

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 オンデマンド型交通システムの運行計画に関する研究

氏 名 向 直 人

## 論 文 内 容 の 要 旨

本稿は、高度道路交通システム (Intelligent Transportation System : ITS) のプロジェクトの一環である輸送サービスに注目する。近年、固定路線バスやタクシーに代表される従来型の輸送サービスは経営困難に陥っていることも多く、次世代の新しい輸送サービスの構築が望まれている。そんな中、最先端の情報技術を用いることで、従来の固定路線バスやタクシーとは異なるオンデマンド型の輸送サービスが試行されるようになってきた。この新しい輸送サービスは、小型の乗合自動車でも顧客を自宅から目的地まで送迎する交通システムである。赤字路線を抱える事業者は、この輸送サービスを導入することにより、赤字路線の削減や、新たな顧客の開拓が期待できる。一方、顧客にとっては、タクシーよりも安い料金で戸別の輸送サービスを受けることができる。しかし、オンデマンド型の輸送は柔軟なサービス形式であるが故に、多くの要求が頻繁に発生する広い領域での運行計画を立てることは難しく、現状は局所地域での運行に限られており、利益はほとんどない。本稿は、多面的な視点からオンデマンド型の輸送サービスを拡張することにより、既存の輸送サービスに対する支援に加え、次世代の新たな輸送形式や運行戦略の構築の可能性を探る。

1990年代までの研究の多くは、輸送サービスを巡回サラリーマン問題の拡張として捉え、解の最適化や処理時間の削減を目的とした。2000年頃から、情報技術の急速な発展に伴って、オンデマンド型の輸送サービスに注目が集まり、サービスの実現性 (採算性や利便性) の評価が目的となった。一方、本稿では、従来の最適性や実現性といった研究指標に加え、輸送行動の先見性と協調性・競争性について考慮する。先見性は、予測された顧客状況に基づき、先を見越した運行計画を構築することを意味し、協調性・競争性は、複数の車両間の利得関係を考慮した運行計画を構築することを意味する。本稿で提案するアプローチは、構造型戦略、学習型

戦略，協調型・競争型戦略に大別される．構造型戦略は最適性や実現性の向上，学習型戦略は先見性の獲得，協調型・競争型戦略は協調性・競争性の獲得をそれぞれ目的とする．

構造型戦略は，車両や顧客の位置をリアルタイムに管理する索引構造と，最適化アルゴリズムを組み合わせた戦略である．最初に，位置情報システム (Global Positioning System :GPS) によって取得した車両・顧客の位置をリアルタイムに管理するための索引構造について述べる．提案する索引構造は，運行領域の位相的特徴や，車両の顧客輸送状況を基に形成され，運行計画の最適化を補助する．次に，車両間で顧客を交換することにより，走行経路や待機位置を最適化し，事業者側または顧客側にとって優位な運行計画を構築する．

学習型戦略は，運行領域内の顧客の発生傾向 (分布) を学習することにより，先見的な運行計画を設計する手法である．一般に，都市内に発生する輸送要求には何らかの傾向が存在すると考えられる．この傾向を車両 (運転手) の機械学習手法に基づき推定・共有することにより，経路選択の支援を目指す．提案手法は，Ant Colony System に基づいた集積的学習と，Q-Learning に基づいた連鎖的学習に分かれる．集積的学習では，顧客の乗降車位置の関連性を，フェロモン分布という形状で蓄積し，車両の巡回行動支援に役立てる．連鎖的学習では，顧客の乗降車数の関連性を，獲得が期待される報酬として学習し，車両の経路選択支援に役立てる．

協調型・競争型戦略は，複数の車両が報酬を競合する状況にあるとき，互いの利得関係を考慮しながら振舞いを決定する手法である．最初に，車両間で顧客を受け渡すリレー輸送形式について述べる．車両の領域分担に注目し，都市領域の構造的な特徴である位相概念や，顧客の発生傾向の予測値である報酬推定値に基づいた領域分割手法を提案する．次に，ゲーム理論に基づいた車両間の利得競争について述べる．報酬 (顧客) を複数の車両で競合する状況において，他車両の行動を推定することで，合理的な振舞いを選択する．

本稿の目的は，従来指標に加え，新しい指標を設けることで，新しい輸送サービスの構築の可能性を探ることであった．構造型戦略は，運行計画の即時性や最適性を向上させることで，事業者または顧客にとって，より柔軟な輸送サービスの構築が可能であることを明らかにした．学習型戦略は，顧客の傾向をリアルタイムに車両間で共有することで，長期的な視点で顧客傾向を捉え，より利益の大きい経路を選択することが重要であることを明らかにした．協調型・競争型戦略は，競合する輸送サービスとの利得関係を推定することで，両者にとって合理的な運行計画の構築が可能であることを明らかにした．本稿で示した実験の結果は，これらの結論を裏付けるものであり，今後の新しい輸送サービスの構築に向けた手掛りとなる．