

大阪大学理学部原子物理学第1講座



研究室紹介

宮本重徳*

本講座は1934年菊池正十教授の着任により発足した、原子核と宇宙線の研究を伝統的に行ってきた講座である。菊池正士、伏見康治、渡瀬譲、緒方惟一、筆者と担当教授が変わり、その研究の中心も変化した。第2次世界大戦後の渡瀬譲教授の時代には宇宙線が研究の中心であった。渡瀬教授の転出にともない研究の中心は原子核の質量分析に移ったが、1977年に筆者の着任とともに研究の中心は再び宇宙に戻った。

現在、本講座は、筆者の他に、山下廣順助教授、常深博助手、北本俊二助手の4名のスタッフで構成されており、宇宙物理学、特にX線天文学の研究を行っている。ご承知のように宇宙よりのX線は地球大気に吸収され地表に達しないため、宇宙X線を観測するためには観測装置を大気外に持ち出して観測する必要がある。この為現在ではその観測は殆ど人工衛星により行われている。宇宙X線観測衛星の製作及び打ち上げは、日本の大学の共同利用研究所である宇宙科学研究所が中心となり、日本の大学の研究者が協力して、特に最近では英米等外国の研究者も参加して、行われている。

この様な研究のため、当講座の研究は観測によるX線を放射している天体の研究とX線観測装置の開発研究の2つに大別され、その研究対象も多岐にわたるが、以下に我々のグループが得た興味ある結果を紹介する。

X線天体の研究

我々に最も身近な星である太陽もX線を放射しているが、太陽より放射されている全放射線の内、X線の占める割合は微々たるものである。

ところが太陽の全放射量の千倍以上の量の放射線を殆どX線のみで出している星がある。この天体は中性子星またはブラックホールと普通の星との近接連星で、普通の星より流れ出た物質が、中性子星またはブラックホールに落ち込むときに、その周りに巨大な渦が出来、その渦の中での摩擦のために重力エネルギーが解放されて1千万度以上の高温プラズマが出来、X線を放射している。これがX線星と呼ばれているものである。

これらの星の中には、非常に激しいX線強度の変動を示し、また高エネルギーのX線を出すものがあり、その典型がブラックホールの候補の筆頭に数えられている白鳥座X-1と呼ばれるX線星である。この変動の原因と高エネルギーX線を出すメカニズムは、まだ良く理解されていない。これまでは、高エネルギーの電子により低エネルギーの光子がコンプトン散乱されて、高エネルギーのX線が創られていると言うモデルが有力であったが、最近我々は、コンプトン散乱モデルでは、低エネルギーのX線の時間変動に対する高エネルギーのX線の時間変動の遅れを旨く説明できないことを明らかにした。また、この天体では特有の2つの時間定数(約0.2秒と0.7秒)を持ってX線が放射される傾向があることを見つけた。このX線変動の時間遅れと2つの時間定数の生じる原因として、ブラックホール周辺で物質が2種類の大きさの塊に分かれて、高温に熱せられながらブラックホールに落ち込むとのモデルを提案している。

太陽は、約1千億個の星を含む我が銀河系に属しているが、宇宙にはこの様な銀河系が数百個集まった銀河団が多く存在する。この大多数の銀河団の内部の銀河系間空間には1千万度から1億度の高温ガスが存在しており、このガスがX線を放射している。

*宮本重徳(Sigenori MIYAMOTO),大阪大学理学部物理学科,教授,理学博士,宇宙物理学

この高温ガスの温度が低いほどこのガスに含まれる鉄の割合が多いことが、我々の研究室の研究で明らかになり、この原因を次の様に推測している。銀河系が銀河団の中心に集中している銀河団ほど、銀河団の中心付近の銀河系間空間にガスが集まっている。このガスの圧力のために、銀河系が銀河団の中心付近を通過する時、その銀河系内のガスが銀河系間空間に放出され易い。従って進化した（鉄が多くできている）銀河系よりガスが放出され易く、銀河団中心付近の銀河系間ガス中の鉄の含有率が高くなる。一方、このガスの密度が高いほど放射による冷却効果が大きく、ガスが低温になる。このため高温ガスの中に含まれる鉄の割合が多いほど、ガスの温度が低いと考えられる。これは銀河団の進化の過程を示唆する重要な結果であると考えている。

