

論文の内容の要旨

論文題目 経路索引の構造化処理による公共交通の逐次最適化と被災地復興におけるその適用

氏 名 吉野 大介

2011年3月11日に発生したわが国未曾有の大災害である東日本大震災における最も大きな特徴は、縮退局面での持続可能な都市構造の構築が復興において重要な課題となっている点にある。もともと社会経済的な面で問題を抱えている地域においては、社会資本の整備が復興に直結しづらく、各集落の需要が縮小する中で、今後どのように人々の生活環境を整え、いかに地域の活力を減らすことなく復興を遂げるかという点が最大の関心時となる。

一方で、このような事態は何も被災地だけに限ったことではない。超高齢社会を迎える日本において、特に需要が疎な地域における高齢化・過疎化は深刻である。各地域において離散的に存在する集落がそれぞれ縮退する中で、いかに生活の基盤を維持していくかという視点は、今後全国的に重視されることになる。既に都市の縮退に伴う需要の縮小と財政面での制約等により、住民の生活を維持するためのサービスについても縮小せざるを得ないという判断を下す自治体は全国でも数多く見られる。一方で、人々が健康で文化的な生活を営むためには、買い物・医療等、様々なサービスの享受が必要である。持続可能な都市構造を構築し、生活の利便性を保ちながら生活できる環境を整えることは、社会基盤の言わば使命であり、その中で、地方や過疎地域における地域公共交通サービスは、人々の生活を保護するためのひとつの政策手段として位置づけられる。つまり、需要の規模と分布に即し、かつ関係者全員にとって持続可能な地域公共交通を適切に構築することは、都市を健やかな状態で維持させることと同意であると言える。

地域公共交通を計画における視点には、様々な切り口が存在する。車両や結節点そのものを設計する工学的視点や、政策を導き評価する経済学的視点等も地域公共交通の計画の視点のひとつであるが、公的セクターが主導して公共施策として地域公共交通を計画する際には、もう少し実務的な視点に基づき、地域公共交通のコスト低減や利用者の最大化等、将来の明確な目標を実現するための具体計画を導く、経営科学的なアプローチを採ることが多いとされる。経営科学的な視点に立ち、最適な計画を立て行動するためには、あらかじめできるだけ正確に将来を予測する必要がある。

このような規範的予測技法の考え方は、地域公共交通のネットワーク計画を講じる際のみならず、計画した路線における最適な車両運行計画の検討や、実施効果の高い交通施策（交通モードの導入、利用促進策等）を講じる際にも同様のアプローチが必要となる。また、特に被災地復興においては、都市が破壊された状態からの復興計画が必要とされることから、計画策定における自由度が高く、その結果、想定される代替案が膨大になるため、規範的状态の設定と規範状態に向けたアプローチの提示に対する必要性が高いと言える。

しかしながら、地域公共交通に関しては、それぞれの地域が置かれている状況や抱える課題が千差万別であることに加え、行政担当者や交通事業者、住民の能力や事情も様々であることから、このような課題に対する処方箋としての計画方針や分析手法をオーソライズすることが難しい。そのため、これまでの地域公共交通計画は各地区の創意工夫に依存する形で作成されてきたが、目先の問題にのみ着目し、中長期的な視点を欠いた対症療法的な計画や、地域公共交通全体ないしまちづくり全体への視点が欠けている計画が散見されている実情があるのも事実である。地域公共交通に関しては、それぞれの地域が置かれている状況や抱える課題が千差

万別であることに加え、行政担当者や交通事業者、住民の能力や事情も様々であることから、このような課題に対する処方箋としての計画方針や分析手法をオーソライズすることが難しい。そのため、これまでの地域公共交通計画は各地区の創意工夫に依存する形で作成されてきたが、目先の問題にのみ着目し、中長期的な視点を欠いた対症療法的な計画や、地域公共交通全体ないしまちづくり全体への視点が欠けている計画が散見されている実情があるのも事実である。

