



## PRESS RELEASE

岡山大学記者クラブ

文部科学記者会

科学記者会

御中

令和 7 年 1 月 7 日

岡 山 大 学

### 誕生直後の宇宙の姿、衛星観測でどう捉えるか

#### ◆発表のポイント

- ・宇宙の熱いビックバンの前の姿を観測するためには、従来よりも 1 桁以上優れた精度でビックバンの残光の偏光を全天で観測する必要があります。
- ・本研究では、独自に開発した高速シミュレーター*Falcons*<sup>1)</sup>によって、世界で初めて観測パラメーターを多次元空間で探索し、偏光測定誤差が最小になる観測手法を見つけました。
- ・この研究結果は、宇宙誕生直後の姿を探る将来の人工衛星計画において重要な設計指針を与えます。

岡山大学大学院自然科学研究科博士後期課程 3 年の高瀬祐介大学院生（日本学術振興会特別研究員）、学術研究院環境生命自然科学学域の石野宏和教授、イタリア国際高等研究学校（SISSA）の Léo Vacher 研究員、Guillaume Patanchon 准教授（ILANCE, CNRS, Université Paris Cité, 東大）、Ludovic Montier 研究員（仏, IRAP）らの国際共同研究グループは、宇宙創成の謎を探る衛星観測手段において、測定誤差を最小化する手法を発見しました。

宇宙の熱いビックバンは、その前の極短時間で起こったインフレーション<sup>2)</sup>と呼ばれる宇宙空間の大膨張によって発生したと考えられており、その証拠を見つけるには、ビックバンの残光にあたる宇宙マイクロ波背景放射<sup>3)</sup>の偏光を従来よりも 1 桁以上優れた精度で測定しなければなりません。その際に、装置性能の不定性に由来する誤差を抑制するために、観測パラメーターを多次元空間で最適化する必要があります。今回、独自に高速シミュレーター*Falcons*を開発し、その最適解を初めて見つけることに成功しました。

今回の成果は、宇宙航空研究開発機構（JAXA）が推進する宇宙望遠鏡計画「*LiteBIRD*」<sup>4)</sup>をはじめとする将来の偏光精密観測に重要な設計指針を与えるもので、12 月 12 日、イタリアの宇宙論・素粒子物理学雑誌「*Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*」に掲載されました。

小さい頃から好きだった宇宙の研究に飛び込んで約 6 年、最初は右も左もわからなかったところから最先端の次世代衛星の観測手法の最適化を担当することになるとは思いませんでした。

*LiteBIRD* は国内外の研究者約 400 人で構成される巨大プロジェクトです。フランス人やイタリア人の同年代の学生たちと四苦八苦しながらプログラムを開発した経験はいい思い出です。我々が提案した観測手法で *LiteBIRD* が宇宙誕生の謎を解き明かす瞬間が楽しみです。



高瀬祐介さん



## PRESS RELEASE

### ■発表内容

#### <現状>

宇宙の熱いビッグバンの残光と呼ばれる宇宙マイクロ波背景放射（CMB）の偏光精密観測によるインフレーションの検証は、現在の宇宙物理学上最も重要な研究課題の1つにあげられています。もし検証に成功すれば、熱いビッグバンの前を直接見ることが可能になり、人類に新しい世界観を与え、パラダイム・シフトを起こすと考えられています。一方この検証には、従来よりも1桁以上優れた精度を有する測定が必要です。超高感度な検出器群に加えて、観測装置の性能の不定性に由来する系統誤差を大きく抑制する必要があり、装置とサイエンスをつなぐ研究が必要です。

#### <研究成果の内容>

今回の研究で、本学の高瀬大学院生、石野教授、イタリアの国際高等研究学校（SISSA）の Léo Vacher 研究員を筆頭とした国際共同研究グループは、系統誤差と呼ばれる観測装置の不定生に起源を持つ誤差が最大限抑制される観測手法の解を見つけました。この解を見つけるためには、広大な多次元パラメーター空間を探索しなければなりません。今回、独自に開発した高速シミュレーター *Falcons* とスーパーコンピューターを駆使し、その最適解を見つけることに成功しました。具体的には、偏光観測の誤差を最小化するために、あらゆる天域においてほぼ一様な偏光方向観測を達成する全天観測手法を、人工衛星の姿勢を制御する4つのパラメーター空間で発見しました（図1）。また、系統誤差抑制を確認するために、偏光の回転対称性（スピン量）が2であることに着目し、特定の系統誤差の影響を素早く計算できる手法を開発しました。観測手法の最適解が確かに系統誤差を抑制することを確認できました。

