

課題名 (タイトル) :

## 自動チューニング機能付き数値ライブラリの研究

利用者氏名 : 片桐 孝洋

理研での所属研究室名 : 本所 情報基盤センター

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

#### 科研姫野プロジェクトとの関係

文部科学省の「次世代スーパーコンピュータ (スパコン) 開発プロジェクト」に対し、計算科学のアプリケーション (応用問題) 分野の研究者や技術者から大きな期待が寄せられている。完成後には国内外で未踏の規模の数値シミュレーションが展開される。

ところが一方で、このプロジェクトで開発されるのはスパコン本体と一部分の基本的ソフトウェアのみ (従来から用意されている線形ライブラリの改良までしか含まれていない) であり、両者のバランスが悪いことが指摘されている。スパコンの性能を余すことなく十分に発揮させるために、応用問題の特性に応じ超並列計算時に最適な求解アルゴリズムを用いることと、スパコン利用を円滑にすることを支援する基盤ソフトウェアの開発が重要となる。本プロジェクトではこのような要請を受け、アプリケーション領域、求解アルゴリズム、基盤システム開発のコンピュータ科学分野の研究者が集う学際フレームワークを形成し、実際の大規模数値シミュレーションに対する有用な求解アルゴリズムの検討と、最適な計算性能を得るための基盤ソフトウェア開発を目的とする。

本課題は上記プロジェクトにおいて、応用問題の特性に応じ超並列計算時に最適な求解アルゴリズムを利用する方式開発を目的にし、新しい超並列数値計算法の開発と、数値計算ライブラリのための自動チューニング機能の開発に寄与するものである。

2. 具体的な利用内容、計算方法

行圧縮形式 (CRS) から COO (Coordinate) 形式や ELL (ELLPACK/ ITAPACK) 形式へ実行時にデータ変換し、かつ、それらの形式を用いた OpenMP 並列化した疎行列 - ベクトル積 (SpMV) の自動チューニング (AT) について研究

した。 $D_{mat}^i - R_{ell}^i$  図、これは、行あたりの非零要素数の分散/平均を  $D_{mat}^i$  とし、CRS 形式に対する SpMV の速度向上/ELL 形式への変換時間を  $R_{ell}^i$  とした図であるが、それを AT 方式に採用することを提案した。

3. 結果

理研のマシンの利用はしなかった。もっとも特徴的であった、地球シミュレータ ES2 での結果を得た。

4. まとめ

実験結果から、ELL 形式は地球シミュレータ ES2 ではとても効果的であることが分かった。ELL 形式 (行方向圧縮) および SpMV の最内ループ並列化で、CRS 形式に対し約 151 倍の速度向上を達成した。データ変換時間は短く、1 回の CRS 形式での SpMV に対し 0.01 倍の時間であった。さらに  $D_{mat}^i - R_{ell}^i$  図は、 $D_{mat}^i$  の値に従いデータ変換効率をよくモデル化できた。

5. 今後の計画・展望

RICC 計算機を含む、より多様な計算機での評価が課題である。

6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況

該当なし

7. 一般利用で演算時間を使い切れなかった理由

該当なし

8. 利用研究成果が無かった場合の理由

本研究で、特徴的な結果が出る計算機が RICC の計算機でないため。ただし理論的には、RICC の計算機でも適用できる汎用的な手法を提案した。性能評価は今後の課題として残る。