

氏 名 三 戸 洋 之

学位（専攻分野） 博士(学術)

学 位 記 番 号 総研大乙第75号

学位授与の日付 平成12年3月24日

学位授与の要件 学位規則第4条第2項該当

学 位 論 文 題 目 The Fiber Multi-Object Spectrograph for the Okayama  
188cm Telescope

～Instrument and Observation～

論 文 審 査 委 員 主 査 教 授 家 正 則  
教 授 唐 牛 宏  
教 授 藤 本 眞 克  
助 教 授 梶 野 敏 貴  
教 授 中 田 好 一 (東京大学)

## 論文内容の要旨

### はじめに

ファイバー多天体分光器は、焦点面上にある複数の星や銀河を一度に分光することで、観測効率を飛躍的に向上させることを目的とした観測装置である。本論文では、岡山ファイバー多天体分光器の改造と、それを使って行った散開星団の観測結果を示す。本装置は、1991年から国立天文台の研究グループによって、数10arcminの範囲に広がった、銀河団、星生成領域内の前主系列星、散開星団などの観測を目指して、開発が始められた。主な装置の仕様は、視野1degree、ファイバー本数30本、ファイバー径 $\phi 2.5\text{arcsec}(113\mu\text{m})$ 、分光器の分解能は $\lambda/\Delta\lambda = 100 \sim 150$ である。

申請者がこの装置の開発グループに参加した1993年当時、装置の基本機能とその作動は確認されていた。また、オリオン星雲にある輝線星や、コマ銀河団の観測から、輝線スペクトルや、スカイより高いレベルの連続スペクトルをとらえていることも確認されていた。しかしながら、実際に得られたスペクトルの光量は期待されていたものより弱く、天体をファイバーの中心に正確に導入できていない可能性が高かった。また、装置の制御調整体系が確立していないために、装置を実際の天文学研究に使用することは難しかった。そこで、申請者は装置の性能を十分に発揮させるための改造を行い、実際にそれを用いて散開星団の観測を行った。本論文では、前半部分で装置の改造について、後半部分で散開星団の観測について述べられている。

### 装置の改造

岡山ファイバー多天体分光器は、(1)ファイバー配置装置、(2)多天体用分光器、(3)それらをつなぐ光ファイバー束、そして(4)装置制御とデータ取得を行うコンピュータ、の四者からなる。申請者は、装置の開発グループに加わり、まず最初に基本機能の評価を行った。装置を細かく調査したところ、観測効率を高めるためには、3つの問題点を解決する必要があることがわかり、その解決を行った。

第一の問題点は、ファイバープローブの配置精度が悪いことだった。実験室でファイバープローブの観測天体位置からのずれを調べたところ、 $\sigma = 148\mu\text{m}$ のずれがあることがわかった。ファイバー径が $113\mu\text{m}$ であると考えれば、これが光量を低くしている決定的な要因と考えられた。この問題を解決するために、ファイバープローブを配置する際、その位置が許容範囲内にはいるまで置き直すという方法を採用することにした。この方法を実現するには、装置制御システムを完全に新しく作り直す必要があった。結果的に、配置精度は一桁向上し、 $\sigma = 10\mu\text{m}$ を達成した。

第二の問題点は、装置の光学精度に関するもので、(1)位置測定光学系が、焦点面上のプローブを約 $140\mu\text{m}$ のずれを伴って測定していたこと、(2)同じく位置測定光学系の中で、天体とプローブの結像面が異なっていたこと、そして(3)観測用ファイバーの焦点位置が意図された位置より $1.65\text{mm}$ ずれていたこと、の三点である。これらは、(1)オフセット補正、(2)補正光学系の取り付け、そして(3)ファイバープローブの作り直し、により解決された。

三番目に、装置の制御システムを作り直した。その結果、操作性能が向上し、確実な天体観測が可能となった。

## 散開星団の観測

本論文の後半部分では、このように、性能が向上した岡山ファイバー多天体分光器による散開星団の観測について、述べられている。近年、銀河系の半径方向に対する金属量勾配について、多くの研究が行われている。最近では、Carraro(1998)が、散開星団の観測データを用いて、銀河系外縁部にむかって値が小さくなる  $\Delta[\text{Fe}/\text{H}]/R_{\text{gc}} = -0.09 \text{ dex/kpc}$  という結果を示している。一方で、これを局所的に見た場合、観測精度をこえる約 0.17dex の分散があることがわかってきた (Friel and Janes 1993)。

