

世界における衛星通信の動向

2018年12月14日

NTTデータ経営研究所

社会システムデザインユニット

倉澤 秀人 渡邊 敏康

目次

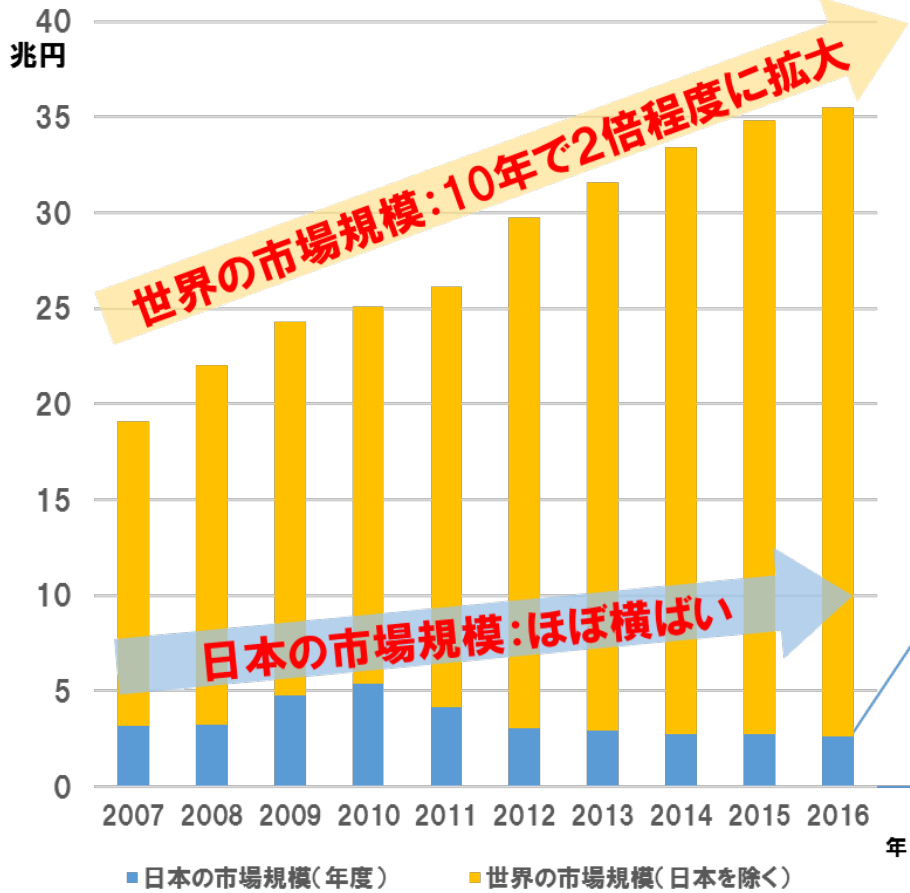
1. 宇宙産業の市場規模
2. 通信衛星の分類と特徴
3. 静止通信衛星のトピック
4. 非静止通信衛星のトピック
5. その他トピック …光通信と5G
6. 弊社の考え、課題・論点(案)

1. 宇宙産業の市場規模

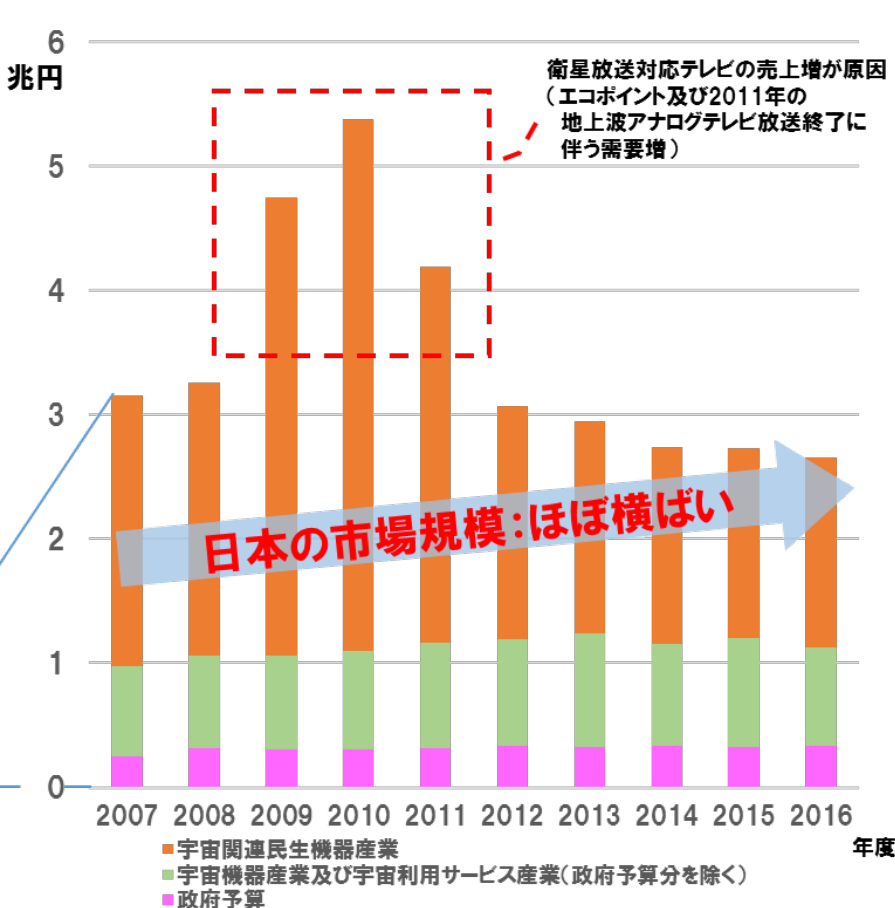
宇宙産業の市場規模

世界の宇宙産業はここ10年で2倍程度に拡大している反面、日本の宇宙産業はほぼ横ばいとなっている

世界の宇宙産業の市場規模



我が国の宇宙産業の市場規模

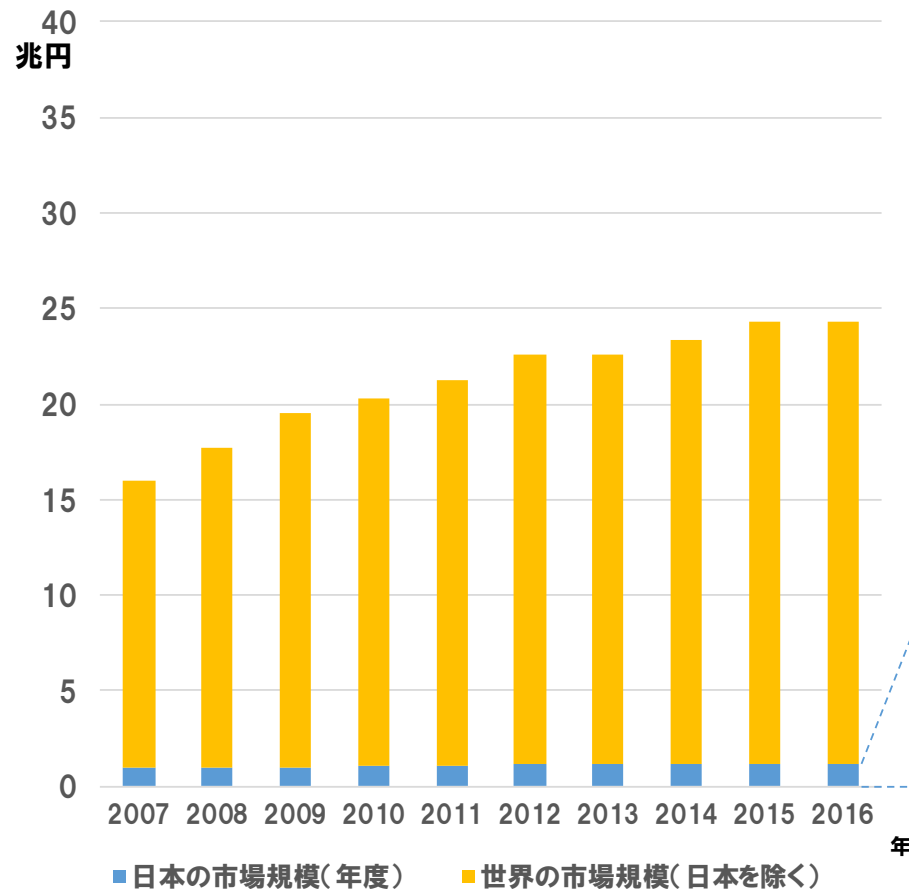


※注釈 (1) 全ての年を通じて1USD=¥108.84、1EUR=¥126.67(2016年平均TTM)を採用
 (2) 日本の値は全て年度、世界の値は年
 (3) 「世界の政府予算」には、SJAC資料を通じて明らかになっている米欧露加の4カ国分が含まれている

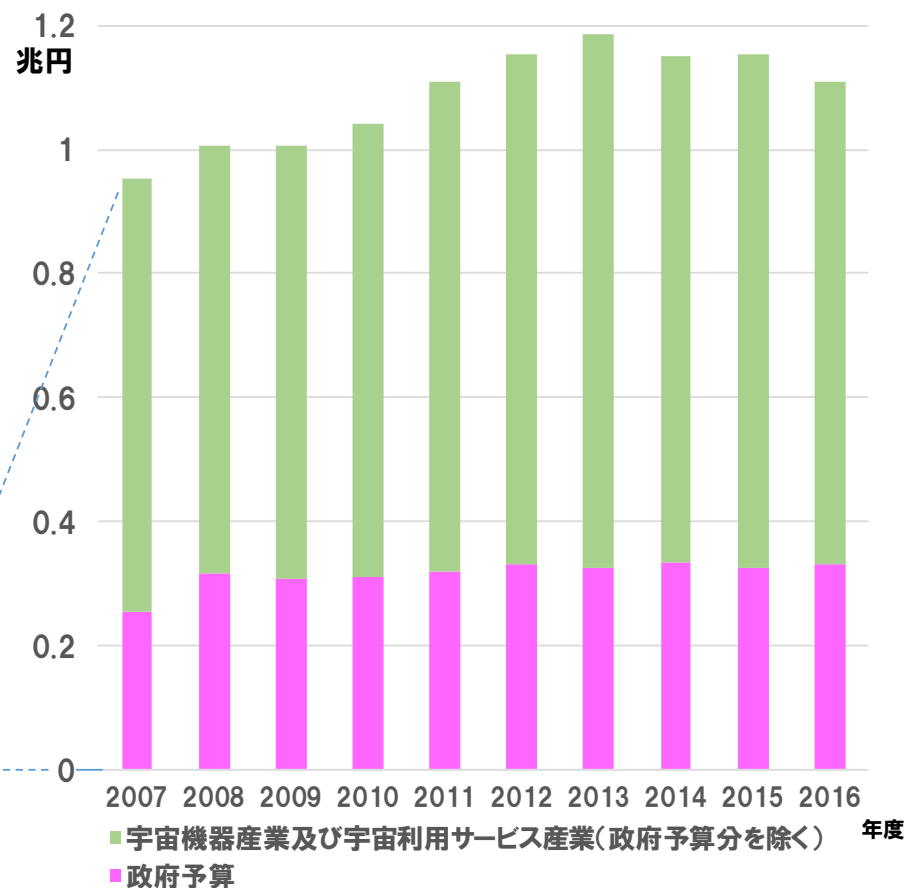
宇宙産業の市場規模(続き)

