

4.37. 東京大学 中須賀・船瀬研究室

本節では、東京大学 中須賀・船瀬研究室における衛星・探査機開発の概要及び現在の状況に関して説明を行う。

4.37.1 研究室が参加している pj

A. EQUULEUS (<http://issl.space.t.u-tokyo.ac.jp/equuleus/>)

地球-月のラグランジュ点への航行を通じて、以下の工学技術実証および理学観測を行うことを目指す。2018年にNASAの新規開発ロケットSLS(Space Launch System)により打ち上げ予定。

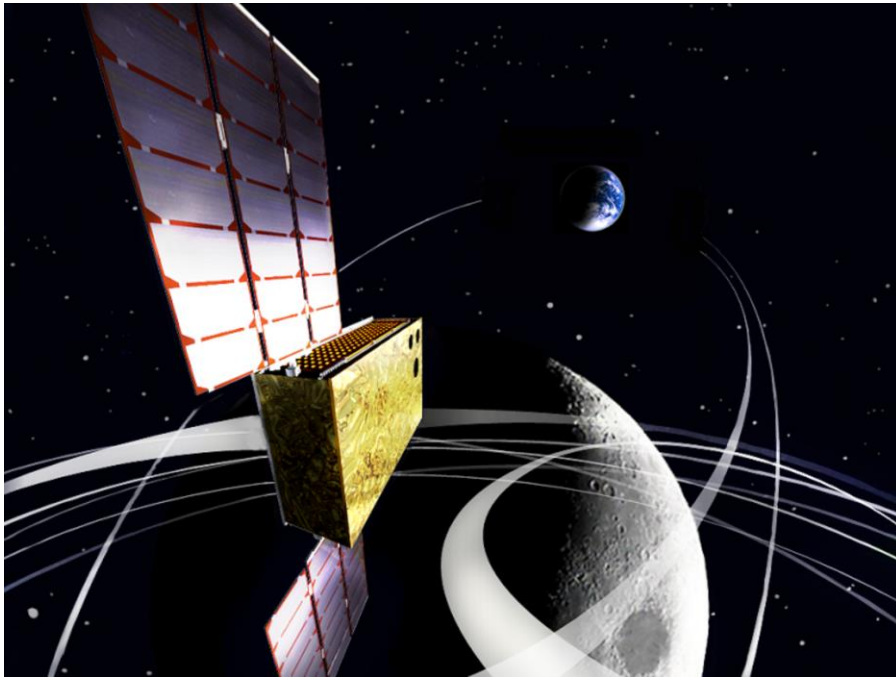


図 1 ミッションイメージ図

A-1. EQUULEUS のミッション

以下の技術実証，理学目標を掲げる：

- 工学技術実証
 - Cube Sat による太陽-地球-月圏での軌道制御・宇宙探査技術の実証
- 理学観測
 - 地球-月圏の宇宙環境調査
 - 地球を取り囲むプラズマ撮像による地球磁気圏の全体像把握
 - 月裏面への隕石衝突が発する閃光観測による月裏面環境の調査
 - 地球-月圏の微粒子検出による惑星間ダスト分布環境の調査

上記目標を達成するために必要な技術は以下の通りである：

- 6U Cube Sat による,
 - 月の重力を利用したフライバイによる軌道制御技術あ
 - 地球-月の重力が釣り合う平衡点, ラグランジュ点 (EML2: 2nd Earth-Moon Lagrangian Point)に滞在する軌道制御技術正確な軌道制御, 地球・月の観測を実現するための三軸安定姿勢制御技術
 - 太陽-地球-月圏において堅牢な宇宙機バスシステムの設計・開発

ミッションシーケンス図を下図に示す.



図 2 ミッションシーケンス図

A-2. EQUULEUS のバスシステム

バスシステムに対する要求条件を考えるうえで重要な要素を以下に列挙する：

1. 太陽・地球・月という明るい三天体が宇宙機の周囲で頻繁に位置関係を変える。(太陽周回深宇宙探査機との相違)
2. 地上との通信・軌道制御に比較的大きな電力を必要とする(地球低軌道周回人工衛星との相違)
3. 全ての機能を 6U サイズのバス(約 30cm×20cm×10cm)に収納する。(小型・中型・大型宇宙機との相違)

以上の要素から導かれるバスシステム設計への主な要求を表 1 にまとめる.

