

自動車二酸化炭素排出量削減のための大規模モビリティ社会シミュレータの研究開発 (095103013)

Research and development on a large-scale mobility society simulator to reduce CO2 emission from automobiles

研究代表者

田島 玲* 日本アイ・ビー・エム(株)東京基礎研究所
Akira Tajima IBM Research · Tokyo

研究分担者

井手 剛[†] 今道 貴司[†] 加藤 整[†] 水田 秀行[†] 森村 哲郎[†] 恐神 貴行[†] ルディー レイモンド[†] 鈴木 祥子[†] 鈴木 豊太郎[†] 高橋 力矢[†]

Tsuyoshi Ide[†] Takashi Imamichi[†] Sei Kato[†] Hideyuki Mizuta[†] Tetsuro Morimura[†] Takayuki Osogami[†] Rudy Raymond[†] Shoko Suzuki[†] Toyotaro Suzumura[†] Rikiya Takahashi[†]

[†]日本アイ・ビー・エム(株)東京基礎研究所

[†]IBM Research · Tokyo

研究期間 平成 21 年度～平成 23 年度

概要

プローブカーデータを道路地図に対応付けるマップマッチング技術、各道路の所要時間の分布を推定する技術、運転者の個性を推定する技術、運転経路の起点終点を生成する技術など、交通シミュレーションのための新規な要素技術を開発し、X10 言語を用いた大規模マルチエージェントシミュレーション環境と統合した。また、スーパーコンピュータ TSUBAME 2.0 において、1,200 コアを用いた大規模な交通流シミュレーションを実施した。さらに、広島市道路交通局より提供を受けた交通センサスデータ、パーソントリップデータを元に広島市内の交通流を高精度で再現できることを確認した。

Abstract

We integrated an environment built with X10 language for multi-agent simulation of a large scale and novel elements of traffic simulation, including a technique for mapping probe-car data to a road network, a technique for estimating the distribution of a travel time along a road segment, a technique for estimating personality of drivers, and a technique for generating pairs of an origin and a destination of a route. We then ran traffic simulation on 1,200 cores of a supercomputer, TSUBAME 2.0. We confirmed the high accuracy of our traffic simulator, using traffic census data and person-trip data provided by the Roads and Transport Authority of Hiroshima city.

1. まえがき

本研究開発は、将来のモビリティ社会における交通流を予測し、また都市全域の自動車二酸化炭素排出量を評価するための技術を開発することを目標に実施された。数百万台規模の多様なモビリティが混在する将来の交通流を高速にシミュレートし、モビリティ社会での自動車二酸化炭素排出量の実態把握、自動車二酸化炭素排出量削減を目的とした交通施策の評価を行う基盤技術を開発することにより、都市の交通に起因する大気汚染物質削減に寄与することが我々の目的である。自動車交通に起因する二酸化炭素排出量削減のためには、都市圏全域にわたる交通流をマイクロにシミュレートする技術の開発が求められる。また電気自動車の普及を踏まえた将来のモビリティ社会を計画するにはモビリティ社会における交通流をシミュレートできる基盤の構築が課題となる。

本研究開発では、プローブカーデータを活用して運転者の行動モデルを推定し、そのように推定された運転者の行動モデルに基づいたマイクロな交通流を大都市圏全域にわたってシミュレートすることを可能とする大規模交通シミュレーション基盤を開発した。開発された大規模交通シミュレーション基盤を活用することで、都市の自動車二酸化炭素排出量の実態を把握し、交通施策を評価できることを、広島市と共同で実証した。本稿では、開発された大規模交通シミュレーション基盤の特徴と実証実験の結果を中心に、研究開発の成果を報告する。

