

宇宙安全保障に関する国際的な技術動向について

2026年 3月 10日

一般財団法人衛星システム技術推進機構

Advanced Satellite Systems Technology Center (ASTECC)



- 1. 一般財団法人 衛星システム技術推進機構の概要**
- 2. 宇宙安全保障に関する国際的な技術動向**
 - 2.1 “戦況把握”に関する技術動向**
 - 2.2 “衛星通信”に関する技術動向**
 - 2.3 “機能保証”に関する技術動向**

1. 一般財団法人 衛星システム技術推進機構 概要

Advanced Satellite Systems Technology Center
(ASTECC)

ASTECCの概要

25-001-T-015

宇宙基本計画（令和2年6月）の“我が国の衛星開発・実証戦略の立案・推進”に向け、世界の主要国における安全保障分野を含めた衛星開発利用の動向、関連技術の開発動向等、国内外の衛星開発利用に係る技術・市場・政策動向に関する最新動向を把握、継続的な動向分析を行う組織として、令和3年(2021年)4月に設立

項目	内容
名称	衛星システム技術推進機構 Advanced Satellite Systems Technology Center (ASTECC)
財団の種類	一般財団法人（非営利型法人）
事業	1. 衛星システムに関する国内外の技術・市場・政策動向の調査分析 2. 調査分析に基づく衛星システムの開発実証計画策定に資する情報の提供 3. その他前各号に掲げる事業に付帯又は関連する事業 前項各号の事業については、本邦及び海外において行うものとする。
理事長	中須賀 真一（東京大学大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻 教授）
賛助会員	三菱電機，日本電気，アストロスケール，Synspective，Axelspace の5社
所在地	港区赤坂二丁目12番7号 赤坂二丁目ビル 3階，4階
設立日	2021年4月30日
HP	https://astec.or.jp/
主な対象分野	衛星通信，衛星観測，衛星測位，軌道上サービス、衛星基盤等の各技術分野



2. 宇宙安全保障に関する国際的な技術動向

2.1 “戦況把握”に関する動向

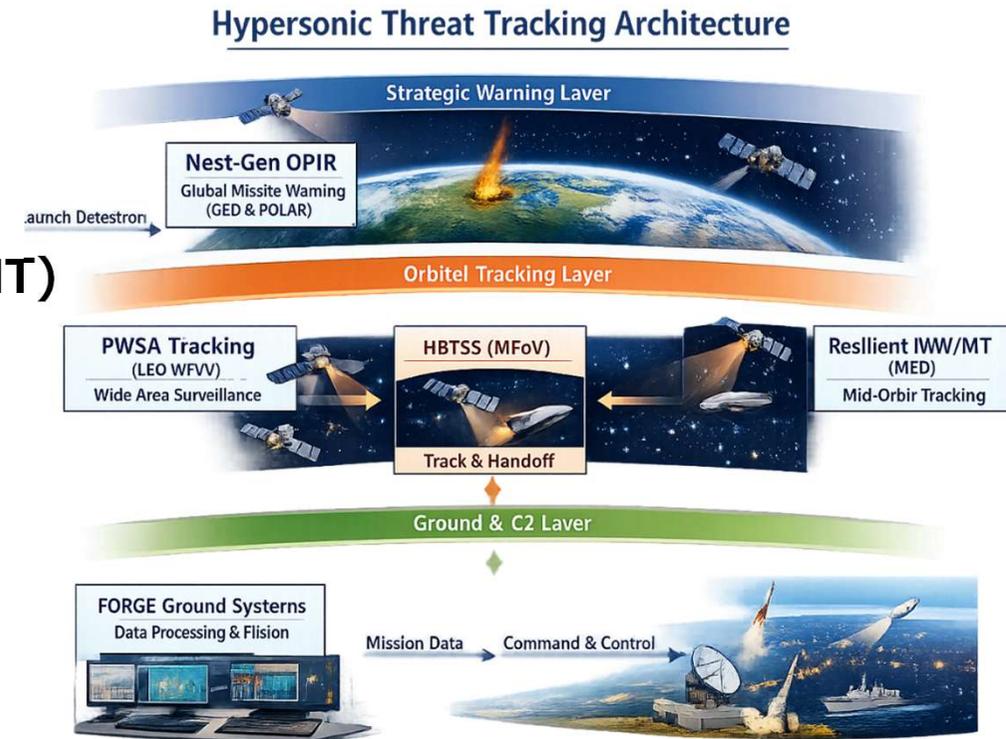
- ・ “Golden Dome構想” は、宇宙センサーや将来の宇宙迎撃を含めた上位概念
- ・ GEO/HEO による早期警戒, MEO/LEO による継続追尾/高品質トラック生成, 地上システムのデータ処理と指揮統制, 迎撃システムで構成される予想

● Golden Dome 構想

- ・ 2025年1月、大統領令で始動, 5月にDoDがドラフトを作成
- ・ 2025年後半～、議会で約130億\$ 規模の投資 (“Golden Dome effort” として整理)
- 既存のMD, 宇宙センサーや将来の宇宙迎撃を含む上位概念であり、探知・追尾・識別・指揮統制・迎撃・発射前対処 (left-of-launch) を束ねる構想と推察

● 関連する宇宙アセット

- ・ 既存OPIR / Next-Gen OPIR (GEO)
 - ブーストの赤外線シグネチャを広域監視
- ・ Resilient Missile Warning & Tracking (MW/MT)
 - MEO からの広域・持続的MW/MT
- ・ HBTSS (Hypersonic and Ballistic Tracking Space Sensor) (LEO)
 - 高精度追尾・火器管制品質データ側
- ・ PWSA Tracking Layer (LEO)
 - 先進脅威/HGVを含む探知・追尾・ターゲティング
- ・ 衛星からの観測データは地上へ下り、FORGE で取り込み処理され、警報・初期情報として配信



(ASTECにて作成)

米国におけるミサイル防衛の概要

25-001-T-015

- ・ ミサイル防衛は、宇宙センサー(GEO/MEO/LEO) ,地上システム, 迎撃システムで構成
- ・ PWSAは、探知目標の早期探知・継続追尾・データ中継を担う低軌道衛星コンステレーション

項番	プロジェクト名	主体	軌道	概要	現状
1	Next-Gen OPIR	USSF /SSC	GEO HEO	SBIRS 後継の赤外線ミサイル 早期警戒 。広域監視による初期探知（発射探知）を行う。	初号機打上げが2026年へ延期
2	Resilient MW/MT	USSF /SSC	MEO	MEOコンステを段階的に配備（Epoch毎に能力増強）。冗長・分散化でOPIRを補完し、 極超音速を含むグローバル追跡の警戒 ，追跡を行う。	Epoch 1:初号機打上げが2027年 Epoch 2:2025年に契約
3	PWSA	SDA	LEO	“分散・多数機”で 早期探知 ， 継続追尾（Custody） と 低遅延データ中継 を実現。各種センサ層をトランシュ（2年更新）でスパイラル開発。センサからシユータの接続を常時化する。	Tranche 1を順次打上げ・立上げ（2025～）
4	HBTSS	MDA	LEO	極超音速や弾道ミサイルを継続追跡し、 迎撃用の高品質トラック（火器管制級） を提供する。	デモ機2機が2024年2月に打上げ
5	FORGE (Future Operationally Resilient Ground Evolution)	USSF /SSC	—	衛星（SBIRS/Next-Gen OPIR/将来センサ等）からのデータを 地上で処理・融合し、警戒/追跡情報として配信する 。“基盤”をモジュール化して更新し続ける構想	2025年に、SciTec社へFORGE Enterprise OPIR solutionを契約
6	迎撃システム (GMD,NGI,Aegis,SM-3,THAAD,PAC3,GPI 等)	MDA 各軍	—	多層防衛・本土防衛（GMD → 将来NGI） 地域防衛（Aegis/THAAD/Patriot） 対極超音速（将来GPI等）	NGI は2028年度配備 GPI は2029年度配備 他は運用中(改修継続)

- IRセンサー, 光通信, マルチセンサー, オンボード処理等でHGV含むミサイル脅威を探知・継続追尾し、戦術部隊にデータ配信を可能とする複数層に配置した衛星コンステレーション
- 総投資額 約 \$ 35B (～FY29) 規模で、約2年サイクルで機能向上を継続実施する計画

●各レイヤの概要

- Transport層：低遅延,耐抗たん性データ中継。衛星間光通信
- Tracking層：IRセンサによる先進脅威の発射探知・追尾・ターゲティング
- Custody層：マルチセンサによる時間センシティブな目標の24/7の継続追尾
- Battle Management層：タスキング, ミッション処理, データ配信
- Navigation層：PNT代替・保管, PNT配信
- Ground層：衛星運用, ミッション管理, 地上データ処理

●各Trancheの概要

- Tranche 0 (FY22～)：技術実証。HGVを含む脅威の探知・追尾と、広域な戦術データの中継の実証
- Tranche 1 (FY24～)：初期実戦能力配備。Link-16, S帯の戦術通信, 高度なミサイル探知・持続監視の実証
- Tranche 2 (FY26～)：Tranche1強化 (グローバルアクセス, 初期MD能力)
- Tranche 3 (FY28～)：高精度MD能力, PNT機能の追加等
- Tranche 4 (FY30～)：自律運用の実現。アーキテクチャ全体の継続発展



