

[別紙 2]

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 細 田 聡 史

修士 (工学) 細田聡史提出の論文は「CW レーザ推進におけるレーザープラズマの役割」と題し、7章より成っている。

宇宙ロケット用レーザー推進の構想は、1970年代に米国カントロヴィッツ博士によって提案され、人工衛星の打ち上げ、軌道遷移等の地球近傍の宇宙輸送手段を根本的に変える画期的な宇宙推進であるとして大いに期待され理論研究が行われてきた。特にCW(continuous wave)レーザー推進では、ロケットや宇宙機等の飛翔体の外部よりエネルギー源としてのレーザー光を連続的に導入して、高温のプラズマを生成し、推進剤がプラズマによって加熱され、ノズルを通して排出される。この過程で推力が発生するわけであるが、電気推進と同様に通常の化学推進に比べて極めて高い排気ガス速度が得られる。特に、地上からの打ち上げロケットに適用した場合、推進剤として周囲の空気を利用できるため、推進剤は極めて少量ですみ、画期的な宇宙輸送コストの低減が可能になる。しかしながら、このようにレーザー推進が宇宙輸送システムに大きな変革をもたらす推進技術であると期待されながら、現在まで研究開発が進んでおらず、レーザープラズマの特性やエネルギーの輸送過程等の内部現象について明らかにされていない。

著者は本研究で、最初にレーザー推進機内部のプラズマの状態を光学測定によって調べてプラズマからの熱伝導や輻射エネルギーを算出し、これらのエネルギーと推進機の性能との相関を明らかにしている。またレーザープラズマのエネルギー収支の観点から、推進性能の向上方法や推進機の熱損失の低減方法を実験的に実証し、将来の高出力レーザーにおける推進機的设计の指針を与えている。

第1章は序論である。本研究の背景、すなわち宇宙推進にとってCWレーザー推進の必要性、有効性を論じ、本研究の目的と意義を述べている。

第2章においては、本研究における実験装置および計測方法について説明されている。実験装置は主にレーザー発振器、レーザー光学系、レーザー推進機、光学計測系、推力測定系、およびそれらのデータ収集系から構成される。レーザー光学系では推進機の性能向上のため2種類のレーザーの集光レンズを設計試作している。また光学計測系ではレーザープラズマの観測と温度測定のために構築した計測システムを説明している。これらの装置についてその仕様、較正方法およびその測定方法についても説明している。

第3章はCWレーザー推進機のエネルギー収支を実測した結果について述べている。推進機の推進性能、熱損失及び推進機を透過した未吸収のレーザーパワーをそれぞれ測定し、推進機へ投入されたレーザーパワーが推力発生に至る過程で

のエネルギー配分を調べている。その結果、プラズマが維持される領域が狭くなるよう改良を施した推進機において、推進性能が向上し、また推進機における未吸収レーザーパワーを減少させることができたと述べている。

第4章ではレーザープラズマの観察及び診断結果について、その原理を含めて詳細に述べている。発光分光法によりレーザープラズマの二次元的な温度分布が測定され、この結果プラズマが維持される領域を狭くした時、より高温の温度分布となることが示された。

また、この温度分布よりプラズマから推進剤への伝熱量、輻射量およびレーザーの吸収量が求められ、プラズマにおけるエネルギー収支が明らかになった。

第5章は推進機のエネルギー収支とプラズマのエネルギー収支の相関について述べている。プラズマからの熱伝導が推進機のエネルギー変換効率に、またプラズマからの輻射が推進機の熱損失にそれぞれ大きく影響することが示されている。プラズマからの熱伝導の割合は、プラズマ近傍の流速が増加してプラズマがレーザーパワー密度の大きい位置に接近することで改善されることが確認された。これはプラズマを維持する領域を狭くすることで推進機の性能が向上することの主たる原因であると説明できる。

第6章では、推進性能の改善のもう一つの方法について述べている。ここではレーザービームを分割して推進機に投入することで複数のプラズマを生成した。この結果、プラズマの表面積を増加させることにより、プラズマから推進剤へのエネルギー伝達を高め、推進性能を改善できることを示した。

第7章は結論であり、本研究で得られた結果を要約している。

以上要するに、本論文では推進機の性能に対するレーザープラズマの役割をプラズマのエネルギー収支から明らかにし、推進性能の向上への指針を実験的に示したものであり、その成果は宇宙推進工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。

