

論文審査の結果の要旨

氏名 三石 郁之

本論文は8章からなる。第1章はイントロダクションとして、銀河間物質の重元素汚染機構の一つとして星形成銀河からの銀河風が紹介され、化学組成や水素輝線の観測をもとに、多数の超新星爆発をエネルギー源とする説を論じている。そして近傍の典型的な爆発的星形成銀河として、本研究の観測対象である NGC 253 を取り上げる。第2章では円盤状銀河からのアウトフローについて総括し、次に NGC 253 に対する他波長観測から判明した事柄を詳細に論じている。電波、赤外線および可視光による観測からは豊富なデータが得られており、銀河中心核とその周辺の高速度ガス流を伴う星形成領域、銀河円盤部、さらにハロー領域のそれぞれについて星間ガスの状態や組成、運動学的情報が得られている。ここに、すざく衛星による X 線分光観測を加えて、NGC253 銀河からの銀河風駆動機構を解明するという本研究の目的が提示される。

第3章では本研究の観測に用いた X 線観測衛星を解説している。主要な観測に用いたすざく衛星、NGC253 銀河のデータを以前に取得した欧州の XMM-Newton 衛星、米国の Chandra 衛星のそれぞれの観測機器の特色をまとめている。特に重要なすざくの X 線撮像分光装置 XIS については CCD の感度や背景ノイズに至るまでの詳細を提示し、本研究で対象とする薄く広がった高温ガスの観測に適していることを確認している。

第4章では自らが提案したすざく衛星による観測と、XMM-Newton, Chandra 衛星によるアーカイブデータの観測回数、露出時間を明示し、解析にもちいたソフトウェア、手法、背景信号の除去法がまとめられている。

以降3つの章では NGC 253 銀河の領域ごとに X 線撮像分光観測による結果を示す。第5章では、銀河中心核領域の分光データを用い、6-7 keV 付近の成分と 5-8keV にわたる連続光成分を調べ、中性鉄 Fe I および鉄の高階イオン Fe XXVI による輝線を初めて検出した。さらに、角度分解能の高い Chandra 衛星の観測と組み合わせ、両輝線の源がコンパクトな天体ではなく、領域内に広がったものであることを突き止めた。

第6章では、中心部周辺でアウトフローが観測されているスーパーウィンド領域と銀河円盤面周辺の熱いガスのスペクトルを、低温成分 ($kT=0.2\text{keV}$) と高

温成分 ($kT=0.6\text{keV}$) による二温度モデルで説明した。このモデルに基づき、4つの α 元素(O, Ne, Mg, Si)の組成比を数十パーセントの精度で決定した。

第7章では、すざく衛星によって得られたハロー領域のスペクトルを解析し、ハロー領域での化学組成を決定した。また、プラズマのハードネス比を算出し、高分解能の温度マップを得ることに成功した。

第8章では以上の各領域についての結果を総合し、(1) 中心部からの鉄輝線は多数の超新星爆発で説明できること、(2) 重元素組成が全領域で整合し、その組成比から起源はII型超新星爆発が支配的であること、(3) 高温ガスはハロー領域で毎秒25キロメートル以上の速度で自由膨張していると考察した。以上3つの結果を総合し、NGC253周辺のX線ハローガスが、中心部および銀河円盤部でおこった爆発的星形成により駆動されたと結論づけられる。

なお、本論文第5章と第8章の一部、鉄輝線のスペクトル解析に関する部分は山崎典子氏、竹井洋氏との共同研究をもとにしているが、高エネルギー領域でのすざく衛星のエネルギー分解能を活かした鉄輝線の観測という着想は論文提出者本人が得たものである。すざく衛星の観測データを共同提案者として取得、さらにChandra衛星、XMM-Newton衛星のアーカイブデータの取得、解析は論文提出者が行った。スペクトル成分分解や鉄輝線の起源に関する結果は全て論文提出者が計算し、考察を与えたもので論文提出者のオリジナルな成果である。また、第7章も山崎典子氏、竹井洋氏との共同研究をもとにしている。NGC253の銀河円盤部-高速流領域-ハロー領域を総合して解析しそのアウトフロー機構を解明するという方法は論文申請者自らが提案したもので、重元素量の測定やハロー領域での銀河風の速度に対する制限など主要な結果は論文提出者が計算し、考察を与えた。論文提出者のオリジナルな成果であると判断する。

銀河間物質の重元素の起源は宇宙物理学に残る大きな謎の一つである。本論文はその一つの機構として星形成銀河からの高速銀河風に着目し、X線観測により銀河風速度や重元素量を明らかにした。機器バックグラウンドが低いというすざく衛星の特色を活かした世界最先端の研究であり、現在稼働中、および将来のX線望遠鏡を用いた観測に大きな示唆を与える。銀河ハローの高温ガスおよび銀河間物質の重元素汚染の起源に迫る重要な研究成果である。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。