

論文審査の結果の要旨

氏名 舎川 元成

宇宙の加速膨張は、一般相対性理論に基づく標準宇宙論の枠組みでは宇宙定数で説明されるが、標準宇宙論以外の可能性も検討されている。その一つは修正重力理論とよばれるもので、一般相対性理論の重力法則を修正して加速膨張を実現させる。しかし、重力を修正する代償として、大規模構造の成長スピードが標準宇宙論の予想からずれてしまう。言い換えれば、成長スピードをいろいろな宇宙時刻で測ることによって、修正の仕方に制限を与えることができる。本研究は、赤方偏移約 $z=1.4$ で水素原子 $H\alpha$ 輝線放射銀河（以下、輝線銀河）の広視野分光サーベイを行なって、 $z>1$ の遠方宇宙において初めて、修正重力理論に制限を与え得る大規模な銀河分光サンプルを構築したものである。

本論文は6章からなる。第一章では研究の背景と目的が述べられている。宇宙膨張の基礎方程式と宇宙膨張を探るいくつかの重要な観測手法の解説に続いて、大規模構造の成長スピードを測るのに適した方法として赤方偏移空間歪み効果（RSD）の原理が詳しく記述されている。成長スピードの測定は $z<1$ では比較的多く行なわれていることを踏まえ、 $z>1$ での測定の重要性が強調されている。本研究で実行された FastSound プロジェクトは、すばる望遠鏡の多天体ファイバ一分光器（FMOS）を用いて、 $z=1.2-1.5$ にある輝線銀河を広い天域にわたってサーベイし、RSD を測定するというもので、2012-2014年に行なわれた。

第二章では FastSound の分光ターゲットの選択方法が検討されている。一般の分光サーベイとは異なる FastSound 特有の問題として、対象とする赤方偏移範囲が FMOS の波長帯域の制限から $z=1.2-1.5$ と狭いこと、および、対象とする銀河が十分強い $H\alpha$ 輝線を持つ必要があることが挙げられる。多色の測光カタログからこれら2条件を満足する銀河をできるだけ効率的に選ぶために、銀河の色を用いて選ぶ方法と測光的に推定された赤方偏移を用いて選ぶ方法が詳細に比較検討され、後者が採用されている。さらに本章では、FastSound のサーベイ天域とサーベイデザインが述べられている。

第三章では観測の詳細が述べられている。観測は、論文提出者を主要メンバーの一人として、35夜にわたって行なわれ、約40,000天体が分光された。

こうして得られた多数の分光スペクトルを処理するには、 $H\alpha$ 輝線を自動的に検出するソフトウェアが必要である。また、RSD を高い信頼性で測定するには、輝線銀河の検出率を波長（す

なわち赤方偏移) の関数として評価しなければならない。これらの目的のために論文提出者は、FMOS の二次元スペクトルから輝線を自動検出する FIELD というソフトウェアを開発した。

第四章では FIELD の詳細が述べられている。FIELD は、典型的な H α 輝線に対応する二次元カーネル (波長一次元、空間一次元) を二次元スペクトルデータ上で移動させて、高い検出率で輝線を探すソフトウェアである。誤検出も低く抑えるように工夫されている。また、FIELD を用いれば、近赤外に多数存在する OH 夜光輝線が輝線検出に与える影響を定量的に評価でき、輝線の検出率の波長依存性を求めることができる。

第五章では、FIELD を実際のデータに適用して約 5,000 個もの輝線銀河候補を検出している。誤検出 (輝線の取り違えを含む) は 10% 以下であると推定される。この大規模なサンプルによって初めて、 $z>1$ の遠方宇宙で RSD の測定が可能になった。実際、論文提出者を主要な共著者とする修正重力理論に制限を与える論文が査読誌に提出中であり、いくつかの修正重力理論は本サンプルに基づく RSD の測定と矛盾するという興味深い結果が得られている。なお、この輝線銀河サンプルは、 $z=1$ を超える銀河の近赤外分光サンプルとしては現在最大のものであり、RSD をはじめとした宇宙論の研究だけでなく、銀河進化の研究にも用いることができる。

第六章は結論である。

以上のように本研究は、成功率の高い分光ターゲット選択法および近赤外スペクトルから輝線を自動検出するソフトウェアを開発して FastSound プロジェクトを成功に導き、 $z>1$ という遠方において RSD を測定し得る大規模な銀河分光サンプルを初めて構築した。これは、修正重力理論の制限、ひいては加速膨張の起源という宇宙論の大問題の解明に向けた、重要な観測的貢献である。本研究は戸谷友則ら 35 名との共同研究であるが、論文提出者が主体となって行なったものであり、その寄与は十分高いと判断される。よって博士 (理学) の学位を授与できるものと認める。