以上の問題意識を踏まえ、本研究では、需要変動が発生する条件下での公共交通サービスについて、地域全体の公共交通ネットワークを1つのシステムとして捉え、俯瞰的な視点から、計画・運営・政策判断それぞれの段階における設計・実装手法を、規範的予測技法のフレームのもとで構築することを第一の課題として設定する。また、計算負荷の問題等から、これまでの運用管理施策に関する検討は仮想ネットワークを用いて行われることが多かったが、実規模のネットワークでの実装を前提とした分析モデル及びアルゴリズムの提案を行うことが重要であり、これを第二の課題として設定する。

以上で整理した地域公共交通の計画技術については、上述の通り被災地における復興交通計画の検討においても有意義であると考えられる。被災地で発生している需要やネットワーク構造の急激な変化は、被災地以外の地域において今後5年、10年かけて発生する変化の縮図と位置づけられるため、基本的には最適化問題等を活用した規範的予測技法の適用は、被災地・被災地外の分類に関係なく可能であり、時々刻々と変化する社会環境へのスピーディーな対応の必要性という面から見ると、被災地での有効性は特に高いと言えよう。そこで、被災地の地域公共交通計画における規範的予測技法の重要性を鑑み、本研究のケーススタディの対象として被災地を選定する。

本論文は、第1章の序論に続いて、第2章では公共交通の設計と実装の基礎となる、公共交通に関する需要予測、供給側の機能計画それぞれの研究分野について、網羅的に既往研究体系の整理を行った。

第3章では、需要が疎な地域におけるデマンド交通や協働型交通といった需要応答型交通の効率的なオペレーションのあり方を検討すべく、運行経路と運転手割り当てを列挙索引化手法であるZDD (Zero-Suppressed Binary Decision Diagram: ゼロサプレス型二分決定グラフ) により構造化処理を行う手法の提案を行った。そして、簡易ネットワークにおける数値計算、更には陸前高田市生出地区で実施した協働型交通サービス実証実験を例に、実規模ネットワークへの適用可能性の検証を行った。ZDDを用いることで、既往の列挙アルゴリズムでは達成し得なかった運転手割り付け・運行経路の高速列挙が可能になるとともに、あらかじめ列挙しておいた膨大な実行可能解を索引し活用する処理が可能となった。また、全ての解を列挙することにより、デマンド交通の実運用において課題とされてきた環境変化に合わせた運転手割り当て及び運行経路の探索を行うことを可能にした。併せて、列挙解を影響指標として用いることにより、各利用者の利用行動が全体に与える影響を定量的に示す手法を提案した。

第4章では、既往研究を参考に、需要が疎な地域のバス路線のサービス設計を行うための二段階最適化問題の定式化を行い、その解法アルゴリズムとしてCross-Entropy(CE)法とZDDの組み合わせ技法を開発した。開発モデルについては簡易ネットワークにおける数値計算により結果の考察を行うとともに、CE法の主要パラメータであるサンプル数とエリート戦略抽出率を変動させた際の目的関数値及び計算時間の感度分析を通じてその適用可能性について検証を行った。更に、実際の都市において提案モデルを適用し、実規模ネットワークにおける適用可能性についても示した。

第5章では、行政セクターにおける予算制約に伴い、公共交通施策の中でもその施策が有する公平性と効率性という二つの観点から整備優先順位を検討し、その事業が実施目的に対して妥当なものかどうか社会的合意

を得る必要があるという問題意識のもと、施策効果が得られそうなターゲットを戦略的に選定する手法の重要性に着目した。戦略的なターゲットの選定に当たっては、ある程度まとまった潜在需要が見込まれ、公共交通の整備やサービス改変、外的インパクト等によって効率的に公共交通需要の顕在化が図られるか否かという点から評価を行うべきであり、本研究では路線ポテンシャルの考え方を基本に、効率性評価モデルである DEA（Data Envelopment Analysis: データ包絡分析）を用いて潜在需要評価モデルの改良を行った。併せて、DEA と Malmquist 指数を組み合わせることにより、潜在需要評価の動学化を図った。

本研究は、規範的予測技法のフレームを軸に、地域公共交通の「計画」、「運行」、「政策評価」それぞれの段階における意思決定支援ツールを構築し、ケーススタディ内でその適用可能性を確認した。特に、これまでは計算コストがネックで活用が難しかった列挙索引化による構造化処理技術を援用することにより、厳密解を即座に索引する技術の導入可能性を示した点が最大の成果と言えよう。