

宇宙暗黒物質の実験的・理論的究明



● 研究代表者

市川 隆 天文学専攻・助教授
Takashi Ichikawa

● メールアドレス…ichikawa@astr.tohoku.ac.jp

● 専門分野…光・赤外線天文学

● 主な研究課題…
 ・近傍銀河の構造と進化に関する研究
 ・宇宙初期にある銀河の進化と分布の解明
 ・光・赤外線観測装置の開発

● 研究目的

現代宇宙論における最大の課題は、宇宙の諸階層(銀河、銀河団、超銀河団)がいつどのようにしてできたかを解明することである。膨張宇宙の中で宇宙暗黒物質(ダークマター)の密度揺らぎが成長し、その重力場にバリオン物質が引き寄せられる。その中で小さな銀河が生まれ、それらが合体して大きな銀河に成長する。銀河はお互いに引き寄せ合い、やがて銀河団、超銀河団へと成長していく。このような階層的合体仮説に基づいて、宇宙の階層構造ができたと考えられている。本研究ではダークマターとバリオン物質との相互関係、特に両者の空間的、速度的分布の関係(バイアスの問題)、ダークマターの階層的合体の歴史と銀河形成、銀河形態との関係(銀河形成の問題)など、階層構造と銀河進化に関わる本質的な課題を解明する。

一方、ニュートリノは質量を持つことが地上実験により強く示唆されている。ビッグバン背景ニュートリノは重力レンズ、構造形成を引き起こす重力ポテンシャルのソース(源)となる。しかし、ニュートリノの質量は冷たい暗黒物質よりも圧倒的に軽いため、その速度分散は大きく、暗黒物質の重力ポテンシャルの成長を抑制する効果として現れる。すなわち質量ゼロのニュートリノを持つ宇宙に比べ、現実の宇宙では背景銀河への重力レンズ効果は抑制されているはずである。本研究のもう一つの目的は、この抑制の度合いを詳細な重力レンズ解析から検出して、ニュートリノの質量範囲を宇宙論的研究から求めることである。

● 研究内容

本研究グループでは上記の研究を行うために、国立天文台すばる望遠鏡に搭載する赤外線観測装置(MOIRCS)を開発した。この装置は極めて高い空間分解能($0.12''$ /画素)と800万画素の広い視野($4' \times 7'$)を持つ世界最高性能の赤外線分光撮像装置である。本研究計画ではこの装置によって銀河団の形成過程の解明や銀河団に付随するダークマター分布を系統的に研究する。

宇宙の階層的大規模構造は、遠方銀河の像に対して系統的な重力レンズゆがみ効果を誘発する。電磁波と全く相互作用しないダークマターの存在は、重力レンズなどの多くの観測からほぼ確実視されており、その背景にある銀河の形のゆがみから暗黒物質の分布を直接観測する唯一の手段になる。またバイアス問題に明快な解答を与えるためには、バリオン分布をよく反映した波長域における銀河観測が重要となる。銀河の(バリオンの)質量の大半を担うのは低質量星であることから、それらの発する近赤外線が良いトレーサーであり、銀河をMOIRCSで系統的に観測することにより、ダークマター中における恒星系の分布と量を明らかにする。また近赤外線で見える銀河は古い銀河構造を反映してなめらかな像として観測される。このことを利用してダークマターの背景にある銀河の重力レンズによるゆがみを精度良く評価し、ダークマターのより正確な分布を得、ニュートリノによる重力レンズの抑制効果の検証を行う。

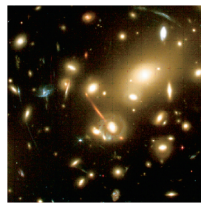
研究分担者 二間瀬敏史 (天文学専攻・教授) 千葉 柁司 (天文学専攻・教授)
 山口 昌弘 (物理学専攻・教授) 谷口 義明 (天文学専攻・助教授)
 井上 邦雄 (物理学専攻・ニュートリノ科学研究センター・教授)
 高田 昌広 (天文学専攻・助手)
 研究協力者 田中 壱 (天文学専攻・COE研究員)

「ダークマター」「ダークエネルギー」で満ちた宇宙、そのいずれもが正体不明である。

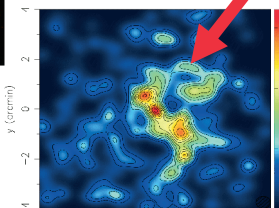
理論と観測の両面からダークマターとダークエネルギーの本質に迫る



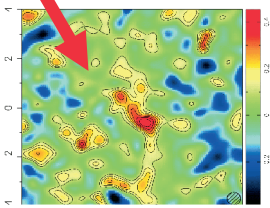
すばる望遠鏡
(国立天文台)



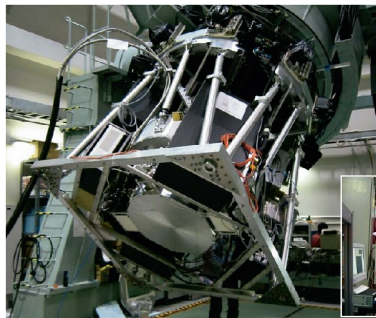
銀河団は宇宙で最強の重力レンズ。銀河団をとりまくダークマターによって銀河の形がゆがむ



銀河の分布から求めた光の分布

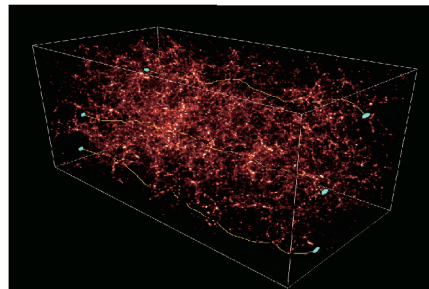


銀河のゆがみから求めた質量 (主にダークマター) の分布



近赤外線多天体分光撮像装置(MOIRCS)

東北大学と国立天文台ハワイ観測所が共同で開発している次世代観測装置



宇宙の「密度ゆらぎ」が銀河からの光を歪める

宇宙規模の重力レンズ効果。「ゆがみ」の解析から精度の高いダークマターの分布・ダークエネルギーの変化の歴史・ニュートリノ質量を求める

● 代表的な発表論文

- 1) Cosmological parameters from lensing power spectrum and bispectrum tomography
Takada, M. and Jain, B. Monthly Notice Royal Astronomical Society, **348**, 897 (2004).
- 2) The topology of a weak lensing field in the neighborhood of MS1054-03
Sato, J., Umetsu, K., Futamase, T., and Yamada, T. Astrophysical Journal, **582**, L67 (2003).
- 3) MOIRCS : Multi-Object Infrared Camera and Spectrograph for the Subaru Telescope
Tokoku, C., Suzuki, R., Ichikawa, T., Asai, K., Katsuno, Y., Omata, K., Yamada, T. SPIE, **4841**, 1625 (2002).
- 4) Superclustering of Faint Galaxies in the Field of a QSO Concentration at $z \sim 1.1$
Tanaka, I., Yamada, T., Turner, E., Suto, Y. Astrophysical Journal, **547**, 521 (2001).
- 5) Surface Photometric Calibration of the Infrared Tully-Fisher Relation Using Cepheid-based Distances of Galaxies
Watanabe, M., Yasuda, N., Itoh, N., Ichikawa, T., Yanagisawa, K., Astrophysical Journal, **555**, 215 (2001).