

エウロパ・エンケラドスへのフライバイサンプルリターンの軌道設計

妻沼 朔寿 (高専3) 【旭川工業高等専門学校】

要旨

ESAが公開しているPythonのライブラリであるpykep[1]とpygmo[2]を用いてランベルト問題とパッチドコニックを用いた軌道作成方法を学び、深宇宙探査の軌道を作成した。また、エウロパとエンケラドスにフライバイサンプルリターンを行うミッションを考案し、そのための軌道の作成、評価、考察を行った。

1. 背景と目的

エウロパやエンケラドスの表層の氷の下には内部海があると考えられており、生命の存在する可能性が考えられている。また、エンケラドスからはブルームが発見され、エウロパにも存在している可能性がある。そこで、噴出したブルームを採集し、サンプルリターンを行うことが世界中の複数の機関で検討されている。しかし、それらのミッションはエウロパやエンケラドスのどちらかのみを行うものであった。そこで、本研究では両方からサンプルを採取し、帰還するというミッションを考案した。

本研究の目的は以下のミッションを行うための軌道を設計することである。

まず、2機の探査機を結合した状態で打ち上げて内惑星圏でスイングバイを行い、木星へ向かう。その途中で探査機を分離して1機はエウロパに接近し、ブルームに突入し、サンプルを採取して地球に帰還する。もう1機は木星スイングバイを行い土星に向かい、エンケラドス同様に採取を行い、地球に帰還する。

2. 手段

以前私が行ってきた手段は、ルンゲクッタ法により軌道伝搬を行い、人の手でパラメータを入力するグリッドサーチであった。しかし、スイングバイの回数が増えるとパラメータが増えることで膨大な時間がかかるため、今回は軌道伝搬、ランベルト問題などのためのpykepというライブラリや、進化的計算での最適化を行うためのライブラリであるpygmoを用いた。

3. 作成した軌道

まず探査機は打ち上げた後内惑星圏で→地球→金星→地球→地球とスイングバイを繰り返し木星へ向かう。

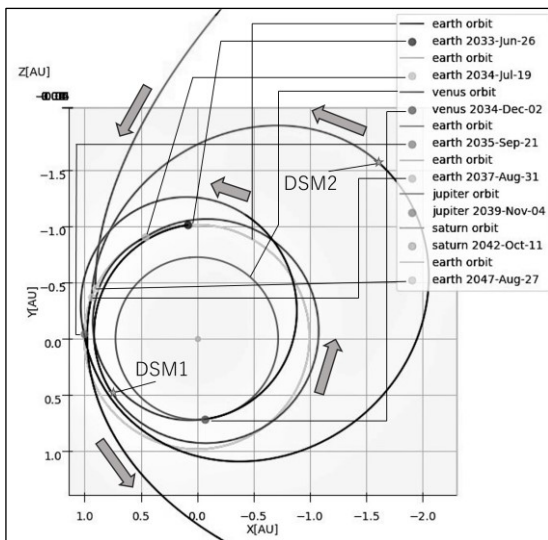


図1. 内惑星圏での探査機の軌道

エンケラドス探査機は、そのまま木星スイングバイを行い土星のエンケラドスに接近して地球に帰還する。

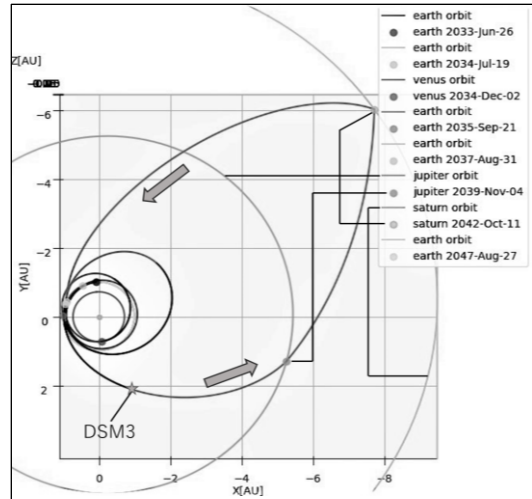


図2. エンケラドスサンプルリターンの探査機の軌道

最後の地球スイングバイ後に分離した探査機は軌道変更を行い木星のエウロパに接近して地球に帰還する。

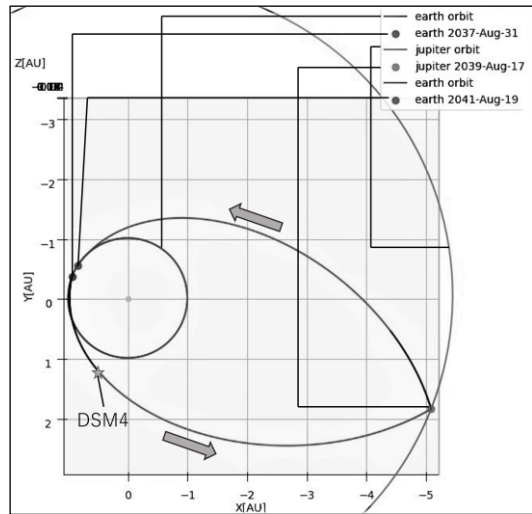


図3. エウロパサンプルリターンの探査機の軌道

また、この軌道の軌道変更量(ΔV)は次のようになった。

| V_{∞} | DSM-1 | DSM-2 | DSM-3 | DSM-4 | 計 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 2000m/s | 402m/s | 725m/s | 234m/s | 684m/s | 3832m/s |

表1. 軌道の ΔV 量

4. まとめ

本研究によってこのミッションの実現可能について示すことができた。また他の軌道も提案することで比較を行い、より適した軌道を選択できるようになった。

5. 参考文献

- [1] pykep Development Team, pykep, 2020, <https://esa.github.io/pykep/>
- [2] pagmo development team, 2021, <https://esa.github.io/pygmo2/>