

大規模復興過程におけるバス網の逐次再編支援モデル

建設工学専攻
土木計画研究

ME18074 ^{たかね} 高根 ^{だいき} 大毅
指導教員 岩倉 成志

1 はじめに

東日本大震災により被害を受けた岩手県宮古市では、復興事業により土地利用や人口移動が急速に変化した。これらの変化に対応可能なバスネットワーク（以下 NW）の構築は被災地の復興を促進させていく上で喫緊の課題とされる。しかしバス NW 計画の多くは事業者の経験則の中で意思決定がなされている問題がある。本研究ではバス事業者側の経験則を数理モデルで表現しバスルート候補抽出を図るべく、ZDD（ゼロサプレス型二分決定グラフ）と呼ばれるグラフ列挙探索技法を用いて起終点間の候補経路を列挙させ、その中から後述するバス事業者と利用者の評価関数により、運行経路の最適解・次善解を抽出する方法を研究する。さらに復興過程の各年においてバスルートの抽出を行い、バス網の再編を逐次支援可能なモデルの構築を試みる。

2 モデルの概要について

本研究ではバス事業者側の評価関数と利用者側の評価関数により復興過程における運行経路のバスルート抽出を行う。

2-1-1 事業者評価関数の構築と目的

バス事業者の意思決定を反映した評価関数を構築する。ZDD で抽出された起終点間の選択肢集合から実際のバスルートを再現する離散選択モデルである。このモデルはバス路線の路線選定に関して技術力を有する首都圏のバス会社の路線で推定し、これを宮古市のバス NW に適用する。

2-1-2 モデル構築方法と推定結果

対象エリア内（埼玉県大宮地区）の道路 NW を地図上に展開し、全 43 路線の起終点間の全経路数を ZDD を用いて列挙し、評価関数の選択肢集合を作成する。選択肢集合（全経路数）は数十万から数百万通りあり、パラメータを推定する上で負荷がかかるため、後述する潜在的利用者数の多い上位 50 通り、100 通りを抽出して推定を行った。

説明変数は、潜在的利用者数（仮想バスルートを設定した場合にバスに乗車すると推計した人数）

表 1 事業者評価関数 データ概要

説明変数	使用データ
潜在的利用者数	NTTモバイル空間統計
営業距離	デジタル道路地図 (DRM)
渋滞距離	渋滞統計システム (JARTIC)
右左折回数	デジタル道路地図 (DRM)

の他に、起終点間の営業距離・渋滞距離・右左折回数の 4 変数とし、説明変数のデータ概要を表 1 にまとめる。推定結果から 2 ケースとも説明変数の符号の整合性を確認できサンプル数が異なっても安定して推定出来た。選択肢集合 50 のパラメータを用いた事業者評価関数を式 (1) に示す。

$$V_{ij} = 0.00027Q_{ij} - 0.636D_{ij} - 0.032C_{ij} - 0.563RL_{ij} \quad (1)$$

V_{ij} : 評価値, Q_{ij} : 潜在的利用者数 (人) D_{ij} : 営業距離 (km)
 C_{ij} : 渋滞距離 (km) RL_{ij} : 右左折回数 (回)

2-2-1 利用者効用関数の構築と目的

この効用関数は、被災後の宮古市に住む住民の行動が反映された交通機関選択モデルの効用関数である。宮古市の住民を対象としたアンケート調査から、効用関数を構築する。

2-2-2 宮古市でのアンケート調査

2019年10月27日から11月15日にかけて宮古市の復興住宅の住民を対象にアンケート調査を実施した。訪問配布・訪問回収とし、回収世帯数は180世帯で回収枚数は231枚であった。

アンケート調査の基礎集計から移動選択肢を徒歩、自転車、鉄道、バス、自動車の5手段とし、説明変数は所要時間、費用、待ち時間、バス停までのアクセス距離と、属性別の機関分担率の結果から数個のダミー変数（病院ダミーなど）を加えて作成した。このうち待ち時間は運行間隔の1/2、バス停アクセス距離は被験者の自宅から実際に選択したバス停までの距離を表す。バスの潜在的利用者数 Q_{bus} 、バスの選択確率式、効用式を(2)(3)

(4)に示し、求めた潜在的利用者数を事業者評価関数の式(1)に外生する。

$$Q_{bus} = Q \times P_{bus} \quad (2)$$

$$P_{bus} = \frac{e^{V_{bus}}}{e^{V_{bus}} + e^{V_{walk}} + e^{V_{bicycle}} + e^{V_{rail}} + e^{V_{car}}} \quad (3)$$

$$V_{bus} = -0.285T_{bus} - 0.018C_{bus} - 0.013W_{bus} + 0.129 \ln \sum_{n=1}^4 e^{-0.086acc_n + \dots} + \text{const} \quad (4)$$

T: 所要時間 (分) C: 費用 (円) W: 待ち時間 (分)

acc_n: バス停 n へのアクセス距離 (km)

3 復興過程におけるバスルート抽出

事業者評価関数を用いて ZDD で列挙した起終点間の候補経路の中から、宮古市内の3路線を対象に最適 NW 及び次善解 NW を抽出した。復興過程に応じたバス NW 抽出を行うため、2013 年から 2019 年の 2 年おきにバス NW 抽出を行った。2015 年と 2019 年の 3 路線の実ルートと事業者評価関数によって抽出された評価値 1 位ルートを図 1 に示す。

