
自己紹介・活動紹介

自己紹介

保田 友晶（やすだ ともあき）

<経歴>

・ 2009年 経済産業省 入省

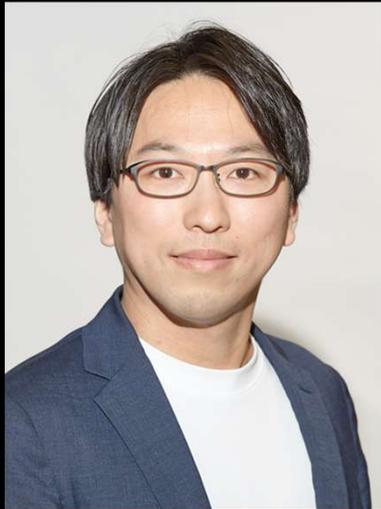
電力・再エネ、バイオ・創薬関連の研究開発支援、投資環境整備、ベンチャーエコシステム形成など、先進技術分野の産業政策の企画立案業務を歴任

・ 2015年 内閣府 宇宙開発戦略推進事務局 出向

新たな宇宙産業の創出に向けて基盤となる宇宙二法（宇宙活動法、衛星リモセン法）の法案策定業務を統括

・ 2022年 アークエッジ・スペース 入社

執行役員CSO（兼）未来宇宙システム事業本部長として、全社の経営戦略策定の他、衛星光通信、低軌道衛星測位などの新規事業開発を統括





衛星を通じて、人々により安全で豊かな未来を。

『超小型衛星システムの総合インテグレーター』

超小型衛星コンステレーションの設計開発から量産化、運用まで総合的なソリューションを提供する

会社概要

(2025年12月現在)

