

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23310100

研究課題名(和文) 超高齢化社会において環境負荷低減を実現するための社会デザインシミュレーション

研究課題名(英文) Social Design Simulation to Reducing Environmental Impact in Super-aging Society

研究代表者

藤井 秀樹 (FUJII, Hideki)

東京大学・工学(系)研究科(研究院)・講師

研究者番号：00597809

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円、(間接経費) 4,440,000円

研究成果の概要(和文)：低炭素社会を実現しながら、若齢者にも高齢者にも一定水準の移動権が与えられる社会を望ましい社会と定義し、これを満たす社会システムの設計解を、シミュレーションを用いて探索するため、ライフスタイル、交通機関選択、交通流の各シミュレーションモデルを高度化し連結した。提案する統合シミュレーションシステムでは、交通状況を考慮した居住地選択を再現し、交通需要を変化させ、都市の道路状況を生成する。これによって得られたシミュレーション結果は交通流だけでなく経済性や環境負荷の観点からも評価した。

研究成果の概要(英文)：We defined a desirable society as a society in which the mobility rights of certain level are equally given to elderly and young people while realizing a low-carbon society. So as to explore the design solutions of social systems that satisfy this requirement using simulations, we improved and interconnected the lifestyle, transportation-selection and traffic simulation models. In the integrated simulation system we propose, we reproduce the residence selection behaviors considering the traffic conditions, change the traffic demand, and express the realistic city traffic conditions. The simulation results were evaluated from the viewpoint from traffic flow as well as environmental impact and economic efficiency.

研究分野：社会・安全システム科学

科研費の分科・細目：社会システム工学・安全システム

キーワード：エージェント 交通計画・国土計画 シミュレーション工学 二酸化炭素排出削減 人間生活環境

1. 研究開始当初の背景

日本において低炭素社会を達成するためには、産業活動だけでなく、一般の人々の社会生活を起源とする CO₂ を抑制する観点から人々のライフスタイルについても何らかの制限を課す必要がある。同時に現在の社会状況を鑑みると、超高齢化社会の中で人々の暮らしやすい社会を実現するための方策も模索せねばならない。本研究では、環境（低炭素社会）と生活（超高齢化社会）の両者に重要な影響を及ぼす自動車交通を中心ターゲットとして取り上げる。

社会システムのシミュレーション手法として、ライフスタイルシミュレーション、交通機関選択シミュレーション、交通流シミュレーションを考えた場合、それぞれの手法とも、個々の要素技術についてはそれぞれ研究が行われてきた（図1）。

評価軸 対象	環境への 影響	生活への 影響
ライフ スタイル	土木計画学・ 都市工学	
交通機関 選択	交通工学・ オペレーションズリサーチ	
交通流	環境学・ 環境工学	交通工学・ (他)

図1 既存研究の位置づけ

さらに統合シミュレーションの例として、例えば交通政策をシミュレーションによって評価する研究などがあるが、交通流シミュレーションに限定されるものが多く、社会システムを広く捉えた統合シミュレーションシステムを整備しなければならない。そのためには社会システムの主要構成要素である人間の知的行動を詳細にモデル化し取り込む必要がある。

2. 研究の目的

ライフスタイルシミュレーションとミクロ交通流シミュレーションとを組み合わせ、ライフスタイルの提案、インフラの整備、交通政策の策定などの社会システム設計が環境と生活に与える影響を定量的に予測し、適切な解を見つけ出す統合シミュレータを研究開発するものとした。

研究代表者らは以前より人間の認知・判断機構を詳細にモデル化する知的マルチエージェント交通流シミュレータ“MATES”の研究開発を行っている。この手法は人間の知的活動の詳細なモデル化を基礎に置いているという点で、既存の交通シミュレータと比較すると画期的な手法であった。一方、シミュレーションでは交通量を入力値として与える必要があり、それには観測値を用いるか、ある値を仮定するしか方法がなく、交通量そのもの、ひいては人々の交通に関するライフ

スタイルを直接デザインできるものではなかった。

社会的問題を本質的に解決するためには、交通だけでなく個人の交通行動を決定づける社会制度全般の評価の必要がある。これは交通工学の領域を超え、社会制度によって望ましい社会を設計するという社会システムデザインの課題である。本研究においては、これから日本が迎える状況を踏まえ、環境負荷が小さく（低炭素社会）、かつ若齢者にも高齢者にも一定水準の交通権、移動権が与えられる社会を望ましい社会と定義する。上記の要求を満たす社会システムの設計解を、シミュレーションを用いて探索するため、先に述べた複数の社会シミュレーションモデルを高度化し連結することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究の要点は、図1にあるライフスタイル、交通機関選択、交通流の各シミュレーションの高度化とそれらの連携である。各シミュレーションには研究代表者らのこれまでの研究成果をもとに独自のプログラムを作成し利用する。従って3種のシミュレータのアルゴリズム開発・実装・検証とそれら連結を行う。