2015 年の S1 から G1 (宮古駅) を結ぶ路線 (赤実線) では両者が殆ど重複しているが、評価値 1 位ルートが復興事業の進展が著しい沿岸部の鍬ヶ崎地区を経由するルートが推計された。2019 年になると、宮古市北部に黒森トンネルが 2017 年に開通し、評価値 1 位ルートは黒森トンネルを経由、また始点 S3 (宮古病院) から G3 を結ぶバス路線 (青実線) も 2019 年に開通した近内トンネルを経由する結果となった。一方で 2019 年の利用者評価関数で抽出した評価値 1 位ルートは S1 から G1 を結ぶ路線で鍬ヶ崎地区を経由するルートが推計され残りの 2 路線は実ルートと重複する結果となった。

4 事業者評価値と利用者評価値の関係

利用者的観点から候補経路の 1 人当たりの利用者評価値を算出し、事業者評価関数から算出された評価値との相関を考察する。1 人当たりの利用者評価値を式 (5) に示し、2019 年時点での両者の相関を図 2 に示す。事業者評価値が高くなるにつれて利用者評価値も概ね高くなるが、事業者評価値の上位を占める一部のルートで利用者評価値が低いルートが散見される (図 3 の赤丸青丸)。理由として近内トンネルを経由しており、利用者が集中する市の中心部を経由していない点が挙げられる。

$$S_{ij} = \sum_{ij} Q_{ij} V_{ij} / \sum_{ij} Q_{ij} \quad (5)$$

S_{ij}: 1 人当たりの利用者評価値, Q_{ij}: 潜在的利用者数 (人)

V_{ij}: 利用者評価値

5 おわりに

ZDD とバス事業者・利用者の評価関数により被災地の土地利用の変化と復興過程に応じ逐次バスルートを抽出する方法を開発した。

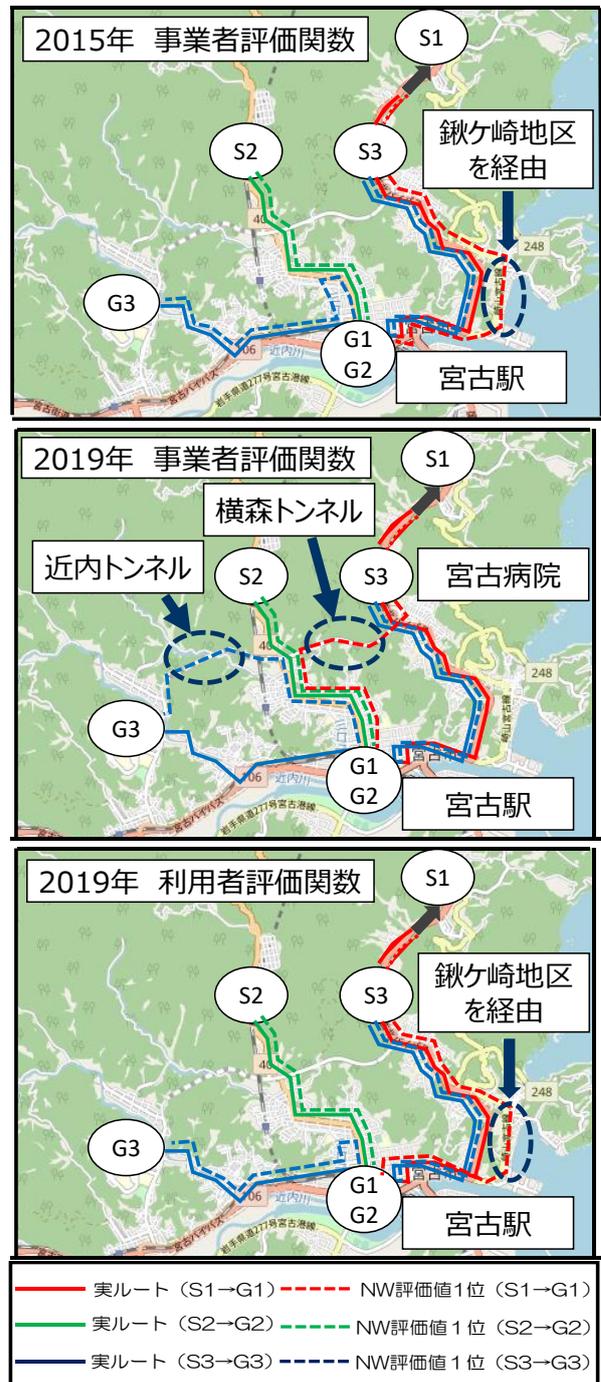


図 1 複数のバスルート抽出
事業者評価値

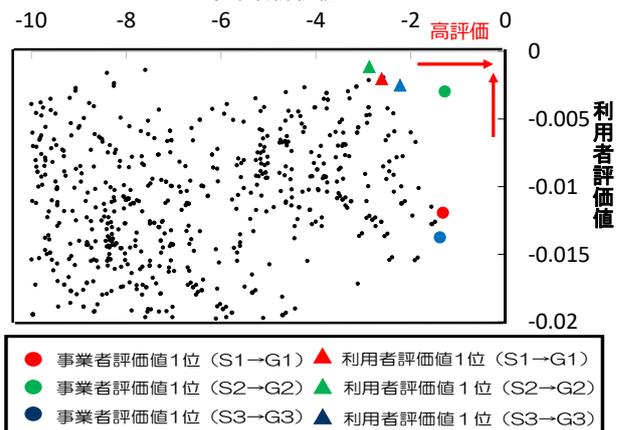


図 2 候補ルートの事業者・利用者評価値分布