設立：2018年7月

所在地：東京都江東区有明

資金調達総額：107億円

累積受注・採択額：300億円超

従業員数：約170名

衛星打上・運用実績：17機

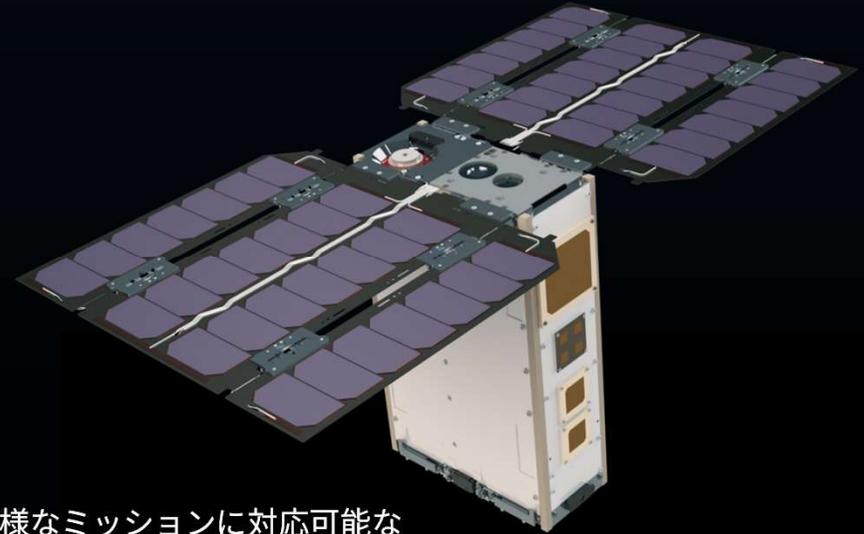


次世代の海洋通信インフラ

衛星データ利活用

新たな衛星測位システム

月インフラ・深宇宙探査



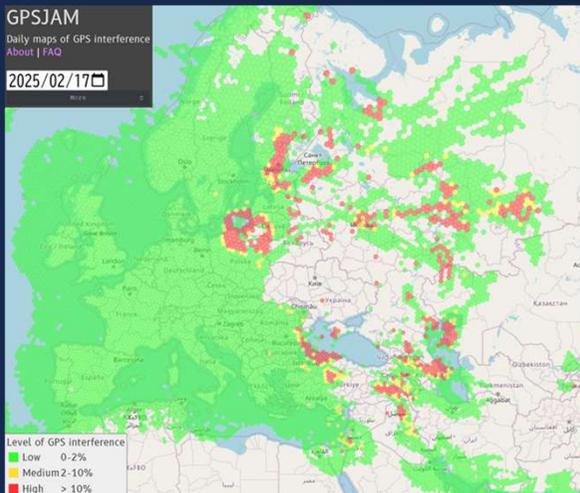
多様なミッションに対応可能な
高性能な超小型衛星

低軌道衛星測位（LEO-PNT）が求められる背景

- ウクライナ侵攻以降、欧州周辺では衛星測位（GNSS）信号への妨害が急増。
2024年4月、フィンランドの国営航空会社の航空便2機がGNSS妨害を受けて、空港に引き返す事態が発生。
- 2021年11月、ロシアは「Space Warrior」による衛星破壊（ASAT）実験を実施。
ロシア国営テレビは、NATOが一線を超えた場合に当該ASAT技術で32基のGPS衛星を爆破できると警告。

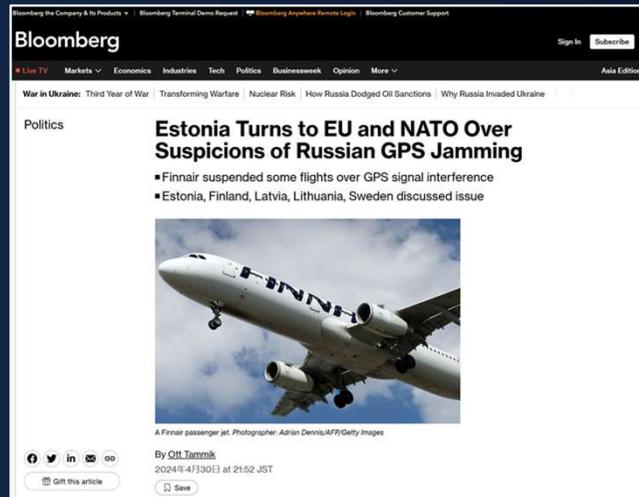
背景①：ジャミング・スプーフィングの急増

欧州周辺でのジャミングの状況



出典：
<https://gpsjam.org/?lat=23.38548&lon=130.81069&z=4.6&date=2025-02-17>

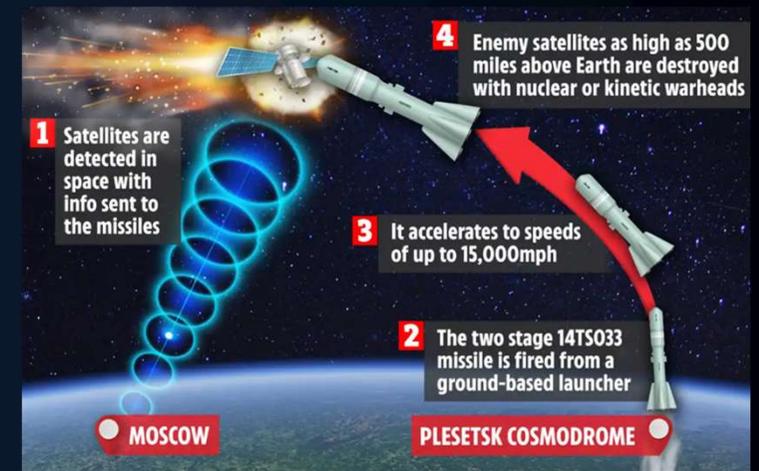
ジャミングの影響で飛行中断した民間航空機



出典：
<https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-04-30/gps-jamming-estonia-turns-to-eu-and-nato-over-suspicions-of-russia-interference>

