

論文審査の結果の要旨

氏名 美濃和 陽典

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、本論文の意義および研究の背景が簡潔に記されている。第2章は今回の研究のために行った観測および用いたデータがまとめられており、第3章でデータ整約と解析の基本が記されている。第4章では近赤外線で見かけの明るさ別に数えた結果（銀河計数）が示され、第5章では銀河の赤方偏移を推定した手法および銀河の形態を定量的に分類した手法が記されている。第6章ではすばる望遠鏡の補償光学(AO)システムの性能および画像情報へ与える影響の評価が行われている。第7章では銀河計数の結果の解釈と近赤外線背景放射との関係、銀河の大きさと明るさの進化についての結果の検討と議論がなされている。第8章は論文全体のまとめである。

銀河の形成及びその進化の過程は、現代宇宙論における最大の問題の一つである。この問題を解決するためには、高赤方偏移の銀河を直接観測し、その物理量を得ることが不可欠である。銀河の基本構造を成す古い星からの光は波長4,000 Å以上の可視域で出るため静止系可視波長での観測が必要であるが、銀河の成長期である高赤方偏移（赤方偏移 $z=1\sim 3$ ）では、静止系で可視の光は近赤外線として観測されるため、近赤外線での深撮像観測が重要となる。

本論文では、すばる望遠鏡のAOシステムと近赤外線撮像分光装置（IRCS）を用いて近赤外線（K'バンド; $2.1\ \mu\text{m}$ ）波長域での深撮像観測（総積分時間26.8時間）を約1分角視野のブランクフィールドで行った。AOシステムは、地球大気の揺らぎによる波面誤差の影響を取り除き、望遠鏡の回折限界に近い高い空間分解能を達成することができる。この観測により得られたK'バンドの撮像データは、これまで得られた同様の撮像データの中で最も深い限界等級まで到達し、また得られた空間分解能は点源の半値幅で0.18秒角であり、近赤外線でのハッブル宇宙望遠鏡を越える高い空間分解能を達成した。この撮像データを詳細に解析し、またすばる望遠鏡のアーカイブデータから得た可視から近赤外までの撮像データ、及びIRCS+AOで得たHバンドのデータを加えて以下の結果を得た。

銀河計数の結果、暗い（ $K' > 22$ ）銀河の数の増え方は明るい（ $K' < 22$ ）銀河に比べて緩やかになる事をこれまでで最も暗い範囲まで示した。これにより銀河形成のモデルに制限を与え、いくつかのシナリオを棄却した。また銀河計数の

結果から、銀河からの赤外線宇宙背景放射への寄与は背景放射全体の50%以下であり、銀河起源でない背景放射成分が存在するという結果をこれまでで最も明確に示した。

さらに高赤方偏移銀河の大きさと光度の関係を詳しく調べた。まず銀河の見かけの大きさと見かけの明るさの関係を銀河進化モデルと比較し、観測結果は銀河のサイズ進化がないモデルと矛盾しないことを示した。次に、銀河の光度プロファイルモデルフィットすることで銀河の大きさ（有効半径）を精度良く求め、測光から求めた赤方偏移と組み合わせて銀河の固有の大きさを推定した。また光度プロファイルから個々の銀河の形態を早期型と晩期型に分類した。その上で銀河を赤方偏移 $0 < z < 1$ 、 $1 < z < 2$ 、 $2 < z < 3.5$ の3つのグループに分け、銀河の固有の大きさと光度の関係を、早期型、晩期型の形態別に求め、近傍と比較した。その結果、晩期型銀河の大きさと光度の関係は、 $z \sim 3$ まで近傍銀河のものと同様でほとんど変わらない事が分かった。一方早期型銀河では、サンプルが少ないものの $2 < z < 3.5$ で大きさが近傍の同光度の銀河の大きさと比べて小さくなる

（高赤方偏移ほど表面輝度が明るい）傾向が見られたが、この進化は、銀河の光度進化モデルで説明することができた。以上のことから、銀河の固有の大きさは $z \sim 3$ まではほとんど進化がないことが示唆された。このことは、階層的構造形成モデルから予測される衝突・合体の過程に制約を与えることになる。ただし、大きさと光度の関係を変えず（表面輝度を保ったまま）サイズが進化するというシナリオと観測結果とは矛盾せず、より詳細なモデルとの比較検討が必要である。

以上、本論文はこれまでにない高い質の近赤外線銀河の画像データを詳しく調べることにより、銀河進化を理解する上で重要な観測的制限を与えた画期的なものである。またすばる望遠鏡A0システムの性能評価も含め、解析や検討は丁寧かつ多岐にわたってしっかりと行われている。論文の記述も明快で、論文提出者に高い研究能力があると認められる。

なお、本論文の第2章、第3章、第4章、第5章、第6章、第7章の主要部分は、小林尚人、吉井譲、戸谷友則、舞原俊憲、岩室史英、高見英樹、高遠徳尚、早野裕、寺田宏、大屋真、家正則、Alan T. Tokunagaの各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって研究を行ったもので、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。