

# 衛星通信に関するトレンド

一般財団法人衛星システム技術推進機構  
Advanced Satellite Systems Technology Center (ASTECC)

2024年 2月

1. 市場トレンド
2. 将来トレンド
3. 技術トレンド
4. まとめ

論点	
市場トレンド	予算・マーケットの現状と将来予測 ➢ カテゴリにおける市場規模
将来トレンド	利用ニーズやサービス/アプリケーションの現状と将来予測 ➢ 利用のトレンド(サービス・アプリケーションの例) ➢ 供給のトレンド(各システムの現状と将来予測)
技術トレンド	「将来トレンド」の実現を支える技術 ➢ カテゴリにおけるキー技術の現状と今後 ➢ 影響力の大きい萌芽的技術



# (参考) 月近傍との電波・光通信の構想

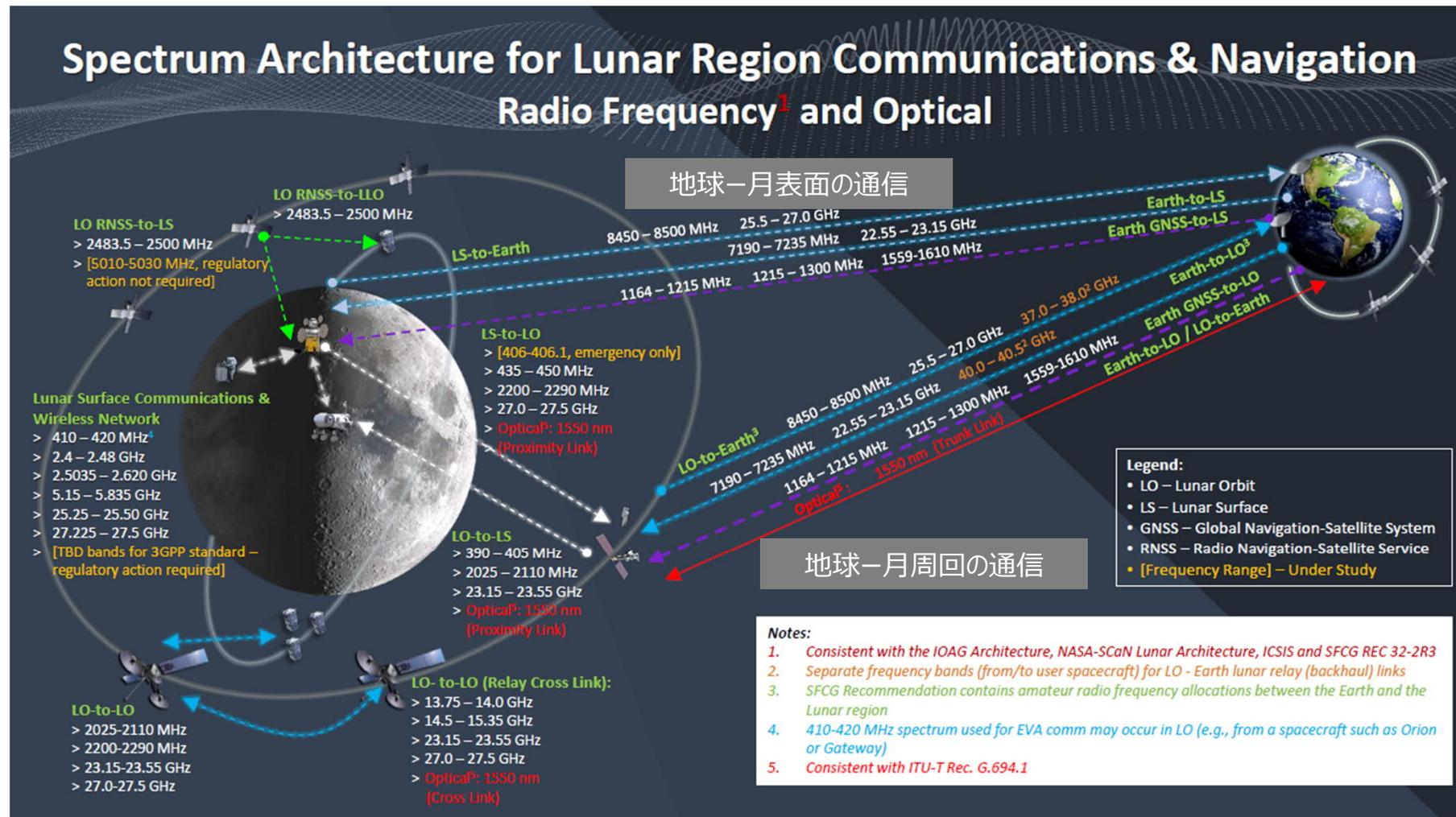
## ◆ 月圏以外への適用も意識

- 通信サービス：IP<sup>\*1</sup>もしくは、DTN BP<sup>\*2</sup>をベースとする構想(Network of Networkの思想が基本)
- 1.55μm帯の光通信：地球-月、および月域内で共通(RFも併用)

\*1 : Internet Protocol

\*2 : Delay/Disruption Tolerant Networking Band Protocol

## ◆ 周波数アーキテクチャ

出所) [https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/lunanet\\_overview\\_to\\_nesc\\_lunar\\_science\\_workshop\\_2022-6-7.pdf](https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/lunanet_overview_to_nesc_lunar_science_workshop_2022-6-7.pdf)

Proprietary Information : Not to be disclosed or reproduced without specific written permission from ASTEC

- 市場としてはシステム構築・運用からコンシューマユースまで民需の中でエコシステムが形成
- ダウンストリームの大半を占めるプロバイダは、2030年まで横ばいで成熟市場で、放送からデータ通信(インターネット)へのユースケースの変化の兆候あり
- このトレンドに沿う形で、LEO通信コンステレーションが登場
- ダウンストリーム産業は、官民共通の企業が担っており、衛星含めた官民デュアルユースのトレンドが見受けられる
- 一方で月Gateway・月面探査の進展に伴い、月面／月軌道－地球間の通信に関する各国のシステム検討が活発化している。