日本の政府予算が横ばいとなっている中、民間による通信分野を始めとする宇宙機器・宇宙利用サービス産業を拡大させていくことが今後の成長を左右していくものと想定される

世界の宇宙機器・宇宙利用サービス産業の市場規模



日本の宇宙機器・宇宙利用サービス産業の市場規模



※注釈 (1) 全ての年を通じて1USD=¥108.84、1EUR=¥126.67(2016年平均TTM)を採用
 (2) 日本の値は全て年度、世界の値は年

2. 通信衛星の分類と特徴

通信衛星の分類

これまで衛星通信の主役であった静止通信衛星に加えて、低軌道や中軌道に通信衛星のコンステレーションを配置する構想が進められている

静止通信衛星(GEO※1通信衛星)

概要

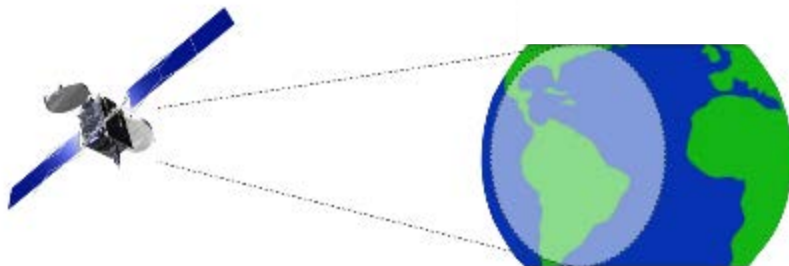
- 赤道上の約36,000kmに配置された地球の自転周期に同期しながら周回する通信衛星

※1 GEO(Geostationary Earth Orbit) : 静止軌道

特徴・傾向

- 地上から見ると常に一定の位置に衛星が配置されることから、地上との2点間通信を行なう際の中継局として活用されている

通信イメージ



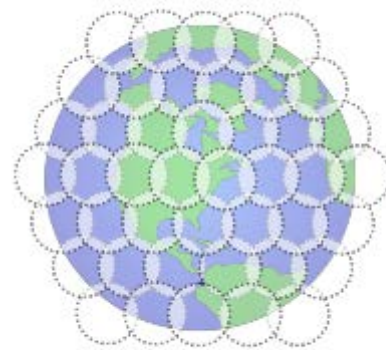
静止通信衛星のカバー範囲

非静止通信衛星コンステレーション

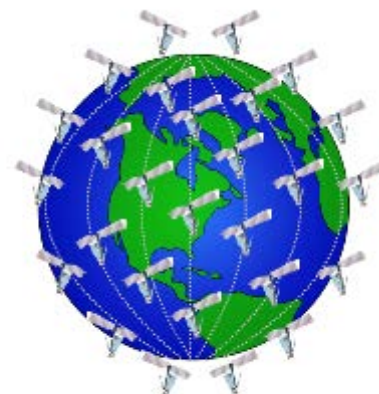
- 高度2,000km以下の低軌道(LEO※2)、或いは低軌道から静止軌道までの中軌道(MEO※3)に配置された通信衛星コンステレーション

※2 LEO(Low Earth Orbit) : 低軌道 ※3 MEO(Middle Earth Orbit) : 中軌道

- 多数の小型衛星をネットワーク化して通信システムを構成するコンステレーション計画の実装・配備の計画・構想が進められている



非静止通信衛星
コンステレーションの
カバー範囲



非静止通信衛星
コンステレーションの
軌道

通信衛星の需要予測

静止通信衛星の需要は依然として堅調。一方、OneWeb社をはじめとする通信衛星のコンステレーション計画によって配置機数が100機/年程度のペースで非静止通信衛星が増えていくことが予測されている

概要・特徴

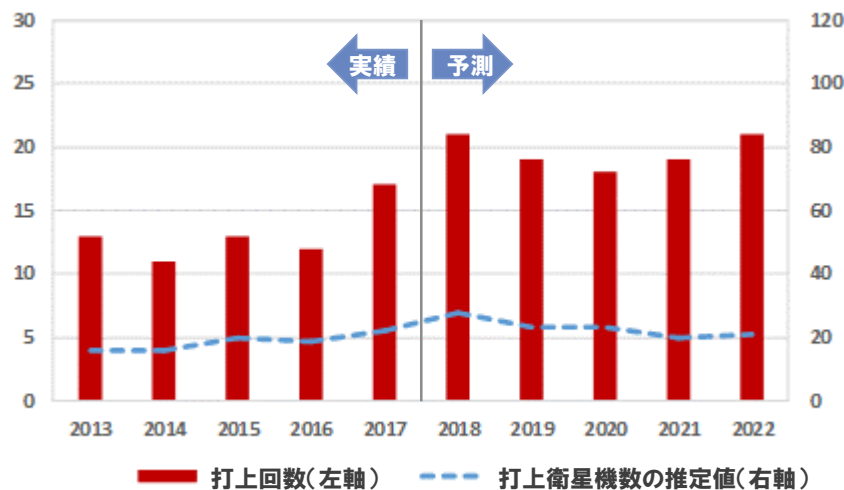
静止通信衛星(GEO通信衛星)

- 赤道上の約36,000kmに配置された地球の自転周期に同期しながら周回する通信衛星
- 地上から見ると常に一定の位置に衛星が配置されることから、地上との2点間通信を行なう際の中継局として活用されている
- これまでは主にC/Ku帯の周波数が用いられてきたが、近年ではKa帯を使用の上、多数のマルチビームと中継機を装備することで従来型の10倍以上の通信容量を実現したHTS(High Throughput Satellite)衛星の市場投入が、欧米勢を中心に進められている

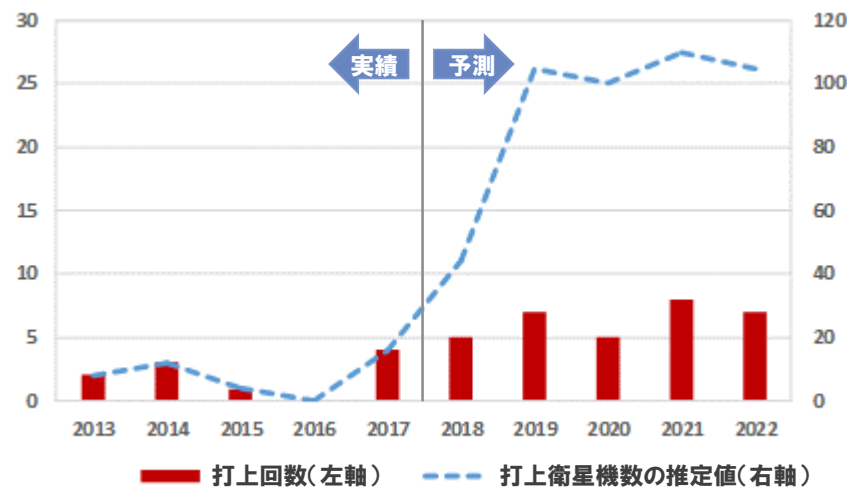
非静止通信衛星コンステレーション

- 高度2,000km以下の低軌道(LEO)、或いは低軌道から静止軌道までの中軌道(MEO)に配置された通信衛星コンステレーション
- 以前からもLEO/MEO通信衛星事業者は存在したが、近年における衛星及び通信技術の著しい進捗に伴い、LEO/MEOに配置した多数の小型衛星をネットワーク化して通信システムを構成するコンステレーション計画の実装・配備の計画・構想が進められている

需要予測



静止通信衛星の打上回数(実績と予測値)と年間の打上機数の推定値

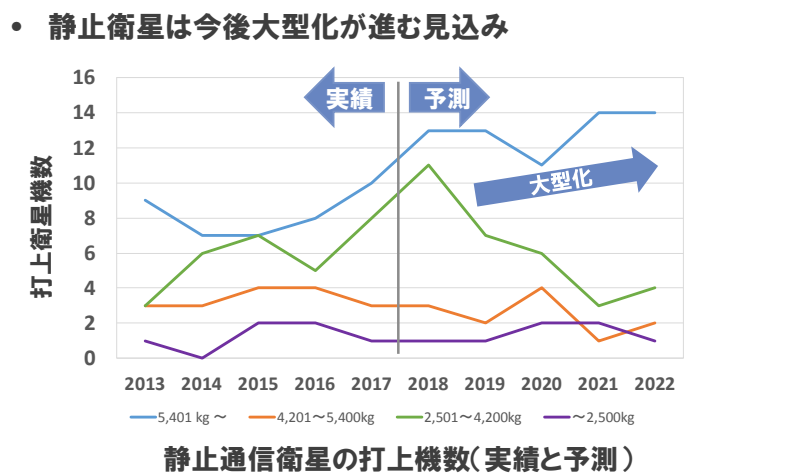


非静止通信衛星の打上回数(実績と予測値)と年間の打上機数の推定値

【参考】 静止通信衛星と非静止通信衛星の特徴

	静止通信衛星(GEO通信衛星)	非静止通信衛星コンステレーション
通信カバー時間	<ul style="list-style-type: none"> 24時間 	<ul style="list-style-type: none"> 一機あたり10~40分 ※主に衛星の高度による
往復所要時間※1	<ul style="list-style-type: none"> 600~800ミリ秒程度 	<ul style="list-style-type: none"> 30~50ミリ秒程度
コスト※2	<ul style="list-style-type: none"> 一機あたり: 5億ドル 1Gbpsあたり: 66万ドル 	<ul style="list-style-type: none"> 一機あたり: 50万ドル 1Gbpsあたり: 26万ドル
設計寿命	<ul style="list-style-type: none"> 約15年 	<ul style="list-style-type: none"> 約5年
メリット	<ul style="list-style-type: none"> 静止軌道に配置されるため、3機で(極地を除き)地球上のほぼ全球をカバー可能となる 地上から見て常に一定の位置にあるため、需要に応じたビームの割り当てが可能となる 	<ul style="list-style-type: none"> 極地を含む全球をカバー可能となる 静止軌道よりも地表に近く、低遅延での通信が可能となる
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 低軌道よりも地表から遠いため、遅延が大きい 極地がカバーされておらず、通信は困難 	<ul style="list-style-type: none"> 高度1,000kmのLEO衛星で地球全体をカバーするには、最低でも15機が必要とされている 地上からの視界が切れる度に次衛星への接続切替を要する 海面や低人口密度地域を周回している時間は効率が低くなる 地上側で衛星システム全体の統合的な制御が求められる

需要予測トピック



• 非静止衛星市場の増大はコンステレーション構想によるもの
 .. OneWeb、LeoSat、SpaceX、Telesat、等

非静止衛星の打上機数(2017年時点の予測)※3

2019	2020	2021
Iridium NEXT (2) - Falcon 9	OneWeb (2) - LauncherOne	Globalstar (6) - Soyuz
O3b (4) - Soyuz	OneWeb (2) - LauncherOne	O3b (2) - Soyuz
OneWeb (32) - Soyuz	OneWeb (32) - Soyuz	OneWeb (2) - LauncherOne
OneWeb (32) - Soyuz	OneWeb (32) - Soyuz	OneWeb (2) - LauncherOne
OneWeb (32) - Soyuz	OneWeb (32) - Soyuz	OneWeb (2) - LauncherOne
LeoSat (2) - TBD		OneWeb (32) - Soyuz
Spacebelt (1) - LauncherOne		OneWeb (32) - Soyuz
		OneWeb (32) - Soyuz

