

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(産総研)

- ① 研究代表者:野田五十樹 (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) 伊藤グループ(東大)

- 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(京大)

- 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(日本 IBM)

- ① 主たる共同研究者:井手 剛 (日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所、部長)
- 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(神戸大)

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

§ 2. 研究実施内容

本年度は大規模社会シミュレーションの網羅的実行の枠組みの基本設計およびプロトタイプ of 構築を開始した。また、並行して、検証のための題材となるいくつかの社会シミュレーションについて、大規模化に向けた問題点の洗い出しと応用のための活用手法について検討を進めた。

まず枠組みの基本設計とプロトタイプシステムについては、MASS 計画・管理モジュールと MASS 分散実行ミドルウェアの 2 つに分けて進めた。

MASS 計画・管理モジュールでは、これまで開発をしてきたシミュレーション実行管理機構 *practice* をベースに、シミュレーション設定の網羅的組み合わせの順序を、シミュレーション結果の分析に基づき動的に増強・変更していける枠組みを検討した。特に、HPC 基盤上での超並列実行を前提とするため、設定組み合わせ記述と順序付けをストリーム型で生成できる形式を考慮し。最終的に図 1 に示すような形で管理プロセスを整理し、プロトタイプシステムとして *Practice-Pro* の実装を開始した。*Practice-Pro* では優先順位付けや設定組み合わせの詳細化を外部から動的に受け取れる機能を持ち、シミュレーション結果分析の動的反映や実データとの同化などの仕組みを取り入れられることとなる。

MASS 分散実行ミドルウェアについては、大規模エージェントシミュレーション基盤の XAXIS の改良と X10 言語の京コンピュータ及び FX10 上での動作に向けた移植作業を進めた。アプリケーション層とミドルウェア層が密結合であった XAXIS のこれまでの設計を、下位のレイヤと独立してアプリケーションを開発できるよう粗結合なアーキテクチャを設計し、メッセージングパッシングインタフェースを実装し、その他に、性能最適化として、同期頻度をアダプティブに変更することにより、同期コストのオーバーヘッドを削減する手法を提案し、実装を行った[原著論文 6]。また、X10 に関しては、バックエンドの言語処理系として C++ を想定した *native* 版を中心に進め、京上の MPI ライブラリ及び *pthread* ライブラリを用いて、共有メモリ+MPI のハイブリッド実行環境の整備を行っている(図 2)。この *native* 版については、現在動作確認および試験的性能評価の最中であり、X10 を対象とした高性能計算用ベンチマークである PERCS benchmark を用いた動作検証では、一部アプリケーションにおいて 1000 ノード程度での台数効果を確認している。また、CREST ポストペタ千葉チームの Java, managed X10 の移植と連携し、広範囲での X10 の実行環境の整備を進めている。

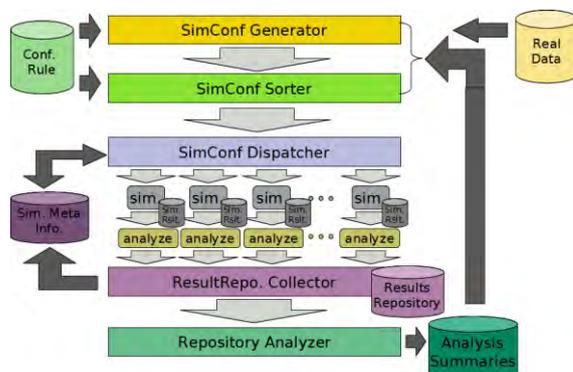


図 1 シミュレーション実行のための枠組み

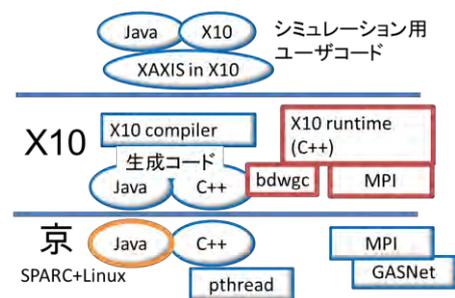


図 2 X10 の京/FX への移植

題材となる社会シミュレーションとしては、網羅的検証の活用手法を洗い出すために経済および社会形成シミュレーションを、また、大規模分散実行と実データとの連携機能検証として交通シミュレーションをとりあげ、社会現象シミュレーションの大規模活用に向けた検討を進めた。

経済シミュレーションに関しては、東京証券取引所との共同研究により、エージェントシミュレーションを用いて取引注文価格の最小単位の設定に関する評価手法を開発した。さらに、市場に関連する経済状況、値幅制限や空売り規制など取引ルールを入力条件としたエージェントシミュレーションにより、市場価格の変動の大きさや市場取引の潤滑さを評価した。これらのシミュレーション結果を実際の市場制度のデザインに活用するための共同研究を継続している。[原著論文 1,2,3,4]

