

広域にわたるUAV運航管理のための 高高度プラットフォーム中継制御リンクの開発



情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター ワイヤレスシステム研究室
三浦 龍、松田 隆志、児島 史秀

スカパーJSAT（株） 宇宙事業部門 スペースインテリジェンス事業部
鈴木 淳、高盛 哲美

本日の内容

1. 研究の背景
2. 目指すシステムのイメージと研究開発目的
3. 技術開発課題
4. HAPS搭載アンテナの設計・試作概要
5. 多元接続方式の設計概要
6. 国際標準化活動
7. 今後の予定

参考 1 2002年に実施した高高度実証実験

参考 2 ソフトバンク・HAPSモバイルによる成層圏飛行の成功

※ 本内容は、総務省の「電波資源拡大のための研究開発（JPJ000254）」によって実施した成果を含みます。

1. 研究の背景

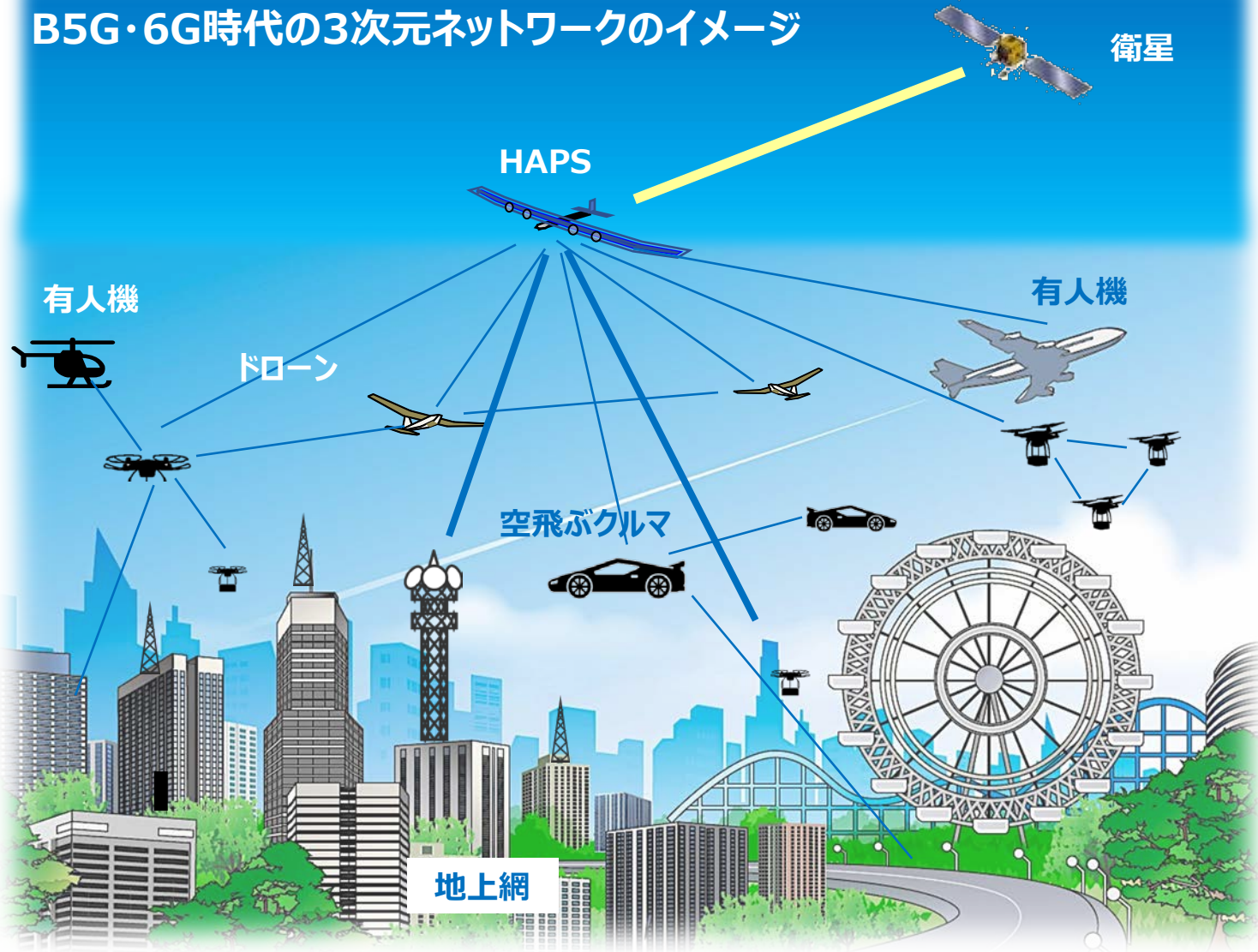
- 地上系通信ネットワークの成熟とエリア拡大の限界
- 大規模災害にも対応できるレジリエンスの重要性の増大
- 地球環境・人口減少を背景としたロボット社会・新モビリティ社会への移行の流れ



