

立教大学学術推進特別重点資金 (立教 S F R)
 大学院生研究
 2010年度研究成果報告書

研究科名	立教大学大学院			理学研究科	物理学専攻
研究代表者	在籍研究科・専攻・学年		氏名		
	理学研究科物理学専攻 2年		吉田 正樹 印		
指導教員	所属・職名		氏名		
	理学研究科物理学専攻 教授		北本 俊二 印		
自然・人文・社会の別	自然・人文・社会	個人・共同の別	個人・共同	6名	
研究課題名	銀河系内 X線点源の X線放射機構の研究：観測と観測装置の開発から両面からのアプローチ				
研究組織	在籍研究科・専攻・学年		氏名		
	理学研究科物理学専攻 2年		東 慶一		
	理学研究科物理学専攻 1年		坂田 和也		
	理学研究科物理学専攻 1年		轟 章太郎		
	理学研究科物理学専攻 1年		水野 瑛己		
	理学研究科物理学専攻 1年		八木橋 伸佳		
研究期間	2010 年度				
研究経費	500 千円				

研究の概要 (200~300字で記入、図・グラフ等は使用しないこと。)

X線で銀河系内の天体を観測することにより、極限状態での物理学の研究を行った。X線で天体を観測することで、宇宙での高エネルギー状態(ブラックホール近傍での超重力場での物理学、星表面で起こる爆発や磁場が絡んだ高エネルギー現象)がわかる。

具体的には、最新の X線天文衛星である「すざく」衛星の観測機器の機上診断をおこないつつ、ブラックホール候補星や恒星のデータ解析を行った。そこから極限状態の物理の考察を行った。その一方で新しい物理学を引き出すために、今までにない新しいアイデアに基づいた X線干渉計や新型 X線発生装置の開発を進めた。

キーワード (研究内容をよく表しているものを3項目以内で記入。)

[X線] [装置開発] []

研究成果の概要 (図・グラフ等は使用しないこと。)

我々の研究は大きくわけて

1. 銀河系内 X 線点源の観測データの解析
2. 観測装置の開発

の 2 つのサブテーマに分かれている。以下でそれぞれのサブテーマの研究成果の概要について述べる。

1. 銀河系内 X 線点源の観測データの解析

我々は日本の X 線天文衛星である「すざく」衛星の観測データの解析を行った。「すざく」衛星は 1 キロ電子ボルトから数百キロ電子ボルトまでの広帯域での X 線エネルギースペクトルを取得できる特徴を持っている。この特徴を活かし恒星からブラックホール候補星までの観測データを解析し、その比較を行った。

吉田は早期型星と呼ばれる、太陽よりも温度が高く明るい恒星の X 線放射機構の解明について取り組んだ。近年、いくつかの早期型星から磁場が見つかり、磁場が X 線放射に関連すると考えられるようになった。そこで「すざく」衛星が観測した、磁場が見つまっているさそり座タウ星の解析を行った。解析を行った結果、さそり座タウ星から高温成分があることを示す高階電離した鉄の輝線を発見し、1 キロ電子ボルトを超える高温成分が存在することを結論付けた。一方、磁場弱いと思われるへびつかい座ゼータ星の X 線エネルギースペクトルも解析し、さそり座タウ星と比較した。明らかにさそり座タウ星がより高温の成分を持つことを実証した。また、Cyg OB2 アソシエーションと呼ばれる早期型性の集団のうち、X 線で明るい 4 つの早期型星の「すざく」による観測データを解析し、時間変動とエネルギースペクトルを求めた。そして、最も明るい No. 8A と呼ばれる星から、公転周期よりはるかに短い数時間のスケールでの統計的に有意な時間変動を発見した。この時間変動は高エネルギー成分だけの変動であることも突き止めた。さらに、これまでの世界中で行われた 30 年にわたる観測データを解析し、公転周期に対応した強度の変動を求める事ができた。これにより公転周期に同期した変動と共に、遥かに短い時間スケールの変動が共存する事が分かった。公転にともなう X 線放射領域の変化、あるいは見かけの変化とともに、短い時間スケールでの、磁場の不安定性のようなものが関与していると考えられる。

