

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、その過程でダークマター密度揺らぎが成長し、様々な階層構造が形成された。こうした過程の中で、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。宇宙の構造形成の解明は、現在盛んに研究されている。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、巨大ブラックホールが関連する活動的銀河核などの観測的研究を行っている。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。また、北大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)の各大学)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銀河構造と分子雲形成、星形成との関連の研究

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、2014に論文投稿中)。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。この問題をさらに発展させるため、D2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)。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数値シミュレーションによって明らかにした(高平、Tasker、羽部、2014)。

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、宇宙論的シミュレーションを用いて、高赤方偏移銀河の性質とその観測可能性について検討し、その結果を用いて ALMA 望遠鏡での観測時間を申請し受理された。さらに、高赤方偏移から現在までの銀河の進化をシミュレーションで無矛盾に調べるために、 $z = 4$ から 0 までの基本的な観測的性質を再現できる銀河進化モデルを構築した。また、高分解能の宇宙論的シミュレーションを行うことにより、円盤銀河に見られる棒状構造が銀河本体とどのように共進化するかを明らかにした。以上の研究は3本の論文として出版した。一方、準解析的モデルと呼ばれる手法と大規模な宇宙論的 N 体計算を合わせて用いることにより、銀河内のダストがクエーサーと呼ばれる明るい活動銀河核の光度関数に与える影響を調べた。この結果、銀河とクエーサー両方の性質を同時に再現するためには、銀河のバルジの形成よりも銀河中心ブラックホールへのガス供給は銀河の力学的時間の数倍遅れる必要があることが分かった（論文印刷中）。計算科学としては、数値的に非常に計算量が多く取り扱いが難しい散乱光を含む輻射輸送を GPGPU を含む、並列アーキテクチャ上で並列化する手法を開発し実装した。

宇宙電波観測グループの研究（徂徠）

苫小牧11 m電波望遠鏡の整備

前年度に不具合が発生した気象観測装置を更新し遠隔自動観測システムへと組み込んだ。また、電波連続波観測システムを更新し、これまでよりも高い感度の観測が可能となった。

銀河系内の電離水素領域に関する研究

自動モードでの観測によって、銀河系内の電離水素領域に対する電波再結合線観測を実施した。銀河系内の棒状構造（バー）の正確な形状の推定を目指した観測では、銀河面に沿って $2^\circ \times 0.6^\circ$ の領域について240点を観測するというこれまでにない規模での観測を実施できた。バー領域からの電波再結合線は検出できなかったが、既知の連続波源に対する探査では7点中2点から電波再結合線を検出することができた。検出できた観測点については、他波長データとの比較を行い、電波強度から星形成率を導出した（楠，2014年度卒業論文）。電波再結合線観測からの星生成率の導出は、今後重要となるサブミリ波銀河など星間減光の大きい天体についての星生成を調べる上でたいへん重要である。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。

VLBIによる複数銀河核の探査観測

河合体の痕跡を探るために、活動銀河中心核（AGN）が2つある可能性があるダブルピークAGNについて、超長基線干渉計観測を実施した。このうち、3C 332については、電波放射成分が1つ検出できた。2成分ではないものの、3C 332についてはこれまでで最も高い解像度での電波放射の検出であり、今後の探査に期待を持たせる結果となった（西川，2014年度修士論文）。

系外銀河の分子ガスに関する研究

近傍銀河における分子ガスと星生成に関する大局的な性質を明らかにするために、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観測並びに過去に観測されたアーカイブデータを用いた研究を実施した。特に、銀河団銀河と孤立銀河を比較した研究では、銀河団銀河では銀河団中を運動することで原子ガスが動圧によって剥ぎ取られる効果が見られるが、原子ガスよりも銀河の内側に存在する分子ガスについては、その効果が見られないことを明らかにした（梅井, 2014年度学位論文）。