

受付 ID	15a-43
分野	計算機工学

大規模固有値解法の次世代型並列アルゴリズム とソフトウェアの開発

Development of next generation parallel algorithms and software for solving large-scale eigenvalue problems

櫻井鉄也

筑波大学 システム情報系

1. 研究目的

本プロジェクトでは、各種の実アプリケーションで現れる大規模な固有値問題を対象として、次世代ハードウェアでの利用を想定した並列アルゴリズムの研究とその高性能実装技術の開発を目的とする。我々はこれまでに「京」向けのソフトウェアを開発し、H26年7月にオープンソースとして公開した。本研究プロジェクトでは、このコードをベースとしてGPUなどのアクセラレータやIntel Phiなどメニーコアへの対応を行い、また新たにスペクトラルクラスタリングなどの固有値問題に基づく機械学習アルゴリズムの開発と評価を行う。

2. 研究成果の内容

本プロジェクトにおいてアルゴリズムと実装技術の開発を進め、HA-PACS および COMA を利用して、メニーコア向けコードの高性能化を進めた。具体的には、(1)階層的な並列構造をもつ密/疎型の固有値計算アルゴリズムのGPU向けソフトウェアの開発、(2)メニーコアプロセッサを対象とした性能予測モデルの構築と検証、(3)実アプリケーションによる高性能利用技術の開発、を中心に行った。

主な成果として、自動車のオートマチックトランスミッションを開発するアイシン・エイ・ダブリュ（株）との共同研究で、振動解析で現れる固有値解法の高高速化のためCOMAにおいて実装や性能評価を行った。共同研究成果をまとめた論文が自動車分野の国際会議論文として採択された（学術論文4）。

3. 学際共同利用として実施した意義

本研究プロジェクトでは、フランスから本プロジェクトに参加している研究者と協力して、HA-PACS 上でのMPI-PEACHを用いた疎行列演算についてのGPU間の通信性能評価についても実施した。このように、国内のスーパーコンピュータを海外研

究者と一緒に利用し研究を促進することは一般には困難であり、本プロジェクトを学際共同利用として実施した意義である。

4. 今後の展望

近年人工知能・機械学習技術が注目されているが、我々はスペクトラルクラスタリングなどの固有値計算に基づく機械学習アルゴリズムの開発を行っている。HA-PACSやCOMAを活用し、これらアルゴリズムの開発・高性能化を押し進め、ディープニューラルネットワークなどの既存の機械学習手法と学習性能だけでなく計算時間の観点で比較することを検討している。

5. 成果発表

(1) 学術論文

- 1 Yasuyuki Maeda, Yasunori Futamura, Akira Imakura, Tetsuya Sakurai, Filter analysis for the stochastic estimation of eigenvalue counts, JSIAM Letters, (7) 2015, 53--56.
- 2 Akira Imakura, Lei Du, Tetsuya Sakurai, Error bounds of Rayleigh--Ritz type contour integral-based eigensolver for solving generalized eigenvalue problems, Numerical Algorithms, (71) 2016, 103--120.
- 3 Tetsuya Hasegawa, Akira Imakura, Tetsuya Sakurai, Recovering from accuracy deterioration in the contour integral-based eigensolver, JSIAM Letters, (8) 2016, 1--4.
- 4 Takanori Ide, Kentaro Toda, Yasunori Futamura, Tetsuya Sakurai, Highly Parallel Computation of Eigenvalue Analysis in Vibration for Automatic Transmission using Sakurai-Sugiura Method and K-Computer, SAE Technical Paper 2016-01-1378, 2016.

(2) 学会発表

1. Akira Imakura, Tetsuya Sakurai, A novel complex moment-based eigensolver using a communication-avoiding Arnoldi process, SIAM Conference on Applied Linear Algebra (SIAM LA15), Hyatt Regency Atranta, Atranta, Georgia, USA, October 26-30, 2015.
2. Tetsuya Sakurai, Yasunori Futamura, Akira Imakura, A Contour Integral-based Parallel Eigensolver with Higher Complex Moments SIAM Conference on Applied Linear Algebra (SIAM LA15), Hyatt Regency Atranta, Atranta, Georgia, USA, October 26-30, 2015.
3. Akira Imakura, Yasunori Futamura, Tetsuya Sakurai, Error resilience

strategy of a complex moment-based eigensolver, International Workshop on Eigenvalue Problems: Algorithms; Software and Applications, in Petascale Computing (EPASA2015), EPOCHAL TSUKUBA, Tsukuba, Japan, September 14-16, 2015.

4. Akira Imakura, Tetsuya Sakurai, Arnoldi-type contour integral-based eigensolver for solving nonlinear eigenvalue problems, ICIAM 2015, Beijing, China, August 10-14, 2015.

(3) その他

使用計算機	使用計算機に○	配分リソース*
HA-PACS	○	387 時間
HA-PACS/TCA	○	70 時間
COMA	○	291 時間
※配分リソースについては 32node 換算時間をご記入ください。		

=記入上の注意=

※A4 二枚程度を目安にご記入ください。

※図表を含めて構いません。(他の文献から図版等を引用する際には、著作権法を遵守してください)

※1. から 5. の項目については、変更していただいても構いません。

※PDF でご提出ください(赤字を消して PDF 化してください)

※左上の「受付 ID」には、採択通知記載の受付番号をご記入ください。(不明の場合は空欄でも構いません)

※左上の「分野」には、申請時の分野をご記入ください。

※課題名(和文)は 14pt、課題名(英文)および代表者氏名・所属は 12pt、その他の文字は 10.5pt で作成してください。

※提出いただいた PDF は、[筑波大学計算科学研究センターの Web ページ](#)にて公開させていただきます。