

(続紙 1)

京都大学	博士（工学）	氏名	中村 有克
論文題目	動的経路選択を考慮した確率論的配車配送計画に関する研究		
（論文内容の要旨） 本論文は、実際の道路ネットワークにおいて高度な配車配送計画の策定のための配車配送計画モデルを構築し、道路ネットワークにおいて配車配送計画のパフォーマンスを論じた結果をまとめた論文であり、8章からなっている。 第1章は序論であり、物流システムが高度かつ正確なサービスだけでなく、環境負荷の軽減なども求められており、物流システムの効率化が重要な課題であることを示している。さらに、交通の分野において ITS（高度道路交通システム）の普及により、多くの詳細な所要時間の履歴データの収集が可能となり得ることに言及している。こうしたデータの入手を念頭に置き、さらなる物流システムの効率化を目指して、将来の不確実な状況に対する高度な配車配送計画の策定を行った。 第2章は、配車配送計画問題に関する既往の研究について概説している。配車配送計画問題の主な解法の進展について概観し、本研究の取り組むべき課題を明確にした。 第3章では、本研究で用いる配車配送計画モデルについて述べ、従来の配車配送計画問題の構造との相違を示している。本研究において用いる配車配送計画モデルは、従来の顧客間の距離をユークリッド距離で表す静的・確定論的な配車配送計画問題と異なり、道路ネットワークへの適用を考慮した配車配送計画モデルである。本研究では、2種類の配車配送計画モデルを用い、それぞれのパフォーマンスを比較した。配車配送計画モデルにおける目的関数値は、物流企業の総費用とし、トラックの車両費用、トラックの運行費用、顧客における早着・遅刻ペナルティから構成される。 確定論的配車配送計画モデルでは、運行費用、早着・遅刻ペナルティを算出するための顧客間の移動に要する所要時間を確定論的に取り扱い、配車配送計画モデル内において顧客間所要時間の変動を考慮していない。 一方、確率論的配車配送計画モデルでは、顧客間の所要時間の変動を確率分布を用いて表現し、顧客間の所要時間に関する費用が精緻に評価されている。 第4章では、配車配送計画モデルのための顧客間経路の探索手法について示している。3章において顧客間の経路には、複数の経路が存在し、配車配送計画モデルに適用するため、それらの経路から事前に1つの経路を選択する必要があることを示している。本章では、リンク所要時間が変動することをふまえ、リンク所要時間の動的および確率的な要素を考慮できる2種類の最短経路探索モデルを用いた。この経路探索モデルでは、動的な要素としてリンクへの進入時刻に依存する変動を考慮し、確率的な要素としてリンク所要時間の日変動を考慮している。			

第5章では、3章において定式化した配車配送計画モデルの解法を示している。本研究の配車配送計画モデルは、従来の配車配送計画モデルと異なり、出発時刻やペナルティを考慮した目的関数であるため、近似解法を用いた。本研究では、遺伝的アルゴリズムを適用している。本章では、配車配送計画問題の解法として用いられる手法を概観し、本研究の配車配送計画モデルのための遺伝的アルゴリズムを示している。

第6章では、上述のモデルを小規模なネットワークに適用し、本モデルにより得られる配車配送計画のパフォーマンスを分析した。6章では、仮想道路ネットワークと大阪中央部道路ネットワークを用いた。両ケースにおいて、デポおよび顧客の設定は仮想的に行った。道路ネットワークにおけるリンク所要時間は、全てのリンクの所要時間が既知でなければならないため、仮想道路ネットワークにおいては、交通シミュレーションを用いて、大阪中央部道路ネットワークにおいては、VICSに基づき与えることとした。

それぞれのネットワークにおいて、これらの設定を用いて、本研究において構築した動的経路選択を考慮した確率論的配車配送計画モデルにより、配車配送計画を策定した。その結果、各顧客間経路探索モデル、配車配送計画モデルを用いた配車配送計画において、決定変数である出発時刻と顧客の訪問順序に大きな差異は表れないことが確認された。策定した配車配送計画に基づき、計画が実施されることを模擬的に再現し、配車配送計画のパフォーマンスを検証した。仮想道路ネットワークにおける分析により、策定された配車配送計画における期待費用と配車配送計画を仮想的に実施した総配送費用を比較すると、リンクあるいは顧客間の所要時間の変動を考慮しないモデルにおいて大きな差異が表れることが確認された。特に、早着・遅刻によるペナルティがばらつく要因となった。一方、大阪中央部道路ネットワークにおける分析の結果は、仮想道路ネットワークの結果と同様の傾向を示すことが確認された。しかしながら、大阪中央部道路ネットワークにおける差異は、仮想道路ネットワークの差異と比べて小さく、実際にはあまり大きな差異にならない可能性が指摘された。

第7章では、実際のコンビニエンスストアチェーンの店舗、配送情報などのデータを活用し、現実的な配車配送に対して本研究の配車配送計画モデルを適用した。顧客数が多いことを考慮し、問題設定に早着・遅刻を許さない厳しい時間枠を用い、効率的な解の探索のために遺伝的アルゴリズムの初期解作成に挿入法を導入した。挿入法による初期解を用いて、確定論的配車配送計画モデルにより配車配送計画を策定し、小規模なネットワークと同様の検討を行った。本ケースの分析により、本モデルが現実的な配送に適用できることを示した。

第8章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、実際の道路ネットワークにおいて高度な配車配送計画の策定のための配車配送計画モデルを構築し、道路ネットワークにおいて配車配送計画のパフォーマンスを論じた成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 配車配送計画問題においては、従来より顧客間をユークリッド距離で表した静的・確定論的な配車配送計画問題の解法が主に研究されてきた。本研究では、道路ネットワークと配車配送計画問題のネットワークの構造の相違に着目し、道路ネットワークにおける高度な配車配送計画の策定を目指し、所要時間変動を考慮した動的経路選択を組み込んだ確率論的配車配送計画モデルを構築した。
2. 構築したモデルは、配車配送計画モデルと顧客間経路探索モデルの2段階に分かれており、両モデルにおいて所要時間分布を考慮した高度な配車配送計画を策定できるモデルを開発した。結果として、所要時間の期待値を用いた動的・確率論的な経路探索モデルと確率論的配車配送計画モデルを組み合わせたモデルによる配車配送計画が、事前に計画された期待費用と計画に基づく実際の総配送費用の乖離が少なく、優れたパフォーマンスを示すことが確認された。
3. 実際の店舗、配送情報などのデータに基づき、本研究において構築したモデルを多顧客の配車配送計画問題に適用した。遺伝的アルゴリズムを用いて効率的に解を探索する手法を組み込み、現実的な多顧客の配車配送計画問題において、近似的最適計画を策定できることを確認し、現実における適用可能性を示唆した。

上述のように、本論文は、所要時間変動を考慮した高度な配車配送計画の策定のための新たなモデルを提案し、モデルのパフォーマンスについて精緻に分析している。得られたモデルおよび分析結果は、本研究のモデルが信頼性の高い配車配送計画を策定できる可能性を示しており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成22年2月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。