

HAPS通信サービスの早期実用化と 研究開発への取り組み

2024年1月23日

株式会社 Space Compass



宇宙RAN事業部 岸山 祥久

1. HAPS通信サービスの早期実用化への取り組み

2. HAPS通信サービスの技術概要と研究開発活動

1. HAPS通信サービスの早期実用化への取り組み

- ・ 日本発の新たな宇宙インフラ「宇宙統合コンピューティング・ネットワーク」事業に挑戦
- ・ 社名の由来はNTTのN、スカパーJSATのSを合わせてコンパスになる事から未知の価値を発見する羅針盤のような存在となるインフラ企業をめざす

会社名(URL)	株式会社 Space Compass (https://space-compass.com)
Co-CEO	 堀 茂弘  松藤 浩一郎
設立日	2022年7月20日
所在地	東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル
株主構成	NTT 50%、スカパーJSAT 50%

『宇宙統合コンピューティング・ネットワーク』



地上・非地上NWの統合で
いつでも・どこでも「つながる」世界の実現を目指す。

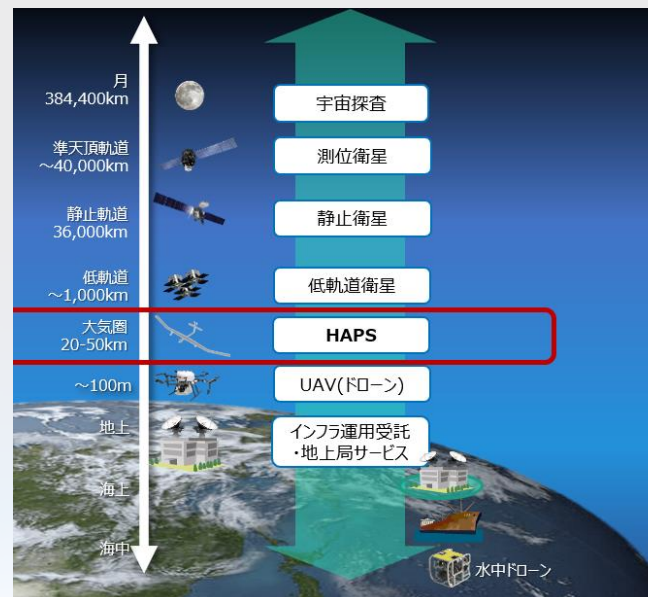


※ユーザがTN/GEO/LEO/HAPSのインフラ種別を意識しない世界観。当初は部分統合、2030年以降に全体統合を視野

HAPSについて

◆HAPSとはHigh Altitude Platform Station (System)日本語では成層圏プラットフォームと呼ぶのが一般的である。

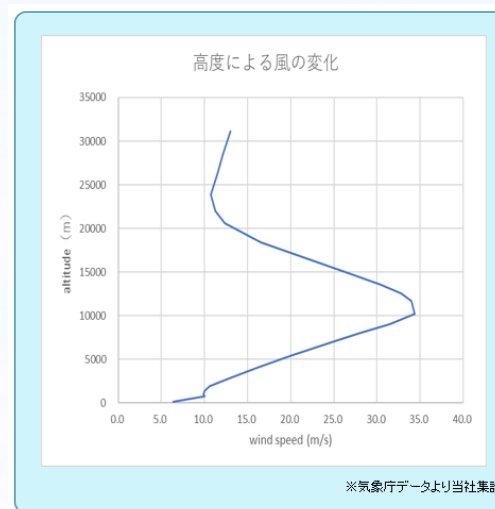
◆HAPSは、偏西風や大気の大気対流の影響が少ない成層圏の中間域（地上から18km～25km）に無人航空機を定点で滞空させ通信やリモートセンシング等を実現するシステムである。



(参考)

◆右図(高度による風の変化)は日本付近の上空の(平均)風の変化。図からわかるように、高度1万m付近で最も強い(これは偏西風の影響を強く受けているためである)。更に高度を上げると2万4千m付近で最も風が弱くなる。

◆HAPSを運用する場合最も適している高度は2万4千m付近となるが、季節や地域で多少の変動があるので、**2万m～2万4千m**がHAPSの運用に適した高度となる。



HAPS、LEO、GEOの比較

	高度	軌道	エリア半径	往復伝搬遅延量※1
GEO	36,000km	地上の1点からみるとほぼ静止	約1,000km～	約480 msec
LEO	数400～2,000km	地球を周回	約100～500km	約4-25 msec
HAPS	約20km	地上の1点からみるとほぼ静止	50～100km	～ 1msec

