

1. 評価対象研究課題

(1) 研究課題名：レーザー推進による衛星の運動制御のための宇宙用レーザーの開発

(2) 研究代表者：理化学研究所 和田 智之

(3) 研究期間：令和4年度～令和8年度（予定）

2. 中間評価の実施概要

実施日：令和6年10月29日

場所：TKP秋葉原カンファレンスセンター

評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授

平澤 洽（委員長）

長岡技術科学大学 副学長・教授

井原 郁夫

産業技術総合研究所 上級執行役員

兼 エネルギー・環境領域

領域長

小原 春彦

東京科学大学 工学院 電気電子系 教授

梶川 浩太郎

東京農工大学 名誉教授

佐藤 勝昭

国立感染研究所 客員研究員

四ノ宮 成祥

科学技術振興機構 研究開発センター 企画運営室長、フェロー

中山 智弘

量子科学技術研究開発機構 高崎量子技術基盤研究所

先端機能材料研究部長

八巻 徹也

情報通信研究機構 電磁波研究所 総括研究員

山本 真之

（委員長以外は五十音順・敬称略）

3. 研究の進捗状況

研究の概要

天然の宇宙ゴミや、軌道を外れ利用できなくなった衛星による宇宙ゴミは、衝突により宇宙機を破壊することから今後の宇宙開発において大きな社会課題となっている。理化学研究所（理研）は、衛星の運用会社であるスカパーJSAT（株）と連携して、レーザーアブレーション推進による遠隔姿勢・軌道制御を検討し、世界で初めて、ナノ秒パルスレーザーでデブリ衛星の回転抑制や軌道制御が可能であることを示した。それによると、真空における実験で、パルスエネルギー1 J（パルス幅 10 ns、パワー0.1 GW）の固体レーザーによって 20 μ Ns/J の結合係数（推力）が得られ、小型衛星を想定した場合、その回転を数日（2-3 日程度）で抑止する性能があることが見積もられた。

このレーザーアブレーションにより発生する推力の利用範囲を中型衛星のデブリ除去を行うためには、さらに 1 桁以上大きな推力の発生が必要とされる。本研究では、これまで宇宙で利用されてきた MW クラスのレーザーの出力を一桁上げるために世界初のピコ秒、フェムト秒の宇宙用レーザーを開発する。さらに、利用するレーザーを宇宙デブリ除去に最適化するために、レーザーアブレーションによって発生する推力を定式化することを目標とする。

中間評価までの開発の目標となるレーザーの仕様は下記のようになる。（課題 1）

ピコ秒パルスレーザー

ピーク出力	: 1 GW 以上
パルス幅 (τ)	: ピコ秒領域 20 ps < τ < 1 ns
波長	: 1 μ m 程度
技術習熟度	: TRL4（宇宙用）

フェムト秒パルスレーザー

ピーク出力	: 1 GW 程度
パルス幅	: フェムト秒領域 1 ps 未満
波長	: 1 μ m 程度
技術習熟度	: TRL4（宇宙用）

レーザーアブレーションの基礎研究では、波長領域で赤外から紫外線まで、パルス幅においてナノ秒からフェムト秒までのレーザーによる推力の発生試験を実施する。（課題 2）

中間評価から終了時に向けて、地上での運用試験を通して完成度を高める。特にピコ秒パルスレーザーの TRL レベルを 6 に引き上げる。一方、レーザーアブレーションの基礎研究では、実験結果に基づいた、理論モデルの構築を行い、レーザーの最適化の指針を策定する。

進捗状況

主な実施項目に対する進捗は以下の通り。

課題1のレーザー開発では、現時点において、中間目標にかかげたすべての仕様を達成することに成功している。さらに、パルス幅をコンピュータ上の数字の入力や、単に、PCのキーボードやマウスの操作のみで、連続的にパルス幅を変えることができる画期的な技術レベルに到達した。

課題2のレーザーアブレーションの基礎研究では、当面の目標の本課題で独自開発をするピコ秒レーザーを利用した実験を除く条件での実験が終了している。ピコ秒レーザーを利用する加工特性の計測に関しては、レーザー開発が確立されたために、今年度中に、予定通りの成果が得られる予定である。

4. 中間評価の評点

A 進捗は順調であり、研究計画に沿って進めてよい。

5. 総合コメント

高強度のレーザーを任意のパルス幅で実現している点は中間目標を達成しており評価できる。レーザーアブレーションによるデブリの精密制御は、本研究の根幹となる大きな課題である。このチャレンジングな試みの成果に期待する。

一方で、宇宙デブリの除去は大きな宇宙ビジネスになると思われるため、大きな枠組みの中での本研究の位置づけを明確にし、その中での成果の最大化を図る必要がある。また、過酷環境での動作についての成果が今後望まれる。幅広い応用を考えるよりも、宇宙用、推力変換に特化した研究開発および、そのために必要となる外部連携を視野に入れることが望ましい。

さらに、アブレーションを含めた研究を達成するには、モデルの構築も含めて一層の努力が必要である。アブレーションの機構解明にあたっては、加工用技術を参考にし、正確な解析モデルを構築していただきたい。

6. 主な個別コメント

- ・ 宇宙用のレーザー開発と利用に関する提案であるので、中間評価時の成果としては十分である。
- ・ 所期目標をほぼ達成している点は高く評価できる。現計画を遂行することに特段の問題はない。
- ・ 具体的な研究計画および方法は練られており、克服すべき課題も明確である。その成果は、我国のレーザー開発及びその応用に大きく寄与すると思われる。
- ・ 「宇宙用レーザー」に対象を絞って、成果に新鮮味を出すべき。
- ・ 今後の宇宙用への展開に向けてアブレーションの効果について詳細な検討が必要である。
- ・ 今後の課題解決について、方法をより具体化したうえで取り組むことが必要である。
- ・ 最終目標を明確化して研究を推進していただきたい。