DELIVERING NEXT GENERATION PLEO CAPABILITY TO THE WARFIGHTER (October 23, 2024, SDA)より

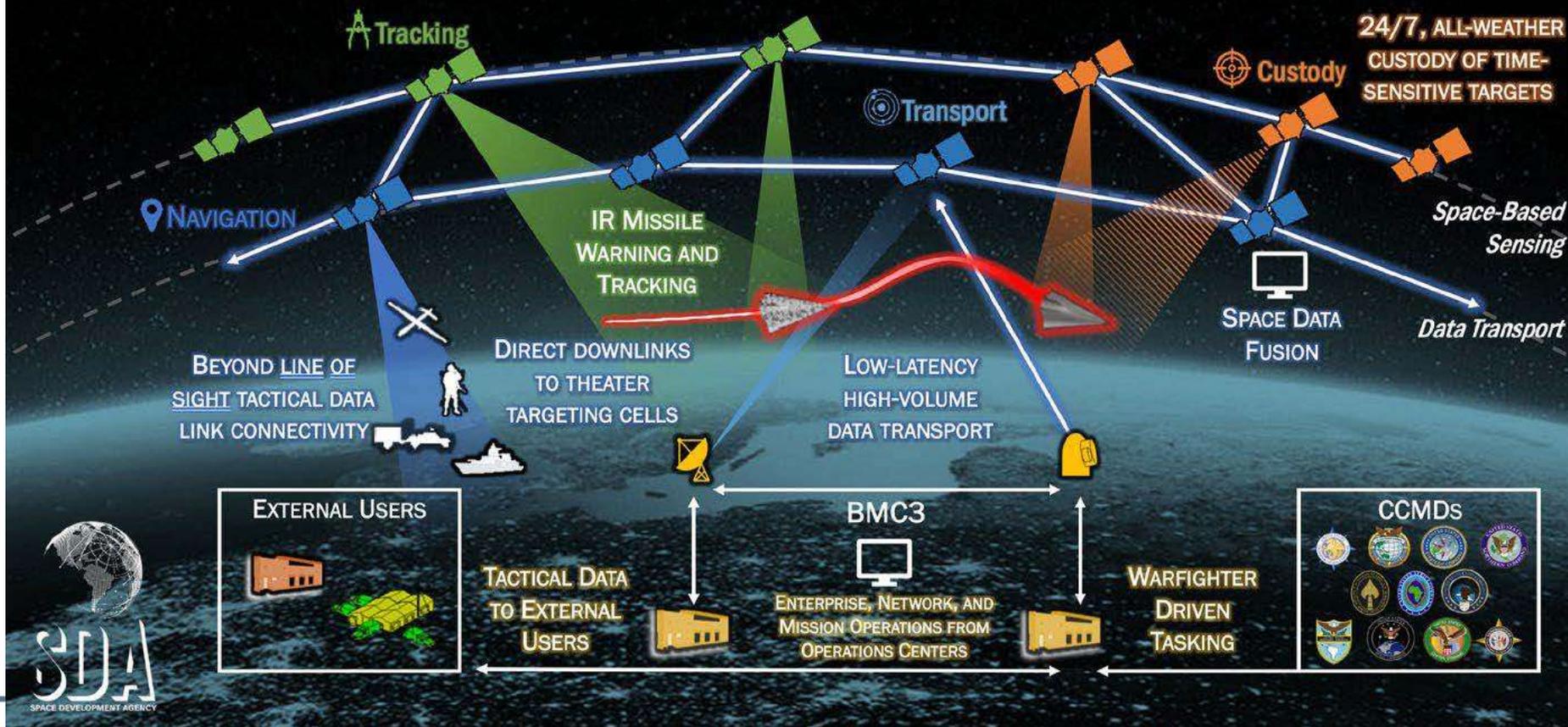
- ➔ **Tranche3 Transportの停止**：FY26予算要求で Transport の取得を止め、別案を評価する動き
- ➔ **MILNETの影響**：Space Forceが MILNETを277M \$ 要求、Tranche 3 Transport を止める報道あり
- ➔ **PNT配信への波及**：Tranche 3 Transport 停止に伴い、戦闘部隊へのPNT配信が実装できるか不透明
- ➔ **議会側の巻き戻し**：Tranche 3 Transport の復活/増額を求める政治的動きも報道 (予算成立次第)

PWSAの概要 (Tranche3)

25-001-T-015

- Tracking層 IRセンサーで、広域な早期探知と目標追尾を実施 (Tranche0は SWIR搭載)
- Custody層 マルチセンサ により、移動目標の継続的な追尾 (24/7) も実施
→ HGVの継続追尾はTracking層が担当, Custody層は発射前探知やAMTI等を想定

The Proliferated Warfighter Space Architecture (PWSA) is a proliferated constellation of hundreds of satellites, in low Earth Orbit, delivering capability at speed to the warfighter.



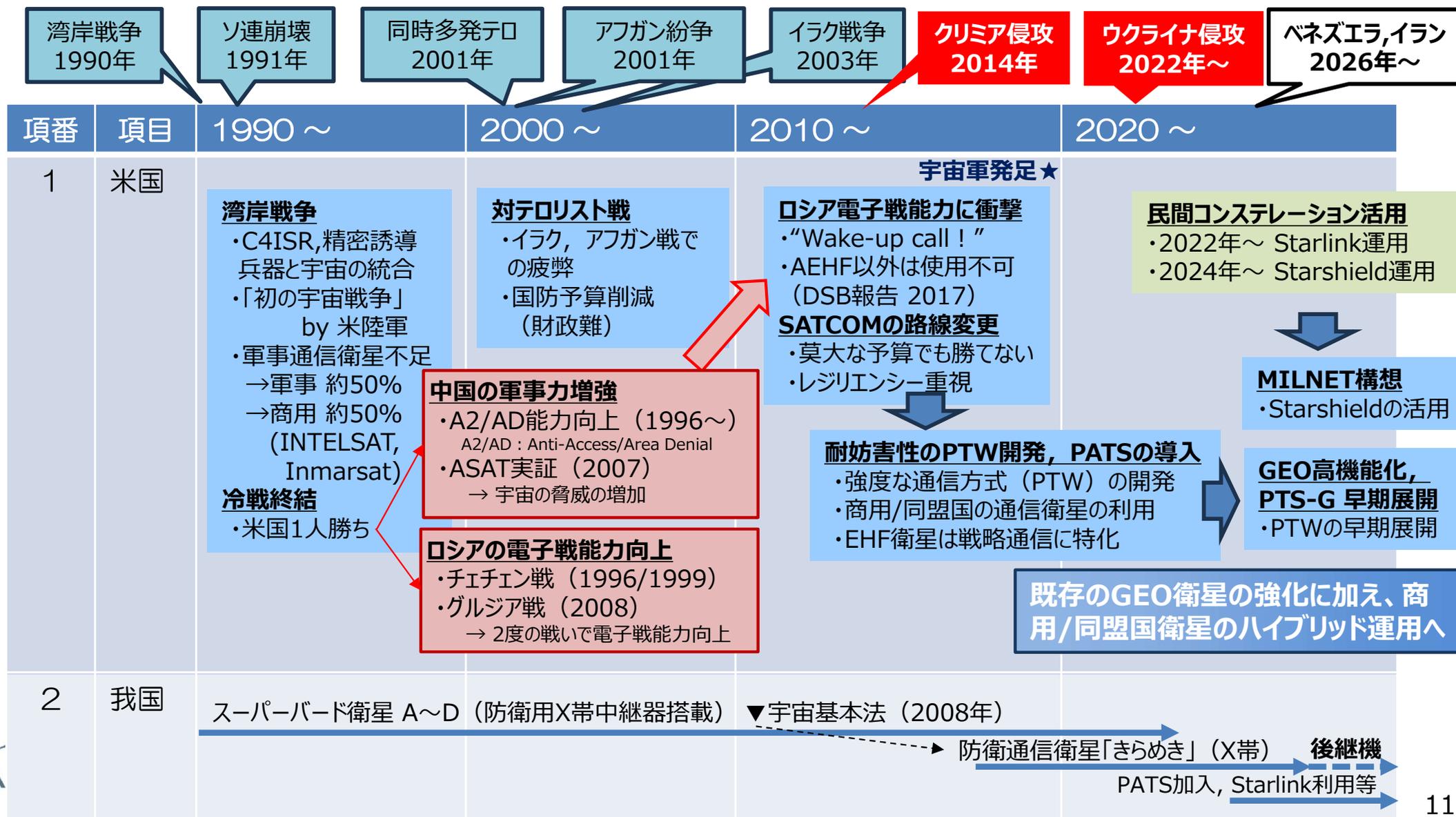
2. 宇宙安全保障に関する国際的な技術動向

2.2 “衛星通信”に関する動向

軍事通信衛星の動向（米軍の例から想定）

25-001-T-015

- ・ クリミア侵攻におけるロシア電子戦能力が、米国の軍事通信衛星に大きな影響
- ・ 高額な静止通信衛星への依存から、商用含む低コスト衛星による分散化により抗たん性確保



欧米の主要な軍事通信衛星

25-001-T-015

- ・ 1980年後半から、欧米各国は軍用静止通信衛星を配備し、“指揮統制” を衛星通信に依存
- ・ 通信衛星の更新にて、各国 “高速大容量化に向け高機能な軍事通信衛星” の開発を実施

