

論文審査の結果の要旨

氏名 高森昭光

本論文は、8章からなり、第1章は緒言で、レーザー干渉計による重力波の検出について述べ、低周波においてその感度を制限している地面振動雑音について、これを防止するための新しい防振装置SASを紹介し、三鷹に設置されている300m基線長レーザー干渉計TAMAに導入するためのダンピングの必要性について述べている。このSAS防振装置は、フランス・イタリア合同のVIRGO計画において、11Hzの帆座パルサーからの連続重力波を検出するために必要な低周波防振装置として設計されたものを改良して発展させたものであるが、それは倒立振り子部分、5段からなる縦防振装置部分、鏡を吊るす懸架系部分の3つの部分から構成される、全高さ10mにも及ぶ巨大な装置である。これをTAMAの低周波振動低減の目的で開発し、導入することが課題である。第2章では、このSAS防振装置を構成する要素のうち、1Hz以下の周波数の防振を決める倒立振り子部分について、その特性を解析し、製作したテスト機を用いて実験を行った結果を述べている。これによれば、倒立振り子の支持棒の回転中心位置の設計、支持棒の幾何学的精度の検討を適切に行うことにより、0.3Hzから3Hzまでの周波数領域で設計通りの防振特性を得られることを示している。第3章では、SASの縦防振装置部分の概念設計を行った後、プロトタイプ機の設計・製作を行い、これを用いた実験結果について述べている。縦防振装置として当初設計されたGASと呼ばれる縦防振装置の動作原理について正しい説明がなされていないことを初めて指摘した。これに基づき、VIRGOのものより高い性能を有する縦防振機構を設計することが可能となった。

第4章では、鏡を吊るす懸架系について検討している。従来の計画ではこの部分はTAMAで使用されている懸架系を取り付ける予定であったが、全体として最適な防振特性を出すためには設計し直す必要があった。重要な変更点は、小さいGAS防振装置の導入、反跳質量の採用であり、光軸方向、垂直方向、回転方向それぞれについて最適な防振性能を得ることができるよう計算機シミュレーションを伴う最適設計を施し、これに基づき実機を試作し、その特性を測定した結果、シミュレーションと合うことが確認されたことが述べられている。第5章では、システムとして組み上げられたSAS防振装置の受動的な合成防振特性について述べられ、プロトタイプ装置による防振特性の測定結果が述べられ

ている。ここでもおおむね予測に合う結果が得られている。第6章では、倒立振り子部分の低周波の大きい振動変位を低減するために加速度計の出力を取り入れた制御が適用され、ダンピング特性、安定性、雑音特性について調べた結果が述べられている。第7章では、2機のSASを3 mレーザー干渉計に適用してその特性を評価する実験について述べられている。ここでは干渉計の特性を定めて地面振動の低減状況を測定した。数十Hz以上の周波数では、同定できるフィルター等の電氣的雑音で制限されているものの、数十Hz以下の周波数ではレーザー干渉計の特性を計測することができ、SASが首尾よく働いていることが確認でき、ダンピング効果や安定性などの特性評価を行うことができた。第8章は結論であり、研究のまとめを行って将来へ残された課題について総括している。本論文は、防振システム開発の道筋を明らかにしつつ実証的な低周波防振システムを完成させたものであり、誕生間もない当該学問分野の学問体系を構築するのに寄与するものであると同時に重力波検出に貢献できる成果を挙げたと判断される。

本論文は、坪野公夫を日本側チームリーダーとし、Riccardo DeSalvoをチームリーダーとするCalifornia Institute of Technologyとの共同研究であるが、論文提出者が主体となって基本設計を行い、技術開発を進め、解析・実験を行ったもので、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。