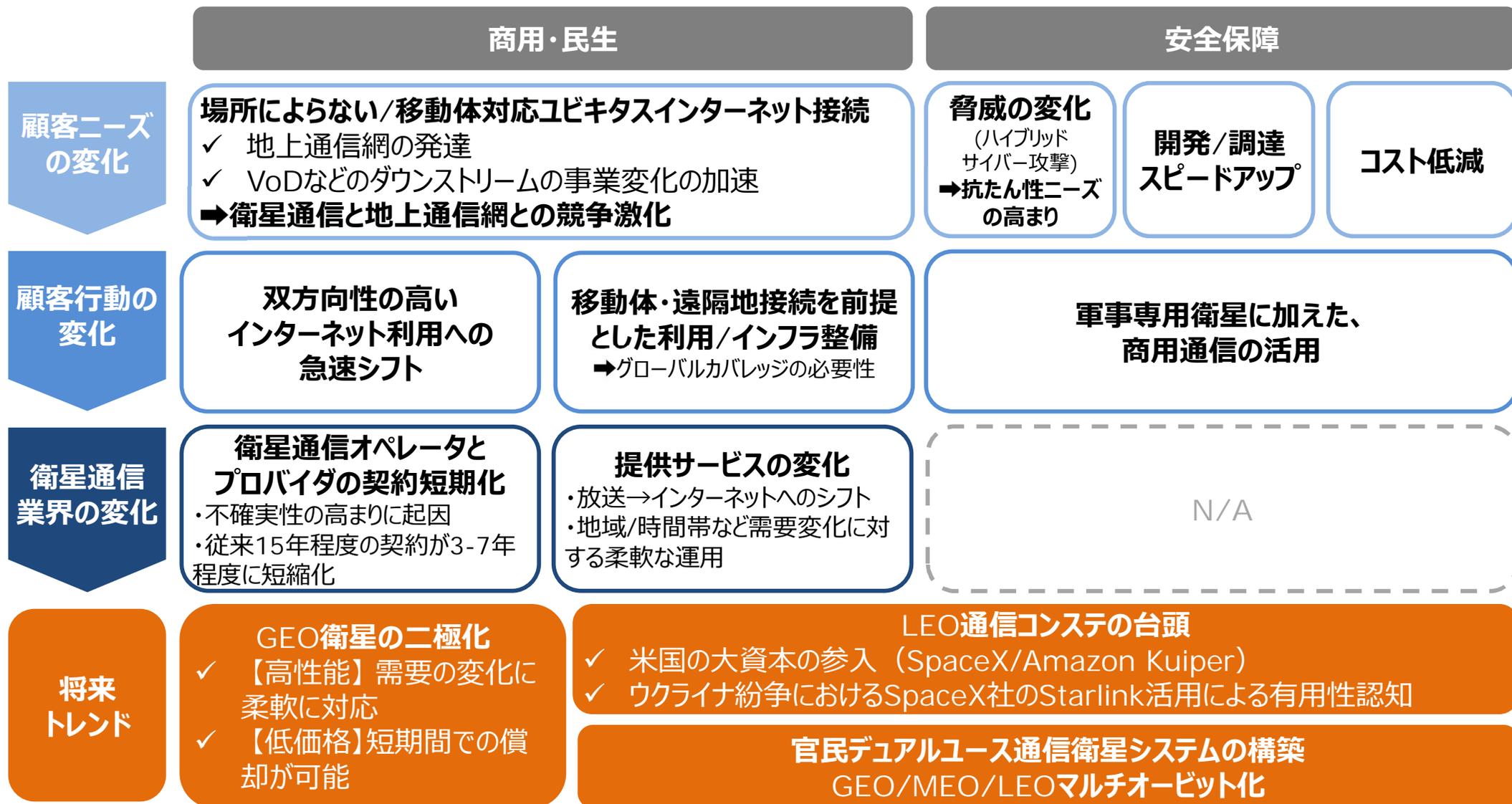
1. 市場トレンド
2. 将来トレンド
3. 技術トレンド
4. まとめ

論点	
市場トレンド	予算・マーケットの現状と将来予測 ➢ カテゴリにおける市場規模
将来トレンド	利用ニーズやサービス/アプリケーションの現状と将来予測 ➢ 利用のトレンド(サービス・アプリケーションの例) ➢ 供給のトレンド(各システムの現状と将来予測)
技術トレンド	「将来トレンド」の実現を支える技術 ➢ カテゴリにおけるキー技術の現状と今後 ➢ 影響力の大きい萌芽的技術

## 2. 将来トレンド

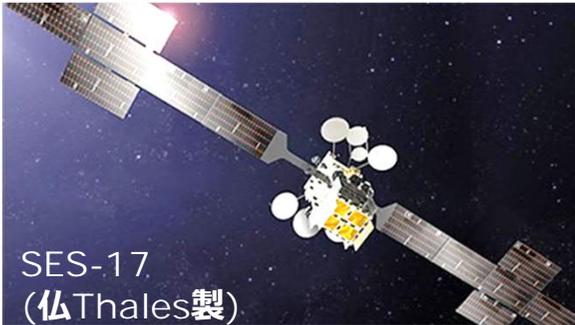
EO-023-T-012

今までは衛星で供給できることに対して需要がついてきたが、地上系との競争激化に伴い、契約短期化、投資予見性が低下。そのため、衛星通信オペレータは事業モデル転換を模索している



