

1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

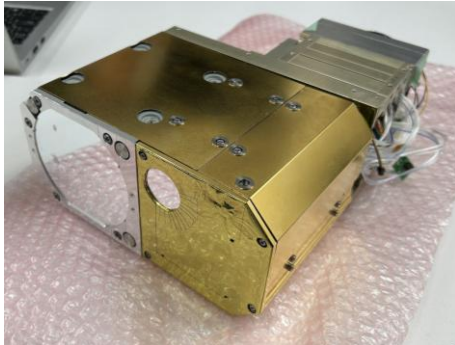
- ◆研究開発課題名：次世代型NTNのためのHAPSにおける光無線通信の研究開発
- ◆副題：HAPS用光無線装置の開発および実証
- ◆受託者：ソフトバンク株式会社
- ◆研究開発期間：令和6年度～令和8年度（3年間）
- ◆研究開発予算（契約額）：令和6年度から令和7年度までの総額90百万円（令和7年度45百万円）

2. 研究開発の目標

本研究は、HAPS－衛星間又はHAPS－地上間を光回線で相互に接続するための、HAPS用光無線通信システムを開発し、実証することを目標とする。これを達成するには、光無線通信能力だけでなく、成層圏で、高精度に自己の位置・姿勢を取得し、相互に情報を交換して追従しあうトラッキングシステムの構築が必要となるため、NTN領域における光無線通信用追尾システムの実証も目標とする。

3. 研究開発の成果

研究開発項目1-1:HAPS搭載用光無線通信端末の開発



国立研究開発法人情報通信研究機構との共同研究で開発している宇宙用光無線通信装置

光学・通信システムには一切の変更を加えず成層圏適用を行うことで、迅速な実証を目標とする。

研究開発項目1-1:HAPS搭載用光無線通信端末の開発

本研究項目は、国立研究開発法人情報通信研究機構が持つ知的財産を活用し、同機構が開発した光無線装置を基本として、成層圏環境で動作するよう追加開発を行い、HAPS用光無線装置を開発することを目的とする。

研究開発成果：

- ・成層圏用光無線通信装置に求められる高出力レーザを照射しても、光学系に影響がないことを確認した
- ・ロケット打上相当の振動を与えても、光学品質に影響がないことを確認した。この振動は、LTA型HAPSに搭載するよりもはるかに大きい
- ・成層圏環境は宇宙低軌道環境よりも低温となるが、光学品質を低下させずに保温することが可能となった

研究開発項目1-2:HAPS用光追尾システムの開発



温度高度恒温槽内で動作確認される2軸ジンバルシステム

光無線通信には高精度な追尾が求められるが、成層圏の低温環境下では潤滑剤が凍結するため、モータだけでなく減速機等も一般的なものを利用することができない。弊社の成層圏機器開発ノウハウを適用することで問題なく動作した。

研究開発項目1-2:HAPS用光追尾システムの開発

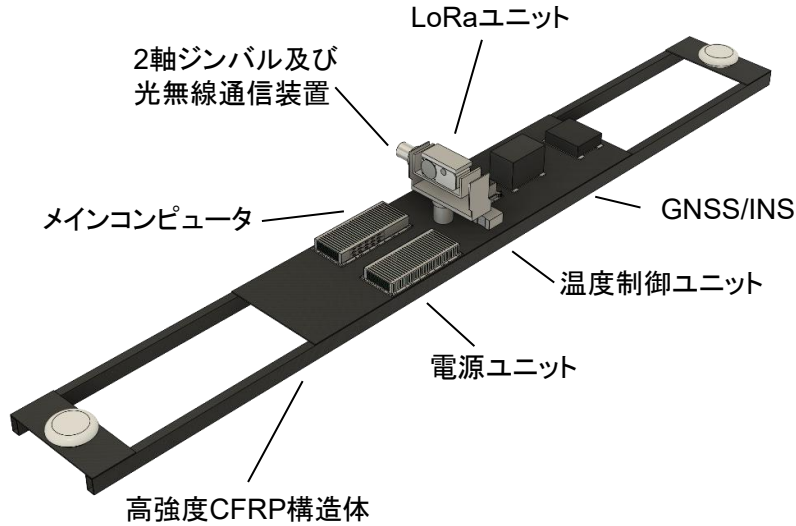
光無線が対象を追尾するには、光無線装置をジンバルシステムに搭載し追尾する必要がある。本研究項目は、成層圏で動作する2軸ジンバルシステムを開発する。このジンバルシステムは、HAPSの振動・揺動を打ち消すことができる能力を持ち、成層圏の低温・低圧環境下で動作する動力部分を持つものとする。

研究開発成果：

- ・成層圏用光無線装置の2軸ジンバルシステム単体に求められる、 0.01° の精度で指向角が制御できることを確認した
- ・ -70°C 、 10.8kPa の低温低圧環境で問題なく動作することを確認した。低温下での駆動抵抗悪化が想定より良好であり、発熱が少なかった