表 1 バスシステム設計への主な要求

| ID | 設計要求 |
|----|---------------------------------------|
| 1 | 全搭載機器を 6U サイズのバスに収納する |
| 2 | 全方位からの太陽熱入力に対しバス機能を維持する |
| 3 | 通信・観測・軌道制御への発電量確保のため, 展開式の太陽光発電パネルを持つ |

| | |
|----|--|
| 4 | 発電と地球・月観測の両立，発電と軌道制御を同時に両立させる |
| 5 | 軌道制御・理学観測のため，三軸姿勢制御を行う． |
| 6 | 定常運用時は常に地上と通信を行う |
| 7 | 姿勢変更を行わず三軸全ての方向で角運動量アンローディングが可能である． |
| 8 | サイエンス観測時は可能な限り地上と高速通信を行う． |
| 9 | 明るい天体が視野に入る事を避けるため，スターセンサは黄道面外に向ける |
| 10 | 定常運用時は，黄道面内全方向の太陽をサンセンサが検知可能である． |
| 11 | 非常時においては，電源確保のため太陽電池パネルを機体の最大慣性主軸方向に向け，同方向にサンセンサ視野を確保する． |

最後に，現状の探査機外観図を下図に示す．

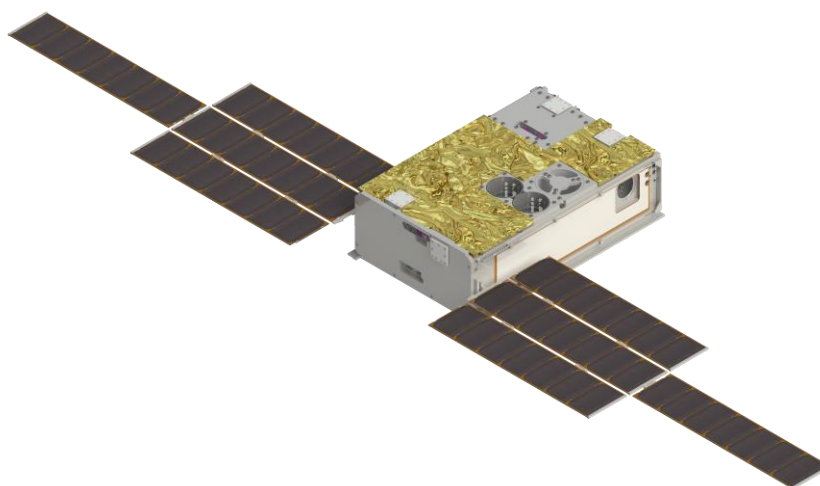


図 3 現状の EQUULEUS 全体図

B. Nano-JASMINE (<http://www.space.t.u-tokyo.ac.jp/nanojasmine/Index.htm>)

現在，東京大学 ISSL は「超小型衛星による科学ミッションへの貢献」という新たな段階に挑戦する為，Nano-JASMINE プロジェクトに携わっている．Nano-JASMINE プロジェクトは，東京大学 ISSL の「XI, PRISM に続く，新しい水準の小型衛星を開発したい」というニーズと，国立天文台の「大型衛星 JASMINE による本格観測の事前実証がしたい」というニーズが一致したために始まったプロジェクトである．

JASMINE とは Japan Astrometry Satellite Mission for Infrared Exploration の略称であり，赤外線領域の光で位置天文観測を行う計画である．この計画では，天の川銀河内の星の位置と運動を精密に測定し，すべての天文データの基礎データを取得することを目的としている．位置天文観測とは，銀河系の構造や進化の過程を解明するために，天体まで

の距離や天球上の位置，固有運動と呼ばれる天体それぞれの速度を調べるための観測である．地上からの観測では，大気の揺らぎなどの影響で正確な位置天文観測を行うことが非常に困難である．そのため，大気の影響を受けない軌道上での観測が求められている．

しかし，これまでの位置天文観測衛星は 1989 年に ESA が打ち上げた HIPPARCOS 衛星のみである．星はそれぞれ固有運動をしており，星の位置精度は当時から誤差が蓄積している．東京大学 ISSL と国立天文台が開発している Nano-JASMINE は HIPPARCOS 衛星と同等の精度で位置天文観測を行うことにより，星図の更新を行い，固有運動をさらに高い精度で明らかにする．

