

新たなバスサービス導入に向けた交通機関選択調査に関する研究*

*A study on Transportation Mode Choice adopted the Future Bus services***

田邊 慎太郎***・原 文宏***・徳織 智美***・伊藤 信之***・若菜 千穂****

by Shintaro TANABE***, Fumihito HARA***, Tomomi TOKUORI***, Nobuyuki ITO*** and Chiho WAKANA****

1. はじめに

近年、バス交通は、国土交通省（旧運輸省）の需給調整規制廃止のために、不採算路線の見直しが検討されている。また、これまで事業者に補助を行っていた自治体や補助されていた事業者は、不採算路線における運行中止を検討するだけでなく、コミュニティバスのように運行形態の改善やディマンドバスのような新たなシステムの導入を含めより利便性の高いバス交通への転換を目指して取り組んでいる。

交通機関としてのバス交通は、乗用車と比較して利便性・快適性が低く、補助路線が多くなる地方都市ではサービスレベルが大都市に比べて低くなり、バスは自動車に比べて劣位な交通機関である。しかしながら、バス交通には固定の利用者がいるため、需給調整廃止後も前述した運行形態・システムの改善のような新たなサービス導入によって自動車交通からの需要転換を図りながら、既存路線もしくは、類似したバス交通の計画を立案していく必要がある。

そこで、本研究では、予約システムやバス停留所の近接化というバス交通の新たなサービスを導入する際の交通機関選択についてのシミュレーションを行うために、森川等(1992)¹⁾による表明選好(Stated Preference: SP)データを導入した交通機関選択モデル構築手法を用いて分析を行う。森川等との相違点は、森川等が一対比較によりデータ収集しているのに対して、本研究では、湯沢等(1990)²⁾が交通機関選択モデルや環境質の経済評価に用いられているコンジョイント分析によって収集していることである。

コンジョイント分析は、多属性多水準で構成される財・サービスをいくつかの組合せ、それらをアンケート

調査などの結果から、各属性を評価する手法である。特に、本研究で用いた選択型コンジョイント分析は、多属性多水準で構成される財・サービスをプロフィールと呼ばれるパッケージ化し、それらの選択確率から各属性を評価する手法である。

2. では本研究の調査対象である帯広市、交通機関利用実態調査の概要、および新たなバス交通サービス導入とそのフレームを示し、3. では交通機関選択モデルを構築する。4. では、モデルの推計結果および考察、5. では、交通サービスの変化による交通機関選択の変化のシミュレーション、6. では研究のまとめおよび今後の課題について示す。

2. 交通機関利用実態調査の概要

(1) 研究対象地域（帯広市）の概略

帯広市では、需給調整規制廃止に伴って、乗合バス事業者による既存運行路線の廃止や統廃合によってバス交通サービスを受用できない地域が出ることで懸念された。このような状況において今後のバス交通のあり方をバス事業者、自治体、住民、企業等の役割分担を検討し総合的な対策を実施していくためのバス交通活性化基本計画(2002)³⁾が策定された。

帯広市は、平成12年現在、人口約17万5千人、世帯数7万5千世帯となっており、人口規模では、札幌市、旭川市、函館市、釧路市に次いで北海道で5番目の大きさを誇る地方中核都市である。路線バスの路線数は、65路線、1路線当たりの人口は2,668人である。うち調査対象地域は、柏地区において、30歳以上の男女215名よりヒアリングを行った。この地区の利用可能交通期間は、自家用車・自家用車（同乗）・タクシー・バスとなっており、平成13年12月13日（平日）の私的交通に関する交通機関利用実態調査を平成13年12月15～16日に行った。調査項目は、表2に示すとおりとなっている。

* キーワーズ: 公共交通計画, コンジョイント分析

*** 正員 (社)北海道開発技術センター

(札幌市中央区南1条東2丁目11)

Tel:011-271-3028, Fax: 011-271-5115)