2. 研究内容及び成果

マイクロな交通流を大規模にシミュレートするには、技術的な困難が 2 点ある。1 点目は、運転者の行動モデルなどのシミュレーションのためのモデルのパラメータの推定である。標準的なアプローチはキャリブレーションであり、シミュレータのマクロな出力が対応する現実の観測値と近くなるようなパラメータの値を探索する。キャリブレーションだけでパラメータの値を高精度に推定するのは困難であることが多い。2 点目は、何千万もの頂点や辺を持つ道路ネットワーク上において、何百万もの運転者を同時に効率的に扱うためのプラットフォームを設計し、また実装するのが困難である。特に、並列計算で性能を線形にはスケールさせるのは、同期等のオーバーヘッドによって難しくなる。

高精度の交通シミュレーションには、まず車の起点・終点 (OD) を正確にシミュレートするモデルが必要である。従来は、交通センサスによる粒度の粗いゾーン間の OD 表を用いて OD が生成されていたが、同じゾーンでも駅や大型駐車場などに隣接している場所では高頻度で OD が発生するといった現象が再現できなかった。我々は、交通センサスデータに加え、プローブカーデータ、さらに駅やショッピングモールなどのランドマーク情報を活用して、交差点単位で OD を推定する手法を開発した。具体的には、交通センサスデータから OD の地域単位の基準頻度を作成し、この基準頻度からの交差点単位の乖離度をプローブデー

タとランドマークデータから L1 正則化ポアソン回帰によって推定する。開発手法は従来法に比べて 10 倍程度予測性能が高くなることを確認した。

また、プローブカーデータを活用して、運転経路の生成モデルを高精度に推定する手法を開発した。開発手法では、運転者は、右左折回数、所要時間、距離、平均所要時間、及び遅れに対するリスク指標の線形和を最小にするように経路を選択すると仮定し、反復的な最適化手法を用いて、線形和の重みパラメータ（運転者の個性）を最適に推定する。タクシー事業者から提供いただいた数千台のタクシーの一日分のプローブカーデータを用いて、運転者の個性を抽出した。

遅れに対するリスクをも考慮して運転者の個性を推定するには、道路ネットワーク上の全てのリンクに対して精度よく旅行時間の分布を推定する必要がある。ところが、全てのリンクで十分な量のプローブカーデータを得るのは極めて困難である。また、旅行時間分布は正規分布とはかなり異なるが、従来の回帰法はいずれも正規分布を仮定することで精度を欠いていた。そこで、我々は高速なノンパラメトリック統計法に基づいて、各リンクの分布を精度よく補間する、高精度な分布推定技術を開発した。従来手法との比較実験においては、全てのデータセットに対して従来手法を上回る精度を確認した。

従来のエージェントシミュレーションの計算負荷の限界を突破するために、並列分散プログラミング言語 X10 を用いて、大規模マルチエージェントシミュレーション実行基盤 IBM eXtensible Agent eXecution InfraStructure (XAXIS)を開発した。東京工業大学・学術国際情報センターにあるスーパーコンピュータ Tsubame 2.0 を用いて XAXIS 上の交通シミュレーションを行い、XAXIS の性能評価を行った。日本全国の道路ネットワークを 100 分割し、各領域を 1 ノードに割り当て、合計 1200 CPU コアを用いて並列分散実行をした。24 時間のシミュレーションに換算すると、100 ノードを用いて 1.73 時間で終了し、33.9 倍のスケールアップを得ることができた。

さらに本研究開発においては、プローブカーデータを道路ネットワークに対応付けるためのマップマッチング技術や、道路ネットワークを編集するためのエディタ、シミュレーション結果の可視化技術、レーン変更モデルなどのコンポーネントも開発し、上述の技術とともに、一つの大規模モビリティ社会シミュレータとして統合し、梱包した。

広島市と共同で実施された実証実験においては、統合された大規模モビリティ社会シミュレータを用いて平成 17 年度における広島市の道路交通流を再現し、平成 17 年度道路交通センサス箇所別交通量観測結果と比較することで、現況再現性を検証した。相関係数 0.89、平均相対誤差 0.37 と、シミュレータは良好な再現性を示すことが確認できた（図 1）。更に、交通需要管理施策実施時と、広島南道路全線開通による自動車二酸化炭素排出量変化について検討した。