東は、「Great Annihilator」と呼ばれる、1E1740.7-2942 の「すざく」のデータを詳細に解析し、511keV の陽電子電子対消滅線の強度の上限値を求めた。この X 線源は、かつて陽電子電子対消滅線の放射を有意に検出したと報告されている 2 例の天体の内の 1 例である。ところが、追従する観測では有意な検出報告はなく謎であった。「すざく」のデータから改めて陽電子電子対消滅線の強度を求めるために、低バックグラウンド検出器のバックグラウンドの振る舞いを、さらに詳細に研究し、新しいバックグラウンドの評価方法を考案した。そこでは、反同時計測により除かれたバックグラウンドの強度が、信号として残されたデータに含まれるバックグラウンドの強度と比例する事を示した。その結果を使って、天体からの陽電子電子対消滅線の強度に、報告されている強度の 1/5 から 1/10 という厳しい制限を付けた。

水野は、有力なブラックホール候補星であるはくちょう座 X-1 の解析を進めた。はくちょう座 X-1 はいろいろな振る舞いを示すことが知られているが、水野は、とくに Dip と呼ばれる現象に注目した。Dip は、これまでの研究で次のような現象であると考えられている。はくちょう座 X-1 はブラックホールと巨星の連星系である。巨星からは不均質な星風が放出されおり、X 線を放射しているブラックホールが我々から見て、巨星の裏側に来た時に、不均質な星風により吸収された X 線を我々は観測する。そのとき軟 X 線の強度が特に弱くなる。これが Dip と呼ばれる現象である。この現象を注意深く調べることにより、X 線放射領域の大きさ、特に、X 線のエネルギー帯による大きさの違いを調べようとしている。本年は、Dip の現象を詳細に調べた。それにより、Dip 中には、低エネルギーで顕著な吸収は X 線発光領域の一部だけにあり、高エネルギー X 線まで影響のある散乱による強度変化もある。さらに、星間空間に存在する塵により散乱成分が低エネルギー側で顕著にみられることが分かった。

研究成果の概要 つづき

これらの結果を統合すると、ブラックホール候補星のエネルギースペクトルには輝線がほとんどなく、数百 keV まで緩いべきで伸びているが、星は、基本的に基線等を伴った熱的な分布を示している。さそり座タウ星など、磁場を持つ星の非熱的成分の探索も行ったが、有意に検出する事はできなかった。また、時間変動は、はくちょう座 X-1 の激しい時間変動に比べて、1E1740.7-2942 の時間変動は大変小さい。また、星はせいぜい数時間のなだらかな変動である。ただ、星からの X 線をもっと統計精度の高い観測を行う事で、さらに細かい時間変動もあるかもしれないが、現状では結論は出せない。

2. 観測装置の開発

1. の研究を進める際にも観測装置の精度は重要な要素である。そこで我々は「すざく」衛星の観測装置の診断を行い、衛星の検出器チームに貢献した。また、新しい科学成果を導き出すために、新しいアイデアに基づく観測装置の開発を進めた。

轟は「すざく」衛星に搭載されている X 線 CCD カメラの低エネルギー側での応答関数の時間的な変化を調べる予定であった。だが、X 線 CCD カメラの上部にある可視光遮断膜が何らかの原因で破れ、早急に、この破れの観測に与える影響を調べる必要ができた。轟がその影響を調査することになった。CCD に写った可視光の像の大きさから、破れた穴の大きさを調べた。そして、穴が小さく回折が大きく効いている場合と、穴が比較的大きくて回折が効いていない場合で、穴の大きさには二つの解が存在する事を示した。さらに、回折を起こさない X 線では、大きな像ができないことから、穴は小さい方であることを結論し、X 線の観測には、大きな支障が無いことを明らかにした。

坂田は X 線干渉計の開発に携わっている。X 線干渉計は、非常に高い空間分解能を持たせるために実現可能性のある重要な技術である。しかしながら、これまで、世界中でも、天体観測の実用に耐えるような X 線干渉計は作られていない。我々は多層膜を使った X 線半透膜を使用する新しい方法を考案した。この方法により、比較的小さな大きさの X 線干渉計が実現できると期待される。実験室では、天体観測とは異なり、そもそも、大きな面積での可干渉な X 線光源を作ることは大変難しいので、形状を変形し、マッハツェンダー型として実験をする予定である。なお、X 線での効率を大きくするために入射角は斜入射にする、「斜入射マッハツェンダー型」である。本年度は、同型の干渉計を X 線ではなくて、可視光で実現させた。また、X 線での実験に備えて、計算機シミュレーションの準備を行った。これまで、平行光による干渉の計算の基本的な部分は完成し、コヒーレント長の導入も行なった。今後、より実際に近づけるために、球面波による干渉や、X 線源の大きさの導入等を進める予定である。