項番	項目	1990 ~	2000 ~	2010 ~	2020 ~
1		Milstar I -1,2(1994~), II -1~3(1999~) DSCSⅢ Blk1(1982~), Blk2(1989~) FLTSAT1~7 (1978~) UHF UFO1~3(1993~), UFO4~10(1995~)	UHF WGS 1~10(2007~) Mil-Ka, X	AEHF 1~6(2010~) EHF, Mil-Ka PTW開発(2012~) MUOS 1~5(2012~) UHF	ESS(2032~) WGS 11(2026打上げ) WGS 12(2027打上げ) PATs実証開始(2027~) MUOS SLE(2030~)
2		Skynet 4A~4F(1988~)	X,UHF(4Aは、EHFも)	Skynet 5A~5D(2007~) X,UHF	Skynet 6A(2026~) Skynet EC(未公表)
3		Télécom 1.2(1984~)	X	Syracuse 3A~3C(2005~) EHF, X	Mil-Ka, X Syracuse 4A,4B(2021~)
4		Italsat F1,F2を利用(1991~)	X	Sicral 1A~1B(2001~) EHF, X, UHF Sicral 2(2015~) X, UHF	Mil-Ka, X, UHF Sicral 3A,3B
5		NATO IV A~Cを利用(1984~)	X, UHF	COMSAT Bw1~Bw 2 (2009~) X, UHF ↓ ↓ UHF	未公表 (X,UHF?) COMSAT Bw3(2027~)
6		Hispasat 1A~1Cを利用(1992~)	Ku	X XTAR-EUR, SpainSat(2006~) Mil-Ka, X	Mil-Ka, X, UHF Spainsat NG I, II (2025~)
7		スーパーバードA~D(1989~)	X	▼宇宙基本法 改訂 (2008年) 防衛通信衛星「きらめき」 X	後継機

---> : 商用衛星に軍用の中継器を搭載

青字 : 搭載中継器の周波数帯

欧米の主要な軍事通信衛星（耐妨害性機能）

25-001-T-015

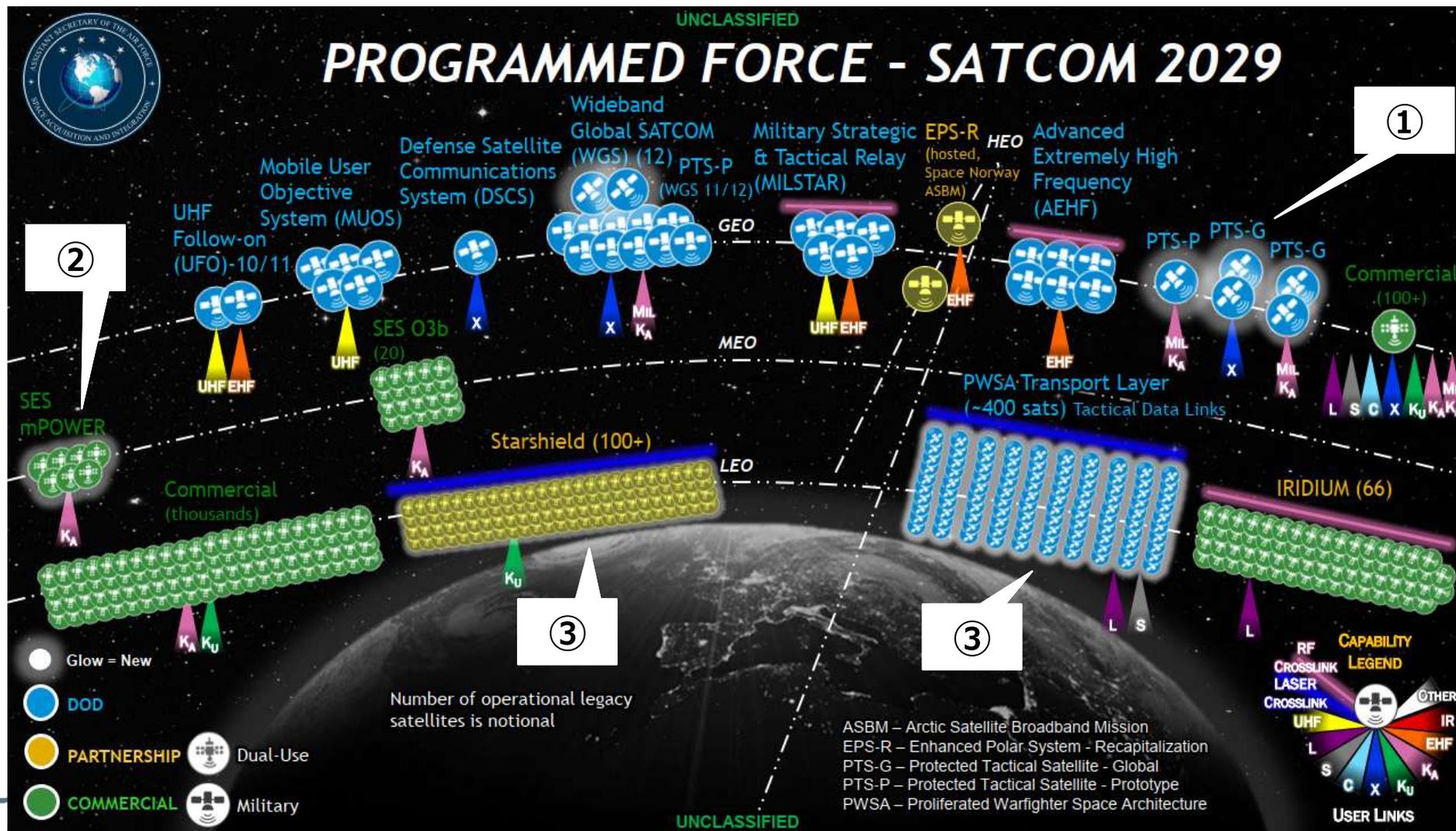
- ・ 主要国の最新の軍事通信衛星は、耐妨害性能力として“マルチビームアンテナ、ヌリング機能、デジタルビームフォーミング（DBF）等”が導入されている。
- ・ WGS-11は、PTS-Pとして、PTW機能をオンボードで実現するためのプロトタイプを搭載

項番	衛星名	国	打上げ	周波数帯	製造/バス/重量	耐妨害性機能	備考
1	WGS-11	米	2026	Mil-Ka, X	Boeing/BSS-702X/約6t	・Mil-Ka帯で、PTWオンボード処理 ・Mil-Ka帯で、1500超のマルチビームアンテナ、ヌリング機能	PTS-PとしてPTWのプロトタイプを搭載
2	WGS-12	米	2027	同上	同上	同上	PTS(PTW搭載)
3	SKYNET-6A	英	2026	X,UHF	Airbus/Eurostar Neo(全電化)/約5t	デジタル処理により、約3.5倍の容量と柔軟性	SKECで追加能力を検討
4	SYRACUSE-4A,4B	仏	2021(4A) 2023(4B)	Mil-Ka X	Airbus/SpaceBus Neo100(全電化)/約4t	デジタルオンボードプロセッサ処理で対妨害性機能を搭載	・4Cの計画は中止し、IRIS ² へ資金を回す。 ・Syracuse-5の検討(2035年運用想定)
5	SICRAL-3A,3B	伊	2026(3A) 2027(3B)	Mil-Ka X,UHF	TAS+Telespazio/-/-	現行のX,UHFにMil-Kaを追加 耐妨害性機能は未公表	Sicral-3を軸に、LEO導入を検討
6	SATCOM Bw3	独	未公表	未公開 (X,UHF)	Airbus/Euro NEO(全電化)/約6t	未公表	SATCOM Bw4シリーズでLEOコンステ検討
7	SPAINSAT-NG1,NG2	西	2025(NG1,NG2)	Mil-Ka, X, UHF	Airbus/Euro NEO(全電化)/約6t	・毎秒1000回変更可能なアクティブアンテナで覆域を再構成可能 ・デジタルビームフォーミング、デジタルチャネライザ搭載により、妨害波除去、位置特定を実施。核EMP耐性あり	Spainsat-NGⅢの運用までNGⅠ,Ⅱを確保

軍事衛星通信の動向（マルチオービット）

25-001-T-015

- ① GEO : PTW機能を搭載する“PTS-G” (GEO) として、商用衛星,小型GEOにより展開
- ② MEO : SES社の“O3b mPOWER”を、NATOの枠組みで契約（NATO共同インフラ）
- ③ LEO : Starshield や PWSA (Transport層 : LINK-16等) の利用