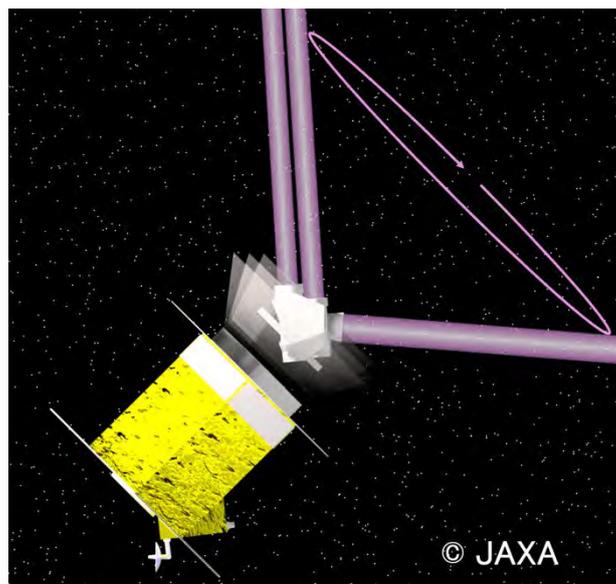


図 1. *LiteBIRD* が自転しながら望遠鏡で宇宙をスキャン観測する様子を示す概念図。実際には自転軸自体の回転、歳差運動と太陽周りの公転の3種類の回転を組み合わせた複雑な運動を行う。



## PRESS RELEASE

### <社会的な意義>

本研究は、インフレーションを検証する将来の CMB 偏光観測衛星実験 (*LiteBIRD* 等) の観測装置や姿勢制御に重要な設計指針を与えます。もし、この手法が適用され、インフレーションが検証されれば、宇宙の起源が解明される点で大きな社会的インパクトが与えられます。

### ■論文情報

論文名: Multi-dimensional optimisation of the scanning strategy for the *LiteBIRD* space mission

掲載紙: *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*

著者: Yusuke Takase, Léo Vacher, Hirokazu Ishino, Guillaume Patanchon, Ludovic Montier, 他  
*LiteBIRD* collaboration

D O I: 10.1088/1475-7516/2024/12/036

U R L: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1475-7516/2024/12/036>

### ■研究資金

本研究は特別研究員奨励費 (JP23KJ1602) の支援を受けて実施しました。また、本研究は岡山大学 RECTOR と、日本学術振興会研究拠点形成事業の支援を受けました。計算資源として高エネルギー加速器研究機構中央計算機システム (KEKCC) を利用しました。本論文のオープンアクセス化は、文部科学省「オープンアクセス加速化事業」の取り組みの一環で実施している「インパクトの高い国際的な学術誌への APC 支援」による支援を受けています。

### ■補足・用語説明

1) **Falcons**: 衛星のスキャン観測を高速にシミュレートする Julia 言語で書かれたソフトウェア。高瀬大学院生の GitHub (<https://github.com/yusuke-takase/Falcons.jl>) で公開されている。

2) **インフレーション**: 熱い火の玉状態の前にあったとされる宇宙の加速的な空間の大膨張。アメーバが一瞬にして銀河のサイズになるような膨張であったとする仮説。この仮説によると、インフレーションの間に量子揺らぎによりエネルギー密度 (温度) の凹凸が生じ、それが種となってできた重力不安定性により現在の宇宙の銀河や星ができたとされる。また、空間の量子揺らぎにより発生する原始重力波も発生したと考えられる。この重力波は CMB に特徴的な偏光を生む。この偏光を観測し原始重力波を見つけることができれば、インフレーションの決定的な証拠となる。なお、インフレーションはある時刻で終わり、そのときのエネルギーが光に転化することにより、熱いビッグバンが生じたと考えられている。

3) **宇宙マイクロ波背景放射 (CMB)**: 宇宙は、最初期の熱い火の玉状態であったものが、徐々に冷えて現在の姿になったと考えられる。火の玉状態では、光が充満していて物質 (主に電子) と頻



## PRESS RELEASE

繁に散乱していたが、宇宙ができてから約 38 万年後に宇宙は中性化し、その光が取り残されて、それが今現在に残っている。その光の波長は現在マイクロ波領域になっており、宇宙マイクロ波背景放射と呼ばれる。今から約 60 年前に発見され、現代宇宙論を支える重要な観測対象となっている。

4) *LiteBIRD*: CMB の偏光を大気がない宇宙空間から精密観測する JAXA の宇宙望遠鏡計画。日米欧加から約 400 人が参加する国際的な研究チームが推進している。

関連リンク: <https://www.isas.jaxa.jp/missions/spacecraft/future/litebird.html>

### <お問い合わせ>

岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域（理）  
教授 石野 宏和  
（電話番号）086-251-7818  
（FAX）086-251-7830



岡山大学は持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています。