

平成 21-22 年度 実施報告書

素粒子・原子核・宇宙物理のためのアルゴリズムと計算手法の研究

グループ名: scbridge

責任者: 松古栄夫 (hideo.matsufuru@kek.jp)

2010 年 11 月 5 日

研究組織

- 松古栄夫 (まつふるひでお) 高エネルギー加速器研究機構 計算科学センター・助教
責任者: 全体統括
- 櫻井鉄也 (さくらいてつや) 筑波大学システム情報工学研究科・教授
役割分担: 応用数学の立場からの線形アルゴリズムの応用
- 多田野寛人 (ただのひろと) 筑波大学システム情報工学研究科・助教
役割分担: 応用数学の立場からの線形アルゴリズムの応用
- 住吉光介 (すみよしこうすけ) 沼津工業高等専門学校 教養科・准教授
役割分担: 超新星爆発シミュレーションへの分野横断的なアルゴリズムの応用
- 青山龍美 (あおやまたつみ) 名古屋大学基礎理論研究センター・特任准教授
役割分担: 数値計算アルゴリズムの分野横断的応用
- 野秋淳一 (のあきじゅんいち) 高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所・PD
役割分担: 数値計算アルゴリズムの分野横断的応用

実施報告の詳細

素粒子・原子核・宇宙物理における数値計算では、様々なアルゴリズムが使われているが、分野間の連携や分野を横断した応用についてはまだ十分行われていない。また並列計算手法や効率的なプログラミング、高速化のためのチューニング手法などの情報を共有し、計算機の性能を最大限引き出すための協力体制を築くことも重要である。この申請課題では以上のような研究を、素核宇の研究者と、計算科学や応用数学の研究者が協力して行うことを目指している。

このような研究の背景としては、平成 20 年度より科研費の新学術領域研究（研究領域提案型）としてプロジェクトが開始された、「素核宇宙融合による計算科学に基づいた重層的物質構造の解明」（領域代表者・青木慎也）[%cite{Bridge}](#)がある。これは計算科学の手法に基づいて、素粒子から原子核、宇宙物理にいたるスケールの異なる物理の融合を目指すものである。その計画研究のひとつとして、「分野横断アルゴリズムと計算機シミュレーシ

ン」という研究課題があり、松古はその研究代表者である。この計画研究班の目的を達成するために、本研究課題の申請を行った。

平成 21-22 年度(21 年 10 月-22 年 9 月)においては、以下のような研究を行った。

- 格子 QCD におけるオーバーラップ演算子の線形問題としての構造の理解と高速化
格子 QCD においてオーバーラップ・フェルミオンは、厳密なカイラル対称性を持つ作用として注目されているが、その数値的コストは従来の作用に比べて $O(100)$ 倍大きい。従って、シミュレーション時間のほとんどを占める線形問題の高速化は、研究を速やかに進めるために不可欠である。この演算子を行列として書き出し、線形問題として定義することにより、応用数学の研究者と共通の基盤で研究を進める準備を行った。固有モードに関する情報などを通して、高速に線形問題を解く手法の開発準備を進めている。
- 超新星爆発シミュレーションのための並列アルゴリズムと線形問題の高速化
超新星爆発は、数値シミュレーションでしかその詳しいメカニズムを解明できない、計算科学として挑戦的な課題である。二次元、三次元的シミュレーションを行うためには、大きな計算リソースを必要とするため、超並列化を行うことが望ましい。また、アルゴリズムの中では線形問題が占める時間が大きい。本研究期間では、超並列化にむけての準備研究を行った。また、線形問題の部分について、格子 QCD の場合と同様、行列として成分を書き出し、応用数学的に扱う準備を整えた。現在アルゴリズムの高速化のために、前処理技法などの研究を行っているところである。

なおこの研究については、少なくとも上記の新学術領域研究の終了する平成 24 年度まで続けてゆく予定である。

References

- 「素核宇宙融合による計算科学に基づいた重層的物質構造の解明」
<http://bridge.kek.jp/>