

研究種目：基盤研究（S）

研究期間：2006～2010

課題番号：18104004

研究課題名（和文） 銀河団と銀河団プラズマの相互作用の研究

研究課題名（英文） Study of Interactions between Galaxies and Intra-Cluster Plasmas

研究代表者

牧島 一夫 (MAKISHIMA, Kazuo)

東京大学・大学院理学系研究科・教授

研究者番号：20126163

研究分野：高エネルギー宇宙物理実験

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：X線天文学、銀河団、プラズマ物理学、すざく衛星、光学観測、雷雲ガンマ線

1. 研究計画の概要

本研究の目的は、「銀河団では、メンバー銀河が高温プラズマ中を運動するさい、電磁流体効果によりプラズマと相互作用し、力学的エネルギーをプラズマへ受け渡して加熱や粒子加速を引き起こす。その反作用で銀河は徐々にポテンシャル中心へ落下する」という仮説を検証することである。

そのため本研究では「すざく」衛星による銀河団のX線観測を進めつつ、銀河団の光学観測を組み合わせる。将来に向け撮像型の硬X線・ガンマ線装置の開発も行なうとともに、荷電粒子の電場加速を理解するため、関連する天体や、地上の雷の観測を進める。

2. 研究の進捗状況

(2-1) 「すざく」による銀河団の硬X線観測

「すざく」硬X線検出器(HXD)のバックグラウンドの主因の1つが、大気中性子であることを突き止めた[6]。HXDを用い、銀河団からの非熱的放射に対し厳しい上限値を得た[1,10]。これは銀河団プラズマ中の磁場が強いことを意味し、本研究の展望[7]を強化する。衝突型銀河団では、予想していなかった超高温の熱的放射の検出に成功し、銀河とプラズマの相互作用を示唆する新事実を得た[1,8]。

(2-2) 銀河団の軟X線観測

「すざく」搭載X線 CCD カメラなどの観測を進めた。Abell 1060 銀河団の中心ではプラズマ温度が上昇しており[3]、銀河の運動に

よるプラズマ加熱の結果と解釈できる。数例の銀河団で、プラズマ中の重元素よりも、銀河がより中心に集中していること[2]、プラズマ中のFeやSiは、OやMgより中心に集中すること[3]などを観測的に明らかにした。ともに、銀河が中心に落下したことを示唆する。衝突型銀河団で、プラズマが銀河の運動に引きずられる効果の探査が続いており、緩和したcD銀河団では上限値が得られた[4]。

(2-3) 可視光とX線のデータの照合

宇宙の過去から現在にかけ、銀河団のメンバー銀河がプラズマ中を落下してきた徴候を探るべく、「すばる」望遠鏡のデータの利用を検討した。しかるに公開データは均質ではなく、選択効果も大きいことが判明した。そこで大量の均質データが公開されている、スローン・デジタル・スカイ・サーベイ(SDSS)のデータを利用する方針に転換し、作業を進めている。

(2-4) 次世代衛星に向けての装置開発

銀河団から期待される非熱的放射を検出するには、「すざく」HXDを越える感度が必要である。そのため次期X線衛星ASTRO-H(2013年度に打上げの見通し)に向け、硬X線や軟ガンマ線で撮像の行なえる装置の開発を行なった。

(2-5) 関連する物理現象の研究

銀河団プラズマ中では、過渡的な電場が重要と想像される。その物理課程を理解するため、誘導電場が効く例として、強磁場中性子星の「すざく」による観測を進め、複数のマ

グネター天体から強い硬X線を検出することに成功した[9]。他方、静電場による粒子加速の過程を知るため、日本海沿岸の冬季雷雲や高山での夏期雷雲を観測した結果、1分ほど続く強いガンマ線放射を合計8例も検出することに成功した[5]。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

銀河団のX線観測に関しては、やや遅れ気味の項目(プラズマ引きずり効果の検出)もあるが、予想を上回る進展(超高温成分の検出)もあった。次世代の装置開発は、ほぼ予定通りである。可視光とX線のデータ照合は遅れ気味だが、関連する物理現象の研究では、雷雲中での電場加速の現場をとらえるなど、研究開始時点では予想しなかった大きな展開を得た。こうした凸凹を平均すれば、ほぼ順調と言えよう。

