

3. 他者の選択行動を推測する利用者意識を考慮した交通手段選択に関する研究 ーバストリガー制度を例とした SP 実験とシナリオ評価ー

A study on travel mode choice considering guess of reference group's choice:
Web-based SP experiment of bus trigger mechanism

東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 76158 原 祐輔

This thesis describes the developments of travel behavior models considering reference group's choice and the applications of Web-based SP survey and games expecting mode share. It clarifies the effect of bus trigger mechanism on private bus company and potential bus users' decision-makings. And it formulates mode choice model considering guess of reference group's mode choice and guess model. Implication of estimation results is that users' decision-makings are affected by potential bus users' mode choice and that users guess reference group's mode choice to their own advantage. In conclusion, bus trigger mechanism improving service level of bus dramatically bus trigger mechanism makes potential bus users choice bus.

1. 研究の背景と目的

日本が直面する人口減少・少子高齢化社会における自動車依存のリスクの増大、地球温暖化における CO₂ 排出量の削減目標、TOD やコンパクトシティといった土地利用と交通の連携といった様々な観点において公共交通は主たるプレイヤーであると考えられている。にもかかわらず、地方都市において公共交通が衰退しているという現状を鑑みたとき、地域住民はどのようにして公共交通を担保していくべきであろうか。

このような現状行動と将来ビジョンのミスマッチという状況下において、金沢市は行政による補助金ではなく、「利用者が支える公共交通」を標榜した総合交通戦略を策定し、その一つの施策として 2006 年にバストリガー制度を提案した。バストリガー制度とはバス事業者と利用者の間で値下げ等のサービスレベルの向上を行う代わりに事前に設定した年間利用者数を満たさなければサービスレベルを元に戻すことを条件とした契約を締結する制度である。この制度により、金沢大学と旭町を結ぶ 1 区間 200 円の路線を 100 円で運行し、2006 年度・2007 年度は 2005 年度の 2.2~2.7 倍の利用者数を獲得している¹⁾。この仕

組みは適切に需要を束ねることによって、地域住民で共通のビジョンをもち、公共交通を支える手法として有効であると考えられる。

以上の背景のもと、本研究ではバストリガー制度を例に、その成功メカニズムを主に利用者意識の観点から他者の選択行動を推測する意識を考慮した交通行動モデルをベースにしたアプローチにより明らかにすることを目的としている。具体的には次のようなアプローチを行う。

- 1) 実際にバストリガー制度が実施されている金沢において金沢市と金沢大学にヒアリングを行い、各プレイヤーの役割と実行プロセスを明らかにする。
- 2) Web 上で理想的な状況を設定した SP 実験を行い、バストリガー制度の存在が他者行動を推測する利用者意識に与える影響とその結果として交通手段選択がどう変化するかを定量的に分析し、これらを表現する交通行動モデルを構築する。
- 3) 構築した交通行動モデルから得られる含意と需要予測シミュレーションによって、バストリガー制度に内在するメカニズムを考察する。

2. 金沢市におけるバストリガー制度の考察

2.1 金沢でのヒアリング調査

金沢市で実施されている金沢バストリガー制度のヒアリング内容を記す。バストリガー制度は利用者が公共交通を支えるという大原則を目的として金沢市で発案されたものである。バストリガーを導入した一番の目的は事業者に対して値下げを行わせるための説得目的であり、目標利用者数の設定によってバス事業者はリスクを低減することが可能となった。

金沢大学は自動車通学を行っている学生の事故の増加や大学の駐車場容量の問題の点から学生にはできれば公共交通によって通学してもらいたいと考えており、金沢市がバス事業者である北陸鉄道と金沢大学の間で調整することで、バストリガー制度の締結に至っている。金沢市による「利用者が公共交通を支える」という狙いは年々利用者が増加するという正のスパイラルを形成していることで成功していると評価することができる。また、金沢大学はバストリガーとは別の枠組みで利用者(学生)に対して駐車場管理を行っており、これら総合的施策によって学生は「バスに乗る」という習慣が形成されていることが明らかとなった。これらのヒアリング内容から金沢におけるバストリガー制度は事業者の説得に重きを置かれた制度であるといえる。

