

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 24 年度採択研究代表者

H25 年度 実績報告
----------------

野田 五十樹

(独)産業技術総合研究所サービス工学研究センター  
研究チーム長

超大並列計算機による社会現象シミュレーションの管理・実行フレームワーク

## § 1. 研究実施体制

### (1) 野田グループ

- ① 研究代表者: 野田 五十樹 ((独)産業技術総合研究所サービス工学研究センター、研究チーム長)
- ② 研究項目
  - ・シミュレーション実行計画機構の設計・実装
  - ・全体調整とパッケージ統合

### (2) 伊藤・和泉グループ

- ① 主たる共同研究者: 伊藤 伸泰 (東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻、准教授)
- ② 研究項目
  - ・シミュレーション結果管理マネージャの設計・実装

### (3) 服部グループ

- ① 主たる共同研究者: 服部 宏充 (京都大学大学院情報学研究科、助教)
- ② 研究項目
  - ・エージェントモデル選択機能の実現

### (4) 井手グループ

- ① 主たる共同研究者: 井手 剛 (IBM T. J. Watson Research Center, Supplemental Research Staff Manager)
- ② 研究項目

・エージェントシミュレーション分散実行基盤とパラメータ分析・推定機構の開発

(5) 鎌田グループ

① 主たる共同研究者: 鎌田 十三郎 (神戸大学大学院システム情報学研究科講師)

② 研究項目

・分散エージェントシミュレータのための言語処理系の移植および高速化

(6) 理研グループ

① 主たる共同研究者: 伊藤 伸泰 ((独)理化学研究所計算科学研究機構離散事象シミュレーション研究チーム チームリーダー)

② 研究項目

・大規模社会シミュレーション実行計画機構の開発およびペタスケール計算機によるポストペタ実証研究

## § 2. 研究実施の概要

このチームでは、社会シミュレーションを大規模かつ簡易に実施できるようにすることで、社会システムやサービスの工学的な設計を実現することを目指しており、そのために、想定外をできるだけ減らしてシステムやサービスの頑健性を確保する、多様な状況を計画的かつ網羅的にシミュレーションする枠組み(MASS 計画・管理モジュール)と、大都市など多数の人々を一度に扱うための計算量のスケーラビリティを HPC の上で扱う基盤(MASS 分散実行ミドルウェア)を開発している。

本年度は、MASS 計画・管理モジュールについては、非常に多数の組み合わせとなる設定群のシミュレーションの結果管理と実行計画を統一的に行う枠組みのプロトタイプとして、OACIS(図 1)を構築した。OACIS は、数千程度のシミュレーションを実行管理し、数十万程度の実行結果の管理を行う機能を有しており、データベースを中心に web アプリケーションの形をとり、バックエンドの HPC を呼び出す形式となっている。ユーザはブラウザ画面から、バックエンドや使用するシミュレータ、設定条件などを操作する形式をとる。

OACIS において計画的かつ網羅的にシミュレーション設定を選ぶ仕組みとしては、実験計画法に三分探索と強化学習の手法を組み合わせた探索方式をモジュールとして組み込んだ。これにより、膨大な設定の組み合わせの中で、社会システム分析の上で重要となる設定を早期に洗い出せることが可能となる。

MASS 分散実行ミドルウェアについては、並列分散プログラミング言語 X10 について、ターゲットプラットフォームの1つである京/FX10 における動作安定化と性能評価・チューニングを行なった。ベンチマークとしては SC13 にて開催された 2013 HPC Challenge Class 2 Awards に参加し、finalist となった。特に Betweenness Centrality という不規則計算を扱うプログラムでは、1024 nodes (8192 places) までのスケーラビリティにおいて、ほぼリニアな性能向上が得られた(図 2)。

エージェントシミュレーション分散実行基盤 XAXIS については、大規模環境における実行性能

を示すため、全日本道路ネットワークと 1000 万車両、そして 256 ノードから構成されるスーパーコンピュータを用いて評価を行った。その結果、Native X10 版交通シミュレータでは、実時間の 10 倍のリアルタイム性を実現した。同様に BlueGene/Q においても日本全国、1000 万車両の動作を確認した。

