

遺伝的アルゴリズムを用いた
太陽電池パネル出力からの超小型衛星の姿勢決定
九州工業大学工学府工学専攻 趙研究室
福留詳麻
指導教員：趙孟佑

近年軌道上における CubeSat の姿勢を把握することの重要度が高まっている。現状 1U のような小型の CubeSat では地磁気センサが姿勢決定用の主センサとして利用されているが、センサ較正や衛星磁化の問題からデータの取り扱いが難しいという課題がある。そこで本研究では、太陽電池パネルを流れる電流データのみを使用した姿勢決定手法の提案、開発、検証を行った。疑似データを用いて姿勢決定が可能であることを確認し、過去に打ち上げられた衛星が収集した電流推移データを用いて姿勢決定を試みた。本手法は追加のセンサを必要としない姿勢決定手法であり、この確立によって CubeSat ミッションの多様化・高度化に貢献できることが考えられる。

Attitude Determination of CubeSats from Solar Panel Output Using Genetic
Algorithm Kyushu Institute of Technology
Fukudome Shoma
Supervisor : Mengu Cho

In recent years, the determination of CubeSat attitudes in orbit has become increasingly critical. Currently, magnetometers are the primary sensors used for attitude determination in small CubeSats, such as 1U models. However, challenges arise from sensor calibration and satellite magnetization issues, complicating data handling. This study proposes, develops, and validates an attitude determination method that solely relies on the current flow data from solar panels. The feasibility of attitude determination using synthetic data was confirmed, and the method was further applied to current transition data collected by a previously launched satellite. This approach does not require additional sensors for attitude determination, suggesting that its establishment could contribute to the diversification and advancement of CubeSat missions.

目次

令和5年度 修士論文	1
遺伝的アルゴリズムを用いた 太陽電池パネル出力からの超小型衛星の姿勢推定	1
目次	3
第1章 序論	5
1.1 研究背景	5
1.1.1 CubeSat	5
1.1.2 CubeSat の姿勢制御系	7
1.2 課題	8
1.2.1 姿勢決定系の課題	8
1.3 研究目的と目標	9
1.3.1 研究目的	9
1.3.2 研究目標	9
1.4 先行研究	9
1.4.1 太陽電池パネル出力による太陽方向ベクトル決定	9
1.4.2 太陽センサのみを用いた姿勢決定	10
1.4.3 地磁気センサのみを用いた姿勢決定	10
1.4.4 カメラを用いた姿勢決定	10
第2章 研究手法	11
2.1 提案する姿勢決定手法	11
2.1.1 全体の概要	11
2.2 衛星のキネマティクス	14
2.2.1 使用する座標系	14
2.2.2 方向余弦行列	24
2.2.3 クォータニオン	24
2.2.4 キネマティクス方程式	26
2.3 衛星のダイナミクス	27
2.3.1 軌道上の衛星にかかるトルク	27
2.3.2 IGRF モデル	28
2.3.3 ダイナミクス方程式	29
2.4 衛星の軌道上位置推定	36
2.4.1 TLE	36
2.4.2 軌道上位置予測	36
2.5 太陽電池	38
2.5.1 太陽電池セルの性質	38

2.5.2	電流センサ	40
2.6	衛星の各面を流れる電流量シミュレーション	41
2.6.1	太陽位置の算出	41
2.6.2	衛星に対する太陽方向の推移	42
2.6.3	太陽電池パネルの発電モデル	44
2.7	遺伝的アルゴリズム (GA)	51
2.7.1	遺伝的アルゴリズムとは	51
2.7.2	遺伝的アルゴリズムにおける操作	53
2.7.3	本研究で扱う個体とそのデコード方法及び目標精度	58
2.7.4	評価	63
第3章	残留磁気モーメントを考慮しない場合の疑似データを用いた探索結果及び考察	65
3.1	疑似データの作成	65
3.2	探索結果と疑似データ作成時に指定した初期パラメータとの比較	68
3.3	ノイズを加えた疑似データの作成	73
3.4	ノイズを加えた場合の探索結果	78
3.5	考察	82
第4章	残留磁気モーメントを考慮した場合の疑似データを用いた探索結果及び考察	91
4.1	疑似データの作成	92
4.2	探索結果と疑似データ作成時に指定した初期パラメータとの比較	95
4.3	考察	100
第5章	軌道上データを用いた探索結果及び考察	105
5.1	軌道上データ	105
5.2	探索結果と軌道上データとの比較	110
5.3	探索結果から計算した磁気ベクトルの推移と軌道上データとの比較	121
5.4	考察	129
第6章	総括	138
6.1	結論	138
6.2	今後の課題	139
	参考文献	139
	謝辞	142
	付録	143

全文を希望の方は cho.mengu801 (アット) mail.kyutech.jp までご連絡下さい。