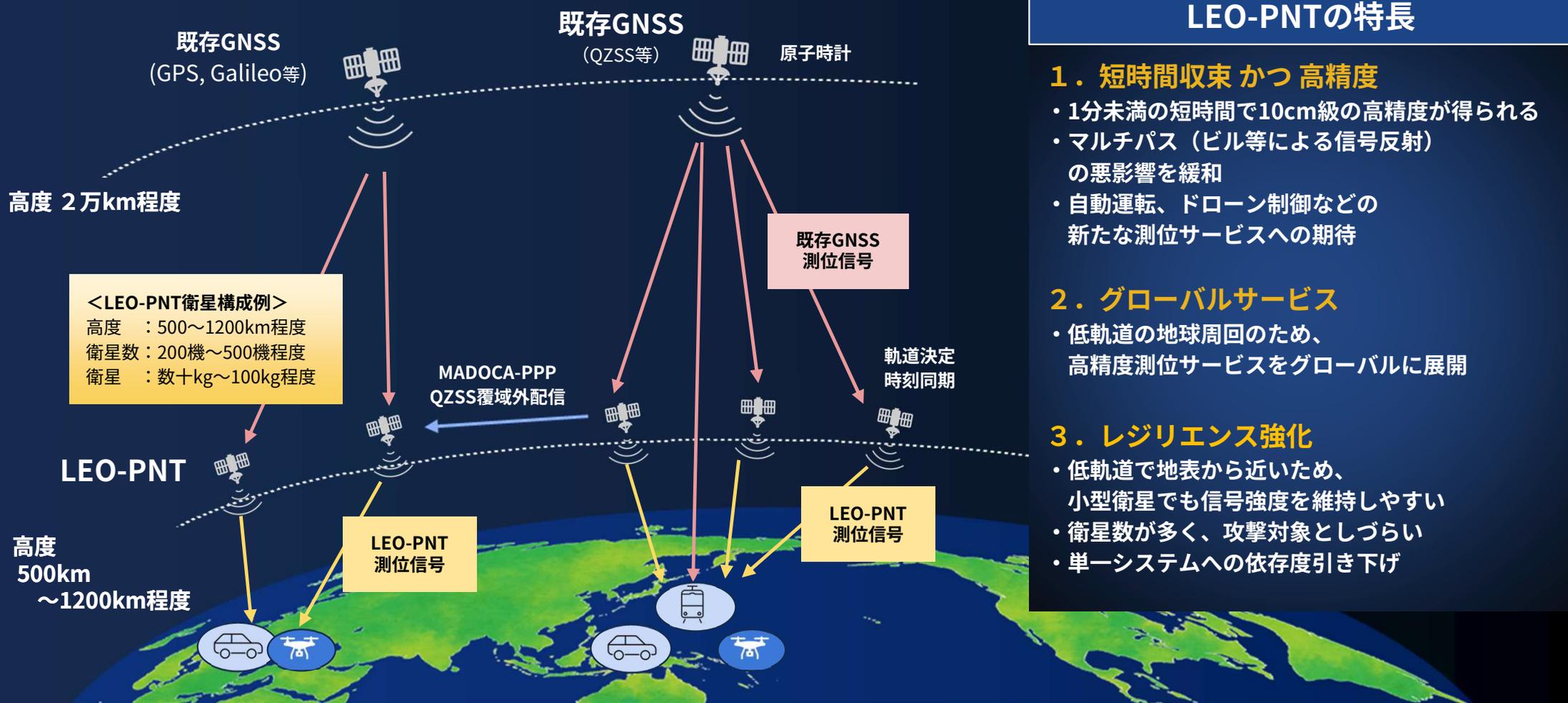
背景②：ASATの潜在的脅威

ロシアの衛星破壊兵器「Space Warrior」の概要



出典：
<https://www.thesun.co.uk/news/16820020/putin-star-warrior-missile-russia-nato/>

低軌道衛星測位（LEO-PNT）とは



LEO-PNTの特長

1. 短時間収束かつ高精度

- ・1分未満の短時間で10cm級の高精度が得られる
- ・マルチパス（ビル等による信号反射）の悪影響を緩和
- ・自動運転、ドローン制御などの新たな測位サービスへの期待

2. グローバルサービス

- ・低軌道の地球周回のため、高精度測位サービスをグローバルに展開

3. レジリエンス強化

- ・低軌道で地表から近いため、小型衛星でも信号強度を維持しやすい
- ・衛星数が多く、攻撃対象としづらい
- ・単一システムへの依存度引き下げ

低軌道測位衛星システム（LEO-PNT）に関するF/S (FY24)

