

# 論文審査の結果の要旨

氏名 三 上 諒

本論文は 6 章からなる。第 1 章は序論であり、本論文の動機と構成を示している。第 2 章では本論文の背景であるパルサーとパルサーから放射される巨大電波パルス (Giant Radio Pulse: GRP) について概説している。第 3 章では本論文で論じる電波観測データの解析方法の基礎を原理と共に示している。第 4 章では「かに」パルサーの電波帯域多波長同時観測について述べると共に、同パルサーの GRP の解析から得られた周波数スペクトル等の性質を示している。第 5 章では「かに」パルサーの電波および硬 X 線による同時観測について述べ、同パルサーの GRP と同期した硬 X 線の増光を探索している。第 6 章では結論を述べると共に、本研究の発展の可能性について展望を示している。また、付録 A では電波帯域のフラックス密度の較正と誤差について述べ、付録 B では GRP の流束量を評価するための時間窓の決定方法について述べ、さらに付録 C では 2 つの電波帯における GRP 流束量の誤差の評価方法について詳細を述べている。

パルサーは極めて周期的な放射を繰り返す天体であり、これまで電波帯域で 2500 個以上見つかった。パルサーの正体は高速で回転する磁化した中性子星だと考えられているが、その周囲の磁気圏における放射機構は、パルサーの発見以来精力的に研究されているものの統一的な理解に至っておらず、観測的知見の蓄積が待たれる。電波パルサーのうち 10 個程度からは時折通常パルスと比べて極めて大きな電波放射 (GRP) が観測されているが、その放射機構も現在のところ明らかになっていない。本論文はパルサー放射機構の包括的理解に向けて GRP に焦点を絞り、GRP が観測されるパルサーのうちの一つである「かに」パルサーについて、多波長同時観測という手法を用いてその性質を明らかにすることを試みたものである。

論文提出者は、国内の 4 つの電波望遠鏡で「かに」パルサーを同時観測し、時刻補正を適切かつ精密に行った後、「かに」パルサーの通常パルスと同期した GRP の多波長データを約 3000 事象分取得した。この事象数は先行研究のそれ

をはるかに凌ぐものであり、また、最も広帯域の多波長データであることもスペクトル構造を知る上で意義が大きい。事象毎の周波数スペクトルを調べたところ、大部分（約 70 %）の GRP ではその形状が単一冪関数と有意水準 5 % で一致することがわかった。先行研究では「かに」パルサーからの GRP のスペクトルが高周波数側で硬化する傾向が報告されていたが、本研究の結果はこれとは異なることを示している。また、GRP の流束量とスペクトル冪指数の関係を調べたところ、両者には相関があり、GRP の積分エネルギーが低いほどスペクトルが全体的に硬化する傾向が見出された。この結果は同時に、GRP が通常パルスより硬いスペクトルを持つことを示唆している。これらは豊富な統計量と注意深いデータ解析によって高い信頼性を付与された結果であり、観測的知見の深化に貢献している。

論文提出者はさらに「かに」パルサーを電波と硬 X 線で同時観測し、GRP と同期した硬 X 線の増光を探索した。「かに」パルサーは可視光・X 線・ガンマ線等の電波より高周波数の帯域でも明るい天体であるが、これらの帯域のスペクトルの特徴が電波帯域と異なることから、両者の放射機構は異なると考えられていた。しかし、最近になって「かに」パルサーの GRP と同期した約 3 % の増光が可視光帯域で観測され、GRP の放射機構を理解する上で高周波数帯域の観測が重要な意味を持つ可能性が示唆された。このような背景が本研究の動機である。国内の 2 つの電波望遠鏡と X 線観測衛星「すざく」による「かに」パルサーの同時観測は 3 年にわたり行われ、合計約 12 時間のデータを取得した。「すざく」の HXD で得た硬 X 線強度時間分布を期間中の約 7000 個の GRP との同期の有無で分け、相互に比較したところ、統計的に有意な増光の証拠は得られず、増光割合に対し最も厳しいもので 33 % の上限値 (95 % CL) を与えた。この結果は硬 X 線帯域で初めて GRP と同期した上限値を与えたものであり、その放射機構を理解する上で大きな一歩であると評価できる。

以上本論文は、「かに」パルサーの大規模な多波長同時観測に基づき、その GRP に関する観測的知見を定量的、定性的に前進させたものであり、天体物理

学において重要な貢献をもたらしている。

なお、本論文第4章の「かに」パルサーからの **GRP** の電波領域における研究は、寺澤敏夫、浅野勝晃、田中周太、木坂将大、関戸衛、岳藤一宏、竹内央、三澤浩昭、土屋史紀、北元、米倉覚則との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。