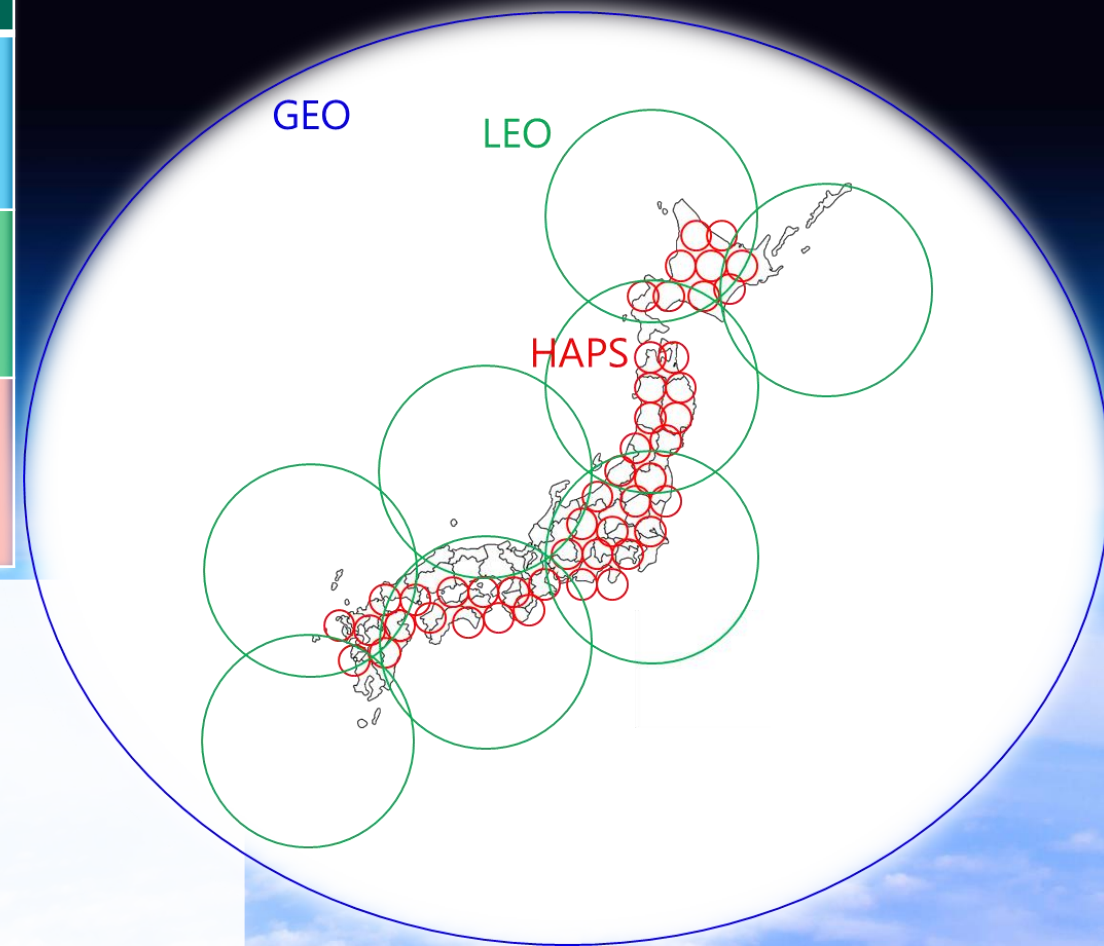
*1 衛星/HAPSと端末間（サービスリンク）の往復伝搬遅延。値は高度や仰角にもよる。

■ HAPSの特徴

- エリア半径はLEO/GEOに劣るが、**低遅延、高スループット**が期待できる。
- **スマホとダイレクト**に通信できる。
- 地上から見るとほぼ静止して見えるため**定点観測・動画撮像**が行える。

■ GEO/LEO/HAPSを用いるNTN

- HAPS/LEO/GEOのそれぞれの特徴、利点を考慮して**ベストミックス**を実現する。



スマホ直接接続

専用のアンテナ不要で直接接続が可能。
(低遅延、低消費電力)

カバレッジ拡張

従来はエリア外であった空・海等、
3次元にエリア拡張を実現。

リモセン利用

長期間の定点観測に向いており、
動画撮像も可能。
官民両方のユースケースに対応。

対災害性

地上環境に左右されず
災害時も安定して通信可能。

HAPS活用の様々なユースケース

凡例

to B (Private)

to C (Public)



