



AH14055 高根 大毅
指導教員 岩倉 成志

1 背景・目的

2011年に発生した東日本大震災により甚大な被害を受けた三陸地域では、仮設住宅の建設や高台移転事業と言った復興計画により、土地利用が急速に変化していった。復興が進むにつれ、住民の移動パターンや人口分布が大きく変化していったと考えられる。このような急速な土地利用の変化と人口移動に対応できるバスネットワークの構築は、地域住民の生活利便性の向上、更には被災地の復興を促進させていく上で重要な課題であると考えられる。

しかし従来のバスのネットワーク計画の多くは、鉄道計画で行われる交通需要予測や、利用者の利用実績データなどは十分活用されておらず、行政や交通事業者の経験則の中で多くの意思決定がなされてきた。そのため最適なバスルートの抽出方法は実務では明確にされていないのが現状である。

本研究ではバス事業者側の経験則を客観的に表現し、最適な路線バスルートの抽出を図るべく、グラフ列挙探索技法「ゼロサプレス二分決定グラフ：zero-suppressed binary decision diagram（以下 ZDD）」を用いてバス路線の始点から終点までの候補となる経路を全て列挙させ、その中から事業者の利得の高いルートを抽出し、バス路線を選定する手法について検討する。

2 ZDD の概要

ZDD とは 1993 年に湊¹⁾によって命名・考案されたグラフ列挙探索技法である。例として図 1 のような 2×2 の格子グラフで考える。左上の頂点 s から右下の頂点 t までの経路数を同じ点を 2 度通らず且つ最短経路だけでなく遠回り（左か上に行く）を許すという条件で計算すると全部で 12 通りある。これが 3×3 , 4×4 と辺の数が増えるにつれて経路数の解の個数は圧倒的な勢いで増えていき、数え上げに要する時間も急増していくが、ZDD の技法（経路数の数え上げの際に使用する場合分け二分木の圧縮）とプロ

グラミング言語 python での計算により、始点から終点までの経路数を瞬時に算出することが出来る。本研究ではこの ZDD の技法を用いて、バス路線の始点と終点を定めてルートの候補となる全経路を全て列挙させる。

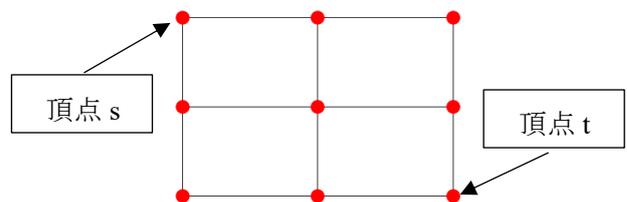


図 1 2×2 格子グラフ

3 分析手法

3-1 対象エリアの設定と経路数算出

本研究では東京都足立区の舎人公園周辺を対象エリアとする。この地域は 2008 年に開業した日暮里舎人ライナーの沿線地域にあたり、開業前の 2000 年から 2009 年までの約 10 年間で人口増加割合が 25% を超える人口増加の著しいエリアである。図 2 は対象エリア内の国道や都道を含んだ主要幹線道路（黒線）と交差点（赤点）を示した図である。始点と終点を定めてルートの候補となる全経路を算出した結果 539875 通りあることがわかった。



図 2 エリア内の主要幹線道路と交差点

3-2 説明変数とパラメータの検討

ZDD で経路数の算出を行った後、全経路の利得計算に移る。利得式に加える説明変数は潜在的利用者数、営業距離、渋滞距離、右左折回数 の 4 つである。

1 つ目の潜在的利用者数はバス会社の収益に大きく影響し、2 つ目の営業距離はバスの燃料費や目的地までの速達性に、3 つ目の渋滞距離、4 つ目の右左折回数はバスの定時性にそれぞれ影響していることから説明変数に選定した。次にパラメータの設定に移る。符号条件であるが潜在的利用者数の増加はバス事業者の収益を高めることから符号をプラス、営業距離・渋滞距離・右左折回数の増加は事業者の利得の低下を促すことから符号をマイナスとする。パラメータの値は以下の利得式のように初期設定した。

$$V_i = 0.0005U_i - 0.1D_i - 0.1C_i - 0.1T_i$$

i : ルート番号, U : 潜在的利用者数 (人) D : 営業距離 (km)
 C : 渋滞距離 (km) T : 右左折回数 (回)