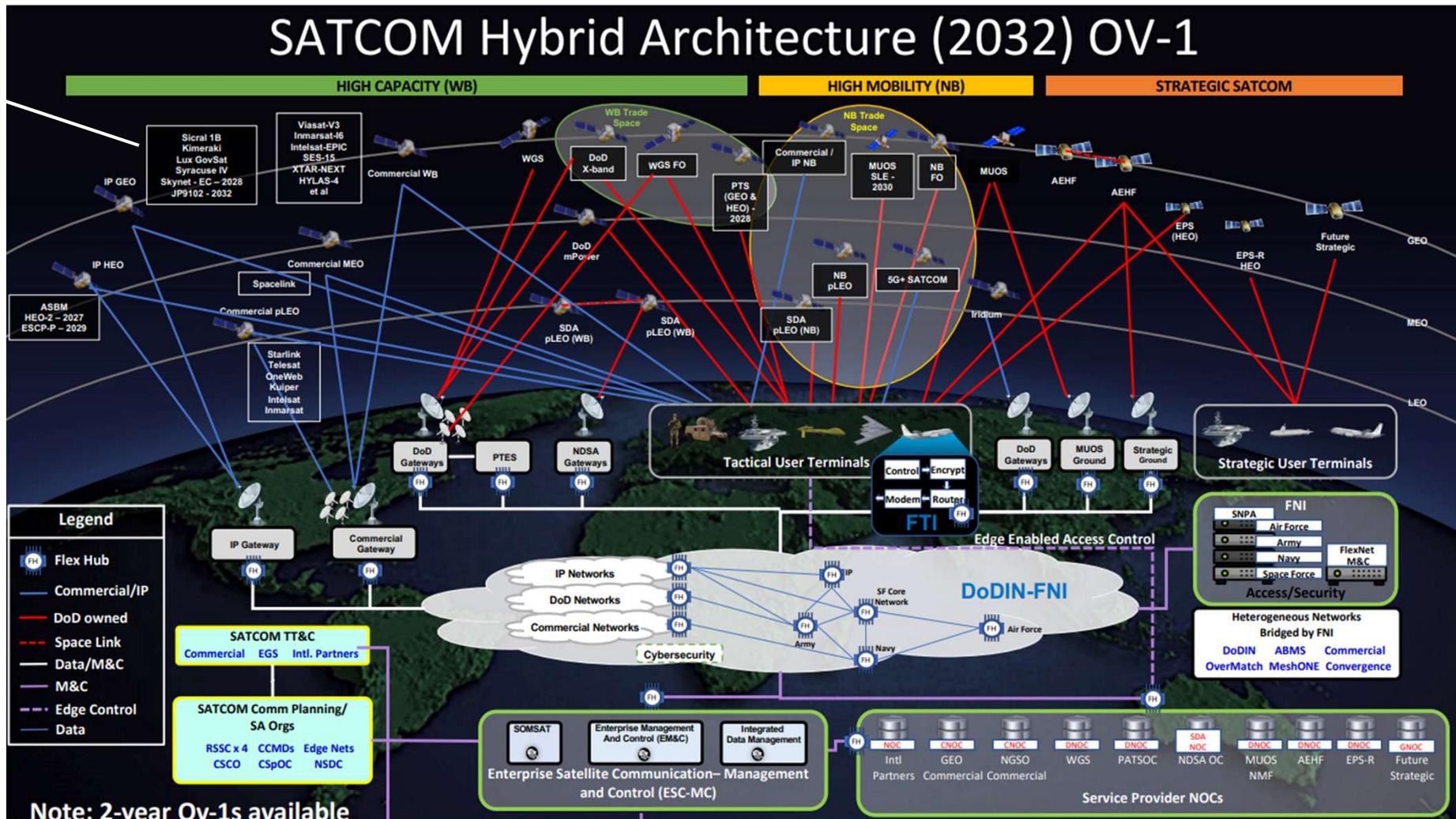
軍事衛星通信の動向 (ハイブリッドアーキテクチャ)

25-001-T-015

- 低軌道～静止軌道に渡り、軍事衛星, 同盟国/商用衛星を活用したアーキテクチャを構築
- 戦闘員への迅速な衛星リソース割当てのため、統合した通信マネジメント機能を構築
→ Enterprise Satellite Management & Control (ESC-MC) を2030年までに実装

Sicral 1B
Kimeraki
Lux GovSat
Syracuse IV
Skynet - EC - 2028
JP9102 - 2032

同盟国衛星に
「きらめき」
の記載あり



NIST, Hybrid Satellite Networks (HSN) Cybersecurity Framework Profile DRAFT Annotated Outline (AO) より

- ・ Starlink は、打上げ総数が10,000機を超え、周波数帯も V帯, E帯 に拡張
- ・ Starshield は、MILNET構想の中核をなす可能性があり、PWSAでも採用を検討

Starlinkの概要

概要： スペースXのグローバルな低軌道衛星コンステレーション

衛星数： 打上げ総数：11,463 (3/5 時点), 計画数：12,000機 (FCC承認済)

周波数利用： Ku帯, Ka帯, V帯, E帯, 衛星間レーザー通信

容量： 固定ユーザー：50~150Mbps, ビジネス向け：150~500Mbps,
海上向け：最大350Mbps, ダイレクト・トゥ・セルサービス：4Mbps

ネットワーク： 2024年7月時点で102Tbit/s, FSO：200Gbps OISL

安全保障用途： 電子走査式フェーズドアレイ等を用いて、ウクライナ侵攻時のロシアの攻撃のような妨害を軽減



SpaceX's V2 Mini Starlink satellites awaiting launch. Credit: SpaceX

Starshieldの概要

概要： 国防総省及び同盟軍向けの安全保障専用の低軌道衛星コンステレーション

衛星数： 打上げ：212 (3/5時点), 計画数：480

周波数利用： 非公開 (Starlink v2ベースラインに基づくと思われる。)

容量： 非公開 (Starlink v2ベースライン:約20Gbps)

国家安全保障用途：

- ・ 「MILNET」を含む米国軍事プログラムでの利用が期待。PWSA での検討は継続中
- ・ 2023年9月、SpaceXは国防総省と18億ドルの機密契約を締結したと公表
- ・ 2025年6月、国防総省は既存のスターシールド能力を活用してコスト削減を検討
- ・ ウクライナにスターシールド対応端末を配備。電子走査式フェーズドアレイによるビームフォーミング等を継承する可能性が高い



An uncaptioned image posted on the company's website appears to show Starshield technology in orbit. Credit: SpaceX

- ・ Amazon Leo (旧Amazon Kuiper) として、低軌道コンステレーションを展開
- ・ AWSインフラとの統合による差別化で、ハイブリッドアーキテクチャにおける商用コンステレーションとして、米国防総省や英国防相にアピールを実施

Amazon Leoの概要

概要： “Kuiper Systems LLC” (2019年設立) が運営するブロードバンド向け低軌道衛星コンステレーション

衛星数： 打上げ総数：214 (3/5 時点) , 計画数：3,236機

周波数利用： Ka帯

容量： 初期展開段階は未公開 (2025年末から顧客向けに開始予定, 衛星スループットは、100Mbps~1Gbps)

国家安全保障の利用

- ・ ハイブリッドSATCOMアーキテクチャなどの国家安全保障目標の支援について、米政府機関と積極的に対話を実施
- ・ AWSインフラとの統合により、“クラウド+SATCOM” を組合わせたグローバルリーチ、エッジ処理、集中制御を提供し、Starlink などのSATCOMベンダーと差別化
- ・ サービス設計は、光衛星間リンク、適応型通信、ホスティングペイロード、波形相互運用性を含め、DoDの商業宇宙戦略 (2024年) 及び 英国国防省SATCOMビジョンに示された長期的目標と整合

最近の動向

- ・ 最初の27基の衛星は、2025年4月にアトラスVロケットで打上げ、通信を確立
- ・ ケネディ宇宙センターでの運用拡大のために、1,950万ドルの投資を発表
- ・ イギリス放送通信庁は、2025年2月に英国でカイパー周波数利用ライセンスを付与
- ・ 2025年11月、新LEO端末を導入。最大1Gbps (ダウンリンク), 400Mbps (アップリンク) の接続を提供
- ・ 端末は2つの接続オプションをサポート
 - AWSへの直通 (Amazon Web Servicesへの専用クラウドオンランプ)
 - Private Network Interconnect (顧客~ネットワークとバックボーンのプライベート接続)



©Amazon
Amazon tested a Project Kuiper prototype satellite in LEO above Earth before investing in the satellite factory (source: Amazon)

- ・ 大型展開アンテナを搭載した衛星 “Bluebird” による低軌道コンステレーションを構築
- ・ 2025年12月、“Bluebird 6” を打上げ、2026年2月に巨大アンテナの展開に成功
- ・ SDAと契約し、戦術衛星通信としてスマホとの直接衛星通信の実証を実施している。

Bluebirdシリーズの展開

- ・ 2022年：“BlueWalker3” を普通のスマホと直接つながる実証機として打上げ
→ 693 sq ft (約64m²) のアレイアンテナを搭載
- ・ 2024年：“Bluebird1~5”(Block1シリーズ) を商用衛星として打上げ
→ 直径10mのフェーズドアレイ (約64m²) を展開
- ・ 2025年：次世代機として、“Bluebird6”(Block2シリーズ)を打上げ
→ 約2400 sq ft (223m²) の巨大フェーズドアレイ



©AST Space Mobile

BlueBird 1-5

<https://ast-science.com/bluebird-1-5/>

AST Space Mobile：“Direct-to-Device”を戦術用途へ寄せる実証が具体化

- ・ 2025年2月：SDA支援で契約（43M\$が公表）を獲得したと発表（報道）
→ 次世代「Block 2 BlueBird」を用いた、“specialized government applications（政府向け特殊用途）”を想定
- ・ 2025年6月：Fairwinds Technologies社と、一般スマホ（改造なし）の直接接続を前提に、戦術ユースケースを示すデモを実施
→ VPNを使った戦術攻撃キット(TAK)へのリアルタイム接続、マルチメディアストリーミング、安全な多方ビデオ通話を標準のスマートフォンで実証
→ ハワイ・オアフ島で実施し、USINDOPACOM（米インド太平洋軍）がデモに参加
- ・ 2026年2月：SDA「HALO Europa Track 2」で、軌道上戦術衛星通信(SATCOM)の実証を、30M\$で契約。完了目標は、2027年12月

