

2019 年度若手研究者共同研究プロジェクト実施報告書

法政大学総長 殿

以下のとおり研究実施報告書を提出します。

基 本 情 報	研究課題名：道路ネットワークの運用効率を高める時空間的關係
	研究代表者 氏名： 柿本 陽平
	(在籍者) 研究科・専攻・学年：理工学研究科・システム理工学専攻・3 年 (修了者) 所属・職種：
	指導教員(所属・職・氏名)： 理工学部・教授・五島 洋行 (※在籍者のみ記入)
	共同研究者(所属・職・氏名)： (※指導教員と同人の場合は記入不要)
	その他 研究分担者：サレジオ工業高等専門学校・情報工学科・教授・島川 陽一
	研究期間： 2019 年度 ～ 2020 年度 (※研究修了年度を記載)
年 間 の 研 究 実 施 概 要	※研究計画の進捗状況を中心に今年度の研究実施状況を記載してください。 1. 2019 年度研究計画進捗状況 本研究課題の目的は交通計画における時間的・空間的關係の両方を考慮した輸送スケジューリング問題の新たな枠組みの構築である。2019 年度は研究目的達成のため主に次のように項目を分け、研究を進めてきた。 (1) 実験に必要な道路ネットワークデータの選定・準備 (2019 年度前半) 本研究では最終的に現実の道路ネットワークに対して構築した枠組みを適用することを目指している。しかし、現実の道路ネットワークには地域やその形状により、同一の枠組みを適用しても大きく結果が異なる可能性がある。予備実験段階では構築するモデルの挙動を正確に観測するため、単純な仮想ネットワークを用いて予備実験を行う必要があると考えた。そこで 2019 年度前半にはまず仮想ネットワークの条件設定とネットワーク生成を行った。具体的には小規模および中規模な完全格子状の道路ネットワークと先行研究でよく用いられる中規模な仮想ネットワークを用意した。さらに、一部情報量を削減した関東近辺の実道路ネットワークを用意し、より入念に準備した。 (2) 輸送時間の不確実性と車両リソースの経路選択を考慮したモデルの基本枠組みの作成 (2019 年度前半) 車両が出発地点から目的地点に達するまでの輸送時間には渋滞による不確実性を考慮しなければならない。一般的にこのような不確実性は輸送スケジューリングの段階でバ

ッファ時間として挿入される。しかし、渋滞が発生しなかった場合には挿入したバッファ時間は余ってしまう。一般的な輸送スケジュールは Just-in-time を前提としているため、余ったバッファ時間は路上駐車などにより消化されてしまう。これは道路ネットワーク全体の運用効率を下げる可能性が高い。この問題を解消するためにバッファ時間を消化するための施設配置モデルの枠組みを考案する必要があった。この場合、問題の制約は全車両が保有するバッファ時間をすべて消化することであり、目的関数は使用する施設の最小化である。研究開始当初は道路ネットワーク上を流れる交通量を対象とした施設配置モデルである Flow-capturing location-allocation model (FCLM) をベースにモデルを構築する予定であった。しかし、FCLM はカバーする交通量の最大化に年頭を置いており、輸送スケジュールリングのための施設配置モデルには適していないことが分かった。そこで本研究では施設を最小化し道路ネットワーク上の需要をすべてカバーすることを念頭に置いた Location set-covering model (LSCP) をベースにモデルを構築した。LSCP は x を施設配置の決定変数ベクトルとしたとき

$$c^T x \rightarrow \min, \text{ subject to. } Ax \geq 1, x \in \{0, 1\}^n$$

で表現される簡素な最適化問題であり、その拡張性は高い。提案したモデルでは LSCP における需要を交通量ではなくバッファ時間とすることで輸送スケジュールリングのための施設配置モデルの構築を実現した。一方、車両リソースの経路選択を考慮するとモデルが複雑になるため、車両が持つ空間的な自由度を制限し、時間的な自由度のみを考慮しモデルを構築した。

(3) 輸送スケジュールリングモデルを用いた予備実験 (2019 年度前半-後半)

(1)で準備した仮想ネットワークに対して(2)で作成したモデルを適用し予備実験を行った。予備実験では完全格子状の仮想ネットワークを用いてモデルが正しく動作することを確認した。さらに高速道路の未抽出し、一部情報を集約した関東近辺の実道路ネットワークを用いた実験でもモデルが正しく動作することが確認できた。

(4) CCPM-max-plus-linear システム表現の拡張 (2019 年度後半)

(1)~(3)では主に車両の不確実性を考慮した輸送スケジュールリングのための施設配置モデル構築を行った。2019 年度後半にはプロジェクトスケジュールリングを念頭に開発された Critical Chain Project Management (CCPM) 法を輸送スケジュールリング分野に適用するための準備を行った。CCPM 法は Max-plus-linear (MPL) システムを用いることで簡潔に表現することができる。このような表現手法は CCPM-MPL システム表現として提案されている。MPL システムは事象の同期と時間経過を max 演算と加算(+)を用いて表現するシステムである。一方、輸送スケジュールリングでは事象の同期と時間経過だけでなく選択という操作が必要となる。そこで、MPL システムに新たに選択を表現する min 演算を導入した Max-min-plus (MMP) システム表現を提案した。さらに、MMP システム表現により定式化されたモデルを効率的に解くための手法を提案し、実験を行った。

2. 残された課題

2019 年度に提案した施設配置モデルは車両が持つ空間的な自由度を考慮できておらず、現実的とは言えない。さらに CCPM 法を交通分野に適用するための CCPM-MPL システム表現の拡張がまだ十分とは言えない。2020 年度にはこれら残された課題を解決し、時間的・空間的関係の両方を考慮した輸送スケジュールリング問題の枠組みの構築を目指す。

研 究 業 績	成果発表（学会・論文・研究会等）		
	学会・論文・研究会等の別	タイトル	発行または発表年月
	学会 (30 th EUROPEAN CONFERENCE ON OPERATIONAL RESEARCH)	Optimal Facility Location Model for Freight Vehicles to Exploit Buffer Times Efficiently	2019 年 06 月