**** 正員 岩手大学連合農学研究科

表1 柏地区の年齢構成

	15歳未満	15歳以上65歳未満	65歳以上
全体	1,290	6,024	1,521
男性	627	2,926	739
女性	663	3,098	782

※性別の年齢構成は全体の男女比に基づいて按分した

表2 調査項目一覧

1) 個人属性 年齢、性別、職業、居住地、運転免許保有、自動車保有、主要OD、代替運転者の有無、出発時間
2) 選択肢固有属性 【自家用車】 主要OD間所要時間、移動距離、車両排気量、 【タクシー】 主要OD間所要時間、運賃、待ち時間、外出時間帯 【バス】 主要OD間所要時間、移動時間アクセス時間、イグレス時間、待ち時間、運賃、乗車形態(着席、立乗)、外出時間帯
3) 各選択可能交通機関の評価 ①好感度, ②居住性, ③気軽さ, ④信頼性, ⑤柔軟性, ⑥機能性, ⑦連続性 (各1~5点までの5段階評価)
4) 将来の交通サービスへの変換可能性 具体的な運行方を4種類作成

表3 調査に用いる属性及び水準

	水準1	水準2
停留:	①バス停があなたのご自宅から半径100m以内に設置される	②玄関先まで迎えにきます
所要時間: (最短20分)	①40分(2倍)	②30分(1.5倍)
予約:	①予約できず、平均5分程度遅れる可能性がある。	②TELやバス停で予約すると到着時間がわかる。
料金: 固定料金制	①150円	②250円

表4 直交表(L⁸)によるプロフィールの設計

列No.	(1) 停留	(2) 運賃	(3)	(4) 予約	(5)	(6)	(7) 時間
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

