

補助事業番号 2022M-265

補助事業名 2022年度 マイクロ波ロケットの打上げに向けた推進機物理解明と実証実験補助事業

補助事業者名 東京都立大学 システムデザイン学部 航空宇宙システム工学科 嶋村耕平

1 研究の概要

昨今の地球温暖化対策や脱化石燃料に向けて電気自動車の普及や電車の再評価などが進んでいるが、航空機や宇宙機は高いエネルギー密度を要するため電気駆動への移行が困難で、多量の燃料を携帯せざるを得ない。移動度とペイロード比(初期重量に対する貨物重量)はトレードオフの関係にあり、この制約は打ち上げロケットにおいて最も顕著で、静止衛星軌道への打ち上げには1%程度のペイロード比しか実現できない。

波長1~10mmのミリ波電磁ビームを用いた高エネルギー密度なワイヤレス伝送と、そのロケット推進機応用の可能性を探求する上で、小型軽量な受電システムの成立性こそがその可能性、応用範囲を決定する主たる要件である。特にビームをコンパクトにモード変換してパワー密度を一機に高め、大気放電を発生させて流体の運動エネルギーに変換するプラズマ型エネルギー変換器の開発が重要で、ミリ波ビームの高度なモード制御技術の開発と、それに伴う大気中のミリ波電放電現象を体系的に明らかにし、実証することが本事業の目的である。

2 研究の目的と背景

ロケット推進機内部でのミリ波放電現象の解明とロケット推進機の地上マイクロ波ビームと推進機を協調制御したシステム開発を行う。物理解明による最適な推進機形状の決定、大電力マイクロ波を使った打上げデモンストレーター実験を行い、徐々に飛距離を伸ばしつつスケールを増大させることを最終目的として進めてきた。これまでの成果で目標はおおむね達成しており、大きな進歩であったが今後打ち上げ実証に向けてさらなる研究を進めてきた。

3 研究内容

実施内容は以下の2点にまとめられる。<https://htgl.fpark.tmu.ac.jp/paper/JKA2024.pdf>

A ミリ波放電のフィラメント構造の解明とモデル化

これまでの高速度ビデオカメラによる観測によると、光の粒が点々と形成されてフィラメントを形作り、その先端において局所的な共鳴領域が生じていると考えられる。そこで、その光の粒の

分光計測を、超高速カメラ(現有)で観測して、粒間ピッチや進展速度、方向などを求めた。マイクロ秒の時間分解能かつ高波長分解能で広波長域を1度に計測可能な分光器を用いて発光スペクトル測定や高速応答可能なプラズマプローブを行い、電離度を推定して、誘電率、透磁率などの電磁気的なパラメータを推算した。

B ビーム動的制御法によるホバリング飛行(打上)実験

本研究では、ワイヤなどの物理的ガイディング無しでビーム推進機体(ドローン)をホバリング飛行させた。ホバリング飛行の為に、機体自身の優れた飛行安定性は必要不可欠であるが、それに加えて飛行中のビーム照射位置制御による安定化も必要である事がシミュレーションにより明らかにされている。従って、「高精度ビーム伝送技術」をアルゴリズムによる最適ビーム照射位置探索システムと組み合わせ、「ビーム動的制御システム」を構築し、ホバリング飛行実験によりその有用性を実証した。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

将来の宇宙活動の新展開ためには、宇宙輸送コストの劇的な削減が必要不可欠である。推進エネルギーを地上から電磁波・光ビームで供給し、大気中では空気を推進剤として利用する「空気吸い込み式ビーミング推進機：マイクロ波ロケット」は、ペイロード比を大幅に改善することができ、現在の打ち上げコストを1/100に低減することのできるシステムと期待できる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで極超音速気流やプラズマに対する光学計測など実験研究を中心に進めてきた。本大学においてよりロケット工学・流体力学の基礎や物理化学に根差した研究を進めてきた。特に宇宙工学分野に留まらず、様々な分野に貢献するためには気体力学のより一層の深い理解を目指している。本研究はその一環であり工学を支える根幹分野の研究についても研究者としての視野を広めるために積極的に参加している。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

論文、著書における発表は次のとおりである。

雑誌論文

1. Kohei Shimamura, Kaisei Miyawaki, Maho Matsukura, Shigeru Yokota, Ryutaro Minami, and Tsuyoshi Kariya, Time-resolved measurement of plasma parameters for atmospheric breakdown

in air induced by 28 GHz microwave beam, Physics of Plasmas, (under review)

2. Kohei Shimamura, Tomoya Suzuki, Maho Matsukura, Shigeru Yokota, Ryutaro Minami, and Tsuyoshi Kariya, Beam Misalignment Effects on Microwave Rocket Propulsion Performance, Journal of Propulsion and Power 2024 40:3, 485-489
3. 嶋村耕平, 衝撃波によるレーザー推進のエネルギー変換メカニズム, レーザー研究 = The review of laser engineering : レーザー学会誌 / レーザー学会 編, 51 (7) :2023. 7
4. 嶋村耕平, 5G マイクロ波を用いた空中のドローンへのワイヤレス給電, 車載テクノロジー = Automotive technology / 技術情報協会 編 10 (7), 29-32, 2023-04

著書

1. Shimamura, K., Matsukura, M. (2024). Wireless Power Transfer Via Microwave for Mobilities. In: Mori, K., Oda, Y., Masayuki, T., Shimamura, K. (eds) Beamed-mobility Engineering. Springer Tracts in Electrical and Electronics Engineering. Springer, Singapore.
2. 嶋村耕平, 茂呂涼真, 慶長尚輝, 空中ドローンへの追尾マイクロ波給電の実験研究, トランジスタ技術2022年6月号,129

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

- Journal of Propulsion Power (<https://doi.org/10.2514/1.B39362>)
- Beamed-mobility Engineering. Springer Tracts in Electrical and Electronics Engineering. Springer (https://doi.org/10.1007/978-981-99-4618-1_1)

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

特になし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 東京都立大学システムデザイン学部

住 所: 〒191-0065

東京都日野市旭が丘6-6

担 当 者: 准教授 嶋村耕平(シマムラコウヘイ)

担 当 部 署: 航空宇宙システム工学科

E - m a i l: shimamura@tmu.ac.jp

U R L: <https://htgl.fpark.tmu.ac.jp/>