2.2 ゲーム理論的考察

このことをゲーム理論の利得表を用いて構造化すると表1になる。ここで行プレイヤーが利用者集団、列プレイヤーが事業である。

表1 利用者と事業者の戦略の利得表

	値下げする	値下げしない
バス	a_1, b_1	a_2, b_2
別の交通手段	c_1, d_1	c_2, d_2

各戦略の意味を解釈すれば、 $a_1 > a_2$, $c_1 \geq c_2$, $b_1 > d_1$, $b_2 > d_2$ は自明である。公共交通が衰退していることを表すために $a_2 \leq c_2$, $d_1 \leq d_2$ を前提条件とすると純粋戦略において(別の交通手段, 値下げしない)がナッシュ均衡であることは容易に証明される。ここで、 $a_1 \geq c_1$, $b_1 \geq b_2$ の条件が加わると、

(バス, 値下げする)もナッシュ均衡となり、このゲームは複数の均衡解が存在する。これは左上のナッシュ均衡が公共交通の正のスパイラルを、右下のナッシュ均衡が公共交通の負のスパイラルを表していると解釈可能である。 $a_1 \geq c_1$ は値下げ後のバスが利用者にとって他の交通手段と同等以上の効用であることを示し、 $b_1 \geq b_2$ は値下げ後のバス事業者の収益が値下げ前と同等以上であることを示している。これら2つの条件を現実達成することは非常に困難であるにもかかわらず、これらの条件を達成してもいまだ負のスパイラルの均衡解が存在することが公共交通の運賃設定の困難性を示している。

このゲームにおいて、バストリガー制度の導入を考える。バストリガー制度は目標利用者数を達成するように利用者の選択を先に固定することで、リスクを一部回避して値下げを行える。これは展開形ゲームにおいて、先に利用者の手番があり、次に事業者の手番があるようなゲームとして考えることで表現できる。一方、利用者に対してはバストリガー制度自体にはそれほど効果がなく、単純に運賃の値下げのみが利用者増加に影響を与えていると考えられている。だが、バストリガーには利用者への強制力が存在しないことを考えると、運賃値下げのみによって正のスパイラルへ移行したと考えるのではなく、バストリガー制度には利用者意識に対しても少なからぬ影響を、具体的には他者行動を推測する利用者意識という影響を与えていると考えた。そこで、次章以降でバストリガー制度が他者行動を推測する利用者意識に与える影響を考察する。

3. 交通行動実験ゲームの概要と基礎分析

3.1 交通行動実験ゲームの概要

本実験は Web 上での SP 調査・ゲーム実験として、東京大学の学生 34 名に対し、2008 年 11 月 28 日から 12 月 7 日までの期間に行った。実験のフローを図1に示す。3種類の SP 調査のうち、前者2つは直交表によって各属性を直交させており、3つ目はバストリガーを導入した SP 調査に

なっている。シェア予想ゲームは被験者集団におけるバス選択者の割合を各ケースにおいて予想してもらい、実際のシェアとの差が小さければ小さいほど実験終了後の謝礼が高くなるような選好統制を行っている。(最大 1000 円, 最低 300 円, 期待値 565 円)

