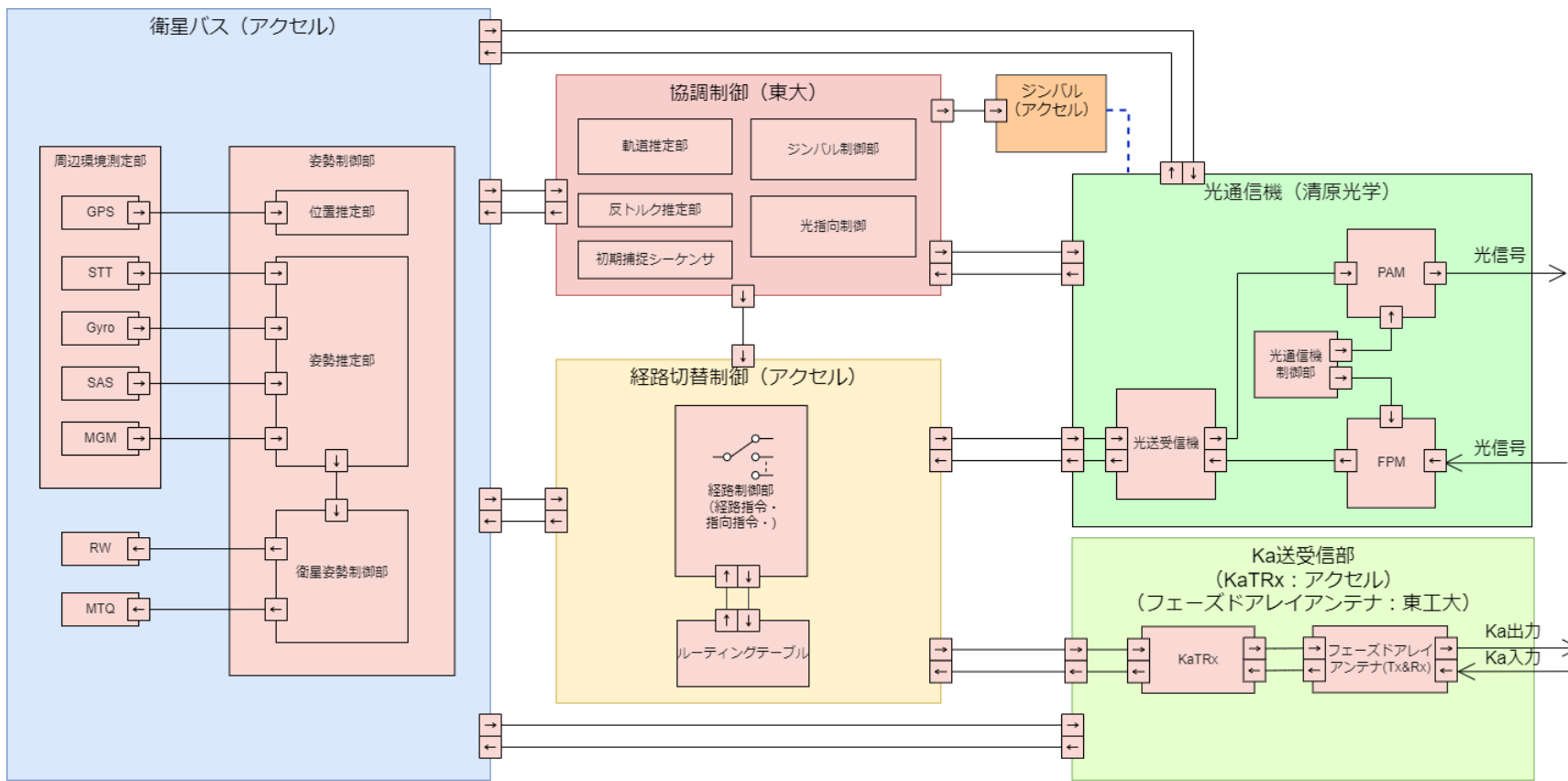


1. 研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

- ◆研究開発課題名 Beyond 5G次世代小型衛星コンステレーション向け電波・光ハイブリッド通信技術の研究開発(研究開発項目1および研究開発項目2)
- ◆副題 次世代LEO通信コンステレーション構築に向けた超小型・低コスト電波・光ハイブリッド通信システムおよび通信制御システムの研究開発
- ◆受託者 株式会社アクセルスペース、国立大学法人東京大学、国立大学法人東京工業大学、株式会社清原光学
- ◆研究開発期間 令和3年度～令和6年度(4年間)
- ◆研究開発予算(契約額) 令和3年度から令和4年度までの総額1,728百万円(令和3年度358百万円)※百万円未満切り上げ

2. 研究開発の目標

研究者らの50-200kg級超小型衛星および関連技術の開発・製造・運用経験を活用した各研究開発項目を実施し、本研究開発の成果と研究者の超小型衛星バス技術および量産製造・自動運用システムとを組み合わせることで、LEO通信コンステレーションの早期構築を目指す。