契約期間の短縮化に対応するため、GEO衛星は柔軟に対応可能な高機能衛星と、低CAPEXな小型静止衛星への二極化が進んでいる

## 従来のGEO衛星と直近のトレンドの比較

	従来のGEO	高機能GEO	小型静止衛星
主な機能	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ベントパイプ型だが、ビーム再配置などの地理的配置を変更可能（デジタルではない）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ デジタル通信ペイロードにより、<b>運用期間中のニーズ変動に対応可能</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ベントパイプ型で<b>単一の固定機能のみ</b>を有する</li> </ul>
標準的価格	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ \$80-180M ※旧OSC（米）のベントパイプ型が下限、Boeing（米）の従来技術の範囲内での高機能型が上限の参照</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ \$200M程度 ※合計契約金額は\$500Mであり、衛星単体の推定額</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ \$30-50M程度 ※実態は\$40Mと想定される</li> </ul>
設計年数	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 15年以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 15年以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 7年程度</li> </ul>
重量	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 2,000kg-6,000kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 4,000kg-6,500kg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 300kg-800kg</li> </ul>
ベンチマーク衛星	 <p>Inmarsat-5 (米Boeing製)</p>	 <p>SES-17 (仏Thales製)</p>	 <p>Aurora 4A (米Astranis製)</p>

# (参考) LEO通信コンステの台頭

米国大資本の参入により、数百機～数千機のコンステの構築が進んでおり、それに追従する形で従来の静止オペレータや欧州勢も参入している

## 主要な通信コンステレーション仕様 (2023年3月時点)



システム名 主要パラメータ	SpaceX Starlink	Amazon Kuiper	OneWeb	TELESAT Lightspeed	Iridium NEXT	IRIS <sup>2</sup>	
実施主体	米SpaceX社	米Kuiper Systems社	英OneWeb社	加Telesat社	米Iridium社	EUが調達 (欧州各社参加)	
軌道種類	LEO	LEO	LEO	LEO	LEO	LEO/MEO/GEO	
(高度)	(550 km前後)	(~600 km)	(~1,200 km)	(1,000-1,350 km)	(780 km)	—	
衛星予定機数	Gen1	4,408 機	3,236 機	648機	188 機	72 機	最大170機(LEO)
	Gen2	29,988機	—	—	—	—	—
(打上げ実績)	Gen1	3,462機	(0機)	(618機)	(0機)	(72機)	(0機)
	Gen2	(217機)	—	—	—	—	—
合計通信容量	~88 Tbps	164 Tbps	~5 Tbps	~10 Tbps	~170 Gbps	—	
(容量/衛星)	(~20 Gbps/sat)	(50 Gbps/sat)	(~7.5 Gbps/sat)	(50 Gbps/sat.)	(~2.4 Gbps/sat)	—	
周波数帯	Ku-band	Ka-band	Ku-band	Ka-band	L-band	—	
備考 (背景・開発ステータス)	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇サービス開始済</li> <li>◇第二世代(Gen2)配備開始。申請約3万機中7,500機認可済</li> <li>◇V2 miniを軌道上で評価試験中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇打上上げ前だがFCC認可済み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇サービスインはしていないが、打上げは進んでいる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇打上げ前だがFCC認可済み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇サービス中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇欧州域内の多軌道通信衛星システム</li> <li>◇2023年3月に計画始動、同年7月RFP発出目標で検討中</li> </ul>	