この分散が、実際に金属量が均質でないことを表しているとすれば、これは、銀河系進化の研究に対して重要な情報を与える。そこで、申請者はこの分散を確認するため、散開星団の均質なデータサンプルを集める観測を始めた。年齢による金属量の影響を考慮して、年齢の対象範囲は 1Gyr より若い天体に限定した。また、距離は決定精度が高いことが期待される太陽近傍 1kpc 以内のものを対象とした。星の  $[\text{Fe}/\text{H}]$  を決定するために、Friel(1987)の方法を参照した。我々が観測したスペクトルに最適化された金属量決定法は、個々の星について  $\sigma = 0.26 \text{ dex}$  の精度で  $[\text{Fe}/\text{H}]$  を決定した。散開星団を構成している星は、同じ分子雲からほぼ同時に生成したと考えることが出来るので、等しい金属量を持っていると考えることが出来る。そのため、散開星団の金属量は、構成する星々の金属量を統計的に処理することによって、より高い精度で求めることが可能である。

観測は 1999 年 4 月から 5 月にかけて行った。観測天体は、散開星団 NGC6709, NGC6866, IC4665, NGC6633 と、金属量較正用の天体 16 個である。結果として得られた散開星団の金属量は、NGC6709:  $+0.15 \pm 0.18 \text{ dex}$ , IC4665:  $+0.08 \pm 0.09 \text{ dex}$ , NGC6866:  $-0.36 \pm 0.18 \text{ dex}$ , NGC6633:  $+0.07 \pm 0.09 \text{ dex}$  である。このうち、NGC6709, IC4665, NGC6866 については、今回の観測で金属量が初めて測定された。NGC6633 は、過去に測定例があり、 $-0.02 \text{ dex}$  (Piatti 1998) という値が得られている。今回測定された値は、この値より若干高いものの、観測精度の範囲内で一致している。

以上のように、散開星団の観測から、装置の実用性を実証することが出来た。現在のところ、観測天体数が少ないために、太陽近傍空間での金属量の分散について確実な議論をすることは出来ないが、NGC6709, IC4665, NGC6633 の 3 つの散開星団の  $[\text{Fe}/\text{H}]$  は、0.08dex の範囲内におさまっており、分散が小さい可能性を示している。今後観測数を増やすことで、より正確な研究を進めていく。

## 論文の審査結果の要旨

本論文はファイバー多天体分光器の実用化・観測性能の実証化という開発研究、及び実証化のための散開星団金属量の観測的研究について、申請者が行った研究成果をまとめたものである。

ファイバー多天体分光器本体は、申請者がこの装置の開発研究グループに参加した1993年時点においては、設計製作と基本的作動の確認が終わった状態であった。申請者の研究課題は従って、同装置を実用的な観測が行えるように完成し、観測効率を飛躍的に改善するというファイバー多天体分光器本来の開発目的が達成され得るかどうかを確認する開発研究を行ったものである。この研究目的が達成されたことは、設計時の仕様値、申請者の研究開始時の状況、学位論文完成時点での達成度の三つが具体的な数値で示され、確認された。

申請者が、光量 (throughput) 減少、およびファイバー端再配置による実質観測時間の減少という、装置が実効的に機能するために決定的に重要な改善課題を、創意工夫を凝らして一つづつ問題点を整理し粘り強く追いつめて解決したこと、また、装置の実用化を立証するためにもっとも有効な観測研究の対象と方法 (下記) を選んだ着眼点が評価された。

観測性能を実証する観測に関して、申請者は、散開星団の個々の星のスペクトルを本装置で同時に取得し、星団で平均することで精度を上げて、我々の銀河系円盤の上で金属量の動径方向の減少勾配 (Galactic radial abundance gradient) に有意な分散があり、銀河中心からの距離がほぼ同じ星団でも個々に差があるように見える現象を解明することを目指した。

得られたデータは4個の散開星団に対してそれぞれ2、8、2、9個、合計21個の星のスペクトルの観測から決定された金属量に限られたが、(1) 太陽近傍では内側に向かって逆に金属量が減少するという示唆をサポートしない、(2) 今回観測した星団の金属量は比較的揃っていて、今回の観測データのみでは分散が大きいことを確認できない、(3) 既に金属量が測られている周囲の星団とは非常に近い値をとった、等の興味ある結果が得られ、今回の限られた数の星団の観測データだけでは統計的に有意性の高い結論を導くことはできないが、同様の観測を続ければ本装置で天文学的に意義のある観測研究が実現できること実証したことに十分な意義があることが確認された。一方、金属量不均質の詳細等については未解決の問題であり、データの誤差量の再評価も含めて今後の研究の方向も確認された。

以上の判断に基づき、本審査委員会は、全員一致により、本論文は博士 (学術) の学位を受けるにふさわしいものであると判定した。