想定する統合システムでは、人口分布などの入力データ、および社会制度からまず個人の生活行動パターンを作成する（ライフスタイルシミュレーション）。社会制度とは人間の行動の判断材料あるいは制約条件であり、「会社員は始業時刻である 時までには会社にいなければならない」という単純なルールから「在宅勤務を推奨する」という抽象的なルールを含む。抽象的なルールはシミュレータに入力する段階でより単純なルールへと変換される。

得られる個人の行動パターンは「時に家を出て会社に向かう」などであり、移動を伴う行動パターンと公共交通ネットワーク、交通政策等を勘案して交通手段を決定する（交通機関選択シミュレーション）。この時点で移動の公平性や随意性を評価することができる。

「自宅から駅まで自家用車で向かい、そこから電車に乗り換える」等の移動パターンが決定されると、次にそれを入力値として交通状況を再現する（交通流シミュレーション）。個人の移動パターンの重ね合わせにより渋滞等のマクロな現象の観測が可能である。ここで、移動の定時性や移動によって受けるストレスを評価できる。

これらのシミュレーションには、個々の属性や嗜好を十分に反映することのできるマルチエージェントシステムを用いる。加えてシミュレーションの各段階にエージェントの限定合理的な情報処理機構や強化学習等によるフィードバック機構を実装することにより、個人の詳細な挙動や、システム全体の過渡的な挙動を表現可能することができ

る。

シミュレーションの結果として、各個人の活動ログおよび移動ログが得られる。これと消費電力データベース、(ガソリン車による移動が含まれる場合)排気排出量データベースをマッチングさせることにより、電力消費量と二酸化炭素排出量も算出する。

4. 研究成果

研究期間を通じて、主に以下に挙げる研究成果を得た。

(1) 交通流シミュレーションの整備

自動車だけでなく歩行者交通を考慮したり、ガソリン車だけでなく電気自動車の交通流シミュレーションを実現したりするなど、交通流シミュレータ MATES の基本的な性能の改善を実施したうえで、環境への影響の評価に関する研究を行った。

自動車と歩行者のシミュレーションについては、自動車と歩行者それぞれ別の移動モデルを採用し、2つのモデルを連成させる手法を提案した(図2)。

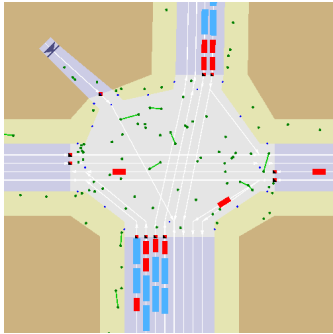


図2 歩車混合交通シミュレーション

また環境負荷に関連する研究として、車両同士の相互作用が含まれる現実的な道路環境における電気自動車の走行シミュレーションを行い、車両の加減速回数を始めとする走行状況と航続可能距離との関係を明らかにした(図3)。

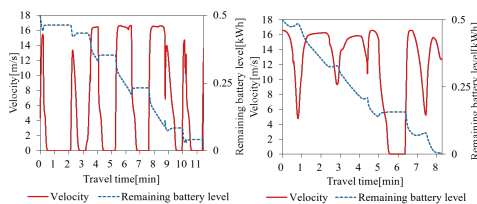


図3 電気自動車の走行速度と電池残量
(左:航続距離最短、右:航続距離最長)

(2) 交通手段選択シミュレーション

自動車、歩行者、バス、鉄道など、複数の交通モードが存在する交通環境の中で人々がどのモードを選択するかまで考慮したマルチモーダル交通流シミュレーションのモ

デルを開発した。これと交通流シミュレーションとを連携させ、都市生活の性質をより高く反映するシミュレーションモデルを提案した。

(3) 交通の影響を加味した居住地選択と出発時間の学習

居住値の選択や出発時間の決定など、交通需要を決定する要因と交通流シミュレーションとを連携させるための研究を行った。通勤や通学など、到着時間が制約を受ける状況で、交通状況を反映した出発時間を反復的に学習するモデル(図4)と、移動コストと土地コストを考慮した居住地選択のモデルを開発し、現実の都市で起きる典型的な複雑現象を再現した。