注: カッコ()内は機数



※1 Telesat社「Real-Time Latency Rethink Possibilities with Remote Networks」より
 ※2 欧州委員会「Low-Earth Orbit Satellites: Spectrum access」より
 ※3 米国FAA「The Annual Compendium of Commercial Space Transportation: 2018」より

3. 静止通信衛星のトピック

静止通信衛星の主要トピック … HTS衛星の市場投入

従前のC/Ku帯からKa帯の周波数への採用に加えて、スポットビームの小型化・多数配置化等によって高速大容量の通信を実現するHTS※1衛星の市場投入が欧米勢を中心に進められている


※1 HTS (High Throughput Satellite)

	従来の静止衛星	HTS衛星
		
周波数	<ul style="list-style-type: none"> C/Ku/Ka帯 	<ul style="list-style-type: none"> Ku/Ka帯
総スループット	<ul style="list-style-type: none"> ~10Gbps 	<ul style="list-style-type: none"> ~1Tbps
コスト※2	<ul style="list-style-type: none"> 2~3億ドル(射場含む) 	<ul style="list-style-type: none"> 3~5億ドル(射場含む)
メリット	<ul style="list-style-type: none"> カバレッジ範囲が広い 対応範囲が広いため、顧客探し及び獲得が容易 	<ul style="list-style-type: none"> 周波数帯域が高く大容量通信が可能のため、容量あたりのコストは安価 周波数を繰り返し利用することが可能
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> 通信容量が限られている 効率性が低い 	<ul style="list-style-type: none"> 製造コストが高い Ka帯のHTS衛星を投入する場合、新たな地上局も必要になる可能性がある

※2 Euroconsult社「FUNDAMENTALS AND DYNAMICS OF THE SATELLITE COMMUNICATIONS BUSINESS」より

2000年代


- Ku/Kaのハイブリッド型
- 低電力、ビーム幅増
- 総スループット:最大2Gbps
- ※ビームあたり125MHz



AMC-16
(Lockheed Martin製)
打上:2004年12月

2010年代


- Ka帯に一本化
- 総スループット:最大10Gbps
- ※ビーム(DL)あたり63~125MHz



WildBlue 1
(Space Systems Loral製)
打上:2006年12月

2010年代


- Ka帯
- スポットビームの小型化
- 総スループット:最大150Gbps
- ※ビーム(DL)あたり500~1000MHz



Jupiter 1
(Space Systems Loral製)
打上:2012年7月

将来


- Ka帯
- スポットビームの小型化
- 総スループット:最大1Tbps



ViaSat 2
(Boeing製)
打上:2017年6月

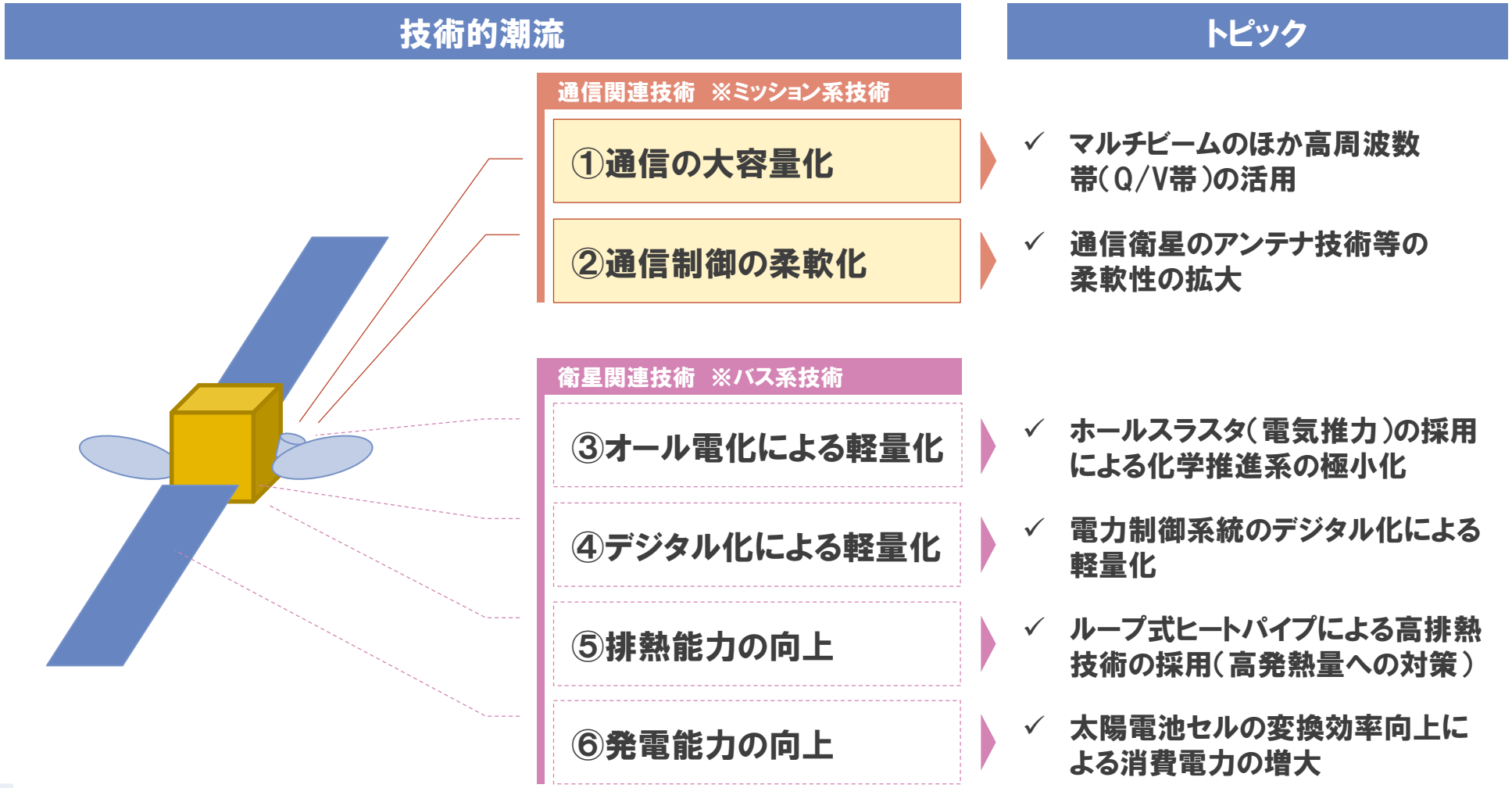
将来

- VHTS(Very High Throughput Satellite)の開発
- Q/V/W帯、更には光通信技術を活用



Eutelsat Connect VHTS
(Thales Alenia Space製)
打上:2021年予定

通信の大容量化や通信制御の柔軟化に向けた技術開発が進められている



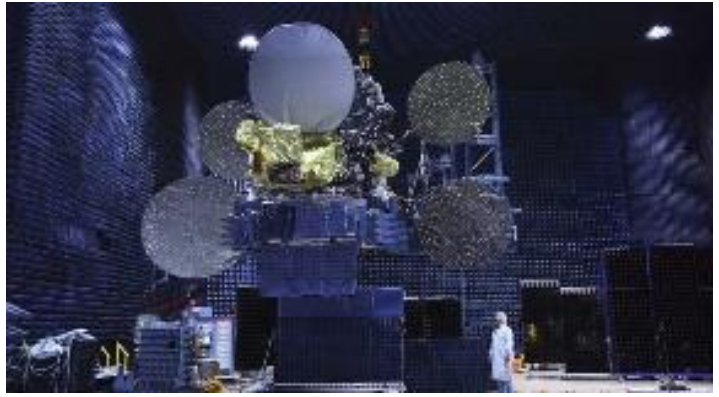
欧米勢を中心にQ/V帯の活用に向けたプロトタイプ検証が進められている

大容量通信を実現するための高周波数帯(Q/V帯)の活用

■ Q/V帯の実証用ペイロードを搭載した通信衛星の検証が進められている

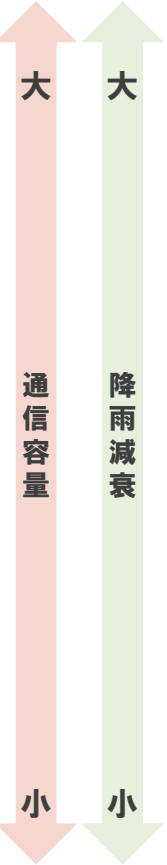
- Alphasat^{※1} が2013年7月が打ち上げ
- Eutelsat 65 West^{※2} が2016年3月に打ち上げ

※1 Thales Alenia Space製
 ※2 Space Systems Loral製



Eutelsat 65 West

周波数帯	周波数帯	備考
W帯	70/80GHz	<ul style="list-style-type: none"> 回折性が少ないため、妨害を受けにくい 降雨減衰が大きい
Q/V帯	40/50GHz	<ul style="list-style-type: none"> HTS衛星の多くで使用される見込み 小口径アンテナを用いた大容量通信に適する
Ka帯	20/30GHz	<ul style="list-style-type: none"> 多くの従来型静止衛星で現在使用されている 一般家庭向け配信用途など
Ku帯	12/14GHz	<ul style="list-style-type: none"> 降雨減衰に強く、主に防衛通信等で利用
X帯	7/8GHz	<ul style="list-style-type: none"> 降雨減衰に強く、(降水量が多い)アジアでのニーズが大きい
C帯	~4GHz	<ul style="list-style-type: none"> 通信容量が小さく、主に衛星音声放送や小型端末による移動体通信等で使用
S帯	~3GHz	
L帯	1.5/1.6GHz	



通信衛星のアンテナ技術等によって通信ニーズの面的・時間的な変動に対応した柔軟性の高い衛星通信の開発が(国内外で)進められている

通信制御の通信柔軟性の拡大

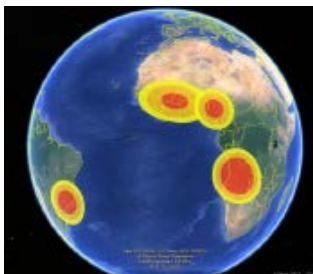
■ 2019年打上予定のEutelsat Quantum(Airbus製)は、Ku帯を活用した通信の柔軟性に特化した衛星として開発・準備が進められている

- HTSのトレンド(大容量・柔軟性)のうち、通信の柔軟性に特化させた衛星
- Ku帯のフェーズドアレイアンテナによって、地上の任意の場所に対するのダウンリンクを実現
- 周波数帯を10.7GHz~12.75GHzに可変可能な、垂直・水平それぞれ4本、合計8本の独立ビームを組み合わせることで実現

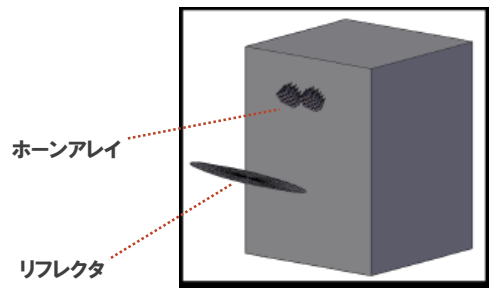


出典: eutelsat.com

Eutelsat Quantum(イメージ図)

