

# カブリIPMUフォーカスウィークワークショップ

## 小規模スケールの宇宙構造による宇宙論

アレクシー・レオト [Alexie Leauthaud](#)

Kavli IPMU 助教

スルド・モレ [Surhud More](#)

Kavli IPMU 博士研究員

高田昌広 [たかだ・まさひろ](#)

Kavli IPMU 教授

7月22日から26日まで「小規模スケールの宇宙構造による宇宙論」に関するカブリIPMUフォーカスウィークワークショップが開催され、世界中から弱い重力レンズ、銀河のクラスタリング（空間集積度）統計量、（銀河の固有運動による）赤方偏移歪み効果、および銀河団などの小規模スケールの宇宙構造の天文観測から宇宙パラメータ、あるいは修正重力理論の可能性を調べることに興味をもっている研究者が集まりました。（ここで小規模スケールとは、数Mpc（数10万光年）より小さい距離スケールのことです。）

この小スケールの観測手段の情報を宇宙論に使う上での困難は、私たちの銀河形成に関する物理の理解がまだ十分ではないことです。ワークショップでは、如何に銀河形成に付随する不定性、およびその影響を考慮しながら、観測量から興味ある宇宙論的情報のみを引き出せるかについての方法を議論することが焦点の一つでした。

ワークショップはこの分野の進展の現状と今後の課題について、ディスカッション・リーダーの司会による座談会形式で行われました。初日の議論は、如何に様々な観測量を組み合わせることで、現象論的に銀河形成について理解できるか、また同時に宇宙論パラメータを知ることができるかという問題について、どのようなアプローチが有効か議論しました。このとき、冷たいダークマターモデル（CDM）の数値シミュレーションは、小規模構造から宇宙論研究を行う

ための主力となる手段です。2日目には、そのような研究にどのような精度かつ統計データサイズの数値シミュレーションが必要かを議論しました。3日目は、固有運動のために銀河の正確な位置を測定できないことによる赤方偏移歪み効果の議論に専念し、この歪み効果をモデル化する方法の最近の進展について議論がありました。4日目には、バリオン（ガス物理）に伴う物理がダークマターの空間分布に及ぼす影響、またそのバリオンの影響を現象論的にパラメータ化できるか、について議論しました。これは現在進行中あるいは計画中の大規模銀河サーベイから得られる宇宙論的重力レンズ効果から、最大限の宇宙論的情報を引き出すために重要な課題です。また、重力理論の修正について議論し、大規模構造の観測量から重力理論をテストする方法、さらに修正重力理論のモデルに基づくシミュレーションの現状について議論しました。最終日は、大規模な銀河撮像サーベイから銀河団を見つけ出す方法とその銀河団カタログで可能になる宇宙論について議論しました。

また、最終日にはこのワークショップの2つのまとめが呼び物でした。一つはフランク・ヴァンデンボッシュ氏による「楽観主義者」のまとめ、もう一つはマーティン・ホワイト氏による「懐疑主義者」のまとめです。楽観主義者のまとめは、ワークショップで議論された、小規模スケールの宇宙構造をモデル化する際に困難があるものの、モデルの不定性および銀河形成

に関するパラメータの不定性を考慮した後でさえ、これら小規模構造の観測量は宇宙論に有用であるという良い結果を強調しました。また、現在の宇宙の物質量（密度パラメータ）と物質分布の非一様性（揺らぎ）の振幅パラメータに関して、最新の宇宙マイクロ波背景放射観測衛星Planckと小規模構造の観測量から得られた結果が一致しないことが指摘されました。一方、懐疑主義者のまとめは素粒子物理のコライダー実験と対比して示されました。宇宙論パラメータの精密測定は恐らくバリオン音響振動実験や宇宙マイクロ波背景放射実験のような（素粒子物理の電子加速器に似た）クリーンな観測手段に任せるべきで、他方、小規模構造の観測手段は（陽子加速器に似て）精密測定よりも発見のための優れた手段ではないか、という指摘があ

りました。また、小規模構造の観測手段が銀河形成の物理の不定性に対して余り影響されない柔軟性を有していることを示唆している結果も重要であると強調しました。さらに、将来の観測キャンペーンを計画する上で役立たせるために、各手法の宇宙論への依存性のテスト（研究ワークショップで議論された幾つかのアイデア）を実施する必要性を指摘しました。

ワークショップで議論されたトピックスは今後のハイパー・シュプリームカム（Hyper Suprime-Cam）やプライム・フォーカス・スペクトログラフ（Prime Focus Spectrograph）による銀河サーベイを宇宙論に最大限活用するために必要な研究の方向性を見出す上で極めて重要なものでした。

