

**経済安全保障重要技術育成プログラム
(Kプログラム) による
日本独自の衛星コンステレーション実現について**

2023年10月5日

**株式会社 Space Compass
シニアプロジェクトマネジャー
垣内 芳文**

#1 Space Compass について

- 光通信静止衛星によるデータ中継サービス
- HAPS（成層圏プラットフォーム）によるサービス

#2 経済安全保障プログラムによる 日本独自の衛星コンステレーションについて

- 光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発・実証に関する研究開発

Space Compassについて



NTT（グローバルネットワーク技術） × スカパーJSAT（宇宙事業経験）

= *Space Compass*（宇宙統合コンピューティング・ネットワーク事業）

代表者
(出身)



堀 茂弘
(NTT)



松藤 浩一郎
(スカパーJSAT)



設立 2022年7月20日（月面着陸の日）

株主構成 NTT 50% スカパーJSAT 50%

垣内 芳文 (かきうち よしふみ)

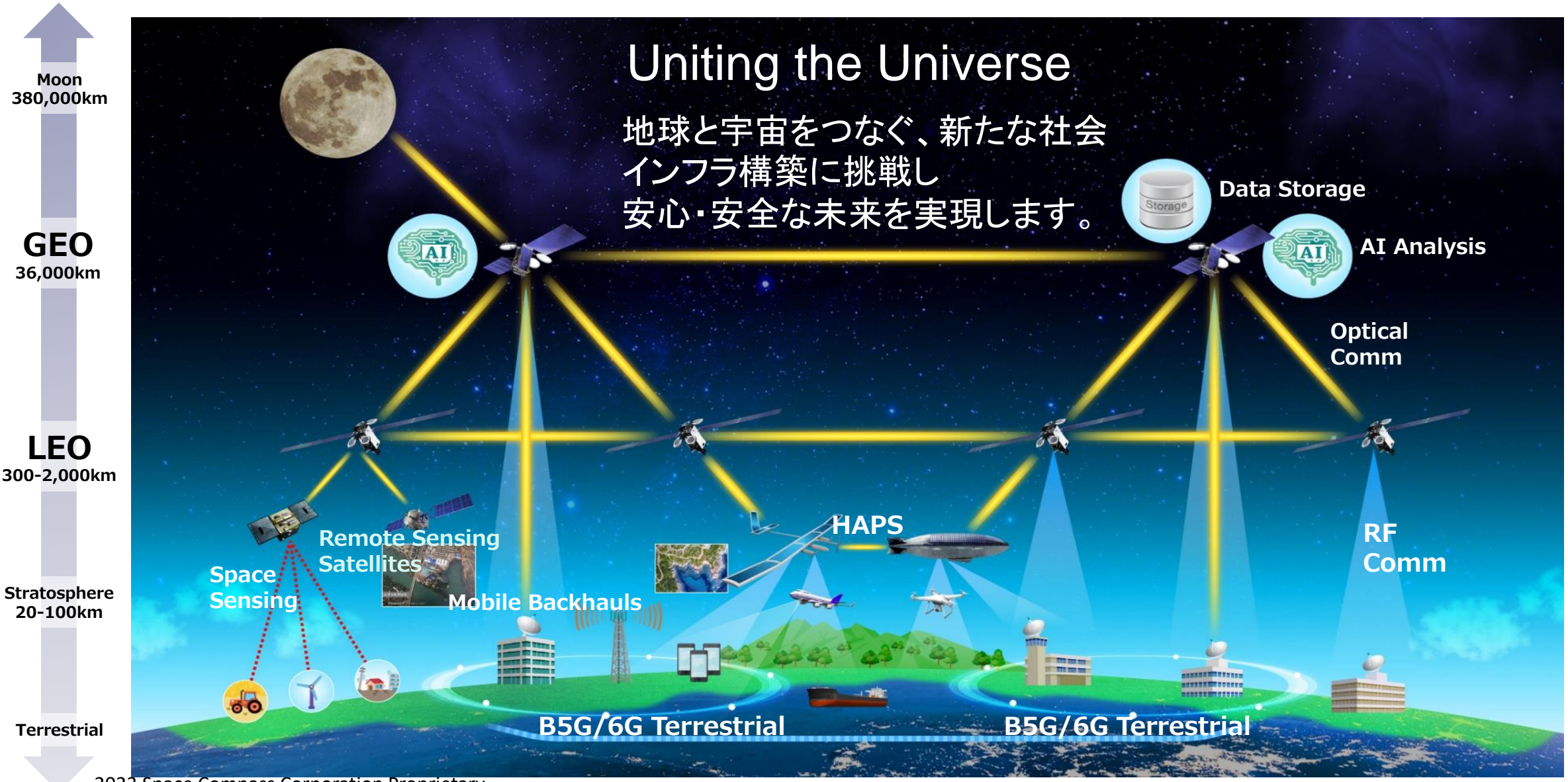
<略歴>

- 1989年 早稲田大学理工学部応用物理学科卒
- 1989年 宇宙通信株式会社 (現：スカパーJSAT株式会社) 入社
(衛星管制：国内初の商用静止通信衛星、運用技術開発、三菱電機(株)出向、
管制支援システム開発、管制計画責任者、110CS初号機共同運用責任者)
(経営企画：制度調整対応、障害対応体制、品質管理、準天頂衛星初期検討等)
- 2004年 同社 衛星運用部長 (衛星管制部長、衛星技術部長)
(110CS衛星初号機運用、日韓共同放送衛星の受託運用等)
- 2006年 同社 インフラ戦略室長
- 2008年 スカパーJSAT株式会社 技術運用本部 統括部長代行
- 2013年 同社 経営管理部門 経営企画部長代行、専任部長
(110CS後継衛星、4K・8K放送限定受信システム事業開発、衛星フリート計画管理、
障害対応、BCP、社内新規事業制度、4G/5G電波共存/B5G、宇宙活動法、社内DX等)
- 2023年 株式会社 Space Compass 出向 シニア・プロジェクト・マネジャー