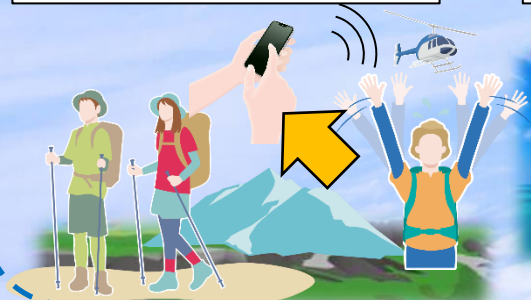
新たなユースケース

上空における
コネクティビティの拡大



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



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



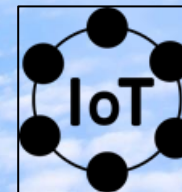
既存インフラ代替

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



LTE/5G

LTE/5G

LTE/5G

BH(Q-band等)
LTE/5G

LTE/5G

BH(Q-band等)
LTE/5G

HAPS事業ロードマップ

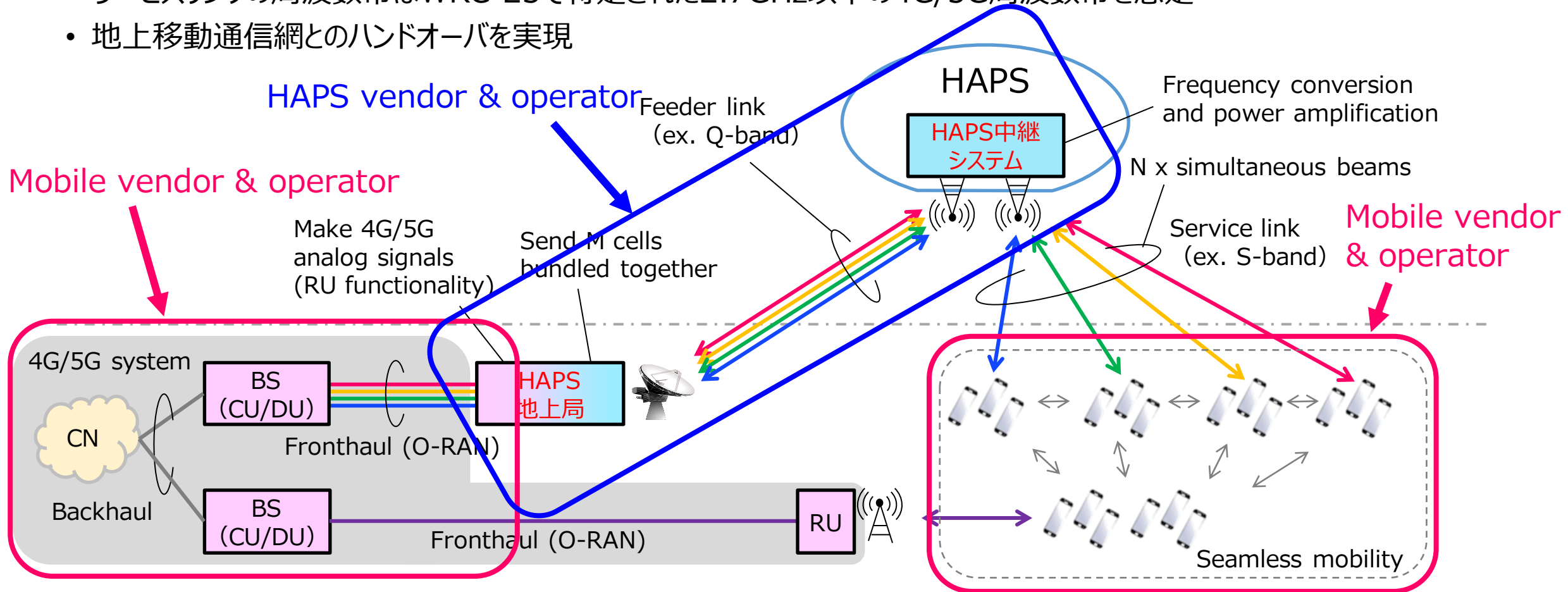
※今後の検討状況により変更可能性あり



2. HAPS通信サービスの技術概要と研究開発活動

地上NWと連携したHAPS直接通信システム

- 地上移動通信網が、4G/5G信号をHAPS搭載の中継システムを経由して、端末へ直接通信するシステム
 - フィーダリンクには、ミリ波等の高周波数帯を使用（複数セル/ビームの信号を束ねる）
 - サービスリンクの周波数帯はWRC-23で特定された2.7GHz以下の4G/5G周波数帯を想定
 - 地上移動通信網とのハンドオーバを実現



HAPSサービスリンク（移動系）の利用周波数

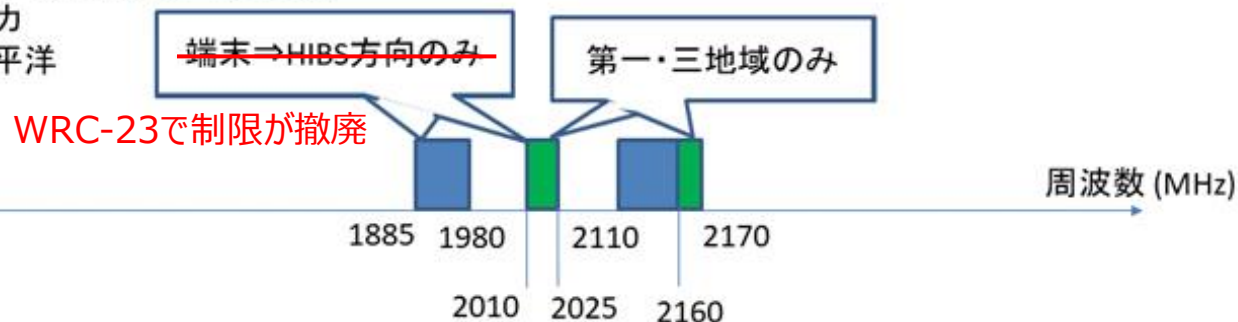
■ HAPSサービスリンクの早期実用化に向けては2GHz帯の利用が有望

- 1885-1980MHz・・・国内MNO割り当て済み（FDD上りリンク）
- 2010-2025MHz（TDDバンド）・・・国内未使用の帯域
- 2110-2170MHz・・・国内MNO割り当て済み（FDD下りリンク）

