

# 交通信号機制御における感知器の計測特性分析 およびオフセット設計に関する研究

## 学位論文内容の要旨

本論文は、道路交通信号機制御の高度化のために、感知器計測特性の検討およびオフセットの高度化を検討したものであり、その概要は以下である。

第1章では、本論文の背景・目的および内容・構成についてまとめた。道路交通信号機の制御は渋滞対策の有効な手段として研究開発が行われてきており、警察庁では新交通管理システム UTMS(Universal Traffic Management Systems)を提唱し、信号機を核とした交通管制の研究開発およびその推進を行っている。この背景を受け、本研究では信号機制御を行う際に重要な要素である感知器による交通流計測の高度化、および隣り合う信号機の青の開始時間ずれであるオフセットの制御の高度化に着目する。

そして信号交差点に流入する車の交通需要を正確に測ることが渋滞対策に必要であることを示唆し、はじめに交通需要を既存の感知器で正確に計測するためにその特性を理論化することを目的とする。次に交通状態を計測した後の広域の信号機制御として、車の停止状態に影響を及ぼすオフセットの制御が重要な要素となる。オフセットの制御では、閑散交通時でのオンライン計算方法、渋滞時での自動計算方法、およびオフセットの切り替え時における追従方式の確立が現状の課題である。そこでオフセットの高度化として以下の3点を目的とした。はじめに閑散交通時のオフセットオンライン計算として、台形投射方式の交通安全性の確保、計算の高速性に着目し、その手法の拡張を目的とする。そして渋滞時には、従来運用者の経験に頼ったオフセット設計を、実用的なレベルまで自動化することを目的とする。またオフセット追従においては、オフセット反転を原則として禁止する政策を選択し、一般の道路ネットワークに対応可能で、かつリアルタイムで計算できるアルゴリズムの開発を目的とする。

第2章では、信号機システムの概要、信号機制御に必要なパラメータ、計測と制御の方法、および信号制御方式についてまとめる。計測と制御の方法として、感知器による交通需要推定と、交通需要推定後の具体的な信号機の制御方法について述べる。そして信号制御方式としては、各国の信号制御の方法について述べる。さらに本研究の位置付けと特徴を、既存研究の中で明らかにする。

第3章では、交通需要を従来方法より正確に計測するための準備として、信号機の赤信号でできる車の待ち行列の影響を考慮した感知器の特性について検討する。ここで交通量

と占有率を、信号交差点に流入する交通需要を媒介変数とし、感知器の設置位置とサイクル、スプリットに対してどのように近似されるかを具体的に示す。そして車の捌け残り待ち行列の過渡現象について言及し、占有率と交通量の相関図の範囲を検討する。そして幾つかのデータとの比較を行う。

第 4 章では、閑散交通時でのオンラインオフセット計算手法として、台形投射方式の拡張を検討する。台形投射方式は特徴として、計算が高速、解の質が良い、交通状況が定常ならば毎回同じ解を出しオフセットを変更しない、交通安全が確保され易いといったことが挙げられる。しかしながら、現状では幾何モデルであり代数的取り扱いが煩雑、時差信号に対応できない、車群停止の場合にはその扱いが煩雑といった課題がある。そのため、台形投射の代数的取り扱いを容易にし、時差信号に対応できるように拡張する。そして車群の停止個所が与えられたとき、オフセット存在判定方法、および停止時間が最小になるアルゴリズムを検討する。そして TRANSYT との性能比較を行う。

第 5 章では、渋滞時でのオフセット計算の自動化として、高速化を目指してイベントスキャン方式マイクロシミュレーションの適用を検討する。まずイベントスキャン方式のマイクロシミュレーションアルゴリズムの具体的な実現可能性を検討する。そしてそのシミュレーションを用いてオフセットの最適化ツールを検討する。最後にオフセット最適化ツールの適用事例を報告する。

第 6 章では、オフセットを変更する際に必要なオフセット追従に、オフセット反転回避の政策を選んだ場合のアルゴリズムについて検討する。ここで、一般の閉ループのあるネットワークについて、オフセット反転数が最小でかつオフセット追従時間が短くなるリアルタイムアルゴリズムを検討する。そしてそのアルゴリズムのリアルタイム性について調べる。

第 7 章では、本研究で得られた結論および今後の課題をまとめる。はじめに感知器の特性を元に、交通需要の具体的な計算およびその適用の指針についてまとめる。そして台形投射方式の拡張によるオフセットオンラインシステム、交通渋滞時でのオフセット自動計算、オフセット追従方法についての残された課題について述べると共に、今後オフセットを検討する際に必要とされる制御目標の政策の必要性について記し、発展すべき方向を示す。