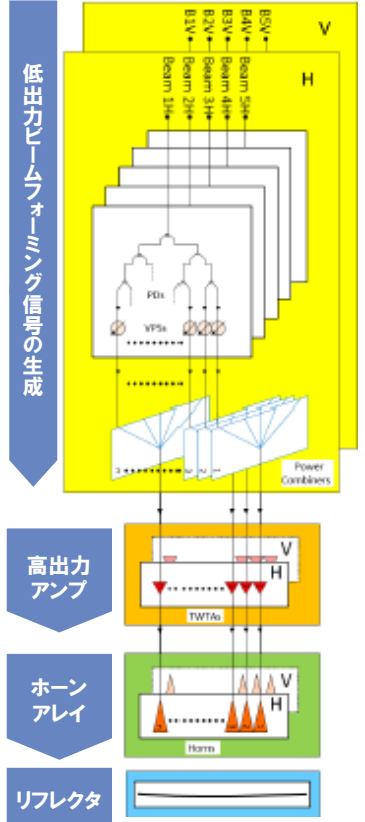


Eutelsat Quantumのビーム照射イメージ※1



Eutelsat Quantumダウンリンクアンテナの形状イメージ※2

- 低出力ビームフォーミング信号(垂直・水平4本)を高出力アンプにて増幅させている
- 各ホーンアレイの直前に高出力アンプをそれぞれ配置している
 - …ホーンアレイまでの出力信号の損失を極小化
 - …ホーンアレイ直前までは低出力システムにできることから、システム全体の低消費電力にも貢献
- 設置スペースや重量等を考慮しつつ、ビーム照射エリアを満足できるように、垂直・水平それぞれ4本、合計8本の独立ビームとしている
- 低曲率のリフレクタを用いて、各ビームを集約・照射させている



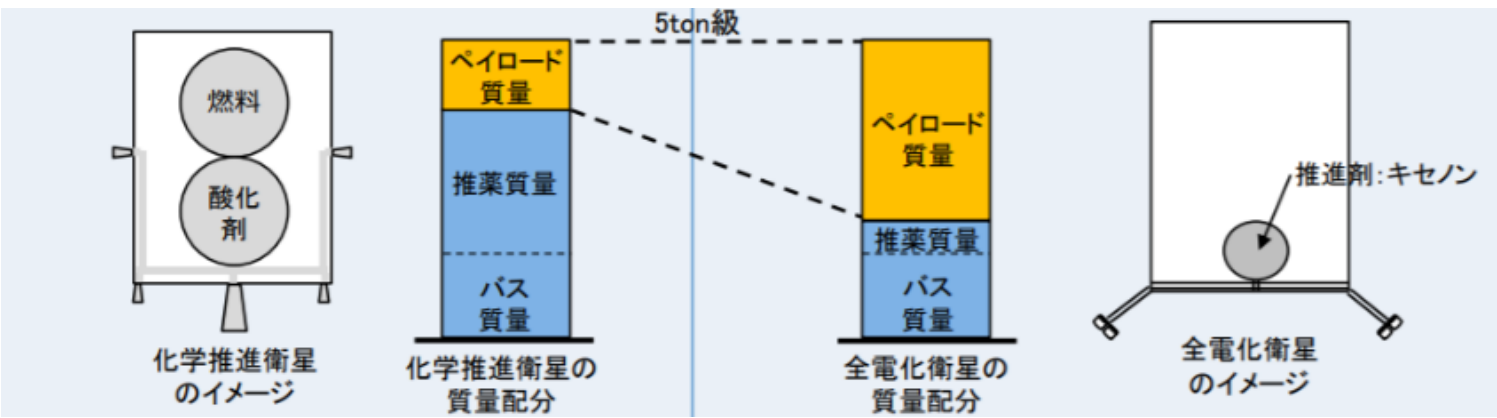
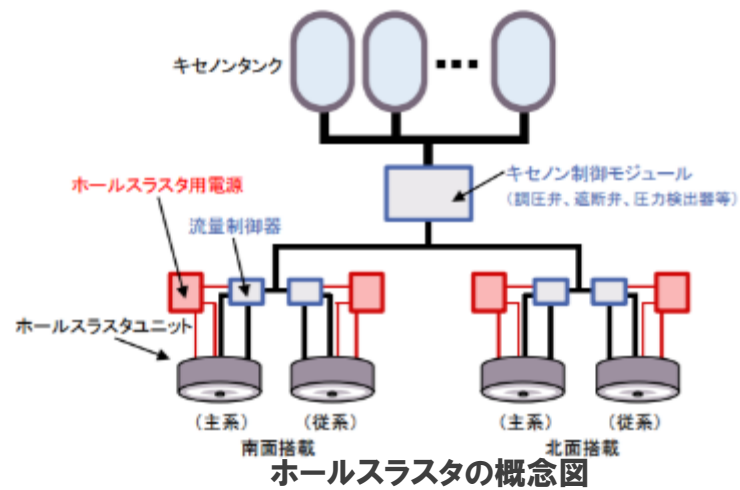
※1 H. Fenech et al "The Role of Array Antennas in Commercial Telecommunication Satellites" IEEE 2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)
 ※2 N. Gatti et al "Ku-band Downlink Reconfigurable Active Antenna for Eutelsat Quantum Mission" 2015 33rd AIAA International Communications Satellite Systems Conference and Exhibition

静止通信衛星の技術的潮流 …③オール電化による軽量化

ミッション機器の搭載比率の向上に向けて、オール電化による軽量化の取り組みが(国内外で)進められている

ホールスラスタ(電気推力)の採用による化学推進系の極小化

- オール電化衛星によって化学推進系の推薬質量を減らすことが可能になる
 - 従来の化学推進系の衛星の場合では、化学推進系が打上質量の半分程度を占めるとされている
 - 化学推進系の推薬質量を減らすことで、ペイロード質量の拡大が期待できる



質量配分

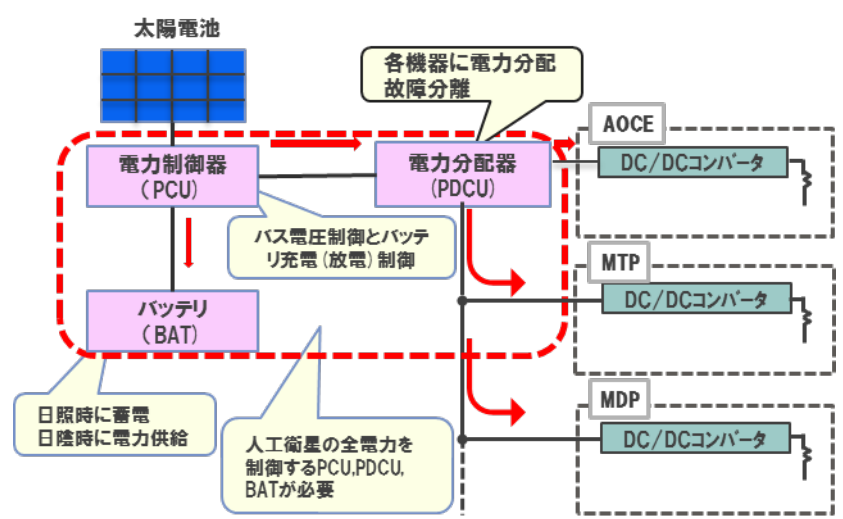
静止通信衛星の技術的潮流 …④デジタル化による軽量化

アナログ制御からデジタル制御によって、衛星バス系機器の軽量化によるペイロードに割り当て可能な質量の増大が(国内外で)進められている

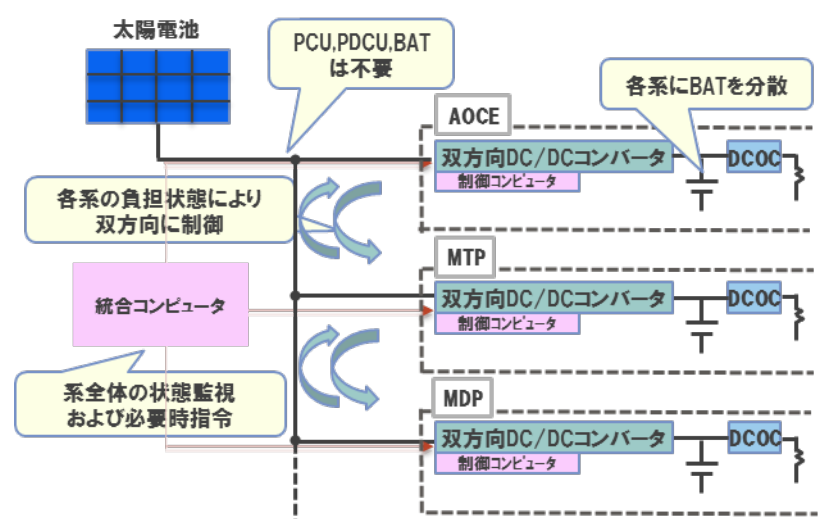
電力制御システムのデジタル化による軽量化

- PCU(電力分配器)が太陽電池による発電電力を制御して、バッテリーの充放電や各機器への電力供給をコントロールしている

- 電力制御システムのデジタル化によって、電力負荷対象をモニタリングして、バッテリー(重量物)等を介さずに最適な電力供給の制御を実現させる



従来の電力制御アーキテクチャ



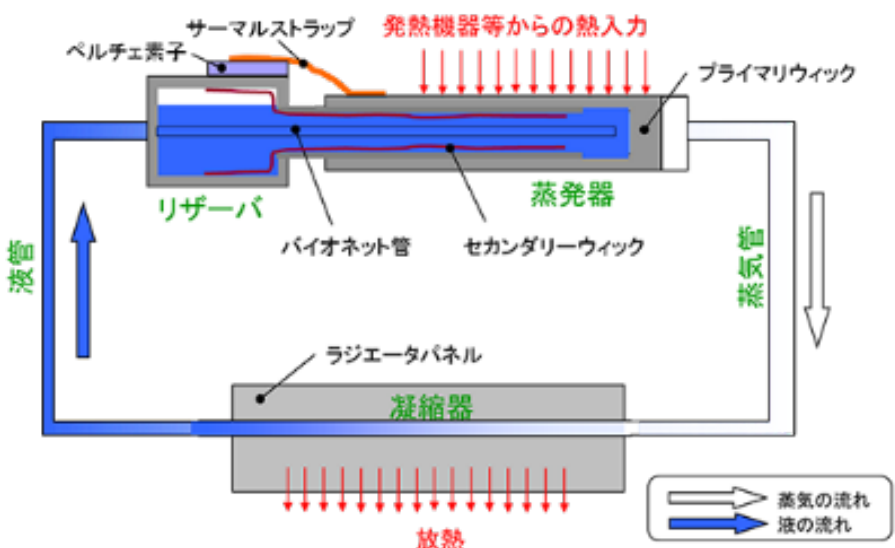
新たな電力制御アーキテクチャ

AOCE: Attitude and Orbit Control Subsystem(姿勢軌道制御系)
 MTP: Multi-mode Transponder(マルチモード統合トランスポンダ)
 MDP: Mission Data Processing Subsystem(ミッションデータ処理系)