本研究開発においては、上述の技術開発のほかにも、動的に最新の交通状況の乖離をモニターし、データ同化を行いながら交通流を超実時間でシミュレートする手法、リアルタイムに吸い上げられるプローブカーデータをオンラインマップマッチングするプログラム、相互依存する複数のシミュレーションを同時に実行するための実行環境、電気自動車特有の制約を考慮した最適配送計画問題のアルゴリズムなどの技術も開発した。これらの技術は、都市の交通に起因する大気汚染物質削減に多角的に寄与することを可能にする。

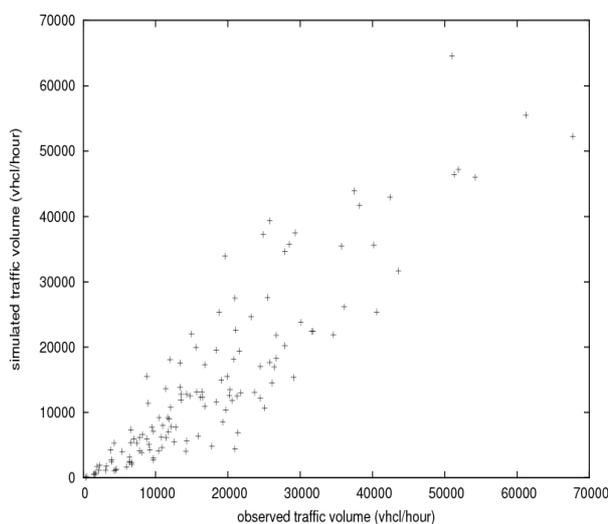


図 1 現況再現結果

3. むすび

開発された大規模モビリティ社会シミュレータを利用したいという問い合わせを国内外から受けており、本研究開発の成果の事業化に向けた具体的な取り組みが始まっている。特に東北地方太平洋沖地震後はレジリエント、強靱な交通網作成が叫ばれており、大規模モビリティ社会シミュレータを災害シミュレータなどと組み合わせることでより復元力の高い交通網、交通施策を評価することでレジリエントな社会の構築に貢献できると期待される。

【誌上发表リスト】

- [1] Takayuki Osogami, “Iterated risk measures for risk-sensitive Markov decision processes with discounted cost”, Proceedings of the Twenty-seventh Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence pp567-574 (2011 年 7 月 14 日)
- [2] Tsuyoshi Ide and Masashi Sugiyama, “Trajectory regression on road networks”, Proceedings of the Twenty-sixth Conference on Artificial Intelligence, pp203-208 (2011 年 8 月 7 日)
- [3] Rikiya Takahashi, Takayuki Osogami, Tetsuro Morimura, “Large-scale nonparametric estimation of vehicle travel time distributions”, Proceedings of the 212 SIAM International Conference on Data Mining pp12-23 (2012 年 4 月 26 日)

【申請特許リスト】

- [1] 柳澤弘揮、行列計算処理方法、プログラム及びシステム、日本、2011 年 2 月 4 日。
- [2] 恐神貴行、ミカエル・オンフェ、運転者にとって好ましい経路を選択して表示する方法、装置及びコンピュータプログラム、日本、2011 年 9 月 6 日
- [3] 恐神貴行、運転者の経路選択の個性を推定する方法、装置及びコンピュータプログラム、日本、2012 年 1 月 17 日

【報道発表リスト】

- [1] “街づくりに ICT 活用”、日刊工業新聞、2010 年 11 月 10 日
- [2] “環境に優しい交通など実験”、日本経済新聞、2010 年 11 月 10 日
- [3] “情報通信技術でまちづくり実験”、朝日新聞、2010 年 11 月 10 日