

令和 6 年 6 月 19 日現在

機関番号：56302

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19K04449

研究課題名（和文）自動運転技術と協調するスマート交通信号制御に関する研究

研究課題名（英文）Research on Smart Traffic Signal Control in Cooperation with Autonomous Driving Technology

研究代表者

榎田 温子（Masuda, Haruko）

弓削商船高等専門学校・情報工学科・准教授

研究者番号：30321508

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：自動車交通の発展に伴って交通渋滞が日常的に発生し、様々な社会的問題が発生している。現行の信号制御システムの多くは、数式の記述法に由来するモデル化誤差や汎用性に問題があるが、提案手法では、信号制御システムのモデル化に独自の交通量収支を定義することによりこれらを解決できる。さらに、交差点ごとの性能評価が可能であり、拡張性も備えている。また、パラメータの探索法に人工知能を導入したことにより、従来よりも短時間で、より高精度な解を算出することが可能となった。本研究で提案する信号制御システムを実用化することができれば、交通渋滞が緩和されることにより、人々の生活環境の向上に大きく貢献できるものと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市地域の幹線道路を中心とした交通渋滞の発生により、交通事故による死亡や負傷などの社会的問題が発生している。これらの状況は現在も変わっておらず、今後も自動車交通を持続可能な交通機関とするために、交通量に応じて信号機のパラメータを制御するようなシステムの開発に携わりたいと考えた。提案手法は、システムの記述に独自に定義した交通量収支を用いているため、交通の流れやネットワーク形状に関わらず一貫性をもって記述できるため、汎用性において優れている。さらに、本手法で算出されるオフセットに基づいた走行速度をドライバーに知らせることで、円滑な交通への貢献が期待できるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：With the development of automobile traffic, traffic congestion occurs on a daily basis. Many of the current signal control systems have problems with modeling errors and versatility derived from the description method of mathematical formulas, but the proposed method can solve these problems by defining a unique traffic balance in the modeling of the signal control system. In addition, it is possible to evaluate the performance of each intersection and has expandability. In addition, by introducing artificial intelligence in the parameter search method, it can be done in a shorter time than before. If the signal control system proposed in this study can be put to practical use, it will greatly contribute to improving people's living environments by alleviating traffic congestion.

研究分野：交通工学

キーワード：交通シミュレーション 交通量調査 データ分析 人工知能

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究の背景と現状

自動車交通の発展に伴って交通渋滞が日常的に発生し、様々な社会的問題が発生している。現在までに、交通流の円滑化と安全化、環境負荷の低減を図るため、道路の整備（拡幅やバイパスなど）、交通規制（時間規制や方向規制など）、動的経路誘導システム（カーナビなど）、信号制御システムについて、研究開発が進められてきた。これらの中で、信号制御システムは、信号交差点への流入交通量の時間変動に応じてサイクル長、青信号スプリット、オフセットから構成される3種類の信号制御パラメータを評価関数が最適化されるようにリアルタイムで探索するため、他の手法より、低コストかつ交通量の経年変化に対しても恒久的に適用可能な点で、交通渋滞を解消または軽減する有効なシステムの一つである。しかし、現在、実用化されている信号制御システムの多くには、数式の記述法に由来するモデル化誤差や汎用性に問題がある。

また、交通流のリアルタイム処理による信号制御で交通渋滞を解消するには、自動で正確に交通量を計測する装置が必要であるが、この装置の性能不足と導入コストに問題がある。

(2) 研究代表者の提案手法

研究代表者がこれまでに提案してきた信号制御法（以下「従来法」という。）は、信号制御システムの記述にサイクル長単位、車線単位の交通量収支を独自に定義しているため例外処理がなく、一貫性をもって記述できることからモデル化誤差が少なく、汎用性に優れており、また、評価関数を信号交差点の各流入路における渋滞長の総和とすることにより、他の信号制御法で使用されている旅行時間や遅れ時間と比較して、個々の信号交差点での評価も可能である。