発電能力の向上、並びに排熱技術対策は継続した研究開発が(国内外で)進められている

ループ式ヒートパイプによる高排熱技術の採用

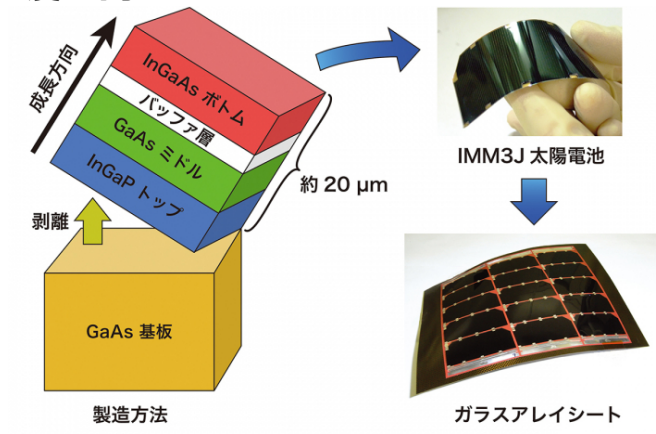
- ループ式ヒートパイプによって、従来のヒートパイプでは実現できなかったコンパクトな排熱レイアウトが可能になってきている
 - 作動流体の毛細管力および蒸発潜熱によって、熱入力のみで排熱駆動力を必要としないことが特徴
 - ポンプ等の作動流体の駆動部が不要なことから、熱システムのコンパクトと長寿命・高信頼性を両立



ループ式ヒートパイプの構成・動作原理

太陽電池セルの変換効率向上

- 有機金属の積層方法を改良することで、太陽電池セルの発電効率の向上させる取り組みが進められている
 - 有機金属(InGaP、GaAs、Ge)3種類の太陽電池の素材を150 μm程度の厚さに積層
 - 逆積み格子不整合型3接合(Inverted Metamorphic 3-Junction, IMM3J)という積層手法を日本が確立
 - 電気変換効率は、従前パネルの17%程度に対して33%程度へ向上



IMM3J太陽電池の製造方法と外観写真

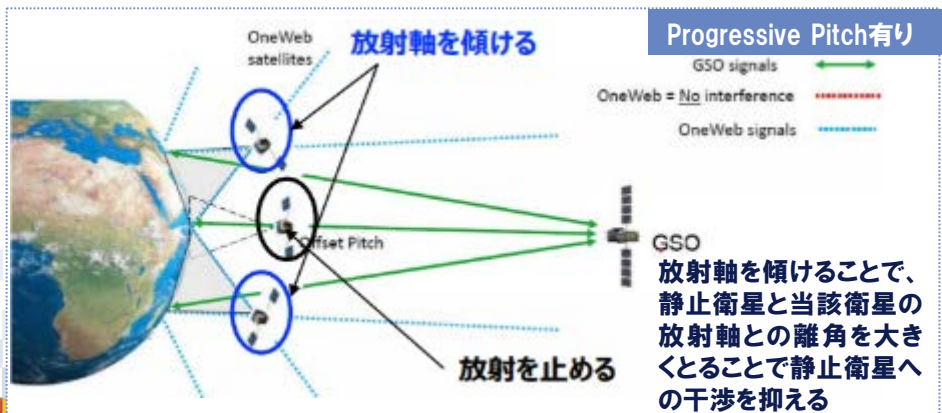
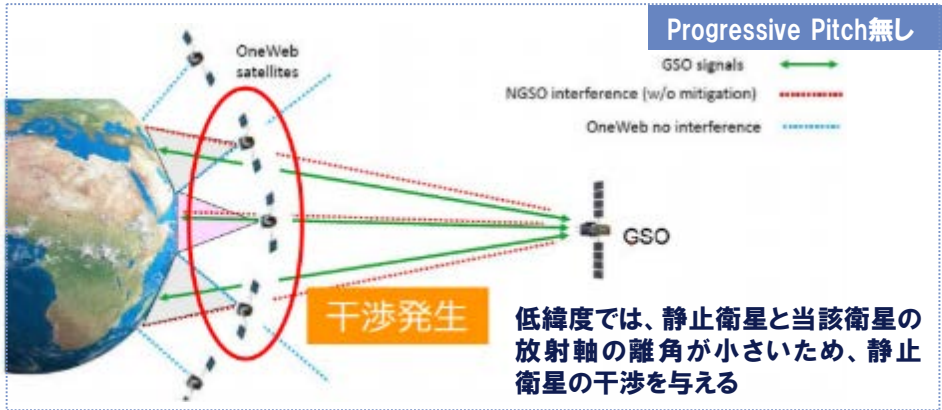
4. 非静止通信衛星のトピック

非静止通信衛星のトピック …コンステレーションにおける衛星間の協調・制御

静止衛星との電波干渉の防止技術や複数衛星間の協調制御に向けた取り組みが進められている

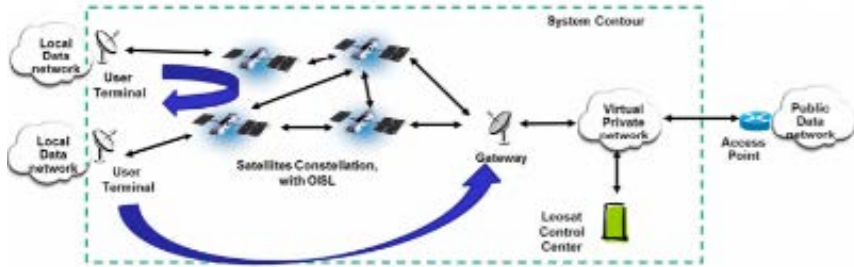
プログレッシブ・ピッチ(OneWeb独自)

- 静止通信衛星との電波干渉を防ぐために、自衛星の電波発射を一時的に停止または電波放射軸を傾ける



複数衛星及び地上局含めた総合システム制御

- 地上局を含めた統合システムとすることで、地上局からのコマンドやミッションデータの衛星間通信の取得即応性や軌道管理の最適化を実現させる



Leosatのシステム構成

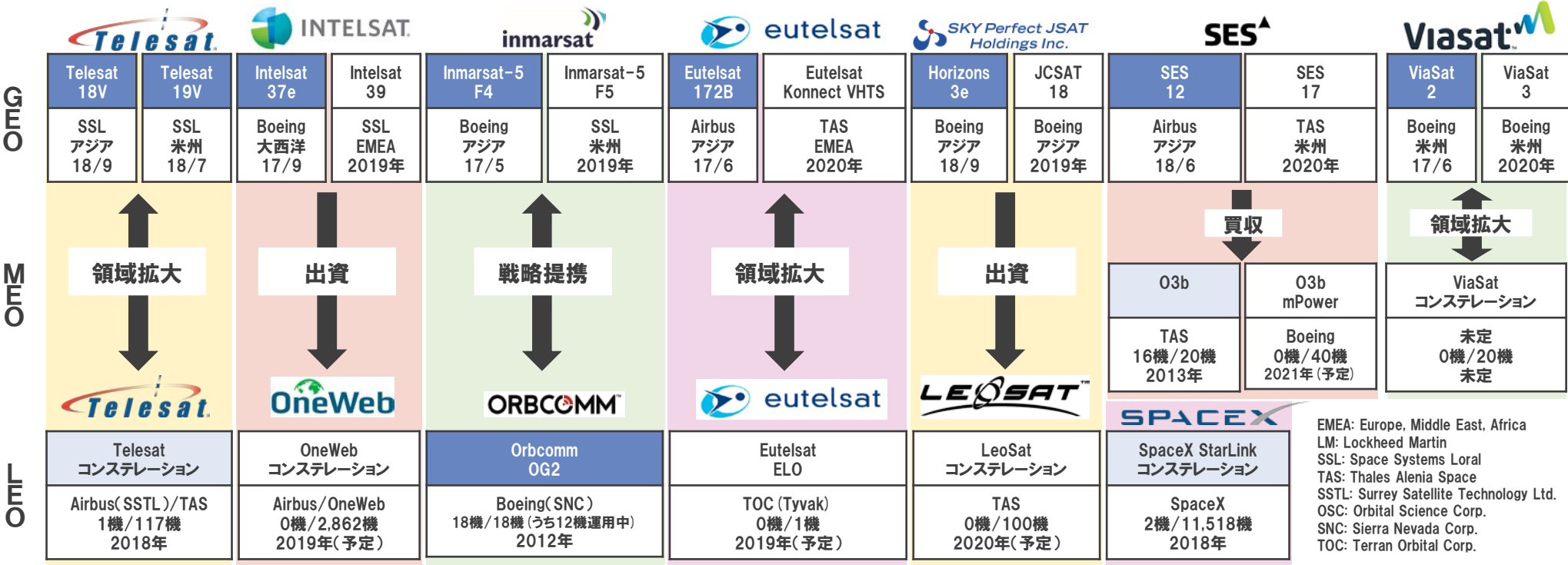
システム区分	従来型	コンステレーション対応
統合衛星管制系 (衛星管制系)	単独衛星のコマンド送信テレメトリモニタ	<ul style="list-style-type: none"> • 複数衛星同時処理 • 衛星バス運用計画ベースでの自動可視運用 • 衛星状態の児童監視
統合運用計画系 (ミッション運用計画系)	ミッション機器・バス機器の運用計画作成	<ul style="list-style-type: none"> • 総合システム運用計画作成 • ミッション要求の実行計画作成 • アンテナ利用計画作成
統合軌道管理系 (軌道系)	軌道決定、軌道管理	<ul style="list-style-type: none"> • コンステ軌道維持・監視 • 相対軌道管理
ネットワーク管制系	衛星管制系で使用局の選択制御	<ul style="list-style-type: none"> • アンテナ利用計画ベースの接続制御 • 回線軌道管理

地上局のコンステレーション対応

静止通信オペレータと非静止通信衛星コンステレーションとの連携

静止通信衛星を調達・運用してきた衛星オペレータは、非静止通信衛星コンステレーション事業者との連携強化を進めている

各オペレータの取り組み(例示)



凡例	【GEO】	【MEO/LEO】
	Telesat 18V SSL アジア 18/9	Orbcomm コンステレーション Boeing(SNC) 18機/18機(うち12機運用中) 2012年
	→衛星名称 (青:打上済、白:未打上) →製造メーカ →カバレッジエリア →打上年月(未打上の場合は予定年)	→衛星コンステレーション名称 (青:打上済、薄青:一部打上済、白:未打上) →製造メーカ(括弧書きは子会社) →打上済の機数/計画機数 →初号機の打上開始年(或いは予定年)

【参考】非静止通信衛星コンステレーション構想

主な非静止通信衛星コンステレーションの計画

名称	推定コスト※1	出資会社	機数※1	通信総容量※1	ステータス
LeoSat	35億ドル	スカパーJSAT	108機	1,000 Gbps	2019年より打上開始予定
OneWeb	35億ドル ※最初の640機分	ソフトバンク、Intelsat、Airbus、Qualcomm等	2,862機	20,000 Gbps	2019年より打上開始予定
SpaceX	100～150億ドル	Google、Fidelity	11,518機	103,662 Gbps	2018年にプロトタイプ2機を打上済
Telesat	N/A	N/A	117機	936 Gbps	2018年にプロトタイプ1機を打上済
Boeing	N/A	N/A	2,956機	26,604 Gbps	停止中
MSCI	N/A	N/A	84機	739 Gbps	不明
Xinwei	N/A	N/A	30機	90 Gbps	不明