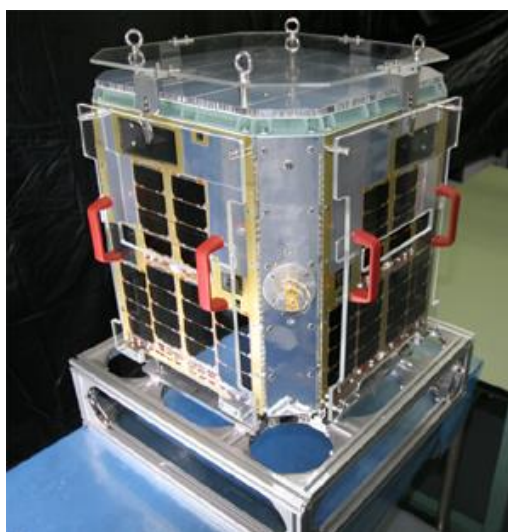


図 4 Nano-JAEMINE FM

表 2 に衛星の性能諸元を示す．Nano-JASMINE において特徴的であるのは，超小型衛星であるにも関わらず，求められる姿勢安定度が大型衛星に匹敵する高い安定度であるということである．また，高い姿勢安定度が求められる観測期間中は，磁気外乱が支配的な外乱となるため，Nano-JASMINE の為に新規開発された「磁気キャンセラ」という非常に高精度な磁気トルカを搭載している．磁気キャンセラは $1 \times 10^{-5} [\text{Am}^2]$ の分解能を持ち，衛星の持つ残留磁気モーメントを相殺し続けることで，磁気外乱を低減させる役割を持っている．

表 2 Nano-JASMINE 性能諸元

| | |
|---------|-------------------------------|
| サイズ | 約 50cm 立方 |
| 質量 | 約 35kg |
| 軌道 | 太陽同期軌道 |
| 姿勢制御方式 | 三軸制御方式 |
| 姿勢安定度要求 | 720MAS @ 8.8 sec |
| センサ | MEMS ジャイロ, サンセンサ , FOG (Fiber |

| | |
|---------|--------------------------------------|
| | Optic Gyro), スタートラッカー, GPS, 磁気センサ |
| アクチュエータ | 磁気トルカ, 磁気キャンセラ, リアクション ホイール |

C. PROCYON

C-1. 概要

近年、深宇宙探査ミッションは大型化・高コスト化・低頻度化の傾向にある。それに伴い、挑戦的な技術実証ミッションの頻度も低下し、探査ミッションを支える工学技術の進歩の速度が低下せざるを得ない状況である。そこで当研究室は、低コスト・短期開発可能な超小型深宇宙探査機でチャレンジングな深宇宙探査が可能であることを実証することを目的として、超小型深宇宙探査技術実証機 PROCYO プロジェクトに取り組んでいる。PROCYON は 2013 年 9 月にはやぶさ 2 の相乗り小型副ペイロードとして選定された後、約 1 年という超短期間で開発が行われました。2014 年 12 月 3 日、種子島宇宙センターより打ち上げられ、運用を実施してきた。



図 5 PROCYON ミッションイメージ図

C-2. ミッションと運用状況

① 50kg 級超小型深宇宙探査機バス技術実証

PROCYON は深宇宙探査機としては世界初の超小型探査機。深宇宙での発電・熱制御・姿勢制御・通信・軌道決定という基本的な機能を超小型衛星という限られた重量・体積の範囲内で行う技術を世界で初めて実証することが、PROCYON の重要なミッションだった。これらの技術は打ち上げ後、軌道上で実証された。

②深宇宙探査技術の実証

発展的ミッションとして、PROCYON は以下の技術実証を行う計画である。

- 窒化ガリウムを用いた高効率 X 帯パワーアンプによる通信
- 深宇宙での超長基線電波干渉法による航法
- 小惑星に対する電波・光学複合フライバイ航法
- 視線追尾制御による小惑星の超近接・高速フライバイ観測
 - イオンスラスタ不調のため、小惑星接近フライバイ観測は断念

③サイエンス観測

PROCYON のミッションは技術実証だけにとどまらない。

超小型 ながら、科学観測もミッションの 1 つであった。立教大学が参加し開発された LAICA (Lyman Alpha Imaging CAmera (ライカ)) という観測装置を搭載し、地球コロナを観測することに成功した。