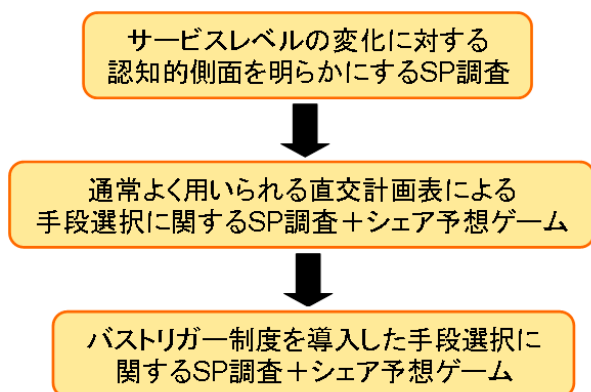


図1 実験のフロー

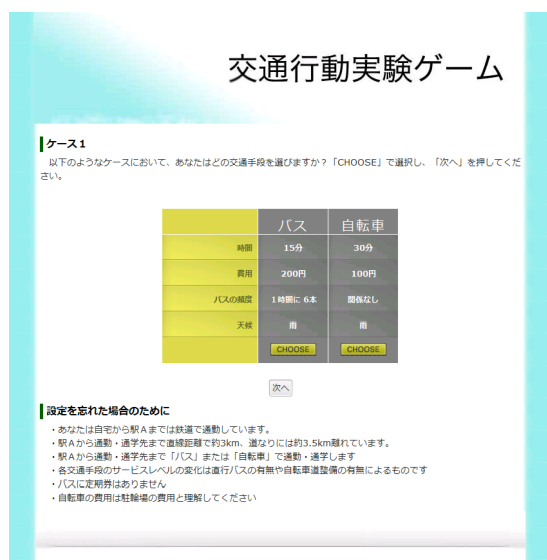


図2 Web 上での実験画面例

3.2 交通行動実験ゲームの結果と基礎分析

1) LOS 変化の認知に関する SP 調査(A)

被験者に現在の通学手段の所要時間と費用を RP データとして入力してもらい、一部回転させて生成した選択肢との選択による SP 調査(A)を実施した。この結果は図3に示されている。

この結果から同じ所要時間差、費用差の選択肢間における選択であっても、参照点である RP データから WTP (Willing To Pay)型の変化である

か、WTA (Willing To Accept)型の変化であるかによって、選択結果は大きく異なることがわかる。また変化割合が 10%か 20%かによって速い選択肢への選好が変化することも示されている。これらより、サービスレベルの変化に対する交通行動モデルを構築する際、通常の線形効用関数の効用差を取るというアプローチは行うべきではないという含意が得られた。

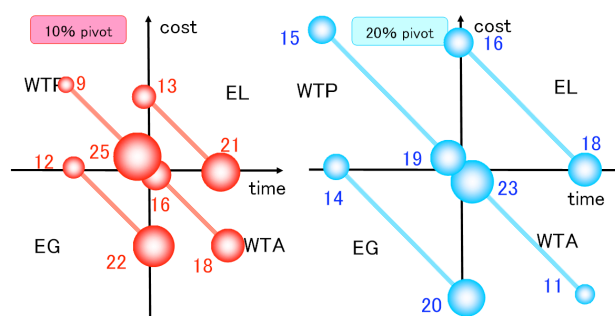


図3 ピボット SP の選択結果

2) 直交表による手段選択 SP 調査(B)とシェア予想ゲーム(D)

次に通常よく行われるタイプの直交表による SP 調査(B)を実施した。設定はバスと自転車の二項選択である。唯一の違いはどちらを選択するか、だけでなく、他の被験者たちがバスを選択する割合を予想させるシェア予想ゲームを実施したことである。

3) バストリガー導入後の SP 調査(C)とシェア予想ゲーム(E)

最後に 2)の設定において、バストリガー(以下 BT)を導入することでバスの LOS が向上するが、利用者目標シェアが設定される場合の SP 調査(C)を実施した。2)と同様にシェア予想ゲームを同時に行っている。この実験における模擬的な BT 制度が被験者意識に与える影響を分析する。

まず、他者予想の仕方を分析するために、各被験者のバス選択時の平均予想シェア(水色)と非選択時の平均予想シェア(黄色)の関係性を図4に示す。ここからバス選択時に比べて非選択時のばらつきが大きく、自分が選択するときは他者も選択するだろうと考えやすいが、非選択時の予想の困難性を読み取ることができる。