- 2024年10月、当社はJAXAからLEO-PNTに関するF/S検討の事業者として選定。
- 高精度かつ低収束時間を実現する低軌道測位衛星コンステレーションの概念設計や、測位ペイロード、LEO-PNT向け測位信号形式等に関するトレードオフ評価等を実施した。

名称：低軌道測位衛星システム（LEO PNT）に関するFeasibility Study（その1）

実施期間：2024年10月11日～2025年3月14日

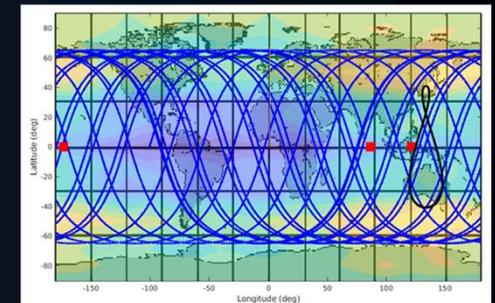
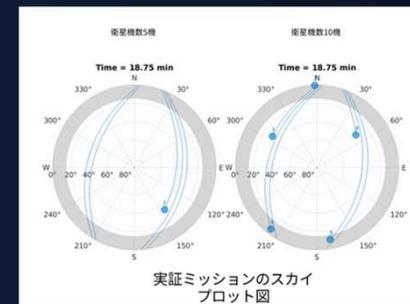
実施項目：

地上や地球低軌道のユーザに対して位置・時刻情報を提供するLEO-PNTに関し、以下の調査検討を実施。

- 低軌道測位衛星システム（LEO-PNT）
- 衛星コンステレーションのトレードオフ評価
- LEO（低軌道）に配備する測位衛星の機上（オンボード）でのGNSS航法及び測位信号生成評価
- 測位信号の信号形式及び使用する周波数帯に関する評価
- LEO-PNT実証ミッションの概念設計（ミッションコンセプトの提案、衛星設計、軌道設計、衛星機数の評価等）等

(前提仕様)

- LEO-PNTコンステレーションの高度は900～1200km
- 測位衛星総数 500機程度まで
- SISE（衛星の軌道上位置に起因する測位精度）20cm 等



LEO-PNTに関する要素技術開発及びシステム検討 (FY25)

- 2025年10月、当社はJAXAからLEO-PNTに関する要素技術開発及びシステム検討の事業者として選定。
- 既存GNSSがなんらかの理由で中断された状況においても、地上のユーザに対して「頑健な」位置・時刻情報を継続的に提供できる低軌道測位衛星システムの要素技術及び関連するシステムについて検討を深める。

名称：低軌道測位衛星システム (Dedicated LEO PNT) の要素技術及び関連するシステムの検討

実施期間：2025年9月～2026年3月中旬

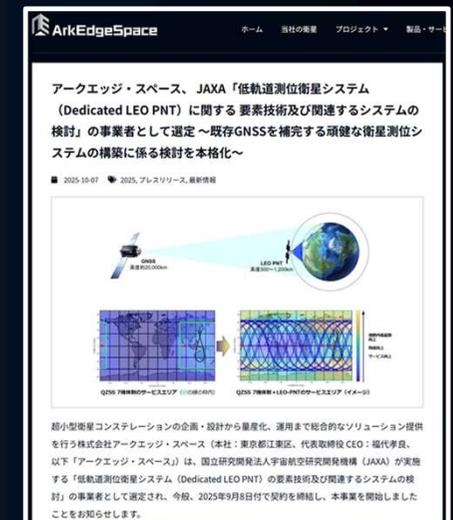
実施項目：地上のユーザに対してGNSSとは独立に「頑健な」位置・時刻情報 (PNTサービス) を代替的に提供する低軌道測位衛星システムの要素技術及び関連するシステムの検討を実施し、LEO PNTによる alternative PNT の基盤を獲得

事業内容：

- ・ LEO PNTシステム (GNSS-independent) の要素技術の検討・整理
- ・ LEO PNTシステム (GNSS-independent) の信号設計
- ・ LEO PNTシステム (GNSS-independent) の信号受信技術の検討
- ・ システム検討 他

