

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 :

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。具体的には、設計時における、有限要素法を用いた精密な電磁場解析、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、施設の放射線安全性の検討に必須の物質中における重イオンおよび二次粒子の輸送計算などは多大な計算資源を必要とする。また施設稼働時においてはリアルタイムな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なども並列計算に馴染む。米国においてはペタスケールのコンピュータを用いて加速器科学における予測精度を飛躍的に高めるプロジェクト ComPASS が進行中であり、RIBF としても同等以上のクオリティを確保すべく本課題を申請した。

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第一の目標である。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。

3. 結果

2010 年 1 月末に課題申請を行い、2 月 5 日より RICC の使用を開始した。第一段階として粒子の相互作用を無視して 256 コアまでの並列計算を行い、計算のスケラビリティを確認した。この部分に関しては中間段階における通信が原理的に発生しないことからこの結果は当然であるが、PC レベルで 10000 秒かかっていた計算が 40 秒になったため、この計算を様々な初期条件に対して繰り返し実行することにより、ビームの初期状態を推定することに使うことが可能である。

4. まとめ

これまで PC レベルで行っていたシミュレーションの大規模並列計算機への移行の第一段階が成功裏に終了した。

5. 今後の計画・展望

純粋に計算の観点で言えば、256 コアで 40 秒かかる計算を 10 秒以下にしたい。現在はスカラーチューニングが十分か再度確認中であり、これ以上の高速化が不可能であれば GPGPU の利用を検討している。これと同時に計算で得られるある種のパターンを実験結果に対してフィットすることによりビーム初期状態を決定し、RIBF の運転に役立てたい。その後多粒子間の相関を取り込み、最終的にはサイクロトロンにおける全ターンの相関を取り込んだ現実的シミュレーションを世界に先駆けて実現したい。但し、これは簡易利用の枠組みでは不可能なので、必要に応じて一般利用への切り替えをお願いする予定である。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況（どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか）や、継続して利用する際に行う具体的な内容

研究の進行状況に関しては 3. 結果の通り、継続して利用する際の具体的な内容に関しては前述の 5 の通りである。

7. 利用研究成果が無かった場合の理由

2月5日より利用を開始したが、現在チューニングの最中であり、成果に関しては今暫くお待ちいただきたい。