

# 論文審査の結果の要旨

氏名 岡田 祐

本論文は本文 10 章と補遺からなる。第 1 章はイントロダクションであり、球状星団が銀河ハロー中を運動する際の相互作用は興味深い観測対象であることが述べられ、第 2 章では、球状星団の性質、球状星団中の X 線源、球状星団に付随する広がった X 線成分のこれまでの観測等のレビューが行われている。第 3 章では、本論文での解析の主な対象となったチャンドラ衛星の装置やバックグラウンドの性質について紹介されている。第 4 章から第 8 章までに、本論文の核となる種々の解析結果が示されており、第 4 章で解析対象となった観測とデータ整約の内容が、第 5 章から第 7 章で、解析対象となった 12 個の球状星団についての解析結果が、第 8 章ではそれらの球状星団の電波観測の結果が、示されている。そして、第 9 章で、第 5 章から第 8 章で示された解析結果をもとに、種々の物理的考察が行われ、第 10 章に結論が述べられている。

球状星団は約 200 km/s の速度で銀河ハロー中を運動しており、星団の進む前方に衝撃波が形成され、そこで熱化されたハローガスからの X 線放射が期待される。そのような考察に基づき、古くは 1980 年代にアインシュタイン衛星を用いこのような X 線の探査が行われたが、有意な結果は得られなかった。1990 年代、ローサット衛星によって、ある球状星団から広がった X 線放射が検出され、シェル状に広がって見えることから、前面衝撃波による熱的 X 線放射の可能性が示唆された。しかし、この X 線検出は有意度が十分ではなく、あくまでも可能性を示唆するにとどまっていた。そこで本論文では、従来より一桁以上も空間分解能に優れたチャンドラ衛星の公開データを用い、球状星団に付随した広がった X 線放射の系統的な探査が行われた。

論文提出者は、銀河系に付随する約 150 個の球状星団の中から、チャンドラ衛星、ニュートン衛星で観測が行われ、データの公開されている 13 個の球状星団を選び出し、そのうち、明るい X 線源の混在していない 12 個すべてのデータの解析を行った。そのうち、6 個の球状星団から広がった放射を 3 シグマ以上の有意性で検出した。その中で 5 個の星団からについては、5 シグマ以上の信頼度が得られた。そして、点源からの寄与を除外し、その放射が真に広がった放射であることを示した。さらに、可視光の観測データから銀河ハローに対する星団の運動方向を求め、2 つの球状星団では X 線放射領域が星団の運動方向と数度以内で一致した方向にあることが確認された。

もう一つの球状星団についても、X線放射領域が運動方向の先にあると考えると矛盾がなかった。従ってこの3例では、見つかった広がった放射は星団の運動に強く関連していることが示唆される。

次に、球状星団近傍からのX線のスペクトルの解析が行われた。その結果一つの球状星団に付随する放射は熱的なものと解釈された。その温度は、球状星団の運動方向の前面に形成されると考えられる衝撃波後面の温度と考えると矛盾はない。また、熱的放射に費されたエネルギーは、星団の運動で供給される総エネルギー流量より少く、エネルギー収支の観点からも、球状星団中のガスに衝突して熱化されたハローガスが熱的放射を行っていると考えて矛盾はない。これらの裏付けにより、球状星団の前面に形成されるだろう衝撃波に起因した現象を初めて高い信頼性で検出したことになる。

他の2つの球状星団から検出された放射は、ベキ型のスペクトルで表され、電波対応天体もあることから、非熱的放射の可能性が高く、考えられる非熱的放射機構の中では、非熱的制動放射である可能性がもっとも高い。そして、非熱的制動放射の主役である高エネルギー電子のエネルギー損失率をX線放射量から推定すると、星団の運動から期待されるハローガスへのエネルギー流入でまかなうことができることが示される。ただし、観測量を説明するためには、系の入力エネルギーの約10%程度が加速に使われている必要があり、このような効率のよい加速がどのように起きているのかは今後解明すべき課題である。

以上より、本論文では、球状星団とハローガスの相互作用によるX線放射を系統的に解析し、そこからの放射が、球状星団の前面にハローガスが形成する衝撃波の枠組みで矛盾なく説明できることをはじめて示した。また、その中で、コンパクトでエネルギー密度の高い非熱的粒子のかたまりが形成されているらしいという非常に興味深い現象を発見している。これらの解析・結果・考察は、博士論文として十分価値のあるものと評価される。

なお、本論文の結果は、牧島一夫・国分紀秀との共同研究であるが、論文提出者が主体となってデータ解析や結果の考察を行ったもので、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。