T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	ミクロ・マクロ交通流モデルに基づく最適信号機制御アルゴリズムの提案と検証
Title(English)	
著者(和文)	檀隼人
Author(English)	Hayato Dan
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11925号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:畑中 健志,三平 満司,井村 順一,山北 昌毅,石﨑 孝幸,藤田 政之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11925号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名	檀 隼人	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	畑中　健志	准教諭	石﨑　孝幸	准教授
	審査員	三平　満司	教授	藤田　政之	特定教授
		井村　順一	教授		
		山北　昌毅	准教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「ミクロ・マクロ交通流モデルに基づく最適信号機制御アルゴリズムの提案と検証」と題し，全６章から構成されている．

第１章「序論」では本論文の背景と動機について述べている．まず，交通渋滞解消の社会的意義と，その方策である信号機制御アルゴリズムについて紹介している．また，サイバーフィジカルシステムで用いられる連続時間最適化アルゴリズムについて述べている．さらに，信号機制御アルゴリズムの検証に必要となる交通流シミュレーション技術について紹介している．最後に，本論文の目的が，効率的な交通流の達成に向けた最適信号機制御アルゴリズムの提案と検証であることを述べている．

第２章「数学的準備」では個々の車両の運動モデルの表現に必要となる混合論理動的システムモデルと，信号機制御アルゴリズムの導出に必要となる連続時間最適化アルゴリズムに関する既存の結果を導入している．まず，命題論理と時相論理を紹介したのち，混合論理動的システムモデルを定式化している．また，混合論理動的システムモデルを用いたあるクラスの最適化問題が混合整数線形計画問題に帰着できることを示している．つぎに，連続時間最適化手法である主双対勾配アルゴリズム・一般化主双対勾配アルゴリズム・部分的主双対勾配アルゴリズムについて紹介している．

第３章「ミクロ交通流モデルに基づく信号機制御アルゴリズム」では，個々の車両運動を考慮した信号機制御アルゴリズムの提案と検証を行っている．まず，個々の車両運動モデルを示し，交差点周囲を走行する複数車両についてこれを統合することで，ミクロ交通流モデルを導出している．また，導出したミクロ交通流モデルと信号機が現実的な現示の切り替えを行うという制約の下で，交差点周囲を走行する車両の走行速度を最大化する最適化問題を定式化し，その最適化問題の解に基づいて信号現示を切り替える信号機制御アルゴリズムを提案している．つぎに，複数のソフトウェアを組み合わせることで，現実的な環境において信号機制御アルゴリズムの検証を可能にするシミュレータを構築している．さらに，構築したシミュレーション環境にて，提案した信号機制御アルゴリズムの検証を行い，交通流の効率化の指標である車両走行速度が向上することを確認している．一方で，停止車両台数が増加することにも言及し，アルゴリズム内に交差点間の協調が考慮されていないことをその原因として示している．最後に，最適化問題に関するパラメータが，提案した信号機制御アルゴリズムの処理時間に及ぼす影響を検証し，アルゴリズムの実時間での実行可能性について考察している．

第４章「マクロ交通流モデルに基づく信号機制御アルゴリズム」では，前章の検証における考察をもとに，交差点間の協調則を含む信号機制御アルゴリズムを新たに提案している．まず，車両を群として捉えることでモデル化したマクロ交通流モデルに基づき，車両密度の分散を目的とする最適化問題を定式化している．つぎに，定式化した最適化問題を求解する部分的主双対勾配アルゴリズムを考え，その中に含まれる一部のサブシステムが交通流モデルと一致することを明らかにしている．この知見に基づいて，該当部を現実の交通システムに置き換え，残りの部分を信号機制御アルゴリズムとすることで，この両者からなるサイバーフィジカルシステムを提案している．また，この信号機制御アルゴリズムが分散協調制御器として実装できることを示すとともに，システムの最適解への収束性および入出力安定性について理論的に証明している．最後に，前章で構築したシミュレーション環境にて検証を行い，提案した信号機制御アルゴリズム，特にそこに内在する協調則によって車両密度の分散が実現できることを確認している．

第５章「階層構造を持つ信号機制御アルゴリズム」では，第３章で指摘した課題の解決に向けて，第３章および第４章で提案したアルゴリズムを統合した階層型の信号機制御アルゴリズムを提案している．まず，第４章のアルゴリズムが与える制御入力を，第３章のアルゴリズムが解く最適化問題の制約条件内に組み込むことで，両アルゴリズムの統合を実現している．つぎに，第３章で構築したシミュレーション環境を用い，本章で提案する信号機制御アルゴリズムの検証を行い，交通量の偏りや変動が大きい道路ネットワークにおいて効率的な交通流が達成できることを示している．

第６章「結論」では，本論文の研究成果についてまとめ，今後の研究の発展方向を議論している．

以上を要するに，本論文は，ミクロ・マクロ交通流モデルの両方を用いて，階層構造を持つ信号機制御アルゴリズムを提案し，その有効性を理論，シミュレーションによる検証で示しており，工学上および工業上貢献するところが大きい．よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる．

（２００４文字）

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。