

# 論文審査の結果の要旨

氏名 川上 言美

修士（工学）川上言美提出の論文は「ファブリ・ペロー光共振器型位相共役鏡と無線光エネルギー伝送」と題し、5章から成っている。

位相共役光は入射光の光路を正確に逆進して光源の位置に戻る。また光路上の位相物体による波面歪みを打消し回折限界に近い集光を可能にする。この性質を利用すれば、標的からの光を元に増幅した位相共役光を標的に送り返すことにより、光エネルギーを遠隔に伝送することが出来る。この技術は、機械的・電氣的制御が不要であり、光の現象のみに依存した速い応答速度が期待できるため、高速移動体への光エネルギー伝送に適していると考えられ、地上一宇宙間の光通信や、レーザーアブレーションを利用した微小宇宙デブリ除去などへの応用が考えられる。

本論文は、位相共役光による無線光エネルギー伝送を実現するために、応答速度が早く、広視野角に対応でき、開口サイズの大きなセラミックス媒質の使用が可能な、レーザー媒質の利得飽和現象を用いた飽和利得四光波混合を行うこと提案している。またファブリ・ペロー共振器中の媒質を位相共役鏡として用いる簡素な系を構築し、これを用いた無線光エネルギー伝送の手順を述べている。第2章では位相共役鏡の出力や感度といった基本的性能に加え、波面補償による集光性能、第3章では伝送対象である標的の捕捉性能、第4章では移動する標的の追尾性能を論じている。

第1章は序論であり、先行研究の紹介を交えて研究の背景と目的を述べ、本研究で構築したファブリ・ペロー共振器型位相共役鏡を用いた光エネルギー伝送システムの概要を説明している。

第2章では、ファブリ・ペロー共振器型位相共役鏡による位相共役光発生とその集光性能の評価を行っている。フラッシュランプ励起Nd:YAG結晶を媒質にした光共振器と標的に模した平面鏡を用いて位相共役光発生を行い、標的からの入射光（物体光）と同形状の位相共役光発生を確認している。位相共役光の出力と感度の測定を行い、静的位相物体と空気揺らぎを用いて波面補償能力、すなわち集光性能を調べている。静的位相物体を用いた波面補償実験では位相共役光を用いることで位相物体に起因するビーム分裂が補償されることを示している。またライターの炎で熱せられた空気の揺らぎに起因するビーム振れ回りも低減することができ、指向精度が非位相共役光を用いた場合の約10倍に高まることを確認している。

第3章では、標的の3次元的な捕捉性能について調べている。2枚のレンズ系を用いて先行研究の約30倍の大きな視野角を達成し、視野内で光軸と垂直な方向に標的の位置を変化させた場合でも、位相共役光が標的に戻ることを確認している。また光軸に沿った方向には光源の位置で回折限界に近い集光が行われていることを確認している。また金属小片を用いて微小宇宙デブリなどの非協力体に対して位相共役光発生が可能であることを確かめている。

第4章では、標的が移動する場合の位相共役鏡特性について実験と計算を用いて議論している。標的が光軸方向に移動する場合、標的が発する物体光がドップラーシフトし、物体光と共振器内部の光波に離調が生じ、レーザー媒質内の干渉縞が移動する。これに起因する利得回折格子消去の影響を、物体の移動速度とレーザーパルス幅を変化させて検証している。その結果、干渉縞の明暗反転時間より短いパルスを用いることで干渉縞移動の影響をなくすことが可能であることを実験と計算により示し、高速移動体の追尾に必要なパルス幅を求めている。また光軸に垂直な速度成分を持つ移動体の追尾について、典型的な例を用いて必要なパルス幅を試算し、短パルス化以外に波長をチューニングすることも有効であることを提案している。

第5章は結論であり、本論文で得られた成果をまとめている。

以上要するに、本論文は、移動体への無線光エネルギー伝送を目的としてファブリ・ペローNd:YAG光共振器型位相共役鏡を構築し、その標的捕捉・追尾、そして集光性能を調べたものであり、この技術は既存技術では実現できない高速移動体への無線エネルギー伝送を可能にすると考えられ、先端エネルギー工学、特に光エネルギー工学分野において貢献するところが大きい。

なお、本論文第2章は小紫公也、岡村秀樹、内田成明、第3章は小紫公也と岡村秀樹、第4章は小紫公也との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって実験ならびに解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1,854 字