# 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 佐 藤 馨 一  
副 査 教 授 加 賀 屋 誠 一  
副 査 教 授 森 吉 昭 博  
副 査 助 教 授 中 辻 隆

学 位 論 文 題 名

## 交通信号機制御における感知器の計測特性分析 およびオフセット設計に関する研究

本論文は、道路交通信号機制御の高度化のために、感知器計測特性の検討およびオフセットの最適化を検討したものであり、その要旨は以下の通りである。

第1章では、本論文の背景・目的および内容・構成についてまとめた。道路交通信号機の制御は渋滞対策の有効な手段として研究開発が行われてきており、警察庁では新交通管理システム UTMS(Universal Traffic Management Systems)を提唱し、信号機を核とした交通管制の研究開発およびその推進を行っている。この背景を受け、本研究では信号機制御を行う際に重要な要素である感知器による交通流計測の高度化、および隣り合う信号機の青開始時間のズレであるオフセット制御の高度化に着目した。

信号交差点に流入する車の交通需要を正確に測ることが渋滞対策の第一ステップであり、交通需要を既存の感知器で正確に計測するための理論化を行った。次に広域信号機制御として車の停止状態に影響を及ぼすオフセット制御について記述した。オフセットの制御では、閑散交通時でのオンライン計算方法、渋滞時での自動計算方法、およびオフセット切り替え時における追従方式の確立が課題となっている。そこでオフセットの高度化として以下の3点を取り上げた。はじめに閑散交通時のオフセットオンライン計算として、台形投射方式により交通の安全性を確保し、計算の高速性に着目して手法の拡張を図った。次に渋滞時においては、これまで交通信号運用者の経験に頼ったオフセット設計を、実用的なレベルまで自動化することを目的とした。最後にオフセット追従においては、オフセット反転を原則として禁止する政策を選択し、一般道路のネットワークに対応可能で、かつリアルタイムで計算できるアルゴリズムの開発を目指した。

第2章では、信号機システムの概要、信号機制御に必要なパラメータ、計測と制御の方法、および信号制御方式についてまとめた。計測と制御の方法として、感知器による交通需要推定と、推定後の具体的な信号機の制御方法について述べた。また信号制御方式として各国の信号制御の方法について紹介し、本研究の位置付けと特徴を既存研究の中で明らかにした。

第3章では、交通需要を従来方法より正確に計測するため、信号機の赤信号で発生する車両待ち行列の影響を考慮した感知器特性について検討した。すなわち交通量と占有率を信号交差点に流入する交通需要を媒介変数とし、感知器の設置位置とサイクル、スプリットに対してどのように近似されるかを示した。さらに車の捌け残り待ち行列の過渡現象について言及し、占有率と交通量の相関図の範囲を検討した。

第4章では、閑散交通時でのオンライン・オフセット計算手法として台形投射方式の拡張を図った。台形投射方式の特徴として計算が高速、解の質が良い、交通状況が定常ならば均一の解が得られ、オフセットの変更を要しない、交通安全が確保されやすい、といったメリットがある。しかしながら、現状では幾何モデルであり代数的取り扱いが煩雑、時差信号に対応できない、車群停止の場合にはその扱いが煩雑といった課題がある。そのため台形投射の代数的取り扱いを容易にし、時差信号に対応できるように拡張を行った。すなわち車群の停止個所が与えられたとき、オフセット存在判定方法、および停止時間が最小になるアルゴリズムを構築し、TRANSYTとの性能比較を行った。

第5章では、渋滞時でのオフセット計算の自動化として、高速化を目指してイベントスキャン方式マイクロシミュレーションの適用を考察した。具体的にはイベントスキャン方式のマイクロシミュレーションアルゴリズムの実現可能性を検討した。このシミュレーションを用いてオフセットの最適化ツールを検討し、最後にオフセット最適化ツールの適用事例を述べた。

第6章では、オフセットを変更する際に必要なオフセット追従と、オフセット反転回避のアルゴリズムについて検討した。すなわち、一般の閉ループのあるネットワークについてオフセット反転数が最小で、かつオフセット追従時間が短くなるリアルタイムアルゴリズムを構築した。さらにそのアルゴリズムのリアルタイム性について考察を行った。

第7章では、本研究で得られた結論および今後の課題をまとめた。第一の成果は感知器の特性をもとに、交通需要の具体的な計算およびその適用の指針をまとめたことである。第二に台形投射方式の拡張によるオフセット・オンラインシステムを開発し、交通渋滞時でのオフセット自動計算、オフセット追従方法についてアルゴリズムを提案し、今後オフセットを検討する際に必要とされる制御目標や、発展すべき方向を示した。

これを要するに、著者は、交通需要に対応した道路交通信号の新たな制御方式を提案し、信号オフセットの自動計算、追従方法について発展すべき方向を示したものであり、交通制御工学、道路工学、計画数理学に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。