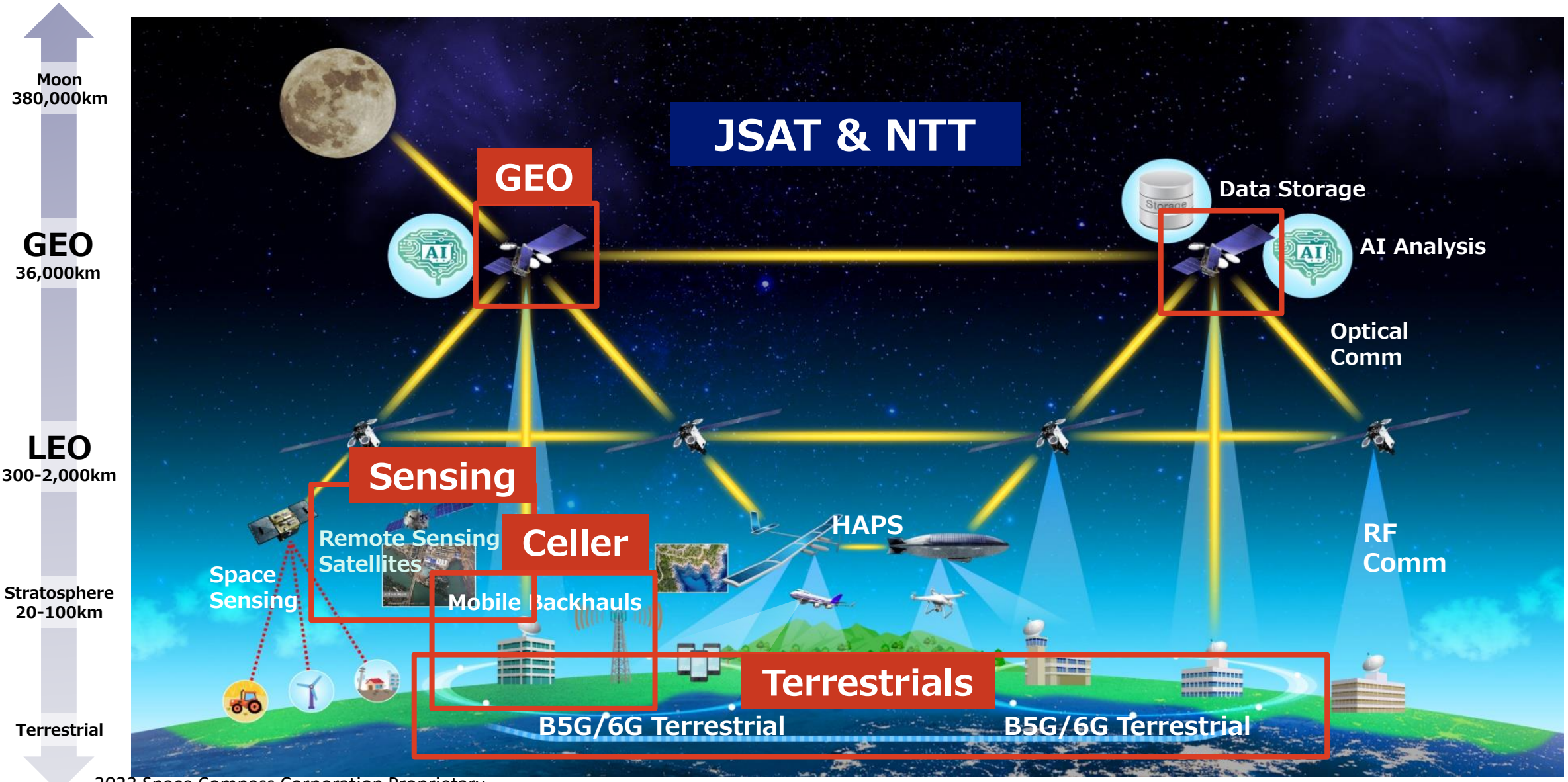




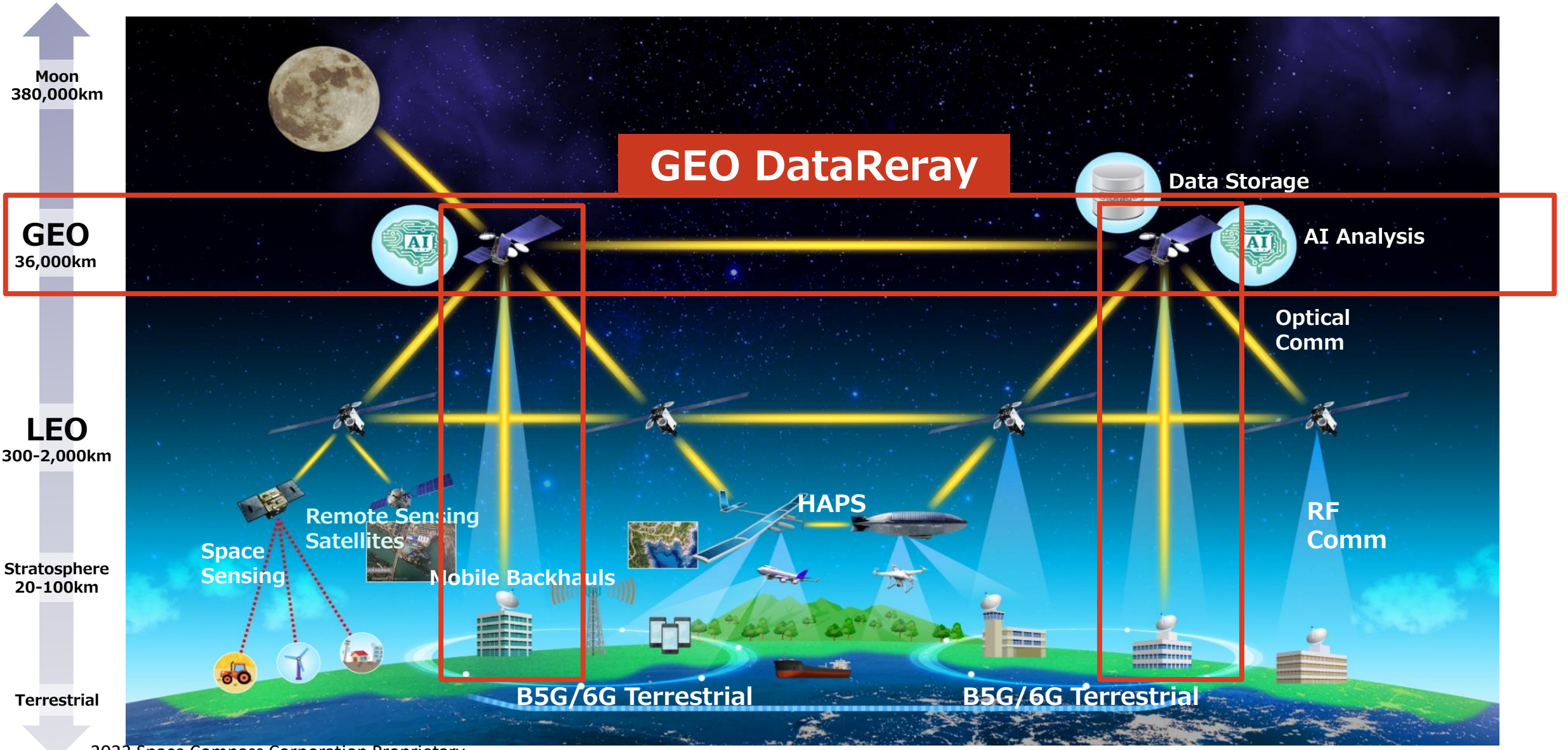
Space Compass Mission



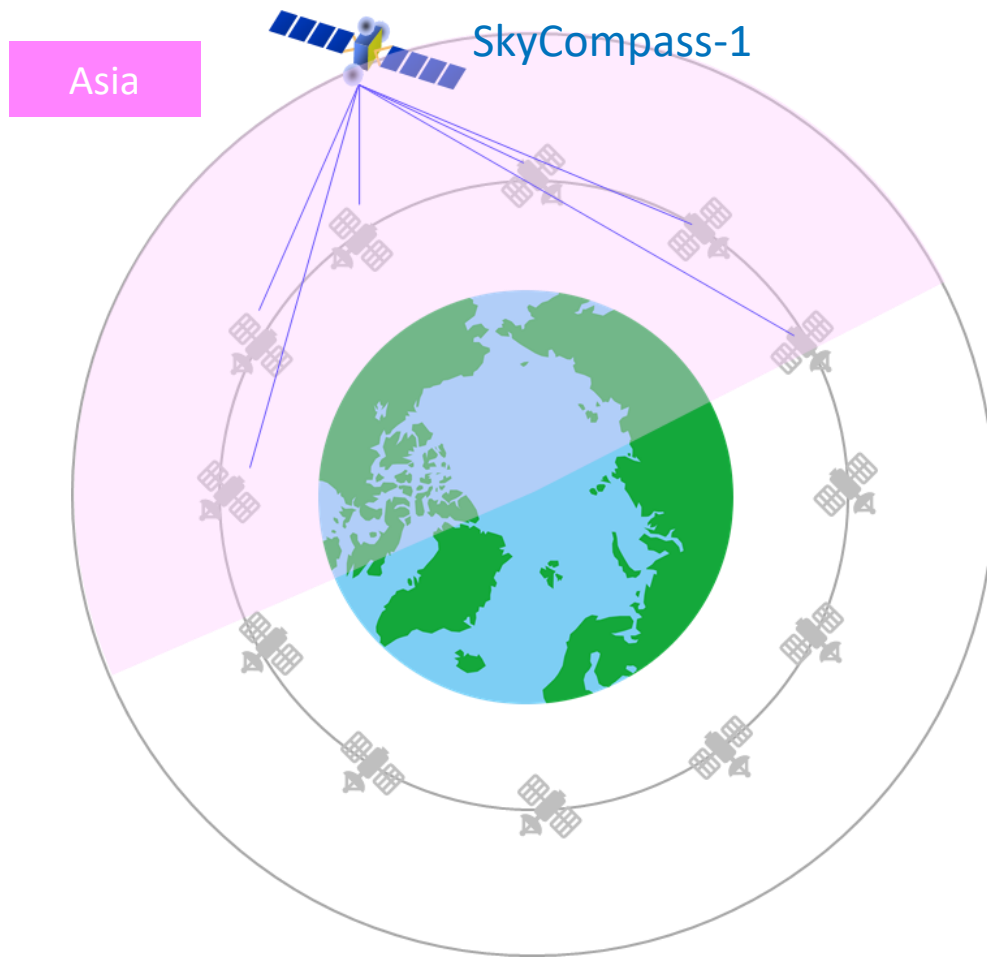
Space Compass Vision



Space Compass Vision

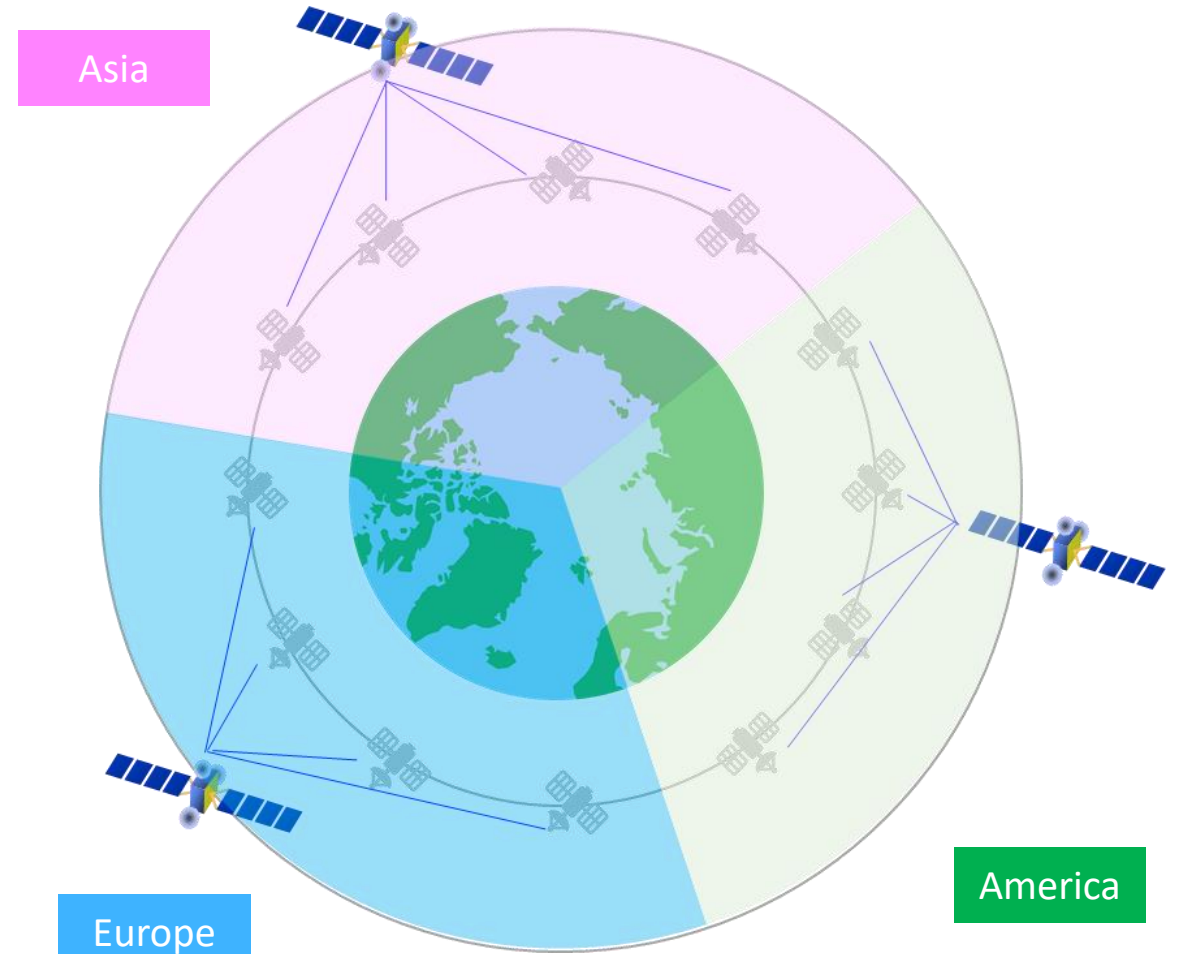


静止光通信データ中継衛星の構築・展開



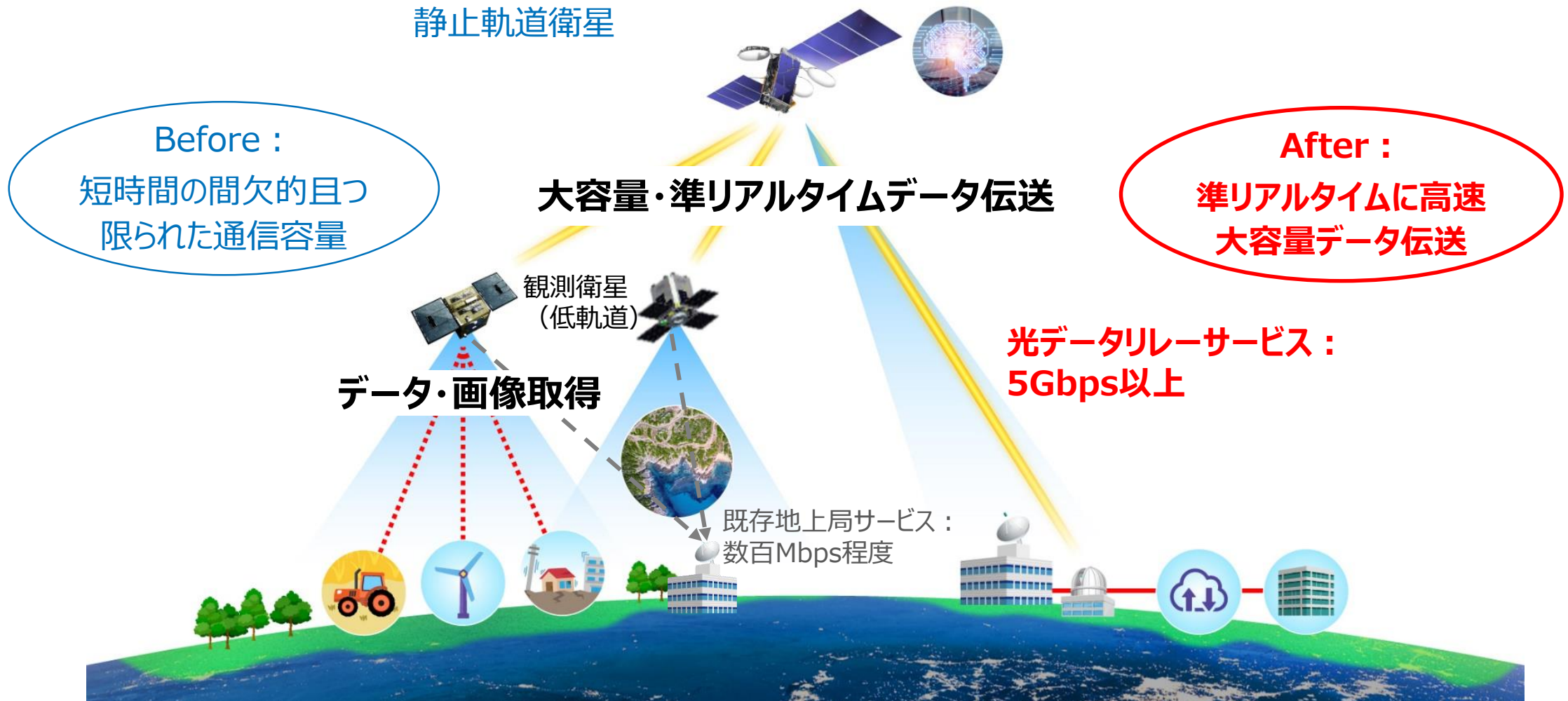
2024年

2023 Space Compass Corporation Proprietary

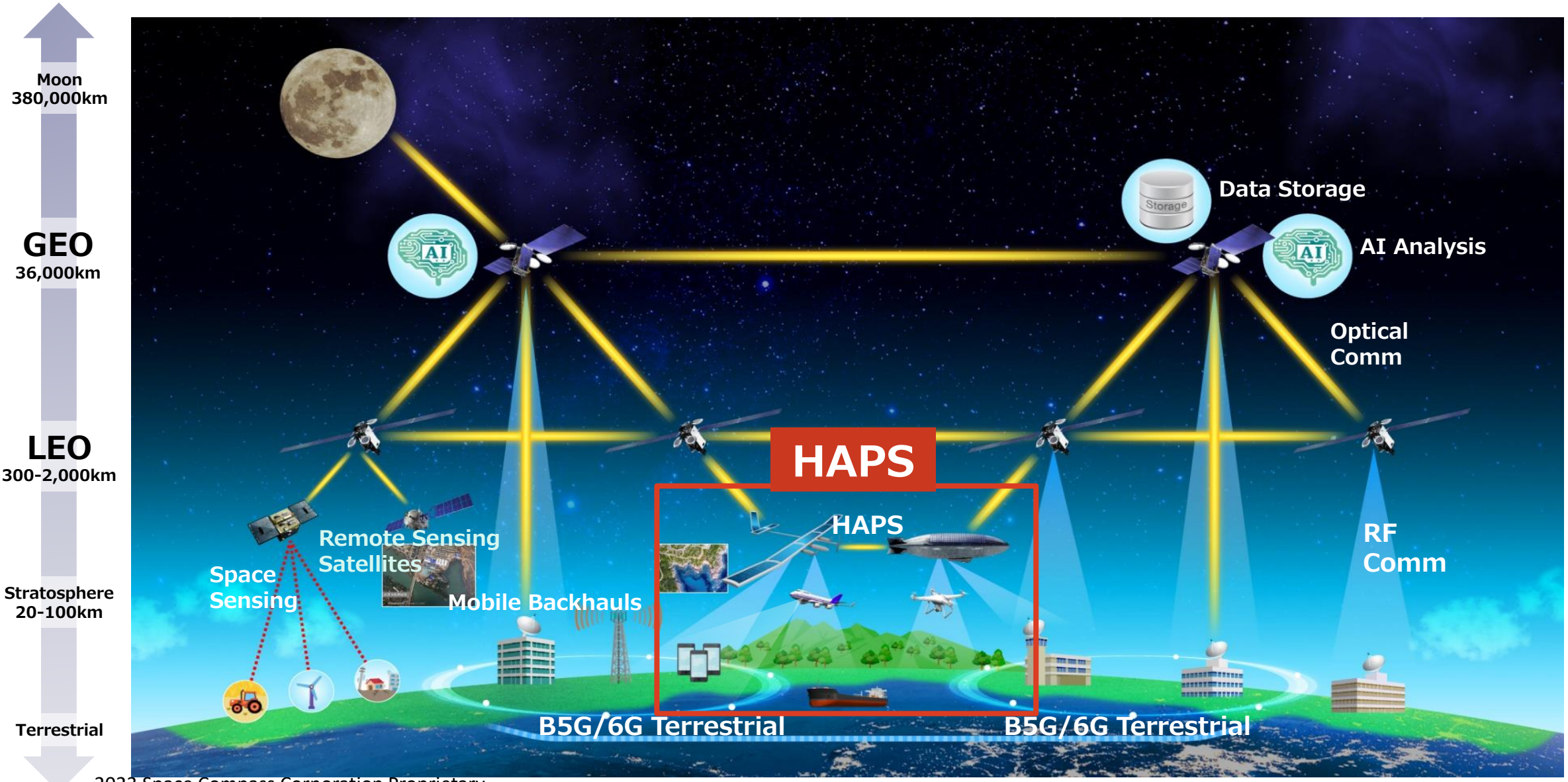


2027年

2024年度に光データリレーサービスを開始

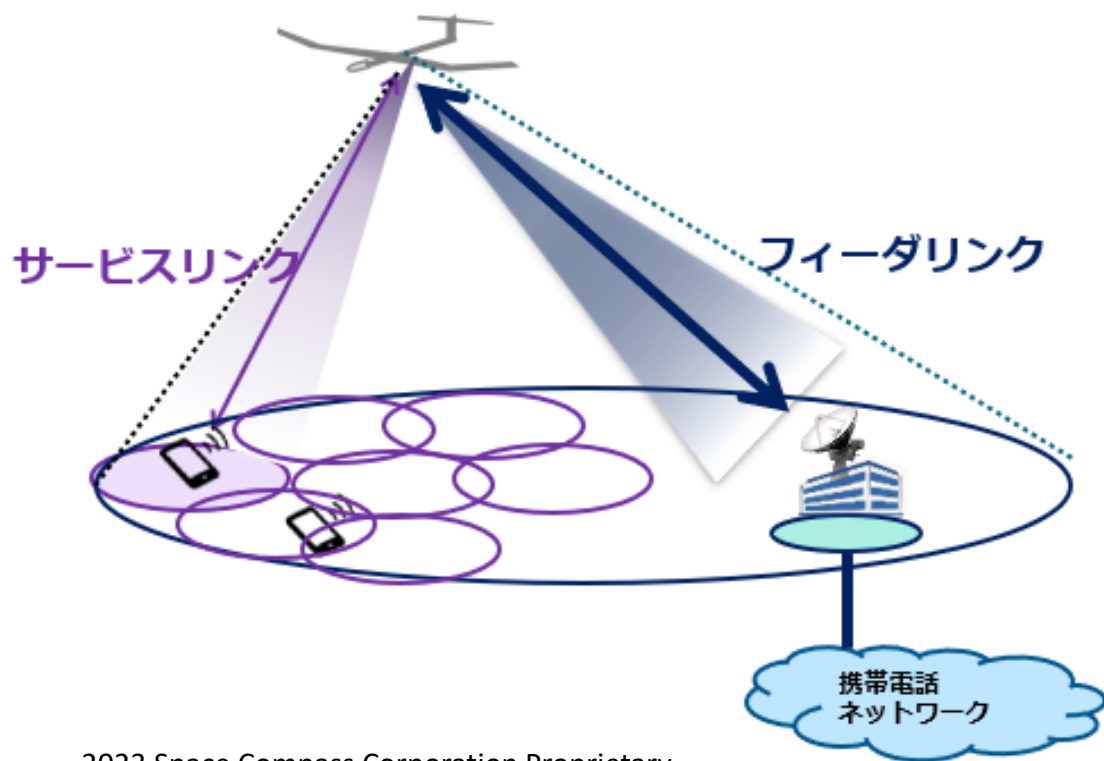


Space Compass Vision