システム全体ブロック図 (衛星部)

3. 研究開発の成果 研究開発項目1 LEOコンステレーション用小型衛星搭載電波・光ハイブリッド通信技術の研究開発
 研究開発項目2 超広帯域光衛星通信システムの実現に向けた基盤技術の研究開発

研究開発成果

研究開発項目1:LEOコンステレーション用
 小型衛星搭載電波・光ハイブリッド
 通信技術の研究開発

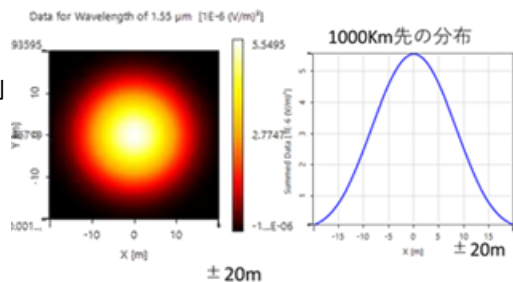
研究開発目標

1-a) 小型衛星搭載用フレキシブル光通信システムの研究開発

① 衛星搭載光通信機器の開発

・光通信機仕様策定

Φ88ミラー開口強度分布計算例



② ジンバル機構、衛星インタフェース

・概要設計

1-b) 小型衛星搭載用電波・光ハイブリッド通信制御システムの研究開発

① RF通信システム統合/デジタル処理部開発

・仕様策定及び部品選定等

② 電波・光通信経路制御開発

・仕様及び実装に関する基本方針策定

③ 光通信初期捕捉・姿勢協調制御/姿勢制御・軌道推定性能の高度化

・仕様策定及び部品選定等

④ 初期捕捉・姿勢協調制御シミュレーション・アルゴリズム開発

・初期捕捉制御アルゴリズムの検討、初期誤差範囲の特定及び各種誤差配分の暫定目標値の制定

⑤ RF通信システム用アンテナ・RFIC

・仕様策定



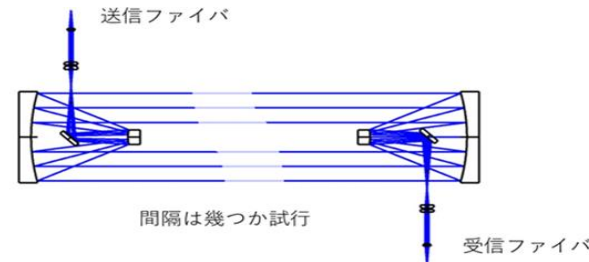
RF通信システム用アンテナ・RFIC仕様検討状況

1-a) 小型衛星搭載用フレキシブル光通信システムの研究開発

① 衛星搭載光通信機器の開発

・光送受信器、捕捉追尾光学系などシステム全体のブロック図及び仕様案を作成
 ・測定実験環境を想定した部品選定、調達及び加工を完了し、対向通信実験に用いるアルミ素材の光アンテナ1ペアを製作

対向通信実験用
 光アンテナペア



② ジンバル機構、衛星インタフェース

・光通信機のジンバルへの搭載方法の検討

1-b) 小型衛星搭載用電波・光ハイブリッド通信制御システムの研究開発

① RF通信システム統合/デジタル処理部開発

・電気・構造・熱等各インタフェース及びアンテナ構造と衛星との機械的接続方法の検討

・デジタル処理部の部品選定、ソフトウェア検討及び評価ボードによる予備試験実施

② 電波・光通信経路制御開発

・高速FPGAの活用方針決定及び使用するIPコア選定とインタフェース設計実施

③ 光通信初期捕捉・姿勢協調制御/姿勢制御・軌道推定性能の高度化

・FPGA候補、搭載ソフトウェアフレームワーク、RW候補の検討、選定及び各種評価の実施

④ 初期捕捉・姿勢協調制御シミュレーション・アルゴリズム開発

・初期捕捉・協調制御の前提となる回線計算・指向誤差バジェット解析を実施し、初期誤差範囲と各種誤差配分の暫定目標値を設定

・初期捕捉シーケンス検討用シミュレータを開発

⑤ RF通信システム用アンテナ・RFIC

・送信機、受信機のアンテナおよびRFICの仕様策定

・アンテナ単体、増幅器単体、移相器単体等コア要素ブロックの設計及び仕様に対するフィジビリティを確認

3. 研究開発の成果 研究開発項目1 LEOコンステレーション用小型衛星搭載電波・光ハイブリッド通信技術の研究開発
研究開発項目2 超広帯域光衛星通信システムの実現に向けた基盤技術の研究開発

