

Optimization Studies on Hazmat Transportation and Travel Planning

著者	DU Jiaoman
その他のタイトル	危険物輸送および旅行計画における最適化に関する研究
page range	1-170
year	2020-03-24
学位授与番号	32675甲第482号
学位授与年月日	2020-03-24
学位名	博士(工学)
学位授与機関	法政大学 (Hosei University)
URL	http://doi.org/10.15002/00022972

博士学位論文
論文内容の要旨および審査結果の要旨

論文題目	Optimization Studies on Hazmat Transportation and Travel Planning
氏名	Du Jiaoman
学位の種類	博士（工学）
学位番号	第 482 号
学位授与年月日	2020 年 3 月 24 日
学位授与の要件	法政大学学位規則第 5 条第 1 項第 1 号該当者（甲）
論文審査委員	主 査 李 磊 教授 副 査 和田 幸一 教授 副 査 藤井 章博 教授 副 査 平原 誠 准教授

1. 論文内容の要旨

旅行計画問題は運送業者、運送車両、ドライバーや自治体など多くの利害関係者が存在し、社会的または経済的な利益の最大化を目指す観点から、重要な役割を果たしている。経済のグローバル化や電子商の著しい発展に伴い、我々の日常的活動で産出される物流量の規模はますます増大の傾向にある一方、安全性、効率性、快適さなどを考慮した旅行計画や運送システムの最適化は要求されている。最近、旅行計画問題は多くの分野で研究されている。例えば、危険物運送 (Fan et al 2015, Su and Kwon 2018)、観光旅行 (Li et al 2018, Chang et al 2016)、バス交通 (Sadri 2015, Sebastiani et al 2016)、メトロ最適化 (Mannino and Mascis 2009) 等が知られている。既存の研究は経路の最適化、スケジューリングや旅行ネットワーク問題等に取り上げている。しかしながら、実生活の中で最近の交通状況は深刻な渋滞、高い安全上のリスクや経済的コストに直面している。従って、より実在的な状況での複雑さと人的要求の多様性に基づいて、新しい数理モデルの構築とその最適解または近似最適解を求める有効なアルゴリズムの開発が必要となってくる。

本論文はより実在の旅行計画問題に注目し、既存の研究に取り上げていない、複雑な環境における都市危険物輸送問題、及び結合型旅行スキーム計画問題をモデリングにし、これらの問題の最適解または近似最適解を求めるアルゴリズムを開発した。

本論文は、全 6 章から構成される。

第 1 章では、まえがきとして、本研究の背景と従来の既存研究の概要、そして本研究の目的、及び本研究の得られる研究成果を示した。

第 2 章では、都市危険物運送に存在するマルチファクタ問題を取り上げる。人間、財産、環境に望ましくない結果を招く恐れのある高いリスクと複雑な外部状況（交通

条件、接続閉鎖等) を考える。マルチファクタは都市危険物運送に取り入れ、より安全かつ経済的ルーティングとスケジューリングを生成する。本研究はマルチファクタ(気象条件、交通条件、人口密度、時間窓、接続閉鎖、半接続閉鎖)を考慮した、マルチ倉庫付き都市危険物運送問題に対し、マルチレベル数理計画問題モデルを提案した。この問題を解くために、本研究は改良型生物地理学最適化アルゴリズムを提案し、得られるパレート解は通常の生物地理学最適化アルゴリズムに比べ、その精度が改善されることが確認できた。

第 3 章では、ルーティングとスケジューリング問題に優先して、危険物運送時のリスク評価を行う。危険物運送におけるリスクの合理的定義は、生命と公共財産の安全保障、自然環境保護、及び高速かつ持続可能な社会経済成長の促進のため、実用上、非常に重要である。本研究で、エッジリスクに重み変数を導入し、危険物運送問題における 2 つの新しいリスクモデルを示す。これらのモデルはそれぞれ次の処理に適用される。(i) 順序付き重み平均オペレーターを用いて、リスク集合の処理において重みをエッジリスクの位置に割り当てる。(ii) 状態変数重みベクトルを用いて、リスク値の変化に基づいてエッジごとに重みを更新する。この 2 つのモデルは異なる数学的観点から導出されているが、いずれも重み変数による局所的リスクと全体的リスクのバランスを効率的に保っているし、理論的にも定義の妥当性を示している。数値実験で新しいモデルと既存のモデルの間における類似性と異なる性質を議論し、提案したリスクモデルの有効性を確認できた。