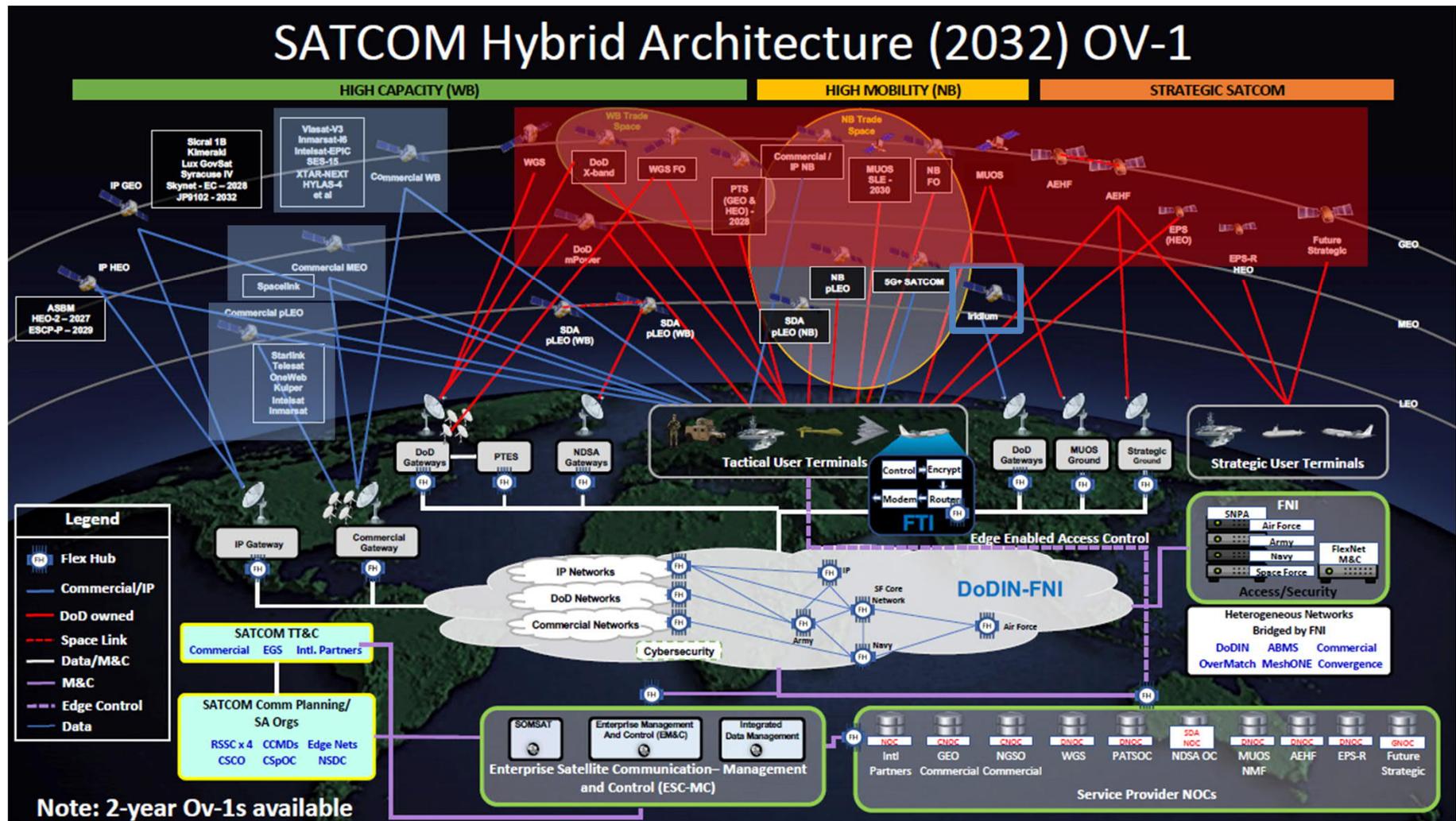
# (参考) 官民デュアルユース通信衛星システムの構築

➤ 米国の商用衛星のデュアルユースのために、ハイブリッドアーキテクチャ構想が検討されている

## 商用衛星と安全保障衛星のハイブリッドアーキテクチャ構想 (米国)

商用衛星

安全保障用衛星



出典 <https://www.nccoe.nist.gov/sites/default/files/2022-08/DRAFT%20HSN%20cybersecurity%20AO%20COI%208-11-22%20workshop%20FINAL%20V1.pdf>