第一地域：欧州、ロシア諸国、アラブ、アフリカ

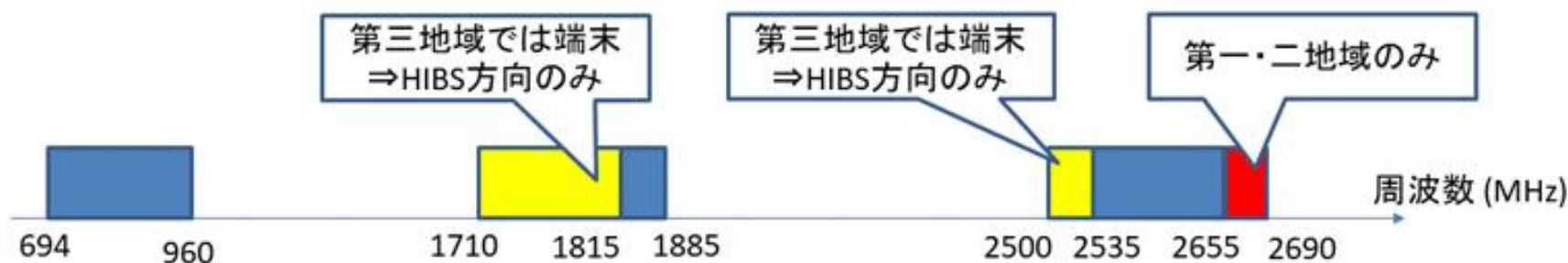
第二地域：南北アメリカ

第三地域：アジア・太平洋



■ WRC-23において国際ルールとして利用可能な周波数が新たに拡張された

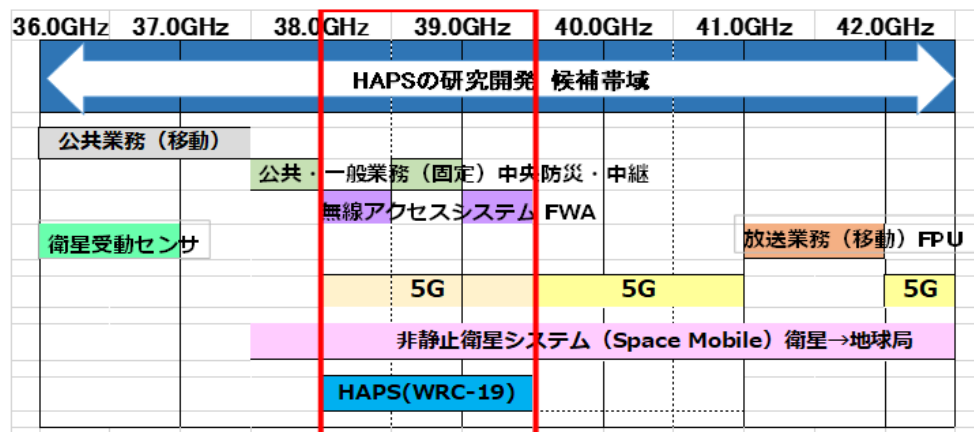
- 現状のMNO割り当て帯域では700MHz/800MHz/1.7GHzが含まれる



HAPSフィーダリンク（固定系）の利用周波数

- WRC-19において利用可能となった38-39.5GHzについて、他システムとの共用検討を実施
 - 他にHAPS(固定系用途)の利用可能な周波数(31-31.3 GHz/47.2-47.5GHz/47.9-48.2GHz等)と比べ、まとまった帯域幅が確保され、活用可能性が高い

共用検討範囲



参考) 電波資源拡大のための研究開発
(総務省よりスカパーJSAT、NTTドコモが受託)

周波数共用検討を実施した結果、
概ね共用可能

共用検討結果

	回線種別	被干渉システム				
		無線アクセス	公共一般	5G基地局	5G移動局	LEO GW局
与干渉	HAPS⇒GW	◎	◎	○	○	○
	GW⇒HAPS	△	○	○	○	○
	HAPS⇒CPE	◎	◎	○	○	○
	CPE⇒HAPS	△	○	○	○	○

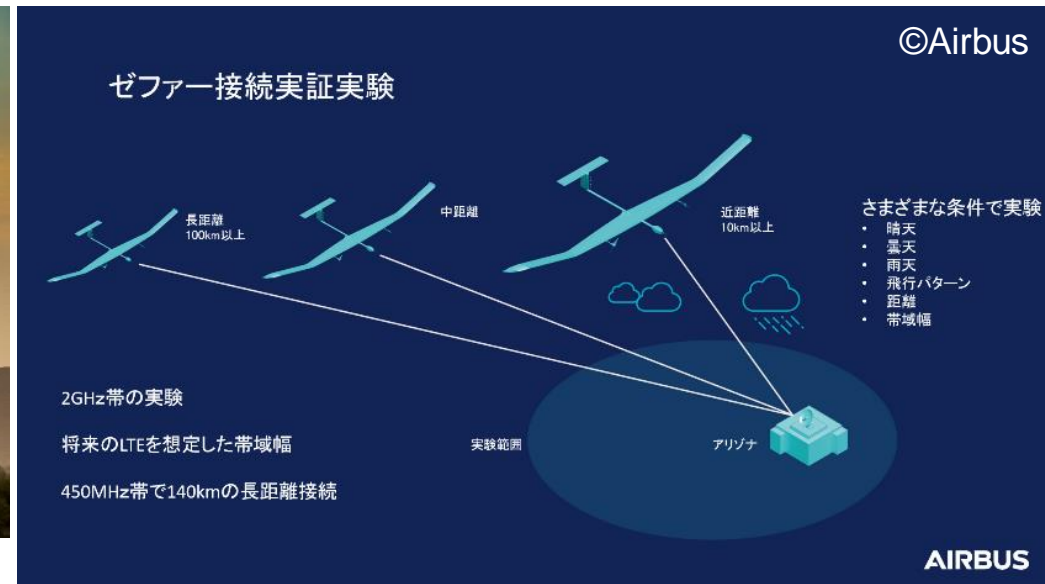
注記： ◎：共有可能、○：干渉軽減策や運用制限等にて共有可能 △；干渉軽減策、運用制限に加え、調整交渉が必要