また病院や学校、公園などの公共施設へと向かう人にとってバスは気軽にアクセスできる交通手段である。その点を踏まえエリア内の公共施設を経由するルート を 539875 通りの中から抽出し、上記の利得計算を行う。抽出した結果、公共施設を経由するルートは 183836 通りであった。

3-3 データ概要とリンクへのサービス水準追加

H20PT 調査のデータを基に、各ノード間のトリップ OD 表を作成し、各経路の潜在的利用者数を算出する。この潜在的利用者数は途中のバス停で乗降する人数、バスルートから離れている地域からバスを利用する人数も含まれている。営業距離は Google map の距離測定機能を用いて各ノード間の距離を測定、渋滞距離は Google map の交通状況で低速部分を示す距離を測定 (朝 8 時台で測定) した後、リンクに距離の情報を与えて各経路の距離を測定する。右左折回数はプログラム上で自動判別して計算をした。

4 分析結果

先述した利得式に各経路の潜在的利用者数、営業距離、渋滞距離、右左折回数の値を代入させ、183836 通りの中で最も利得値の高かったルートを **図 3 (a)** の実線で示す。**図 3 (a)** の点線は実際のバス路線を示している。これをケース 1 とする。続いてケース 1 を軸として各説明変数のパラメータを変動させて利

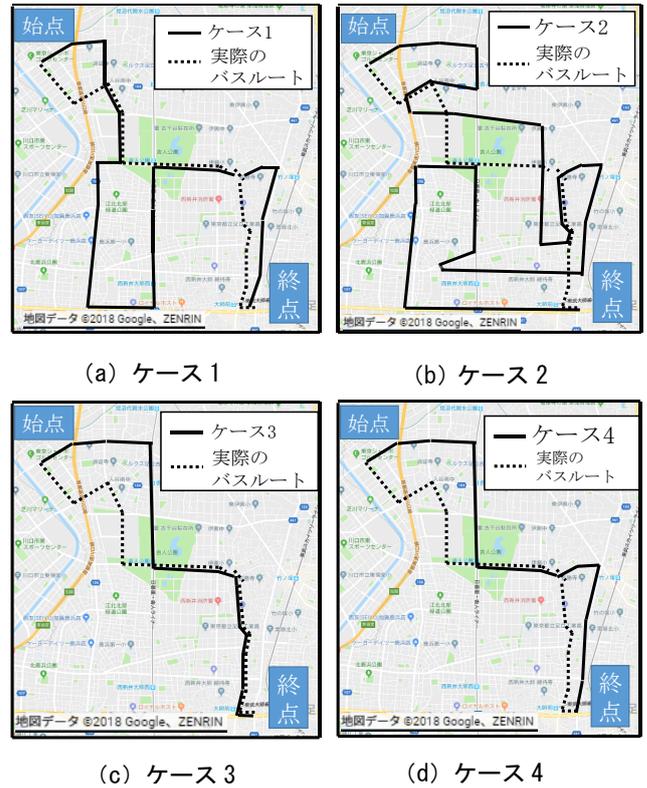


図 3 各ケースで最も利得値の高いルート

表 1 各ケースのパラメータ (※パラメータ変更)

	利用者数	営業距離	渋滞距離	右左折回数
ケース1	0.0005	-0.1	-0.1	-0.1
ケース2	※0.001	-0.1	-0.1	-0.1
ケース3	0.0005	※-0.2	-0.1	-0.1
ケース4	0.0005	-0.1	-0.1	※-0.2

得の最も高いルートの抽出を試みる。各ケースのパラメータを表にまとめたものが**表 1**、各ケースにおいて最も利得の高いルートと実際のバスルートをまとめたものが**図 3 (b) ~ (d)** である。ケース 2 は潜在的利用者数のパラメータをケース 1 よりも高めに設定した。ケース 1 と比較すると利用者を出るだけ多く拾おうとエリア内の至る箇所を経由していることが分かる。ケース 3 は営業距離を、ケース 4 は右左折回数の比重を大きくしたが、実際のバスルートと同一あるいは近傍を走行する形となった。

5 おわりに

ZDD を用いて全経路を探索した後、バス事業者の利得関数のパラメータを変動させてバス会社が推定するバスルートの再現可能性を検討した。今後の課題としてパラメータ推定の方法やモバイル空間統計の適用による被災地バスネットワークの動的計画に向けた検討が必要である。

参考文献

- 1) 湊真一：超高速グラフ列挙アルゴリズム 森北出版 2015
- 謝辞：本研究を行うにあたり、多大なるご協力を頂きました株式会社国際興業バスの小山真弘様に謝辞を表します。