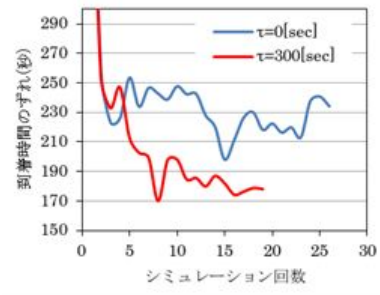


図4 目標到着時刻と実際の到着時刻のずれをもとに出発時間を学習するモデル

(4) 都市政策の評価方法の検討・整備

都市政策を評価する際の評価軸について、具体的な都市を例にとって検討した。一つは経済的な価値まで含めた政策の評価であり、もう一つは環境への影響の評価である。特に交通政策については、その影響を交通流の観点からだけでなく、走行時間短縮便益や走行経費減少便益といった経済的なインパクトと、自動車からのCO₂排出量(図5)を考慮する総合的な評価の枠組みを整備した。

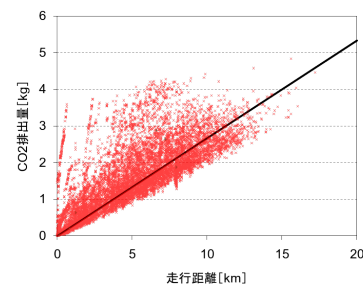


図5 ガソリン車の走行距離とCO₂排出量

また、政策を実際に評価するのはその都市に住む市民であるため、本研究で使用している交通流シミュレータのユーザビリティを高め、実際に現地の意思決定支援ツールとして利用してもらった。

5. 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 6 件)

- 藤井秀樹, 吉村忍, 鈴村将史, 現実的な車両間相互作用に基づく電気自動車の交通流シミュレーション, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), 査読有, Vol. 133, No. 9, 2013, pp. 1687-1693, doi:10.1541/ieejeiss.133.1687
- 藤井秀樹, 吉村忍, 歩行者交通流の巨視的・微視的シミュレーション, 日本機械学会誌, 査読無, Vol. 116, No. 1136, 2013, pp. 456-459.
- 吉村忍, 藤井秀樹, 知的シミュレーションによる環境調和型人工物と社会のデザイン, 設計工学, 査読無, Vol.47, No. 12, 2012, pp. 551-558.
- 藤井秀樹, 吉村忍, 内田英明, 交通流シミュレータを用いた岡山市路面電車延伸計画の評価, 「スマートまちづくりフォーラム in 水戸」論集, 査読無, 2012, pp. 81-82.
- H. Fujii, S. Yoshimura, Precise Evaluation of Vehicles Emission in Urban Traffic Using Multi-agent-based Traffic Simulator MATES, CMES: Computer Modeling in Engineering and Sciences, 査読有, Vol. 88, No. 1, 2012, pp. 49-64, doi:10.3970/cmcs.2012.088.049
- 藤井秀樹, 吉村忍, 知的マルチエージェント交通流シミュレータ MATES の開発 第三報: 多階層歩行者モデルの開発と歩車混合交通シミュレーション, 日本シミュレーション学会論文誌, 査読有, Vol. 3, No. 3, 2011, pp. 70-78.

〔学会発表〕(計 20 件)

- 林隆太郎, 藤井秀樹, 吉村忍, 交通流シミュレーションを加味した居住地選択モデリング, 第19回計算工学講演会, 2014.6.12, 広島国際会議場, 広島市.
- 藤井秀樹, 吉村忍, 知的マルチエージェント交通流シミュレータ MATES の開発と活用, 日本機械学会第 26 回計算力学講演会, 2013.11.2, 佐賀大学本庄キャンパス, 佐賀市.
- 藤井秀樹, マルチエージェントモデルを用いた交通流シミュレーションと仮想社会実験, 日本計算工学会 第 5 回 S&V (Simulation & Visualization) 研究会, 2013.9.25, 東京大学本郷キャンパス, 東京都, 招待講演.
- 藤井秀樹, 吉村忍, マルチエージェント交通流シミュレータを用いた交通問題の解決に向けて, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2013

(JAWS2013), 2013.9.18, ラフォーレ南紀白浜, 和歌山県.

H. Fujii, S. Yoshimura, Direct and Indirect CO₂ Emission from Road Traffic, International Conference on Simulation Technology (JSST 2013), 2013.9.13, Tokyo, Japan.

