

論文審査の結果の要旨

氏名 今野 彰

本論文は、連続光に比べて非常に強い水素ライマンアルファ ($\text{Ly}\alpha$) 輝線を放射する銀河である、ライマンアルファ輝線天体 (LAE) を様々な赤方偏移 (z) について、すばる望遠鏡の広領域深撮像データを用いて検出し、遠方宇宙での銀河の形成進化、および宇宙の再電離について調べたものである。

本論文は、8章からなる。第1章は導入部である。過去の研究で、LAEの性質やその進化、宇宙再電離について調べられてきたが、不十分な点がいくつもあったことが説明されている。例えば、 $\text{Ly}\alpha$ 光度関数の暗い側の変化を精度よく決定した研究は無く、光度関数の明るい側でもLAEの存在量は十分調べられていない。また $z=2\sim 3$ の時代において進化があるかどうか結論づけられていなかった。さらに z が6よりも大きい時代でのLAEの光度関数は求められておらず、宇宙再電離史に強い制限を与えるには至っていなかった。これらを解決するには、幅広い光度にわたってLAEを多数見つける必要がある。

第2章では、観測およびデータ整約について説明している。 $z=2.2$ と7.3のLAEは、論文提出者のグループが独自に開発した狭帯域フィルターなどを用いて、すばる望遠鏡 Suprime-Camで約1平方度の天域を観測することでデータを取得した。同様に $z=5.7$ と6.6のLAEについては、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Camを用いて撮像した10~20平方度の広領域撮像データを用いた。

第3章では、データ整約後の画像に対して天体の検出および測光を行い、狭帯域バンドと広帯域バンドの等級差を用いてLAEを選び出した。 $z=2.2, 5.7, 6.6, 7.3$ でLAEをそれぞれ3137, 1081, 1273, 7天体検出した。これらのLAEサンプルは過去の研究より数倍から数百倍大きく、 $\text{Ly}\alpha$ 輝線の光度範囲も広い。

第4章では、LAEの光度関数を4つの赤方偏移で求めた。 $z=2.2$ においては、 $\text{Ly}\alpha$ 光度関数の暗い側の数密度変化を初めて定量的に求めた。光度関数の明るい側では、経験的に知られた指数的減少に比べ有意な数密度超過を見つけた。さらに別の赤方偏移の天体の混入割合や、検出し損ねた割合について、分光観測結果やシミュレーションなどを用いて推定した。補正後の光度関数を、観測領域によるサンプル数の統計的ばらつきも含めた誤差等と共に先行研究の結果と比べ、今回の観測結果が妥当であるとした。

第5章は、 $z=2.2, 5.7$ での $\text{Ly}\alpha$ 光度関数に、過去に調べられていた $z=0.3, 0.9, 3.1, 3.7$ の光度関数をあわせて比較を行ったところ、LAEは、 $z=0\sim 3$ で急激に増加し、 $z=3\sim 6$ でほぼ無進化であることを確かめた。

第6章では、LAEから放射された $\text{Ly}\alpha$ 光度密度の進化について先行研究の紫外線光度密度と比較し、前者が $z=0$ から $z=3$ までより急激に進化をしていることを示した。またLAE

の数密度は観測された明るさの範囲で、 $z=7$ を超えると急激に減少していることも示した。

第7章では、以上の観測結果の考察を行った。 $z=2.2$ のLAEの光度関数の明るい側での数密度超過について、多波長の観測結果や過去の研究との比較により、超過しているLAEの大部分は活動銀河核であるとした。また $\text{Ly}\alpha$ と紫外線の光度密度を基に $\text{Ly}\alpha$ 線の脱出率の赤方偏移進化を求め、脱出率は $z=0$ から6にかけて2桁程度大きく増加していることを確認した。この進化を説明するため、新たに膨張シェルモデルを導入して、脱出率の進化は、中性水素による $\text{Ly}\alpha$ 光子の共鳴散乱効果を考慮に入れたダスト吸収で説明できることを示すとともに、ダストを含んだ星間物質中の中性水素柱密度が $z=0$ から6にかけて2桁近く変化している可能性を指摘した。

また $\text{Ly}\alpha$ 光度密度と紫外線光度密度の $z=6.6$ と 7.3 での値をもとに、 $\text{Ly}\alpha$ 減衰翼の効果を取り入れた理論モデルを用いて中性水素割合を推定し、 $z=6.6$ で $1.0\sim 0.7$ 、 $z=7.3$ で $0.7\sim 0.2$ という値を得た。これらは、宇宙背景放射観測衛星 Planck の最新のデータから得られたトムソン散乱の光学的厚みから推定された値とよくあっており、 $z=7$ より遠方でのLAEの数の急激な減少は、宇宙再電離期において銀河間空間に存在する中性水素の $\text{Ly}\alpha$ 減衰翼の吸収により説明可能であることを示した。

第8章は結論である。

以上、本論文は、すばる望遠鏡の広視野撮像データを用いて過去最多のLAEサンプルを4つの赤方偏移で作成し、その進化を光度関数や光度密度関数などを用いて調べ、新たなモデルの提案も行いながら、銀河の星間物理状態の進化や宇宙再電離に対して最新の結果を得たものである。銀河進化および観測的宇宙論の最先端研究として大変高く評価できる。

本論文の内容は大内正己・小野宜昭・嶋作一大・澁谷隆俊・古澤久徳・中島王彦・内藤嘉章・百瀬莉恵子・Suraphong Yuma・冢正則・Florent Duval・日下部晴香の各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究を行っており論文提出者の寄与は十分であると判断できる。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。