

レーザー誘起蛍光法と2DPICシミュレーションを用いた イオンエンジンの擾乱トルクの解明

2DPIC Simulation and Laser-induced Fluorescence Spectroscopy
of the Roll Torque of the Gridded Ion Thruster

H30海自72

派遣先 推進エネルギー学会 (アメリカ・オハイオ州・シンシナティ)

期間 平成30年7月8日～平成30年7月13日 (6日間)

申請者 東京大学 大学院工学系研究科 航空宇宙工学専攻

修士2年 山下 裕介

海外における研究活動状況

研究目的

本研究の目的は、イオンエンジンの擾乱トルクのメカニズムを明らかにすることである。このイオンエンジンは、探査機「はやぶさ」、「はやぶさ2」に搭載され、イオンエンジン作動中に擾乱トルクが確認され、大きな問題となっていた。

海外における研究活動報告

本発表は、イオンエンジンの擾乱トルクに関する研究である。申請者が研究対象としているイオンエンジンは、マイクロ波放電式イオンエンジン $\mu 10$ であり、探査機「はやぶさ」の主エンジンである。「はやぶさ」は、3億kmの彼方にある小惑星「イトカワ」に行き、地球へサンプルを持ち帰るとい世界初の偉業を達成した。イオンエンジンは、電気推進機の一つであり、従来使われてきた化学推進に比べて燃費が10倍以上も良く、この世界初の偉業に大きく貢献した。また、後継機「はやぶさ2」は、今年6月に小惑星「リュウグウ」に到達し、小惑星の内部探査など世界初の試みが計画されている。

2つの探査機の運用中に、イオンエンジンを

作動すると擾乱トルクが発生することが判明した。このトルクは、探査機の姿勢を乱す原因となり、姿勢を戻すために定期的に化学燃料を使う必要があった。これは、探査機に余分な燃料を積む必要があることを意味し、重量制限の厳しい探査機にとっては大きなデメリットであった。また、類似のトルクは、イオンエンジンのみならず、他の電気推進機を搭載した世界中の探査機でも見られ、擾乱トルクの原因究明は国際的にも解決すべき重要な問題であった。

そこで、申請者は擾乱トルクのメカニズムを明らかにすることを研究目的とした。申請者は、研究方法として、レーザー実験と数値シミュレーションを用いた。実験とシミュレーション結果は良い一致を示し、擾乱トルクの原因は主に2つであると判明した。1つは、イオンエンジンのプラズマ生成部で生じる電磁的な回転現象であり、トルクの75%を占めた。もう1つは、グリッドと呼ばれるイオンが加速する機構の機械的な誤差であり、トルクの25%であった。さらに、得られた結果は宇宙運用中の擾乱トルクとも良い一致を示し、本研究の妥当性が示された。

申請者の研究により、2つのことが行えるよ

うになった。1つ目は、擾乱トルクを宇宙運用前に予測できることである。これは、探査機的设计段階において非常に重要であり、燃料の搭載量の指標になる。2つ目は、擾乱トルクの低減方法が明らかになったことである。例えば、数値シミュレーションを用いることで擾乱トルクが小さくなるようなエンジン設計が行える。また、イオンエンジンの形状を変更せずにトルクを軽減する方法も提案することができる。イオンエンジンは基本的に探査機に複数台搭載されており、2台同時に運転することがよくある。電磁的な影響はイオンエンジン内部の磁石のSNを反転させることで、向きを反対にすることができる。そこで、2台の内の1つのSNを予め反転させておくことで、電磁的な影響をキャンセルすることができ、最大75%トルクを軽減することができる。

本国際学会では、レーザ実験と数値シミュ

レーションを用いたトルクのメカニズムの解明について発表した。レーザ実験と数値シミュレーションを用いたトルクを研究方法は、どのイオンエンジン、電気推進機でも適用可能であり、トルクの研究手法を提言したと言える。また、どちらの結果も宇宙運用と良い一致を示していることから、どちらかの方法だけでも十分にトルクを調べることができ、汎用性があると言える。よって、本発表により、電気推進機において擾乱トルクの計測、計算手法を示すことができたと考えられる。

**この派遣の研究成果等を発表した
著書、論文、報告書の書名・講演題目**

山下裕介, 月崎竜童, 山本雄大, 神田大樹, 西山和孝, 國中均, "2DPIC simulation and laser-induced fluorescence spectroscopy of the roll torque of the gridded ion thruster," *The 54th AIAA/ASME/SAE/ASEE Propulsion & Energy*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA-2018-4649, Ohio, July, 2018