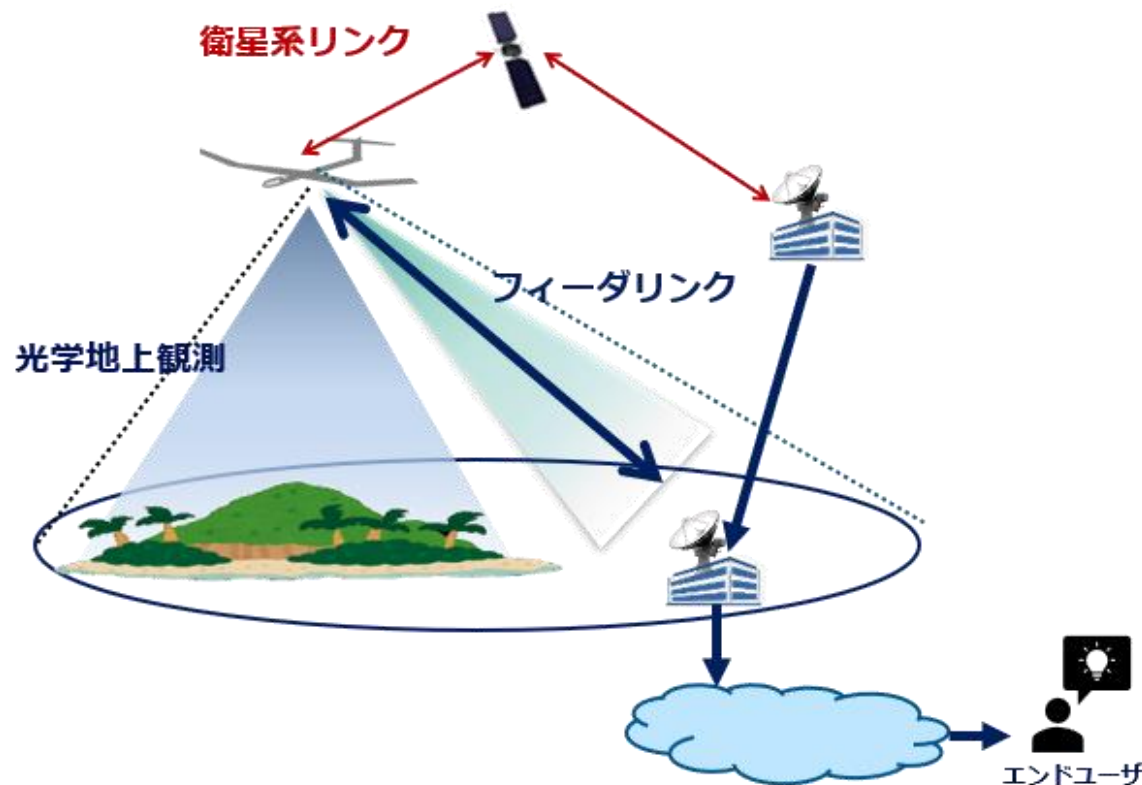


2025年度事業開始当初は、主に離島向け通信サービスを提供予定
サービスメニュー・提供エリアを順次拡大し、全国展開を進めます

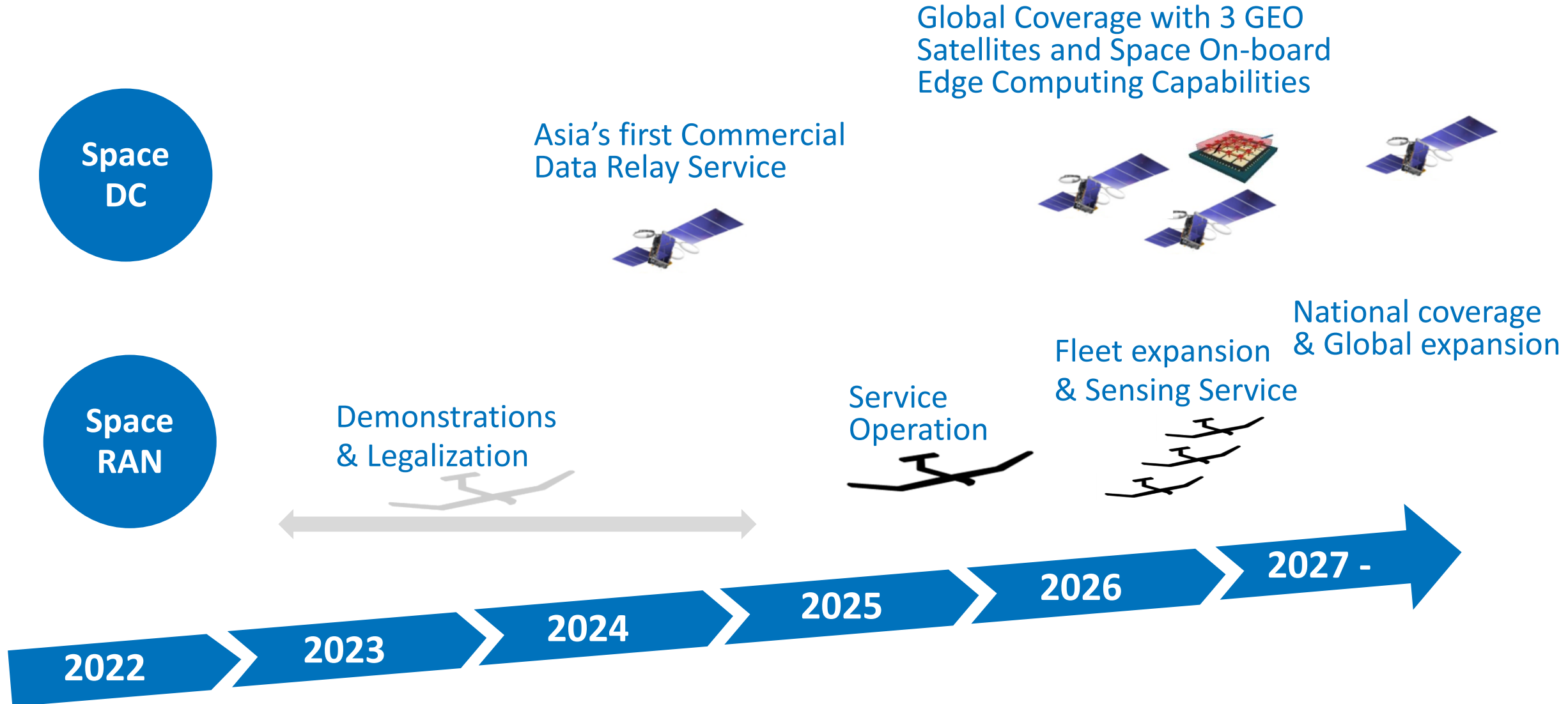
通信サービス（スマホ）



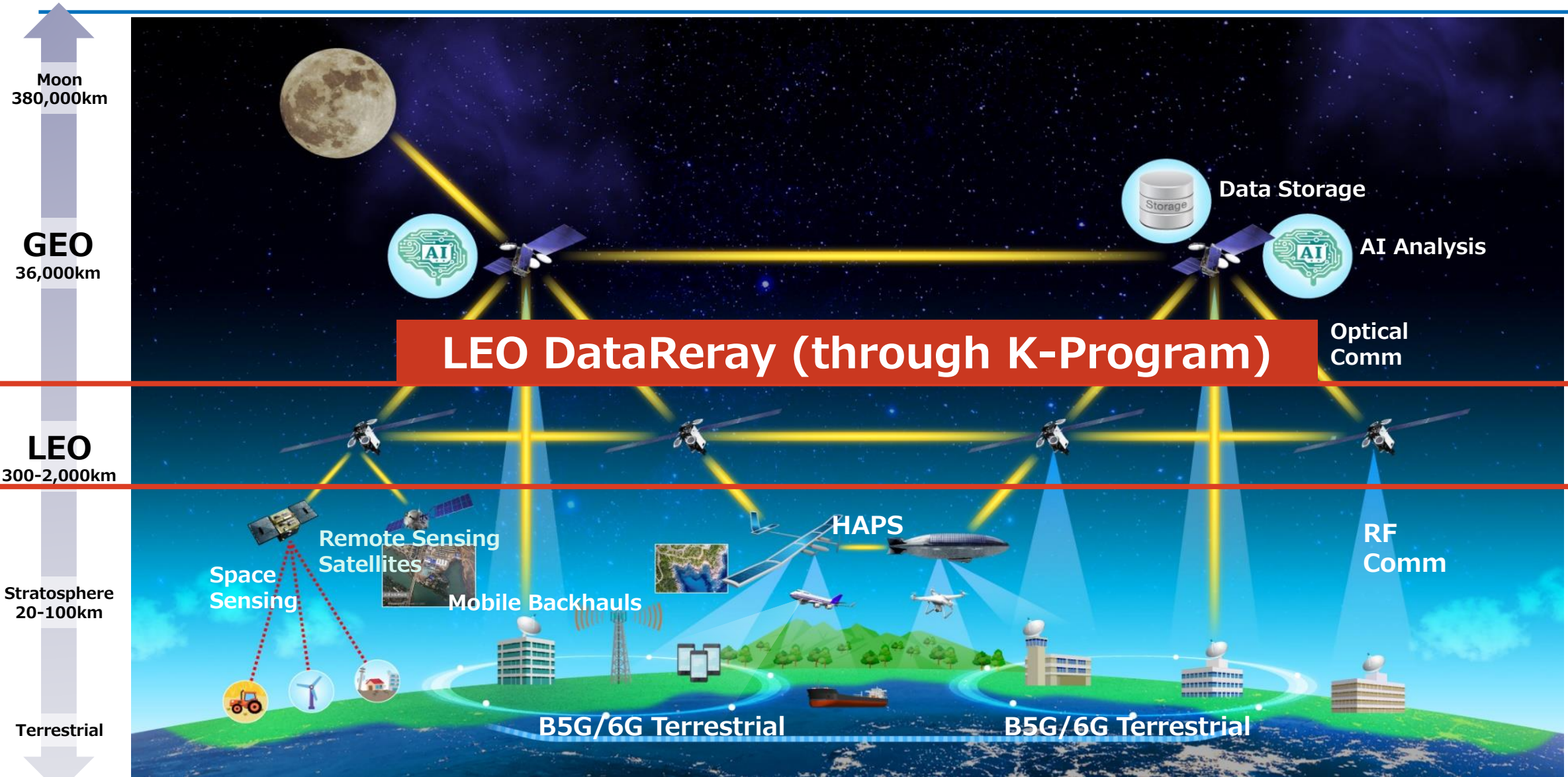
リモートセンシングサービス




中長期ロードマップ (予定)



Space Compass Vision



LEO DataReray (through K-Program)



#2 経済安全保障プログラムによる 日本独自の衛星コンステレーションについて

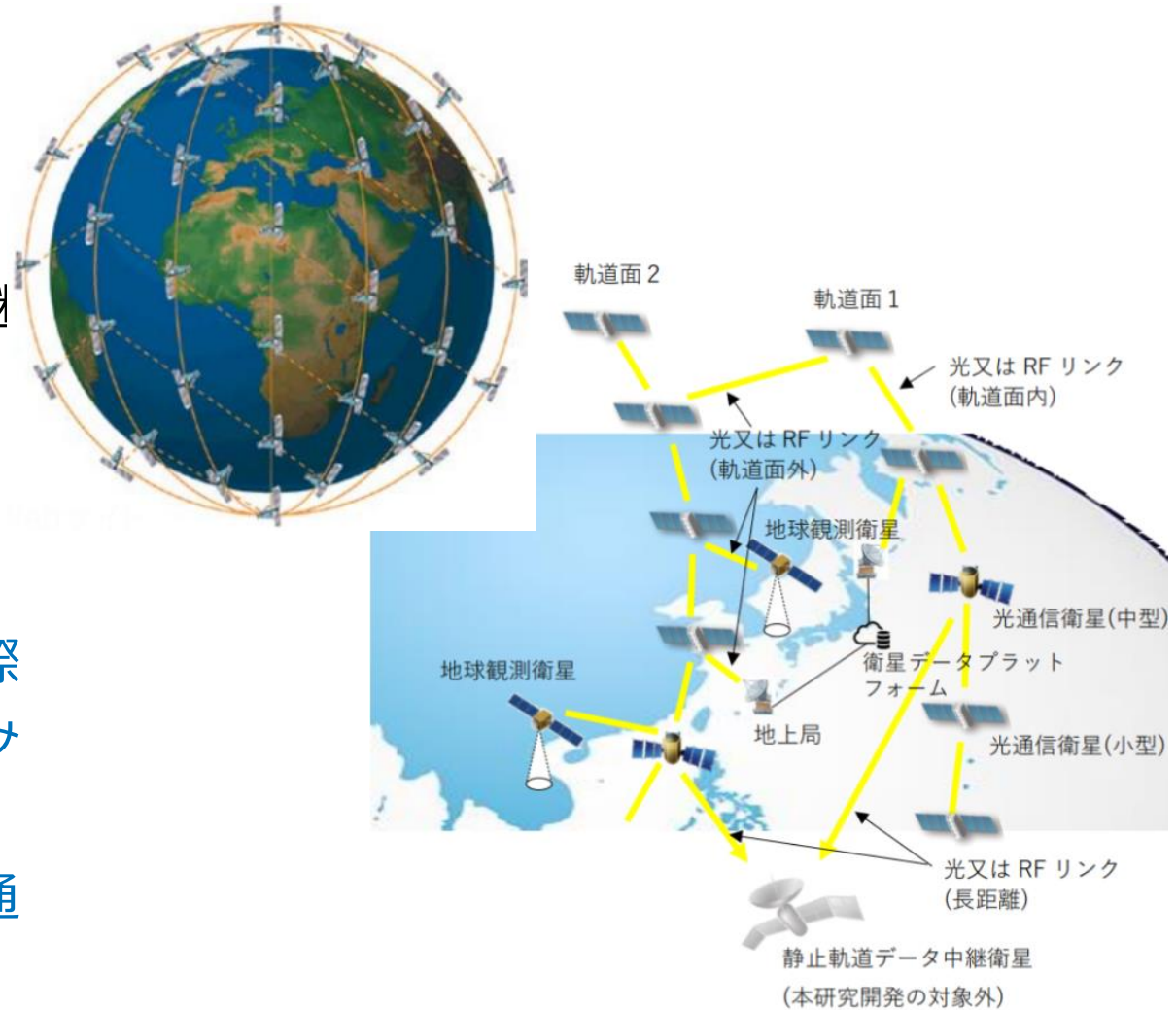
光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発・実証に関する研究開発



- 経済安全保障推進会議（第1回 2021年11月）にて成立。
