

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 多台参照追従モデルを用いたセル・オートマトン交通シミュレーション  
氏 名 脇田 佑希子

## 論 文 内 容 の 要 旨

日本における自動車社会の進展は1960年代から始まり、我々の生活に豊かさをもたらすとともに、新たなライフスタイルを創出した。その一方で、交通渋滞および、それによる経済損失や環境汚染といったさまざまな社会問題が生じている。我々が今後も豊かで実りある生活を続けていくためには、これらの問題を解決し、持続可能なモビリティ社会を実現することが重要な課題となっている。近年、情報通信技術を用いて人と道路と車両とを一体のシステムとして構築することにより、交通事故や渋滞などの道路交通問題の解決をめざす高度道路交通システム (ITS) の研究が盛んに行われており、その一部は既に実用化されつつある。この ITS における重要なテーマとして交通シミュレータの開発と応用があり、その重要な応用分野として交通渋滞の緩和が挙げられている。

交通渋滞が発生しやすい道路上の場所としてサグ部、トンネル入口部、道路分岐・合流部などがある。首都高速道路においては渋滞の約6割が合流部で発生しているとされている。そこで、本研究では、セル・オートマトン交通シミュレーションを用いて道路合流部における交通渋滞緩和を目的とする車両行動の制御方法について述べる。

第1章の緒論で研究の目的について述べた後、第2章は研究の背景として交通シミュレーションモデルについて関連研究を整理して示している。交通シミュレーションの方法は、自動車の交通流を流体として扱うマクロモデルと個々の車両の挙動をモデル化して解析を行うミクロモデルに大別される。この章では、ミクロモデルのうちもっとも研究歴の長い車両追従モデルと、セル・オートマトンモデルについて述べている。また、交通渋滞の緩和において、複数の近傍車両の行動を考慮することの有効性は実経験からも指摘されている。そこで、車両追従モデルを、直前方1台の車両のみを参照して自車両の挙動を決定する1台参照追従モデルと、複数

の近傍車両を参照して挙動を決定する多台参照追従モデルに分けて紹介している。その後、セル・オートマトンモデルについて関連研究を示し、本研究で用いるモデルの特徴を述べている。

本研究では、1台参照追従モデルとして直前の車両との速度差に基づいて加速度を決定する Chandler モデルを、多台参照追従モデルとして Chandler モデルを前方3台の車両を参照するように拡張したモデルを採用している。そこで、第3章ではこれらの車両追従モデルの安定性解析を行い、モデルが安定となるパラメータの範囲について議論するとともに、モデルパラメータを設計している。

第4章では、本研究で用いるシミュレーションモデルのアルゴリズムについて説明している。従来の交通流のセル・オートマトンモデルでは、車両の速度を1タイムステップあたりに進むセル数で表現しているため、車両挙動のルールが複雑になる可能性がある。本研究ではルール定義を簡略化するために確率速度モデルを用いる。このモデルでは1タイムステップに移動するセルが常に最大1セルであるのでローカル・ルールを単純化できる。本章では、セル・オートマトンによる道路のモデル化、セルの状態量について定義した後、車両の移動先決定ルール、速度更新ルール、移動実行ルールなどについて説明している。

第5章では、合流車線から本線に対して1台から3台の車両が連続して合流する場合について考え、多台参照追従モデルの導入効果について検討している。その結果から、多台参照追従モデルでは1台参照追従モデルに比べて速度の低下を抑制することができることを指摘している。合流車両の本線車両への影響がもっとも大きい3台の車両が合流する場合についてみると、1台参照追従モデルでは車両合流によって本線車両速度は最大40%程度低下するのに対して、多台参照追従モデルでは最大30%程度に抑制されると述べている。続いて、車両遷移図を用いてモデルが交通量に与える影響についてより詳しく調査した結果を示し、1台参照追従モデルよりも多台参照追従モデルでは、合流車両の後方車両もなめらかに走行できていることを指摘している。

第6章では、合流部における渋滞の改善に効果があるとされるジッパー合流の有効性について検討している。ジッパー合流とは、本線車両と合流車両が交互に走行する合流形態である。まず1台参照追従モデルを用いて、車両がジッパー合流を行う場合と非ジッパー合流を行う場合について車両の速度遷移を比較し、非ジッパー合流を行う場合では、もっとも減速を強いられる本線車両の速度低下の程度は37%程度であったのに対し、ジッパー合流を行う場合では最大21%程度の速度低下に抑えられると述べている。つづいて、ジッパー合流を行う場合について、1台参照追従モデルに従う場合と多台参照追従モデルに従う場合で速度遷移を比較している。多台参照追従モデルでジッパー合流を行う場合、最大の速度低下は18%程度であり、速度低下の程度は1台参照追従モデルでジッパー合流を行う場合と大差な

いが、合流車両の速度遷移の様子に注目すると、1台参照追従モデルではいったん加速した後に減速し、再び加速するといった速度変動がみられるのに対して、多台参照追従モデルではすべての車両がなめらかに加速し、より早い段階で速度回復ができることを指摘している。

第7章では、片側1車線の合流車線と片側1車線あるいは2車線の本線からなる道路において交通シミュレーションを行い、交通量や平均旅行時間における多台参照追従モデルの導入効果について検討している。その結果より、本線が片側1車線の場合では、多台参照追従モデルを適用することで1台参照追従モデルに比べて交通量が20%程度増大し、平均旅行時間は75%減少することを述べている。また、片側2車線道路に1車線が合流する場合は、支線が合流する車線とそうでない車線で交通量に差がみられることを指摘している。そして、1台参照追従モデルにおいては、2車線の本線道路のうち支線が合流する車線の交通量はそうでない車線に比べて30%弱減少するのに対して、多台参照追従モデルでは車線ごとの差は小さく、交通量は1台参照追従モデルよりも多くなると述べている。また、片側1車線道路に1車線の道路が合流し、その後2車線道路となる場合について解析を行った結果から、1台参照追従モデルよりも多台参照追従モデルのほうが交通量が増大し、条件によっては車線変更禁止区間を設けない場合よりも設ける場合のほうが交通量が増大すると述べている。

第8章の結論では、以上のことをまとめて、多台参照追従モデルに従うことにより合流部付近において発生する渋滞を緩和できる可能性があること、この理由として、合流部において前方に車両が合流した場合、後続車両は減速を強いられることになるが、多台参照追従モデルでは減速の程度が小さく、速やかに速度を回復することができることを述べている。さらに、ジッパー合流を行うことは合流部での渋滞改善に効果があり、多台参照追従モデルと組み合わせることでより効果を発揮することを指摘している。そして、多台参照追従モデルに従って車両が速度制御を行うシステムをカーナビゲーションなどに組み込むことにより、交通渋滞を緩和する車両行動制御システムを実現できる可能性があると結んでいる。