地上系通信ネットワーク（2次元5G）から
上空・宇宙を含む非地上系通信ネットワーク（3次元
B5G・6G）への展開

2. 目指すシステムのイメージと研究開発目的

B5G・6G時代の3次元ネットワークのイメージ



HAPSとは

ITUでは1997年の世界無線通信会議（WRC）において「High Altitude Platform Station（高高度プラットフォーム無線局）」が定義され、無線通信規則（RR）に初めて記載。High Altitude Platform Systemとして使われることもある。高度20km前後に滞空する飛しょう体（飛行機、飛行船、バルーン等）に搭載して運用する。

本研究開発の目的

- HAPSを中継基地とし、広域に多数分布する無人機群の運航管理を行うCNPCリンク（コマンド・テレメトリのための非ペイロード通信 or C2リンク）を開発・実証する。
- 衛星経由よりも低コストでかつ海洋や山岳・森林地帯等の通信インフラが貧弱な地域を含めた広域をカバーするシステムの実現を目指す。

3. 技術開発課題（総務省受託 令和元年度～3年度）

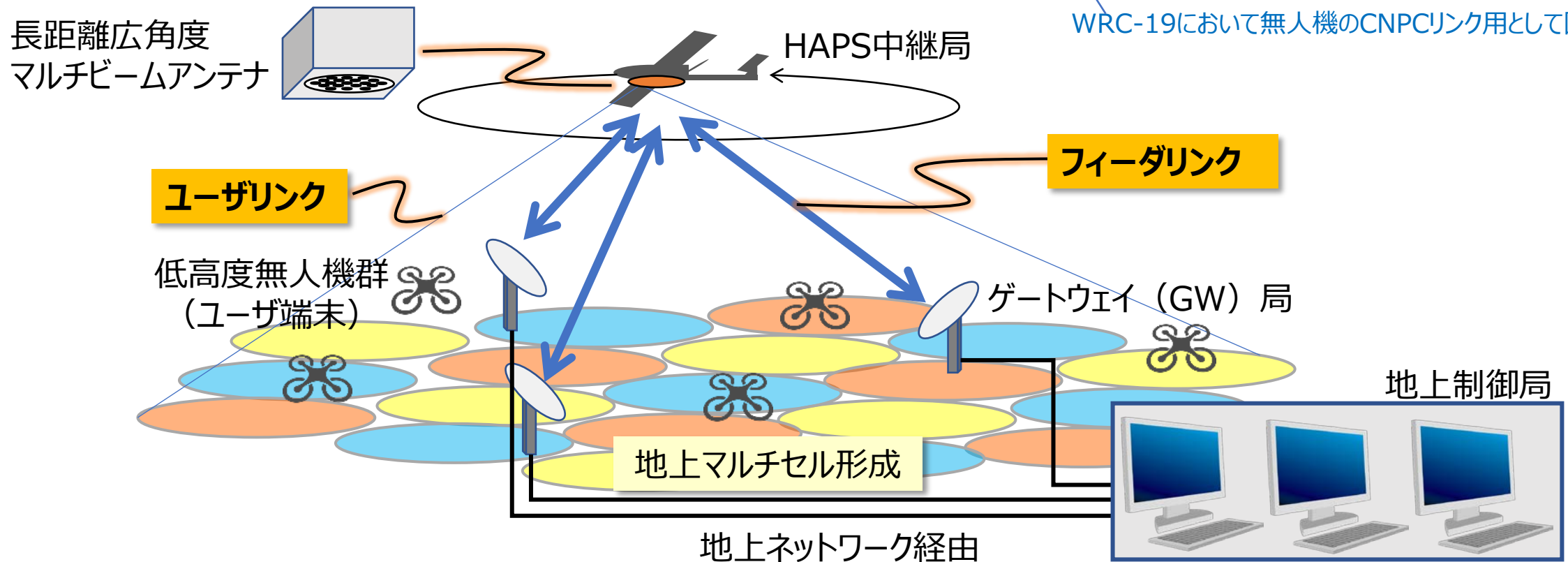
(1) 長距離・広角度の多元接続技術（NICT担当）

(2) 周波数共用技術（スカパーJSAT担当）

(3) 高秘匿暗号化技術（スカパーJSAT担当）

- HAPS搭載マルチビームアンテナによる地上マルチセル形成と機体位置・姿勢変動補償技術