前提：

- ・ C1帯 (5010-5030MHz) とC2-4帯 (5030-5250MHz) を含むC帯、S帯、L帯の利用
- ・ 非GNSS依存のための手段としては、衛星間光通信等によるOptical Time Transferや、地上モニタリングネットワークによる精密軌道決定等も考慮



出典：当社プレスリリースより

LEO-PNTの軌道上実証に向けた開発計画

技術開発・実証目的

特に高精度を特長とする低軌道衛星測位（LEO-PNT）の社会実装に必要な**コア技術の早期確立と軌道上実証**を目指す。

技術開発・実証内容

1 軌道時刻決定

低軌道衛星の高精度な軌道時刻決定に必要なアルゴリズム、測位ペイロード（軌道時刻決定モジュール、時刻モジュール）の開発・実証、ホールドオーバー時間*の評価を行う。

※GNSS信号を使用できない場合の有効測位時間

2 軌道上からの測位搬送波の地上受信

開発する送信機、増幅器、フィルタ、アンテナ及び地上受信機を用い、ITU基準を考慮したC/N₀の実証・評価等を行う。

3 電離層補正

2周波送信衛星の開発、及び2周波推定（要ペイロード内時刻同期）、メッセージ型補正（NeQuick等）など、高精度な電離層補正技術の開発・実証を行う。

4 マルチパス・対流圏補正

低軌道衛星位置の幾何学的変化を活用したマルチパス補正手法の開発・実証、降雨損失の評価等を行う。

5 MADOCA-PPP配信

QZSS覆域外へのMADOCA-PPPの配信実証を行う。

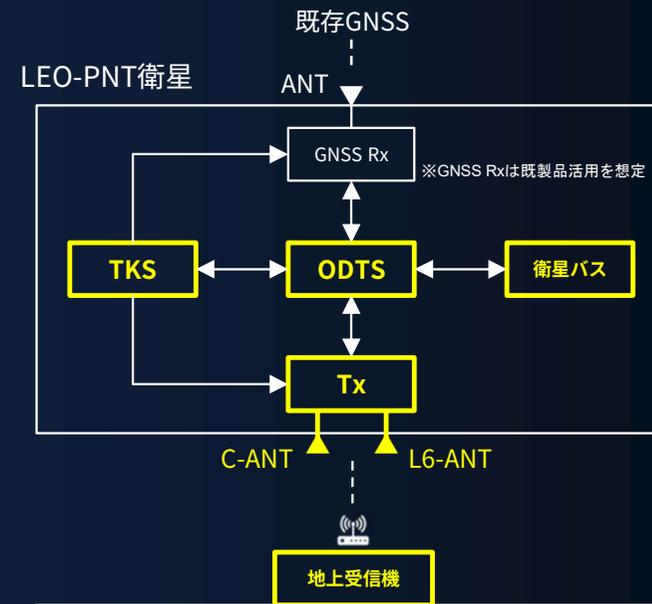
開発する衛星・ミッション等の概要

黄色部分が本事業で開発する主要ミッション等

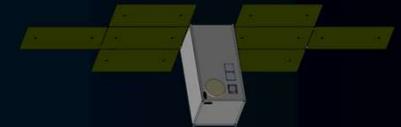
ODTS : Orbit Determination and Time Synchronization（軌道時刻決定モジュール）

