

論文審査の結果の要旨

氏名 田 中 幹 人

近年、銀河形成史に関連して銀河のハローが研究者の強い関心を集めている。特に我々の銀河系やアンドロメダ銀河のハロー内に発見された恒星の帯状の分布、ストリーム構造、は矮小銀河の降着が現在も進行している直接の証拠として、可視・近赤外域での観測、数値シミュレーションの対象となっている。本論文は、すばる望遠鏡主焦点カメラを用いて、アンドロメダ銀河の巨大なストリーム構造（ジャイアントストリーム、以下GS）領域および短軸に沿った領域の深い撮像観測を行い、その領域内に存在する恒星種族の精密な解析に基づいて矮小銀河降着現象の詳細を明らかにしたものである。

第1章はイントロダクションであり、銀河系とアンドロメダ銀河のハローの観測結果が比較され、本研究で行った広視野で深い観測の重要性が示されている。

第2章では観測とデータ整約の結果が述べられている。2004年8月から2008年8月にかけて、アンドロメダ銀河南東部にあるGS中の3領域、南東側短軸に沿った9領域、及び北西側短軸に沿った15領域に対して、すばる主焦点カメラのVバンド及びカズンズIバンドの撮像観測が行われた。この装置は視野に関してハッブル宇宙望遠鏡をはるかに凌ぎ、測光に関しカナダ・フランス・ハワイ望遠鏡より数等深い性能を有し、ハローの種族構成の研究を行うに最適である。測光に当たっては、データ処理パッケージIRAF（DAOPHOT）を用い、人工星を使つての検出率の推定、背景銀河の除去、コントロールフィールド（以下CF）との比較による銀河系の星の除去に細心の注意が払われた。

第3章ではGSに属する恒星の性質が論じられている。データ解析の第一段階はGSに属さない天体を除去して、ストリームに属する星だけの色等級図を得ることである。この除去操作はGSフィールドの色等級図からハロー内CFの色等級図を統計的に差し引くことで行われた。この手法では銀河系の星と背景銀河のみならず、アンドロメダハローの滑らかに分布する成分も除去される。こうして得られた色等級図は、幅広の赤色巨星枝、赤色巨星枝下方に位置するレッドクランプ、その少し上に小さなこぶとして現れたAGBバンプを明瞭に示している。古い種族の赤色巨星枝最高光度はI等級では金属量によらずほぼ一定であることが知られている。したがってこの最高光度に対応する赤色巨星枝突端の見かけI等級から天体の距離指数が得られる。距離指数が決まると、球状星団の色等級図との比較から赤色巨星枝の金属量分布を決定することができる。レッドクランプの光度は金属量と年齢の関数であるが、金属量に対しては強い依存性を持たない。したがって、平均金属量を適用して恒星集団の年齢を推定することができる。GSの色等級図に対して以上に述べた方法で解析を行った結果、距離=880キロパーセク、平均金属量 $[Fe/H]_{mean}$

$= -0.7$, 年齢=80 億年という値を得た。この結果はGSがアンドロメダ銀河本体に対して 90 キロパーセク後方に位置し、ハローとしてはかなり金属量が高く、やや年齢の若い星から構成されていることを示している。以上の結果からこのストリームは比較的重い矮小銀河が数十億年ほど以前に降着して形成されたと結論される。

第4章では前章で説明された手法を短軸に沿った観測領域に適用した結果が述べられている。差し引き用のCFの色等級図は、銀経=103°で銀緯の異なる3箇所から得られた。これらを銀経と銀緯の補正に用いて観測領域に相当する色等級図を作り、観測された色等級図から統計的差し引きを行って、ハローの星の色等級図を作成した。前章と違い、CFがハローの十分外に取られたため、ここではハローの滑らかな成分も含まれている。一般にハローの恒星密度は低いために、その分布に現れる副次的構造の検出は困難である。論文提出者は、ハロー星の色等級図をグリッドに分割しグリッド色等級図を作成し、年齢120 億年で金属量[Fe/H]が-2.31と0.0のモデル等時線に挟まれたグリッドを選び出した。観測領域毎にこうして抽出されたグリッド色等級図を全て重ね合わせたものをウェイトマトリックスとする Matched Filter 法を適用して各観測領域で密度超過領域の検出を試みた。その結果、新たにアンドロメダ銀河北西短軸上に二つの密度超過領域を発見した。銀河中心からの投影距離は60と100キロパーセクで、二つのストリーム構造を横断したものと考えられる。これらの構造にある恒星の金属量は低い。また、北西内側ハローの棚状構造部の金属分布は南東にあるGSとわずかではあるが有意に異なることが示された。一方、滑らかに分布するハロー本体の密度分布は銀河系とよく似ていることが確認された。前章と同様の方法で各観測領域毎に金属量分布を調べた結果、平均金属量の短軸に沿っての分布は北西側と南東側とでかなり異なっていることが分かった。また、レッドクランプの強度が領域によって大きく変動することは中間年齢種族の恒星の分布が非一様性であることを示している。これらの結果はアンドロメダ銀河ハローの化学力学的緩和がまだ完了しておらず、ダイナミカルな進化過程にあることを示すものである。

第5章はまとめの章で、第3章と第4章で得られた結果が改めて整理された形で提示されている。

本論文はすばる望遠鏡主焦点カメラの広視野性能を十分に発揮した深い撮像観測に基づいて、アンドロメダ銀河ハローのストリーム構造を構成する恒星種族の年齢と金属量を調べ、銀河形成における降着過程のスナップショットを明瞭に示したもので、天文学上高い意義を有すると判断される。本論文は家正則、千葉証司、小宮山裕、R.Guhathakurta及びJ.Kaliraiとの共同研究に基づくものであるが、本論文にまとめられた内容については論文提出者が主体となって解析および考察を行ったもので、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。