

## N-2

## 地方中心都市におけるバス路線選択モデルの構築に関する研究

北海道大学大学院工学研究科 学 生 員 清水 憲行

北海道大学大学院工学研究科 学 生 員 岸 邦宏

北海道大学大学院工学研究科 フェロー 佐藤 馨一

## 1 はじめに

地方中心都市の多くは、バス路線網の整備において長期的な計画が不十分であったこと、複数のバス事業者が相互にけん制し、都市全体としてバス路線網の利便性が低下していることなどから、バス路線網の再編成が必要である。江別市は札幌市の南東部に隣接する人口約11万7千人の地方都市である。札幌市の衛星都市として人口は着実に増加しているが、江別市内の路線のバス利用者数は減少している。よって、江別市においても都市の発展や構造変化に応じたバス路線の再編が必要である。バス路線の再編においては、バス路線をバス利用者の側から評価するためのモデルが必要である。

本研究では、住民のバス路線選択率を求めるためのモデルを構築することを目的とする。

## 2 アンケート調査

## 2-1 調査目的

- ①江別市民の交通機関利用状況と、交通機関に対する意識について路線バスを中心に調査すること。
- ②江別市民が路線バス選択において、路線バス要因のうち何をどれだけ重視するかを把握すること。
- ③路線バスの乗り継ぎ抵抗がどのくらいの大きさであるか把握すること。

## 2-2 調査の概要

- ①調査年月日：平成8年12月10、11日
- ②調査方法：江別市内6ヶ所で聞き取り形式で調査
- ③被験者数：500人（実験計画の有効票数は979票）

## 2-3 集計・分析

## (1) バス利用に関する意識

まず、図1はバスの利用頻度を示したもので、1ヶ月に平均で5日程度利用している。図2はバス路

線に対する意見・感想をまとめたもので、運行本数の増加を望む声が多かった。

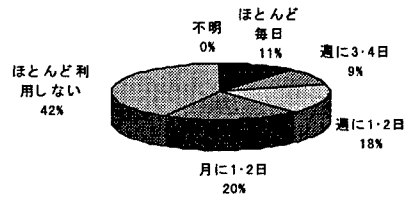


図1 バス利用頻度

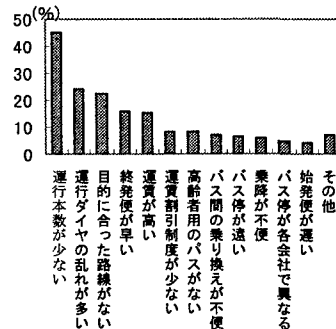


図2 路線バスに対する意見・感想（3つ回答可）

## (2) 実験計画法による路線バス要因の分析

バス路線を評価するモデルを構築するための手法として実験計画法を用いた。乗り継ぎがある路線Aと乗り継ぎがない路線Bの2つのバス路線のうち、利用したいと思う路線を選択してもらう形式とした。路線Aの要因は変動要因、路線Bの要因は固定要因であり、表2の通りである。これを $L_8$ 直交表を用いて割り付けた。

表1 路線A・路線Bの要因の水準

| 路線      | 路線A      |          | 路線B   |
|---------|----------|----------|-------|
| 要因 \ 水準 | 水準1      | 水準2      | 固定    |
| 徒歩時間    | 徒歩5分     | 徒歩10分    | 徒歩10分 |
| 運行間隔    | 10分間隔    | 20分間隔    | 30分間隔 |
| 運賃割引    | 有り(200円) | 無し(300円) | 200円  |

キーワード：実験計画法、バス路線選択率、乗り継ぎ抵抗

連絡先：〒060 札幌市北区北13条西8丁目 TEL 011-706-6217 FAX 011-726-2296

実験計画法の各票種の路線A選択率を集計したものが表2であり、これを分散分析した結果が表3である。変動要因の寄与率から住民は運行頻度を最も重視している。誤差は12.4%と低く、信頼性が高い。

表2 各票種の票数と路線A選択率

|     | 路線A | 路線B | 合計  | 路線A選択率 |
|-----|-----|-----|-----|--------|
| 票種1 | 73  | 51  | 124 | 0.589  |
| 票種2 | 60  | 67  | 127 | 0.472  |
| 票種3 | 50  | 70  | 120 | 0.417  |
| 票種4 | 43  | 76  | 119 | 0.361  |
| 票種5 | 66  | 52  | 118 | 0.559  |
| 票種6 | 41  | 79  | 120 | 0.342  |
| 票種7 | 38  | 89  | 127 | 0.299  |
| 票種8 | 23  | 101 | 124 | 0.185  |
| 合計  | 394 | 585 | 979 | 0.402  |

