

京都大学	博士 (工 学)	氏名	岡 本 太 郎
論文題目	マルチエージェントシミュレーションを用いた都市高速道路の交通管理巡回に関する研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、都市高速道路の交通管理巡回を効率化するため、配車配送計画問題の枠組みによる定式化及び動的な交通事故発生や渋滞などの都市高速道路の交通環境におかれた高速道路会社など複数主体の方策とその相互作用の取り扱いを、マルチエージェントシステムの組合せによりモデル化を行っている。このモデルを用いて、各主体の方策における行動選択が自身の利益や交通流に与える影響について、仮想および実際の都市高速道路ネットワークを用いた数値解析により検証することを目標に研究した成果についてまとめたものであり、7章から構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、本研究の背景として都市高速道路とそこでの交通管理巡回の現状と課題についてまとめ、課題を考慮した上で本研究の目的及び本論文の構成について述べている。</p> <p>第2章においては、公共性の高い機関における経営効率の追求と安全性や公共サービスのあり方について英国とその流れを受けた日本での研究について考察を加えている。また、交通管理巡回業務の効率化について施設配置問題・配車配送計画問題など数理的モデルに関する研究について述べている。さらに、マルチエージェントシミュレーションの研究について、交通分野における適用研究事例を中心にレビューを行っている。これらを踏まえ、交通事故など動的に変化する交通状況に対して、即応性と目的志向性を有する主体の意思決定と相互作用の下で、学習し適応的に行動する特徴を有するマルチエージェントシミュレーションを適用する妥当性について論じている。</p> <p>第3章においては、高速道路会社とパトロール会社の2主体からなるマルチエージェントシミュレーションモデルを構築している。高速道路会社エージェントは、料金収入から交通管理巡回業務費、事故渋滞による減収および定期巡回遅延によるペナルティから求められる利益の増大を目的としており、パトロール会社エージェントは、交通管理巡回業務費から定期巡回と事故対応に要する費用を除いた利益の増大を目的としている。パトロール会社エージェントは、貨物輸送事業者の配車配送計画モデルの枠組みによる定式化がなされ、これらのエージェントの1日を1エピソードとした行動をステップ形式でモデル化している。また、エージェントが有する学習機能として、強化学習のうち実際に得られた利益を基に学習するモンテカルロ法の採用を決定し両エージェントの学習行動モデルについても定式化している。</p> <p>第4章においては、構築した2主体モデルを、簡単な放射-環状型の都市高速道路ネットワークの問題に適用している。交通渋滞、対応車両および学習についてのパフォーマンスを検証し、モデルの挙動妥当性を確認したうえでシミュレーションを行い、2つのエージェントが同時に満足するケースはないものの、両方のエージェントの利益がともに増加傾向を示し、その合計が多いケースが望ましいとしている。また、巡回車を1箇所の基地に集中配置したケースと分散配置したケースの計算を行い、環状道路内に分散配置したケースが事故対応上、優れた結果となり、基地と事故多発地点との影響が確認され、本モデルが基地配置の効率化に有効であることが確認されている。</p>			

氏名	岡本太郎
----	------

第5章においては、実際の都市高速道路ネットワークに適用するためにマルチエージェントシステムのメリットの一つであるモジュール性を活かして、2主体モデルを改良したのちに、利用者と交通管理行政の2主体を追加した4主体モデルを提案している。高速道路会社エージェントの改良にあたっては、利益の計算において事故対応時間に対応して自動的に減収計算していた項を削除し、利用者エージェントの自律的な高速道路の利用・不利用の判断による増減と交通管理行政エージェントの入口閉鎖時間に対応して料金収入に直接反映させる形態としている。またパトロール会社エージェントの改良においては、基地への配置車両の過不足に応じて増減が可能となるモデルとしている。追加となる利用者エージェントは、高速道路における既存のOD調査で得られたODペアをエージェントとして活用し、高速道路の利用判断についても既存の利用者意識調査結果で得られた利用動向データを活用することによりモデル化を行っている。交通管理行政エージェントは、事故対応時間短縮のため事故地点の上流側の入口閉鎖に関する行動をモデル化している。これらにより構築したモデルを適用する問題として、実際の都市高速道路を模した280ノード、445リンクのネットワークを作成し、車両検知器により得られた5分ごとの24時間データのうち標準的な一日の走行速度データを用いて車両の走行速度を求め、所要時間を計算しており、計算条件についても実際のデータを基本として問題を構成している。

第6章においては、4主体のマルチエージェントモデルを用いて実際の都市高速道路の一つである阪神高速道路のネットワークについてシミュレーションを行っている。その結果、高速道路会社がパトロール会社へ委託する交通管理業務の報酬水準については、2主体モデルと同様、すべてのエージェントが同時に満足するケースは出現しないものの各エージェントに配慮して効率性と公共性の両立の観点から望ましいケースを選定している。具体的には交通管理巡回費の単価について、高速道路会社の利益が増加した場合に増額し、減少した場合に減額する方策である。それにより、安定状態における単価は当初の1.4倍の値となっている。また、利用者と交通管理行政が学習することで、高速道路会社とパトロール会社を含めた全主体の利益向上に寄与するモデルの構築可能性が示唆されている。さらに、パトロール会社が基地の車両配置を増減することで業務が効率化された結果は、実際の配置台数を見直す必要性を示唆している。これらの知見は、2主体モデルでは得られなかったものであり、4主体に改良した成果であるといえる。また、計算結果のうち基地への車両配置台数について、既往の配車配送計画モデルによる最適化計算の結果や実際の状況と比較を行い、配車配送計画モデルの計算結果と全体的な傾向が一致すること、実際の状況と一致する点がある一方、経営改善余地を示す点が示唆されている。

第7章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

氏名	岡本太郎
----	------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、都市高速道路の交通管理巡回を効率化するため、配車配送計画問題の枠組みによる定式化及び動的な交通事故発生や渋滞などの都市高速道路の交通環境におかれた高速道路会社など複数主体の方策とその相互作用の取り扱いを、マルチエージェントシステムの組合せによりモデル化を行っている。このモデルを用いて、各主体の方策における行動選択が自身の利益や交通流に与える影響について、仮想および実際の都市高速道路ネットワークを用いた数値解析により検証することを目標に研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

(1) 比較的機能が単純なマルチエージェントモデルとしたことから、従来の近似解法を用いたモデルと比較して短時間の計算で現象再現できるモデルの構築を行った。

(2) 施設配置・配車計画問題において、不確実性を伴って発生する交通事故を考慮したマルチエージェントシミュレーションを用いたモデルを構築した。このモデルを仮想および実際の道路ネットワークに適用した数値解析により、高速道路運営主体の交通管理巡回コスト削減と料金収入の増加、パトロール会社の運行・施設配置コストの削減効果があることを示した。また、そのメカニズムについて過渡的な変化の状況と安定状態における定量的な状況の両面にわたり考察を行った。

(3) マルチエージェントシステムの特徴であるモジュール性を活かし、高速道路会社、パトロール会社の2主体モデルを構築後、マルチエージェントモデルの改良により、利用者と交通管理行政の新たなエージェントを加えることで2主体モデルの機能をより強化した。すなわち、複数主体のニーズに配慮し、効率性と公共性を両立させた4主体のシミュレーションモデルの構築を行った。

(4) 従来、実務上では検証が行われてこなかった交通管理巡回車両の配車計画について、本研究で構築した強化学習(モンテカルロ法)によるマルチエージェントシミュレーションモデルを用いて、パトロール会社エージェントの方策における行動選択に視点をおいた数値解析により運行・施設配置コストの削減と利便性向上に効果があることを示した。

以上の内容より、本論文は、都市高速道路の交通管理巡回において高速道路会社、パトロール会社、利用者および交通管理者といった関係の深い主体から構成されるマルチエージェントシステムを用いることによって効率性と公共性が同時に向上可能であることを比較的短時間の数値解析により示しており、学術上・実用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成22年2月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。