

## 遺伝的アルゴリズムを用いたオンボード軌道決定のためのシミュレーション

九州工業大学 澤 健太

指導教員: 趙 孟佑 教授

### 概要

月や月以遠の深宇宙探査には探査機の軌道決定が重要となる。一般的な軌道決定は、深宇宙探査用の直径 50m 程の大型のパラボラアンテナを用いて行われている。しかし、このような大型のパラボラアンテナを持つ施設は、ほとんど宇宙機関に限られている。そのため、大学で開発された深宇宙探査を行う衛星の軌道決定はこうした設備に頼らざるを得ない。本研究では、このような設備に頼ることなく、大学に設置可能な直径数 m の小型のパラボラアンテナでも軌道決定が行えるように、複数の地上局を使用し、オンボードで軌道決定を行う新たな手法を提案している。この手法での軌道決定の実現可能性を確かめるために、衛星が地球から月への遷移軌道上にあるときの軌道決定のシミュレーションを行った。軌道決定には、遺伝的アルゴリズムと呼ばれる最適化アルゴリズムを用いている。

## Simulation for onboard orbit determination by Genetic Algorithm

Kyushu Institute of Technology, Kenta Sawa

Supervisor: Mengu Cho

### Abstract

The orbit determination of a spacecraft is important for deep space exploration of the Moon and beyond. Conventional orbit determination uses a large parabolic antenna, about 50 meters in diameter, which is designed for deep space exploration. However, facilities with such an antenna are mostly limited to space agencies. Therefore, orbit determination of a satellite developed at universities for deep space exploration has to rely on such facilities.

In this research, instead of relying on such facilities, we aim to be able to achieve orbit determination with small parabolic antennas that can be installed at universities. To realize this, we propose a new approach that uses multiple ground stations and orbit determination on-board.

In this thesis, we simulated this new orbit determination to confirm the feasibility when the satellite is on the Earth-to-Moon transfer orbit. This orbit determination is conducted using an optimization algorithm called a genetic algorithm.

# 目次

第一章 序論.....	4
1.1 研究背景.....	4
1.2 研究目的.....	5
第二章 軌道決定.....	6
2.1 深宇宙探査機の軌道決定.....	6
2.2 本研究における軌道決定方法.....	6
第三章 シミュレーション方法.....	8
3.1 遺伝的アルゴリズム(GA).....	8
3.2 遺伝的操作.....	10
3.2.1 交叉.....	10
3.2.2 選択(淘汰).....	11
3.2.3 突然変異.....	11
3.2.4 遺伝的操作の注意点.....	11
3.2.4.1 選択(淘汰)の割合について.....	11
3.2.4.2 突然変異の確率について.....	12
3.3 遺伝的アルゴリズムと軌道決定.....	12
3.4 軌道決定シミュレーションプログラム.....	12
3.4.1 入力データ生成.....	12
3.4.1.1 地上局の位置情報.....	13
3.4.1.2 座標系.....	13
3.4.1.3 初期パラメータ.....	14
3.4.1.4 定数.....	17
3.4.1.5 春分点.....	17
3.4.1.6 軌道計算.....	24
3.4.2 評価方法.....	45
3.4.3 出力データ生成.....	53
3.5 シミュレーションに使用したハードウェア.....	53
3.5.1 Raspberry Pi 4 model B.....	53
3.5.2 PC.....	54
3.6 シミュレーションでの検証項目.....	54
3.6.1 軌道決定精度.....	54

3.6.2 シミュレーション処理時間.....	54
第四章 シミュレーション結果と考察.....	55
4.1 評価値と初期位置誤差比較による GA パラメータの最適値の決定 .....	55
4.1.1 個体数と世代数の最適値.....	55
4.1.2 突然変異率と選択率の最適値.....	59
4.1.3 軌道決定精度結果.....	61
4.2 シミュレーション処理時間.....	64
第五章 結論.....	66
第六章 今後の課題.....	67
参考文献.....	68
謝辞.....	69
付録 シミュレーションソースコード.....	70
Appendix 1. 入力データ生成のためのソースコード .....	70
Appendix 2. GA ソースコード .....	93
Appendix 3. 出力データ生成のためのソースコード	129

全文を希望の方は [cho@ele.kyutech.ac.jp](mailto:cho@ele.kyutech.ac.jp) までご連絡ください。