

論文審査の結果の要旨

氏名 山 室 智 康

本論文は、大質量星からの質量放出現象観測を目的とした Echelle 分光器の開発、及びそれを用いた観測結果について述べたものである。

論文は4章からなり、第1章は導入部である。この章では、主系列後の進化段階にあると考えられる大質量星について、これまでの観測的知見がまとめられている。ここでは質量放出現象の観測の欠如が、大質量星進化モデルにおける不確定さの大きな原因であることが指摘され、本論文では黄色極超巨星 (Yellow Hypergiants) の質量放出現象の観測を目的とすることが述べられている。またこのために開発された Echelle 分光器の仕様がまとめられている。特に、多くの光学材料の極低温での屈折率等の測定に基づき、広い波長範囲で色収差のない屈折光学系を実現できたことにより、小型軽量の分光器となっていることが強調されている。

第2章では、近赤外線 Echelle分光器 NICE (Near-Infrared Cross-dispersed Echelle spectrograph) の光学・構造・電気設計の詳細、及び分光器全体としての性能評価結果が述べられている。この分光器は波長 $0.91\ \mu\text{m}$ から $2.45\ \mu\text{m}$ までの広い領域を分解能 $\lambda/\Delta\lambda \sim 2600$ でカバーしており、原子・分子の輝線・吸収線のみならず、連続波スペクトルの観測をも可能としている。また観測時間が確保しやすい中・小口径望遠鏡に搭載可能な小型・軽量の分光器となっている。小型の光学系が実現できているのは、Echelle回折格子の像をクロスディスペルザ上につくる工夫により再結像光学系が小さくできたこと、及びすべての光学系が屈折光学系で構成できたことによる。屈折光学系では、レンズ材料にフッ化物と光学ガラスの新しい組み合わせを使うことにより、従来よりも格段に色収差の少ない光学系が実現できている。これは論文提出者により測定、蓄積されて来た様々な光学材料の屈折率データに基づくものであり、独自の設計として高く評価できる。この装置は国立天文台1.5m赤外シミュレータ用の分光器として完成させられ、OH夜光や標準星の観測結果に基づく限界等級、波長分解能等の評価結果が示されている。また複数の超巨星の観測例も提示され、分光器が超巨星外層の観測に有効であることが示されている。

第3章は、黄色極超巨星の観測とその結果についての記述である。Echelle 分光器 NICE により取得された3つの黄色極超巨星の近赤外スペクトルが提示されているが、そのうちの一つ ρ Cas の一酸化炭素のスペクトル線にのみ質

量放出に関わると考えられる時間変動が見られたため、以後の議論ではこの星に焦点が当てられている。 ρ Cas については約1年半にわたる6回の観測により、最初の観測では見られなかった波長 $2.3 \mu\text{m}$ 付近の一酸化炭素スペクトル線が、次の観測で輝線として現れ、その後の観測では吸収線として見られるという、変動のシーケンスが初めて捉えられている。観測された一酸化炭素によるスペクトルは、単一温度で光学的に薄いガス層による輝線・吸収線の計算で非常に良く再現でき、励起温度は時間とともに 3200K から 800K まで低下したことが示されている。この間連続波成分や一酸化炭素以外のスペクトル線には変動は見られないため光球には変動は無く、スペクトル線の変動は、放出された一酸化炭素を含んだ薄いガス球殻が広がって行った、という単純な描像で理解できることが主張されている。ガス球殻は一定速度で広がること、ガスの温度は球殻の半径のべき乗 $r^{-\alpha}$ で表されることを仮定し、一連の観測値よりべき α を与えている。またガス球殻は光球（半径 $r=400$ 太陽半径を仮定）から光球と同じ 7000K で放出されたとする初期条件を与えると、観測時点での球殻の半径を決めることができ、これと一酸化炭素吸収線の有効幅から求めたガスの柱密度を使って、放出されたガスの全質量が 10^{-3} 太陽質量程度であることを結論づけた。このガス質量の導出は様々な不確定性を含んだものではあるが、スペクトルのモニター観測から放出ガス量を決定できる可能性を示したものとして価値が高い。

第4章は、本論文のまとめであり、開発した近赤外線分光器NICEの特徴と有用性、及び黄色極超巨星 ρ Casから放出されたガス球殻に関して観測から求められた物理量がまとめられている。またNICEによる連続的なモニター観測が、星の質量放出の観測に有用であることが改めて主張されている。

以上のように、本論文は、独自の工夫により小型化が可能となったEchelle分光器についての記述を与え、またそれを用いた観測においても、黄色極超巨星からの質量放出の1イベントを連続的にモニターしたこれまでに無い観測結果を提示しており、高く評価できる。

なお、本論文の第2章は田中培生、本原顕太郎、宮田隆志、西巻祐一郎、川端拓信、Tae-Soo Pyo、根津航、武山芸英との共同研究、第3章は田中培生、本原顕太郎、宮田隆志、西巻祐一郎との共同研究である。しかし、その全てが論文提出者を第一論文提出者とする論文として出版されており、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。