- ・ 米国は、PQCの制度化を優先し、NIST や NSA が POC の電子署名等の制度化を実施
- ・ 欧州、中国は、衛星通信による QKD の実証を計画し、実証を推進
- ・ 日本は、PQC、QKD の研究開発に加えて、“Y-00” の実現に向けた開発も実施

PQC (Post-Quantum Cryptography) : 素因数分解や離散対数に依存した公開鍵暗号を置換

- ・ 米国では、NISTやNSAが制度化を進めている。
 - NIST : 鍵共有に関するML-KEM (FIPS203) , 認証等の電子署名に関するML-DSA (FIPS 204) , 長期的な安全性を重視した電子署名に関するSLH-DSA (FIPS205) をFIPS (Federal Information Processing Standards) 化
 - NSA : CNSA2.0 により国家安全保障用途として方針を定めた

QKD (Quantum Key Distribution) : 量子状態の性質を利用し、鍵配送において傍受検知可能

- ・ 欧州での実証
 - EU : EuroQCI (欧州量子通信基盤) を政策として推進し、EuroQCI とIRIS² の統合を想定している。
実証衛星としては、Eagle-1が QKD実証衛星 として2026年に打上げを計画。
独では、CubeSatを用いた衛星QKDを2024年に打上げ要素技術の実証を実施
- ・ 中国での実証
 - 衛星QKD (墨子号 : Micius) を軸に地上間の量子鍵配送の実証が行われており、
小型衛星と小型地上局でのリアルタイムQKDの実証報告もされている。

Y00 (Yuen-2000) : 量子雑音を用い、光通信の物理層で高速なストリーム暗号を行う。秘密鍵方式

NEDOが2024年から「Kプロ」の枠組みで、Y-00の高速光ファイバ及びワイヤレス通信の開発に取り組む。

主な衛星QKD実証の動向

25-001-T-015

- 衛星による QKD は未だ実証段階が大半、2026年にかけて実証衛星の打上げ計画あり
- 米国では、量子衛星ネットワークに向け、量子もつれ交換（entanglement swapping）の実証に向けた取組みを開始 → Boeing社の“Q4S”が2026年に打上げ予定
- 日本は、NICT を中心とした研究チームが、ISS～地上間でQKD実証に成功（2024年）

	ミッション	オペレータ	目的	衛星数	軌道	打上げ	状況
●	SOCRATES	NICT	光通信とQKDのデモ	1	LEO	May 2014	成功
🇨🇳	Micius (QUESS)	CAS	オーストリア～中国間の量子もつれQKDのデモ	1	LEO	Aug 2016	運用中
🇨🇳	SpooQy-1	NUS	ISSのSPEQSペイロードでの光子対エンタングルメントデモ	1	LEO	Apr 2019	デモは成功、現在は運用していない。
🇨🇳	Jinan-1	CAS	南アフリカ～中国間のMiciusの後継機	1	LEO	July 2022	鍵伝送に成功
🇬🇧	QKDSat	Arqit	ESAのQKD実証のパートナーシッププロジェクト	1	LEO	Jan 2023	打上げ失敗、QKDSatの体制を変更
●	JSAT Payload	Sky Perfect JSAT	ISS搭載の“SeCRETS”とNICT地上局間のQKD 実証	1	LEO	Aug 2023	成功（2024年4月公表）
🇩🇪	QUBE-1	DLR	宇宙での QKD 実証	1	LEO	Aug 2024	2025年5月に鍵転送に成功
🇬🇧	SpeQtre	SpeQtral/RAL Space	英国とシンガポール間の QKD デモ	1	LEO	Nov 2025	運用中
🇩🇪	QUBE-2	DLR	QUBE-1の後継機で、宇宙～地上のQKDを実証	1	LEO	TBD	開発中、2025年末に公表
🇪🇸	QKD-GEO	TAS/Hispasat	EUの資金提供で、スペインがEuro QCIで主導	1	GEO	TBD	開発中、2025～2026年打上げ予定
🇪🇺	EAGLE-1	SES/ESA	ESA/EU SAGA 主導の QKD デモ	1	LEO	TBD	開発中、2025～2026年打上げ予定
🇮🇳	QuEST	ISRO	QKDと量子ネットワークのデモ	1	LEO	TBD	開発中、2026年打上げ予定
🇺🇸	Q4S	Boeing	量子衛星ネットワークを実現するプロトコルのデモ	1	LEO	TBD	開発中、2026年打上げ予定
🇨🇦	QEYSSat	University of Waterloo	CSAが資金提供するQKDデモ	1	LEO	TBD	開発中、2026年打上げ予定
🇨🇳	SpeQtral-1	SpeQtral	ユーザー要件に対応する Global QKDデモ	1	LEO	TBD	2024年打上げ延期,2026年を予定
🇩🇪	CubEnik	Fraunhofer	CubeSatでのQKDコンセプト	1	LEO	TBD	開発初期段階 (コンセプトを公表)
🇺🇸	QKD Network	IonQ	IonQがCapellaを買収、宇宙QKDネットワークを発表	TBD	TBD	TBD	開発初期段階 (2025年5月公表)

2. 宇宙安全保障に関する国際的な技術動向

2.3 “機能保証”に関する動向

宇宙利用における脅威の活動事例（中国）

- ・ 宇宙作戦能力の向上（ロボティクス、燃料補給等）やミサイル防衛システムの強化、潜在的なDA-ASAT能力等を通じて米国への対抗姿勢を強化
- ・ 低軌道衛星を用いたノンキネティック攻撃や電子戦支援は新たな脅威

国名	活動事例	影響先	キネティック	ノンキネティック	電子	サイバー
中国	中国における軌道上燃料補給の取り組み★ <ul style="list-style-type: none"> ● 中国人民解放軍は、平時及び有事における宇宙のロジティクスのために、軌道上燃料補給を行う準備（ロボットアームやドッキング機構を含む燃料補給技術開発、訓練ツール）を進めている。2025年1月に、軌道上燃料補給と寿命延長技術実証に関連したSJ-25衛星の打上げに成功。 	宇宙 →宇宙	○	—	—	—
	中国のミサイル防衛システムに係るGEO衛星の取り組み <ul style="list-style-type: none"> ● 中国は、2025年1月に、通信技術実験衛星TJS-14を打上げ。当該衛星は、ELINT、ミサイル探知・早期警戒システム、検査衛星等の実験が想定される。人民解放軍のミサイル防衛システムにおいて重要なインフラを提供し、中国の宇宙通信能力を強化する可能性がある。 	宇宙 →宇宙	—	—	○	—
	中国軍によるLEO衛星とHGVを用いた米艦艇への攻撃シミュレーション <ul style="list-style-type: none"> ● 中国の電子装備関係の研究所では、中国側のLEO衛星を用いて米艦艇側のレーダー探知を妨害することで、中国側のHGVが米艦艇に探知されことなく、米軍艦を攻撃できると分析。3機のLEO衛星で米艦艇レーダー探知を無力化でき、28機の衛星があればグローバルな電子戦支援が可能。 	宇宙 →地上	—	—	○	—
	大規模衛星コンステレーションに対する偵察手法に関する研究 <ul style="list-style-type: none"> ● 中国の研究チームは99機の衛星を使用し、約1,400機のメガコンステレーションに接近するシミュレーションを実施。標的の衛星にレーザーやマイクロ波を照射し、搭載電子部品等を破壊・無効化する想定。 	宇宙 →宇宙	—	○	—	—
	中国の潜在的なDA-ASAT能力 <ul style="list-style-type: none"> ● 中国は、2023年4月にDN-3の発射テストを実施。DN-3は、宇宙空間で運用されるミッドコース（中間段階）での迎撃ミサイルとみられ、潜在的なASAT機能を備えている可能性が示唆されている。 	地上 →宇宙	○	—	—	—
	宇宙ベースのSSAセンサ <ul style="list-style-type: none"> ● 中国は少なくとも10機のSSA衛星をLEOに打上げ。搭載センサ（光学、RF、赤外）や監視対象軌道（LEO→LEO, LEO→MEO, LEO→GEO, LEO→XGEO）を分担している様子が窺える。 	宇宙 →宇宙	—	—	—	—
	宇宙領域監視のための新たな基地（基地37）を設置 <ul style="list-style-type: none"> ● 2023年に新たに設置された基地37は、中国の宇宙物体カタログの精度向上及び外国の宇宙物体の識別・追跡、分析を担う。人民解放軍の衛星が自然的・意図的な干渉を受けている否かを判断する。 	地上 →宇宙	—	—	—	—

- ・ 中国人民解放軍は、平時及び有事における宇宙のロジティクスのために、軌道上燃料補給を行う準備（ロボットアームやドッキング機構を含む燃料補給技術開発、訓練ツール）を進行
- ・ 2025年1月に、軌道上燃料補給と寿命延長技術実証に関連したSJ-25衛星の打上げに成功

政策（プログラム名）	Shijian	実施主体	上海航天技術研究院（SAST）
------------	---------	------	-----------------

<プログラム概要>

- 2025年1月に、軌道上燃料補給と寿命延長技術に関する試験を目的としたSJ-25衛星の打上げに成功（衛星はGTO軌道に投入）
- 平時・有事のシナリオで軌道上衛星燃料補給の技術と訓練ツールに取り組んでいると見られている。
 - 2018年以降、軌道上燃料補給に関する軍事衛星オペレーターの訓練用シミュレーションツールの開発を推進（訓練、評価及び技術テストの目的）



SJ-25打上げ（中国航天科技集団（CASC））
<https://chatgpt.com/c/69ad677c-ce50-8324-956a-39d405b5aa23>