また、社会シミュレーションの汎用的モデル課題として、協力しあう集団としての社会形成の基本的な問題をとりあげ、その分析を進めた[原著論文 5]。これまで、外的要因・制約により協力集団を形成するものは提唱されてきたが、内的な要因で協力するものは比較的自明なものに限られてきた。これに対し、内因により協力集団が複数現れるエージェントモデルを開発し、合わせてそのモデルルールの進化的安定性を解明した。

交通シミュレーションについては、まず XAXIS の有効性検証として交通シミュレーションを改良し、広島市と協業して、さまざまな前提で広島市の交通流の検証を行った。広島市の実測交通量に対して、経路設定にドライバー個性を用いる交通シミュレーションの精度検証を行い、個性の要素の重み付けと道路状況の逐次更新を行い、交通シミュレーションの改良と精度向上を実現した。応用事例としては、道路の通行止めと新道路開通の交通流への影響を評価して、広島市による具体的交通施策の決定のための材料として提供した(図 3)[原著論文 6(再掲)]。また、カーナビにより記録された数千台分の走行データを秒単位の走行を可視化するビューアを整備し(図 4)、既存の車両挙動モデルが内包する要素を異なる粒度で部分取り入れたモデルを検証する準備を進めた。

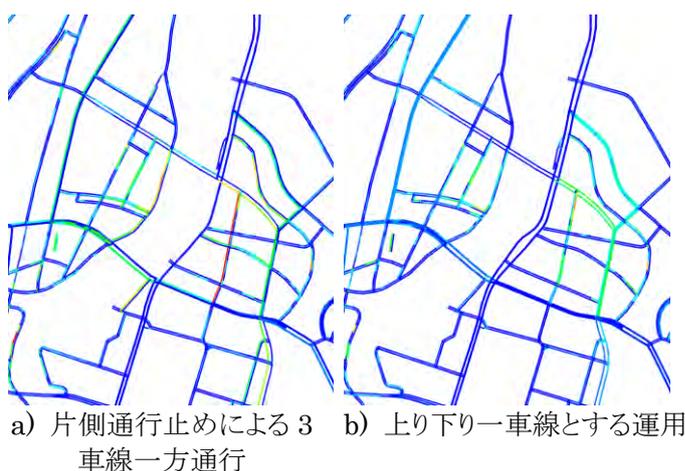


図 3 広島市祇園新道工事に伴う二通りの交通規制シナリオにおける交通量変化の比較シミュレーション

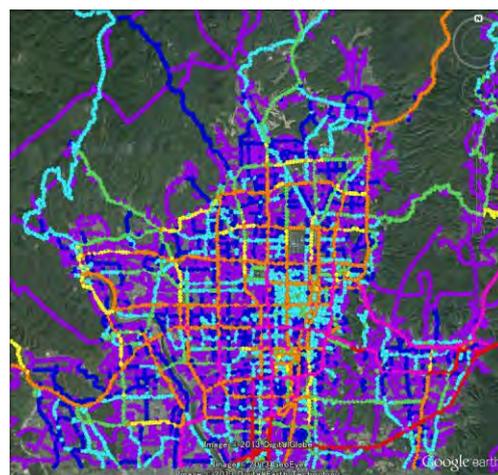


図 4 京都における交通状況の表示例

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

1. 八木 勲, 水田 孝信, 和泉 潔, 人工市場を用いた市場暴落後における反発メカニズムの分析, 情報処理学会論文誌, 53 巻 11 号, pp. 2388-2398, 2012., <http://id.nii.ac.jp/1001/00087035/>
2. 和泉 潔, 余野 京登, 陳 ユ, 後藤 卓, 松井 藤五郎, 英文経済レポートのテキストマイニングと長期市場分析, 日本金融・証券計量・工学学会論文誌, (in press)
3. 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, (in press).
4. 藏本貴久, 和泉潔, 吉村忍, 石田智也, 中嶋啓浩, 松井藤五郎, 吉田稔, 中川裕志, 新聞記事のテキストマイニングによる長期市場動向の分析, 人工知能学会論文誌 (in press)
5. Koji Oishi, Takashi Shimada and Nobuyasu Ito, Group Formation through Indirect Reciprocity, Physical Review E(in press).
6. T. Osogami, T. Imamichi, H. Mizuta, T.Suzumura and T. Ide, "Simulating entire cities with behavioral models of traffic," IBM Research and Development Journal, (accepted).