経済安全保障における「優位性」「不可欠性」の確保を目的。
- 国が「研究開発ビジョン」を策定し、重要技術を特定する。
- 国が各重要技術について、比較的詳細な「研究開発構想」を示す。
- 研究推進法人としてNEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）やJST（科学技術振興機構）が国からの基金を管理し実施者を募集。
- 研究開発着手後に内閣府はじめ各省庁を含む協議会を編成し、研究開発成果の社会実装を並走して考える（プロジェクト型研究の場合）「政府一体で対応」

Kプロが想定する衛星コンステレーションとは

- 各種地球観測衛星の高度近傍に構築
- 軌道数 m x 面内衛星数 n の通信衛星群で構成
- 衛星間は光通信で接続、地上は光とRFで。
- 観測衛星データを受信、衛星コンステで中継し、指定の地上局に速やかに伝送
- 観測データ伝送以外のユースケースも検討
- 統合制御のエミュレーション環境構築
- 光通信衛星コンステレーションの一部を実際に軌道上に構築、地上のエミュレータと組み合わせ、実証試験を実施
- 観測衛星、静止光衛星、光地上局と実際に通信を行う



事業の目的・概要

- 世界に先んじて地球規模の衛星光通信ネットワークシステムを構築するための衛星光通信ネットワーク技術を確立し世界市場で優位性をもちルール形成等で主導的立場に立つことを目的とする。
- 光通信衛星を宇宙に打ち上げ、大容量・低遅延でのデータ通信・データ処理が可能な衛星光通信ネットワーク技術を開発・実証する。

実施体制

※太字：幹事企業

株式会社Space Compass

(国研) 情報通信研究機構
株式会社アクセルスペース
日本電気株式会社

事業期間 (予定)

2022年度～2029年度 (8年間)

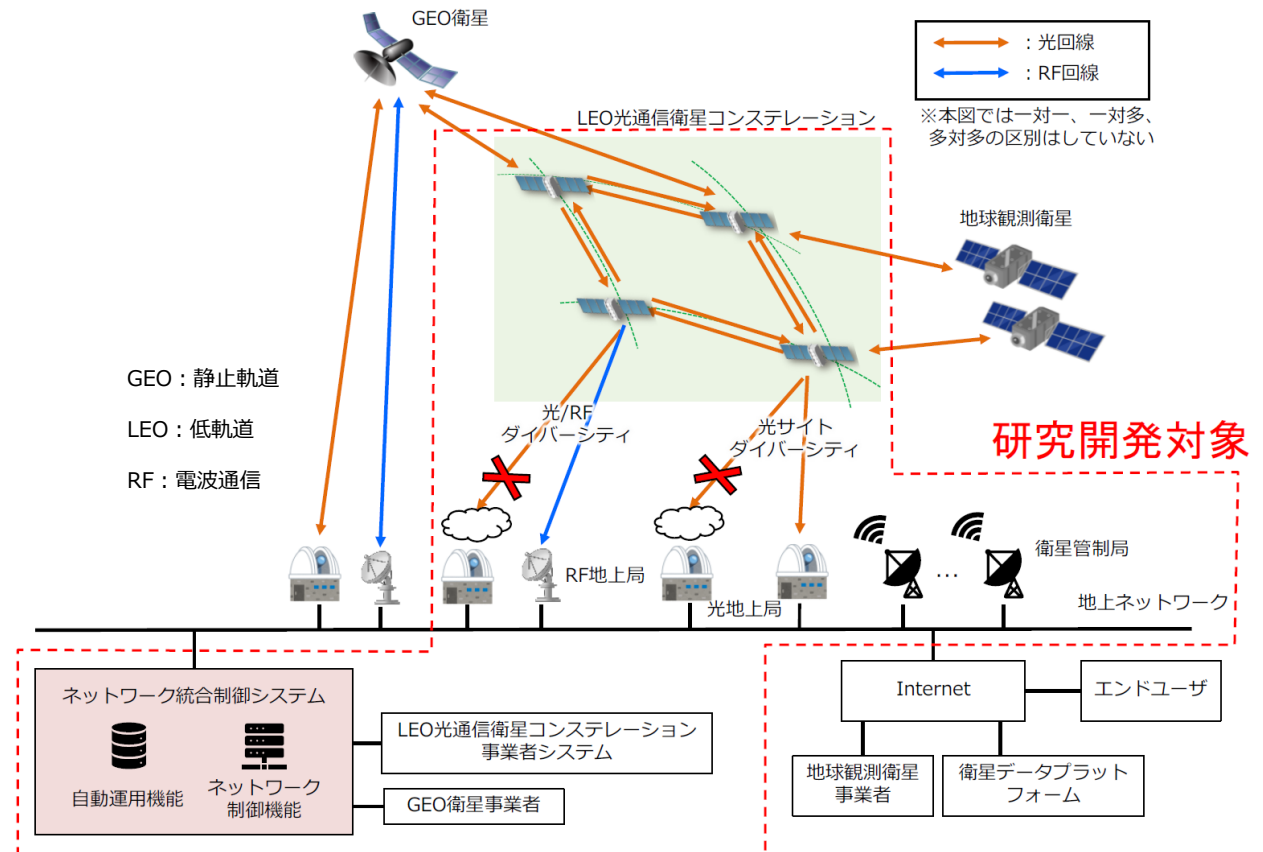
事業規模など

- 事業規模 : 600億円
- 契約形態 : **NEDOからの委託事業**

主な研究開発内容

- 機能・性能検討や要求仕様策定
- 要求仕様に基づく研究開発の実施
- システム機能や性能を検証

事業イメージ (全体像)