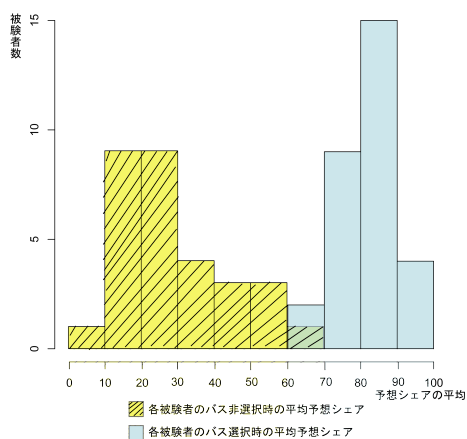


図4 バス選択・非選択時の予想シェアの平均値

次に、実際のシェアと予想シェアの関係性を 2) と 3)を比較して図 5 に示す. 図 5 は実際のシェアと予想シェアの関係性であり、左側が通常の SP において予想シェアが実際のシェアを上回るものを赤で、下回るものを青で示している. ここからは実際のシェアが低いケース(LOS が低いケース)に人々が高めに予想すること、つまり、他の誰かはバスに乗るだろうと安易に予想していることが伺える. 右側は BT 導入後の選択シェアと予想シェアの関係であり、今度は赤が BT 目標値の達成時、青が不達成時である. この図からはさきほどよりも上下のばらつき(誤差)が小さくなっていること、また単純に BT を導入すればいいのではなく、十分サービスレベルが高く、他者も乗るだろうと考えられるケースが目標値を達成していることがわかる. 言い換えれば、あまりサービスレベルが上がらないが目標値も低いケースは一見達成しやすそうに見えるが、ほとんどの人は選択しないことがわかる.

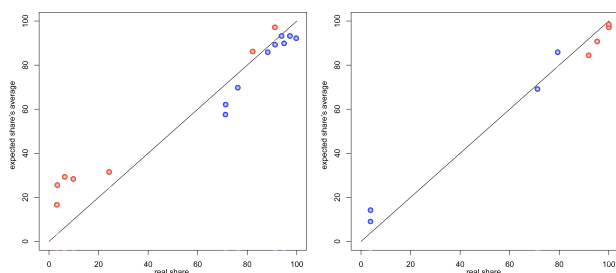


図5 実際・平均予想シェア

(左: 通常の SP (16 ケース) 右: BT 導入 SP)

図 6 は 2) と 3) におけるシェア予想の誤差分布を

示している. この比較により BT 導入後は予想誤差が大幅に小さくなり、分布の裾が狭くなっていることがわかる. これは目標シェアが与えられたことにより、目標シェアが一種のアンカーポイントとして予想しやすくなるためと考えられる. このように BT の導入は選択行動、他者予想の双方に影響を与えている.

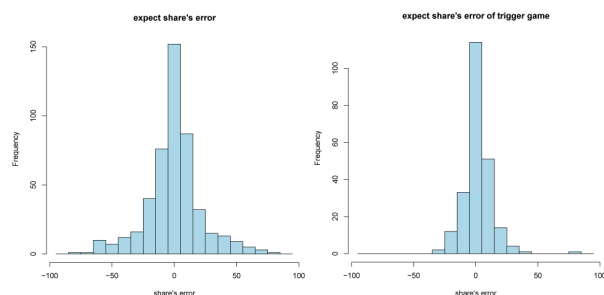


図6 被験者による予想誤差の分布

(左: 通常の SP 右: BT 導入 SP)

4. 他者を推測する利用者意識を考慮した交通手段選択モデルと他者行動推測モデルの構築

前章までに明らかになったように、BT 制度の導入は利用者の選択行動、他者推測の双方に影響を与えている. これらの影響を考慮した意思決定プロセスを示したのが図 8 である. 通常的意思決定プロセスで選択肢情報による期待形成のみであるが、そこにサービスレベルの変化と準拠集団の推測による影響を繰り込んでいる.

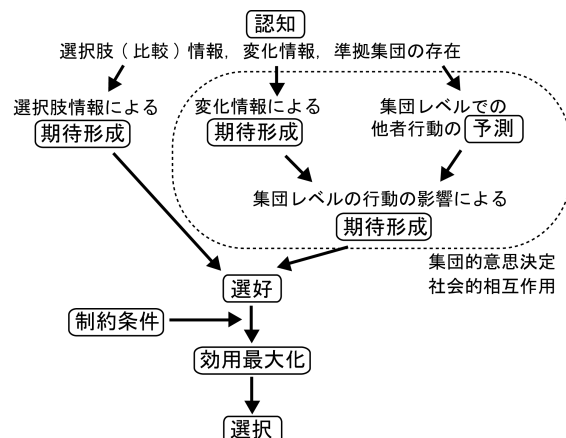


図8 意思決定プロセスのフロー図

そこで、他者行動の推測を考慮した手段選択モデルにおける個人 n が選択肢 i を選択する効用関数 U_{ni} を次のように定式化する.