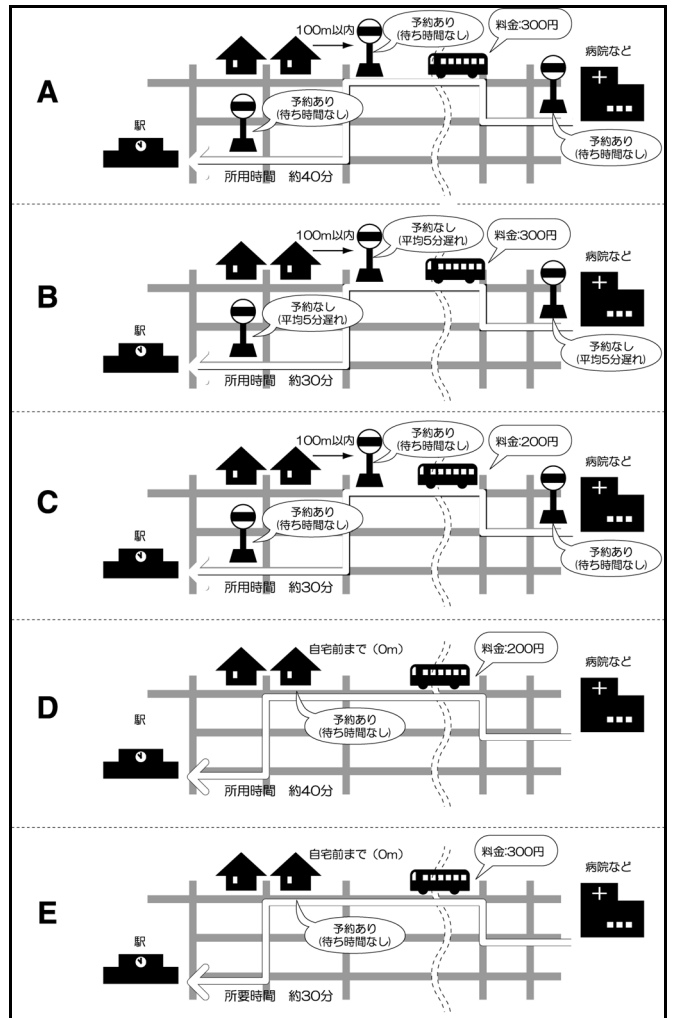
(2) 新たなバスサービス導入のフレーム

新たなバスサービスの構成要素として、①バス停を自宅の直近もしくは、玄関先への迎車、②予約および到着時間通知もしくは、なしというを表3に示す4属性について2水準を設けプロフィールを構成する。プロフィールの設計には直交表計画法からL⁸直交表を使用した。本研究では、要因間の交互作用は考慮しないこととして、表4の列(1)(2)(4)(7)に要因を設定した。そこから、存在しえない組合せ(停留の水準2と予約の水準1および最低水準となる全て1の組合せは選択が偏るため対象外とした。以上より、5プロフィールを作成し、調査に用いることとした。なお、新たなバスサービスは、被験者にイメージしにくいため、図5の模式図を提示し、被験者がどれか一つを選択するようにした。

(3) 交通機関利用実態調査の概要

本研究における被験者の概要を示す。まず、性構成は、図1に示すように男性35.3%、女性64.2%で女性の比率が若干高くなっている。職業構成は、図2に示すように専業主婦および無職が多く合わせて60%程度となっている。また、会社員が20%程度となっている。調査日(平成13年12月13日)の外