- ユーザリンクとフィーダリンクの周波数共用を可能とする多元接続技術（5030-5091MHz帯航空移動バンドの利用想定）

WRC-19において無人機のCNPCリンク用として国際合意



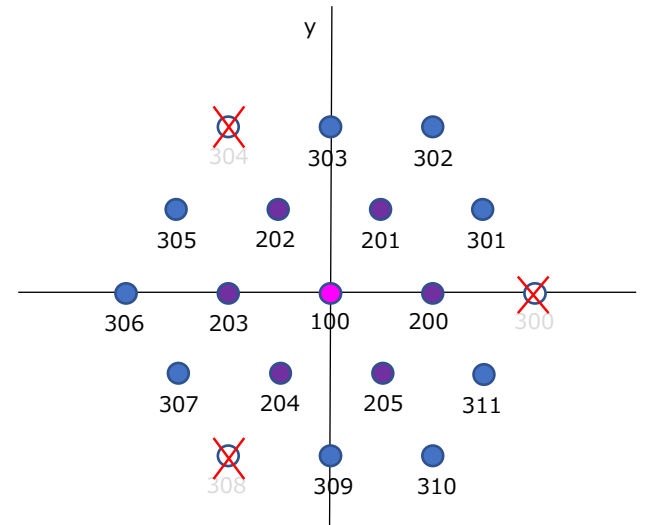
4. HAPS搭載アンテナの設計・試作概要

HAPS搭載アンテナの機能要件

- 地上とその上空のユーザ端末に向けたユーザリンク用として19本の送受信マルチビームを同時あるいは時分割で形成し、地上とその上空にマルチセルを提供
- HAPS1機で直下方向を中心とした130°の広角カバレッジとを提供
- HAPS機体の移動、方位変動、姿勢変動を相殺し、地上セルの位置変動と電波強度変動を軽減
- 同一周波数帯（5030-5091MHz）でユーザリンクとフィーダリンクを共用
- アンテナ素子当りの送信出力は2W以下（消費電力低減のため）

HAPS搭載アンテナの設計概要

項目	仕様
アンテナ型式	DBFアレーアンテナ
アンテナ素子数	16
アンテナ素子	送受共用平面パッチ （一次試作）
配列方式	ハニカム配列
周波数	5030-5091 MHz
送信出力/素子	2 W以下
65°方向利得	12 dBi以上（目標）



HAPS搭載アンテナ
素子配列



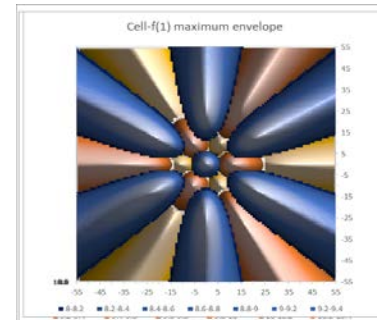
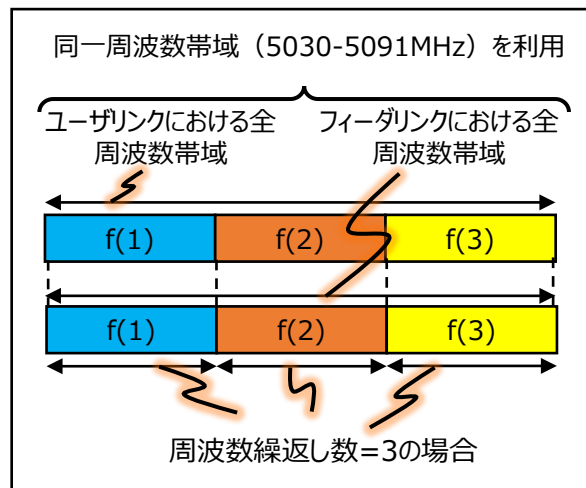
HAPS搭載アンテナ
試作機外観

