

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

所属 : 仁科加速器研究センター 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。加速器においても大規模数値シミュレーションは重要で、例えば加速中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出来れば加速器運転パラメータの最適化が可能となる。また、モンテカルロフィルタなど効率良く並列化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である。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。

2. 具体的な利用内容、計算方法

RIBF のサイクロトロン用に開発した現実的シミュレータを MPI で並列化し、高速で計算することによりビームの挙動解析に用いる。数値計算として見れば、このコードは有限要素法を用いて計算された外部電磁場、及び粒子が作る自己電磁場中の粒子の時間発展を数値微分で解くというもので、自己場は粒子-メッシュ法で取り扱われている。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、より一般の統計分布に対しては複雑な同時確率密度をテスト粒子で数値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ー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。一昨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 上で行い、1 CPU コアにおけるデバッグは完了した。

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が、最近の研究の動向として、より現実的な計算を行うには従来の 100 倍に相当する 10^8 個程度の粒子に対してシミュレーションを行うのが主流になりつつある。これにはコードの抜本的な改良が必要であるため、現在この問題に取り組んでいる。

5. 今後の計画・展望

より多くの粒子の挙動を高速にシミュレーションするため、またより現実的な境界条件に対応するためにはコードの基幹部分のアルゴリズムを改良する必要があり、現在は各種手法の優劣を調査中であり、1 年以内にコードの改造を終わりたい。

6. 利用がなかった場合の理由

上記ソフトウェア改造に関しては自分の PC を用いて行っているため RICC を使用しなかった。改造後、必要に応じて RICC を利用したい。