NEDO



Space Compass

プログラム推進（代表社）

ロケット打上サービス調達、地球観測衛星事業者調整

Axelspace

小型LEO衛星、地球観測衛星、光通信ネットワーク制御

（事前実証機にかかるロケット調達、コンピューティング、LEO-GEO間データリレー用光通信ターミナル搭載含む）

NICT

光地上局、光通信ネットワーク制御

NEC

中型LEO衛星

（システム設計）

研究開発項目（「研究開発構想」より）

（光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発実証）

研究開発項目① システム設計

- ア) 衛星光通信ネットワークシステムの機能・性能
- イ) 光通信衛星コンステレーションの規模等
- ウ) 光通信衛星(小型)のシステム設計
- エ) 光通信衛星(中型)のシステム設計
- オ) 地上局システムの設計
- カ) ネットワーク統合制御システムの設計
- キ) 地球観測衛星システム設計
- ク) システム構築・実証計画の立案
- ケ) リスクアセスメント

研究開発項目② 重要要素技術の開発

- (ア-1) 光通信ターミナル
- (ア-2) 光通信ルータ
- (ア-3) 光通信機器を制御する計算機システム・宇宙コンピューティング能力
- (ア-4) 衛星間光通信システムを搭載可能な中・小型衛星バスの標準化
- (イ-1) ネットワーク運用制御技術
- (イ-2) ネットワーク統合制御システム及び衛星自律化システム
- (イ-3) 低軌道光通信衛星と通信可能な地上局
- (イ-4) 光通信ネットワーク・エミュレータ

研究開発項目③ システム実証

- ア) 低軌道衛星間光通信の実証
 - A) 同一軌道面内の光通信衛星間の光リンクの確立
 - B) 隣り合う軌道面にある光通信衛星間の光リンクの確立
 - C) 地球観測衛星と光通信衛星間の光リンクの確立
 - D) 地上局と光通信衛星間の光リンクの確立
 - E) 光通信衛星(中型)と静止軌道データ中継衛星との間の光リンクの確立
- イ) 衛星光通信ネットワークシステムの実証

事業目的（「研究開発構想」より）

（光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発実証）

「低軌道での光通信による衛星コンステレーション」

- イノベーションの機会として適当

→ コスト低減、新技術の実証機会、技術の更新期間の短縮

- 安全保障上重要な地球観測衛星の通信（宇宙—地上間）の課題顕在化

1. 観測データ量の増大による**通信容量増大要求**への対応
2. 観測データのダウンリンクや**撮像の即応性向上要求**への対応
3. 衛星通信ネットワークの**セキュリティ**向上要求への対応
4. 衛星通信のための**電波資源の枯渇**への対応

「光通信等の衛星コンステレーション基盤技術の開発・実証」
に関する研究開発構想（プロジェクト型）

令和4年10月

内閣府
経済産業省

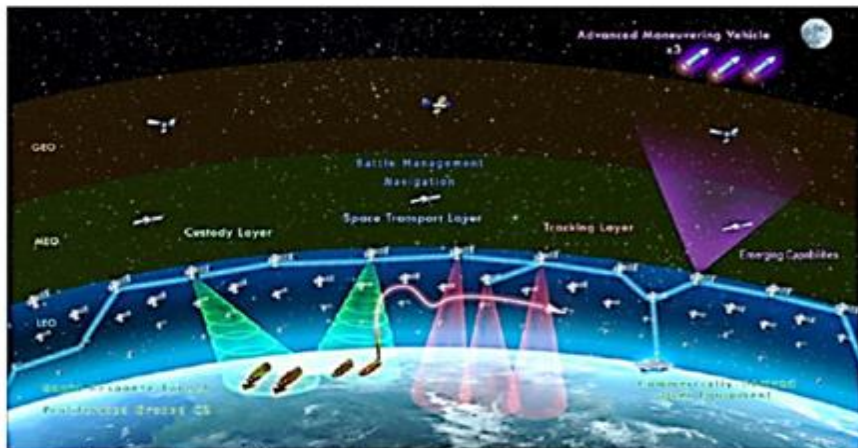
この（開発実証）事業の終了数年後に：

- **民間事業化**または**政府調達システム**として稼働している
- 海外の同種のシステムと**相互接続・相互運用**している
- （国内のみならず）**海外政府や民間事業者等が利用**している
- 事業成果としての**衛星や地上局、コンポーネントが海外にも提供**されている

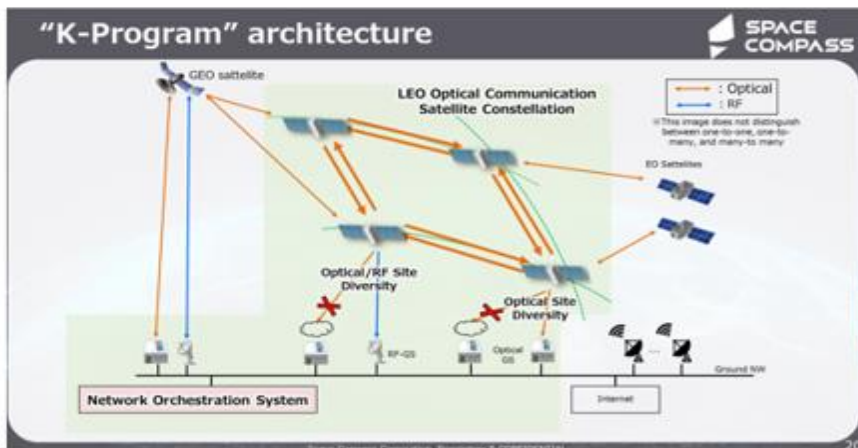
世界のコンステ技術開発・社会実装計画

米国宇宙庁(SDA)が進めるPWSA(Proliferated Warfighter Space Architecture:増殖型戦闘宇宙アーキテクチャ)、欧州が進めるIRIS2(Infrastructure for Resilience, Interconnectivity and Security by Satellite)はともに 1兆円規模のコンステ実装計画。 欧州Hydronは先進的な技術実証プログラム。

