

論文審査の結果の要旨

氏名 阿久津 朋美

本論文は7章からなり、第1章は研究内容の概説であり、第2章ではこの論文の主題であるパルサーからの重力波の発生機構について概括し、第3章は本論文で用いた観測データを取得した岐阜県・神岡鉱山地下に設置された低温レーザー干渉計 CLIO について述べ、第4章ではレーザー干渉計のデータに基づくパルサーからの連続重力波信号の探索方法について述べ、第5章では CLIO で取得したデータの取り扱い方法と補正について述べ、第6章ではパルサー PSR J0835-4510 (Vela パルサー) についての観測結果について述べ、観測結果に基づいて得られるパルサーの回転モーメントと楕円度についての制限について議論し、第7章では結論を述べている。また、付録では CLIO における観測の重力波に対する感度の較正について記している。

アインシュタインが一般相対性理論に基づき予言した重力波は、二重パルサーの回転数の減衰の観測から間接的な証拠が存在するものの、引き起こされる効果が非常に微弱なため直接的な観測は困難であり、確実な観測例はいまだ存在せず、現代物理学で挑戦すべき課題の一つとして残されている。日本グループでは低温大型重力波望遠鏡計画に向けた前段階として、地面振動の少ない神岡鉱山の地下に低温レーザー干渉計 CLIO を建設し、銀河系内の重力波の観測を可能にしている。本論文はこの CLIO 実験装置による観測データに基づき、パルサー PSR J0835-4510 からの連続的重力波の探査を行ったものである。

論文提出者は、この CLIO の特にデータ取得系の建設に携わってきた経験のもとに、地面振動の少ない地下の利点を生かした低振動数領域で当時世界最高感度のデータを用い、パルサー PSR J0835-4510 からの 22Hz 付近に期待される重力波信号の探査を初めて行った。これはこれまで報告されたパルサーからの重力波探索で最も低い振動数に対応するものである。本論文の主眼は第4、5、6章で述べられているパルサー回転周期と同期した重力波信号の CLIO 観測データからの探索に置かれている。

第 4 章では、パルサー回転と同期した連続重力波信号の探索方法について詳述している。重力波の信号は発生源のパラメータが未知であるため、テンプレートと呼ばれる可能な種々のパターンを想定し、圧倒的な雑音から微弱な重力波信号を取り出す方法論を構築しておくことが必要である。これらの方法は多くの先達によって開発されてきたが、実際の適用には方法の深い理解が求められ、ここでの詳しい記述は得られる結果の信頼度を上げるものとなっている。また、パルサーの回転振動数については電波観測により正確な値を利用できるが、信号の到達時刻については太陽系の重心位置などを考慮しなければならず、ここでの記述により必要な補正が施されていることがわかる。第 5 章では CLIO の観測データから有用な情報を抜き出すためのデータ圧縮と、データ連続性についての補正について述べ、信号探索の準備段階を記述している。第 6 章では、観測データの解析を通じてパルサー PSR J0835-4510 から期待される 22Hz 付近の重力波信号の探索を行ったが、有意な信号を見出すことができなかった過程について述べている。このような低い振動数のパルサー信号の探索は、地下に設置され地面振動に起因する雑音の少ない CLIO の特徴を生かして初めて可能になったものであり、申請者の得た結果はパルサー探索でこれまで最も低い振動数の天体に対するものという点で重要である。さらに、得られた重力波振幅の上限値に基づいて得られるパルサーの回転モーメントと楕円度についての制限を議論している。今回の結果は回転モーメントの標準的な値については楕円度について有用な制限を課すものではないが、大きな回転モーメントの場合はパルサー回転の減衰から得られる楕円度の制限を凌駕するものとなっている。

なお、本論文第 4、5、6 章の主要部分は神田展行、高橋弘毅、大橋正健、三代木伸二との共同研究であるが、いずれも論文提出者が主体となって研究を行ったもので、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。