しかし、この手法では、パラメータ探索に俗にいう山登り法を採用しており、探索効率と精度が十分でない。その結果、信号待ちの時間が急激に増加するなど、利便性の向上が必要である。さらに、実用性を向上させるためには、連続する交差点の規模を拡大させる必要があるが、扱うパラメータ数が指数関数的に増加するだけでなく、隣接する交差点との相互干渉により、パラメータの探索難度が上昇するため、算出に多くの時間を要したり、渋滞を解消させるパラメータが存在しないことが考えられ、処理時間と探索精度の改善に取り組む必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、複数台の赤外線カメラを用いた車両検知システムを導入し、交通シミュレーションに必要な交通量を計測する。また、従来法では得られなかった解の探索や短時間での算出のため、従来法におけるパラメータ探索手法に粒子群最適化（以下「PSO」という。）を導入してパラメータの調整法の効率化ならびに高度化を図る。

3. 研究の方法

(1) 赤外線カメラによる交通量測定とデータ解析

まず、捌け交通量算定の基になる交通処理量を算出するため、対象信号交差点の各車線の車線幅員や横断歩道長、交差点からバス停までの距離などについて計測する。次に、対象信号交差点の対角に2台の赤外線カメラを設置し、進行方向別の交通量や横断歩行者の人数、サイクル長や青信号時間を測定し、人手を用いて渋滞の台数を測定する。最後に、測定した交通量やサイクル長、青信号時間の時間変動特性を分析し、交通処理量を算定する。

テスト計測

令和4年1月12日の18時から18時30分の30分間、因島要橋西詰交差点（広島県尾道市因島）において、赤外線カメラによる交通量の測定を行った。測定結果をビデオカメラで観測した交通量と比較したところ、正確に測定されていないことが分かった。この原因として、赤外線カメラの設置位置が低かったこと、自動車の台数をカウントするために設定した画面上の枠のサイズが大きかったことが挙げられた。

交通量測定と交通処理量の算定

令和4年9月13日の17時から19時の夕方のラッシュ時に、広島県福山市内国道2号線上の御船町交番前信号交差点において、アルバイトの学生を動員して交通量の測定を行った。まず、捌け交通量算定の基になる交通処理量を算出するため、各車線の車線幅員や横断歩道長、交差点からバス停までの距離などについて計測した。次に、赤外線カメラと制御用のパソコンを対象信号交差点の対角に設置し、4流入路の進行方向別の交通量や横断歩行者の人数、サイクル長や青信号時間を測定し、人手を用いて渋滞の台数を測定した。

(2) パラメータ探索手法の変更

二方向交通幹線道路の渋滞長制御のためにバランス制御アルゴリズムを提案する。バランス制御アルゴリズムでは、信号交差点において互いに交差する流入路の渋滞長の最大値を等しく

し、かつ評価関数である渋滞長の総和を最小化するように3つの信号制御パラメータを系統的、逐次的に探索する。この制御アルゴリズムは、初期時刻から最終時刻まで、また、幹線道路上の全信号交差点について逐次実行される。従来法の信号制御アルゴリズムのパラメータ探索を、PSOを用いた手法に変更する。従来法でのサイクル長と青信号スプリットは、設定された初期値（下限値）から上限値まで、各流入路の渋滞長が閾値以下になるまで、きざみ幅だけ微小増加させながら探索される。このパラメータ探索手法にPSOを導入する。PSOを用いた手法では、サイクル長、青信号スプリットを各個体の位置座標として扱い、位置座標の初期値や更新値に乱数を用いる。サイクル長と青信号スプリットは制御指標が満足されるまでPSOによって修正される。なお、PSOでは、サイクル長と幹線道路方向の直進青信号スプリット、右折青信号スプリット、交差道路の直進青信号スプリットの4つを各個体の位置座標として扱うため、これらの値は最適解を求めながら4次元空間を移動する。交差道路の右折青信号スプリットは、前述した3つの青信号スプリットの残りとして計算される。オフセット制御の観点から、サイクル長はすべての信号交差点の最大値が共通に設定され、各信号交差点の青信号スプリットは改めて再計算される。

