

竹内 努准教授

*竹内 努 准教授 Tsutomu T. Takeuchi#, Associate professor #研究上英文名ではセカンドネームを用いている。

宇宙の歴史138億年のなかで星の大集団である銀河がいかに形成・進化してきたか、つまり宇宙の星形成史を正確に把握することは、宇宙に存在する重元素の量を理解するうえで極めて根本的な問題である。重元素はビッグバン元素合成では形成されず、星の中心部の核反応でしか合成されないからである。星で作られた重元素は星の死にともなって宇宙空間に放出され、再び凝縮して次の世代の星や惑星に取り込まれ、我々のような生命の源となっている。しかし、その根本的重要性にもかかわらず、宇宙の星形成の歴史についての議論は未だに収束していない。銀河の星形成率は、原理的には若い大質量星からの紫外線によって測定できる。ところが、星が合成した重元素は星間空間では固体微粒子(ダスト)となって紫外線を吸収し、赤外線で再放射する。つまり、紫外・赤外線放射は星形成活動のいわば光と影であり、どちらか一方のみでは正確な星形成史を求めることはできない。この複雑さが議論を混乱させている根本的原因である。本研究室での研究の大目標は、γ線からX線、紫外線、可視光、赤外線、サブミリ波およびミリ波、そして電波におよぶ多波長観測データ解析及び理論モデルによって、宇宙初期から現在にいたる銀河の誕生と進化、さらにその前夜までを明らかにすることである。一口に銀河進化といっても、初期宇宙から現在までの宇宙に関係するあらゆる物理現象が関係しており、純粋に理論的なものから観測データ解析まで様々な方法論が考えられる。どのようなアプローチをとる場合でも「まずデータありき」を座右の銘とし、最新の観測を念頭に置いた研究を進める方針である。

https://sites.google.com/site/omegalabnagoya/

*連絡先 takeuchi.tsutomu@g.mbox.nagoya-u.ac.jp FAX 052-788-6182

教授: 0 / 准教授: 1 / 講師: 0 / 助教: 0 / PD: 0 / DC: 1 / MC: 4

宇宙の星形成史の研究

現在定性的に理解されている宇宙の星形成史は、最初の20億年くらいで銀河の元となる星のシステムが形成され、合体を繰り返しながら星形成活動のピークをむかえ、宇宙年齢の半分(約70億年)を過ぎると巨大銀河から小質量銀河へと順に星形成活動を停止していくというものである。本研究室では多波長のアプローチという観点から、地上観測機器、宇宙望遠鏡、人工衛星等のデータ解析、および観測を再現する銀河輻射モデルの構築という2つの視点から研究を進めている。

1) 若い銀河の輻射モデル構築

宇宙年齢が非常に若い時代の銀河中での星間物理は、星からのガス供給、ダスト供給が時間スケールの短い超新星爆発に限られるため、現在の銀河のそれに比べて単純になるという特徴がある。このような銀河は遠方にあり、2018年現在、ALMA望遠鏡でもぎりぎり検出できる程度と極めて困難なこともあって、ビルディングアップ期についてはあと数年は理論先行で研究を進めるのが現状に即している。本研究室では、この時期の若い銀河の化学進化とダスト形成、形成されたダストによる吸収紫外線と赤外線による再放射を統合的に扱い、ガスから星への転化までを考慮した理論モデルの構築を推進している。また、モデル計算を元にした将来の観測計画への提言も行う。

2) 銀河の後半生と多波長データ解析

一方70億年を超える進化を経た銀河の星間物質は豊かな空間構造を持ち、その中で化学的にも物理的にも複雑な素過程が起きている。このため宇宙年齢の後半の銀河のモデル化を素過程から第一原理的に行うのは今のところ非常に困難である。しかし観測からは、紫外線ではNASAの天文衛星GALEXが全天探査を行い、これまでにない良質のデータが公開されている。赤外線では近傍銀河研究に長く用いられてきた80年代の全天探査衛星IRASのデータに加え、赤外線天文台Spitzer、わが国の全天探査衛星

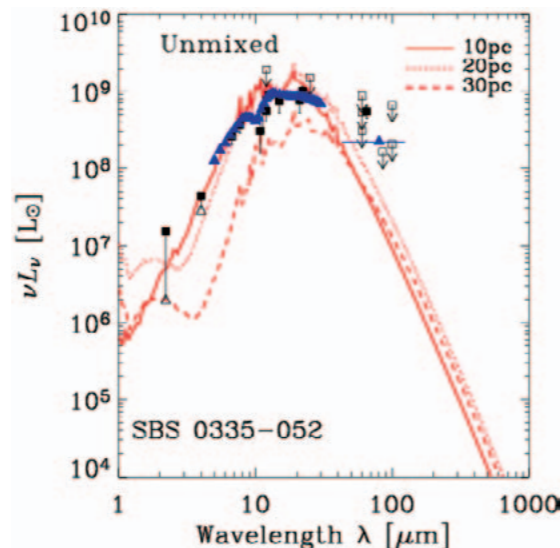


図1: 若い銀河SBS0335-052の赤外線輻射モデルとSpitzer宇宙望遠鏡などによる観測データの比較。

AKARIがより遠方の銀河のデータを取得し、公開されている。そしてALMA望遠鏡による驚異的な観測成果が続々と報告され、cm波ではSquare Kilometre Array (SKA)計画が進められている。このような現状から、宇宙年齢後半の銀河進化研究は観測データの詳細な解析から精緻な法則を見出す経験的方法が有効である。本研究室では、紫外線(GALEX)と赤外線(IRAS, Spitzer, AKARI, Herschel Space ObservatoryそしてWISE)からサブミリ波・ミリ波(James Clerk Maxwell Telescope, ALMA), cm波(Murchison Widefield Array, Areciboなど)による大規模多波長銀河データベースを構築し、統計的方法によって宇宙年齢後半の銀河の星形成・ガス進化とダスト減光の性質を検証している。宇宙年齢後半の銀河進化をコントロールする物理過程を明らかにすることが目標である。