※1 欧州委員会「Low-Earth Orbit Satellites: Spectrum access」より

➡ 米国FCCの申請基準が緩和※2されたことで、各社ともに計画機数が拡大傾向にある模様

※2 これまで申請機数の半分以上を申請日から「6年以内」に打ち上げる必要があったが、18年9月より「9年以内」に緩和された

【参考】非静止通信衛星の想定ユースケース

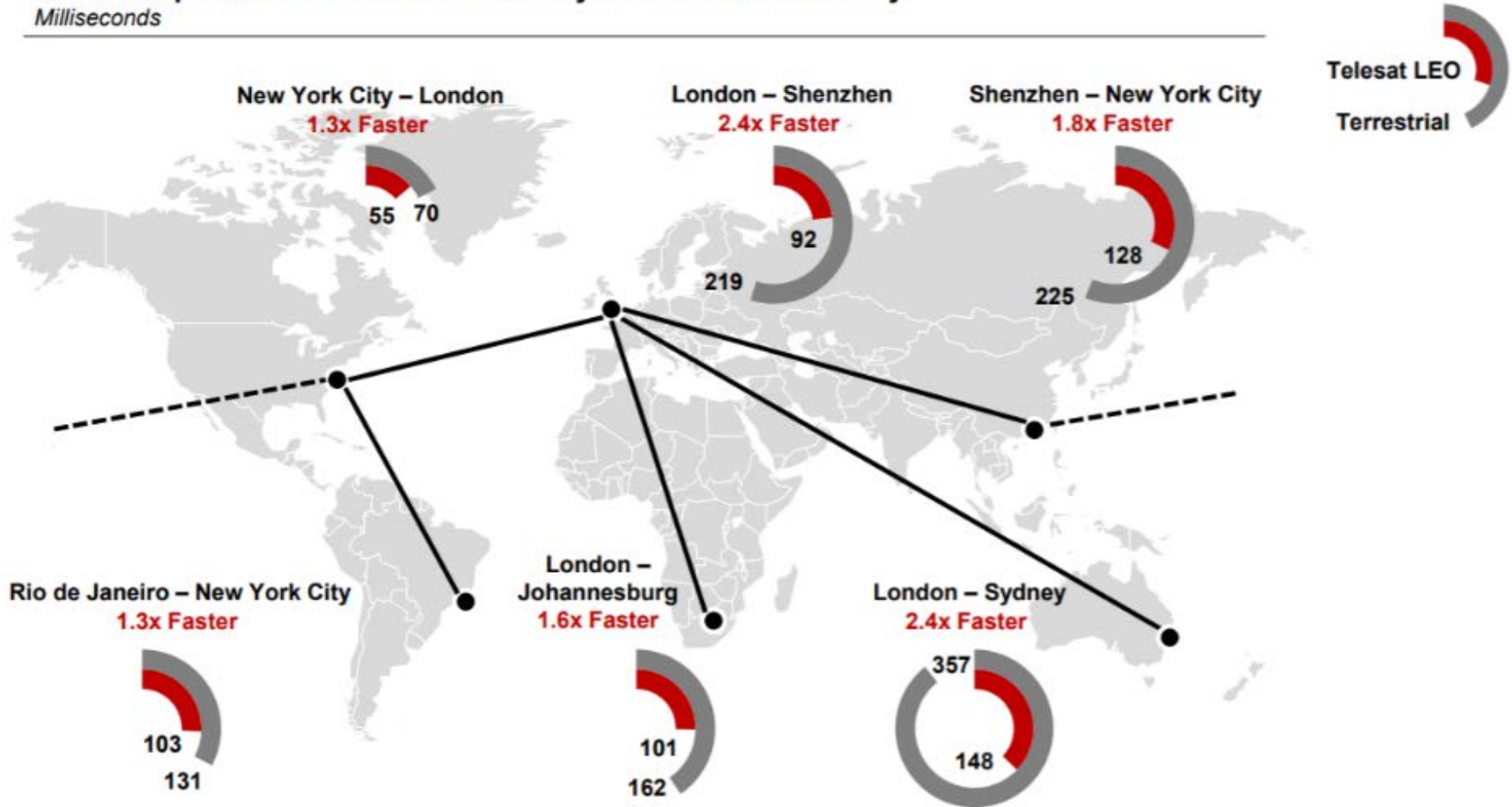
想定ユースケース(Telesat社の例)

セルラーバックホール		<ul style="list-style-type: none">• ユーザが低遅延でビデオチャットやSNSの利用が可能に• 簡素化かつ安定なネットワーク• End-to-endの暗号化に対応
海洋・船舶		<ul style="list-style-type: none">• 船舶内の高速インターネット• 気象情報及び航路情報提供• 業務用通信、リアルタイムの船舶監視(予防保全)
航空		<ul style="list-style-type: none">• 機内の高速インターネット• 気象情報及び航路情報提供• 業務用通信、リアルタイムの機体監視(予防保全)
過疎地		<ul style="list-style-type: none">• 過疎地の住民／中小企業への高速インターネット提供• 遠隔医療、遠隔教育 (デジタルデバイドの解消)
政府		<ul style="list-style-type: none">• UAVの精密な管理及びナビゲーション、リアルタイムの遠隔通信• 住民への高速インターネット提供
エネルギー		<ul style="list-style-type: none">• プラントの稼働状況のリアルタイムモニタリング• 業務の自動化、生産性の向上• プラント居住従業員満足度向上

【参考】低軌道通信衛星コンステレーション網と地上ネットワーク網の通信遅延(想定)の比較

Round Trip Time – Telesat LEO Latency vs Terrestrial Latency

Milliseconds



【Telesat社注釈】

- Telesat社数値は、データ処理含むネットワークレイヤ及び衛星間通信に要する時間を元に算出
- なお、衛星間通信が行われるトラフィックのみが算出の対象
- 地上ネットワークの数値は<https://wondernetwork.com/pings>より

5. その他トピック …光通信と5G

トピック1 …光衛星通信

これまでの衛星間通信や衛星・地上間通信を光通信へ置き換える、或いは併用していくことで通信速度の向上やシステム冗長性の確保等が見込まれる

衛星における光通信の特徴

通信の大容量化・高速化

- 光通信は電波方式に比べて周波数が高いため、伝送容量(=速度)は最大約20倍に上昇

【参考】衛星間通信速度(データレート)の比較

- データ中継技術衛星(Ka帯):240Mbps※1
- 光データ中継衛星(光):1.8Gbps※2

装置の小型・軽量・省電力化

- 光は、電波と比して(単位面積当たりで見た場合)より強い電力で照射が可能となるため、小型装置での高速伝送が可能

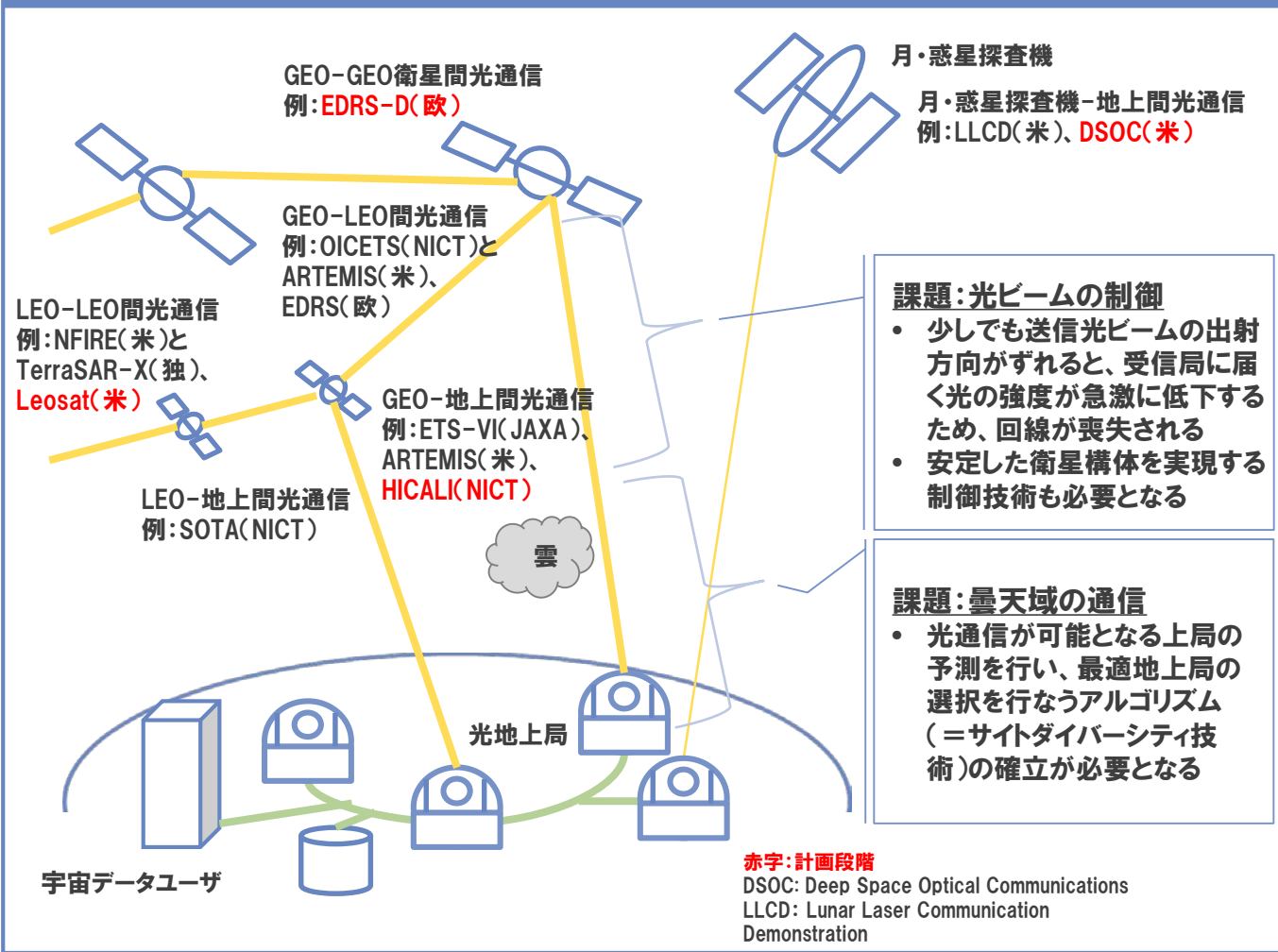
秘匿性の高さ

- ビームの指向性が高く、またビーム幅自体も狭いため、(ビーム近傍以外では)第三者による傍受が非常に困難となる
- また、電波と異なり光は壁を透過しないため、盗聴が困難

周波数調整が不要

- 電波の場合は周波数調整が必要だが、光通信は不要なため、衛星の迅速な開発が可能

衛星における光通信の各種活用形態



※1 JAXAデータ中継衛星こだま(DRTS)の諸元より: 240Mbpsはリターンリンク時、Ka帯(25.45~27.5GHz)、帯域幅344.6~353.0MHz

