

2025年度北海道大学情報基盤センター萌芽型共同研究成果報告書

1. 研究類型 A) 計算資源利用型
2. 研究課題名 宇宙最大規模の爆発現象に伴う残光放射機構解明の研究
3. 研究期間 2025年 7月 18日 ~ 2026年 3月 31日
4. 研究代表者

氏名	所属機関・部局名	職名	備考
山崎 了	青山学院大学 理工学部	教授	

5. 研究分担者

氏名	所属機関・部局名	職名・学年	備考
大林 花織	青山学院大学 理工学研究科	博士課程3年	
石川 隼光	青山学院大学 理工学部	学部4年	
梅田 隆行	北海道大学 情報基盤センター	教授	

6. 共同研究の成果

本共同研究では、ガンマ線バースト（GRB）およびX線フラッシュ（XRF）の残光の理論モデルに対するベイズ推定を高速化し、起源解明に必要な解析ツールの整備を目的として、北海道大学情報基盤センターのスーパーコンピュータ Grand Chariot 2 を用いた計算環境の構築と実行性能評価を行った。

GRB や XRF の残光を理論モデルでフィッティングすると、爆発エネルギーやジェット構造など最大 11 個程度のモデルパラメータを制限できるが、そのためには異なる事前分布やモデル条件に対する反復計算を短時間で実行できる高性能計算環境が不可欠である。そこで本研究では、Clustered Nested Sampling 法を実装した公開コード MultiNest および PyMultiNest、さらに GRB 残光の理論的計算を行う公開コード `afterglowpy` を北大計算機上に導入し、GRB 残光の模擬データを用いてベイズ推定の動作確認と並列性能評価を実施した。MultiNest は GNU コンパイラと OpenMPI を用いる環境を主に想定している。今回、北大の Intel compiler / Intel MPI 環境で動作させるため、MultiNest 本体のビルドと Python 連携環境の整備に時間を要したが、最終的に移植に成功した。

計算の実行結果は以下の通りである。まず模擬データから正しいモデルパラメータが再現され、北大計算機上で理論計算とベイズ推定が正しく動作することを確認した。次に、同じ 16 並列・32 並列で比較すると、青学・山崎の研究室で所有する並列計算機（Xeon: 2.1 GHz/16 コア×2、メモリ 96GB）に比べて、Grand Chariot 2 では計算時間が約 50%まで短縮された（図 1）。さらに、Grand Chariot 2 で計算時間の並列数依存性を調べ、16 並列から 512 並列へ計算資源を増やすことで、計算時間を 16 並列時の約 10%まで短縮できた。一方で、64~128 並列付近からは並列化効率の悪化が確認された。

以上により、本共同研究により、今後 GRB 071031、XRF 080330、GRB 080603A などの実データ解析を進めるために必要な研究ツールを確立し、どの程度の並列数を用いれば効率的かを具体的に見積もる見通しを得ることができた。

(研究成果のつづき)

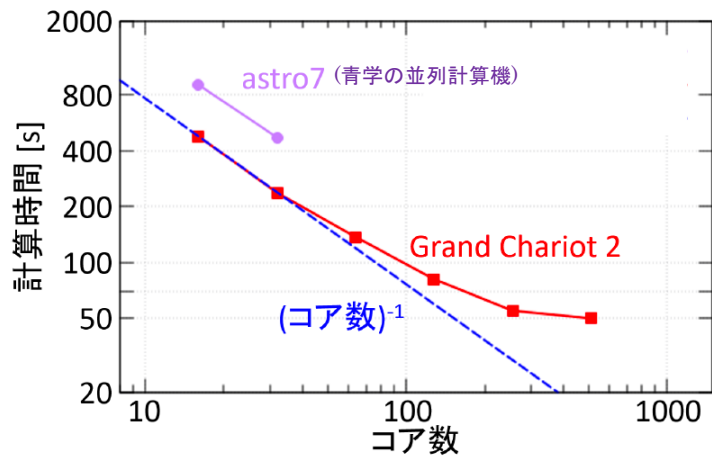


図 1 : コア数の変化によるベイズ推定の計算時間の結果 (6 パラメータ推定)。Grand Chariot 2 では高並列化により大幅な時間短縮が達成された一方、理想的な反比例則からのずれも確認され、並列化効率の評価に重要な結果を与えた。