これら開発した枠組みを用いて、経済・人流・交通を対象として大規模シミュレーションを行い、機能の検証を行うとともに、実問題における実用性を示した。たとえば経済シミュレーションでは、日本取引所グループの東京証券取引所との共同研究で、株価の変動に対して適正な最小取引価格の閾値を、パラメータの網羅的シミュレーションにより求めることに成功した(図 3)。この他、人流シミュレーションでは鎌倉市の海岸地域を対象とした避難訓練支援に、交通シミュレーションでは広島市やナイロビ市を対象として道路計画や信号制御の改善・検証に有効に使えることを示した。

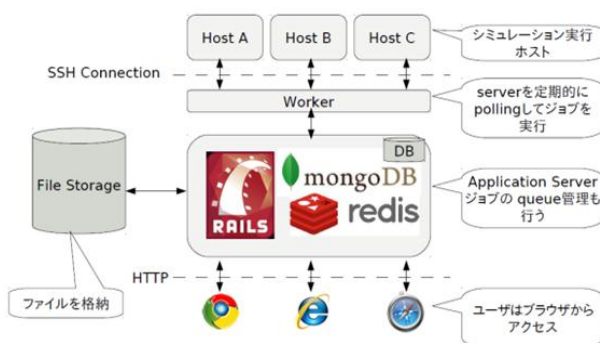


図 1 MASS 計画・管理モジュール OACIS

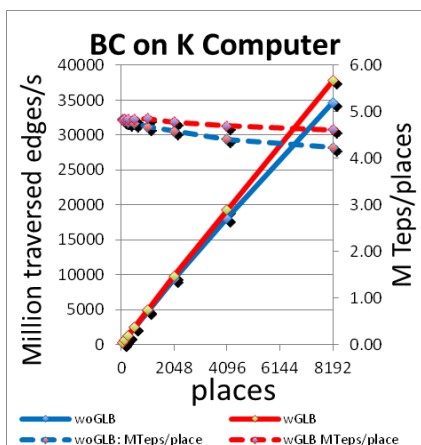


図 2 X10 移植におけるスケーラビリティ



図 3 人工市場シミュレーションによる適正最小取引価格の閾値決定

### § 3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### 論文詳細情報(国内)

1. 水田 孝信, 和泉 潔, 八木 勲, 吉村 忍, “人工市場を用いた値幅制限・空売り規制・アップデートルールの検証と最適な制度の設計”, 電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌), vol. 133, No. 9, pp. 1694-1700, 2013 (DOI: 10.1541/ieejeiss.133.1694).
2. 和泉 潔, 池田 竜一, 山本 仁志, 諏訪 博彦, 岡田 勇, 磯崎 直樹, 服部 進, “可能世界ブラウザとしてのエージェントシミュレーション ～ ターゲットマーケティングへの応用 ～”, 電子情報通信学会論文誌 D, vol. J96-D, No. 12, pp. 2877-2887, 2013.
3. 柴田 一樹, 和泉 潔, 磯崎 直樹, 吉村 忍, “閲覧行動タイプに基づいたウェブ広告配信シミュレーションモデル”, 電気学会論文誌C(電子・情報・システム部門誌), vol. 133, No. 9, pp. 1762-1769, 2013 (10.1541/ieejeiss.133.1762).
4. 水田 秀行, 恐神 貴行, 鈴木 豊太郎, 井手 剛, “大規模交通シミュレーターが支援する都市計画”, 電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems, vol. 133, No. 9, pp. 1632-1635, 2013 (DOI:10.1541/ieejeiss.133.1632).

