

高頻度と高推力の両立を目指した新たな真空アーク推進機の開発及び改善

九州工業大学大学院工学府工学専攻 宇宙システム工学コース

豊田研究室 修士2年 233H0022 野村航

指導教員：豊田和弘教授

近年、質量が 1~50kg の衛星である超小型衛星の需要が増加しており、それに伴ってミッションの多様化、難化が進んでいる。そのため、超小型衛星の姿勢制御が重要視されているが、搭載スペースに限りがあり、従来の推進機を搭載することが難しいという課題が残されている。そこで現在注目を集めているのが真空アーク推進機である。真空アーク推進機は、電気エネルギーで動作する電気推進の一つで、個体の推進剤を用いるため燃料タンク等が必要なく、また、受動点火方式を採用しているため点火装置が必要なく、小型化が容易であるという特徴がある。しかし、現在真空アーク推進機には単位時間当たりの動作回数である放電頻度が著しく低いという課題が残されている。先行研究では材料を変更したり、水分を含ませたりすることで放電頻度を向上させたが、その代わりに推力が低下している。そこで、本研究では二種類の真空アーク推進機を組み合わせることで、推力を維持したまま放電頻度を向上させることを目的とする。具体的には、高い推力が得られる円筒型推進機と、高い放電頻度が得られるシート状推進機を組み合わせることで、放電頻度の改善を図った。この新たな推進機の動作確認と長期放電試験を実施した。また、素材を変更し、より適した素材について調査した。

Development and Improvement of a new Vacuum Arc Thruster to Achieve Both High Frequency and High Thrust

Toyoda laboratory 233H0022 Wataru Nomura

Supervisor : Prof Kazuhiro Toyoda

In recent years, the demand for nano-satellites, which are satellites with a mass of 1~50 kg, has been increasing, and with it the diversification and difficulty of their missions. Therefore, attitude control of nano-satellites is becoming more and more important, but the limited space available for installation makes it difficult to install conventional propulsion systems. The vacuum arc propulsion system is currently attracting attention. However, vacuum arc propulsion systems currently have the problem of a remarkably low discharge frequency, which is the number of operations per unit of time. Therefore, the objective of this study is to improve the discharge frequency while maintaining thrust by combining two types of vacuum arc propulsion systems. Specifically, we have improved the discharge frequency by combining a cylindrical propulsor that provides high thrust and a sheet-shaped propulsor that provides high discharge frequency. The operation of this new propulsor was verified and a long-term discharge test was conducted. In addition, materials were changed and more suitable materials were investigated.

目次

第1章	序論	1
1.1	研究背景	1
1.1.1	歴史的背景	1
1.1.2	超小型衛星における推進系	2
1.1.3	推進系の種類	2
1.1.4	真空アーク推進機 (Vacuum Arc Thruster with plasma interaction ignition, VAT-pi2)	2
1.1.5	真空アーク推進機の開発の現状	3
1.2	研究状況	3
1.2.1	淵上氏の研究(2 2015)	3
1.2.2	kateryna 氏の研究(3 2016)	3
1.2.3	村上氏の研究(4 2017)	3
1.2.4	中山氏の研究(5 2018)	4
1.2.5	山口氏の研究(6 2020)	4
1.2.6	岡元氏の研究(7 2023)	4
1.3	目的	5
1.3.1	二種類の推進機を組み合わせることにによる放電頻度の改善	5
1.3.2	新たに開発した推進機の性能評価	5
第2章	原理	6
2.1	真空アーク推進機の動作原理	6
2.2	受動点火方式	7
2.4	CFRP	9
第3章	実験概要	10
3.1	概略	10
3.2	実験環境	10
3.2.1	地球低軌道(LEO: Low Earth Orbit)環境模擬チャンバ	10
3.3	実験装置	12
3.3.1	実験構成図と使用機器	12
3.3.2	電源装置	13
3.3.3	高電圧差動プローブ	14
3.3.4	カレントモニタ	15
3.3.5	ラングミュアプローブ	16
3.3.6	オシロスコープ PC	17
3.3.7	オシロスコープ	17
3.3.8	電圧プローブ	18

3.3.9	カレントモニタ	19
3.4	誘発型 VAT	20
3.5	推進機サンプル	21
第 4 章	実験手順	23
4.1	前準備	23
4.2	チャンバの立ち上げ	23
4.3	実験	24
第 5 章	誘発型 VAT の実証実験	25
5.1	実験目的	25
5.2	実験方法	25
5.3	実験結果	26
第 6 章	誘発型 VAT の長期放電試験	27
6.1	実験目的	27
6.2	実験方法	27
6.3	実験結果	27
第 7 章	銅シート VAT の採用	28
7.1	実験目的	28
7.2	実験方法	28
7.3	実験結果	30
第 8 章	CFRP 素材を採用した誘発型 VAT の長期放電試験	33
第 9 章	考察	37
参考文献		42
謝辞		43

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