<研究開発動向>

- 2013年7月～2016年5月、ロボットアーム搭載の試験7号（SY-7）による小型衛星の放出・把持
- 2018年以降、上海航天技術研究院（SAST）は燃料補給衛星の開発を進めており、2021年後半から2022年初頭にかけて「SJ-21」でその能力を実証することに成功したとされている。
 - SJ-21 は、使用不能となった Compass G2 とドッキングし、墓場軌道まで牽引
 - SJ-21 は、デブリの把持・移動を行うためのロボットアームやドッキング機構を搭載していた可能性あり
- 2025年6～7月、SJ-21 と SJ-25 が静止軌道上でランデブー／近接運用を実施

宇宙利用における脅威の活動事例（ロシア）

- ・ キネティック／ノンキネティック脅威に関連した軌道上実証や商用通信衛星へのSIGINT活動等を継続的に実施
- ・ ウクライナ侵攻を機に宇宙アセット(地上)へのサイバー攻撃.他国衛星への電波妨害等が顕在化

国名	活動事例	影響先	キネティック	ノンキネティック	電子	サイバー
ロシア	LEOにおける対衛星兵器（キネティック、キネティック）に係る実証 <ul style="list-style-type: none"> ● 2019年～2020年、Cosmos2542衛星からCosmos2543衛星が分離。Cosmos2542は軌道を上げ、米国衛星への接近運用・監視を実施。その後、Cosmos2543衛星は、Cosmos2535衛星とランデブーし、小さな物体を高い相対速度で放出。当時、米宇宙軍は「ロシアが宇宙ベースの対衛星兵器の非破壊試験を実施したと指摘」。 ● 2022年2月に打上げられたCosmos2553衛星（高度約2,000kmにて運用）は、核兵器搭載ASAT（高高度核爆発）に関連した実験（サブシステムの耐放射線試験等）との見方もある。2024年2月、米国はロシアが宇宙に核兵器を配備に対する懸念を示した。 	宇宙 →宇宙	○	○	—	—
	GEOにおける商用通信衛星に対するSIGINT活動★ <ul style="list-style-type: none"> ● ロシアが2023年に打上げたLuch 2衛星は、米国・欧州等の商用通信衛星への近接運用し、SIGINT活動を実施していると見られている。IntelsatやEutelsat等の衛星事業者は、米国・欧州等の軍隊に衛星通信を提供していることから、SIGINTの対象となっているとの見方がある。 	宇宙 →宇宙	—	—	○	—
	ロシアによるViasat社へのサイバー攻撃 <ul style="list-style-type: none"> ● 2022年2月、ロシア軍のウクライナ侵攻の1時間前に、ロシアはウクライナ軍が指揮統制に利用しているViasat社の衛星通信ネットワークとその数千の地上ターミナルの間の接続性を拒否するサイバー攻撃を実施。本攻撃は欧州のユーザーに無差別に影響を与え、欧州中部の風力タービンとインターネットユーザーの約1/5が使用不能になった。 	地上 →地上、 宇宙	—	—	—	○
	指向性エネルギー兵器（対衛星用レーザー）の開発 <ul style="list-style-type: none"> ● ロシア国防省は、2018年にPeresvetと呼ばれる車両搭載型レーザーを公開。移動式の大気圏弾道弾と合わせた配備や対衛星用途（高度1,500kmの周回衛星衛星に干渉）が見込まれる。 	地上 →宇宙	—	○	—	—
	ロシア軍による他国衛星に対する電波妨害 <ul style="list-style-type: none"> ● ロシアは、他国の衛星通信（Starlink等）に対する妨害を実施したと見られる。また、他国の偵察衛星（光学、レーダー）がデータ中継衛星へ送信する信号を遮断することで、ロシア領土に対する撮像を防止する計画の可能性も示唆されている。 	地上 →宇宙	—	—	○	—

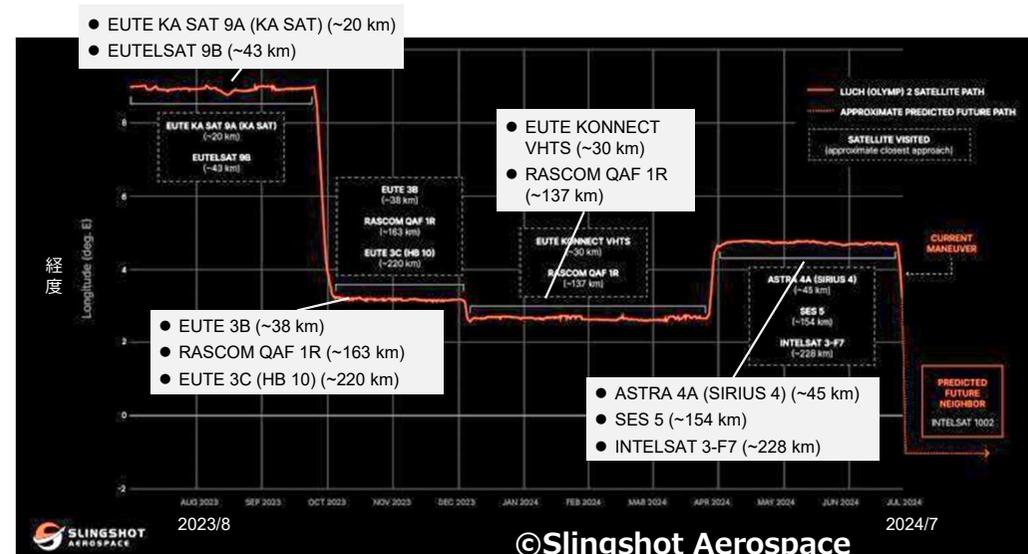
- 2023年に打上げた“Luch 2”は、米国・欧州等の商用通信衛星への近接運用にてSIGINT活動を実施している模様
- Intelsat や Eutelsat等は、欧米の軍に衛星通信を提供し、SIGINT対象となっている模様

【プログラム概要】

- 2023年、「Luch (Olymp) 2」を打上げ、GEO上においてSIGINTミッションを実施
 - 他衛星に非常に接近し、数日または数週間停止して別の場所へ移動する動きを繰り返す。(SIGINT ?)
 - 前号機のLuch 1は、2015年以降、少なくとも27の異なる衛星（米欧等が所有）を近接運用を実施。Intelsat（12回の近接）とEutelsat（7回の近接）が所有・運営する衛星が含まれる。

【動向】

- Luch 2は、14か月間に数回の重要な操作を行った見られる。これまでで最も接近したのはEutelsatのKA-SAT 9Aであり、通信衛星の約20km以内に接近した。
- Luch 2が接近した欧州、アフリカ、米国の通信衛星
 - EUTE KA SAT 9A (KA SAT) (~20 km)
 - EUTELSAT 9B (~43 km)
 - EUTE 3B (~38 km)
 - RASCOM QAF 1R (~163 km)
 - EUTE 3C (HB 10) (~220 km)
 - EUTE KONNECT VHTS (~30 km)
 - RASCOM QAF 1R (~137 km)
 - EUTE 3C (HB 10) (~220 km)
 - ASTRA 4A (SIRIUS 4) (~45 km)
 - SES 5 (~154 km)
 - INTELSAT 3-F7 (~228 km)



Luch 2による近接運用

Space News, <https://spacenews.com/russian-spy-satellite-reportedly-continues-suspicious-maneuvers/>

- Dynamic Space Operations (DSO) は、宇宙機の軌道のみならず、地上セグメントの再構成、補給・ロジスティクスを含む総合的な新たな宇宙作戦の概念
- 機動能力を獲得するためRPO・燃料補給技術の開発、商用サービスの活用等が検討中

【概要】

- “Dynamic Space Operations (DSO)” は、2023年にUSSPACECOM (John Shaw中将) が公表した新しい概念
 - 将来の宇宙作戦は、静的かつ予測可能ではなく、動的な宇宙作戦のパラダイムに置き換えられる必要性に言及

【動向】

- 2023年8月、“Parallax Rising 2.2 演習” では、軌道上燃料補給を Space Mobility and Logistics (SML) の枠組みで検討し、DSOへの重要な一歩として扱う。
 - 「軌道上補給は単なる技術実証ではなく、DSO を可能にする将来の運用基盤」として位置づけ
- 2025年5月、SSCは “Joint Antenna Marketplace (JAM)” の試作契約を発表
 - JAMは、アンテナ・通信・スケジューリングをクラウドベースで柔軟に割り当てる仕組み
 - DSOは、「宇宙機の持続機動」だけでなく、「地上セグメントの再構成・可変運用」も含んでいる。
- ➔ DSOは、「衛星のドッグファイト」のような話ではなく、「宇宙機の機動＋地上セグメント再構成＋商業統合＋補給・ロジスティクス」の総体であり、宇宙戦力を“固定目標”から“持続的に動く戦力”へ変え、「攻撃を避け、攻撃を難しくし、攻撃後も任務を続け、相手の対宇宙戦略全体を不利にする。」と捉えることができる。



John Shaw中将（2023年2月）

- ・ 米宇宙軍は、複数の企業と軌道上の燃料補給技術や、ランデブー・ドッキング技術を開発中
- ・ 軌道上の燃料補給により衛星寿命を延ばし、回避・接近等の衛星の機動能力を向上