5. 多元接続方式の設計概要

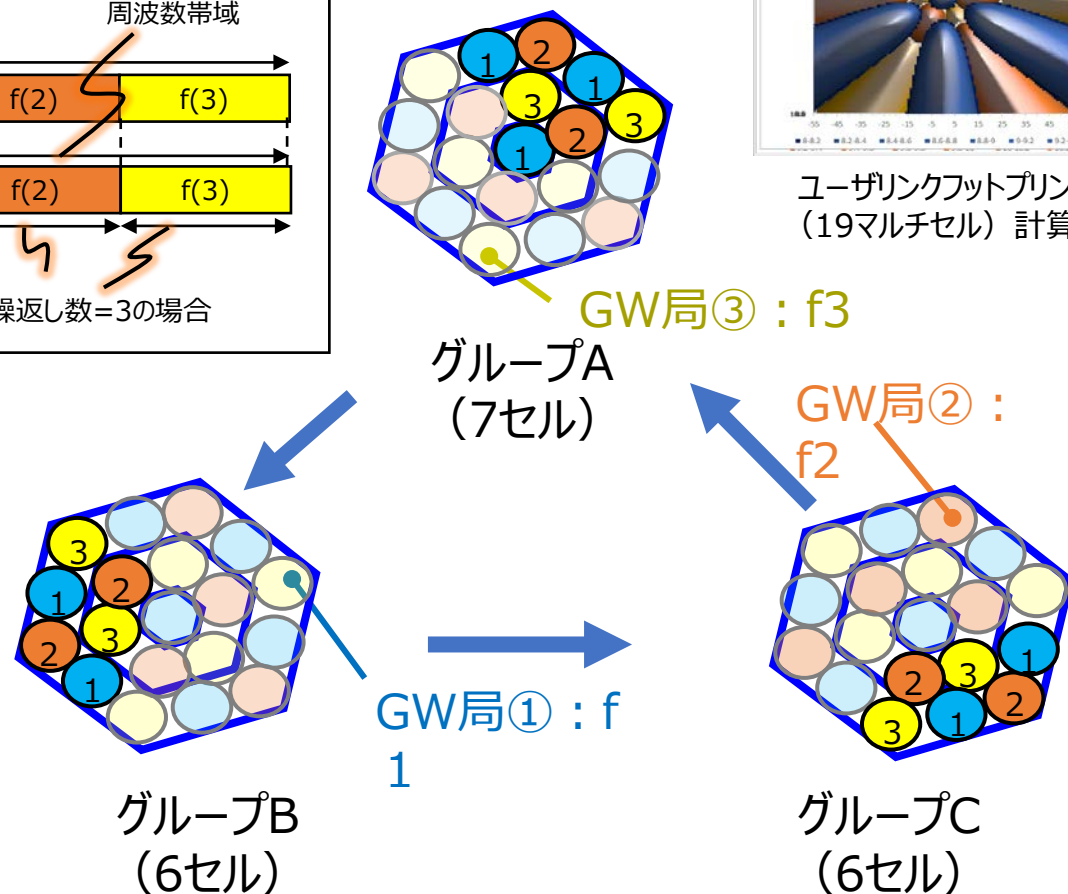
マルチビーム多元接続方式の概要

項目	仕様
ビーム数 ユーザリンク フィーダリンク	19 (地上セル数) 2~3
サービス覆域角度範囲	130°
周波数繰返し数	3
合成送信電力 ユーザ端末向け GW局向け	50 ~ 100 mW 200mW
各ビームの複信方式	TDD
多元接続方式 ユーザリンク フィーダリンク	OFDMA/TDMA TDMA
単位フレーム長 (RTCA DO362A準拠)	50ms (コマンドフレーム 25 ms + テレメトリフレーム 25 ms)
1 サイクル当りのフレーム数 コマンドリンク テレメトリリンク	(1サイクルで全覆域をカバー) 1 4
収容台数 ユーザリンク フィーダリンク	5100台/サイクル 3800台/サイクル

