

氏名 岩岡 浩一郎

学位の種類 博士（数理科学）

学位記番号 理博甲第1号

学位授与の日付 平成29年3月20日

論文題名 成熟社会を背景とした交通信号制御の高度化に関する研究

審査委員 主査 (教授) 鈴木 敦夫
(教授) 河野 浩之
(教授) 佐々木 美裕
(教授) 高見 勲
(教授) 福嶋 雅夫
(教授) 柳浦 睦憲 (名古屋大学院)

1. 論文の内容の要旨

高度成長期における社会の発展とともに社会インフラは急速な拡大を続けてきたが、国や地方自治体の予算の制約により既存機器の維持管理が困難になりつつある。このような社会的背景のもと、交通管制システムにおいても機能・設計面および運用面に関して解決すべき課題は少なくない。機能・設計面に関する課題としては、制御パラメータ生成の論理性の確保や、渋滞状況の解消が困難なボトルネック交差点における制御設計の見直しがある。運用面の課題としては、熟練技術者不足による維持管理業務の遅滞や、維持管理費の圧迫によるシステムの機能レベルの低下がある。これらの課題を解決するため、本論文ではオペレーションズリサーチや数理システム技術を活用することにより、サステナブルな交通管制システムの実現に寄与する交通信号制御高度化の方法を提案したものであり、全7章からなっている。

第1章は序論であり、本論文の主題である交通信号制御の考え方と研究の背景、目的、課題および先行研究について述べるとともに、論文全体の構成を示している。

第2章では以下の各章で取り扱う諸問題に関連する交通管制システムおよび交通信号制御の基礎的な事項をまとめている。

第3章では、通常の信号現示設計では渋滞を低減することが困難なボトルネック交差点の渋滞解消を目的として、交差点流入路ごとに一つの現示を割り当てる流入路別信号現示の設計方法を提案するとともに、この方法の適用可否を決定するための事前評価方法として、交差点需要率を基準とする手法を提案している。さらの神奈川県内のボトルネック交差点に対して提案現示による改善策を立案し、その事前評価を実施した後、実際に改善策を適用して渋滞低減効果を確認している。

第4章では、まず制御対象エリアのすべての制御パラメータを一括して決定する一括最適化制御にランダム探索法、遺伝的アルゴリズムなどのいくつかのメタヒューリスティクス手法を適用することを試み、その機能を実装したシステムを用いて一括最適化制御の実運用を行って渋滞削減効果を確認している。次に、プローブデータや車両IDなどのアップリンク情報が交通流動を把握できることに着目し、一括最適化制御に必要な交差点分岐率をアップリンク情報から推計して適用する方法を提案するとともに、その制御方法を神奈川県内において実運用し、渋滞削減効果があることを確認している。さらに、少ない車両感知器でも現行と同等かそれ以上の効果を発揮できる信号制御方法を実現するため、一括最適化制御の対象ネットワーク内の遅れ時間と停止回数の推計を用いて車両感知器配置を効率化する方法を提案し、交通流シミュレーション実験による他の制御方式との比較を通じて、一括最適化制御により制御効果を向上させつつ車両感知器整備数の削減が期待できることを示している。

第5章では、予算削減や熟練技術者の減少による車両感知器の維持管理業務の遅滞という課題を解消するため、集約車両感知器情報を入力とした交通流モデルに基づく手法、およびサポートベクターマシンやニューラルネットワークを適用した車両感知器の故障検知手法を提案している。さらに、実際の車両感知器による計測データを用いた数値実験を行い、いずれの提案手法でも良好な検知結果が得られることを確認している。

第6章では、交通管制センターと接続されていない交差点群に対するオフライン信号制御の効率化と平易化を実現するため、プローブデータとクラスタリング手法を応用した制御設定見直しの支援方法を提案している。神奈川県内の路線で実験的に収集したプローブデータを用いて信号制御設定の見直し案を策定し、それを実際の信号制御に適用したとき路線全体で渋滞削減効果が得られることを確認している。

第7章は結論であり、本論文のまとめと今後の展望を述べている。

2. 論文審査の結果の要旨

2016年10月7日に中間審査を実施した。交通信号制御の基本的な事柄と解決すべき課題を説明したあと、ボトルネック交差点において交差点流入路ごとに一つの現示を割り当てる流入路別信号現示の設計方法、メタヒューリスティクスおよび交通流モデルを活用した制御パラメータ一括決定手法による使用感知器数の低減、サポートベクターマシンやニューラルネットワークなどによる車両感知器の故障検知、プローブデータのクラスタリングによる信号制御設定の見直し支援、交差点需要率を活用した信号現示設計手法の検討に関して、実運用の結果や実データ解析などに関する研究成果が報告された。審査委員から、限られた発表時間で研究の目的と成果は一応主張できたが、さらに将来の展望などを述べることで、成果をより明確に数値で表すこと、先行研究に対する本研究の位置付け、および本研究で得られた成果の妥当性を検証したより詳しい結果を示すことが望ましいとの指摘があった。

2017年2月4日に最終審査を実施した。中間審査では交通信号制御に関する基礎的事項の説明に比較的多くの時間が費やされたが、最終審査では得られた研究成果についてより詳しい説明が行われ、中間審査時に審査委員から指摘された点についても改善が認められた。

本論文で得られた成果は以下のようにまとめられる。

(1) 交差点流入路ごとに一つの現示を割り当てる流入路別信号現示の設計方法、およびこの方法の適用可否を決定するための事前評価方法として交差点需要率を基準とする手法を提案した。さらに通例的な信号現示設計では渋滞を低減することが困難なボトルネック交差点の渋滞解消に対して提案手法が有効であることを実証的に示した。

(2) 制御対象エリアでの一括最適化制御の実運用と効率化に向けて試みとして、メタヒューリスティクスを用いた制御パラメータの一括決定、アップリンク情報から推計した交差点分岐率を用いた制御方式、および車両感知器配置数を低減する方法を提案した。これらのいずれの方法についても、実運用あるいはシミュレーション実験を行うことにより、その効果を検証した。

(3) 集約車両感知器情報を入力した交通流モデルによる手法とサポートベクターマシンやニューラルネットワークを適用した車両感知器の故障検知手法を提案し、実データを用いた数値実験により、提案手法の有効性を確認した。

(4) オフライン信号制御の効率化と平易化を達成するため、プローブデータとクラスタリング手法を応用した信号制御設定見直しの支援方法を提案し、実際の信号制御に適用することにより渋滞削減効果を確認した。

以上のように、本論文は交通信号制御におけるいくつかの重要な課題に対して数理的な手法を用いて解決策を提案し、それらの実用性を確認したものであり、得られた成果は学術上および応用上寄与するところが少なくない。よって、学位審査委員会は本論文を博士（数理学）の学位論文として価値のあるものと認める。

平成 29 年 2 月 25 日

主査 (教授) 鈴木 敦夫
(教授) 河野 浩之
(教授) 佐々木 美裕
(教授) 高見 勲
(教授) 福嶋 雅夫
(教授) 柳浦 睦憲 (名古屋大学院)