• NTTドコモとエアバスによるHAPS実機での2GHz帯の成層圏伝搬試験

- › 試験場所：アメリカ アリゾナ州
- › 実施期間：2021/8/25(水)~2021/9/13(月) の20日間
うち、HAPSは成層圏で**18日間飛行**
- › 高度約18~20kmの成層圏にて**2GHz帯**の送信機を搭載したHAPSを飛行させ、地上の受信機に向け電波を送信
- › 地上受信機ではGPSデータ等を利用しHAPSの動きを追尾
- › **晴天・曇り・雨の3つの天候**、および**さまざまな距離における伝搬特性を測定**



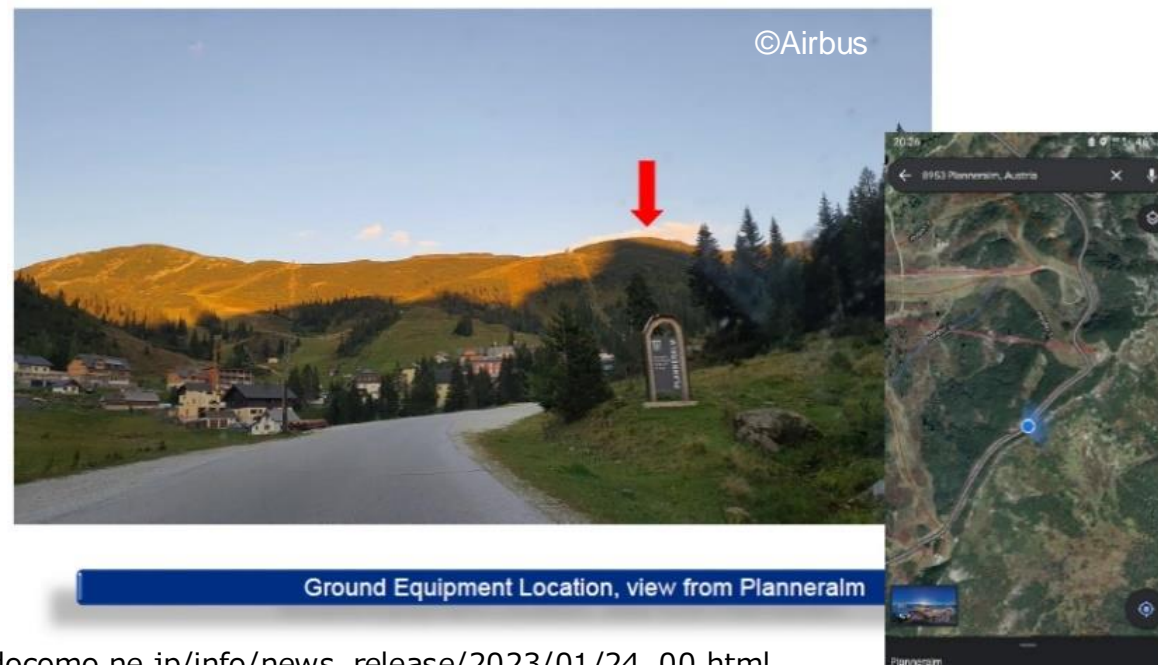
フライト時のHAPS



• NTTドコモとスカパーJSATによる成層圏下層からの38GHz帯の電波伝搬試験

- › 高度約14km上空の見通し環境において、3通りの気象条件（晴れ、曇り、雨）における38GHz帯の伝搬を測定
- › 送信機は航空機の底面に搭載し、受信機は地上に設置
- › 送受信間の仰角を17度から40度の範囲で変化させ測定し、仰角による受信性能の影響も測定
- › 国際標準（ITU-R）にてHAPS固定系向けに特定済みの38GHz帯を利用

実験場所（オーストリアのプラナーアルム）と地上局アンテナ及び航空機



参考) https://www.docomo.ne.jp/info/news_release/2023/01/24_00.html

HAPS通信サービス実用化に向けた新規研究開発



国立研究開発法人情報通信研究機構 ^{エヌアイシーティー} (NICT) 「革新的情報通信技術 (Beyond 5G (6G)) 基金事業」
新規委託研究 (採択番号07702)

2023.12.07

Press Release

HAPS を介した携帯端末向け直接通信システムの早期実用化に向けた開発の加速と実用化後の利用拡大を見据えた高速大容量化技術の研究開発を開始

【背景】

• HAPS／非地上系ネットワーク (NTN) への期待

- › Beyond 5Gに向けて、海上や上空を含めた3次元でのカバレッジ拡大によって、現状周波数を活用できていない場所へのサービス提供を可能とし、周波数資源の活用度を高めることが求められている

• HAPS通信サービスの実用化に向けた現状

- › 現時点では国内でHAPSを用いた成層圏環境での通信実験が行われた実績はなく、実用化に向けて技術面／制度面における様々な課題解決が必要
- › 早期実用化フェーズにおける性能限界及びサービス提供可能エリアの制約