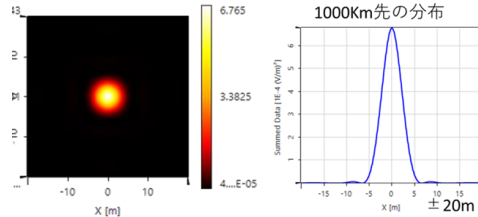
研究開発目標

研究開発項目1:LEOコンステレーション用
小型衛星搭載電波・光ハイブリッド
通信技術の研究開発(前頁からの続き)

1-c)フレキシブル光通信システム対応光地上局システムの研究開発

- ① 地上局光アンテナ・捕捉追尾部の開発
・仕様策定

Φ300ミラー開口強度分布計算例



- ② COTS望遠鏡の自動追尾
・基本検討

研究開発成果

1-c)フレキシブル光通信システム対応光地上局システムの研究開発

- ① 地上局光アンテナ・捕捉追尾部の開発
・衛星搭載光通信機器との共通要素検討及びそれを踏まえた耐環境性実験に必要な物品の選定及び調達
- ② COTS望遠鏡の自動追尾
・COTS望遠鏡架台の性能調査、類似実験・研究などの情報収集
・NICTで研究中の光地上局の見学及び来年度以降の具体的な光地上局開発に向けた検討へのフィードバック

研究開発目標

研究開発項目2:超広帯域光衛星通信
システムの実現に向けた基盤技術の研究開発

2-a)100Gbps級フレキシブル光衛星通信システムに向けた搭載用光通信
機器の研究開発

- ① 多波長光通信
・概念設計

2-b)LEOコンステレーション用光通信機器の自動運用システムの研究開発

- ① 光通信機の故障診断
・基本検討
- ② LEOコンステレーションシミュレータ開発
・基本検討
・シミュレータ開発

2-a)100Gbps級フレキシブル光衛星通信システムに向けた搭載用光通信
機器の研究開発

- ① 多波長光通信
・他国を含めた他研究の調査の実施
・概念設計に必要な多波長光通信の構成部材の情報収集

2-b)LEOコンステレーション用光通信機器の自動運用システムの研究開発

- ① 光通信機の故障診断
・各サブシステムおよび全体コンステレーションとして想定される故障モードの分析
・エラー事象の洗い出し
- ② LEOコンステレーションシミュレータ開発
・コンステレーションシステムのユースケースについての検討及び想定ユーザや通信経路、コンステ内衛星のモデル化方針の策定
・前項モデル化方針に従い、想定ユーザや通信経路、コンステ内衛星のモデルのシミュレータ内での実装及び各衛星の可視状況等を可視化するシミュレーションツールの作成

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)	3 (3)	0 (0)	0 (0)	4 (4)	0 (0)	0 (0)

※ 成果数は累計件数、()内は当該年度の件数です。

(1) 学会発表

・2022 IEEE International Conference on Space Optical Systems and Applications (ICSOS) において、本プロジェクトについて4機関連名で招待講演を実施(オンライン) (2022.3.30)

(2) プレスリリース

・清原光学にて、本プロジェクトについてプレスリリース実施 (2021.11.12)

5. 今後の研究開発計画

- 研究開発項目1 LEOコンステレーション用小型衛星搭載電波・光ハイブリッド通信技術の研究開発
 - 1-a) 小型衛星搭載用フレキシブル光通信システムの研究開発
 - ・引き続き1-b)の電波・光ハイブリッド通信制御システムと連携しながら、各仕様及びその策定した仕様のフィジビリティ確認を実施し、試作モデル(BBM)を設計・開発
 - 1-b) 小型衛星搭載用電波・光ハイブリッド通信制御システムの研究開発
 - ・引き続き、各開発要素の仕様検討を実施し、試作基板を用いたBBMモデルの設計・開発・評価や開発したシミュレータベースでの制御アルゴリズム等の詳細検討及び検証を実施
 - 1-c) フレキシブル光通信システム対応光地上局システムの研究開発
 - ・引き続き可搬局用光通信機および1-a)衛星搭載光通信機の仕様を基に衛星-地上間の回線設計を行い、可搬地上局の目標仕様およびCOTS望遠鏡架台の候補を検討
 - ・2021年度に調達した物品により、地上局要素技術のBBM開発
- 研究開発項目2 超広帯域光衛星通信システムの実現に向けた基盤技術の研究開発
 - 2-a) 100Gbps級フレキシブル光衛星通信システムに向けた搭載用光通信機器の研究開発
 - ・高出力化、波長多重技術の仕様検討及びその仕様に基づくBBM開発
 - 2-b) LEOコンステレーション用光通信機器の自動運用システムの研究開発
 - ・引き続き光通信機の劣化や故障のモードの分析及び光通信機でモニタしてテレメトリとして出力する情報の具体化。また、光通信機不具合発生時の通信経路の再構成手法について概念検討
 - ・ここまで開発したシミュレータへの通信機故障モデルの取り込み。同時に、シミュレータベースによる通信コンステレーション内を流れるデータのルーティングと通信コンステレーションを構成する各衛星の軌道を最適化する手法についての検討実施