

# 論文審査の結果の要旨

氏名 麻 生 洋 一

本論文は、高感度レーザー干渉計によって重力波を直接とらえようとする場合に問題となる地面振動を、先進的な懸架点干渉計によって防振する方法について実験的に検証したものである。これまでレーザー干渉計の防振については様々な工夫が重ねられてきたが、受動的な防振は限界がきていた。さらに低温ミラーを用いる次世代レーザー干渉計においては防振と冷却性能を両立させる方法が不可欠となっていた。そのような背景のもと、アイデアとしてはレーザー干渉計型重力波検出器が提案された初期からあった懸架点干渉計を、冷却系と両立する現実的な能動防振系として初めて実証したのが本研究である。特に、受動型では原理的に不可能な低周波域での防振性能が検証された意義は大きい。

本論文は5章からなる。第1章はイントロダクションであり、重力波の一般論とレーザー干渉計による重力波検出を解説している。一般相対論から導かれたアインシュタイン方程式には光速で伝播する波動解が存在する。これを重力波と呼び、時空の歪みの伝播としてとらえられている。重力波の直接検出は、一般相対論の検証という意義にとどまらず、天文学の新しい観測の窓になると期待されている。ただし、重力波と物質の相互作用はきわめて小さいため、その検出は現実には困難であると考えられていた。しかし近年、極限技術の高度化により要素技術が飛躍的に向上したレーザー干渉計が建設されるようになり、LIGO（米）、VIRGO（仏伊）、TAMA300（日本）およびGEO600（英独）など数台の大型レーザー干渉計型重力波検出器が観測体制に入っている。

第2章では懸架点干渉計の原理を解説している。基本的には2段振り子の上段マス（ミラー）を用いた懸架点干渉計により、下段マス（ミラー）で構築される主レーザー干渉計を防振する原理を説明している。また、この干渉計の応答や、非対称性などに起因する懸架点干渉計の限界が記述されている。つづく第3章では、本研究に使われた実際の懸架点干渉計についての詳細な解析がなされている。特筆すべきは、縦振動を防振するためのMGAS（Monolithic Geometric Anti-Spring）に関する緻密な解析である。縦振動が横振動にカップルする現実の防振系ではMGAS等による縦防振が必須であり、このおかげで懸架点干渉計の性能が発揮されると言っても過言ではない。本研究においてもMGASが重要な要素技術となっている。その後、基線長1.5mのファブリーペロー光共振器で構成される懸架点干渉計および主干渉計の動作特性や雑音特

性の測定が記述され、温度変化によるシステムの安定性、干渉計の調整と較正でしめくくられている。

第4章では上記の実験装置で得られた測定結果を示している。まず、振動スペクトルについては1Hz以下では約2桁、1 - 10Hzには振り子の共振がいくつかあるが、おおよそ1桁の防振性能が出ていることが実測値で示されている。このとき干渉計の光軸方向の揺れのrms振幅は約1桁低減されており、レーザー干渉計を動作点に引き込むことが容易になっている。この後では、レーザーの周波数雑音や強度雑音、電気系の雑音などの影響が考察されている。周波数雑音の低減により10Hzでの懸架点干渉系の防振性能が改善され、10Hz以下ではだいたい地面振動が防振性能をリミットしていることが示されている。第6章では結果のまとめと今後の展望が述べられている。

以上のように、本研究により次世代レーザー干渉計型重力波検出器で必須となる能動防振が実証されたと考えられ、重力波物理学の進展に貢献が大きいと認められる。なお、本論文は安東正樹・坪野公夫・大塚茂巳との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験及び測定を行ったもので、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（理学）の学位を授与できると認める。