現在活動中のX線天文衛星『ぎんが』に搭載されている、阪大のグループが製作したX線オールスカイモニターの観測により、これまでに数個のX線新星が発見されている。その内、特に1989年5月21日に発見されたG S 2023+338と名付けられたX線新星は、『ぎんが』チームの発見の通報により世界各地の天文台で観測が開始された。そして、このX線新星は1930年代に増光が観測された新星V 404 Cygと同定された。その後も世界各地の天文台で観測が続行されており、X線及び光での強度の変動が非常に激しいことが分かり注目を集めている。この天体がどんなものであるかが明らかになるのは、いまま少し時間が必要である。

X線観測装置の開発研究

現在3つの方向で行っている。その1つは、『てんま』衛星で活躍した蛍光比例計数管の低バックグラウンド化と大型化である。蛍光比例計数管は、従来の比例計数管と異なり、X線の光電効果で生じた計数管ガス中の自由電子に電場でエネルギーを与え、自由電子の数をそのままに増加させることなく、蛍光を発光させ、この蛍光を光電子増倍管で検出するものである。この計数管はエネルギー分解能が従来のものと比

べ約2倍良い。この蛍光比例計数管の面積を『てんま』に搭載したものの約5倍、室内でのバックグラウンド除去率を82%にした大形比例計数管を開発している。現在この性能をさらに上げるべく開発中である。

第2は、多層膜を用いたX線用反射鏡、分光素子、偏光素子の開発である。宇宙X線の観測のためには、集光力、解像力、スペクトル分解能の優れたX線望遠鏡が不可欠である。従来のX線光学系は全反射を用いた極端な斜入射光学系しか用いることが出来なかった。多層膜反射鏡は、反射鏡と分光結晶の特長を併せ持ち、X線光学系を大きく変革するものと期待されている。特に波長域40-200Åでは光学望遠鏡と同様な直入射型X線望遠鏡が可能になる。

超高真空電子ビーム蒸着装置により、これまでにMo/C, Mo/Si, Ni/Cの組合せで1組の層厚30-100Å, 積層数5-54組の多層膜を製作してその特性評価を行ってきた。Mo/Cは1-10Åの波長域の斜入射反射鏡として用いることが出来、Cu-K α で80%, Al-K α で40%の反射率が得られている。Mo/Siは123-200Å, Ni/Cは44-70Åの波長域で、直入射型反射鏡として用いることが出来、それぞれ30%, 3%の反射率を得ている。既にMo/Siの多層膜直入射球面鏡も製作し、期待通りの性能を持つことを確認した。

これらの多層膜の偏光素子としての性能は、シンクロトン放射光によって評価し、45度入射でsとp偏光の反射率の比が20:1となった。

また、多層膜を用いたエタロン型の分光素子をNi/Cで製作し20-30%の反射率を得た。

多層膜反射鏡は宇宙X線観測装置のみならず、軟X線のプラズマ診断用、放射光用、リソグラフィ用の光学素子として応用でき、それぞれのグループと協力して開発を進めている。これまでにNi/Cの多層膜反射鏡によるシュバルツシルド型X線顕微鏡を、阪大レーザー研のグループと協力して開発し、波長70ÅでレーザープラズマX線の撮像をした。

第3は、X線望遠鏡の焦点面での画像取得用としてのX線用CCDカメラの開発である。これまでに、可視光用のCCDに直接X線を照射

して、1画素の分解能でX線のエネルギーを識別したX線画像を取得することが出来た。用いたCCDは、1セルの大きさが $23\mu\text{m} \times 13\mu\text{m}$ 、画素数 386×488 、全面像寸法 $8.8\text{mm} \times 6.6\text{mm}$ である。このCCDでは1画素あたり1個のX線光子と言う微弱なX線強度で画像を得ることが出来る。我々の目的はもっと検出効率のよい、エ

ネルギー分解能の優れたX線用CCDを開発してX線望遠鏡、X線顕微鏡等のX線像の撮影に使用することである。現在、光のCCDのテストデータを元にX線用CCDを設計製作し、その性能試験をしている。さらに画像処理の高速化によりX線でのカラー動画を得ることを目指している。