4社コンソーシアムで幅広い分野の知見を活かした研究開発を実施し**社会実装**を推進

Space Compass (代表研究者)
世界に先駆けた**HAPSによる通信サービス事業**の立上げを目指す。



NTTドコモ (研究分担者)
「5G evolution」及び「6G」
に向けてHAPSで**移動通信事業のカバレッジ**を空・海・宇宙へ**拡張**することを目指す。



NTT (研究分担者)
Beyond5G時代のIOWN戦略として
宇宙空間のICTインフラ基盤の実現に向けて、地上網と統合したNTNの技術を確立し、付加価値を提供することで社会に貢献する。



スカパーJSAT (研究分担者)
Beyond5G時代の宇宙事業戦略として
衛星とHAPSを一体としたネットワークを地上系の複数ネットワークと繋げて、様々な付加価値を提供するNTN事業を目指す。



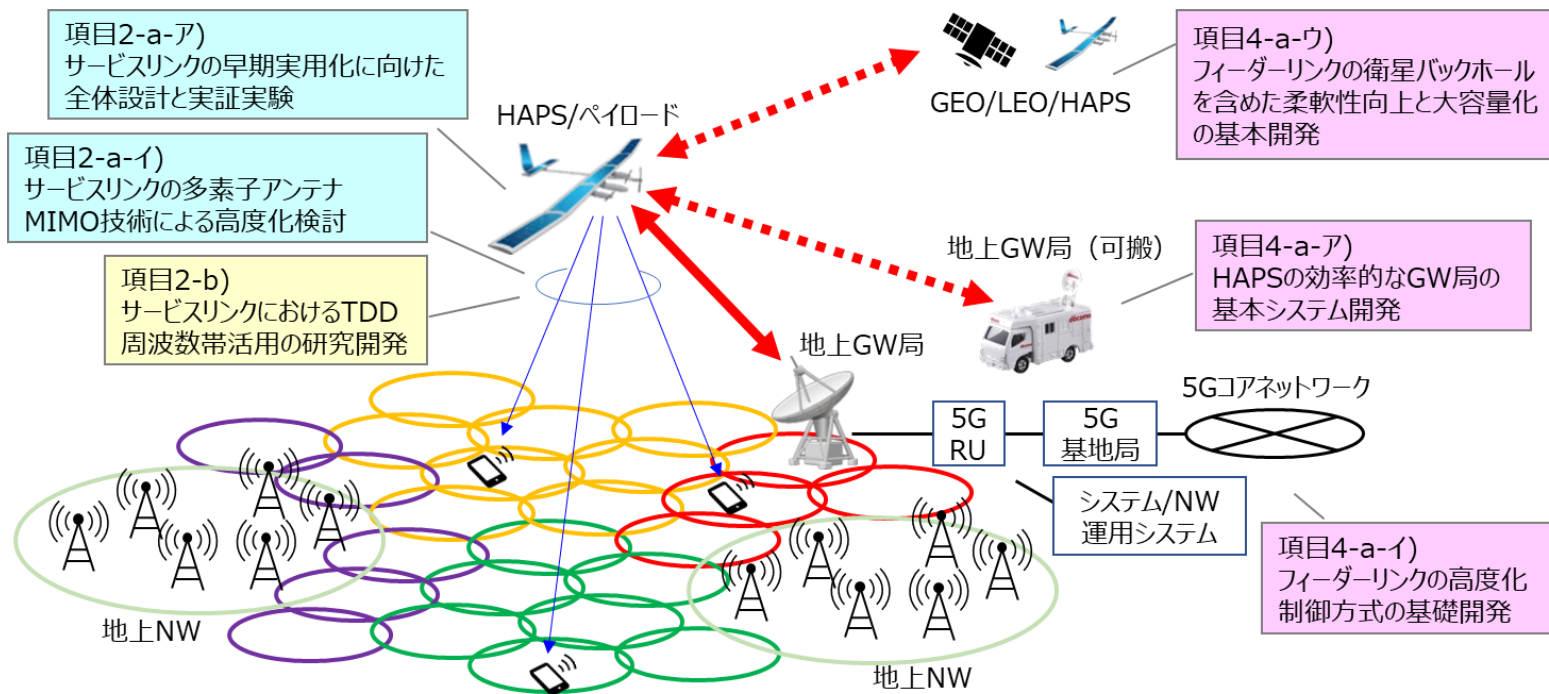
「HAPSを介した携帯端末向け直接通信システムの早期実用化と高速大容量化技術の研究開発」

◆ 早期実用化推進（～2025年度）

- HAPS直接通信システムの**サービスリンク（項目2-a-ア）**及び**フィーダリンク（項目4-a-ア）**の**早期実用化**に向けて、様々な技術課題を解決し、国内成層圏環境でのHAPS通信サービス実証を目指す

◆ 高度化研究開発（～2027年度）

- 将来的なHAPSの事業規模/ユースケースの拡大を図るため、**サービスリンクの多素子アンテナMIMO技術による高速大容量化（項目2-a-イ）**及び、**TDD周波数帯活用（項目2-b）**についての研究開発を実施
- さらに、それらの実現に必要な**フィーダリンク制御方式の高度化（項目4-a-イ）**及び、地上GW局を設置できない海上エリア等への柔軟な運用を可能にする**フィーダリンクの衛星バックホール化を含む高度化（項目4-a-ウ）**の研究開発を実施
- 最終年度までに各項目の成果を反映した**全体設計及び統合実証試験（項目2-a-ア、項目4-a-ア）**を実施