- 世界的には地上通信網の発展により、衛星通信との競争が激化、プロバイダーとの契約短期化、衛星通信への投資予見性の低下
- こうした状況に対応すべく、需要の変化に対応できるデジタル通信ペイロードなどを搭載した高機能衛星、あるいは機能限定し低コスト化を図った小型通信衛星など二分化の傾向がみられる。
- また、より広い通信サービスエリアを多数の低軌道衛星でネットワークを組むことで実現するコンステレーション衛星が台頭してきている。
- 広いサービスエリア・常時接続性を特徴とする静止衛星と、低遅延通信を実現できる中・低軌道衛星などを組み合わせることで、両者の特徴を生かしたネットワークを構成するマルチオービット化が進んでいる。
- 安全保障における通信においても上記のトレンドに沿って検討が進んでおり、専用衛星だけでなく、商用衛星の一部を安全保障用途に使用する方向で進んでいる。

1. 市場トレンド
2. 将来トレンド
3. 技術トレンド
4. まとめ

論点	
市場トレンド	予算・マーケットの現状と将来予測 ➢ カテゴリにおける市場規模
将来トレンド	利用ニーズやサービス/アプリケーションの現状と将来予測 ➢ 利用のトレンド(サービス・アプリケーションの例) ➢ 供給のトレンド(各システムの現状と将来予測)
技術トレンド	「将来トレンド」の実現を支える技術

### 3. 技術トレンド

- 市場の変化に適応した機能を実現するために、ソフトウェア技術を活用してより柔軟な運用を可能にするソフトウェア定義衛星 (SDS<sup>\*1</sup>) や、多数機をつないで一つのネットワークを組み上げる光通信技術、商用通信を安全保障ニーズにも適合させるHAN/FMI、といった技術開発が進められている

#### 通信衛星の将来トレンド

##### GEO衛星の二極化

- ✓ 打上後に地域やネットワークの特性を柔軟に変更できること

##### LEO通信コンステの台頭

- ✓ 膨大な数の衛星を相互接続・統合運用し、最適なネットワークを提供すること
- ✓ グローバルカバレッジを実現すること

##### 官民デュアルユース通信衛星システムの構築

- ✓ 高機能・短納期で商用通信衛星を利用できること
- ✓ 安全保障ニーズに対応したセキュリティを有すること
- ✓ 単一ネットワークに依存しない抗たん性を有すること

求められる機能

技術トレンド

##### SDS: ソフトウェア定義衛星 / デジタル通信パイロード

- 従来アナログ回路で構成されていた通信パイロードをデジタル化し、ソフトウェアで駆動することで、通信機能を柔軟に制御する技術

##### オーケストレーション

- 特性の異なる複数の軌道の通信を組み合わせることで、各種通信需要に柔軟に対応する技術

##### 光通信

- 従来よりも大容量の通信が可能な光を用いて、衛星同士を接続する技術

##### 衛星ネットワーク制御 / 最適化

- 時々刻々と変化する衛星の配置によって複雑化したネットワークを制御する技術

##### HAN: Hybrid Adaptive Network / FMI: Flexible Modem Interface

- セキュリティ/抗たん性を確保しつつ、商用衛星通信を安全保障ネットワークに組み込む技術

注記

\*1 SDS: Software Defined Satellite

- より柔軟な通信を実現する上で、ソフトウェア定義通信システムが重要になってきている。
- 低軌道コンステレーションのように非常に多くの衛星を一つのネットワークとして接続する上で光通信による衛星間通信が欠かせない存在になってきている。
- 静止軌道、中軌道、低軌道など複数の軌道の通信衛星を融合し、それぞれの特色を生かした通信ネットワーク構築の検討が進んでいる。また地上の通信網との融合に向けた衛星通信の規格化も進みつつある。



(財)衛星システム技術推進機構