米国
PWSA



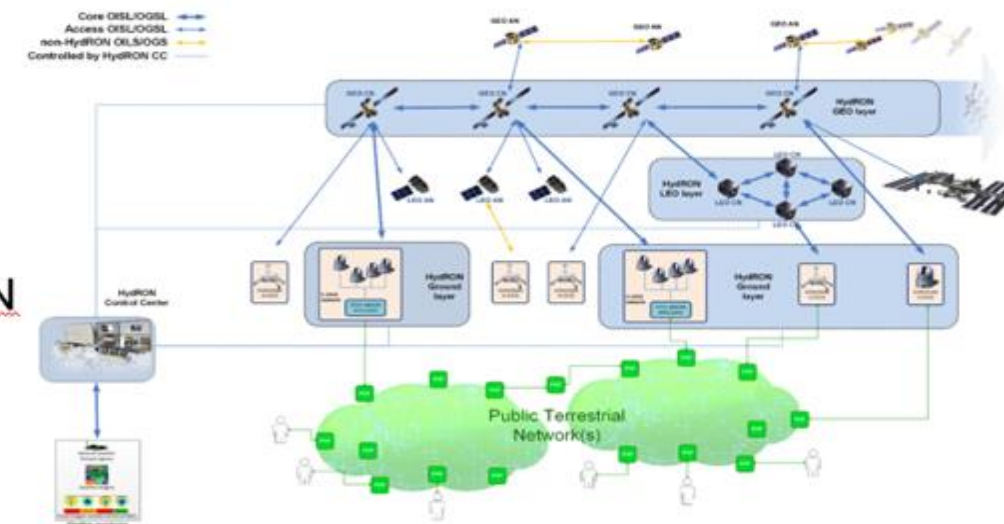
日本
Kプロ



欧州
IRIS2

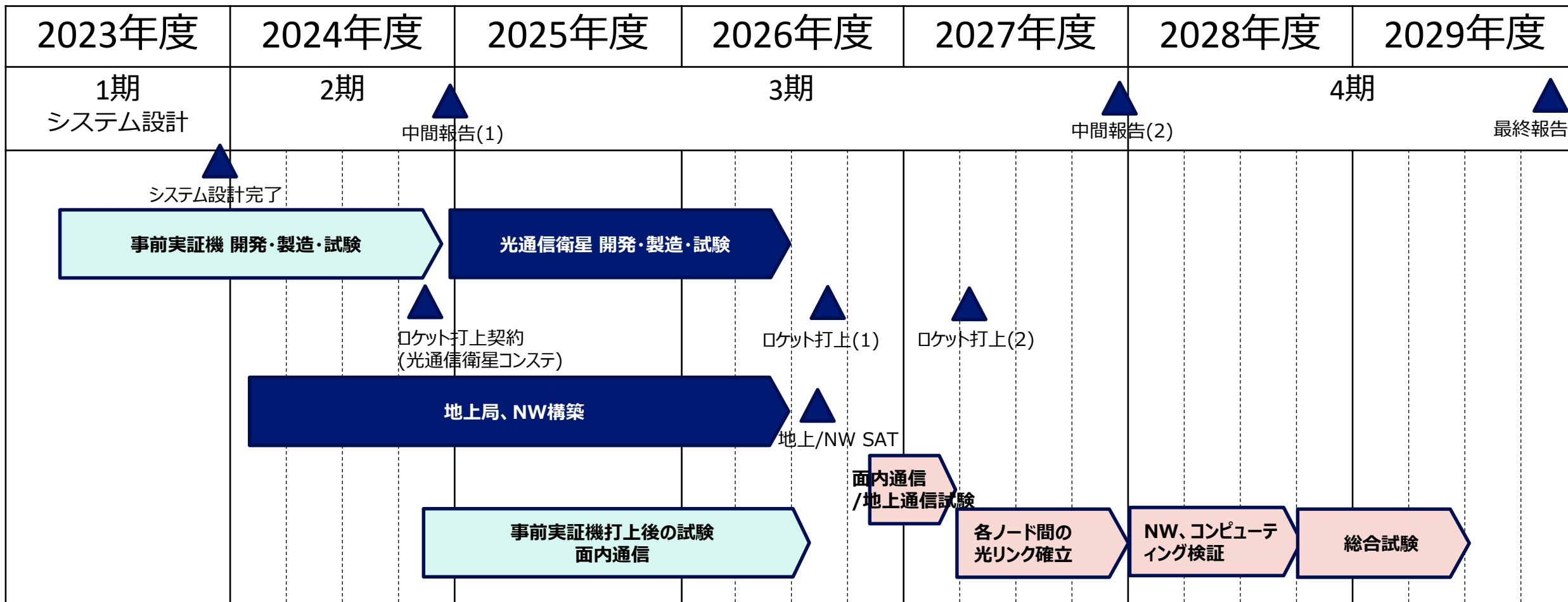


欧州
HydRON



開発スケジュール

注：システム設計により変更の可能性あり



ア) 衛星光通信ネットワークシステムの機能・性能

- ▶ 他国の衛星や地上局に頼ることなく、我が国の地上局から地球低軌道上の任意の地点にいる地球観測衛星に撮像コマンドを含むタスクコマンドを任意の時間に送信し、コマンドに応じた観測データを我が国の地上局でダウンロード受信可能とすること
- ▶ 地上局1局あたりのダウンリンク速度が2Gbps以上※
※実施計画書では5Gbps以上を目標

イ) 光通信衛星コンステレーションの規模等

- ▶ ネットワーク性能を達成するために必要な光通信衛星コンステレーションの軌道面の数
 - ▶ 光通信衛星の数および配置
 - ▶ 地上局の数および配置
- など



ウ・工) 光通信衛星(小型、中型) のシステム設計

1. 光通信衛星 (小型・中型) 共通の目標

光通信(LEO-LEO)による常時接続

高速ルータ及びNW制御用コンピュータ

廉価・量産・マルチロンチ

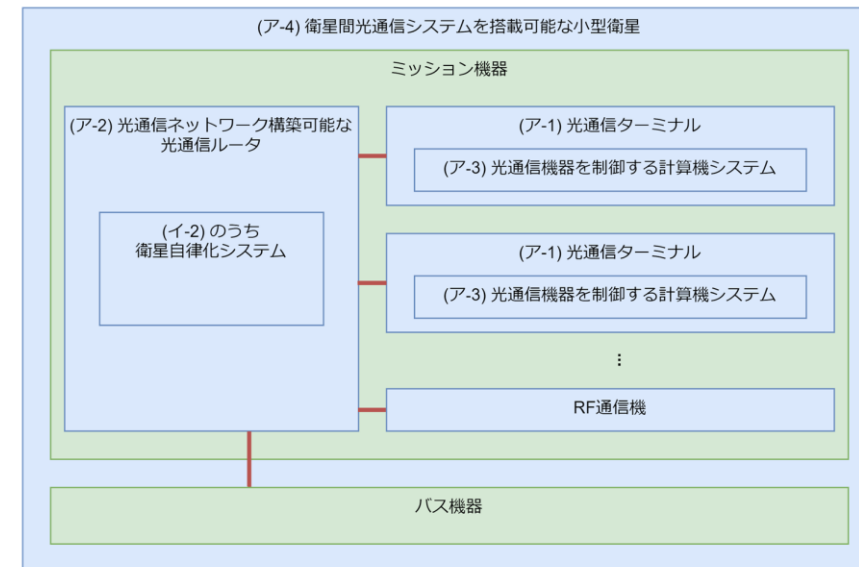
設計・製造品質は担保

光・RFリンク

2. 小型と中型で重視するもの

小型衛星：低コスト・短期開発重視
(早期実証実現)

中型衛星：高いリソース余力を活かした
性能の発展性重視
(付加価値の高いミッション)



<重要技術開発要素>

- 小型衛星のリソース制約（搭載性、電力等）に適した光通信ターミナル
- 光通信ターミナルの搭載数変更により多様なミッションに対応（LEO-LEO面内・面外接続、LEO-GEO接続など）
- 姿勢制御系と連携したルーティング機能
- 高精度軌道決定・姿勢推定、高精度姿勢センサー類

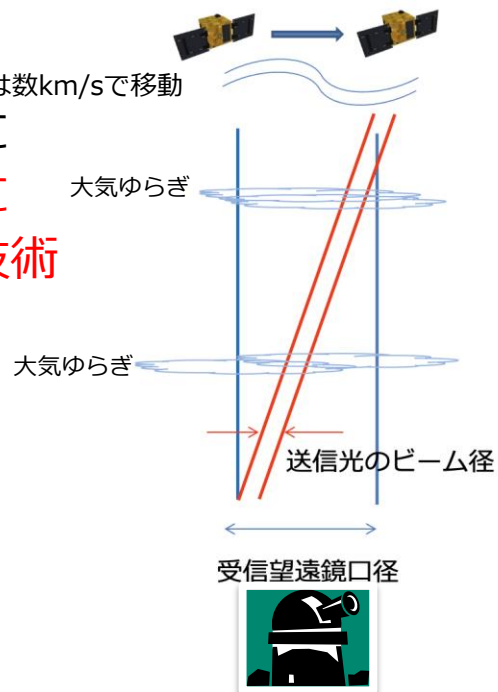
オ) 地上局システムの設計

- コンステレーションを構成するために必要な地上局の規模、
- 光やRFアンテナの機能・性能

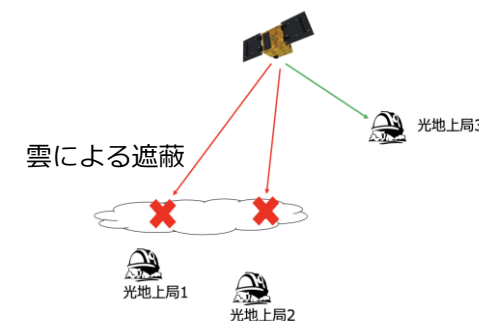
<重要技術開発要素>

送信補償光学技術：
 光地上局から光通信衛星に
 送信する際の**大気ゆらぎ**による
波面歪みを補正する技術

衛星は数km/sで移動



サイトダイバーシティ技術：
 雲による光信号途絶を防ぐため
雲認識等を用いた伝搬予測技術
 により複数光地上局を選択可能
 にする技術

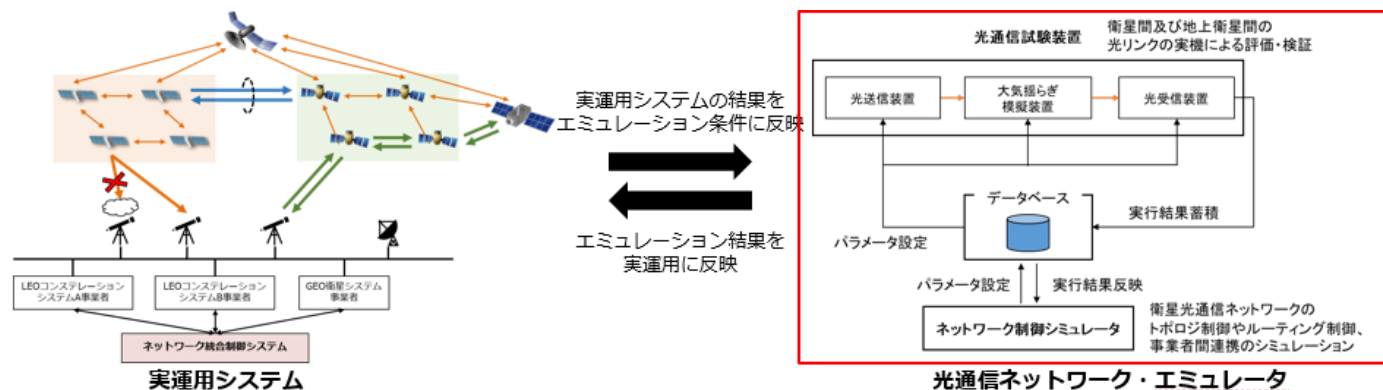
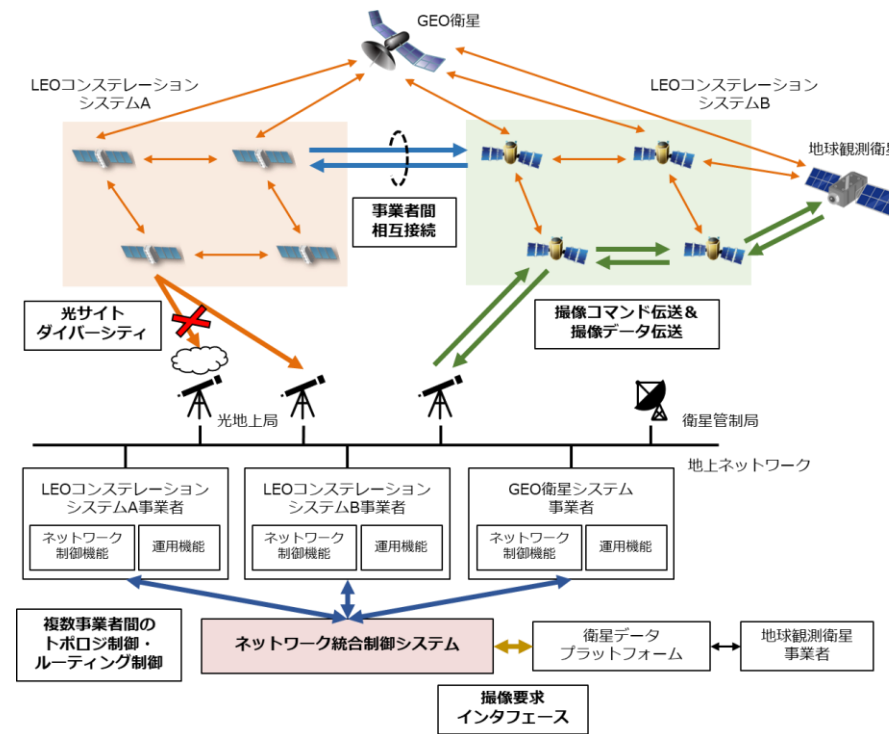


