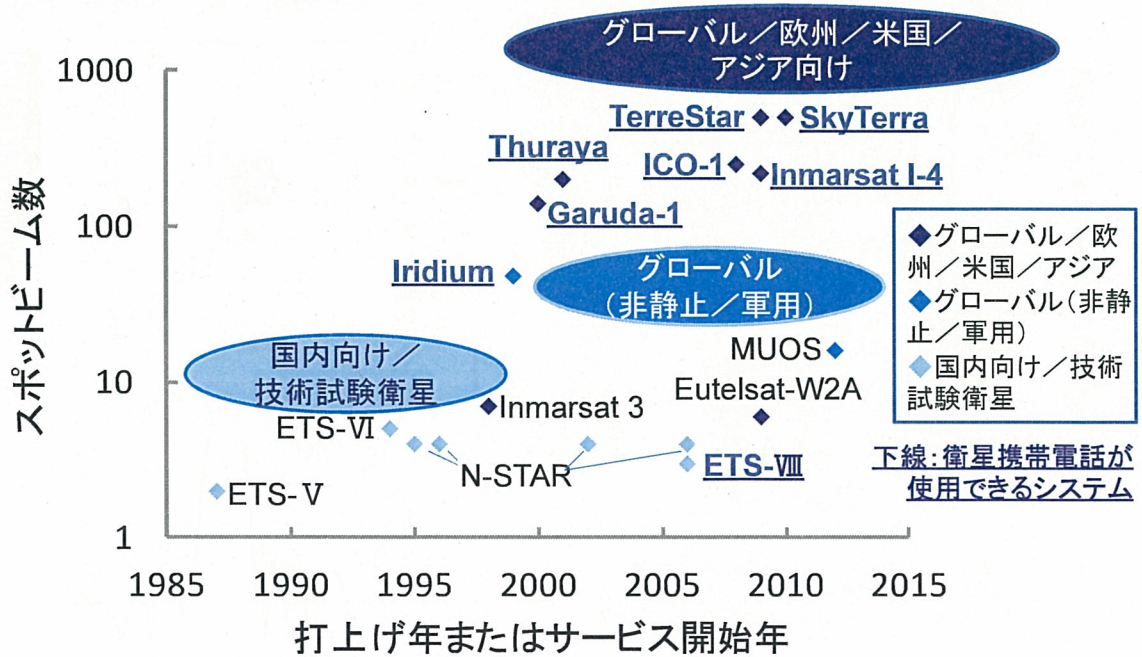


サービスリンクの占有帯域 (片側)

