

分散並列計算機における密行列ベクトル積の通信隠蔽実装の評価

川村 卓人, 深谷 猛, 岩下 武史
北海道大学
e-mail : tactics_20class@eis.hokudai.ac.jp

1 はじめに

行列ベクトル積は計算科学分野の多様な数値シミュレーションのプログラムにおいて頻繁に用いられる計算カーネルのひとつである。最近、H行列 [1] と呼ばれる、密行列の一部を低ランク行列で表現することで記憶容量と演算量を削減する行列近似手法が注目を集めており、H行列ベクトル積の計算を分散環境向けに並列化する需要が生じている。近年の分散環境では、通信コストが演算コストに対して相対的に大きくなっており、通信コストの削減が重要視されている。そこで、H行列ベクトル積の分散並列化における通信コストの削減を最終的な研究目的と位置づけ、その一次的研究として、密行列ベクトル積の分散並列化における通信コストの削減について検証する。

2 通信隠蔽を用いた密行列ベクトル積の分散並列化

本研究では、分散並列環境において図1のように分散された行列とベクトルに関する行列ベクトル積の計算を考える。アプリケーションプログラムにおける一般的な実装では、最初にMPI Allgatherを用いてベクトルデータを通信し、各プロセスがベクトル x 全体を保持した状態にした後で、独立に $A_i x = y_i$ の計算を行う。

それに対して、図2に示すように、行列ベクトル積の計算を複数のステージに分割し、演算と通信のオーバーラップを可能にすることで、通信を隠蔽する実装を考える。具体的には、図2の場合、Process 1は最初のステージでは $A_{11}x_1$ の計算を行いながら、 x_1 のデータを Process 2に送り、同時に Process 4から x_4 のデータを受け取る。すると、次のステージで $A_{14}x_4$ の計算が可能となる。この実装では、理想的には、全ての通信を演算で隠蔽することが可能（1ステージの演算コストが通信コストよりも大きい場合）であり、行列ベクトル積の分散並列化における通信コストの削減が期待できる。

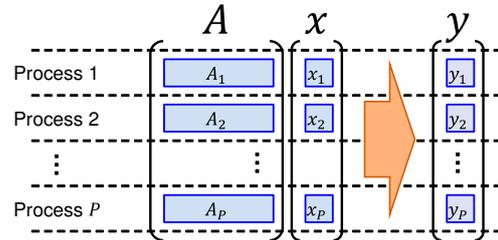


図1. 行列とベクトルデータの分散の様子。

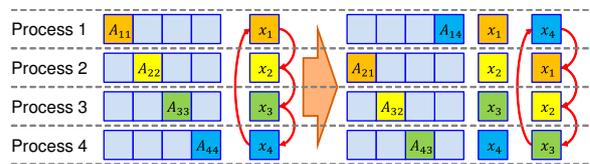


図2. 行列ベクトル積のステージ化と通信隠蔽の様子。

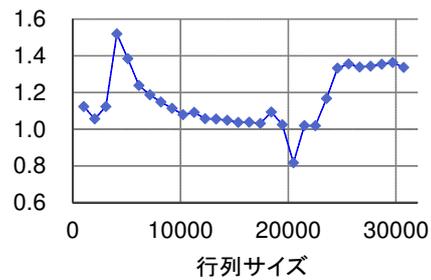


図3. 通信隠蔽による高速化率：(従来手法の実行時間)/(通信隠蔽を施した手法の実行時間)，京都大学のGB8000で4プロセスを使用。

3 性能評価

図3は京都大学のGB8000でプロセス数を4とした場合の結果（通信隠蔽による高速化率）であり、通信隠蔽が有効であることが確認できる。ただし、通信隠蔽により実行時間が遅くなった事例や、MPIの実装に由来すると思われる複雑な挙動も確認された（詳細はポスターで報告）。今後、H行列ベクトル積の分散並列実装を行うに当たり、今回の検証で得られた知見をもとに、より詳細な調査や検討が必要である。

参考文献

- [1] W. Hackbusch, A Sparse Matrix Arithmetic Based on H-matrices. Part I: Introduction to H-matrices, Computing, Vol. 62, pp. 89–108 (2009).