	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度	2027年度
早期実用化推進	基本検討	事前検証	飛行試験		
高度化研究開発		基本設計要件定義	詳細設計・開発	統合実証試験	

項目2-a)

サービスリンクにおける多素子アンテナMIMO技術の研究開発

(ア) サービスリンクの早期実用化に向けた全体設計と実証実験

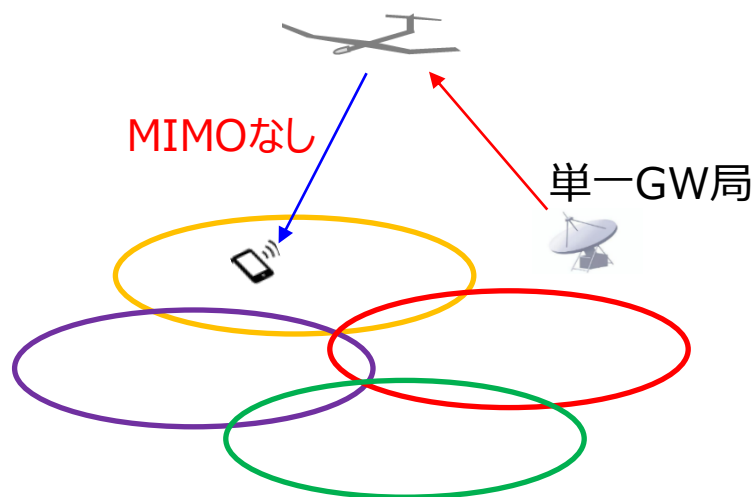
(イ) サービスリンク多素子アンテナMIMO技術による高度化検討

項目2-a-ア)にて、早期実用化に向けた課題検討と実証実験を実施
(早期実用化フェーズ相当の性能を取得)

Challenge!

項目2-a-イ)にて、高速大容量化技術を開発
項目2-a-ア)にて、全体設計と統合実証を実施
(高速大容量化システムの性能を取得)

初期システム

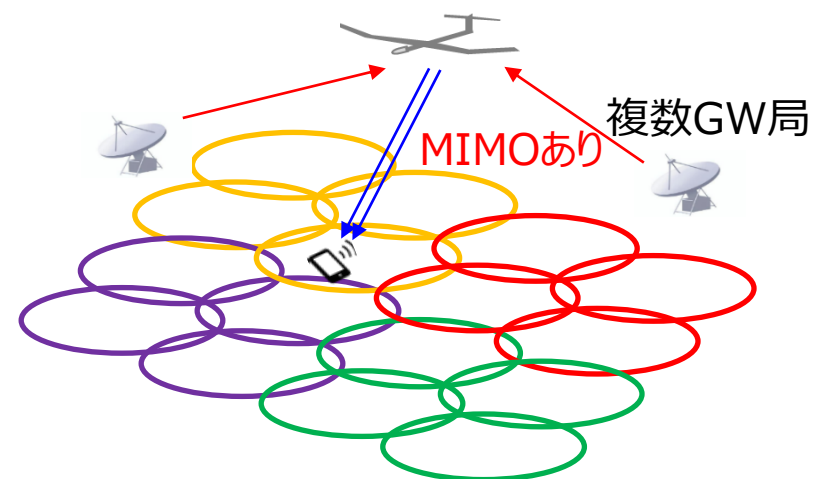


ビーム数 (セル数) 小 = 1~4ビーム

【最終目標】
HAPSによるカバー面積当たりの
周波数利用効率(bps/Hz/km²)
を3倍以上改善

※対象周波数帯はHAPSによるIMT通信
(HIBS) に特定済みの2GHz帯FDD
(上り1920-1980MHz、下り2110-2170MHz)

