

研究成果

宇宙は、ビッグバン以後の宇宙膨張とともにダークマターの密度揺らぎが成長し、様々な階層構造が形成され、第一世代の星形成、銀河の形成とその後の恒星の形成と進化などをへて進化してきた。宇宙物理学研究室の理論グループは、宇宙初期に形成された星の進化、宇宙論的な銀河・銀河団の形成進化の解明を目標に研究を進めている。具体的には宇宙初期に形成された低金属星の研究、数値シミュレーションによる銀河銀河団の宇宙論的な形成と進化の研究を行っている。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。

恒星の進化と元素合成の研究、銀河系の星形成史・化学進化の研究

恒星進化グループの主たる研究の対象でもあり、銀河系ハローの残存する宇宙黎明期の恒星の表面特性、その形成史の分析の基礎となる、中低質量星の進化と核種合成について研究を継続した。恒星の統計から見積もる可能性についても検討した。また、超金属欠乏星の特性を考慮した銀河系ハローの形成の形成過程の研究では、われわれのグループの提唱した大質量の初期質量関数および連星シナリオに従い、その帰結としての、初代星とその超新星爆発に汚染された第2世代以降の星の特性の相違、あるいは、電子対発生不安定によって誘起される超新星爆発の可能性を議論し、宇宙黎明期の星形成史とその探査の可能性を議論した。金属欠乏星データベース(The Stellar Abundances for Galactic Archaeology (SAGA) database <http://saga.sci.hokudai.ac.jp>)は、引き続き国内外から広く利用されている。太陽の約100分の1の金属量で銀河系ハロー星の初期質量関数が転換の痕跡が与えると核種合成への影響について検討した。その初期的な成果として、亜鉛やコバルトの表面組成に初期質量関数の変化の痕跡が見られることを示した。その他の元素についても、その増加過程の解析を進めている。巨大ガス惑星の構造と進化に関する研究を東京工業大学の生駒太陽助教との共同研究も継続している。

銀河理論グループの研究

銀河理論グループは、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研究している。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、銀河形成時における星形成過程の解明も重要である。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・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。

高精度銀河形成モデルを用いた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おこりはじめる。この宇宙論的な銀河形成と銀河団形成の関連は大変興味深い。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。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ことが示され、銀河合体過程が注目されているが、高精度な計算により研究した例は限られている。そこで、我々は、銀河団形成領域における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の結果を用いて調べ、minor mergerが多く起きており、それによる銀河のサイズ進化が観測程度に急速であるという結果を得た（大木と羽部、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とに注目して研究を進めた。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の形成の可能性を明らかにした（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

棒状構造をもつ銀河の分子ガスの量と星形成率との関係は、円盤銀河と異なっている問題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 MN 2013に出版)。現在、この問題についてM2の藤本がTasker、羽部とともに高精度3次元計算を進めている。このシミュレーションでは、銀河構造と分子雲形成と分子雲の性質を明らかにしている。また、名古屋大学の福井から羽部が1992の論文で示した分子雲衝突特有の構造の発見が報告され、分子雲衝突による大質量星形成過程に関して名古屋大学との共同研究を進めている（高平、Tasker、羽部）

宇宙電波観測グループの研究

苫小牧11m電波望遠鏡の整備

観測機器等の老朽化に伴う破損が続き、その対応のためシステムの一部を改修した。また、観測効率の向上のために、観測の全自動化を進め、トラブルからの自動復旧が可能な無人観測システム化を進めた（南原，2012年度修士論文）。今年度末最終試験中であり、2013年度から本格的に全自動観測を進める予定である。

銀河系及び系外銀河の棒状構造と分子ガスに関する研究

苫小牧11 m電波望遠鏡によるNH₃分子スペクトル線及び水素原子の再結合線の探査観測で、銀河系の棒状構造（バー）の正確な形状の推定及びバー端での分子ガスの性質について調べた。その結果、バーの端では分子雲どうしの衝突による高密度分子ガス形成の兆候があること（大石，2011年度学位論文）、バー全体に分子ガスが広がっている可能性を明らかにした（南原，2012年度修士論文）。また、国立天文台野辺山45 m電波望遠鏡による系外銀河のデータから、バーに付随する分子ガスの性質が渦状腕領域と異なることを明らかにし（Sorai et al. 2012）、赤方偏移が0.1程度の距離で中心核活動性の低い棒渦巻銀河からの分子ガス輝線の検出に成功した（松井，2011年度学位論文； Matsui et al. 2012）。

超長基線干渉計 (VLBI) による大質量星形成過程に関する観測的研究

国立天文台VERA及び大学VLBI連携観測網 (JVN) により大質量星形成領域のガスジェット/アウトフローをVLBI観測し、大質量星形成での質量降着過程の研究を進めた。特に、青方偏移したH₂Oメーザースペクトル線を示す天体を野辺山45 m望遠鏡により観測等をし、光学的に厚い円盤が双対のジェット的一方を隠している可能性を示した (Motogi et al. 2013)。

VLBIによる活動銀河核 (AGN) の高空間分解能観測

国立天文台、東京大学、山口大学などが共同で進めるAGNのガンマ線放射領域の解明プロジェクト (GENJI) に参加し、VERAによるAGNのデータを用いて、AGNから放射されるジェットのサブ・パーセクスケールの構造と運動について調べた。その結果、電波銀河3C 84において、ジェットの根元にふらつき運動が起こっている可能性を明らかにした (日浦, 2012年度修士論文)。

ASTE望遠鏡搭載多色連続波カメラの開発

2008年度から東京大学、国立天文台野辺山観測所と共同で進めている、超伝導転移端センサー (TES) を用いた、ASTE望遠鏡搭載用ミリ波・サブミリ波帯多色連続波カメラの開発を南谷、竹腰で引き続き行った。2012年はASTE望遠鏡への搭載に向けた最終組み上げと評価試験を野辺山観測所で実施し、3月からチリでのASTE望遠鏡への搭載試験を行った。6月にはファースト・ライトを達成、270GHz/350GHz (波長1.1 mm/850 μ m) での2周波同時観測による月のイメージを取得することに成功、7月以降は次の観測シーズンに向けて、整備と評価を進めた。なお、本研究は、科学研究費補助金 特別推進研究 (代表: 東京大学 河野孝太郎 教授) 経費の配分を受けて実施している。

大・小マゼラン雲中の巨大分子雲と星形成のサブミリ波観測による研究

ASTE望遠鏡及びオーストラリアのMopra望遠鏡で取得したCO輝線のデータとの比較から、小マゼラン雲 (SMC) 中の分子雲の温度・密度をこれまでにない確度で明らかにした。また、波長1.1 mmの単色連続波カメラ "AzTEC" を用いたSMC全面のサーベイ観測のデータ解析から、この波長帯の連続波が分子雲の良いトレーサーであることを示した。さらに、SMCの背景に未同定のサブミリ波銀河の候補天体を3個検出し、その1つが非常に高い星形成率を示す遠方銀河で、重力レンズ効果により増光を受けていることを明らかにした (竹腰, 2012年度学位論文)。