$$U_{ni} = u_{ni} + w(ep_{nci}) \cdot v_{ni} + \varepsilon_{ni}$$

$$u_{ni} = \sum \beta_k x_{ki}$$

$$w(ep_{nci}) \cdot v_{ni} = \frac{ep_{nci}^\gamma}{(ep_{nci}^\gamma + (1 - ep_{nci}^\gamma))^{1/\gamma}} \cdot \sum \beta_s \Delta x_{si}$$

ここで、 u_{ni} :線形結合による効用関数項、 $w(ep)$:予想確率の確率加重関数、 ep_{nci} :シェアの予想確率、 x_{ki} :選択肢情報の説明変数、 β_k :そのパラメータ、 v_{ni} :価値関数型効用関数項、 Δx_{si} :サービスレベル変化の説明変数、 β_s :そのパラメータ、 ε_{ni} :誤差項(i.i.d.ガンベル分布を仮定)とする。

この式は通常の線形効用項と他者行動の推測とサービスレベルの変化に反応する項の線形加算型関数として定式化されている。BTのようなLOSの変化がない場合は二項目が消え、通常の線形効用関数による行動モデルとして機能する。二番目の項は行動経済学におけるプロスペクト理論のように確率加重関数と価値関数の積として表現しており、効用関数の非線形性を表している。

同様に他者行動の推測モデルを構築する。準拠集団 c が選択肢 i から得られるであろうと個人 n が推測する期待効用 EU_{nci} とシェア予想確率 ep_{ni} を次のように定式化する。

$$EU_{nci} = EV_{nci} + \varepsilon_{nci} = \sum \beta_k x_{ki} + \varepsilon_{nci}$$

$$ep_{nci} = \frac{\exp(EV_{nci})}{\sum \exp(EV_{ncj})}$$

これらの推定結果は次の表2、表3に示す。推定には森川・山田(1993)によるSP・RP融合推定を援用して、通常のSP、BT導入後のSPデータをプールして二項ロジットモデルを推定した。

これらの推定結果から、まず推定値の符号やt値の条件が概ね問題なく、適合度も高いことから現況再現性の高いモデルであるといえる。選択モデルで特筆すべき点はやはり選択肢間の比較におけるLOSのパラメータと選択肢内のLOSの変化のパラメータが異なることであろう。変化時のパラメータは予想シェアを乗ずるために非線形であり単純に大小の比較はできないが、予想シェアが小さいときはLOS変化の影響は小さく、逆

表2 手段選択モデルのパラメータ推定結果

説明変数	推定値	t 値
バス選択肢固有定数	-4.20	-6.55
所要時間(単位: 10 分)	-1.97	-7.34
費用(単位: 100 円)	-1.82	-5.58
バスの頻度(単位: 本)	0.431	3.65
雨天ダミー	5.66	13.0
BT による所要時間差(10 分)	-2.98	-2.48
BT による費用差(100 円)	-2.65	-1.39
BT による頻度差(本)	0.404	1.81
SP スケールパラメータ μ	0.750	fixed
γ	0.900	fixed
observations	776	
L(0)	-537.882	
L(β)	-229.295	
適合度(ρ^2)	0.574	
修正済み適合度($\bar{\rho}^2$)	0.559	

表3 推測モデルのパラメータ推定結果

説明変数	推定値	t 値
バス選択肢固有定数	-2.12	-3.72
所要時間(単位: 10 分)	-0.993	-3.94
費用(単位: 100 円)	-1.18	-3.84
バスの頻度(単位: 本)	0.143	1.41
雨天ダミー	3.58	8.19
自己選択ダミー(SP)	0.569	2.19
自己選択ダミー(BT)	0.735	1.71
SP スケールパラメータ μ	0.596	fixed
observations	712	
L(0)	-493.521	
L(β)	-308.369	
適合度(ρ^2)	0.375	
修正済み適合度($\bar{\rho}^2$)	0.361	

に予想シェアが大きいときはLOS変化の影響が選択肢の効用に大きく反映される。

推測モデルにおいては通常のSP時とBT時において自己選択ダミーの大きさが異なることが特徴である。これはBT下では自分が選択するから他者も選択するであろう、と考える大きさが強くなっていると解釈できる。

