

論文審査の結果の要旨

氏名 枝 和 成

2015年9月14日、アメリカに設置された2つのLIGO重力波検出器は2つのブラックホールが合体し一つのブラックホールになる過程で放射された重力波を検出した。重力波の直接検出は、アインシュタインがその存在を予言する一般相対性理論を提唱してから百年目にして人類初の快挙であり、また人類が宇宙を研究するまったく新しい手段を確立したことを意味する。今まで観測も実験も遠く及ばなかった超強重力が関与する現象についての理解が飛躍的に進むことが期待される。

今回発見された天体はブラックホール連星からの重力波であったが、今後様々な天体が重力波によって研究されるだろう。そのうちの 하나가孤立したパルサーであり、このような中性子星からの重力波を検出できれば、中性子星内部の、地上実験ではおよそ生成不可能な超高密度物質の物性についての研究が可能になる。

孤立パルサーからの重力波の直接検出に成功した例はない。検出を阻む問題としてある種の検出器雑音が信号のように振る舞うという問題があり、重力波の検出にはその解決が急務である。本論文の研究は、日本の重力波検出計画KAGRAのデータ解析環境構築と、孤立パルサーからの重力波の直接検出に向けて必要な信号様雑音の棄却方法の開発・テストからなり、いくつかの重要な成果を得た。

本論文は6つの章と付録からなり、各章の構成は以下の通りである。第1章はイントロダクションであり、上述のような本研究の背景が論じられている。第2章は孤立パルサーからの重力波の検出方法のレビューである。第3章以降が本論文のオリジナルな部分で、第3章においてTOBA重力波検出器のデータを用いた既知の孤立パルサーからの重力波探索についての報告、第4章でKAGRA重力波検出器のデータを用いた既知の孤立パルサーからの重力波探索についての報告をおこなっている。とくにTOBAデータを用いた重力波振幅上限値の設定は、LIGOやKAGRAでもなされていない超低周波における研究として、世界で初めてのものである。枝はこれらの章において、日本の重力波検出計画KAGRAのデータ解析環境構築という目標における、孤立パルサーからの重力波探索解析パイプラインの構築というマイルストーンを完遂した。続く第5章では上記研究背景に述べた、孤立パルサーからの重力波探索で用いることのできる、ノイズ棄却の新しく独創的な手法の開発とテストについての研

究報告である。枝が開発したノイズ棄却の手法は、カイ自乗検定の形をとっており、信号対雑音比の蓄積の度合いを、検出器の感度の時間依存性のモデルから導出され期待される信号対雑音比の蓄積の度合いと比べるものである。この種の整合性テストはありふれたものであり、この種の手法の今回の適用は、一見自明にも見えるが、過去試みた報告はなかった。しばしば最高の発想とは、説明された後には自明に見えるものである。

なお、孤立パルサーからの重力波の探索をおこなった2つの研究は、他の研究者との共同研究であり、既存の解析ソフトウェアに修正を加えておこなったものである。論文の最後の部分、ノイズ棄却手法の開発は、新しく独創性があり、すべて枝によるものである。

審査委員会はいくつかの修正を要求した。もっとも大きな修正要求は、本論文 4.3.2 で報告されている iKAGRA データ解析における重力波上限値を、ガウス雑音という理想化された仮定を用いて設定した閾値 $2 \cdot F = 13.3$ ではなく、iKAGRA データ自体から求めた閾値 $2 \cdot F = 13.5$ をもとに再導出せよというものである。これは閾値についての小さな変更だが、これに答えるためには再解析が必要であった。枝は要求された修正をおこない、もって審査委員会は博士号の授与できると認めた。

第6章は以上の研究の纏めと結論である。

なお、本論文の内容はいくつかの共同研究として刊行されているが、その多くは論文提出者が中心となって行ったものであり、本委員会は同人の貢献を十分と認めた。

さらに、本学博士に相応しい学識を持っているかを口頭にて試問したが、その結果審査員全員一致にて合格と認定した。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。