4. 研究成果

(1) 赤外線カメラによる交通量測定とデータ解析

御船町交番前信号交差点において測定した値を分析したところ、流入交通量は、幹線道路方向の直進車線において最大34台と非常に多くなっており、特に西行き流入路において頻繁に渋滞が発生していた。南行き流入路の直進車線は最大でも15台と少なかったが、北行き流入路においては17時10分ごろに最大28台と多くなっており、同時刻に最大18台の渋滞が発生していた。サイクル長は145秒から155秒の間で小幅に変動しており、幹線道路の直進青信号スプリットは0.53から0.57の間で小幅に変動していた。これらの変動は流入交通量の時間変動に多少の関連はあったものの、流入交通量の大幅な変動には対応していないことがわかった。最後に、以上の測定値を用いて交通処理量を算出した結果、この信号交差点で発生している渋滞の原因が、下流信号交差点による先詰まりによるものであることが分かった。

申請時は、6台の赤外線カメラで3つの信号交差点を同時に測定する予定であったが、赤外線カメラの付属品が高額であり、また、測定するためには制御用のパソコンや蓄電池、その他の備品を購入する必要があったために2台分しか購入することができなかったため、今回の研究では1信号交差点の測定のみにとどまった。

(2) パラメータ探索手法の変更

広島市内国道2号線上の3つの信号交差点において、夕方のラッシュ時にバランス制御アルゴリズムとPSOを用いて交通シミュレーションを実施した。特に、最大の渋滞が発生していた国泰寺信号交差点についてシミュレーション結果を述べる。

サイクル長の測定値は、図1に示すように160秒を中心に変動しているが、シミュレーション値は図2に示す流入交通量の時間変動に応じて124秒から154秒の範囲で制御されている。ここで、 m は流入路を表しており、 $m=1$ が東行き、 $m=2$ が南行き、 $m=3$ が北行き、 $m=4$ が西行き流入路をそれぞれ表す。また、幹線道路の直進青信号スプリットの測定値は、図3に示すように図2の流入交通量の時

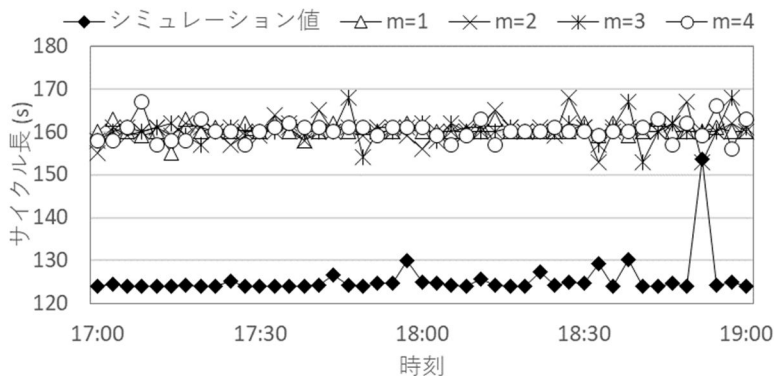


図1 サイクル長の比較

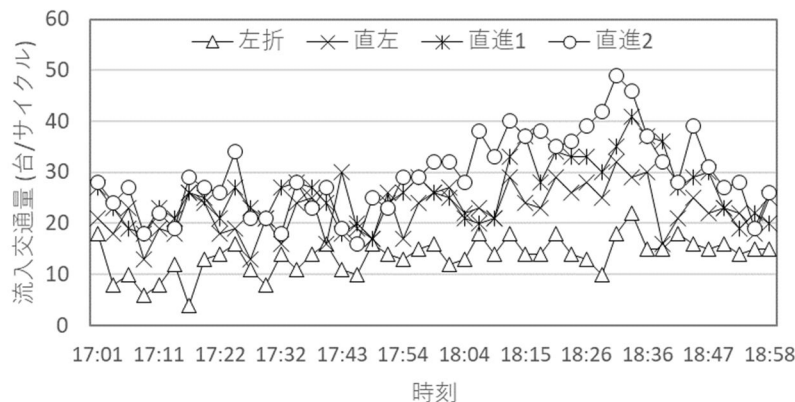


図2 流入交通量の時間変動

間変動には関係なく変動しているが、シミュレーション値は流入交通量の時間変動に対応して適切に制御されている。3つの信号交差点からなる幹線道路において平等オフセットをFieserの方法により18時16分においてシミュレーションした結果、サイクル長を124秒、走行速度を13.39m/sと設定し、得られた連続通過帯幅は、29.6秒(23.9%)となった。以上のように3つの信号制御パラメータを統一的に制御した結果、図4に示すように、すべての流入路において渋滞長を0mに制御することができた。さらに、図5から、従来法では最大サイクル長が200秒であるのに対し、本手法では最大154秒に制御できた。これは、幹線道路と交差道路の双方でドライバーの継続的な待ち時間を短縮することができ、実用性の向上につながったことを示している。