4. 今後の研究の推進方策

SDSSの公開データを利用し、可視光とX線の空間広がりを比較する研究に、力を注ぐ。硬X線観測では、より多数の銀河団から超高温の成分を検出することを試み、軟X線観測では、プラズマ引きずり効果の検出を目指す。ASTRO-H衛星の搭載装置の開発を鋭意進める。

5. 代表的な研究成果

[雑誌論文](計5件、すべて査読あり)

[1] Nakazawa, K. (1番目), Sarazin, C. (2番目), Kawaharada, M. (3番目), Kitaguchi, T. (4番目), Okuyama, S. (5番目), Makishima, K. (6番目), *et al.* (計13名): "Hard X-ray Properties of the Merging Cluster Abell 3667 as Observed with Suzaku", *Publ. Astr. Soc. Japan* **61**, in press (2009)

[2] Kawaharada, M., Makishima, K., Kitaguchi, T., Okuyama, S., Nakazawa, K., Matsushita, K., & Fukazawa, Y.: "A Galaxy Merger Scenario for the NGC 1550 Galaxy from Metal Distributions in the X-Ray Emitting Plasma", *Astrophys. J.* **691**, 971-983 (2009)

[3] Sato, K. (1番目), Yamasaki, N. (2番目), Ishida, M. (3番目), Ishisaki, Y. (4番目), Ohashi, T. (5番目), Kawahara, H. (6番目), Kitaguchi, T. (7番目), Kawaharada, M. (8番目), Kokubun, M. (9番目), Makishima, K. (10番目) *et al.*

(計17名):

"X-Ray Study of Temperature and Abundance Profiles of the Cluster of Galaxies Abell 1060 with Suzaku", *Publ. Astr. Soc. Japan* **59**, 299-317 (2007)

[4] Ota, N. (1番目), Fukazawa, Y. (2番目), Fabian, A. (3番目), Kanemaru, T. (4番目), Kawaharada, M. (5番目), Kawano, N. (6番目), Kelley, R. L. (7番目), Kitaguchi, T. (8番目), Makishima, K. (9番目), Matsushita, K. (10番目), *et al.* (計16名): "Suzaku Observations of the Centaurus Cluster: Absence of Bulk Motions in the Intra-cluster Medium", *Publ. Astr. Soc. Japan* **59**, 327-338 (2007)

[5] Tsuchiya, H., Enoto, T., Yamada, S., Yuasa, T., Kawaharada, M., Kitaguchi, T., Kokubun, M., Kato, H., Okano, M., Nakamura, S., & Makishima, K.: "Detection of High-Energy Gamma Rays from Winter Thunderclouds", *Phys. Rev. Lett.* **99**, id 165002 (2007)

[学会発表](計5件)

[1] 榎戸輝揚、牧島一夫、中澤知洋、国分紀秀、川原田円: Anomalous X-ray Pulsar 4U 0142+61の非熱的な硬X線パルス放射の観測、日本天文学会(2008年9月11日~13日、岡山理科大学)

[2] 中澤知洋、奥山翔、北口貴雄、深沢泰司、滝沢元和、井上進、牧島一夫: X線衛星「すざく」が捉えた衝突銀河団Abell 3667銀河団におけるICM加熱と銀河間磁場、日本物理学会(2008年3月22日~26日、近畿大学)

[3] 牧島一夫: 高温で希薄な宇宙磁化プラズマと長距離相互作用、日本天文学会(2007年9月26日~28日、岐阜大学)

[4] 北口貴雄、川原田円、牧島一夫、小高裕和、国分紀秀ほか: 「すざく」衛星搭載硬X線検出器(HXD-II)のバックグラウンドシミュレーション、日本物理学会(2007年3月25日~28日、首都大学東京)

[5] K. Nakazawa, N. Kawano, Y. Fukazawa, C. Egawa, T.Kitaguchi, M. Kawaharada, K., Makishima, *et al.* “*Suzaku Survey of Non-Thermal Hard X-ray Emission from Clusters of Galaxies*”, in *The Extreme Universe in the Suzaku Era* (2006 Dec. 4-8, Kyoto).

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

雷雲ガンマ線の検出に関しては2007年10月5日、文部科学省記者クラブで、理化学研究所と東京大学の合同で「日本海側の冬の雷雲が40秒間放射した10 MeV ガンマ線を初観測～冬の雷雲は天然の粒子加速器である証拠をつかむ～」として新聞記者発表を行なった。