	研究代表者	高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子核研究所・教授 羽澄 昌史（はずみ まさし）	研究者番号:20263197
	研究課題 情報	課題番号：22H04945 キーワード：宇宙の誕生、宇宙の加速膨張、宇宙マイクロ波背景放射、超伝導検出器	研究期間：2022年度～2026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

我々の宇宙が時間とともに広がっている（膨張している）ことは、これまでの観測でよく確かめられている。しかし、広がるスピードが現在加速していることが1998年に発見されたのは、大きな驚きであった。さらに宇宙の最初にも、爆発的な加速膨張があったとする間接的証拠(宇宙のインフレーション)が得られている。2006、2011、2019年のノーベル物理学賞はこれらの発見に関して与えられた。重力は引力のみなので、宇宙膨張を減速させる働きしかないと思われてきたため、なぜ宇宙が加速膨張するのは謎であり、物理学の根幹を揺るがす大問題である。物理学における世紀の大革新が起こる予兆の中で、本研究代表者が中心となり開発し、2019年よりチリ・アタカマ高地で稼働を開始したポーラーベア2望遠鏡は、宇宙極初期および現在の加速膨張という二つの謎に同時に迫れる世界で唯一の装置である。本研究では、観測装置を改良し、2026年までの長期観測を実施する。それにより、世界に先駆けてCMB偏光度の新しい観測結果を示し、宇宙加速膨張の謎を解明することを目指す。

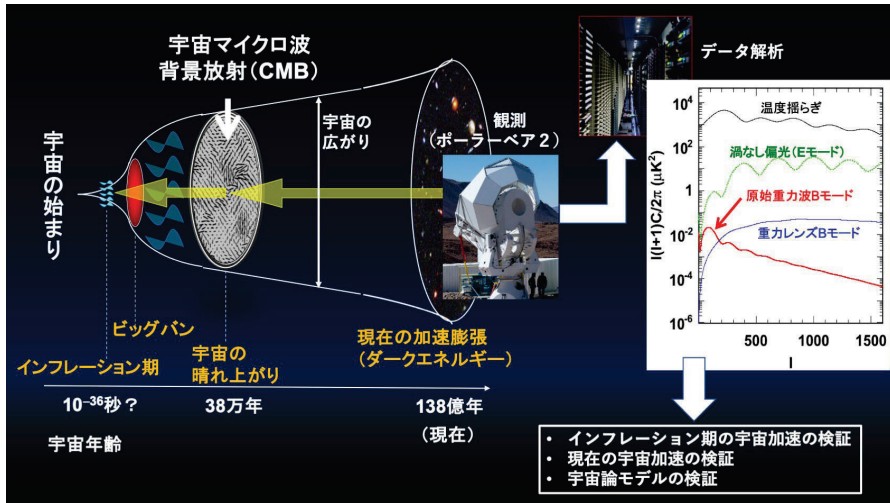


図1 研究全体のイメージ図

●何を観測するのか

本研究では、宇宙マイクロ波背景放射（CMB）を観測する。CMBとは、宇宙が誕生後およそ38万年たった頃に宇宙全体に満ちた光であり、いわば宇宙最古の光である。その後138億年の時を経て、現在地上に降り注いでいるCMBは、宇宙がビッグバンを起こして火の玉状態になった頃の情報をふんだんに持っているだけでなく、それより前に起きたとされる宇宙のインフレーションについても決定的な情報を持っている。さらに、現在の加速膨張についてのユニークな情報も得られるため、宇宙の加速膨張という現代物理最大の謎を解くためにうってつけなのである。

●観測装置

本研究で用いる観測装置は、チリ・アタカマ高地に設置されたサイモンズ・アレイ望遠鏡と、そこに搭載されたポーラーベア2 検出器である。サイモンズ・アレイ望遠鏡は、有効な直径が2.5mの主鏡を持ち、「大きいのに機敏」な望遠鏡である。それにより、宇宙最初期と現在の加速膨張について、同時に探究が可能となるユニークな装置である。ポーラーベア2 検出器システムは、本研究代表者が代表を務めた2015-2019年度・学術変革領域(A)「加速宇宙」の計画研究などの補助により開発し、2019年より観測を開始した装置であり、本研究では装置の改良を行い長期観測を実施する。



図2 観測装置の写真（左：サイモンズ・アレイ望遠鏡、右：ポーラーベア2 検出器システム）

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

●研究期間内の目標

- (1) ポーラーベア2の長期観測を実施し、CMBに関する高精度データを得る。
- (2) 現在の宇宙の広がるスピードについての測定精度を改善する。それにより、特に、現在と過去の宇宙とで広がるスピードの変化（加速度）が一定なのか、変化しているかに迫る。
- (3) インフレーション理論が予言する「熱いビッグバン以前の宇宙からの信号」を探し、インフレーションの背後にどのような新しい物理学があるのか探求する。
- (4) 上に書いた目標に加えて、様々な宇宙論データ解析を行い、観測結果の論文を出版する。宇宙を記述するために重要な標準宇宙論パラメータの測定精度を改善するとともに、標準宇宙論を超えた物理の探索も行う。

●期待される研究成果

本研究の観測とデータ解析により、研究期間内に期待される最も大きな研究成果は、インフレーション理論が予言する「熱いビッグバン以前の宇宙からの信号」の発見である。例えば、有力なインフレーションモデルの一つ（ナチュラリインフレーションモデルと呼ばれるもの）を仮定すると、ポーラーベア2の観測により、99.99999%以上の確実さ（有意度）で発見が期待できる。この場合、ポーラーベア2で観測できる別の宇宙論パラメータと組み合わせると、モデルの正しさをさらに厳しくチェックできる。チェックの結果、モデルが正しくないということになれば、予想外の大発見となりうる。

期待されるもう一つの大きな成果としては、現在の膨張の加速度が、時間変化しているとわかることである。本計画の測定結果と、他の宇宙観測を組み合わせることにより、これを立証することができれば、間違いなく宇宙論の新時代の到来を意味する。現在の標準宇宙論は、より根源的な理論の近似と解釈出来るようになり、素粒子論と宇宙論の、より密接かつ観測に裏打ちされた進展が起こるであろう。上記以外にも、様々な方法で標準宇宙論を超えた物理の探索を行うことができ、宇宙論を確実に前進させることが期待される。