銀河形成前夜から観測的初期宇宙論へ

さらに最近我々の研究室では、これらの知識を用いて銀河形成以前の極初期宇宙から宇宙暗黒時代の物理を解明する研究に着手した。まず宇宙暗黒時代とは、宇宙にまだ星が形成される以前、可視光線で輝く星が存在しなかった時期(宇宙年齢38万年から20億年程度まで)を指す。この時代の物質の物理状態を観測的に検証する手段は極めて限られており、電磁波を用いるほぼ唯一の手段として有望視されているのが、中性水素の放射する振動数1.4GHz(波長21cm)の電波である。宇宙膨張による赤方偏移のため、この電波はこれよりもずっと低い振動数となって我々に届く。この振動数を観測できる究極の電波望遠鏡プロジェクトが前出のSKAである。Ω研はSKA-Japanサイエンスワーキンググループ(SKAJPSWG)銀河進化サブグループをリードし、これまでの研究を踏まえて銀河形成前夜から銀河進化までの統合的シナリオの構築を目指している。

そして現在、ビッグバンから38万年後の物質が放射した電磁波である宇宙マイクロ波背景放射(CMB)を詳細に観測する衛星Planckのデータが公開となり、また南極望遠鏡BICEP2のCMB偏光の結果も公表された。CMBは波長1mm程度にピークを持つが、この波長付近は我々の銀河系や系外銀河の積分光などの前景放射の混入を受けやすい波長域でもある。CMBのゆらぎ、特にその偏光のゆらぎの情報はビッグバン以前の宇宙の情報を保存していると考えられており、銀河の元となる物質分布のゆらぎの生成の物理に肉薄できる重要な観測量である。多くの論文が既に出版されているが、往々にしてそれはより多くの謎を提示することになる。我々は今後この問題に対して銀河進化の知識を総動員して前景放射の理論モデルを構築し、純粋な宇宙論的情報を抽出するための研究を進める。

大学院生の研究活動

本研究室は現在博士後期課程学生1名、博士前期課程学生4名および学部学生4名(うち



Ω研メンバー

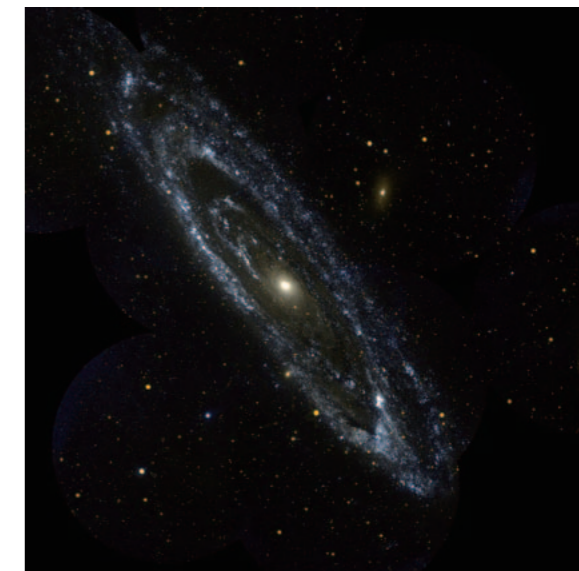


図2: 紫外線全天探査衛星GALEXによって観測されたアンドロメダ銀河。銀河中心と渦状腕の星形成領域がはっきり見えている。

国際プログラム生2名)で構成されている。研究の基本的方針としては、まず基礎的な学習を行った上、希望に応じてなるべく早い時期に銀河進化に関連するテーマを選び、基礎学習と並行して研究を進めてもらう。また大学院生は上記のテーマにあまり限定することなく、ぜひ積極的に新しい研究を開拓してほしい。このため内外の共同研究者を招聘して議論の機会を持つ。また本研究室は特にフランス、イタリア、オーストラリア、ポーランドをはじめとする世界各国の研究者と密接な共同研究プロジェクトを進めており、海外研究機関(主としてフランス・マルセイユ天体物理学研究所および西オーストラリア大学)に滞在して研究する機会も提供する。

2012年度博士論文

Exploring star formation and dust attenuation of galaxies using multiwavelength data (袁 方婷)

2013年度博士論文

Evolution of Clumpy Galaxies in the COSMOS Field (村田勝寛)

Classification and Clustering Analysis of Mid-Infrared Galaxies in the AKARI North Ecliptic Pole Deep Field (Aleksandra Alicja SOLARZ)

History of the Formation and Evolution of Cosmic Dust through the Evolution of Galaxies (浅野良輔)