時分割ビーム切替えによるユーザリンク・フィーダリンクの周波数共用（セル間干渉の低減）と送信電力の節減



ユーザリンクフットプリント
(19マルチセル) 計算例

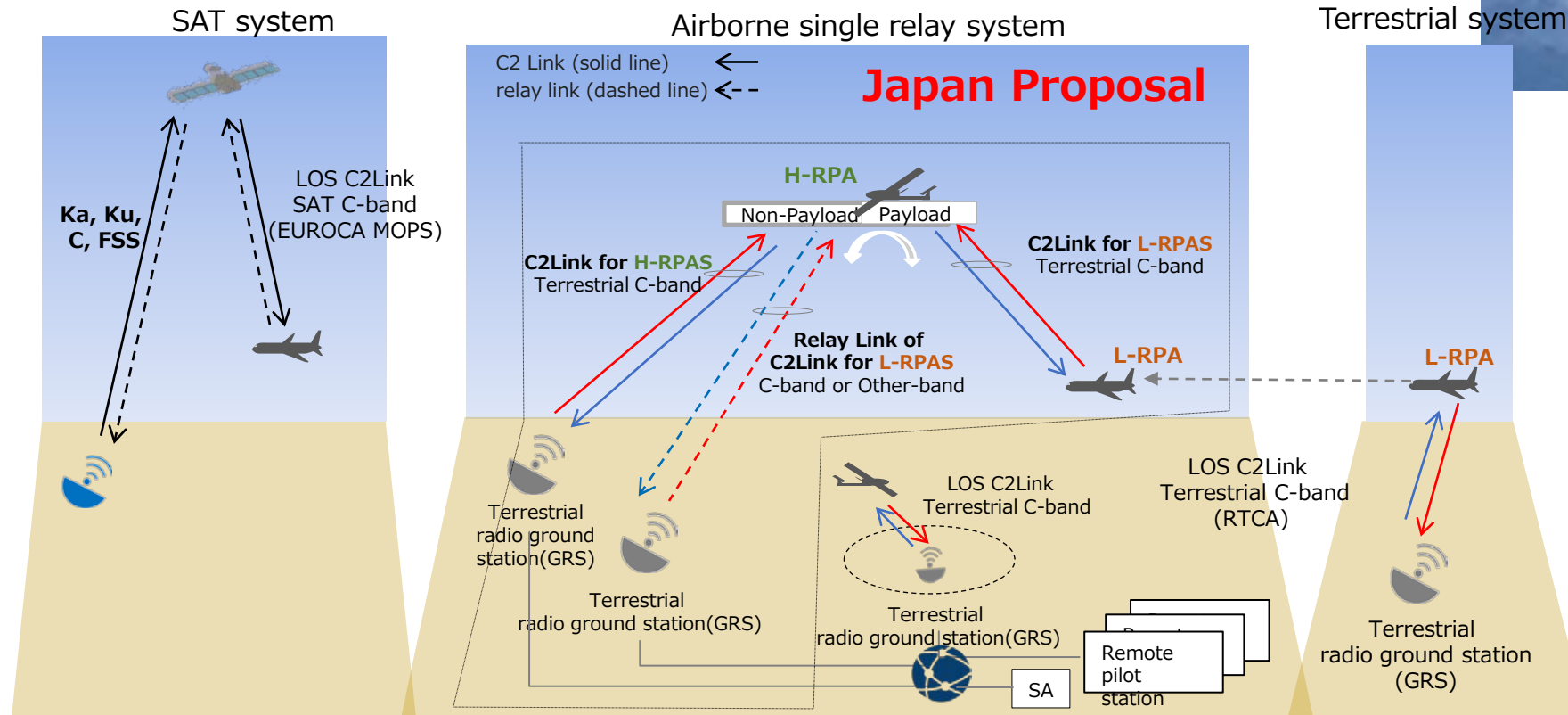


6. 国際標準化活動（ICAO・RTCA）

- 5030 – 5091 MHz (航空移動業務)の無人機での利用はICAO RPASパネルと RTCAで審議
- HAPS中継C2リンクは、日本が提案し、国際標準の1つとしてRTCAにて1次案が承認（2020年12月）