(※) 占有帯域内の割当帯域幅は事業者間で調整

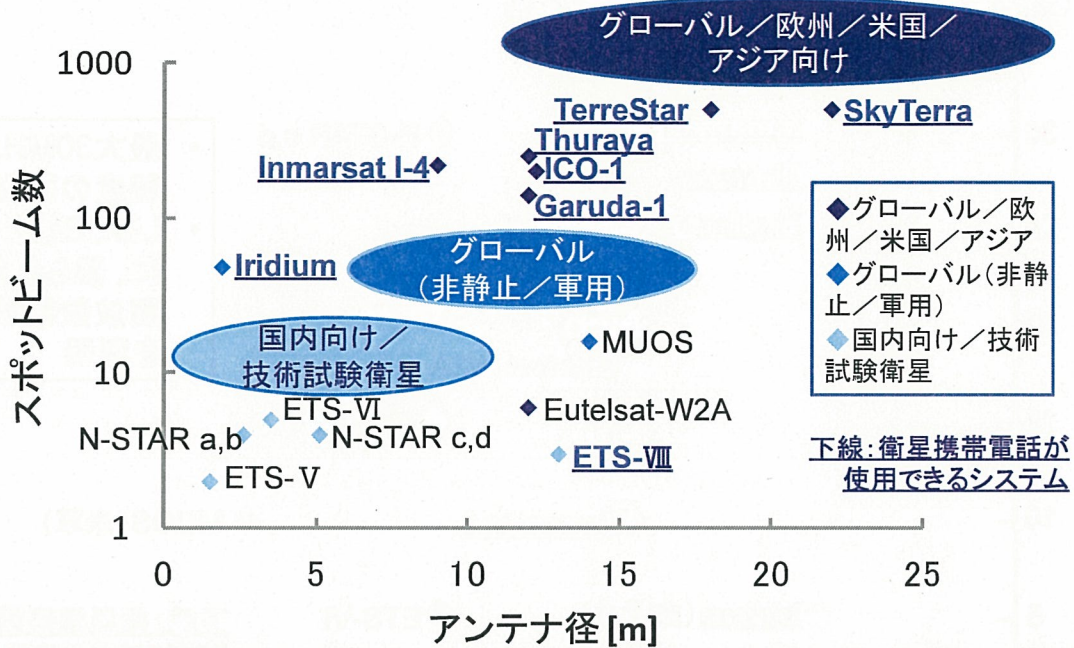


スポットビーム数



■ グローバル/欧州/米国/アジア向けの広域サービスで100ビームを超えるシステムが進展

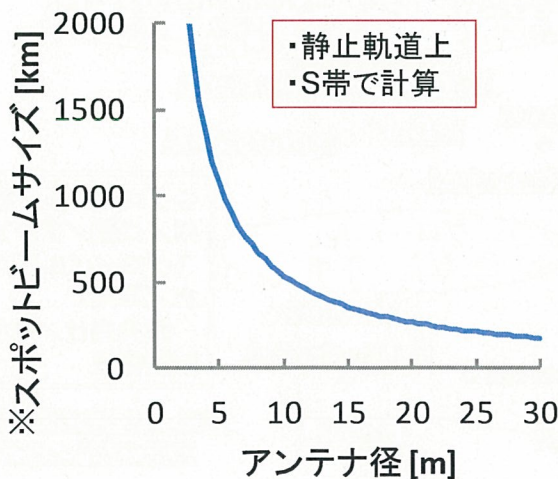
アンテナ径とスポットビーム数の関係



■ 広域サービスでのスポットビーム数の増大の背景には、端末の小型化を可能とする衛星アンテナの大口径化技術の進展に伴うスポットビームサイズの低減、周波数繰返し利用による回線収容力の向上効果がある。

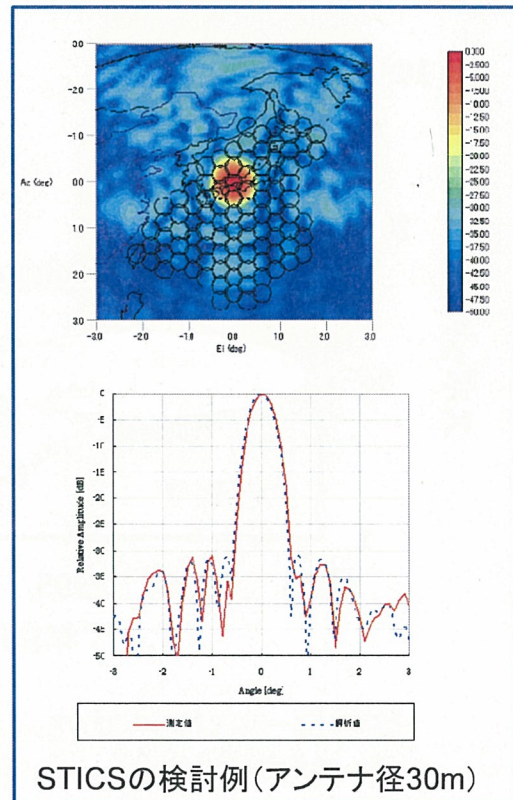
(※) 国内向け等では少数ビームでのサービスも有用

アンテナ径とスポットビームサイズの関係



■ 大口径のアンテナほど、スポットビームサイズは低減。

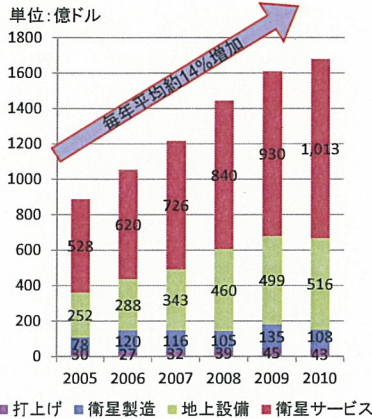
※ 静止衛星搭載アンテナから地表面に照射したスポットビームの直径 (簡易計算式による)