図5 新たな交通サービスの提示方法



出率は 44.2%で、その目的は 50.5%が買い物、49.5%が通院・レクレーションとなっており、ほぼ同程度の割合となっている。

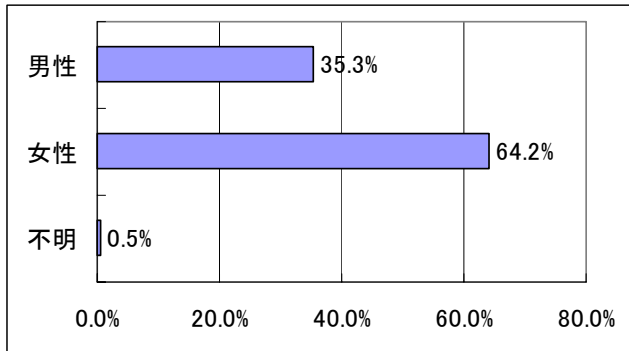


図 1 性構成

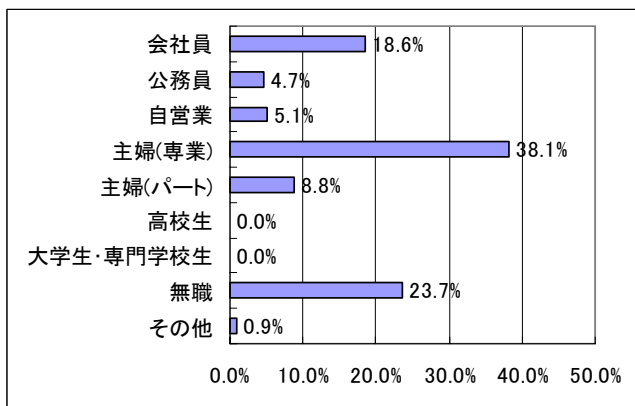


図 2 職業構成

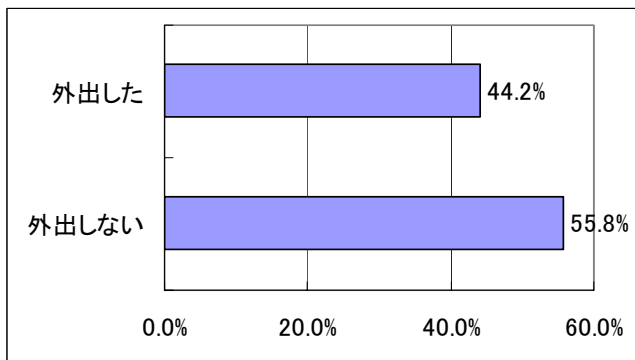


図 3 外出率

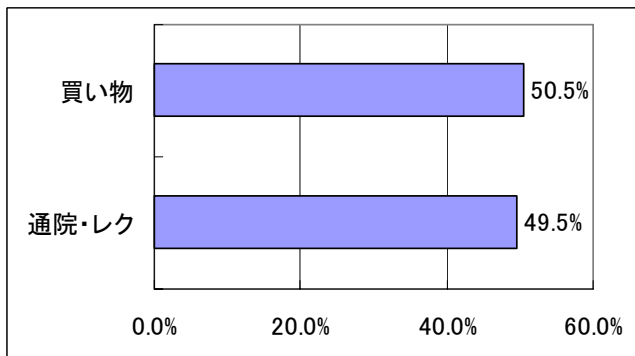


図 4 外出者の外出目的

3. 交通機関選択モデル

(1) 交通機関選択モデルの定式化

被験者 i の効用 u_i が効用関数 $u_i(\cdot)$ で表現できるとすれば、個人 i がプロファイル $j(1,2,3\cdots n)$ を選択したときの効用 $u_{ij}(\cdot)$ と表現できるものとする。

$$u \equiv u_{ij}(\cdot) \quad (1)$$

ここで、ランダム効用理論を適用すると、効用関数 $u_{ij}(\cdot)$ は、(1)式に確率分布を仮定し確定項 $v(\cdot)$ 、ランダム項 ε を用い、さらに交通に関わる変量の集合 Q_j の関数として(2)式のように表現することができる。

$$u_{ij} = v_{ij} + \varepsilon_{ij} = v_i(Q_j) + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

ここで、個人 i がプロファイル j を選択する確率 P_{ij} は、ランダム項 ε_{ij} に Gumbel 分布を仮定すると、(3)式が導出される。

$$P_{ij} = \frac{\exp(v_{ij})}{\sum_k \exp(v_{ik})} \quad (3)$$

本研究では、自動車、タクシー、徒歩の選択については、RP (Revealed Preference) データ、バスの選択については SP (Stated Preference) データを使用していることから、それぞれ(4)、(5)式によって表される。

$$P_{ij}^{RP} = \frac{\exp(v_{ij}^{RP})}{\sum_k \exp(v_{ik}^{RP})} \quad (4)$$

$$P_{ij}^{SP} = \frac{\exp(\mu v_{ij}^{SP})}{\sum_k \exp(\mu v_{ik}^{SP})} \quad (5)$$

このとき、RP、SP それぞれの確定項 v_{ij}^{RP} 、 v_{ij}^{SP} を(6)、(7)式とすれば、これらを(8)式の尤度関数を最大化することによって、パラメータを推定することができる。

$$v_{ij}^{RP} = \beta' \chi_{ij}^{RP} + \alpha' \omega_{ij}^{RP} \quad (6)$$

$$v_{ij}^{SP} = \beta' \chi_{ij}^{SP} + \gamma' z_{ij}^{SP} \quad (7)$$

ここで、 χ_{ij} 、 ω_{ij} 、 z_{ij} : 個人 i が選択したプロファイル j の属性ベクトル

α 、 β 、 γ : 未知ベクトル

$$L = L^{RP}(\alpha, \beta) + L^{SP}(\beta, \gamma, \mu) \quad (8)$$

本研究では、(10)式を Newton-Raphson 法による最尤推定法(Maximum Loglikelihood Estimation)を用いて、段階推定によってパラメータ α 、 β 、 γ 、 μ の推定を行った。

(2) モデル推定

表5に示すモデルの推定結果は、t値では1.96(有意確率5%)を下回るパラメータが、バス停までの距離、時間、予約などとなっており、パラメータの推計精度がやや低くなっている。しかしながら、 ρ^2 は0.364と概ね良好な数値を示している。この結果は、サンプル数がSP調査のサンプル数では212の標本に対して、RP調査のサンプルは、78サンプルでとなっており、RPデータの少なさが影響しているものと思われる。この他、変数として他変数も試みたものここに示したモデルが最良であった。

