

## 2020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	<p>※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。</p> <p>1. 2020年度進捗状況</p> <p>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を目的として2019年度から2020年度にかけて研究を進めてきた。2019年度で得た研究成果を踏まえ2020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。</p> <p>(1) CCPM-max-plus-linear(CCPM-MPL)システム表現の拡張(2020年度前半)</p> <p>2019年度後半に行ったCCPM-MPLシステム表現の拡張が不十分であったため、2020年度前半においても引き続き拡張手法について検討した。</p> <p>自動車を用いた貨物輸送は、航空機や電車などと異なり移動の自由度が高く不確実性を含むため、道路ネットワーク上を移動する車両の輸送スケジューリングでは、遅延リスク削減のためのバッファ時間を計画に加えることが多い。特に大型貨物輸送車はJust-in-timeで目的地に付かなければならないことが多く、バッファ時間消費を目的とした路上待機などが発生する。これが渋滞やそれに伴う環境汚染の大きな原因となる。この問題は車両がバッファ時間の消費を行う休憩所を適切に利用することにより解消される。</p> <p>バッファ時間をどれだけの量用意し挿入するのか、という問題は輸送スケジューリングの時間的關係において重要である。Critical Chain Project Management(CCPM)はバッファ時間を考</p>

慮したスケジューリング手法の一つである。

CCPMを構成する要素は各工程にかかるタスクと人員などのリソースの二つである。CCPMは各タスクの実行時間に不確実性が含まれる状況を考え、その不確実性を吸収するためのバッファ(余裕時間)をプロジェクトの最後に挿入する。輸送スケジューリングにおける車両とその車両が通る経路をそれぞれ、CCPMにおけるリソースとタスクとみなすと、輸送スケジューリングとCCPMの対応は次のように考えることができる。

- ▶タスクは輸送車の移動なので車両が通る経路とみなすことができる
- ▶リソースは経路を走る車両であり自由度を持つ
- ▶車両の移動時間には渋滞などに起因する不確実性が含まれるため、バッファが挿入される

このように CCPM には時間軸という交通計画に不可欠なアイデアが含まれているが、解の最適性に重きを置いていないため、CCPM の拡張を行う必要があった。本研究では Max-plus linear (MPL)システムにより CCPM を簡潔に表現する手法である CCPM-MPL に着目した。CCPM-MPL は最適化問題として定式化可能であるが、MPL システムの表現能力ではリソースが二次元道路ネットワーク上を自由移動するような輸送スケジューリング特有の制約が考慮されていないという問題点があった。そこで、MPL システムの表現能力を向上させた Min-max-plus (MMP)システムによる表現手法を提案した。また、効率的に解くことが難しい、MMP システムにより定式化された方程式を制約充足問題に帰着させ、効率的に解を得る枠組みを構築した。

## (2) Rest-area location model for time-driven demands の開発(2020 年度後半)

2019 年度前半では対象地域上のすべての需要をカバーする最小の施設数とその配置箇所を求める Location set covering model (LSCP)をもとに、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を行ってきた。しかし、作成されたモデルを実道路ネットワークに適用する段階でいくつかの不備があることが分かった。2020 年度後半ではそれらの不備の修正に加え、現実の輸送スケジュールに近づけるための拡張をした Rest-area location model for time-driven demands (RALMTD)を開発した。

RALMTDは施設がとらえる需要となる輸送車両が時間駆動するものとみなし、輸送車両がいつでもどこでどれだけ時間施設を利用するか、という輸送スケジュールの決定とすべての輸送車両が持つ時間バッファを消化できる施設の配置箇所を同時に与えることができる。

## 2. まとめ

効率の良い交通計画作成のための枠組みを空間的關係と時間的關係の両面を考慮して構築する目的で研究を進めてきた。研究第一段階では予定していた時空間的關係における輸送スケジューリングに必要な性質を考慮した施設配置モデルを開発した。需要となる車両に時間軸を与えることで、バッファ時間を消化するための施設配置と車両がいつでもどこでどれだけ時間施設を利用するのか、という輸送スケジュールを同時に与えることを可能にした。さらに、バッファ時間を考慮したスケジューリング手法である CCPM に着目し輸送スケジューリングへの応用に用いるための手法を検討した。具体的には CCPM-MPL を輸送スケジューリング手法に応用するために、MPL システムに比べて表現能力の高い MMP システムによる離散事象システムの表現手法とその効率的な解法を開発した。本研究の成果により、プロジェクトスケジューリングを念頭に提案された CCPM-MPL が輸送計画に適用できる可能性を示した。

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 (The SICE Annual Conference 2020)	Formulation of Systems with Structures of Selection and Synchronization in a Min-max-plus System Representation	令和 2 年 9 月
<p>その他（アピールすることがあればご記入ください。）</p> <p>本研究プロジェクトで得た成果 1-(1), (2)を 2 件の論文にまとめそれぞれ論文誌（SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences）に投稿したが不採録となった。現在はそれぞれ再投稿を目指して加筆修正を行っている。</p>		

研

究

業

績