

第 15 回先進スーパーコンピューティング環境研究会 (ASE 研究会) 実施報告  
東京大学情報基盤センター 准教授 片桐孝洋

2013 年 10 月 23 日 (水) 14:55 ~ 16:45、東京大学情報基盤センター (浅野地区) 4 階遠隔会議室にて、第 15 回先進スーパーコンピューティング環境研究会 (ASE 研究会) が開催されました。

大学・研究機関からの参加者 5 名、企業からの参加者 3 名の合計 8 名の参加がありました。活発な議論がなされました。

今回は、招待講演として フランスの Maison de la Simulation/CNRS および University Lille 1 から Serge G. Petiton 教授をお呼びし、エクサスケールのスーパーコンピュータに向けた、クリロフ部分空間法ベースのアルゴリズムについての講演を行いました。

Petiton 教授の講演は、「On the road to Intelligent Krylov-based Methods for Extreme Computing」で、連立一次方程式や固有値問題の解法によく用いられる、Krylov 部分空間法を用いた反復解法のアルゴリズムに関する講演でした。Krylov 部分空間法は、よく用いられている数値解法ですが、アルゴリズムの内部に数学上のパラメタが多数存在します。そのうち、リスタート周期と呼ばれるパラメタは、値が小さすぎると解に収束しなくなり、値が大きすぎると演算量が増加して実行時間がかかりすぎるようになるパラメタです。リスタート周期の適切な値は解くべき行列の数値特性に依存するため、固定的な値を常に使うことができません。

また、Krylov 部分空間法では部分空間を保持するため、ベクトルの直交化処理が必要になります。この直交化処理は計算量が多いため、できるだけ演算量を減らしたうえで、演算精度を保つ工夫が必要になります。そこで Petiton 教授は、不完全直交化という手法を提案し、演算量を落とし高速化する手法を提案しています。この不完全直交化には、直交化すべきベクトルの本数という数学上のパラメタがあります。この直交化すべきベクトルの本数も、性能を決める要因になります。

以上の数値計算アルゴリズムに存在するパラメタを、解法の実行時に自動調整する汎用的な方式を提案しています。この解法のパラメタの自動調整は、自動チューニング分野の主なテーマとして日本を含め、現在、活発に研究されています。

以上のように Petiton 教授の講演内容は、数値アルゴリズムと高性能実装の観点から、たいへん興味深い講演内容でした。会場からも、活発な質疑がなされました。

当日のプログラムを以下に載せます。

## Program

- 14:55 - Opening
- 15:00 - 16:00 Invited Talk
  - Invited Speaker Professor Serge G. Petiton (Maison de la Simulation/CNRS,

and University Lille 1, Sciences et Technologies)

- Title: On the road to Intelligent Krylov-based Methods for Extreme Computing
- Abstract:

Exascale hypercomputers are expected to have highly hierarchical architectures with nodes composed by lot-of-core processors and accelerators. The different programming levels (from clusters of processors loosely connected to tightly connected lot-of-core processors and/or accelerators) will generate new difficult algorithm issues. New methods should be defined and evaluated with respect to modern state-of-the-art of applied mathematics and scientific methods.

Krylov linear methods such as GMRES and ERAM are now heavily used with success in various domains and industries despite their complexity. Their convergence and speed greatly depends on the hardware used and on the choice of the Krylov subspace size and other parameters which are difficult to determine efficiently in advance. Moreover, hybrid Krylov Methods would allow reducing the communications along all the cores, limiting the reduction only through subsets of these cores. Added to their numerical behaviors and their fault tolerance properties, these methods are interesting candidates for exascale/extreme matrix computing. Avoiding communication strategies may also be developed for each of the instance of these methods, generating complex methods but with high potential efficiencies. These methods have a lot of correlated parameter which may be optimized using auto/smart-tuning strategies to accelerate convergence, minimize storage space, data movements, and energy consumption.

In this talk, we first will present some basic matrix operations utilized on Krylov methods on clusters of accelerators, with respect to a few chosen sparse compressed formats. We will discuss some recent experiments on a cluster of accelerators concerning comparison between orthogonal, incompletely orthogonal and non-orthogonal Krylov Basis computing. Then, we will discuss some results obtained on a cluster of accelerators to compute eigenvalues using the MERAM method with respect to the restarting strategies. We will survey some auto/smart-tuning strategies we proposed and evaluated for some of the Krylov method parameters. As a conclusion, we will propose auto-tuning strategies for future hybrid methods on post-petascale computers, on the road to exascale intelligent hybrid methods.

- 16:00 - 16:15 Break

- 16:15 - 16:45 Regular Presentation
  - Speaker: Takahiro Katagiri (Information Technology Center, The University of Tokyo)
  - Title: Towards Directive-base Auto-tuning Language for Supercomputers in Operation --- Open Questions and Future Direction ---
  - Abstract: Although several Auto-tuning (AT) languages have been proposed and studied for the last decade, we do not still have crucial tools and languages for AT for supercomputers in operation. In this presentation, we present another AT language based on directive-base, which is ppOpen-AT. With respect to supercomputer environments, preprocessor and AT framework of ppOpen-AT do not require any daemons and script languages for code generation and AT cycle phases.

As a scenario of AT, we adapt the AT function to a real application based on finite difference method (FDM). By using the Fujitsu PRIMEHPC FX10, that is supercomputer in operation in the University of Tokyo, we obtain essential performance improvement by adapting the AT function. We will also point out several open questions and future direction for directive-base AT languages.
- 16:45 - Closing
- 17:30 - Reception

ASE 研究会の開催情報はメーリングリストで発信をしております。研究会メーリングリストに参加ご希望の方は、ASE 研究会幹事の片桐 (katagiri@cc.u-tokyo.ac.jp) までお知らせください。

以上