力) ネットワーク統合制御システムの設計

- ▶ 光通信衛星コンステレーションの管制、光あるいは電波でのリンクの制御、衛星光通信ネットワークの運用制御等を統合的に行う制御システムの機能・性能
 - ▶ 対象制御対象：6軌道 x 16機の光通信衛星、地球観測衛星10機、静止光通信衛星3機、地上局2局
- ▶ 光通信ネットワーク・エミュレータの仕様策定

<重要技術開発要素>

- ▶ 複数事業者間のネットワーク構築（オーケストレーション）
- ▶ 地球観測衛星への撮像コマンド伝送・撮像データ伝送管理
- ▶ 光通信ネットワーク・エミュレータ



- Space Compass、アクセルスペース、NICT、NECのコンソーシアムにてシステム設計、重要技術開発研究開発およびシステム実証を行うことで、要素研究開発にとどまらない、実用化を見据えた成果の創出に取り組みます。
- 本事業終了後も本コンソーシアムの各組織がメーカー、研究機関、オペレータの役割をそれぞれ担うことで、顧客の課題・ニーズを踏まえた継続的な機能追加・品質向上を行い、また、先進的な技術も活用することにより、グローバルで十分な競争力のあるサービスの提供を目指します。
- 海外のシステムとの相互接続による国際的なネットワーク網への接続並びに全世界での衛星インフラ網の早期利用を目指します。
- 最終的には日本として自律的な宇宙・衛星インフラを構築。地上・モバイルインフラとも統合し、他国に伍する国内技術を導入することで他コンステに対して優位性をもつと共に、国内の宇宙産業振興に寄与したいと考えています。

ご清聴ありがとうございました

引き続きご支援ご指導を賜りたく、
どうぞよろしくお願い致します

株式会社 Space Compass

垣内芳文 (Kakiuchi Yoshifumi)

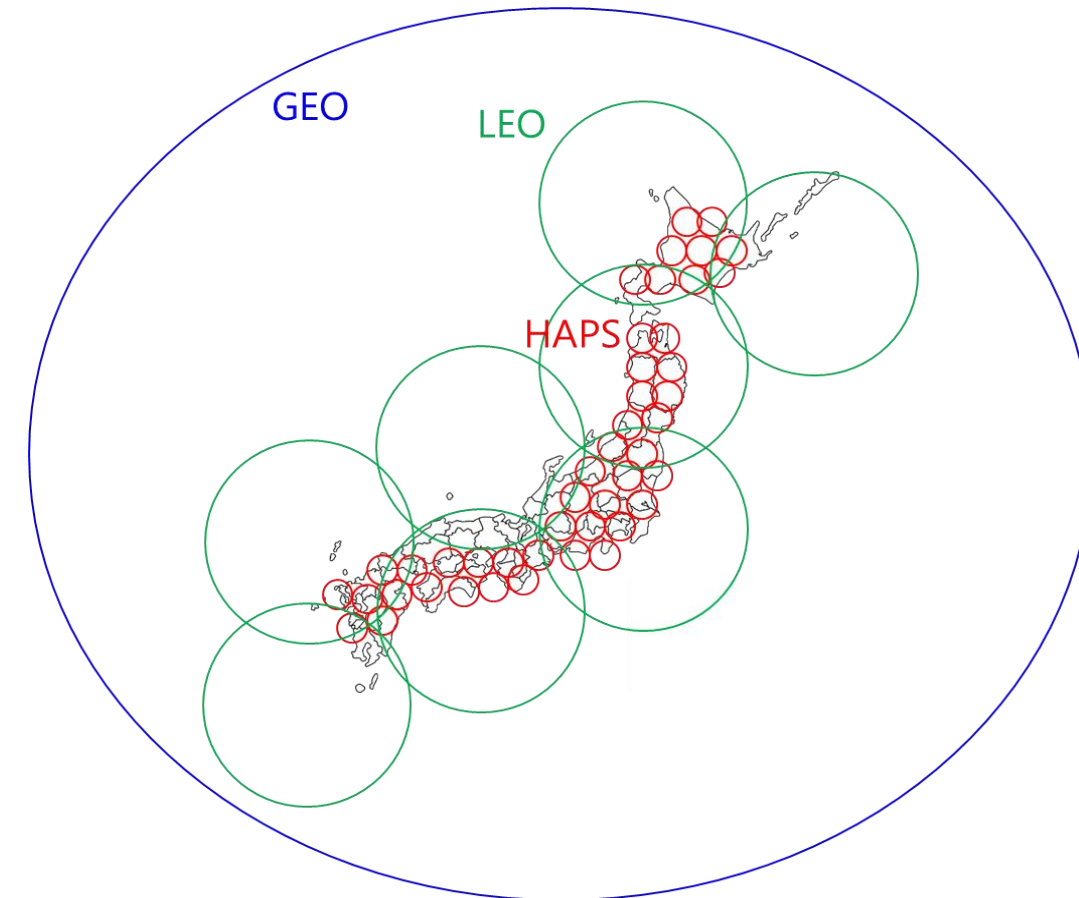
y.kakiuchi@space-compass.com

【謝辞】

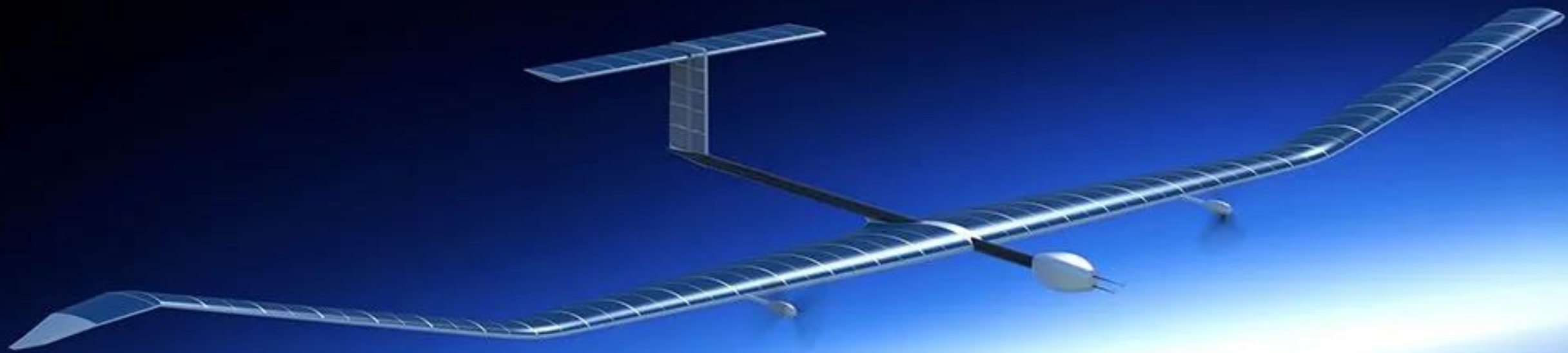
本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の
委託事業 (JPNP22012) により取り組むものです。

Comparison - GEO, LEO and HAPS

	Orbital height	Stationarity	Coverage Radius	Turn Around Delay※
GEO	36,000km	Stationary	1,000km ~	Approx. 480 msec
LEO	400~2,000km	Drifting	100 ~ 500km	4-25 msec
HAPS	Approx. 20km	Stationary	50 ~ 100km	~ 1msec



*1 Round Trip Time / Round Trip Delay, Values depend on altitude and elevation



Airbus社 Zephyr(ゼファー)

上空約20kmの成層圏を飛行する高高度プラットフォーム(HAPS)

エアバス、NTT、NTTドコモ、SJC社の4社で早期実用化に向けた研究開発、実証実験の実施に向けた覚書を締結 (2022年1月)

2021年 18日の連続飛行および成層圏からスマートフォンへの通信実証

2022年 64日間の連続飛行記録を更新

2023年 スマートフォンへの通信実証を予定(AALTO-Space Compass間で契約済)

HAPS活用のユースケース

凡例

to B (Private)

to C (Public)



© AALTO

新たなユースケース

上空における
コネクティビティの拡大



リモートセンシング

災害状況把握
道路啓開



特殊用途

島嶼部通信



エリア拡大

山岳地域における
コネクティビティの拡大



海上エリアにおける
コネクティビティの拡大



既存インフラ代替

モバイル基地局
固定回線の代替



IoTサービス

各種IoT機器
とのコネクティビティ



災害対策の拡充

災害時の情報収集
緊急連絡



バックホール回線

インフラ拡充整備
移動体向け
wifi