項番	開発	概要	イメージ図
1	Northrop Grumman	軌道上燃料補給技術の開発： <ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料補給インターフェース（Passive Refueling Module; PRM）が技術標準 ・ 2025年までにPRM搭載衛星を打上げ予定 ・ 宇宙給油衛星（Geosynchronous Auxiliary Support Tanker; GAS-T）の開発契約締結。GAS-Tは燃料補給を求める衛星に移動・接近して給油を実施 	 <p>©Northrop Grumman Space Systems Command Selects Northrop Grumman For Space Refueling Standard and Tanker - Via Satellite</p>
2	Orbit Fab	軌道上燃料補給技術の開発： <ul style="list-style-type: none"> ・ 燃料補給ポート（Rapidly Attachable Fluid Transfer Interface; RAFTI）の確認を実施、燃料貯蔵庫（Gas Stations in Space）の宇宙空間配備を計画 ・ スイスの ClearSpace や Astroscale U.S. ispace等と燃料補給に関する契約 	 <p>©ORBIT FAB RAFTI™ — Orbit Fab Spacecraft Refueling</p>
3	USAF	先進的なランデブー近接運用およびドッキング（RPOD）技術の開発： <ol style="list-style-type: none"> (1) <u>デタンプリング技術</u>：準備された物体や未準備の物体を安定させる技術 (2) <u>ロボットマニピュレーター</u>：ロボットアームやエフェクター技術の開発 (3) <u>軌道上での操作</u>：安全な接近とドッキングのための技術と方法論の確立 (4) <u>ミッション計画</u>：動的なミッション計画とサービスアーキテクチャの開発 (5) <u>宇宙空間での検査</u>：軌道上での物体の検査を迅速かつ効率的に行う技術 	—
4	Astroscale U.S.	軌道上燃料補給技術の開発： <ul style="list-style-type: none"> ・ Astroscale Prototype Servicer for Refueling（APS-R）として軌道上で衛星に燃料補給を実施するプロトタイプを開発。標準的なESPA（EELV Secondary Payload Adaptor）規格の衛星として設計され、GEOで複数の燃料補給ミッション（ヒドラジンの運搬）を実施。 ・ USSFは、2023年9月に同社と契約を結び、2026年までに納入される予定。 	 <p>©Astroscale U.S. New Details on the Revolutionary Astroscale U.S. In-Space Refueler for the United States Space Force</p>

軌道上SDAの動向（米軍SSNの監視センサ）

25-001-T-015

- ・ 宇宙監視センサーは、地上配置型、宇宙配置型 で構成され、各々運用 または 整備中
- ・ 近年、GEO 近傍の 監視 及び 追跡・識別 のための 宇宙センサーの計画が進行中
- ・ 取得データは、データ統合基盤として、政府・商用センサーを取り込んで統合

項番	配置	名称	主な監視対象	概要	現在の状況
1	地上	AN/FSY-3 Space Fence	LEO, MEO	Sバンドのフェーズドアレイレーダ。手がかり無しの検出, 高精度 測距・追尾等	運用中
2	地上	AN/FPS-85	近地球～深宇宙	UHFのフェーズドアレイレーダ。継続追尾・カタログ維持 ピーク放射電力32MWで、バスケットボール大を22,000海里 まで追跡可能	運用中
3	地上	AN/FPS-108	デブリ追跡	Lバンドレーダ、衛星・デブリ追跡	MDを兼ねる
4	地上	GEODSS	深宇宙～GEO	3サイトで運用。各サイトに1m級の望遠鏡と高感度カメラを設 置。10,000倍暗い物体まで検出可能	一部、GBOSSへ アップグレード中
5	地上	GBOSS	深宇宙～GEO	GEODSSの近代化。識別・追尾能力向上	受領後、試験中
6	地上	DARC	GEO含む深宇宙	米,英,豪の3サイトに設置。全天候型・24/7でGEOの小物体 を追跡	1サイト建設中
7	軌道上	SBSS	地球周回物体	可視光センサ+2軸ジンバルで衛星を機動せずに視線切替を 実施	運用中
8	軌道上	Silent Barker	主にGEO	宇宙軍とNROの共同運用（詳細は非公表）	2023年打上げ
9	軌道上	GSSAP	GEO周辺	EO,IRセンサを搭載し、GEO近傍からの直接観測と、RPOで 接近して識別・異常解析を実施（詳細は非公表）	2026年2月に追 加2機打上げ
10	軌道上	RG-XX	GEO周辺	GSSAP後継。燃料補給を可能とする方向性	2025年末にRFP
11	軌道上	ORS-5	GEO帯	小型衛星で光学望遠鏡（低コスト,小型設計）	2017年に実証機

- 宇宙軍により長年安全保障用途で利用されており、2010年代から活発化している中国、ロシアによる衛星に対する“近接運用の監視”が主なミッションの一つ
- 後継の RG-XX では、燃料補給を通じた積極的かつ頻繁な軌道移動の実現を志向

【概要】

SSN の宇宙ベースのセンサーの一つ。GEO帯で運用され、RPOで対象近傍に機動・接近し、特徴把握や異常解析を実施する。

【研究開発動向】

- Northrop Grumman を主契約企業として製造された衛星であり、現時点で 合計8機 が打上げられている。
 - GSSAP 1,2（2014年）：USA253, USA254
 - GSSAP 3,4（2016年）：USA270, USA271
 - GSSAP 5,6（2022年）：USA324, USA325
 - GSSAP 7,8（2026年2月）：USA582, USA583
- GSSAPの最近の接近事例
 - 2021年後半：GSSAP4が、中国のSJ-20に接近（最接近が10km）
 - 2022年2月：GSSAP3が、中国のShiyan-12 01/02に接近（米中衛星ドッグファイト）
 - 2023年1～3月：GSSAP5が、中国のSJ-23に接近（100km未満の接近）
 - 2025年6月：GSSAP3,4が、中国のSJ-25,SJ-21に接近（燃料補給試験の監視）2014年以降、20件超の接近事例があり、10～15kmの接近例もある。
- 2026年の打上げの一方、2026年1月に後継機RG-XX（商用活用、小型・低コスト、燃料補給？）のRFPが公表されている。



[GSSAP \(Geosynchronous Space Situational Awareness Program\) - eoPortal](#)

- 宇宙軍とNROの共同開発で、SSNのSDAセンサーとして「広域監視・継続追尾・脅威警戒」という“警戒監視”が主なミッションの一つ
- 2023年に3機打上げられ、2026年の追加打上げ（機数不明）で本格的な運用開始

【概要】

2028年に寿命を迎える予定のSpace Based Space Surveillance (SBSS) 衛星の後継であり、GEO帯の物体・活動を監視し、高価値衛星に対する脅威兆候の早期把握

→ 単一センサーではなく、複数の視野・役割を持つ光学系と推察

【研究開発動向】

- 2017年、宇宙軍とNROが共同で開発すると発表。
- 2020年、取得計画を策定。契約企業は未公開
- 2023年、Atlas-5で複数機の打上げ
 - Silentbarker1 : USA 346
 - Silentbarker2 : USA 347
 - Silentbarker3 : USA 348
- 2025年、初期運用準備完了予定
- 2026年、完全運用開始を見込み
- 2025年に宇宙軍は、Silent Barker 後継のRFIを出す。
 - 小型・低コスト・商用技術活用・広視野光学センサーを志向



The SILENTBARKER/NROL-107 payload arrives at the VIF for mounting atop the Atlas V 551 rocket (Photo by United Launch Alliance)



A United Launch Alliance (ULA) Atlas V rocket lifts off carrying the SILENTBARKER/NROL-107 mission, Sept. 10, 2023. (Photo by United Launch Alliance)

- ・ 欧州防衛基金で、「BODYGUARD」プロジェクトの立上げと、フランスの独自国家プロジェクトによる、偵察・近接運用技術の実証が進展（→ 2018年、ロシア衛星がフランス衛星へ接近）
- ・ フランスは、GEO上での偵察・近接運用技術を実証し、2030年頃に本格的に能力化

政策（プログラム名）	Autonomous SSA Bodyguard Onboard Satellite (BODYGUARD)
実施主体	EU、欧州防衛基金 (EDF)

政策（プログラム名）	Yeux en Orbite pour un Démonstrateur Agile (YODA) 及びEGIDE
実施主体	フランス軍

<プログラム概要>

- EDFは、2023年に「自律型SSAボディガード搭載衛星」(BODYGUARD) プロジェクトを公表
- EDFは、“Bodyguard”を、“衛星搭載の自律的な宇宙状況把握能力の構成要素を開発し、脅威検出・評価、監視に加え、脅威に対する宇宙アセットの保護と抗たん性向上を高める” 研究案件としている。
- 至近距離で脅威となる衛星の弱点を探知し、ロボットやレーザーで対処も視野に入れた構想

<研究開発動向>

- 本プロジェクトの全体予算（36か月）は約€6.5M
フランスを拠点とする AGENIUM SPACE社が主導
（EU加盟8か国、ベルギー 2社、デンマーク 1社、フランス 3社、フィンランド 2社、ギリシャ 1社、ラトビア 1社、ルクセンブルク 1社、スウェーデン 1社で構成）
- 2025年2月にキックオフ、2027年末頃に研究成果

