

遺伝的アルゴリズム (GA)を用いた
オンボード軌道決定の低軌道上実証実験システムの開発

九州工業大学 工学府 工学専攻 宇宙システム工学コース
223H0009 久保 翔太
指導教員: 趙 孟佑

近年、「アルテミス計画」をはじめ超小型衛星による月探査を目標とする宇宙開発が推進されている。月や月以遠を探査する衛星に必要な技術の1つが軌道決定である。軌道決定とは、衛星の位置や速度を予測し、衛星の軌道を求めることである。従来の軌道決定は衛星と地上局が互いに通信を行い地上局側で衛星の位置と速度を計算する方法を用いているが、この方法では世界にも数が少ない口径が数十 m 級の大型のパラボラアンテナが必要となる。

本研究では、大学に設置可能な数 m 級のアンテナを用いた地上局から衛星への one-way 通信を用いた遺伝的アルゴリズムによる新たなオンボード軌道決定システム「OPERA(Onboard Processing of Earth-origin one-way Radio ranging signal)」を確立することで深宇宙探査に向けた超小型衛星の開発の幅を広げる。九州工業大学では超小型月探査機「HORYU-6」の開発が計画されており、軌道決定システムとして「OPERA」の搭載を予定している。「OPERA」システムの開発、および低軌道上で「OPERA」の技術実証実験を行う「LEOPARD」衛星の開発を行った。

Development of a low-orbit demonstration experiment system
for on-board orbit determination using a genetic algorithm (GA)

Kyushu Institute of Technology
223H0009 Shota Kubo
Supervisor: Mengchu Cho

In recent years, space development has been promoted with the goal of lunar exploration using Cube-sat, such as the "Artemis Project." One of the technologies required for satellites that explore the moon and beyond is orbit determination. Orbit determination involves predicting the position and speed of a satellite and determining the satellite's orbit. Conventional orbit determination involves a method in which the satellite and a ground station communicate with each other and the ground station calculates the satellite's position and velocity, but this method requires a large parabolic antenna with a diameter of several tens of meters, which is rare in the world.

The research will expand the scope of development of Cube-sat for deep space exploration by establishing a new on-board orbit determination system called "OPERA (Onboard Processing of Earth-origin one-way Radio ranging signal)" using Genetic Algorithm and one-way communication from the ground station to the satellite using an antenna of several meters that can be installed at universities. Kyushu Institute of Technology plans to develop a Cube-sat for lunar probe called "HORYU-6," and install "OPERA" as the orbit determination system. I developed "OPERA" system and "LEOPARD" satellite to demonstrate "OPERA" in low earth orbit.

目次

第一章 序論	5
1.1 研究背景.....	5
1.2 研究目的.....	6
第二章 軌道決定	7
2.1 従来の軌道決定法	7
2.2 オンボード軌道決定法	8
第三章 OPERA の軌道決定法.....	10
3.1 OPERA の概要	10
3.1.1 OPERA の軌道決定方法.....	10
3.1.1.1 Δt 算出方法	11
3.1.2 遺伝的アルゴリズムについて	12
3.2 実証衛星 LEOPARD.....	15
3.2.1 LEOPARD 衛星の概要.....	15
第四章 GA による軌道決定の変更・改良	18
4.1 GA による軌道決定の流れ	18
4.2 前回の研究	18
4.3 変更・改良点	19
第五章 OPERA 開発	27
5.1 OPERA 機器	27
5.1.1 ハードウェア	27
5.1.2 ソフトウェア	30
5.1.3 運用方法.....	31
5.2 モバイル地上局	32
5.2.1 使用機器.....	33
5.2.2 動作試験.....	35
5.2.2.1 パワーアンプの性能試験	36
5.2.2.2 統合試験.....	37
5.2.3 操作方法.....	39

5.3 OPERA Web アプリケーション	40
5.3.1 Web アプリケーション開発.....	41
5.3.2 使用方法.....	42
5.4 OPERA 試験	50
5.4.1 OPERA 機能試験.....	50
5.4.2 OPERA 通信感度・アンテナパターン試験.....	54
第六章 各種試験.....	59
6.1 LEOPARD 統合試験.....	59
6.1.1 OBC との通信.....	59
6.1.2 LEOPARD への組み込み・動作確認.....	61
6.2 熱真空試験	64
6.3 長時間継続試験	72
6.3.1 試験方法.....	72
6.3.2 OPERA コマンド生成.....	73
第七章 結論	82
第八章 今後の課題	83
参考文献.....	84
謝辞.....	85
付録.....	86
Fortran コード.....	86
gafind9.7_c.sh.....	87
gafind9.7_c2.sh.....	87
gafind9_c.f.....	88
gafind9_c2.f.....	92
initbit2.f.....	95
bit2dec3.f.....	96
evaluate1_c.f.....	97
physprp5_c.f.....	97
datamatch10_c.f.....	99
pos10.f.....	100
ranking2.f.....	111
tournament.f.....	112

xing2.f.....	117
xing3.f.....	118
mutation2.f.....	119
output10_c.f.....	120
output10_c2.f.....	122
入力ファイル.....	124
data2.f.....	124
unknown.f.....	124
gaparmax.f.....	124
gaparam.f.....	124
gs_input.dat.....	124
gapar.txt.....	125
OPERA ソースコード.....	126
obc_OPERA_main.py.....	127
obc_OPERA_sub.py.....	134
DSP2a21.py.....	139
DSP2a22.py.....	141
grcRecord.py.....	143
grcDemod.py.....	147
DSP2a23.py.....	149
SSCC.py.....	150
subGA.py.....	154
DLdata.py.....	159
DLdata_addr.py.....	165
select_file.py.....	166
回路図.....	172
FE ボード.....	172
DSP ボード.....	176
OD ボード.....	177
モバイル地上局 取扱説明書.....	180

全文を希望の方は cho.mengu801@mail.kyutech.jp までご連絡ください。