また、これら2つのモデルのパラメータを比較すると自分の選択と他者選択の推測における意

思決定の違いが明らかである。スケールが異なるため各変数を金銭換算して比較すると、自身の効用に比べ他者の期待効用におけるバス選択固有定数は 0.78 倍、所要時間は 0.78 倍、頻度は 0.51 倍、雨天ダミーは 0.98 倍となっている。ここから、被験者は他者の推測をするときに、自分よりもバスを選択しやすく、所要時間や頻度に寛容であるが、天候に対しては自分と同じくらい敏感な他者集団を想定して、推測を行っていることが示された。このような推測メカニズムであるとする、バスの LOS が低い場合、誰かはバスに乗っているだろうとみんな考えているが、実際には誰もバスに乗っていないという、現実にもありうる社会的な手抜き(social loafing)が生まれる危険性がある。このジレンマを防ぐため、選択モデルと推測モデルを用いたシミュレーションを行い、より効果的な BT 制度の導入を検討する。

5. シミュレーション

シミュレーション例として、次の表 4 に示す 2 種類のバスと自転車の選択を考える。バスの各 LOS の左が BT 以前、右が BT 導入後である。

表 4 シミュレーション例

	バス(A)	バス(B)	自転車
時間	25→15 分	25→15 分	20 分
費用	150→x 円	250→x 円	100 円
頻度	3→6 本	3→6 本	—

行動モデルの選択結果が推測モデルの説明変数に、推測モデルによる予想確率が行動モデルの説明変数になっており、これらは入れ子構造になっているので繰り返し計算によって各費用における収束点を求めたのが図 9 である。この結果から同じ LOS (15 分, 100 円, 6 本)であっても、初期値が 150 円から変化した場合と 250 円から変化した場合では、後者の方が 15%以上高いシェアとなることが示されている。実験結果や先述のジレンマなどを考慮すると、BT 制度が有効に機能するためには利用目標値が高いが初期状態よりも大幅に LOS が向上するような LOS と目標値設定を行うことが重要であることがここから示された。

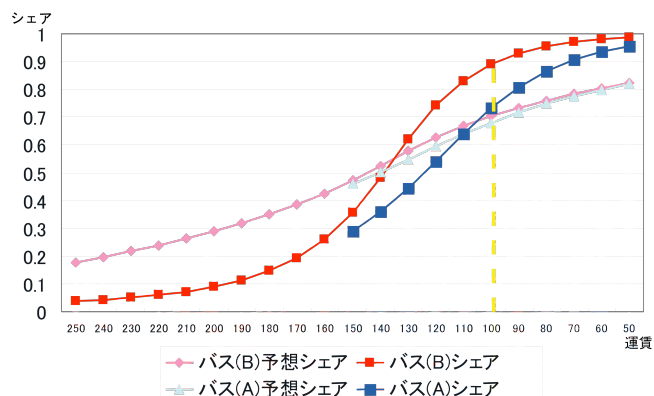


図 9 シミュレーションによるシェア変化

6. 結論

本研究の結論は以下のようにまとめられる。

- バストリガー制度は事業者の説得目的に導入された施策であるが、利用者意識に対しても影響を与えることを Web ベース SP 実験によって明らかにした。
- 他者行動を推測する利用者意識を考慮した交通手段選択モデルと他者行動の推測モデルを構築・定式化し、パラメータを推定することで、選択肢の LOS だけでなく、LOS の変化や他者行動の推測が手段選択に大きな影響を与えていることを示した。
- 他者の推測を考慮した分析を行うことで、人々が都合の良い他者を想像していることを示し、利用者が公共交通を支えることに対する社会的な手抜きが発生しうること示した。これに対し、利用者目標値が高くても初期値からの LOS 向上幅が大きい設定の BT 制度を導入することの重要性が示された。

参考文献

- 1) 金沢市によるバストリガー方式の Web site
<http://www4.city.kanazawa.ishikawa.jp/11031/taisaku/triggger/100en.jsp>
- 2) 福田大輔, 社会的相互作用が交通行動に及ぼす影響のミクロ計量分析, 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻 博士論文, 2004.
- 3) 森川高行・山田菊子 (1993): 系列相関を持つ RP データと SP データを同時に用いた離散型選択モデルの推定法, 土木学会論文集, No.476/IV-21, pp.11-18.