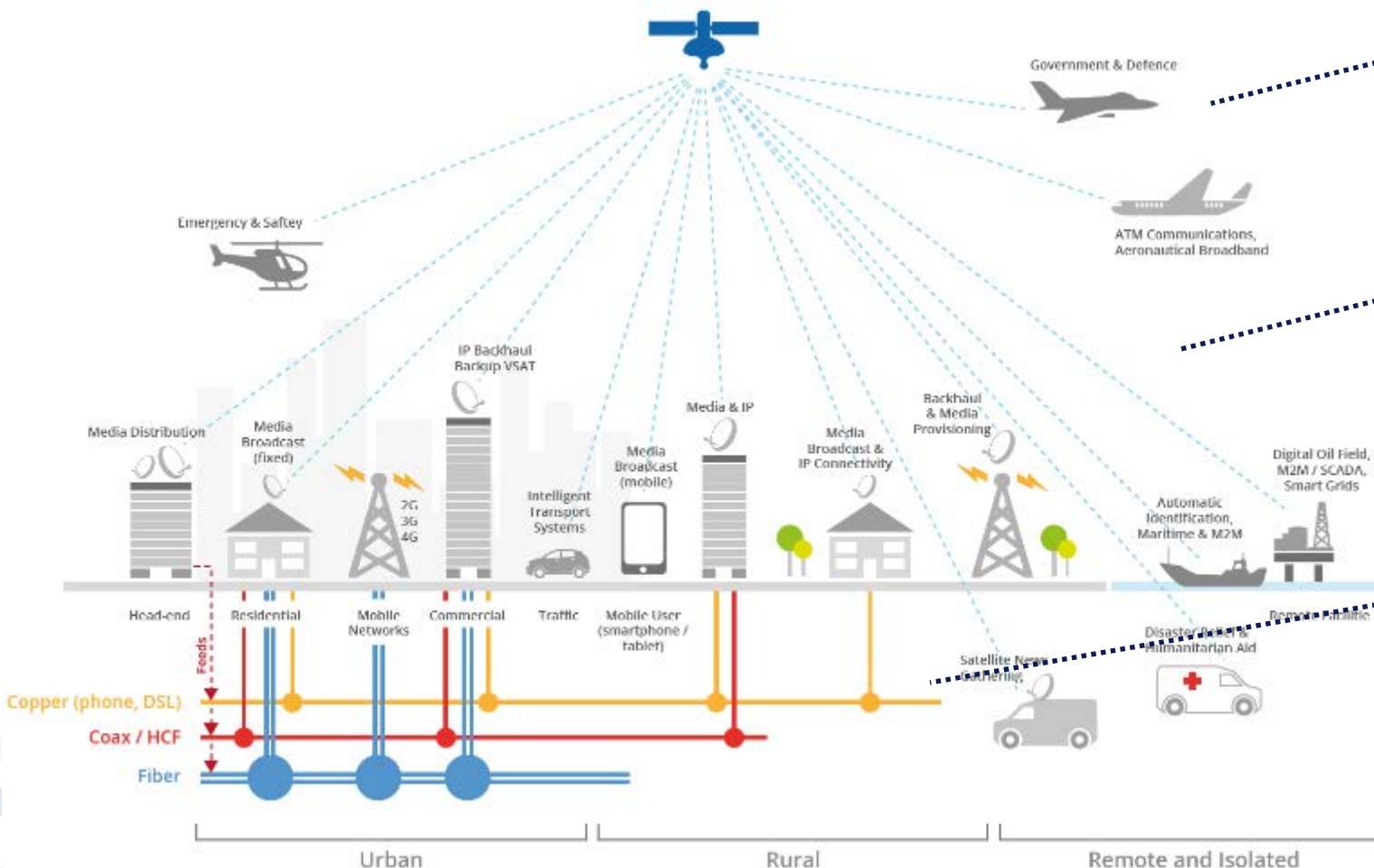
※2 JAXA光データ中継衛星の計画より

トピック2 …5G時代における衛星通信の位置づけ

5G時代において、地上の移動通信網の高速・大容量・低遅延を支える技術・インフラとして、衛星通信のあり方についての議論が始まってきている

5G次代における衛星通信の位置づけ(イメージ)

衛星通信の役割(想定)



① 可動性(Mobility)
地球上のどこを移動していた(いる)としても、通信を提供することが可能

② 広帯域性(Broadband) & 同時性(Simultaneity)

複数地点に対して、同時にマルチメディア及びその他コンテンツを効率的に配信することが可能

③ 偏在性(Ubiquity)
地上の通信網が存在しない過疎地や、逆に通信需要が供給量を上回る都市部、更にはネットワークダウンや災害時に至るまで、至る所に通信を提供することが可能

トピック2 …5Gと衛星通信の連携事例…SATis5(ESA)の取り組み

ESA ※1では、ARTES※2プログラムを通じて技術実証プラットフォーム「SATis5 ※3」を立ち上げて、5G時代の到来を踏まえた地上ネットワークと衛星通信間の連携可能性について検証を進めている

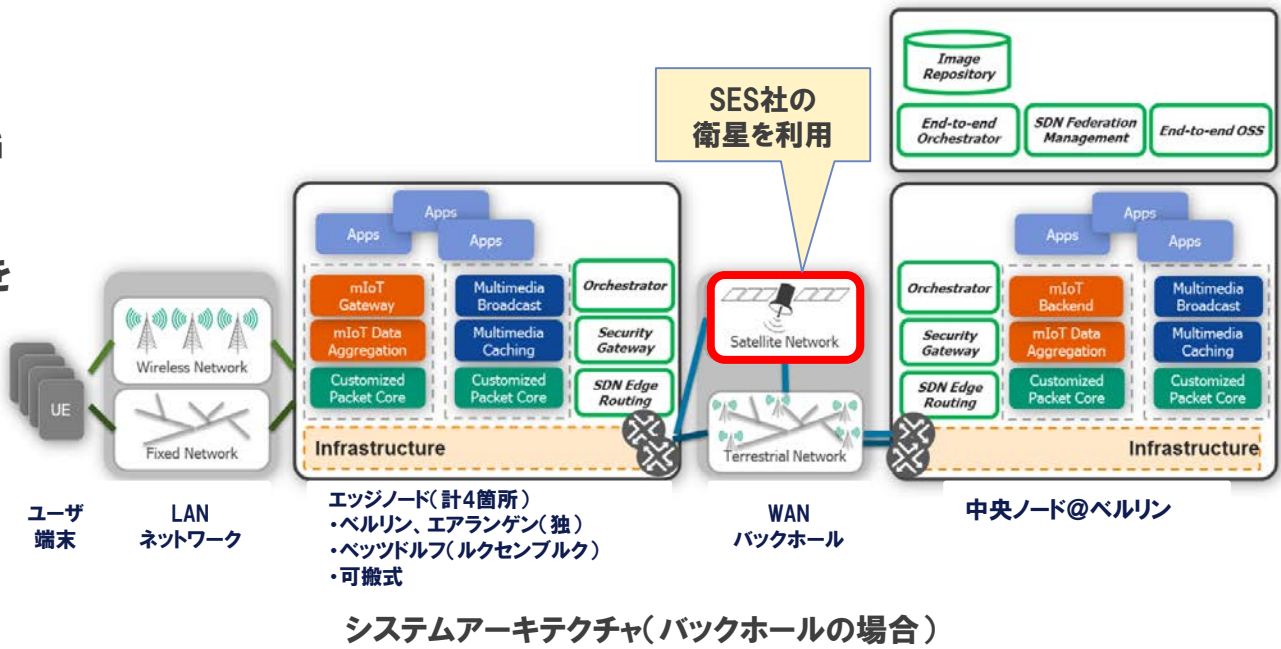
※1 ESA(European Space Agency) ※2 ARTES(Advanced Research in Telecommunications Systems) ※3 SATis5(Satellite-Terrestrial Integration in the 5G Context)

SATis5の概要

- 2017年10月からの24ヶ月間、5G環境における衛星通信のend-to-end検証を実施することとしている
 - ドイツ及びルクセンブルクの3都市と可搬式1台の計4拠点を、5G地上ネットワーク及びSES社の通信衛星網で接続
 - Eurescom※4(独)が主契約者、その他SES社(葡)に加えフラウンホーファー研究機構(独)やNewtec社(独)等が参画
 - 衛星によるバックホール通信と、ユーザ端末への直接通信の2モードを想定

- 2018年11月に、実証の第一弾がベルリンにて実施された
 - 移動通信を対象にして、衛星通信と5G地上通信の接続連携を確認

- 2019年も引き続き、各種シナリオを想定した実証実験が実施されていく見込み(※以下例)
 - 遠隔地におけるブロードバンド接続
 - 大量端末のM2M/IoT接続
 - 移動通信
 - 高トラフィック地域へのオフセット通信



システムアーキテクチャ(バックホールの場合)

※4 Eurescom: European Institute for Research and Strategic Studies in Telecommunications

トピック2 …5Gと衛星通信の連携事例...SaT5G(欧州委員会)の取り組み(1/3)

欧州委員会が助成する5GPPP※1プログラムの一環として、5Gネットワークへの衛星通信のシームレスな連携を目的としたSaT5G ※2プロジェクトが立ち上げられている

※1 5GPPP(5G Infrastructure Public Private Partnership) ※2 SaT5G(Satellite and Terrestrial Network for 5G)

目的

- 5G及び衛星通信に関する研究成果を踏まえ、5Gのネットワークアーキテクチャに衛星通信を組み入れたソリューションを評価、定義する
- 5Gのための衛星通信ネットワークソリューションの商業的価値を提案、開発する
- 特定された研究課題に重要となる技術要素を定義、開発する
- 実験環境で重要となる技術要素を検証する
- 特定の機能やユースケースの実証を行なう
- 当該分野におけるETSI(欧州電気通信標準化機構)及び3GPPの標準化活動に貢献する

コンセプト

- 5Gの三要件(※)のうち、SaT5GではeMBBに焦点を当てている
 ※eMBB(enhanced Mobile Broadband): 高速大容量
 URLLC(Ultra-Reliable and Low Latency Communications): 超高信頼低遅延
 mMTC(massive Machine Type Communication): 超大量端末
- 5Gのエコシステムにて衛星通信が機能すると考えられるユースケースを4つ選定し、詳細を検討



Trunking and Head-End Feed



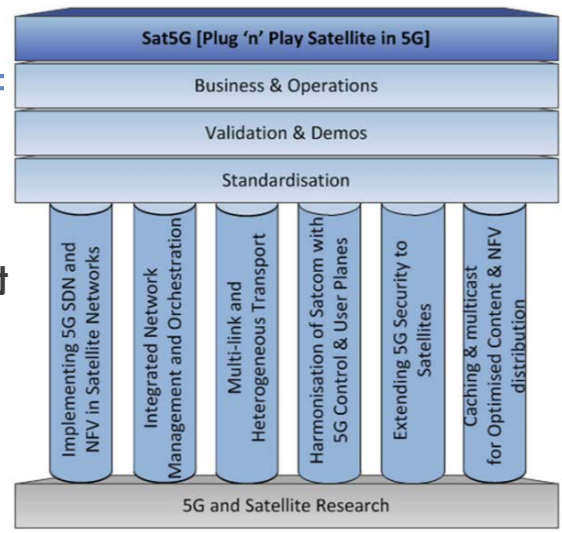
Backhauling and Tower Feed



Comms on the move



Hybrid Multiplay



SaT5Gの検討構造

参加者



トピック2 …5Gと衛星通信の連携事例…SaT5G(欧州委員会)の取り組み(2/3)