Note: HAPS=High Altitude Platform Station
ICAO=International Civil Aviation Organization
RPAS=Remotely Piloted Aircraft System
RTCA=Radio Technical Commission for Aeronautics

RPASパネル/RTCAで提案されている3種類の5GHz帯C2リンク



7. 今後の予定

- HAPS搭載局・地上局・ユーザ端末局のハードウェア・ソフトウェアの開発
- ユーザリンク覆域特性の改善手法検討
- ビーム間アイソレーションの改善手法の検討
- 小型有人航空機を用いたスケールダウンモデルによる飛行実証

	R1年度	R2年度	R3年度
①長距離・広角度アレーアンテナ	基本設計	部分試作の単体評価と 他のサブシステムとの統合	開発完了・総合実証評価
②広角度対応ビーム形成	基本設計	部分試作と単体評価	開発完了・総合実証評価
③空間・周波数多元接続	基本設計	ソフトウェア開発	開発完了・総合実証評価

(参考1) 2002年に実証成功したNASA高高度ソーラー無人機 による通信中継実験 (NICT・NASA)

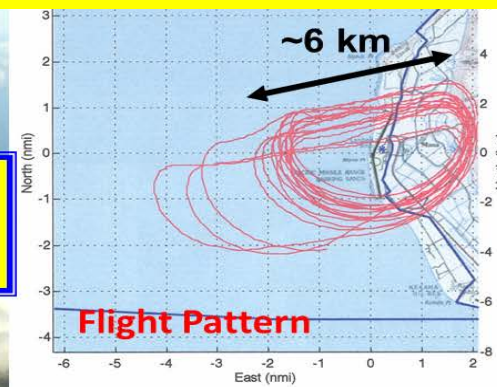
2002年、ハワイ・カウアイ島において、NICTは独自に米国NASAと連携し、ソーラー無人機 Pathfinder Plusを用いた高度20 k mでの世界初の携帯電話中継と直接デジタル放送実験に成功。



June-July, 2002
@Kauai, Hawaii

成層圏環境での無線機器運用に関する
技術データを取得
(高度~20 km)

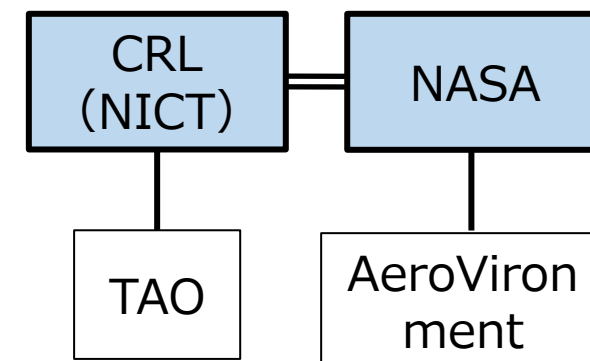
わずか1ワットの送信パワーでUHF
帯による高精細TVが受信可能であ
ることを実証



市販のIMT-2000携帯電話
によるTV電話接続を実証



日米連携体制



(参考2) ソフトバンク・HAPSモバイルによるソーラー無人機による 成層圏飛行実証の成功 (2020年9月)

HAPSモバイル、Sungliderの成層圏飛行に成功

～機体開発の開始から約3年で成層圏に到達～

HAPSモバイル プレスリリースより
<https://www.hapsmobile.com/ja/>

ソフトバンク株式会社の子会社であるHAPSモバイル株式会社（以下「HAPSモバイル」）は、2020年9月21日（米国山岳部時間）に、米国ニューメキシコ州のSpaceport America（以下「SpA」）で、ソーラーパネルを搭載した成層圏通信プラットフォーム向け無人航空機「Sunglider（サングライダー）」の5回目のテストフライトを実施し、飛行高度6万2,500フィート（約19キロメートル）を記録しました。機体開発の開始から約3年という短い期間で、成層圏での飛行に成功しました。



成層圏を飛行する「Sunglider」

