

課題名 (タイトル) :

重イオン加速器科学における多粒子シミュレーション

利用者氏名 : 福西 暢尚

理研での所属研究室名 :

和光研究所 仁科加速器研究センター RIBF 研究部門 加速器基盤研究部 運転技術チーム

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

申請者は仁科加速器研究センターの重イオン加速器施設 RI ビームファクトリー(RIBF)の建設、運転、性能向上に携わってきた。加速器科学の世界においても大規模数値シミュレーションの重要性は益々高まっている。例えば加速器内におけるビームの挙動を解析する多粒子シミュレーションは加速器の設計、性能向上に必須である。これをリアルタイムで実現すればビーム挙動解析とその結果を用いた運転パラメータの最適化が可能となる。更にモンテカルロフィルタなど高効率に並列化が可能な手法を用いた多変量時系列解析は加速器システムの不安定性の解析に有効なことが示されている。これら並列計算に適した様々な解析を行うことにより RIBF の高度化に貢献することが目的である。

2. 具体的な利用内容、計算方法

RIBF 用に自ら作成したサイクロトロンと呼ばれるタイプの加速器の現実的なシミュレータを MPI で並列化し、高速で計算することによりビームのリアルタイム挙動解析に用いることが一つの目標である。数値計算としてみれば、このコードは有限要素法で計算した現実的電磁場中の多数の粒子の時間発展をルンゲ・クッタ法で数值的に解くというもので、粒子間相互作用に関しては粒子-メッシュ法で取り扱っている。また、多変量時系列解析に関しては、ガウス分布に従う統計モデルに関してはカルマンフィルタが、より一般的な統計分布に従うモデルに関しては、複雑な同時確率密度をテスト粒子で数值的に表現するモンテカルロフィルタ法などが実用化されており、

これを採用している。

3. 結果

これまでのテスト計算において多粒子シミュレーションコードの超並列計算機上におけるスケラビリティやスカラチューニング等に関して作業が終わり、256 並列で計算速度が約 250 倍になることを確認済みである。今年度より着手した時系列解析に関しては、基本的なモジュールの開発を PC 上で行ってきた。1 CPU コアにおけるデバッグはほぼ終了し、今後並列化チューニングを RICC 上で行う予定である。

4. まとめ

本課題の第一目標であるリアルタイムな RIBF のビーム挙動解析は原理的に実現可能であることが明らかとなっている。一方、加速器システムの安定運転の観点から非常に重要性が高いことが明らかとなったため今年度から着手した多変量時系列解析に関しては、加速器システムの一部に関して行った予備的解析の結果からその有効性が確認されている。

5. 今後の計画・展望

時系列解析に関しては、今年度中に RICC 上に並列化チューニングを行い、来年度に本解析を行いたい。この結果と高速化が完了している多粒子シミュレーションの結果を併せて用いることにより RIBF の高度化に貢献したい。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況

平成 23 年度 RICC 利用報告書

本年度これまでは自身の PC 上におけるコード開発が中心で、まだ RICC を殆ど利用していない。が、並列化のコーディングが終了次第 RICC において最適化を行い、データ解析を実施する。

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由

8. 利用研究成果が無かった場合の理由

未だコード開発中なので成果として外部に発表したものはない。