なお、これら研究結果について、現在、International Journal of Innovative Computing, Information and Control に投稿中である。

<引用文献>

H. Masuda and H. Shimizu, A development of signal control system for congestion length along arterials, International Journal of Advanced Mechatronic Systems, Vol.3 No.4, 2011.

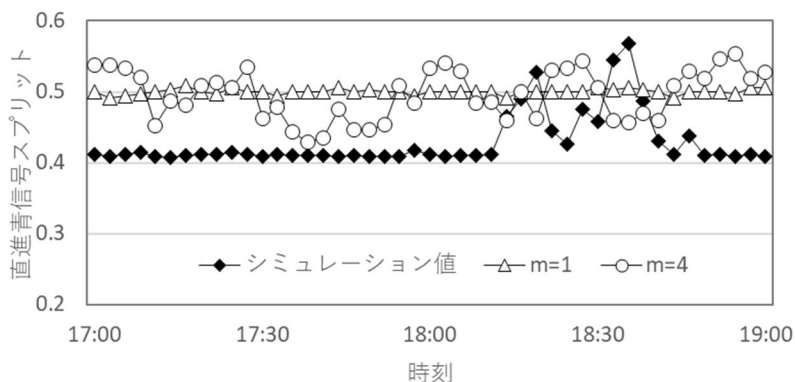


図3 青信号スプリットの比較

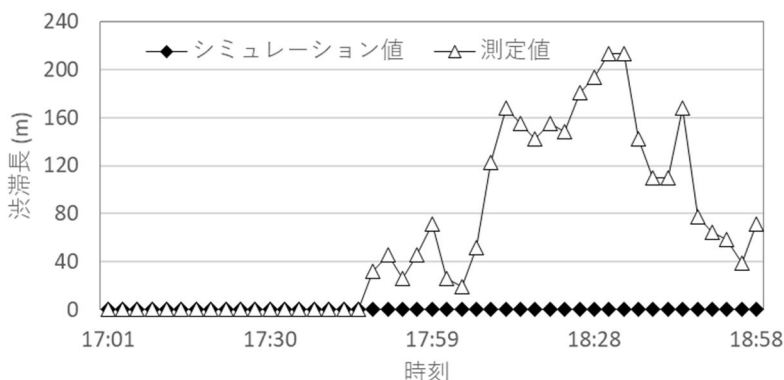


図4 渋滞長の比較

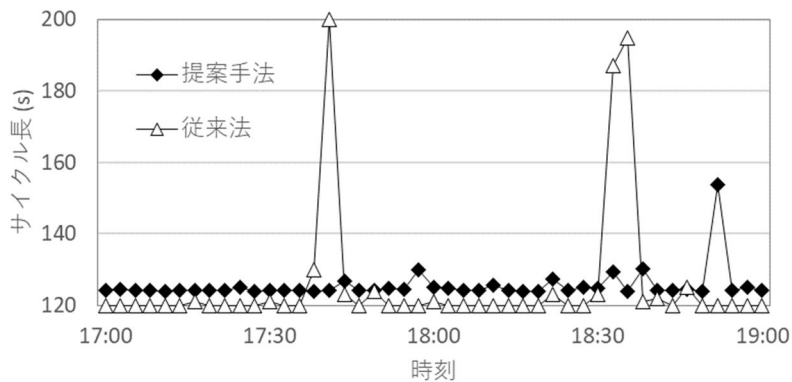


図5 従来法との比較

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 渡部 嘉司
2. 発表標題 幹線道路における信号制御システムの開発事例
3. 学会等名 令和元年度電気関係学会四国支部連合大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	徳田 誠 (Tokuda Makoto) (20413859)	弓削商船高等専門学校・情報工学科・准教授 (56302)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------