

第13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

2012年12月4日（火）14時20分～17時40分、東京大学情報基盤センター3階大会議室にて、第13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。

国内・国外の大学・研究機関からの参加者は9名でした。活発な議論がなされました。

今回は、招待講演として米国ジョージア工科大学から Aparna Chandramowlishwaran 氏をお呼びし、エクサスケールに向けた高速アルゴリズムの話題で、Fast Multipole Method (FMM)を取り扱ったケースについての講演を行いました。

また、米国サンディア国立研究所から Mark Hoemmen 博士をお呼びし、アルゴリズムベースのフォールト・トレラント (FT) と、システムのコードデザインに関する講演を行いました。

Chandramowlishwaran 氏の発表は、FMMのアルゴリズムについて、アルゴリズム上の特性から将来のエクサスケールの計算機アーキテクチャの設計に必要な要素（性能パラメタ）を抽出し、性能のモデル化することに関する講演でした。たとえばFMMにおいては、担当領域に入る粒子数が性能を決めるパラメタになりますが、このような数値計算アルゴリズム特有のパラメタを洗い出し、性能のモデル化をすることは実用上も役立ちます。また、FMMで特有の計算を、近年のマルチコア計算機で高性能実行する際のコード最適化、および実行環境の最適化も考慮して、最適化方法論として研究を進めています。近年のマルチコア計算機の利用の観点でも、大変興味深い講演でした。

将来のエクサスケール計算機においては、計算機の耐故障率が極端に低下するといわれています。Hoemmen 博士の講演は、このような耐故障率の低下に対応するための研究でした。具体的にこの状況では、知らずして数値計算の解がおかしくなる状況が生じます。この誤動作を防ぐ研究は、一般的に、フォールト・トレラント (FT)の研究と呼ばれています。その中でも、演算結果が知らずして壊れる状況（ソフトエラー）に対応するFTのものでした。ソフトエラーに対応するFTは一般に難しく、アルゴリズムの特徴を利用することで、FTを実現するのが一般的です。このようなFTを、アルゴリズムベースのFTと呼びます。Hoemmen 博士の取り扱っている数値計算アルゴリズムは、疎行列反復解法による連立一次方程式の求解です。数ある解法のうち、GMRES法とよばれる、収束特性が安定でよく実用で使われる数値アルゴリズムへのFTを適用する研究です。GMRES法の計算において、高信頼性が必要な部分と、そうでない部分を切り分ける方式を提案し、ハードウェアレベルで高信頼性部分を実装することで、全体としてFTを実現するというものでした。

Chandramowlishwaran 氏と Hoemmen 博士の双方とも、計算科学や応用数理学の観点から実用問題の特徴を抽出し、コンピュータサイエンス分野の計算機ハードウェア設計に生かす研究といえます。このような研究は協調設計 (Co-design) とよばれ、現在、エクサスケールを実現するスーパーコンピュータの設計において、世界的に行われています。現在の研

究トレンドといっても過言ありません。この観点から、双方の招待講演の内容はたいへん興味深く、かつ大変参考になりました。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

- 14:20 - 14:30 Opening
 - Takahiro Katagiri (The University of Tokyo, Japan)
- 14:30 - 15:30 Invited Talk(1)
 - Ms. Aparna Chandramowlishwaran (Georgia Institute of Technology, USA)
 - Title: Fast Algorithms at Exascale and Beyond: A Case Study of the FMM
 - Abstract: We are entering the era of exascale. The number of cores are growing at a much faster rate than bandwidth per node. What implications does this trend have in designing algorithms for future systems? If we were to model computation and communication costs, what inferences can we derive from such a model for the time to execute an algorithm? Practice informs theory. We present scalable implementations and analysis of the Fast Multipole Method (FMM) for solving N-body problems. It is broadly applicable to a variety of particle simulations used to study various computational science problems and is among the most attractive solutions for scalable particle simulation on future systems.

We will try to answer two key questions: How to engineer fast code for today's platforms and how to understand scalability on future systems? We present an in-depth multicore optimization and tuning for FMM, along with an approach for finding and fixing bottlenecks in a code. We will also describe a new algorithmic complexity analysis that is based on the idea of co-design.
- 15:30 - 15:45 Break
- 15:45 - 16:45 Invited Talk (2)
 - Dr. Mark Hoemmen (Sandia National Laboratories, USA)
 - Title: Fault-tolerant solvers via algorithm / system codesign
 - Abstract: Protecting arithmetic and data from corruption due to hardware errors costs energy. However, energy increasingly constrains modern computer hardware, especially for the largest parallel computers being built and planned today. As processor counts continue to grow, it will become too expensive to correct all of these "soft errors" at system levels, before they reach user code. However, many algorithms only need reliability for certain data and phases of computation, and can be designed to recover from some

corruption. This suggests an algorithm / system codesign approach. We will show that if the system provides a programming model to applications that lets them apply reliability only when and where it is needed, we can develop "fault-tolerant" algorithms that compute the right answer despite hardware errors in arithmetic or data. We will demonstrate this for a new iterative linear solver we call "Fault-Tolerant GMRES" (FT-GMRES). FT-GMRES uses a system framework we developed that lets solvers control reliability per allocation and provides fault detection. This project has also inspired a fruitful collaboration between numerical algorithms developers and traditional "systems" researchers. Both of these groups have much to learn from each other, and will have to cooperate more to achieve the promise of exascale.

- 16:45 - 17:00 Break
- 17:00 - 17:30
 - Takahiro Katagiri (The University of Tokyo, Japan)
 - Title: Development of ppOpen-AT: An Auto-tuning Description Language for ppOpen-HPC
 - Abstract: ppOpen-AT is an auto-tuning (AT) language for code optimization in 5 kinds of crucial numerical methods provided by ppOpen-HPC project. In this presentation, we present preliminary result of ppOpen-AT. In particular, adaptation to ppOpen-AT to a numerical kernel derived by explicit method on Finite Difference Method is shown. We have developed a new AT function on ppOpen-AT for its code optimization such as: loop fusion and loop split. Performance evaluation is performed with current supercomputers and CPUs with multicore chips.
- 17:30 - 17:40 Closing
 - Takahiro Katagiri (The University of Tokyo, Japan)

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