2-7. 世界の宇宙産業の動向

- 世界的に宇宙産業は今後も市場規模を増加していく見込み。
- 現在、最大の商業市場は、通信・放送衛星。近年、地球観測衛星の需要が拡大。
- 特に自国では衛星開発を行えない新興国市場は、今後10年で過去10年の4倍の需要が見込まれている。これらの国への積極的な海外展開が必要。

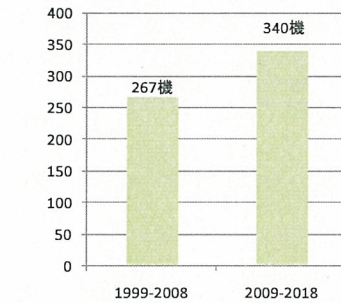
世界市場規模の推移



出所: Satellite Industry Association
[State of the Satellite Industry Report(2011)]

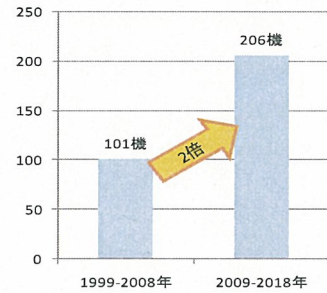
衛星需要予測

【通信・放送衛星需要予測】



出所: 2009 Commercial Space Transportation Forecasts

【地球観測衛星需要予測】



出所: Euroconsult

参考（日本の宇宙産業における通信衛星の寄与）

我が国の宇宙開発関連の部品・材料の競争力（輸出されている日本製宇宙用コンポーネント）

品名	メーカー	概要	世界シェア	販売数
衛星用スラスター	(株)IHI エアロスペース	衛星の軌道変更や姿勢制御を行うための小型ロケットエンジン	約20~25% (~2011)	累計116台 (2012年9月)
トランスポンダ	日本電気(株)/NEC東芝スペースシステム(株)	地上からの微弱な電波を受信し、増幅して地上へ送り返す中継器	約50%	累計 3000台以上
地球センサ	日本電気(株)/NEC東芝スペースシステム(株)	衛星自身と地球の相対位置を測定するための地表面を検知する赤外線センサ	約50%	累計344台 (2012年10月)
太陽電池パネル	三菱電機(株)	太陽光を電力に変換する衛星の電力源。大手衛星メーカーと長期契約	約41%*	衛星7機分 (2011年)
ヒートパイプパネル	三菱電機(株)	衛星内部にたまる熱を放出するためのヒートパイプを構造体パネルに埋め込んだもの。大手衛星メーカーと長期契約	約47%*	衛星8機分 (2011年)
リチウムイオンバッテリー	三菱電機(株)	太陽電池が発生した電力を蓄えて、太陽が当たらない時にも衛星の機能を保持するための電力源。軽量・長寿命を実現。大手衛星メーカーと長期契約	約47%*	衛星8機分 (2011年)
近傍接近システム	三菱電機(株)	宇宙ステーション補給機「こうのとり」が国際宇宙ステーションに接近する際に使用する通信装置。米国の無人輸送機「シグナス」が採用	-	9機分 (2009~2011年)
ロケットエンジン用バルブ	三菱重工業(株)	米国のデルタIVロケットの第1段主エンジン用の極低温推進薬弁などを供給	-	累計:エンジン33台 分打上げ済
ロケット用極低温推進薬タンク	三菱重工業(株)	米国のデルタIVロケットの第2段液体水素タンク(4m径)を供給	-	累計:ロケット12機分 打上げ済

*商用通信・放送衛星(静止衛星)におけるシェア
JAXA調べ

