

論文審査の結果の要旨

氏名 高梨 直紘

本論文はイントロダクションと2部からなる。イントロダクションではIa型超新星(SNe Ia)の観測の歴史を紹介したあと、SNe Iaを用いて宇宙論的な距離を測る方法とその問題点を説明している。それらの問題点に観測データに基づく考察を与えることが本論文の主目的となっている。SNe Iaは非常に明るく、その明るさが銀河などに比べて一様であるため、宇宙論的な距離を測る標準光源として使われているが、距離を正確に測るためには、解決しなければならない主な問題が3つある。SNe Iaの個性、母銀河におけるダスト、そして進化の問題である。

個性の問題は主として第1部で扱われている。SNe Iaの明るさは他の諸天体に比べて相対的に一様であるが、必ずしも均質ではない。したがって、この個性を補正して標準光源としての性質を揃える必要がある。よく知られている補正方法はSNe Iaの光度曲線と最大光度の間の相関を利用する方法である。この方法は、どのように光度曲線の情報をパラメータ化するかという点においていくつかの流儀があり、それぞれに一長一短がある。近年では多波長での測光観測および分光観測が主流となってきており、これらの観測によって取得されたデータを最大限に活かす補正方法が必要とされている。

第1部では、まず既に報告されている122個の近傍SNe Iaの多波長光度曲線を用いて、光度曲線の解析手法の開発を行った。具体的には、単波長光度曲線の解析に用いられていたStretch法を多波長に拡張したMulti-band Stretch法を提案し、その実現のために光度曲線のテンプレートを新たに作成した。この方法は、先行研究の手法と比べ、SNe Iaの個性を反映しやすい点の特徴である。これにより、これまで一括りにされていた超新星の分類や、これまではSNe Iaではないとして落とされる可能性のあったものも扱えるようになった。この手法は第2部で用いられ、新しいタイプのSNe Iaを発見することに繋がっており、本論文の重要な要素の一つとなっている。

母銀河におけるダスト、そして進化の問題は主として第2部で議論されている。第2部では、Sloan Digital Sky Survey (SDSS)-II 超新星探索プロジェクトによって発見された中赤方偏移SNe Ia (以下SDSS超新星)の多波長光度曲線を用いて、標準光源として用いるべ

きSNe Ia の条件を検討している。SDSS-II 超新星探索プロジェクトはこれまで不足していた赤方偏移0.1~0.5のSNe Iaの発見と追加観測を目的とした3カ年の国際プロジェクトで、論文提出者もその一員として参加している。本論文では最初の2年間に発見された373個のSNe Iaを利用しており、中赤方偏移のサンプル数としては世界最大規模となっている。これに第1部で述べた Multi-band Stretch 法を適用してSDSS超新星の多波長光度曲線のパラメータ化を行い、光度曲線の形に基づき(1)"abnormal" (2)"broad" (3)"normal" (4)"narrow"の4種類に分類した。さらに"normal"に分類できるSNe Iaの性質が最も一様であることを、中赤方偏移のサンプルを用いて初めて示した。

通常、ダストによる減光の効果によって光は赤化し、この赤化量を測って減光量が補正される。しかし、赤化量を知るには、そもそもSNe Iaがどのような色をしているのかを知らねばならず、簡単ではない。また、遠方に出現したSNe Iaを用いて距離を決定するには近傍と遠方で超新星の性質が変化していないことが前提となっている。この前提を確かめるためにダストの影響が小さいとみなせる、見かけの青い"normal"なSNe Iaに着目した。その結果BおよびVバンドの最大光度では赤方偏移が0.4までの範囲で有意な進化が認められないことを初めて確認した。このことから、見かけの青い"normal"なSNe Iaが距離指標として最も適当であることを中赤方偏移の大規模なサンプルに基づき初めて提示した。

また、赤方偏移が0.1以上のSDSS超新星の中に、近傍ではほとんど見られない光度曲線の幅の広いSNe Ia ("broad")が多く見られることを初めて指摘した。これらのSNe Iaは"normal"なものと同程度の明るさであり、光度曲線の幅から期待される明るさより暗いことも発見した。この発見は2つの点において重要である。一つはこのタイプのものは通常の光度曲線の幅と絶対光度の関係に乗らないため、距離指標として使うべきでないことを示した点である。もう一つは近傍には見られないということからSNe Iaの進化の可能性も考えられ、理論的興味を喚起するためである。

本論文はSNe Iaを標準光源として用いる場合、どのようなサンプルを用いるのが最適であるかを示したものであり、宇宙論や天文学上高い意義を有すると評価できる。

なお、本論文第1部は、土居守、安田直樹氏と、第2部は土居守、安田直樹、時田幸一、Joshua Frieman、Masao Sako、Rick Kessler氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。