

# CLJ2010+0628: 巨大銀河形成から宇宙論まで

林 彦廷 Yen-Ting Lin

IPMU 博士研究員

ジョン D. シルバーマン John D. Silverman

IPMU 助教

高田昌広 たかだ・まさひろ

IPMU 准教授

田中賢幸 たなか・まさゆき

IPMU 博士研究員

暗黒エネルギー成分が支配的な冷たい暗黒物質モデル（以下、 $\Lambda$ CDMと略す）は現在の代表的な構造形成の理論モデルであるが、暗黒物質の重力的な収縮過程はハローを形成し、ハローは他のハローとの合体あるいは質量降着を通して成長する。宇宙モデルを仮定すれば、解析的なモデルや数値シミュレーションを用いることにより、大質量ハロー（例えば、 $10^{13}$ 太陽質量以上のハロー）の個数密度や空間的な分布を精密に推定することが可能になる。このため、大質量ハローの個数密度を測定することにより、質量密度パラメータ、パワースペクトルの振幅や原始非ガウス性の大きさなどの宇宙論パラメータを制限することができる。

実際の宇宙ではどうだろう？ 銀河団が巨大暗黒物質ハローの対応天体である。実際、銀河団の研究は非常に面白く、また難解でもある。大量のガス（ICM: 銀河団内ガス）は、重力ポテンシャルに引き込まれる過程において、 $10^7$ K（1000万度）までショックで加熱される。銀河団領域で密集して分布している数百ものメンバー銀河は様々な質量を持ち、様々な形成史を経てきた。銀河にとっては、銀河団とは居心地の悪い場所である。暗黒物質の重力ポテンシャル、ICMや他の銀河との相互作用は、銀河の形状を変形させ、星ははぎ取り、ときには新たな星形成を引き起こし、さらに

は銀河の中心に存在するブラックホールの活動を誘発させているかもしれない。力学摩擦により、銀河は銀河団中心に落ち込み、中心の巨大銀河と合体してきたであろう。結果として、非常に小さいハローのフィールド銀河と比較して、銀河団銀河は全く異なる種族である。また、高温ICMの制動放射のため、銀河団は宇宙で最も明るいX線天体である。さらに、ICM中の高温熱的電子は宇宙背景放射の光子を逆コンプトン散乱し、銀河団領域における宇宙背景放射スペクトルに歪みを引き起こす（スニヤエフ-ゼルドヴィッチ効果として知られる）。

上述の大まかな描像は、銀河団の現時点での我々の理解をまとめたものである。おおざっぱに言えば、銀河団は単純な天体であると思われるかもしれない。暗黒物質ハローは $\Lambda$ CDMが予言するように振る舞い、ICMはその重力ポテンシャルと静水圧平行にあり、銀河団銀河の性質は宿主銀河団と良い相関を示すと期待される。しかしながら、「どのように銀河団の質量を測定できるか?」、「ICMの密度、圧力の分布はどうなっているのか?」、「銀河進化を促している主要因はどんな効果か?」などの具体的な質問に答えようとすると、すぐに我々の理解が足りていないことに気がつく。これらの課題を解決しなければ、銀河団を精密宇



宙論に用いることは不可能である。

「CLJ2010+0628\*：巨大銀河形成から宇宙論まで」はこの精密宇宙論の時代を念頭にして企画した。発想は単純である。銀河団研究の様々な分野で活躍している第一線級の研究者を一堂に会し、将来の大規模銀河団データを有効に活用するのを妨げ得る重要な問題を解決するには、どのようにして多波長データを用いるべきかを議論することを目的とした。

会議の企画は正式には2009年夏ごろからスタートした。その年末までには招待講演者のリストを固めた。幸いにも、銀河団コミュニティはこのような会議を熱望していたようで、沢山の講演申し込みから一般講演を選ぶのは非常に大変だった。また、会場の制限から、多くの参加自体の申し込みを断らざる得ない状況にもなり、参加できなかった方には大変申し訳なく、この場を借りてお詫びしたい。

研究会は2010年の6/28-7/2の5日間、柏図書館の大講義室で行い、またランチセッションをIPMU 研究棟、総合研究棟で開催した。20名の招待講演者を含め、計160名もの参加者があった。39の一般講演に加え、ポスター発表は80にも及んだ。講演のスライド、講演のビデオは研究会ホームページで公開されている。本研究会は、まさに真の国際研究会であり、欧米からの参加者が全体の3分の2ほども占め、それ以外は日本、台湾、韓国からの参加者であった。

ガス・エブラルド氏（ミシガン大）の銀河団の暗黒成分と光る（バリオン、光子）成分の関係を概観した

招待講演で会議はスタートした。小松英一郎氏（テキサス大/IPMU）は「Gem vs. Junk 銀河団宇宙論」を議論した。アンソニー・ゴンザレス氏（フロリダ大）は衝突銀河団 Bullet Cluster における銀河団内の星光の美しい画像で会場を魅了した。ビル・ホルツアプフェル（カリフォルニア大パークレー校）は、彼らが観測したSZパワースペクトルが理論モデルと一致しないことを報告し、永井大輔氏（エール大）はその不一致は銀河団外縁部のガスの非熱的運動で説明でき得ることを指摘した。ジム・ガン氏（プリンストン大）が会議をサマリーし、宇宙論を始める前には、銀河団領域における星、銀河、ICMの物理を理解するのが重要であることを改めて強調し、会議は終了した。

会議は大成功に終えることができたのは、他の会議運営メンバーである、ヤン・ラム氏、大栗真宗氏、吉田直紀氏の活躍によるところが大きい。また、IPMUのスタッフである宇治田さんの献身的なサポートなしには、会議自体が実現しなかったであろう。IPMUの他のスタッフ、特に国際支援スタッフ、ITスタッフにもこの場を借りて感謝の意を表したい。最後にIPMUとDENET科研費（代表者：須藤靖教授）のサポートに感謝申し上げる。

\* 銀河団の名前付けは通常は、「(prefix)-J-HHMMsDDMM」の形式を取る。ここで「prefix」は通常はその銀河団を発見したプロジェクトの名前である。「J」は天文で使われる分点である。「HHMM」と「sDDMM」は天球座標の経度と緯度である。研究会名「CLJ2010+0628」はこの方式を取ったが、座標の代わりに研究会の開始日を取り、「J」はJapanを表す。