

論文審査の結果の要旨

氏名 中村友彦

本論文は、世界で初めて地上からの波長 30 ミクロン帯の中間赤外線での天体観測を行い、そのための新しい観測・解析手法を提唱・実証したものである。さらに、その手法を用いて、同波長帯ではこれまでにない高い空間分解能の観測で進化の進んだ大質量星である η Car の構造を分解し、その固体微粒子の空間分布を明らかにした。

本論文は8章からなる。第1章はイントロダクションであり、宇宙空間で様々な天体現象に重要な役割を果たす星間固体微粒子が、特に大質量星の質量放出によってどのように形成されてきたかについて十分に理解されていないことを述べている。大質量星の一生のうち、その最後である超新星爆発によって固体微粒子が形成されていることは知られているが、最近、超新星爆発前に形成された固体微粒子の方が遙かに多いことが明らかになりつつある。なかでも、高光度青色変光星(LBV: Luminous Blue Variable)時代の物質流出が大きいことから、その時代の固体微粒子形成が重要な役割を果たしていることが予想される。

第2章は観測に用いた Mini TAO 望遠鏡とその設置場所であるチャナントールサイトの優れた観測条件、及び中間赤外線観測装置 MAX38 についての紹介である。

第3章では、中間赤外線観測には欠かせない“大気放射バックグラウンドを差し引く”冷却装置内チョッピング機構の開発について述べている。通常、チョッピングは望遠鏡の副鏡を振動させて行うが、観測装置内部の鏡を振動させることによりチョッピングを実現する機構を開発した。MAX38 内部は 10K 以下に冷却されているため、この温度で動作する必要がある。そこで、低温でも安定して動作するように改良したピエゾ素子を用いてチョッピング機構を実用化した。

第4章はチャナントールサイトの 30 ミクロン帯観測に関しての評価である。大気放射スペクトルを取得して透過率に換算し、大気透過率のシミュレーションとの比較を行って総合的であることを示した。この結果から、可降水量 (PWV: Precipitable Water Vapor) が 1.3mm (実現確率 60%)、0.56mm (実現確率 25%) 以下の場合にはそれぞれ 30 ミクロン、37 ミクロンでの観測が可能であると結論している。

第5章では、加重平均法による大気放射の変動ノイズの除去について述べている。通常のチョッピング観測では、大気放射の変動よりも短い時間内に天体画像とすぐ近くの比較画像を取得し、両者を差し引くことで変動ノイズを除去している。しかし、早いチョッピングを行うとデータ取得効率が下がり、また、広がった天体の場合には比較画像が取れないなどの困難がある。そこで、論文提出者は、大気放射のパターンは多数の画像のなかには似たものも存在するかもしれないというアイデアにもとづき、“差し引き後の残差を最小にする多数の比較画像の加重平均”を比較画像として採用する手法を考案した。そして、実際の 30 ミクロン帯の観測データを用いて、大気変動パターンの除去に成功し、かつ、通

常のチョッピングの場合に比べて 10%程度の S/N 比の損失で済み、実用的であることを示した。この手法は 10,20 ミクロン帯にも応用できることが期待され、特に拡がった天体に対しては唯一の観測法であり、実際の観測においての実用的価値の高い手法である。

第 6 章では、大気透過率の変動の激しい 30 ミクロン帯で測光を可能にするセルフスカイ較正法について述べている。通常天体測光観測では、大気透過率の変動が小さいと思われる時間内に測光標準星の観測を行って、そのカウント値の比から天体の明るさを求める。しかし、30 ミクロン帯は大気透過率の変動が非常に激しく、この手法では誤差が非常に大きくなる。そこで、論文提出者は、大気の温度を一定と見なし大気放射量から透過率を推定して天体測光の較正に用いる方法を提案している。そして、実際の観測データで大気透過率の補正が十分に行えることを実証した。この手法は電波観測では標準的に行われているが、赤外線観測では世界初である。

第 7 章は、LBV である η Car を取り囲む人形星雲の波長 18.7 から 37 ミクロンの中間赤外線観測にもとづいて、固体微粒子の分布について論じている。この波長帯では最も高空間分解能の観測により、100K 程度の低温の固体微粒子の分布（柱密度）と温度分布を初めて導出した。すなわち、主に伴星の最接近時に誘発された質量放出による赤道方向のトーラスに 0.09 太陽質量の固体微粒子、過去の爆発的増光により双極方向に放出されたシェル構造及びその内部にそれぞれ 0.015, 0.012 太陽質量の固体微粒子が分布することを明らかにした。

第 8 章はまとめと結論である。

人工衛星などに搭載された望遠鏡によって行われてきた 30 ミクロン帯の中間赤外線観測は、世界最高地点の観測所に設置された Mini TAO 望遠鏡の大きな目的の一つであった。論文提出者は、これまでの手法では乗り越えられない問題を、冷却装置内チョッピング機構の実用化、加重平均法による大気放射変動ノイズの除去・セルフスカイ較正法の 2 つの新手法の提案・実証により克服し、地上からの 30 ミクロン帯中間赤外線観測法を確立した。さらに、大質量星の進化の進んだ段階にある LBV についての高空間解像度観測から、大質量星の固体微粒子の形成について貴重な示唆を与えている。このように、本論文は新しい波長帯の観測手法の確立とそれを用いた天文学的成果を得た非常にオリジナリティの高い研究である。

本研究は、宮田隆志、酒向重行、浅野健太郎、内山瑞穂、上塚貴史、本原顕太郎、小西真広、諸隈智貴、越田進太郎、舘内謙、吉井譲、土居守、河野孝太郎、川良公明、田辺俊彦、峰崎岳夫、高橋英則、青木勉、征矢野隆夫、樽沢賢一、半田利弘との共同研究であるが、論文提出者が主体となってデータ解析、分析、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。

従って、博士（理学）の学位を授与できると認める。