Tx : Transmitter（測位信号送信機）

TKS : Time Keeping System（時刻モジュール）



<衛星仕様>



- 衛星サイズ：16U
- 衛星機数：2
- 衛星高度：550km
- 軌道傾斜角：SSO
- 周波数帯：C, L6, S

※衛星外観は現時点のイメージであり、詳細は今後の決定により変更する可能性があります。

LEO-PNT実現に向けた戦略的アライアンス構築

- 国際共同によるLEO-PNTシステムの構築に向け、各国主要機関との**戦略アライアンスを構築**。

国名	アライアンス構築の状況
イギリス 	<ul style="list-style-type: none"> ●英国科学イノベーション技術省（DSIT）傘下の英国PNT庁では、既存GNSSに依存しない英国独自のPNTインフラの確立に向け、総額1.55億ポンド（約310億円）のPNTシステム強靱化に向けた新たな研究開発プログラムの開始を宣言。 ●弊社は、政府系研究機関であるRoyal Institute of Navigation（RIN：王立航法協会）とLOIを締結し、技術交流・共同実証及び日英共同での将来のLEO-PNTアーキテクチャ構築に向けた議論を実施。
オーストラリア 	<ul style="list-style-type: none"> ●オーストラリア国防省は、LEOを含む多層的な衛星システムを活用し、妨害・劣化に強いレジリエントなPNTインフラ構築を検討中 ●弊社は、同国のFrontier SI[※]とLOIを締結し、インド太平洋地域の抑止力向上に向けた日豪間のPNTレジリエンス強化に向けた調査等に向けた共同を開始。 <p><small>※豪州でのGNSSを中心とした測位・位置情報分野の社会実装と標準化を産官学連携で推進する準政府系組織</small></p>
アメリカ 	<ul style="list-style-type: none"> ●TrustPoint社は、米国宇宙軍のプログラムの下でLEO-PNT衛星システム及び関連技術（Pseudolite等）を開発中。 ●弊社は、同社とLOIを締結し、LEO-PNTにおけるC帯利用、信号・データフォーマットの協調、共同実証などでの協力関係の構築に向けた議論を開始。

追加説明資料

LEO-PNTとは、一体なんなのか？

⇒ 地球低軌道に配置された衛星を活用するPNTの総称
実際には、様々なバリエーションがある

LEO

- Low Earth Orbit の略
- 地表から2000km程度の「地球低軌道」のこと
(参考：GPS衛星は高度2万km程度の中軌道にある。MEOと呼ばれる。)

PNT

- Positioning, Navigation, and Timing の略
- 位置・航法・時刻同期の機能を有するシステム

LEO-PNTのバリエーション ①衛星への搭載方式

⇒ 本日は、衛星に測位ペイロードを搭載する①、②を主に扱う

① Dedicated LEO-PNT

- LEO-PNT向けに最適化された「専用衛星」

② Fused LEO-PNT

- 通信衛星などに測位ペイロードを搭載した「相乗り衛星」

③ Signals of Opportunity

- 測位衛星以外の衛星から送信された電波で位置を推定
(到来時間:Time of Arrival、到来方向: Angle of Arrivalなどから位置を推定)
- 測位ペイロードは搭載していない
- 衛星費用が不要のため学会発表等は盛んだが、精度は限界あり

LEO-PNTのバリエーション ②導入の目的

⇒ 目的により衛星の構成は大幅に変化。実際は複数の目的の組み合わせ

① 自律性強化・主権確保型

- ・ 米国はじめ「他国の意思に影響を受けず」に自国の位置・時刻インフラを機能維持するのが目的
⇒ 機能向上は必須ではない。衛星機数を抑制可 (100機等)
- ・ 位置情報よりも時刻同期の機能維持を重視する場合も
- ・ 派生形として「既存GNSS非依存」もある

例：英国、フランス、UAE、ウズベキスタン、JAXA 等

③ 妨害対策強化型

- ・ ジャミング等の妨害活動の影響緩和が目的
- ・ ジャミング対策としては、
 - 信号強度の大幅向上、周波数の多様化 (C帯等)
- ・ スプーフィング、サイバー攻撃対策としては、
 - 信号認証の利用、高度な暗号化

例：Xona、ESA、JAXA 等

③ カバレッジ拡大型

- ・ 地域限定の航法システム (RNSS) のサービス範囲をグローバル等に拡大することが目的
⇒ 機能向上は必須ではないため、衛星機数は抑制可

例：韓国 (KPS) 等

⇒ 高緯度地域での測位精度向上

※ 潜在的には日本、インド、英国等もあり得る

④ 測位精度向上型

- ・ 10cm級等の高精度測位の実現の他、収束時間の低減、マルチパスの抑制などの効果も期待
- ・ 高機能により、新たな測位サービスの創出を目指す
⇒ ジオメトリ、DOPの改善のため、衛星機数の増加を必要とする場合が多い (300機等)

