

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 WU Bin

論 文 題 目 Juggled Interferometer for Gravitational Wave  
Detection (重力波検出のためのジャグリング干渉計の開発)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学大学院理学研究科	教授	理学博士	川村静児
委員	名古屋大学大学院理学研究科	教授	博士 (理学)	田村陽一
委員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	准教授	博士 (理学)	中澤知洋
委員	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所	准教授	博士 (理学)	市來淨與
委員	名古屋大学大学院工学研究科	教授	博士 (工学)	道木慎二

## 論文審査の結果の要旨

別紙 1-2

2015年に重力波が初めて検出されて以来、重力波天文学は発展を続けてきた。しかし、現行の地上の重力波検出器の周波数帯域と感度は、宇宙の新たな姿をより一層明らかにするには不十分である。

地上の検出器は10 Hz以下の周波数帯域で地面振動などの影響を受けて感度が制限されており、この問題を解決する必要がある。この課題に取り組んだのが本主論文であり、具体的には、鏡を周期的に無重力運動させる「ジャグリング干渉計」と呼ばれる方法の有効性を理論と実験の両面から評価した。

まず、申請者はジャグリング干渉計の出力データの特徴を検討し、従来の干渉計で使用されてきたフリンジ制御を用いずに一定の感度を達成する手法を新たに提案した。さらに、重力場雑音についても詳細な検討を行い、それらの雑音が鏡の上下運動に伴い周波数的にアップコンバートされることを新たに示し、それを利用した新しい計測方法の可能性についても提案した。

次に、申請者は理論的な側面でジャグリング干渉計を利用した場合に期待される感度を評価し、ヨーロッパで検討されている第3世代重力波検出器 Einstein Telescope と比較してどのような科学的成果が得られるかを論じた。その結果、ブラックホールの準固有振動からの重力波、重力修正理論であるブランズ・ディッケ理論のテスト、原始ブラックホール関連の重力波などの検出において、ジャグリング干渉計の使用により大きな進展が期待できることを初めて定量的に示した。

さらに、申請者は実験的な側面で、原理検証のため、装置のプロトタイプを設計・製作し、その動作を定量的に評価し、今後の改善方法を提案した。装置は、鏡を上下運動させ無重力状態を作るためのリニアステージ、鏡の姿勢を維持するための鏡ホルダー、干渉計を納めるための真空容器、真空容器へのレーザー光の導入システムなどで構成されており、開発と実験の結果、鏡の無重力状態を初めて実現した。また、鏡の姿勢の変動を光の干渉が安定に実現できるレベルまであと一桁というところまで抑え込んだ。これらの実験結果に基づいて、今後の改善点として、鏡の姿勢変動をさらに改善するために piezo素子を使用する方法と、レーザー光の揺らぎを抑えるためにモードクリーナーを使用する方法を提案し、ジャグリング干渉計実現への道筋をつけた。

以上のように、本主論文では、ジャグリング干渉計の開発を理論と実験の両面から行い、その結果、ジャグリング干渉計を用いることにより飛躍的に科学的成果を高めることができることを示し、また、ジャグリング干渉計の技術的な問題点を洗い出し実現への道筋を示した。これらの成果は重力波検出をさらに発展させる上で極めて価値の高いものである。以上の理由により、申請者は博士（理学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。