

研究成果

宇宙は、インフレーション、ビッグバンをへて膨張し続け、ダークマター密度揺らぎが成長して様々な階層構造が形成され、その過程で、第一世代の星形成、銀河の形成と恒星の形成進化などがおこり、現在の宇宙へと進化してきた。宇宙物理学研究室の理論グループは、こうした宇宙の構造形成の解明を目標として数値シミュレーションを主に用いて研究を行っている。また、観測グループは、宇宙電波観測によって、銀河の星間分子輝線の観測、銀河の星形成、銀河の棒状構造と分子雲進化などの研究を行っている。当研究室では、北海道大学苫小牧研究林内に北大理学研究科宇宙電波観測所を設け 11m電波望遠鏡による銀河系の分子雲の星形成領域の観測を進めている。11m電波望遠鏡は、日本国内の大学連携超長距離基線干渉計観測(VLBI)網(国立天文台と北大、茨城、筑波、岐阜、山口、鹿児島各大学)に参加して成果をあげている。

理論グループの研究

理論グループは、宇宙における構造形成、特に銀河銀河団の形成と進化を明らかにするため理論的な研究を進めている。宇宙論的な銀河銀河団の形成では、宇宙の物質の大半を占めるダークマターが重要な役割をはたしており、この研究はダークマターの解明とも深くかかわっている。ALMAの本格的な稼働によって系外銀河のガスの詳細な観測が可能になったことから、銀河の構造とガス運動、分子雲形成、星形成にいたる過程を詳細に研究する意義が大きくなっており、2010年度の夏から銀河理論グループに参加しているエリザベス・タスカー テニユアトラック助教とともに、ENZO codeをもちいた研究を本格的に展開している、また、2013年3月には岡本崇氏が参加し、宇宙論的な高精度数値シミュレーションを用いた初期銀河の成長や銀河構造の形成過程の研究が進められた。

Λ CDM宇宙における銀河形成とダストの影響の研究

最近の宇宙背景マイクロ波放射の観測から支持される Λ CDM宇宙では、銀河団形成はかなり早くから開始される。宇宙論的な銀河団形成は銀河形成と関連する可能性がある。そこで、最近観測から明らかにされた遠方銀河のサイズ進化に注目して研究を進めている。それによると、コンパクトな遠方銀河は単純な銀河形成モデルでは説明できないサイズ進化を示している。そこで、我々は、銀河団形成領域における銀河ダークマターハローの合体過程を高精度シミュレーションを用いて調べ、銀河合体過程と銀河サイズ進化との関係を研究している(大木と石山, 羽部, 成果の一部はMon. Royal Society 2013に出版)。銀河形成時の星形成では、水素分子形成過程が重要であり、ダストの有無はこれに大きく影響する。このことに注目して研究を進めている。銀河形成時のダストの生成と破壊における超新星の重要な役割、特にサイズ進化を考慮した研究はこれまでなされていない。この研究を宇宙理学専攻の小笹と協力して研究を進め、銀河形成に対するダストの生成破壊の影響がかなり大きいことを示し(Astrophysical J. 2011)、宇宙の最電離過程への影響や、宇宙再電離以後のPopulation III star形成の可能性を研究した(山澤と羽部)。

銀河構造と分子雲形成、星形成との関連の研究

銀河の分子ガス量と星形成率の関係に対する銀河構造の影響を明らかにするため、円盤銀河と異なった構造を持つ棒状銀河について数値シミュレーションを進め、棒状領域で形成さ

れる巨大分子雲は、内部速度分散が大きく星形成効率が低下する可能性を理論的に示した（二森と羽部MN2013に出版）。この問題をさらに発展させるため、D1の藤本がTasker、羽部とともに高精度3次元計算を行ない、銀河構造と分子雲形成過程の関連を明らかにした（Fujimoto et al. 2014, accepted for publication）。また、名古屋大学の福井らとともに、分子雲衝突による大質量星形成過程に関して共同研究を進め、これによる大質量星形成の可能性を明らかにした（高平、Tasker、羽部、成果の一部は投稿中）。

