

CMB 偏光観測衛星 LiteBIRD の光学要求解析

報告書番号：R24JDU20199

利用分野：宇宙科学

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2024/27092/

● 責任者

堂谷忠靖, 宇宙科学研究所宇宙物理学研究系

● 問い合わせ先

永田 竜(nagata.ryo@jaxa.jp)

● メンバ

板井 雄祐, 永田 竜, 小栗 秀悟, 高倉 隼人

● 事業概要

LiteBIRD は JAXA 宇宙科学研究所の戦略的中型衛星として準備中の計画である。LiteBIRD 衛星は、数千個の検出器を備えた広視野反射型望遠鏡を搭載し、34GHz から 448GHz という非常に広い周波数帯域で観測を行う。観測の目的は宇宙初期のインフレーションの痕跡を探るためにマイクロ波背景放射（CMB）の偏光を精密に測定することにあるが、銀河面からの放射の漏れこみなどが主要な系統誤差要因となる。そのため、ビーム特性（アンテナパターン）を高い精度で把握することが極めて重要である。

2024 年度の活動では、物理光学電磁界シミュレーションによるアンテナパターンの検討を新たに立ち上げた。焦点面に設置したフィードから主鏡・副鏡に照射される電磁波を、近傍界から遠方界まで順次計算し、実測値との比較検討に足るシミュレーションモデルの構築を目指している。また、交差偏波の誤差伝搬に関する準備的な検討などの、従来からの系統誤差検討の活動も継続した。本事業の取組によって、LiteBIRD が獲得する科学的成果がより確かなものになる、と期待するものである。

参考 URL: https://litebird.isas.jaxa.jp/

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

望遠鏡スケールモデルのアンテナ鏡面は約 200mm 角であるが、それに対して 140GHz での光の波長は 2.14mm である。高い周波数帯を扱うほど鏡面のグリッド分割数を細かくせざるを得ず、計算量が急激に増加する。1 辺あたりの分割数を 2 倍にすると、計算規模は 4 乗で上昇するため、スタンドアローンの PC では遠からず現実的な計算時間に収まらなくなると予想される。JAXA のスーパーコンピュータが持つ並列処理能力を利用することで、シミュレーションの大規模化に対処する目論見である。

● 今年度の成果

Kottler の電流分布法に基づく物理光学電磁界シミュレーションを実装し、MPI 並列化による高速化を行った。試験的に、単純化した計算条件を用いてシミュレーションコードの性能評価を実施した。同一計算規模のシミュレーションにおいてプロセス数を 192, 480, 960, 2400 へと段階的に増加させるにつれ、計算時間が短縮されることを確認した（図 1）。この結果は、理想的な並列化効率に近いスケールングを示すものであり、MPI 並列化の有効性を裏付けるものである。今後は、さらに高い周波数帯を扱う計算や、多数の焦点面ビーム入射位置や複数の周波数帯を同時に扱う計算に取り組み、LiteBIRD のビーム特性最適化に向けたシミュレーションを進めていく予定である。

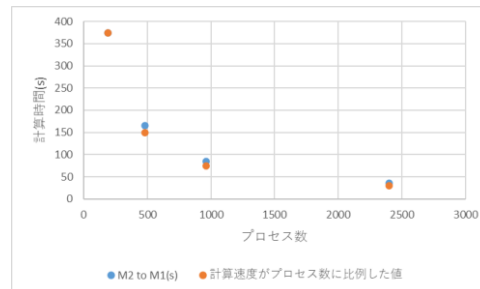


図 1: 単純化した計算条件に基づく副鏡から主鏡への電磁界シミュレーションの計算負荷評価。「計算速度がプロセス数に比例した値」は、並列化のオーバーヘッドが一切存在しないと仮定した場合の理想的な計算速度向上を示している（橙点）。現実には通信時間やロードバランスなどの要因があるため、完全に一致するわけではないが、今回は比較的規模を抑えた計算条件でも良好な並列化性能を得られた（青点）。

● 成果の公表

なし

● JSS 利用状況

● 計算情報

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	非該当
プロセス並列数	192 - 2400
1 ケースあたりの経過時間	6 分

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.03

内訳

計算資源		
計算システム名	CPU 利用量(コア・時)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	737,431.47	0.03
TOKI-ST	16,740.47	0.02
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	0.00	0.00
TOKI-TST	0.00	0.00
TOKI-TGP	0.00	0.00
TOKI-TLM	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	130.00	0.09
/data 及び/data2	10,066.67	0.05
/ssd	0.00	0.00

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	0.35	0.00

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合

● ISV 利用量

ISV ソフトウェア資源		
	利用量(時)	資源の利用割合※2 (%)
ISV ソフトウェア(合計)	0.00	0.00

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合