<プログラム概要>

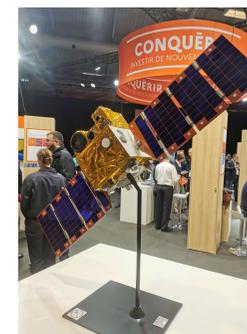
- フランス独自の国家プロジェクトである“YODA” は、2機のSSA衛星実証（10～20kg級、超小型衛星）を計画
- GEO上で偵察・近接運用技術を検証するもので、衛星接近技術の実証、近接運用パイロードの見極め、宇宙コマンド要員の訓練を目的とする。
- 当初の2025年打上げ想定が、2026年になる見込み
- “YODA” の大型後継機である“EGIDE” を2030年頃に打上げる計画。搭載レーザーは「FLAMHE」と呼ばれている。



© Direction générale de l'armement/Défense

YODA衛星イメージ

https://www.defense.gouv.fr/comment-france-se-prepare-conflit-spatial/ares-dga-prepare-notre-maitrise-lespace?utm_source=chatgpt.com



© Daniel Chrétien, Futura

YODA 展示写真

https://www.futura-sciences.com/actualites/astronautique-satellite-russe-espionne-trois-satellites-francais-109628/?utm_source=chatgpt.com

軌道上SDAの動向（フランスの動向）

25-001-T-015

- ・ 2018年、ロシアの“Luch”衛星が、フランス/イタリア共同の“Athena-Fidus”に接近
- ・ 2025-2040 国家宇宙戦略では、「宇宙はすでに戦場化している」と明言
- ・ 2025年11月、マクロン大統領が新戦略発表の場で、“衛星保護能力の2027年への前倒し”

項番	プロジェクト	軌道	目的	概要	現在の状況
1	PARADIN	GEO	GEOの“監視+点検”サービスを仏宇宙コマンド（CDE）向けに提供	マイクロ衛星（約100kg）で、宇宙ベースSSAセンサ（受動）+近接点検（能動）能力を提供。他衛星の1km以内まで接近可能（安全ランデブー）	2025年8月、DGAが枠組み契約を通知（上限5,000万€） ・ 打上げ目標は、2027年であり、GEO監視/点検サービスとして運用準備を進める。
2	TOUTATIS	LEO	LEOで知識+反応（knowledge & reaction）チェーンを実証	LPM(軍事計画法)2024-2030の一部で、2機（action/spotter）のナノ衛星で構成 ・ LISA-1（監視,状況把握） ・ SPLINTER（RPO,能動行動）	スタートアップ企業のU-Space社主導でMBDA社が提携し、2027年に軌道投入する計画 2025年11月、MaiaSpace社による打上げが決まる。
3	YODA	GEO	“宇宙から宇宙を監視”し、接近運用（RPO）技術・パイロード検討・運用者訓練を行う実証	・ GEOで近接運用を実験するナノ級（10～20kg）衛星を2機 ・ さらに大型（約100kg級）のパトロール衛星（EGIDE）を2030年に運用化する計画	打上げ予定は、2026年5～10年かけて接近技術・パイロード・運用ノウハウを検証する。
4	FLAMHE	GEO	YODA後継のEGIDEに搭載を想定されている軌道上レーザ	2030年頃にGEOに100kg級レーザー衛星の配備を計画 仕様等は非公開	LPM(軍事計画法)2024-2030に「軌道上にレーザーを配備する」指向性エネルギー系の能力/実証と記載あり

- ・ 米国では、即応打上げの実証として、VICTUS NOX で指示から27時間後の打上げに成功
- ・ 欧州では、欧州域内の射場分散と小型ロケットによる即応を指向
- ・ 中国では、海上の移動式プラットフォームによる衛星打ち上げを実証

●米国：射場分散による即応打上げを実証中

- ・ 即応打上げの TacRS (Tactically Responsive Space) プログラムを実施
“VICTUS NOX” は、USSFの指示後27時間の衛星打上げに成功（軍射場）
“VICTUS SURGO/SALO” で、軌道間での衛星機動性向上を予定



●欧州：自律性確保で欧州域内の射場分散, 移動射場プロジェクトを立上げ

- ・ 英独は、欧州域内射場と小型ロケット群で、“同盟向け主権アクセス/即応”を志向
- ・ 仏は、国家需要に紐づき、“micro/mini-launch” の制度設計・支援を進めている。
- ・ 北欧（ノルウェー/スウェーデン）でも欧州域内の射場分散を進め、欧州の即応性（特に極軌道/SSO）の底上げを実施する。
- ・ EUとして、「Mobile responsive launch systems」プロジェクトを立上げ（2025年7月）



[USSF successfully concludes VICTUS NOX Tactically Responsive Space mission](#)

●中国：海上プラットフォームによる打上げを実証

- ・ 7機のペイロードを搭載した“捷龍3号” (Smart Dragon 3) を南シナ海の海上プラットフォームから打上げ（2026.2.12）
→ 商業用固体燃料ロケットで、海上の移動式プラットフォームから打ち上げられるのが特徴。2022年12月の初飛行以来、9回目の打上げがすべて成功



[中国が「捷龍3号」ロケットを海上から打ち上げ
パキスタンの衛星など7機を軌道投入](#)

即応対応（空中発射）

25-001-T-015

- ・ 米国 F-15、ロシア Mig-31での戦闘機の空中発射は、安全性や事業性等により計画中止
- ・ 米国 Northrup Grumman社の“Pegasus XL”で、空中発射プロジェクトは継続中

項番	国・主体	プロジェクト	母機・方式	想定ペイロード	状況	参考
1	米国 DARPA	ALASA	F-15E 空中発射	45Kg級の衛星を、 LEOに24時間以 内に即応対応	2015年に技術実証機の開発を停止 ・ 独自の一液推進剤（亜酸化窒素+アセチレン系の混合）の安全性により停止 （地上試験で2度の爆発）	  Airborne Launch Assist Space Access (ALASA)
2	米国 Northrup Grumman	Pegasus XL	L-1011 “Stargazer” から投下	443Kg衛星を LEOへ投入	運用実績あり／打上げ頻度は低い NASAの Swift Rescue Mission （Pegasus XL）で2026年6月頃予定	  Northrup Grumman Pegasus
3	英国 政府・地方 自治体	Astraius/ Prestwick	輸送機 C-17級 後部投下	最大800kg衛星 をSSO含むLEO の各傾斜軌道へ	・ 2024年打上げ目標であったが、確定した “軌道投入実施日”の公式確認はなし ・ 一方で、開発の継続は主張されている。	 Prestwick Spaceport partners with Astraius on horizontal launch tech - ADS Advance
4	英国 民間	Virgin Orbit / Launcher One	B747-400か ら投下	300Kg衛星を SSO 500kmへ、 500Kg衛星を LEOへ投入	2023/1/9 英国からの打上げ失敗、のち 破綻	 Richard Branson's Virgin Orbit reaches space for first time - Science & Tech - The Jakarta Post
5	ロシア/カザ フスタン（軍 用機）	Ishim	MiG-31 空中発射	160kg衛星を 300km（傾斜 46°）へ投入	2007年に計画中止 ・ 市場性、技術/事業性の壁が指摘	—
6	中国（研 究段階）	H-6級	H6爆撃機級 空中発射	50kg衛星を地球 周回軌道へ投入	2000年頃の予備研究，2006年にモック アップ展示があり。その後、飛行実証等なし	—
7	日本 経産省	ALSET (Air Launch System Enabling Technology)	輸送機 C-130級 後部投下	100～200kg衛 星をLEOへ投入	2009年の小型衛星向け空中発射システ ム技術実証プロジェクト。投下試験のCDR まで完了したが、事業化に至らず。	Smallsat Conference 2011 発表資料 抜粋  ALSET R&D Program https://digitalcommons.usu.edu/smallsat/2011/all2011/17/

主なVLEOの開発計画（米国）

25-001-T-015

- ・ 米国DoD/米空軍の資金提供や DARPA により、高分解能による画像提供、電離層観測を目的とした計画が実施中

#	計画主体・「計画名」	打上げ年	軌道	ミッション種別	概要
1	EOI Space 「Stingray Constellation」	2026年 (予定)	250km	光学(15cm)	米空軍が資金提供し、安全保障をはじめとした各種ユーザーにデータ・インサイトを提供
2	Albedo Space 「Albedo」	2025年 3月→打上げ 後、通信断	不明	光学(10cm)・ 熱赤外(2m)	米空軍、NROとの契約により、最大24機からなるコンステレーションを構築予定だったが、打上げ後の通信断により衛星画像提供を断念。
3	Skeyeon 「Near Earth Orbiter」	不明	250km	光学(1m)	個人投資家からのクラウドファンディングにて資金を調達中。DoDのSBIR契約あり
4	NASA 「SWAP-E」	2024年 (予定)	100km- 400km	宇宙天気センサ	搭載される各種センサから得られる電離層データにより、リアルタイムの電離層予報を提供
5	DARPA 「Ouija」	2025年 (予定)	不明	プラズマ密度と温度測定 HF Receiver	宇宙からの現場測定で地上での測定を強化し、正確でほぼリアルタイムのHF伝播予測を検証
6	DARPA 「Otter」	不明	90km- 250km	新たな推進技術の開発	VLEO衛星運用の延長を可能にする大気吸い込み電気推進技術の開発および実証
7	DARPA 「TALOS」	不明	不明	新たな推進技術の開発	大気抵抗補償のための革新的推進技術への投資で、VLEO衛星推進の技術革新を目的
8	AFRL(米国空軍研究所) 「The Precise flight experiment」	2024年 (予定)	90km- 600km	高感度衛星観測機器と 電波	通信やナビゲーションの電波伝搬に影響を与える電離層における電離プロセスを調査



(一財) 衛星システム技術推進機構