SaT5Gでは、5Gのネットワークアーキテクチャへ衛星通信を組み入れることを目標に位置づけて、衛星の利活用が想定される各ユースケースごとに検証を進めている

■ ユースケースは計4つ定義されている(ユースケース1以外はマルチキャスト)

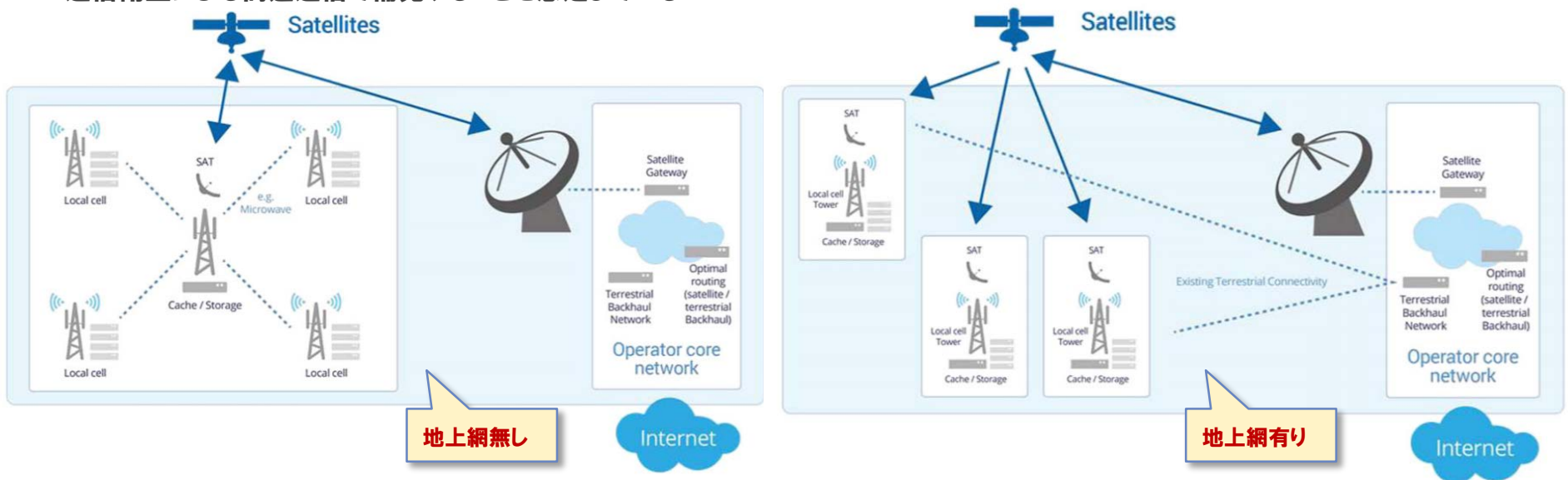
ユースケース1 …トランキング及びヘッドエンドフィード

- 動画、IoT、その他データを(通信衛星から)一旦中央局に下ろし、その後に地上通信網を通じ(隣村など)各地域の基地局に送信を行うユースケース
- 海上、湖上、山間部、農村部、過疎地といった、地上ネットワークが通っていない(或いは乏しい)地域の通信を、通信衛星による高速通信で補完することを想定している

ユースケース2 …バックホール及びタワーフィード

- 動画、HD/UHDテレビ放送といった同一の大容量データを、広範囲かつ同時多数の地上局に対してマルチキャスト通信を行なう際、衛星通信で地上通信の補完を行なうユースケース
- 生中継やオンデマンド中継/マルチキャスト放送、グループ間でのコミュニケーション通信をより効率的に実施することが可能になる

概要



トピック2 …5Gと衛星通信の連携事例…SaT5G(欧州委員会)の取り組み(3/3)

SaT5Gでは、5Gのネットワークアーキテクチャへ衛星通信を組み入れることを目標に位置づけて、衛星の利活用が想定される各ユースケースごとに検証を進めている(続き)

■ ユースケースは計4つ定義されている(ユースケース1以外はマルチキャスト)

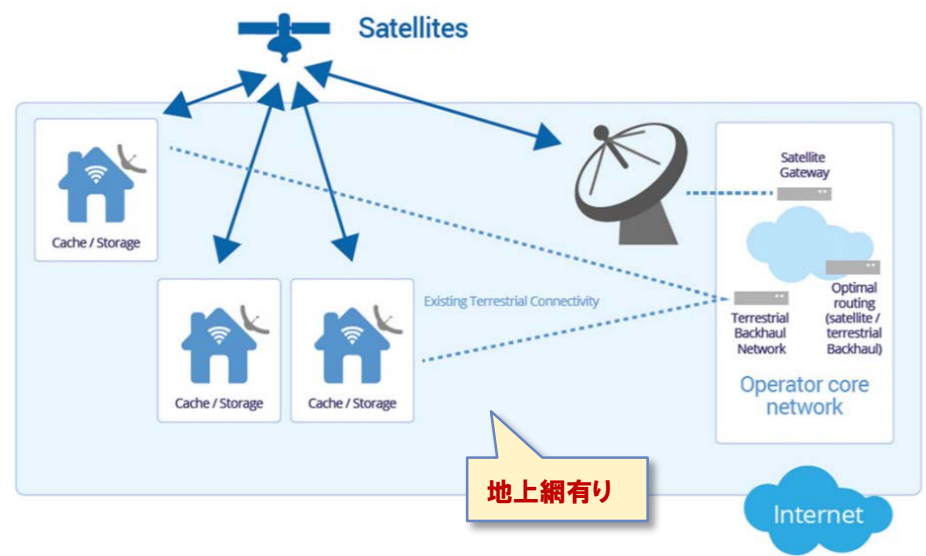
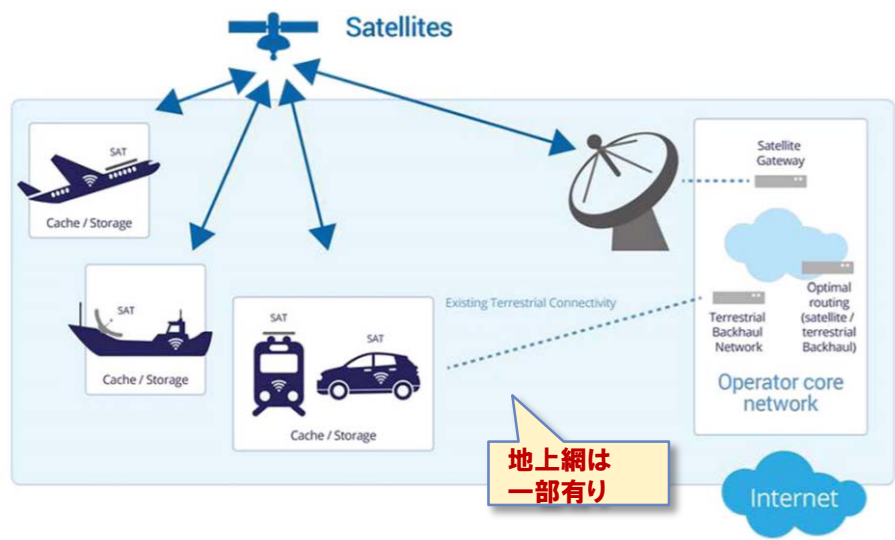
ユースケース3 …移動時の通信

- 広範囲かつ多数の移動局(飛行機、車両、電車、船舶等)に対して、動画、UD/UHDテレビ放送、クラウド関連といった同一大容量データを、通信衛星からマルチキャストで通信するユースケース
- 鉄道駅、港湾、コネクテッド・カーなどと、地上通信が通っている箇所については、衛星通信は地上通信の補完として機能する

ユースケース4 …ハイブリッドマルチプレイ

- 動画、HD/UHDテレビ放送といった同一の大容量データを、広範囲かつ同時多数の個人住宅やオフィスに対してマルチキャスト通信を行なう際、衛星通信で地上通信の補完を行なうユースケース
- 衛星通信は、地上ブロードバンド通信の補完として機能することになる

概要



6. 今後の課題・論点(案)

弊社の考え、課題・論点(案)

課題	論点(案)
<p>高速かつ、柔軟な通信の実現</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 非静止衛星のコンステレーションが世界各地で進められているが、衛星が同時にカバー可能なエリアの範囲や、HTSの進展から静止衛星は宇宙利用において引き続き重要な位置を占めるのではないか ● 静止衛星において衛星-地上間の通信容量(特に下り)を確保しつつ、目的に応じた通信を空間軸・時間軸でどのように実現していくか <ul style="list-style-type: none"> ➢ マルチビームや高周波数帯(Ka/Q/V帯等)を利用した高速通信衛星の普及と、それを見据えた衛星-地上局の役割分担や連携の方法の具体化が求められているのではないか <ul style="list-style-type: none"> ✓ 例えば、「Satellite-as-a-Service」といったAI/IoT/BD関連技術の活用による需要予測・シェアリング ✓ 具体的には… <ul style="list-style-type: none"> ・ 需要が大きい地域や時間帯をAIで予測して、通信ビーム自動生成や地上局を選択するアルゴリズムの確立 ・ 地上モニタリング情報やソーシャルビックデータと組み合わせた柔軟な衛星通信サービスの実現 <ul style="list-style-type: none"> ● 災害時や(降雨減衰をもたらす)曇天時の地上通信と衛星通信とのマッチングによる最適なネットワークリソース配分による高度化
<p>衛星同士、衛星-地上間の柔軟な通信経路のあり方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 静止衛星、非静止衛星、並びに地上系との連携が重要になってくるのではないか ● 5G時代における衛星間、衛星-地上間の通信経路のあり方をどのように考えていくか <ul style="list-style-type: none"> ➢ 静止衛星と非静止衛星コンステレーション間のネットワーク化を見据えた取り組みが必要ではないか <ul style="list-style-type: none"> ✓ ネットワークルーティング技術: 非静止衛星が有する大容量の情報を確実に衛星間が連携して地上へ伝達する技術の確立(例:DTN※1とICN※2の組み合わせ) ➢ 地上や衛星のデータ通信量の指数関数的な増加を見据えた取り組みが求められるのではないか <ul style="list-style-type: none"> ✓ 5Gモバイルバックホールをはじめ高速・多元接続・低遅延を見据えた衛星通信の果たすべき役割の獲得 ✓ 要素技術としての光通信技術の活用・発展 <p style="text-align: right; font-size: small;"> ※1 DTN(Delay Tolerant Network):遅延耐性ネットワーク ※2 ICN(Information Centric Network):情報指向ネットワーク </p>
<p>衛星通信のレジリエンスのあり方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 宇宙利用の役割や期待が増大している中、積極的に衛星の安定的運用を図っていくべきではないか ● 衛星の安全性を向上させるためには、今後どのような取組が必要か <ul style="list-style-type: none"> ✓ 衛星通信のセキュリティ対応 ✓ 衛星の安定的運用のための宇宙天気情報の積極的な活用 <ul style="list-style-type: none"> ・ 例:宇宙天気予報によって、衛星の搭載機器の予防保全や衛星間ネットワークの障害・影響度の予測への活用 ✓ 衛星-地上間の統合システムの冗長性、抗たん性の確保 ✓ ケスラーシンドロームを引き起こしかねないデブリへの対応



NTT DATA

Trusted Global Innovator