3. 研究開発の成果

研究開発項目2-1:HAPSー衛星間光無線通信技術の研究開発



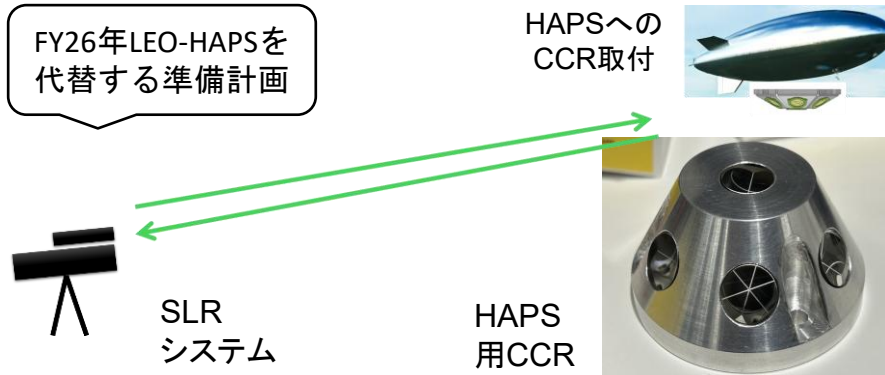
研究開発項目2-1:HAPSー衛星間光無線通信技術の研究開発

本研究項目では、衛星・HAPS・地上などに搭載した光無線装置が、自己の空間座標および姿勢角を高精度に取得し、対向となる通信機同士で空間座標を交換するシステムの構成を定義すると共に、成層圏環境で動作するハードウェアを開発する。

研究開発成果:

- 成層圏用光無線装置システムに付随する、メインコンピュータ、電源ユニット、ヒータ制御ユニット等の試作を完了した
- 光無線通信装置を2軸ジンバルに搭載するための、回転軸を貫通し、かつ成層圏の極低温下で柔軟性をもつケーブリング部の試作を完了した
- 双方向の自己位置を通信するシステム、および自己姿勢角センサの調達と制御を完了した
- 2軸ジンバルシステムの指向精度や制御の妥当性を測定するための天測システムの開発を開始し、継続中
- モデル空間における光無線通信のシーケンス検討と、試作を完了した各機器の性能を再定義したことにより、LEO衛星-HAPS間での双方向の補足時間を約3分から約30秒に削減した
- HAPS搭載時の機械的および制御的インタフェースを確定した

研究開発項目3-1:HAPSー衛星間又は HAPSー地上間光無線通信実証環境の構築



研究開発項目3-1: HAPSー衛星間又は HAPSー地上間光無線通信実証環境の構築

光無線通信の基礎データ習得のために、HAPSにCCR(コーナーキューブリフレクタ)を搭載し、SLR用システムを用いた実験を行う予定である。これに用いるHAPS用CCRについて設計、製作を行った。CCRはHAPSが沿岸を飛行した場合のスラントレンジ(斜め見込み角)を想定し、HAPS取付用にごく軽量CCRの設計製作を実施した。

研究開発成果:

スラントレンジ(斜め見込み角)を想定し、HAPS取付用にごく軽量100gを実現した。同型のCCRからのリターンは約10kmですでに得られており、沿岸20ー30kmまでのHAPS飛行に対してリターンを得られるめどが得られている

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
0 (0)	0 (0)	0 (0)	6 (5)	0 (0)	3 (1)	3 (2)	0 (0)

※成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

- (1)展示会・研究発表 第69回 宇宙科学技術連合講演会 「HAPSおよび光無線通信を活用したNTN構成の検討」
- (2)展示会 第39回OCSシンポジウム
- (3)研究発表 光・レーザー関西:発表 「6G時代における光無線通信とその技術要素」
- (4)研究発表 電気情報通信学会総会2025 発表「NTNにおける光無線通信の展望」
- (5)研究発表 ORIST第9回次世代高速通信WG会合 発表「NTNの動向とHAPS関連技術開発」
- (6)プレスリリース 「宇宙と成層圏間の光無線通信の実証に向けて、NICT、清原光学、アークエッジ・スペースおよびソフトバンクがMoUを締結」

5. 今後の研究開発計画

研究開発項目1 HAPS 用光無線通信システムの研究開発

光無線装置とジンバルシステムの結合を実施する。また、ジンバルシステムに関しては、上述の天測による精度確認を行う。これらの対応を完了し、恒温槽内で低温時の保温特性を確認できた時点で、本項目は完了となる。

研究開発項目2 HAPS－衛星間又は HAPS－地上間光無線通信の研究開発

本年度に開発した、メインコンピュータ、電源ユニット等の機器の環境試験を実施すると共に、成層圏環境に耐える外装を付与する。また、前述したジンバルシステムの天測による評価を行い、FMへの変更点の洗い出しを行う。

ソフトウェアの開発作業は、各ユニットとの接続と制御部分の開発を引き続き行うと共に、本実験の核となる、追尾シーケンスの実装を行う。前述の通り、モデル空間上で開発しているものを、メインコンピュータ用のマイコン上で動作するように移植する作業となる。これらの対応を完了し、基本動作を確認できた時点で、本項目は完了となる。

研究開発項目3 HAPS－衛星間又は HAPS－地上間光無線通信の実証

- システムの健全性を確認するため、地上間での2点間通信実験を行う。
- HAPSを用いたSLR実験を実施する。現状では日本国内で実施する見込みである。
- HAPSを用いたSLR実験で得られた成層圏の大気状態を反映し、近い大気ゆらぎになるよう距離を設定した地上2点間での通信実験を行う。
- 移動する物体との追尾検証として、熱気球に光無線システムを搭載し、地上-熱気球間での光無線通信の実験を行う。