友部篤志, 藤井秀樹, 吉村忍, 和泉潔, 交通流シミュレーションに基づく交通政策の評価と意思決定支援, 日本機械学会 2013 年度年次大会, 2013.9.11, 岡山大学津島キャンパス, 岡山市.

H. Fujii, S. Yoshimura, Multi-agent Simulation about Mixed Traffic of Cars and Pedestrians, 13th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM 2013), 2013.7.3, Utrecht, the Netherlands.

宮崎保明, 藤井秀樹, 吉村忍, 知的マルチエージェント交通シミュレーションによる交通行動要因分析, 第 18 回計算工学講演会, 2013.6.21, 東京大学駒場キャンパス, 東京都.

藤井秀樹, 大規模かつ詳細な交通流シミュレーションの試み, 「スーパーコンピュータによる社会シミュレーションとその将来」研究会, 2013.5.13, 理化学研究所計算科学研究機構, 神戸市, 招待講演.

友部篤志, 藤井秀樹, 吉村忍, 和泉潔, 交通施策評価のための統合型シミュレーション, 人と環境にやさしい交通をめざす全国大会, 2013.3.16, 万代市民会館, 新潟市.

宮崎保明, 藤井秀樹, 吉村忍, マルチモーダル交通シミュレーションのための交通行動選択モデルの開発, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2012 (JAWS2012), 2012.10.25, ヤマハリゾートつま恋, 掛川市.

藤井秀樹, 微視的交通流シミュレーションと仮想社会実験, 日本機械学会第 25 回計算力学講演会, F2 社会シミュレーション, 2012.10.7, 甲南大学ポートアイランドキャンパス, 神戸市, 招待講演.

友部篤志, 藤井秀樹, 吉村忍, 和泉潔, マルチエージェント型交通流シミュレータを用いた路面電車延伸による環境および経済評価, 日本機械学会 2012 年度年次大会, 2012.9.11, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市.

宮崎保明, 藤井秀樹, 吉村忍, マルチモーダル交通流シミュレーションのための乗換モデルの開発, 第 17 回計算工学講演会, 2012.5.30, 京都教育文化センター, 京都市.

藤井秀樹, 吉村忍, 鈴村将史, マルチエージェント交通流シミュレータを用

いた電気自動車シミュレーション，第 39 回知能システムシンポジウム，2012.3.16，千葉大学西千葉キャンパス，千葉市。

藤井秀樹，吉村忍，内田英明，高橋祐真，マルチエージェント型交通流シミュレータを用いた路面電車延伸政策の環境・経済評価，日本機械学会第 24 回計算力学講演会，2011.10.10，岡山大学津島キャンパス，岡山市。

藤井秀樹，知的マルチエージェントモデルを用いた安全・安心のための交通流シミュレーション，日本機械学会 2011 年度年次大会，W12100 交通事故のモデル化とシミュレーション，2011.9.14，東京工業大学大岡山キャンパス，東京都，招待講演。

藤井秀樹，吉村忍，知的マルチエージェント交通流シミュレータの開発と仮想社会実験，平成 23 年電気学会電子・情報・システム部門大会，2011.9.9，富山大学五福キャンパス，富山市。

H. Fujii, H. Uchida, S. Yoshimura, Traffic, Environment and Economic Assessment of Tram Railway Extension Using Intelligent Multi-agent Simulator MATES, 12th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management (CUPUM 2011), 2011.7.8, Lake Louise, Canada. H. Fujii, H. Uchida, S. Yoshimura: Comprehensive Assessment of Traffic, Environmental and Financial Impacts of Tramway Extension Using Intelligent Multi-agent Simulator MATES, 3rd iNTeg-Risk Conference, 2011.6.8, Stuttgart, Germany.

〔図書〕(計 2 件)

実世界とエージェントシミュレーション協同研究委員会著，電気学会，実世界とエージェントシミュレーション，2012，pp.46-49.

日本シミュレーション学会編，コロナ社，シミュレーション辞典，2012，p. 101.

〔その他〕

新聞報道(計 2 件)

路面電車の電停 岡山駅近くに移設すれば，山陽新聞，2013.9.21，取材協力。
路面電車環状化シミュレーション，山陽新聞，2011.10.20，取材協力。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤井 秀樹 (FUJII, Hideki)
東京大学・大学院工学系研究科・講師
研究者番号：00597809

(2) 研究分担者

和泉 潔 (IZUMI, Kiyoshi)
東京大学・大学院工学系研究科・准教授
研究者番号：10356454

吉村 忍 (YOSHIMURA, Shinobu)
東京大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号：90201053