八木橋は新型 X 線発生装置の開発を進めている。この新型 X 線発生装置は、人工衛星へ搭載するための X 線発生装置の振る舞いを実験から調査するためのものである。人工衛星に搭載するには、小型軽量で低消費電力が求められる。また、高圧電源の扱いには大変注意をする必要がある。さらに、今回の開発する X 線発生装置の特徴は、非常に短い時間間隔で、X 線を ON/OFF することができる点である。この機能により、決められた時間内だけ X 線を発生、その間だけ検出器の較正を行い、それ以外の時間は天体の観測を行うことができる。また、この機能のためには十分に強い X 線強度が達成できていることも重要である。開発中の X 線発生装置は、紫外線 LED からの紫外線を光電面に当て、光電効果により電子を放出させる。放出した電子を高電圧で加速し陽極に衝突させる事で X 線を放射させる。最大の特徴は、高電圧が on の時紫外線 LED を on/off する事で X 線も on/off できる事である。本年度、八木橋は、紫外線のターゲットとして、LaB6 を使用し、その強度の安定性を調べた。また、それ以外に Zn も調べた。その結果、LaB6 でも Zn でもおおよそ、必要な強度の半分程度の強度の X 線を出すことに成功した。また、LED へ供給する電力と X 線強度の関係、高電圧の値と X 線強度の関係等も調べることができた。さらなる改良を考慮中である。

研究発表 (研究によって得られた研究経過・成果を発表した①～④について、該当するものを記入してください。該当するものが多い場合は主要なものを抜粋してください。)

- ①雑誌論文 (著者名、論文標題、雑誌名、巻号、発行年、ページ)
- ②図書 (著者名、出版社、書名、発行年、総ページ数)
- ③シンポジウム・公開講演会等の開催 (会名、開催日、開催場所)
- ④その他 (学会発表、研究報告書の印刷等)

我々は研究を進めていった結果、以下の研究成果を発表した。

① 雑誌論文

吉田は日本天文学欧文研究報告に論文を投稿し、受理され出版予定である。

“Observation of the Cygnus OB2 Association with Suzaku”

Masaki Yoshida, Shunji Kitamoto, Hiroshi Murakami

P A S J Vol.63 No. 3

④ その他

学会発表

- ・2010年度秋季天文学会において以下の発表を行った。

「すざく」衛星による早期型星 τ Sco (B0.2V) の観測

吉田正樹、北本俊二、村上弘志

すざく衛星による 1E1740.7-2942 の観測 II

東慶一、北本俊二、村上弘志

新型 X 線干渉計の検討

坂田和也、北本俊二、村上弘志

すざく衛星搭載 XIS の OBF の破れの評価

轟章太郎、北本俊二、村上弘志 (立教大理)、他すざく XIS チーム

はくちょう座 X-1 の吸収ディップ

水野瑛己、北本俊二、村上弘志

衛星搭載用 X 線発生装置の開発の基礎実験

八木橋伸佳、北本俊二、村上弘志 (立教大理)

2011年度春季天文学会において5講演発表の予定であったが、東日本大震災の影響で中止になった。予定していた発表は以下のものである。

新型 X 線干渉計の検討 II

坂田和也、北本俊二、村上弘志 (立教大学)

すざく衛星による突発天体 XMMU J174716.1-281048 の観測

轟章太郎、北本俊二、村上弘志 (立教大理)

はくちょう座 X-1 の吸収ディップ II

水野瑛己、北本俊二、村上弘志 (立教大学)

衛星搭載用 X 線発生装置の開発の基礎実験 2

八木橋伸佳、北本俊二、村上弘志 (立教大理)

Cygnus OB2 Association の長期 X 線強度変動の調査

吉田正樹、北本俊二、村上弘志 (立教大学)