##### 論文詳細情報(国際)

5. Itsuki Noda, “Limitations of Simultaneous Multiagent Learning in Nonstationary Environments”, Proc. of 2013 IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology, pp. 309 - 314, IEEE, 2013 (DOI: 10.1109/WI-IAT.2013.125).
6. Takashi Shimada, "A universal transition in the robustness of evolving open systems," Scientific Reports 4, 4082, 2014, (DOI: 10.1038/srep04082).
7. Koji Oishi, Manuel Cebrian, Andres Abeliuk, Naoki Masuda. "Iterated crowdsourcing dilemma game," Scientific Reports 4, 4100 (2014), DOI: 10.1038/srep04100.
8. Yohsuke Murase, Takeshi Uchitane and Nobuyasu Ito, "A tool for parameter-space explorations", to appear in proceedings of a CSP workshop.
9. Saki Kawakubo, Kiyoshi Izumi, Shinobu Yoshimura, "Analysis of an Option Market Dynamics Based on a Heterogeneous Agent Model", Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management. (in press)
10. Takanobu Mizuta, Kiyoshi Izumi, Isao Yagi, Shinobu Yoshimura, “Design of Financial Market Regulations against Large Price Fluctuations Using by Artificial Market Simulations”, Journal of Mathematical Finance, vol. 3 No. 2A, pp. 15-22, 2013 (DOI: 10.4236/jmf.2013.32A003).
11. Chi Wang, Kiyoshi Izumi, Takanobu Mizuta, and Shinobu Yoshimura, “Investigating

- the Impact of Trading Frequencies of Market Makers: a Multi-agent Simulation Approach”, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, vol. 6 No. 3 pp. 216-220, 2013 (DOI: 10.9746/jcmsi.6.216 )
12. Takanobu Mizuta, Satoshi Hayakawa, Kiyoshi Izumi and Shinobu Yoshimura, “Simulation Study on Effects of Tick Size Difference in Stock Markets Competition”, Proceedings of The 8th International Workshop on Agent-based Approach in Economic and Social Complex Systems (AESCS2013), pp. 235-246, 2013.
  13. Takanobu Mizuta, Kiyoshi Izumi, Shinobu Yoshimura, “Price Variation Limits and Financial Market Bubbles: Artificial Market Simulations with Agents’ Learning Process”, Proceedings of 2013 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI), 2013 (DOI: 10.1109/CIFEr.2013.6611689)
  14. Wei Zhang, Olivier Tardieu, David Grove, Benjamin Herta, Tomio Kamada, Vijay Saraswat, Mikio Takeuchi, "GLB: Lifeline-based Global Load Balancing library in X10", Proc. of the first Workshop on Parallel Programming for Analytics Applications (held during PPopP '14), pp. 31-40, February 16, 2014 (DOI: 10.1145/2567634.2567639).
  15. Takayuki Osogami and Rudy Raymond, “Map Matching with Inverse Reinforcement Learning”, Proceedings of the 23rd International Joint Conference on Artificial Intelligence, pp. 2547-2553, 2013 (ISBN: 978-1-57735-633-2)
  16. Takayuki Osogami, Takashi Imamichi, Hideyuki Mizuta, Toyotaro Suzumura, and Tsuyoshi Idé, “Toward simulating entire cities with behavioral models of traffic”, IBM Journal of Research and Development, vol. 57, no. 5, pp. 6:1-6:10, 2013 (DOI: 10.1147/JRD.2013.2264906)
  17. Toyotaro Suzumura and Hiroki Kanezashi, “Accelerating Large-Scale Distributed Traffic Simulation with Adaptive Synchronization Method”, Proceedings of the 20th ITS World Congress Tokyo 2013 (CD-ROM)
  18. Takayuki Osogami, Hideyuki Mizuta and Tsuyoshi Idé, “Identifying the optimal road closure with simulation”, Proceedings of the 20th ITS World Congress Tokyo 2013 (CD-ROM)
  19. Toyotaro Suzumura and Hiroki Kanezashi, “A Holistic Architecture for Super Real-Time Multiagent Simulation Platform”, Proceedings of Winter Simulation Conference 2013, pp. 1604-1612, 2013 (DOI: 10.1109/WSC.2013.6721543)
  20. Tetsuo IMAI and Atsushi TANAKA, "Analysis of discrete state space partitioned by the attractors of the dynamic network formation game model", Proceedings 19th International Workshop on Cellular Automata and Discrete Complex Systems (AUTOMATA2013) - Exploratory Papers, pp. 21-30, Giessen, Sep. 2013.