表5 モデルの推計結果

	変数名	パラメータ	t-値
α_1	自動車(固有変数)	5.21E-01	2.22
α_2	バス(固有変数)	-1.42E+00	-2.73
α_3	タクシー(固有変数)	-1.18E+00	-1.34
α_4	徒歩(固有変数)	-1.03E+00	-2.78
β_1	Ln(バス停までの距離)	1.15E-02	0.67
β_2	時間(min)	-1.57E-02	-1.88
β_3	料金(yen)	-1.87E-03	-4.14
γ_1	予約(dummy)	1.17E-01	1.13
	μ	1.332	
	最大尤度	245.9	
	ρ^2	0.364	
	サンプル数	1372	

5. 新たなサービス導入による交通機関選択の変化

ここでは、予約、および固定料金制(100円、150円、200円、250円)というサービスを導入した場合の5ケースを想定して分析を行った。この結果、予約によって若干需要を増加し、さらに料金を100円に値下げすることで2.7ポイント増加することが想定される結果となった。この増加は、自家用車からの転換であり、料金の上昇によってバスから自動車へ転換していくが、タクシーや徒歩への影響はほとんどないと想定される。

表4 新たなバスサービス導入による変化

	自家用	タクシー	バス	徒歩
現状	79.0%	3.4%	6.3%	11.2%
予約のみ	78.4%	3.4%	7.0%	11.2%
予約+料金(100円)	76.7%	3.3%	9.0%	10.9%
予約+料金(150円)	77.2%	3.3%	8.5%	11.0%
予約+料金(200円)	77.8%	3.4%	7.8%	11.1%
予約+料金(250円)	78.3%	3.4%	7.1%	11.1%

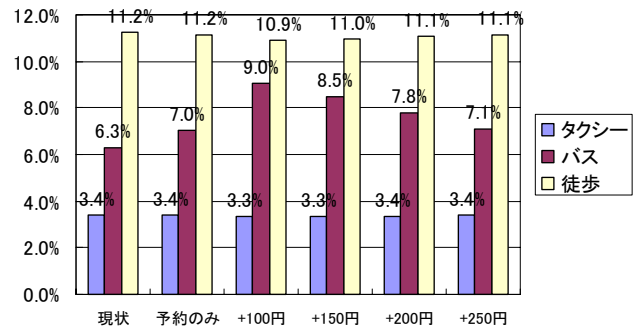


表6 新たなバスサービス導入による変化(自家用車は除く)

6. おわりに

本研究では、SPデータとRPデータを同時に用いた交通機関選択モデル構築において必要となるSPデータ収集においてコンジョイント分析を活用し、モデルを構築した。サンプル数の問題等の課題はあるものの本手法が、バスサービスをいくつかのパッケージ化することによって、新たなサービスを加えたモデル構築に有用であることを示した。

しかし、予約システムや迎車サービスなど、付加を価値するサービスについては、被験者への提示方法やモデルでの扱いなど改良が必要であろう。今後、属性や水準の増加させることによって、より詳細なプロファイルを作成し、モデルに取り込むことが可能であると考えられる。

謝辞

本研究にあたっては、帯広市および帯広市バス活性化計画策定委員会(委員長:札幌大学千葉博正先生)のみなさまには、調査に有益なご助言を頂いた。ここに記して謝辞を表す。

参考文献

- 1) 森川高行, Moshe Ben-Akiva: RPデータとSPデータを同時に用いた非集計行動モデルの推定法, 交通工学 Vol27 No.4, pp.21-30, 1992.
- 2) 湯沢昭, 須田瀬, 高田一尚: コンジョイント分析の交通機関選択モデルへの適用に関する諸問題, 土木学会論文集 第419号/IV-13, pp.51-60, 1990.
- 3) 帯広市バス活性化基本計画策定委員会: 平成13年度帯広市バス活性化基本計画, 帯広市, 2002.