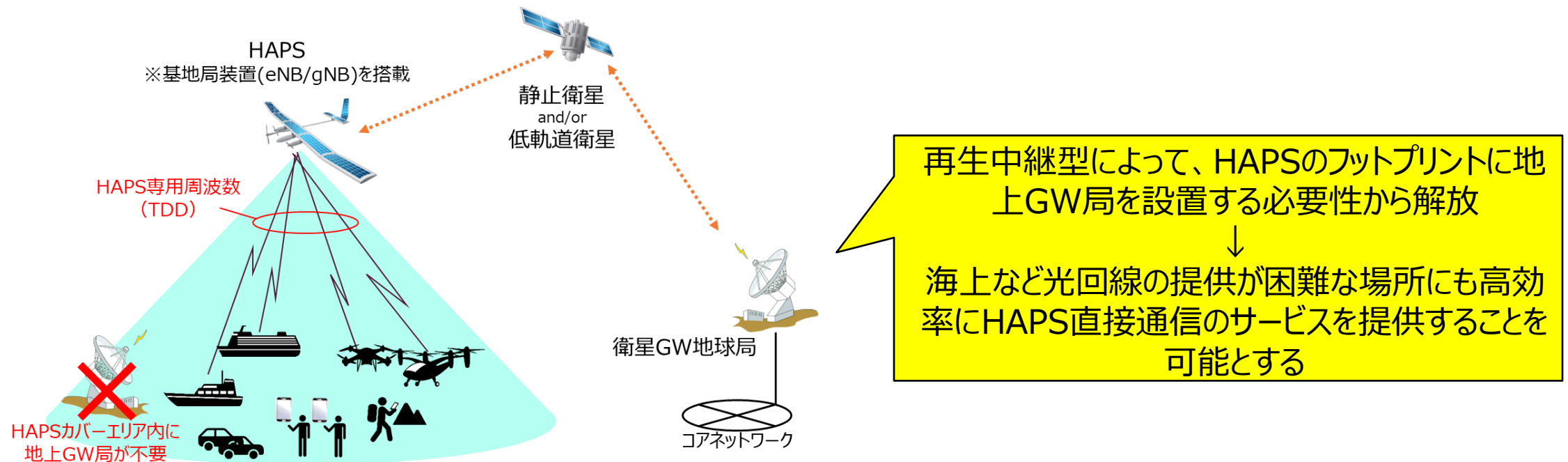
高速大容量化システム



ビーム数 (セル数) 大 = 4~16ビーム

概要

- **TDD周波数帯**を利用するHAPS直接通信システムの開発
 - › WRC-23においてHAPS向けに**TDD周波数帯**が特定済み
 - › HAPS機体の進化等を鑑みて実装方法を**総合的に検討**
 - › 最終目標として、実環境での成立性を実証（ユーザ当たりの通信速度として**5Mbps程度**を達成）



TDD周波数帯と再生中継型ペイロードを用いる高効率HAPS通信システム

項目4-a)

フィーダリンクにおける高効率な高速大容量化の研究開発



サービスリンクの研究開発（早期実用化、高速大容量化、TDD周波数帯活用）と連携し、必要とされるフィーダリンクの高速大容量化及び高効率運用を実現

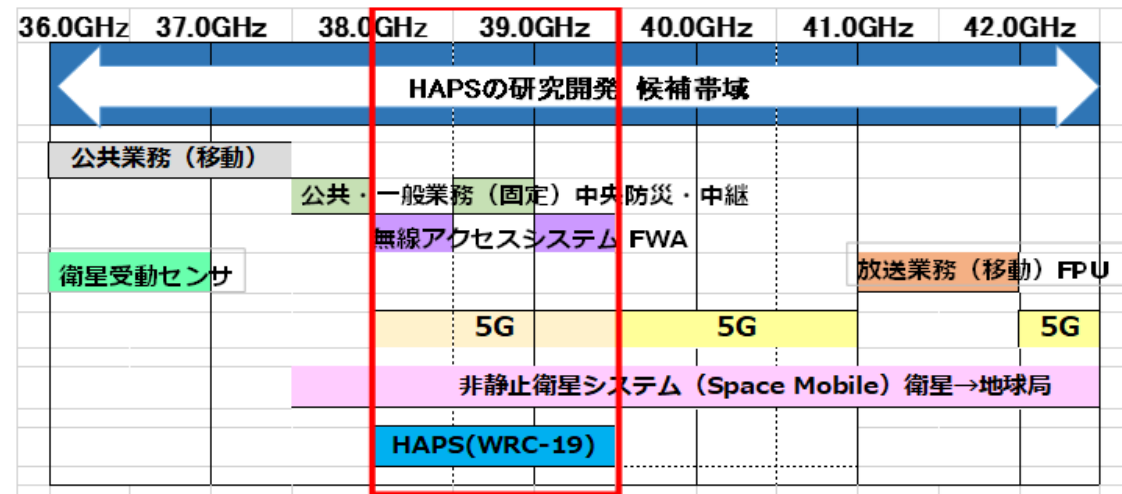
- (ア) HAPSの効率的なGW局の基本システム開発と実証
- (イ) フィーダリンクの高度化制御方式の基礎開発
- (ウ) フィーダリンクの衛星バックホールを含めた基本開発

パイロード型	FDD	TDD
透過中継型 (ベントパイプ)	高速大容量HAPS通信システム 高速大容量化に最適 地上NWへの干渉影響大 地上GWが必要	地上NWへの干渉影響小 地上GWが必要 (フィーダリンクがFDDの場合 ミスマッチとなる問題あり)
再生中継型	地上NWへの干渉影響大 衛星BH適用で地上GWが不要	高効率HAPS通信システム 地上NWへの干渉影響小 衛星BH適用で地上GWが不要

サービスリンク研究開発
項目2-a-イ)との連携

サービスリンク研究開発
項目2-b)との連携

対象周波数帯は38-39.5GHz帯（WRC-19でHAPSによる固定通信用に特定された周波数帯の1つ）とするが、追加帯域が必要な場合は他の周波数帯（31-31.3GHz、47.2-47.5GHz、47.9-48.2GHz）についても検討



- Space CompassにおけるHAPS通信サービスの早期実用化（2025年度目標）に向けた取り組みを紹介
- HAPS通信サービスの技術概要とNTTグループおよびパートナー企業による研究開発活動（これまでの取り組みと新規プロジェクト）について紹介

謝辞：本発表には、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）の委託研究（JPJ012368C07702）の活動内容が含まれています。

Thank you very much !



Please visit our site! →

