

ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の
創出
平成 23 年度採択研究代表者

H25 年度 実績報告

千葉 滋

東京大学大学院情報理工学系研究科
教授

ポストペタスケール時代のスーパーコンピューティング向けソフトウェア開発環境

§ 1. 研究実施体制

(1)「千葉」グループ

- ① 研究代表者: 千葉 滋 (東京大学大学院情報理工学系研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・スーパーコンピューティングのためのモジュール機構

(2)「増原」グループ

- ① 主たる共同研究者: 増原 英彦 (東京工業大学大学院情報理工学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・スーパーコンピューティングのための動的言語処理系

(3)「鶴林」グループ

- ① 主たる共同研究者: 鶴林 尚靖 (九州大学大学院システム情報科学研究院、教授)
- ② 研究項目
 - ・スーパーコンピューティングのための検証技術

(4)「五十嵐」グループ

- ① 主たる共同研究者: 五十嵐 淳 (京都大学大学院情報学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・スーパーコンピューティングのための型システム

§ 2. 研究実施の概要

ポストペタスケール時代のスーパーコンピューティング(あるいはハイパフォーマンスコンピューティング)では、ハードウェアも高度に進歩するが、もはやソフトウェア側もハードウェアの性能を引き出すためには相応の負担が必要となる。一方で、従来型の科学技術計算だけでなく、生命科学分野や社会科学分野などのアプリケーションソフトウェアもスーパーコンピューティングを利用するようになる予期され、利用の裾野を広げるためには、一般利用者のプログラミングの負担を下げるソフトウェア技術の研究開発が急務である。

我々は、旧来型の Fortran や C 言語ではなく、Java や Ruby 言語のような、比較的現代的でソフトウェアの開発生産性が高いとして広く用いられているが、スーパーコンピューティングに用いるには実行時性能が十分でないと言われている言語をスーパーコンピューティングに利用可能にする技術を研究開発している。単純に Java や Ruby の言語処理系の実行時性能を向上させるのではなく、それらの言語で書かれたプログラムを部分的に C 言語等に変換し、本来の言語処理系からオフロードして実行する手法を研究している。これにより本当に性能が必要な部分だけアクセラレータなどハードウェアを活用し、それほどの性能を必要としない部分は Java や Ruby 言語の生産性の高さを享受できるようになる。これに加えて我々は、そのような実行基盤の上に構築するフレームワークないしはドメイン専用言語の実現のために、ソフトウェアの先進的なモジュール化技術も合わせて研究しており、スーパーコンピューティング分野への適用可能性を探っている。具体的には文脈指向プログラミング、フューチャー指向ソフトウェア開発、プロダクトライン開発などである。またスーパーコンピューティングの新しい応用分野として、ソフトウェアのリポジトリマイニングや社会シミュレーションの並列処理についても研究している。

平成 25 年度は、Java 言語ベースの処理系として WootinJ、Ruby 言語ベースの処理系として Ikura の開発を前年度より継続しておこなった。WootinJ では devirtualization、object inlining などの技術を駆使して、オブジェクト指向で書かれたコードを効率の良い CUDA コードに変換する技法の研究をおこなった。Ikura では、主に動的型付き言語のための型推論系の研究をおこなって効率の良いコードを生成できるようにした。また文脈指向プログラミングについて動的なモジュールの合成の際の安全性について理論的な考察をおこない、安全にそれを実行する機構について研究した。またソフトウェアのリポジトリマイニングの並列処理については、そのためのドメイン専用言語を試作し、それをばらばらのモジュールを適切に組み合わせて実現できるようにした。またその言語の中から Hadoop 等を利用した場合の性能改善について実験し、一定の高速化が可能であることを示した。社会シミュレーションの並列処理に関しては、同じ研究領域の野田チームと研究協力を進め、同チームが持つ社会シミュレーションのソフトウェアの大規模並列実行を実現するために必要な点や、克服すべき課題の調査をおこなった。

§ 3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

論文詳細情報(国内)

1. 青谷知幸, 紙名哲生, 増原英彦, "オブジェクト毎の層遷移を宣言的に記述できる文脈指向言語 EventCJ", コンピュータソフトウェア, Vol. 30, No. 3, pp. 130-147, 2013.

論文詳細情報(国際)

2. Masayuki Ioki, Shigeru Chiba, A Framework for Multiplatform HPC Applications, Proc. of Programming Models and Applications on Multicores and Manycores (PMAM2014 workshop), ACM, pp. 61-69, Feb. 15, 2014, DOI: 10.1145/2560683.2560693
3. Tetsuo Kamina, Tomoyuki Aotani, Hidehiko Masuhara, and Tetsuo Tamai, "Context-oriented software engineering: A modularity vision", In Proceedings of International Conference on Modularity (Modularity'14), Track on Modularity Visions, April 2014. DOI: 10.1145/2577080.2579816 (to appear)
4. Tomoyuki Aotani, Tetsuo Kamina, and Hidehiko Masuhara, "Context holders: Realizing multiple layer activation mechanisms in a single context-oriented language", In Proceedings of the Workshop on Foundations of Aspect-Oriented Languages (FOAL'14), April 2014. DOI: 10.1145/2588548.2588552 (to appear)
5. Robert Hirschfeld, Hidehiko Masuhara, and Atsushi Igarashi, "L: Context-oriented programming with only layers", In COP'13: Proceedings of the International Workshop on Context-Oriented Programming, Article No. 4, New York, NY, USA, 2013. ACM. DOI: 10.1145/2489793.2489797
6. Tetsuo Kamina, Tomoyuki Aotani, and Hidehiko Masuhara, "A unified context activation mechanism", In COP'13: Proceedings of the International Workshop on Context-Oriented Programming, Article No. 2, New York, NY, USA, 2013. ACM. DOI: 10.1145/2489793.2489795
7. Changyun Huang, Kazuhiro Yamashita, Yasutaka Kamei, Kenji Hisazumi, and Naoyasu Ubayashi: Domain Analysis for Mining Software Repositories ---Towards Feature-based DSL Construction---, 4th International Workshop on Product Line Approaches in Software Engineering (PLEASE 2013), pp. 41-44, 2013 (DOI: 10.1109/PLEASE.2013.6608663)
8. Changyun Huang, Yasutaka Kamei, Kazuhiro Yamashita, and Naoyasu Ubayashi: Using Alloy to Support Feature-Based DSL Construction for Mining Software Repositories, 5th International Workshop on Model-driven Approaches in Software Product Line Engineering; 4th Workshop on Scalable Modeling Techniques for

Software Product Lines (MAPLE/SCALE 2013), pp. 86-89, 2013 (DOI: 10.1145/2499777.2500714)

9. Kensuke Kojima and Atsushi Igarashi. A Hoare logic for SIMT programs. In Proceedings of the Asian Symposium on Programming Languages and Systems (APLAS2013), volume 8301 of Lecture Notes in Computer Science, pages 58–73, Melbourne, Australia, December 2013. Springer-Verlag.