

ふりがな	たかはし ひろたか
氏名	高橋 弘毅
学位	博士(理学)
学位記番号	新大院博(理)第233号
学位授与の日付	平成17年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当・
博士論文名	Data analysis of laser interferometric gravitational wave detectors ... Gravitational wave from inspiraling compact binaries ... ( レーザー干渉計型重力波検出器のデータ解析 ) ( ... 合体するコンパクト連星からの重力波 ... )
論文審査委員	主査 教授 田村 詔生 副査 教授 谷本 盛光 副査 教授 鈴木 宜之 副査 助教授 大原 謙一 副査 助教授 西 亮一 副査 教授 神田 展行

#### 博士論文の要旨

本論文は、一般相対論でその存在が予言されているがいまだに直接観測されていない重力波を捕らえ、さらに重力波による天体観測を目指して、日本(東京三鷹の国立天文台)に建設されたレーザー干渉計型重力波検出器TAMA300による実際の観測データから重力波の信号を取り出すためのデータ解析方法の研究について述べたものである。重力波の観測では、地面振動やレーザー強度変動などのノイズの中に埋もれた極めて弱い重力波の信号を検出するために、データ解析方法の研究が非常に重要である。本論文では、地上のレーザー干渉計型重力波検出器に対して、宇宙からの最も有望な重力波源である、ブラックホールまたは中性子星などが二重星を作っているコンパクト連星が合体する際に放射される重力波の解析に焦点を当てている。この場合、二重星のそれぞれの質量、公転面の傾きなどをパラメータとして、重力波の波形を理論的に予測することができ、検出器の出力と予想波形の相関を取るというマッチドフィルター法を適用することができる。実際にマッチドフィルター法を適用するためには、二重星に対するパラメータ空間で膨大な計算が必要になるが、申請者やその共同研究者は効率良い計算方法を開発してきた。さらに、一つの検出器のデータだけではノイズを重力波信号として誤検出する可能性があるため、複数の検出器での解析を照らし合わせて、検出器が設置されている場所の違いと重力波源の方向に起因する時間差の範囲内で同時に、同じパラメータの信号が捕らえられたかどうかを確かめる、コインシデンス(同時計測)解析も重要である。コインシデンス解析の方法の研究では、日本の重力波観測プロジェクトの中で、申請者が中心となって研究を行っており、世界的にも最も信頼性の高い解析方法を提唱している。

実際の解析結果として、TAMA300単独のデータ解析に関しては、2003年に取得された1163時間のデータを用いた解析を行った結果が示されている。その結果、有意な重力波放射イベントを見つけることはできなかったが、われわれの銀河系内で起こるコンパクト連星合体のイベントレート(事象発生頻度)に対する上限値を導き出している。その値は、重力波以外の観測により推定されているイベントレートとの比較で、重力波観測による上限値としては現在のところ最も厳しい。従って最も優れた解析結果を与えるものと言える。

一方、コインシデンス解析については、TAMA300 と日本のもう一つの小さな検出器である LISM により 2001 年に行われた 240 時間の同時観測のデータによる解析結果が示されている。さらに、日米協力として現在進められている、米国の LIGO プロジェクトとの共同研究の一環として、TAMA300 と LIGO により 2003 年に行われた 650 時間の同時観測のデータを用いた解析の進行状況を示し、申請者たちのコインシデンス解析の有効性を明らかにしている。

日本や米国では、現在の検出器の性能を向上させた次期検出器の建設計画が提出されているが、本論文の成果は、これらの研究計画推進に弾みをつけるとともに、近い将来の重力波による天体観測の成功に大きな期待を持たせるものである。

#### 審査結果の要旨

論文審査では、申請者の研究内容の重要性や独自性、それに関連する知識や認識の的確さ、さらに、論文としての表現の明確さなどを中心に行った。

本論文は、重力波検出器の観測データを解析して、重力波の信号を取り出す手法についての研究成果を示したものであり、マッチドフィルター法やコインシデンス解析について、世界的にもその成果は高く評価されている。特に、コインシデンス解析の研究では、申請者本人がプログラムの作成から実際のデータを用いた解析を中心となって行っている。とりわけ、実際に稼働している検出器の観測データを用いた解析を実行して、結果を出しているのは、日本で最初のものという点に注目すべきである。これまでのところ、宇宙からの重力波の信号を明確に捕らえたという結果には至っていないが、現在稼働している装置の性能と我々の銀河系内で予測される連星中性子星の合体レートから考えて矛盾無いものである。この研究成果は、更に観測時間を増加させていったときのデータ解析、及び、日本や欧米で計画されている次期装置を用いた観測では非常に重要なものとなることは間違いない。

以上のように、本論文では、この分野の研究に関して新しい知見を含んだ重要な成果を挙げていることを明確にしている。その他にも、重力波やそれを検出する装置に関する詳しい解説、並びに、coincidence 解析の前段階となる matched filter を用いたデータ解析法とその信頼性などについても詳細に述べており、重力波とその観測についての重要性に対して、申請者の高度な知識と問題意識が明らかになっている。論文の表現も明快で、今後この分野の研究を目指すものにとっては、重要な文献になると考えられる。

以上の点から、申請論文は、博士（理学）の博士論文として十分なものとして認定した。