第 4 章では、新しい結合型自己運転旅行スキーム計画問題を提案した。旅行は現代人の日常生活の一部になっている。優れる観光旅行計画では、望ましい視界、コスト削減、時間アレンジメントの妥当性など、心身とも大きな満足感が得られるかは重要である。本研究で、ルーティングの最適化、ホテル選択、時間スケジューリング(2種類の制約条件: 休憩必要と最良観光時間帯)を考慮した新しい結合型自己運転旅行スキーム計画問題のモデルを提案した。旅行スキーム計画問題は 2 つのモデル: (1) 全体の旅行コストの最小化、(2) 全体の旅行コストの最小化及び旅行効果の最大化、で示す。本論文は (i) 発見的アルゴリズムに基づく動的数理計画法とクラスタリング、(ii) 発見的アルゴリズムに基づく分枝限定法とクラスタリングの 2 種類の発見的アルゴリズムを提案し、上記の問題に適用した。最後に、実問題の数値実験例により、新しいモデルの合理性及び提案アルゴリズムの有効性を確認した。

第 5 章では、結合型観光旅行計画問題を取り上げ、オンラインレビューに基づく観光目的地選択を検討する。多次元、マルチモードと大量のオンラインデータ資源を考慮したうえ、2 つの子問題である観光目的地選択と旅行スキーム計画を含んだ一般化結合型旅行計画問題を提案する。モデルの融合と子問題の解を注目し、観光目的地選択問題に対し、(i) 個々の興味ある目的地の選択確率を計算する、(ii) 観光目的地の集合に対する優先度評価を行う、の二つの方法が考えられる。1 番目の方法に基づいて、マ

ルチデータ資源を用いた観光目的地選択モデルを提案した。数値的評価値とテキスト解析等のオンライン公共レビューを組み合わせ、個々の興味ある観光目的地の選択確率を与える。モデルの独立変数に景色、興味、コスト対パフォーマンス比、好き度や感情指向等が含まれる。独立変数と観光目的地選択の関係を説明するために、多項ロジット選択モデルとテキスト解析は利用された。

第6章では、旅行計画問題における観光地選択及び旅行スキーム生成を議論した。5章で示した2番目の方法において、観光目的地選択問題を多基準意思決定問題に帰着させる。旅行計画に影響する評価基準は質的基準と量的基準に区分される。質的基準に対し、ファジー解析における階層構造を用いて観光目的地選択問題を解いた。そして、量的基準における旅行スキーム計画を評価するため、2番目の方法で得られる観光目的地の優先度に基づき、自己運転旅行スキーム計画問題のモデルを提案した。この研究は観光目的地選択と旅行スキーム計画問題を結合させて、一般化した結合型旅行計画問題を構築した。

2. 審査結果の要旨

本論文は都市危険物輸送及び旅行計画における最適化問題に関する研究である。より安全かつ経済的なルーティングとスケジューリングを生成するため、マルチファクタを都市危険物運送問題に取り入れ、マルチレベル数理計画問題に帰着させ、本論文提案の改良型生物地理学最適化アルゴリズムを用いた数値実験から、新しいモデルの合理性とアルゴリズムの有効性を確認した。また、危険物運送時のリスク評価のため、本論文はエッジリスクに重み変数を導入した2つの新しいリスクモデルを提案した。これらのモデルのいずれも重み変数による局所的リスクと全体的リスクのバランスを効率よく保っていることを数値実験で確認した。そして、本論文はルーティングの最適化、ホテル選択、時間スケジューリングを考慮した新しい結合型自己運転旅行スキーム計画問題のモデルを提案し、発見的アルゴリズムを用いて、実問題への数値実験より、新しいモデルの合理性及び提案アルゴリズムの有効性を確認した。さらに、本論文は結合型観光旅行計画問題を取り上げ、オンラインレビューに基づく観光目的地選択を検討し、多次元、マルチモードと大量のオンラインデータ資源を考慮した、一般化結合型旅行計画問題を提案した。提案した2つの手法により、旅行計画問題における観光地選択及び旅行スキーム生成を行った。

本論文に関連した論文として、国際学術誌論文4件（筆頭著者3件）、国際会議論文集論文7件（筆頭著者4件）として発表している。

以上、本論文で得られた都市危険物輸送及び旅行計画における最適化問題に関する新しいモデルやその最適解を求めるための新しいアルゴリズムに関する知見は、物流運輸システムと旅行計画の分野のみならず、関連する他の最適化問題や発見的アルゴリズムの設計にも応用できるため、工学に資するところ大である。よって、本審査小

委員会は全会一致をもって、提出論文が博士（工学）の学位に値するという結論に達した。

（報告様式Ⅲ）