宇宙論的銀河形成シミュレーションを用いた研究

岡本は、宇宙論的銀河形成シミュレーションを用いて、銀河系に対応する円盤銀河の形成過程と、高赤方偏移銀河の性質を調べた。前者については、特筆すべき成果として、銀河中心に存在するバルジ構造が従来考えられていた形成過程（銀河同士の合体や、棒状構造による永年進化による形成）ではないことを明らかにした。我々のシミュレーションでは、バルジは、高赤方偏移の宇宙で角運動量の小さなガスが激しく供給されることにより形成されており、このように形成されたバルジの特徴は天の川銀河のバルジの特徴とも良く合致することがわかった。これは、世界で初めての結果である。後者については、シミュレーションデータを擬似観測することにより、すでに観測されている銀河の種族と合致する銀河を選びだし、それらの銀河の性質を明らかにした。また、その性質を用いて、ALMA 望遠鏡を用いてこれらの銀河の赤方偏移を正確に決める方法を提案し、ALMA 望遠鏡での観測提案も行った。もし観測が上手くいけば現在分光学的に求められている天体の赤方偏移記録を塗り替えるインパクトの大きな研究となる。卒業研究では、シミュレーションから得られた銀河の棒状構造の進化、活動銀河核に対するダスト減光の影響、新しい数値流体法の開発の3つを行い、最初の2つについては論文投稿準備を進めている。（岡本）

宇宙電波観測グループの研究

苫小牧11 m電波望遠鏡の整備

観測効率の大幅な向上をはかるために観測の自動化を進め、試験的に全自動観測を開始した（南原ほか、日本天文学会2013年春季年会にて発表）。さらに、望遠鏡駆動系のトラブルからの自動復旧可能な機能も付け加え、本原稿執筆時点で、その部分も含めてほぼ完成に近い状態となっている。一方で、全自動観測時に必要となる風向風速情報を得るための気象観測装置が度重なる不具合によって使用できなくなり、代替機によるシステムを構築中である。

銀河系の棒状構造の推定に関する研究

銀河系の棒状構造（バー）の正確な形状の推定を目指して、苫小牧11 m電波望遠鏡を用いて水素原子の再結合線の探査観測を開始した。多大な観測時間を要するためにこの観測は全自動モードで行っており、システム完成予定の2014年度から本格的な観測を実施する予定である。

系外銀河の分子ガスに関する研究

近傍銀河における大局的な星生成機構の解明を目標に、国立天文台野辺山宇宙電波観測所45 m電波望遠鏡を使った分子ガスの観測及び同望遠鏡で取得されたアーカイブデータを用いた研究を進めた。銀河系のような渦状腕やバー構造を持たない不規則銀河IC 10につい

ては、活発な星生成領域に密度の高い分子ガスが多量に存在すること、HCN, HCO+輝線の強度比がガスの金属量を反映している可能性があることを発見した（瀬川ほか、日本天文学会2013年秋季年会にて発表；瀬川，2013年度修士論文）。また、近傍の棒渦巻銀河のバー構造に付随する分子ガスと渦状腕等に付随する分子ガスのスペクトル線の輪郭等の比較から、バーに付随する分子ガスは運動が激しく、結果的に分子ガスのスペクトル線が光学的に薄くなっており、通常用いられる変換係数によって分子ガスの質量を導出するとガスの量を過大評価してしまう可能性があることを指摘した（田代，2013年度修士論文；徂徠ほか，“The Impact of Galactic Structure on Star Formation”にて発表）。

VLBIによる複数銀河核の探査観測

銀河中心核に存在する超巨大ブラックホールに着目し、銀河における過去の衝突の履歴を調べることを目標とし、超長基線干渉計（VLBI）による複数の銀河核の探査計画を開始した。パイロット的に観測する対象を抽出し、大学VLBI連携観測網（JVN）による観測を提案、採択された。観測は2014年度前半に実施される予定である。