

(論文内容の要旨)

近年，世界各地の都市部では，交通渋滞が頻発し，経済的な損失だけではなく環境の負荷に関しても大きな問題となっている．そのような問題を解決するには，道路利用者の特性に基づいて生じる交通流の状態，すなわち交通流均衡を知ることが有益である．交通流均衡の研究はワードロップ(1952)の利用者均衡原理に遡る．利用者均衡原理を満たす交通流を求める問題は変分不等式問題として定式化され，問題が適当な仮定を満たすときには効率よく解けることが知られている．しかしながら，そのような仮定を満たす状況は極めて特殊であり，実用面からはより現実的なモデルを考える必要がある．一方，現実的なモデルを定式化した変分不等式問題は上記の仮定を必ずしも満たさないため，既存のアルゴリズムを直接適用して解くことはできない．本論文は，より現実的な新しい交通モデルを提案するとともに，それらのモデルが既存の手法で取り扱えるよう変換する手法を与え，さらに数値実験によってモデルと方法の妥当性を示したものであり，全6章から成っている．

第1章は序論であり，交通流均衡の基本的な概念であるワードロップの利用者均衡と変分不等式問題による定式化について述べるとともに，本論文全体の構成を概説している．第2章では，本論文で用いる数学的事項の準備，特に変分不等式問題とそれに関連する問題の性質および解法を紹介している．

第3章では，交通網の利用者の所要コストが，利用者が通る経路上の各道路の所要コストの単純な和で表せない非加法的な問題を取り扱っている．従来の古典的な交通流均衡の研究では，コストの加法性を仮定し，その仮定のもとでは，同じ経路を通る利用者の所要コストは同じになるという性質を利用しているが，道路の通行料がある場合など，現実には所要時間が同じであっても，利用者が実感する所要コストは利用者毎に異なるのが普通である．本章では，利用者をグループに分け，そのグループ毎に異なる効用関数をもつ非加法な交通流均衡モデルを提案している．さらに，そのモデルが，適当な変数変換を施すことによって，単調性を有する変分不等式問題として定式化できることを示し，均衡状態の存在性を議論している．また，利用者が，トラックと自家用車の2つのグループにわかれる状況を想定した例に対して数値実験を行い，モデルの妥当性を検証している．

第4章では，上記の非加法的なコストを仮定したモデルにおいて，通行料によって交通量を制御する問題を考え，これを均衡制約つき数理計画問題(MPEC)として定式化している．さらに，第3章の結果を用いて，加法性が成り立たない場合でも，MPECの解法のひとつであるインプリシット・プログラミング法と呼ばれる手法を適用することにより，最適な通行料が計算できることを確認している．

第5章では，利用者が交通情報を正確に知ることができない状況を想定し，平均残差最小モデル(ERM)と呼ばれる定式化を行っている．既存のERMでは，均衡状態の存在性は議論されているが，その均衡状態が計算可能かどうかは考察されていなかった．本章では，正則化ギャップ関数およびDギャップ関数と呼ばれるメリット関数を用いたERMを提案し，問題が凸性を有するための条件を与えている．その結果，既存の凸計画問題の解法を用いて，ERMにおける均衡状態を求めることに成功している．

第6章では，本論文全体の内容をまとめるとともに，今後の課題についても言及している．

(論文審査の結果の要旨)

本論文は道路ネットワークにおける交通流に関連して現れるいくつかの均衡問題に対して新しい数理モデルを提案し、さらにその理論的性質を調べるとともに、数値実験によりそれらのモデルの妥当性を明らかにしたものであり、得られた主な結果は以下のとおりである。

1. 従来の古典的な交通流均衡の研究では、道路ネットワークの利用者の所要コストが、その利用者が通る経路上にある各道路の所要コストの単純な和で表せる加法的な場合を取り扱っている。しかし、通行料がある場合など、現実には所要時間が同じであっても、利用者が実感する所要コストは利用者毎に異なるのが一般的である。本論文では、利用者をいくつかのグループに分け、そのグループ毎に異なる効用関数をもつ非加法な交通流均衡モデルを提案した。さらに、問題の変数に適当な変換を施すことによって、そのモデルが、単調な変分不等式問題として定式化できることを示した。また、利用者が、トラックと自家用車の2つのグループに分かれる状況を想定した例を用いて数値実験を行い、モデルの妥当性を明らかにした。
2. 通行料によって交通量を制御するモデルを考え、それを均衡制約つき数理計画問題(MPEC)として定式化した。通行料を考慮したモデルはこれまでもMPECによって定式化されていたが、MPECが理論的に困難な性質をもつ問題であることから、モデルを取り扱いやすくするため、従来の研究では所要コストに加法性を仮定していた。本論文では、加法性が成り立たないモデルでも、変数変換によって、MPECの解法のひとつであるインプリシット・プログラミング法が適用できることを示し、さらに数値実験によって、実際に最適な通行料が計算できることを確認した。
3. 平均残差最小モデル(ERM)は、利用者が交通情報を正確に知ることができないような状況を取り扱う際に有効な均衡モデルである。従来のERMの研究では、均衡状態の存在性は議論されているが、その均衡状態を計算することができるかどうかはほとんど考察されていなかった。本論文では、正則化ギャップ関数およびDギャップ関数と呼ばれるメリット関数を用いたERMを提案し、そのモデルが凸計画問題となるための条件を与えた。その結果、既存の解法を用いて、ERMの均衡状態を容易に計算することに成功した。

以上のように、本論文では、交通流均衡問題に関連するいくつかの重要な問題に対して、新しい数理モデルを提案するとともに、その理論的な性質を調べ、さらに数値実験によりそれらの妥当性を確認しており、得られた成果は学術上および応用上極めて優れている。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成20年12月22日に実施した論文内容とそれに関連する試問の結果合格と認めた。