表3 変動要因の寄与率と誤差

| 要因      | 変動    | 自由度 | 分散     | 寄与率   |
|---------|-------|-----|--------|-------|
| a(徒歩時間) | 0.026 | 1   | 0.0257 | 18.4  |
| b(運行間隔) | 0.061 | 1   | 0.0612 | 46.2  |
| c(運賃)   | 0.032 | 1   | 0.0316 | 23.0  |
| e(誤差項)  | 0.009 | 4   | 0.0023 | 12.4  |
| 合計      | 0.128 | 7   | -      | 100.0 |

### 3 バス路線選択モデル

#### 3-1 乗り継ぎ有りのバス路線選択モデルの構築

路線Aの選択率Pから $f(x)$ を求め、徒歩時間を $x_1$ 、運行間隔を $x_2$ 、運賃を $x_3$ として回帰分析を行い、乗り継ぎ有りのバス路線選択モデルを構築した。

$$P = \frac{1}{1 + e^{f(x)}} \quad \dots ①$$

$$f(x) = 0.1045x_1 + 0.0767x_2 + 0.0056x_3 - 2.8991 \quad \dots ②$$

$P_c$ : 乗り継ぎ有りのバス路線選択率 ( $r_1^2 = 0.9257$ )

#### 3-2 乗り継ぎ抵抗の推定

バス路線網を評価する上で乗り継ぎ有り・なし両方のバス路線選択モデルが必要である。路線Bの水準を乗り継ぎ有りのバス路線選択モデルに当てはめ、選択率が乗り継ぎのない路線Bの選択率0.5と同じになるように要因の水準を変動させた。この結果、徒歩時間10分、運行間隔30分、運賃200円のときの乗り継ぎ抵抗は、徒歩時間に直すと14.9分、運行間隔に直すと20.3分、運賃に直すと280円となる。

#### 3-3 一般バス路線選択モデルの推定

$$f(x) = 0.1045x_1 + 0.0767x_2 + 0.0056x_3 - 2.8991 + W(x)z \quad \dots ③$$

$W(x)$ : 乗り継ぎ抵抗係数

$z$ : 乗り継ぎ有りのとき $z=0$ 、乗り継ぎ無しのとき $z=1$

$$S = \frac{P}{1-P} = \frac{1}{e^{f(x)}} \quad \dots ④$$

S: 乗り継ぎ有り・なしの選択率比

$$T = \left| \frac{\partial S}{\partial x_i} \right| = f'(x) \cdot e^{f(x)} \quad \dots ⑤$$

T: 選択率比Sの変化割合

$$\int_{x_{i,b}}^{x_{i,a}} T_i dx_i = \int_{x_{i,d}}^{x_{i,c}} T_i dx_i \quad \dots ⑥$$

$x_{i,a}$ : 乗り継ぎ抵抗が既知の $x_i$ の水準

$x_{i,b}$ :  $x_{i,a}$ から乗り継ぎ抵抗を引いた値

$x_{i,c}$ : 乗り継ぎ抵抗を求めたい $x_i$ の水準

$x_{i,d}$ :  $x_{i,c}$ から乗り継ぎ抵抗を引いた値

⑥式から各票種の路線Aと同水準で乗り継ぎなしのときの選択率を求め、回帰分析すると⑦式になる。

$$f(x) = 0.0761x_1 + 0.0559x_2 + 0.0040x_3 - 0.8270z - 1.9947 \quad \dots ⑦$$

$$(r_d^2 = 0.9053)$$

③、⑦式の関係から、乗り継ぎ有り・なしを考慮した一般バス路線選択モデルを次のように導出した。

$$P = \frac{1}{1 + e^{f(x)}}$$

$$f(x) = 0.1045x_1 + 0.0767x_2 + 0.0056x_3 - 2.8991 + W(x)z$$

$$= 0.1045x_1 + 0.0767x_2 + 0.0056x_3 - 2.8991$$

$$+ (-0.0284x_1 - 0.0208x_2 - 0.0015x_3 + 0.0774)z$$

P: バス路線選択率

$x_1$ : 徒歩時間  $x_2$ : 運行間隔  $x_3$ : 運賃  $z$ : 乗り継ぎ

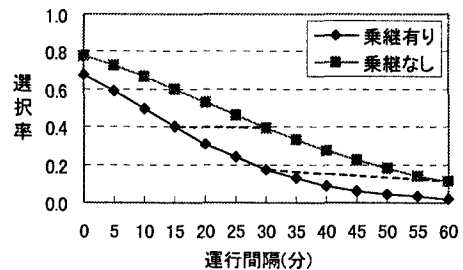


図3 選択率の推移（徒歩時間10分、運賃200円に固定）

#### 3-4 検討結果

一般バス路線選択モデルを用いて、選択率の推移を表すと図3のようになる。運行間隔60分を半分の30分にして乗り継ぎ有りにすると、運行間隔30分を15分にして乗り継ぎ有りにするのとでは、60分のときのほうが選択率の改善効果が高い。よって、運行本数が少ない路線ではハブ&スポークを導入するなどして運行本数を増加し、住民のバス路線に対する選択率を高めることが重要である。