例：ESA、Xona、Geely 等

諸外国で検討中のLEO-PNT（概要まとめ）

	米国			欧州			中国		
	宇宙開発庁 (SDA)	Xona Space Systems社	TrustPoint 社	ESA:Celeste GMV社 + OHV社	ESA:Celeste Thales Alenia社	仏:宇宙復興計画 Synchroncube Syrlinks社	衛星ネットワーク (CSNG)	北京未来航行技術有限公司 Future Navigation	吉利 (Geespace)
衛星機数 (実証)	2028年頃 (トランジェ3)	打上げ済 1機 2026年 16機	打上げ済 3機	2025年 1機 × 2社 (計2機) 2027年 5機 × 2社 (計10機)		1機	打上げ済 44機	打上げ済 16機	打上げ済 30機 2025年 72機
衛星機数 (商用)	将来 200機程度	2030年 258機	2027年100機 2029年300機	(N/A)	(N/A)	(N/A)	2030年 508機	2026年 190機	将来 240機
軌道高度	(N/A)	1080km 等	550km 等	550km 等		(N/A)	1150km ~1175km	975km 1100km 等	620km
周波数	(N/A)	L帯 (過去C帯も検討)	主にC帯 (一部S帯も検討)	L帯, S帯, C帯 (+UHF帯 等)		(N/A)	L帯	L帯	L帯
特記事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ PWSA構想の一環。3段階目であるトランジェ3で低遅延通信等とともに、PNTの機能が実装される計画。 ・ 2025年に調達プロセスが開始され、2028年頃に複数の衛星が実装される見込み。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小型衛星の設計、製造、運用ではAerospacelab社と戦略的パートナーシップを締結 ・ R-GPSプログラムに採択されたAstranis社と800万ドル=約12億円の契約締結を発表 (本年11月) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2021年に200万ドルの資金調達 ・ 米国宇宙軍 SpaceWERXと総額 380万ドル = 570億円の契約を締結 (本年8月) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ESAのFutureNAVはLEO-PNTで2社を採択 (本年3月、予算規模は各社7800万ユーロ=約125億円)。プロジェクト名はCelesteと名付けられた ・ 最初の衛星打上げは契約から20か月以内 ・ 5G/6G 通信との相互運用性も実証 	<ul style="list-style-type: none"> ・ フランス宇宙復興計画に基づくプロジェクトであり、クリティカルインフラ向けの時刻同期機能に特化。実証衛星は6U級。 ・ 主幹事のSyrlinks社を筆頭に、衛星開発はU-Space 社、小型アンテナはAnywaves社、衛星コンポはComat社の連携で進めている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星ネットワークは中国版スターリンク(星網)を構築している中国政府系会社 ・ 「SATNET計画」によ北斗の抗たん性強化のためLEO衛星の活用を推進 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 北斗の補強のためのLEO-PNTシステムとして「CENTISPACE計画」を推進 ・ 2025年1月にはシーローンチにより10機の実証衛星を打ち上げ ・ 将来的にはSATNETとの統合が想定されている 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中国の自動車メーカー (中国政府との緊密な関係でも知られる) によるプロジェクト ・ 自動走行車、自律型ドローンの制御や物流管理などを主な目的として掲げている 	

LEO-PNTに関する国際動向（サマリー）

【多層型コンステレーションの定着】

- 欧米中に加え、英国、ロシア、UAE、ウズベキスタン、韓国が**相次いでLEO-PN開発計画を公表**
 - 設計思想にもよるが、コンステレーション規模は数十機程度、数百機程度のものに分かれる
 - いずれも**複数機のLEO-PNT実証衛星の打上げ計画（2030年まで）**を有する
 - 米国は、政府の公式計画は発表されていないが、軍主導の開発プログラムが進展
- 従来の中軌道、静止軌道に、**低軌道（LEO-PNT）も追加した「多層型」の衛星測位システム**が、少なくとも開発計画レベルでは**半ば「常識」になりつつある。**

【特定地域向けGNSSのグローバル化】

- 特定地域向けGNSSとして整備されてきたインドNavICは27機のMEO衛星を追加、開発中の韓国KPSは少なくとも24機のLEO-PNT衛星を追加することで、**サービスエリア拡大の方向性**を強めている。
 - 韓国は、準天頂軌道の弱点である**高緯度地域への拡張**に強い関心

