

究極のすばる望遠鏡へ：広視野補償光学による近赤外深探査で解明する銀河宇宙史



研究代表者	東北大学・理学研究科・教授 兒玉 忠恭 (こだま ただゆき)	研究者番号：80343101
研究課題情報	課題番号：24H00002 キーワード：すばる望遠鏡、近赤外線広視野カメラ、補償光学、銀河形成・進化、大規模構造	研究期間：2024年度～2030年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

すばる望遠鏡は、可視光広視野カメラの活躍によって、特に銀河進化学において世界をリードしてきた。今後広視野観測というすばる最大の特長をさらに発展させるには、近赤外線での広視野観測が必須である。それによって赤方偏移が大きな、より昔の宇宙を見ることができ、銀河誕生の現場に到達できるからである。

広視野観測には2つの大きな役割があり、一つは広い領域を探さないと見つからない稀少な天体を発見することである。例えば質量が特に大きい初代銀河や、新型の超新星である。もう一つが、空間的に広がった大きな構造を捉えることである。例えば初期宇宙の大規模構造や再電離バブルである。これらの観測は銀河誕生の物理や初期宇宙の物理状態について貴重な知見を与えてくれる。



図1 本研究全体の概念図

●広視野カメラ (WFI) の作成

世界最大視野かつ宇宙望遠鏡並みの解像度を備えた近赤外広視野カメラ (WFI) を開発し、「究極のすばる望遠鏡 (ULTIMATE-Subaru)」へと進化する。現在国立天文台では、すばる2と称する大規模学術フロンティア事業の一環で、すばる望遠鏡に次世代の広視野補償光学システムGLAOを開発中である。地上望遠鏡でありながら大気揺らぎをキャンセルして宇宙望遠鏡並みの解像度を達成し、かつこれまでにない「広い視野」を実現するもので、2028年頃に完成予定である。そこで本研究では、この新機能を最大限活かすため、その視野を覆い尽くす、広視野の近赤外カメラWFIを開発する。左図にあるように地上大型望遠鏡の中で「世界最大」の視野となり、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の視野と比べて20倍にもなる。



図2 WFIの概念図

●研究の獨創性

次世代の宇宙望遠鏡の状況はEuclid衛星が既に2023年に打ち上げられ、Roman宇宙望遠鏡が2026年に打ち上げられる予定である。それぞれ広視野の観測を行うが、これらには右図のように広い帯域のフィルターしか搭載されていない。そこで我々は、この新しいカメラWFIに多彩で獨創的なフィルター群を搭載する。図のように10枚の中間帯域フィルターと6枚の狭帯域フィルターである。また、波長範囲も地上観測の限界である2.4ミクロンまで拡張する。これらの特長によって、我々は下に述べるように、宇宙望遠鏡にはできない獨創的な観測・研究を可能にする。またすばるはこの両者の望遠鏡と協定を結んでおり、大規模な協調観測を行うため、WFIと組み合わせることで相乗効果が期待できる。

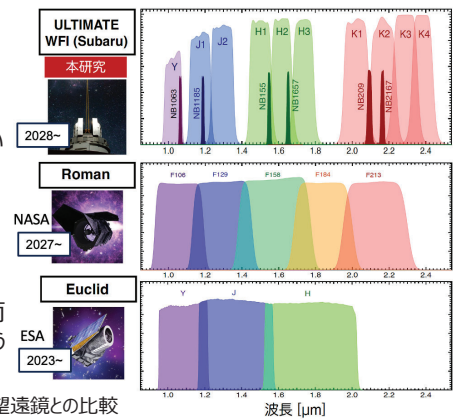


図3 本研究で作成・使用するフィルター群と宇宙望遠鏡との比較

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●3つの鍵となるサイエンステーマ

【宇宙再電離】ビッグバン直後完全に電離していた水素は、宇宙膨張とともに冷えて中性化する。しかし初代天体が生まれ始めると、強い紫外線によって再度加熱され、電離領域がバブル状に広がっていき、また完全に電離すると考えられている。我々はこの宇宙再電離の進行を目撃するため、初代銀河が放つ水素Ly-alpha輝線を狭帯域フィルターによって捉える。もし銀河がまだ中性水素ガスに取り囲まれていると、Ly-alpha輝線はガスに散乱され見えなくなるが、電離したバブルの中であれば必ず抜けて見ることができる。従ってLy-alpha輝線銀河の分布は、その時代の宇宙の電離領域の分布を示す。広視野観測で電離構造を描き出すことができる(図5)。

【成熟した重い銀河】標準的な銀河形成モデルでは、宇宙初期にはまず小さい銀河が生まれ、時間と共にそれらが集合・合体し、重い銀河が成長してくると考えられている。従って初期宇宙には重い銀河は存在しないか、あっても非常に希少であるはずである。我々はこのような成熟した銀河を遠方宇宙に発見することによって、標準銀河形成論を制限し、その妥当性を検証する。このような成熟した銀河はスペクトルに大きな段差を持つため、隣接した中間帯域フィルターによってその段差を挟み込むことで、両者のフラックス間に大きな差が生じるため発見することができる。系統的な探査を広い視野と高い感度で行う。

【新型の超新星】最近の観測から、初期宇宙には、既に多くの金属が存在したことがわかっているが、それがどのように作られたのかは未だ謎である。その供給源の候補天体である、対不安定型超新星を初期宇宙に世界で初めて発見し、大量の金属の起源を明らかにする。

【宇宙再電離】

科学目標1
WFI狭帯域フィルター撮像によって、宇宙再電離期の電離バブルの成長を描き出す
初期宇宙の大規模構造形成論と宇宙再電離理論の実証

【成熟した重い銀河】

科学目標2
WFI中間帯域フィルター撮像観測によって、宇宙初期に稀少な成熟した重い銀河を発見する
標準のボトム・アップ銀河形成論とタークマターの性質への脅威

【新型超新星】

科学目標3
WFIを用いた近赤外線突発天体探査により、遠方宇宙に対不安定型超新星を初めて発見する
初期宇宙の元素合成論の革新

図4 本研究が掲げる3つの大きな科学目標

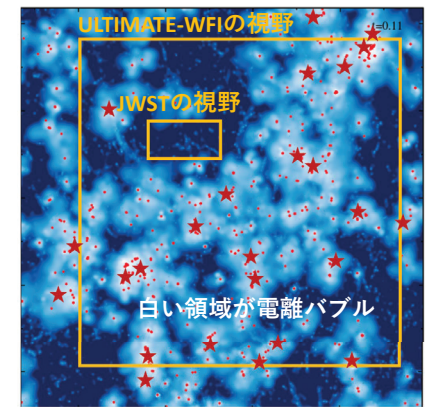


図5 宇宙再電離期(z~8)の電離バブル(シミュレーション)