

バストリガー制導入のための 需要予測モデルと契約成立条件

溝上 章志¹・梶原 康至²・円山 琢也³

¹正会員 熊本大学教授 大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)
E-mail: smizo@gpo.kumamoto-u.ac.jp

²学生会員 熊本大学大学院自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)
E-mail: 115d8806@st.kumamoto-u.ac.jp

³正会員 熊本大学准教授 政策創造研究教育センター (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)
E-mail: takumaru@gpo.kumamoto-u.ac.jp

バス事業者と利用者が新たなサービス改善の取組による採算ラインを予め設定し、それを下回った場合には事業者はその取組を止めるという契約に基づき、バス料金の値下げや路線新設などを行うバストリガー制が注目されている。本研究では、バストリガー制を維持するために利用者の中で働くと考えられる他者の行動結果を考慮した交通手段選択モデルを構築する。そのために、利用者が契約維持に協力しなければトリガーが引かれるというバストリガー制を想定した手段選択SP調査を設計・実施した。さらに、トリガー制導入前の料金収入という従来の目標ラインに代わって、利用者増に対応した費用増をも考慮した収支比に基づく契約方式の提案を行う。

Key Words : bus trigger system, glable social interaction model, contract condition

1. はじめに

熊本市は、将来にわたって利便性の高いバスサービスを提供するため、熊本市地域公共交通連携計画を策定し、バス路線網再編や利用促進策のためのモビリティ・マネジメントなどを実施してきた¹⁾。しかし、バス利用者の減少に歯止めがかからないのが現状であり、利用者の減少は交通事業者に新たな利便性向上策の展開を躊躇させ、バスの減便や路線廃止などの利便性低下を招き、これにより利用者が更に減少するという悪循環に陥っている。この流れを断ち切り、交通事業者が積極的な利用促進策を展開できる状況をつくっていくことが求められている。

このような中、行政の仲介のもと、バス事業者と利用者が新たなサービス改善の取組による採算ラインを予め設定し、それを下回った場合には事業者はその取組を止める（トリガーを引く）という契約に基づき、バス料金の値下げや路線新設、運行ダイヤの増便などを行うバストリガー制が注目されている。この制度は、交通事業者にとっては事業展開の実効性を高めるとともに、期待した効果が得られなかった場合は利用者とのリスクを分け合うというメリットがある。一方、利用

者にとっては、積極的かつ継続的にバスを利用するという一定の責任を担う代わりに、利便性の向上を享受できるメリットがある。つまり、事業者と利用者の両者が努力・責任・リスクを担いつつ、双方に利点があるwin-winの関係により成立する制度である。

このような制度を導入したときの需要予測には手段選択に対する通常の意志決定とは異なり、周りの人がバス利用に協力するなら自分も協力しようといったバンドワゴン効果が発生するなど、社会的相互作用の影響を考慮する必要がある。また、北陸鉄道と金沢大学との間に導入された金沢バストリガー契約では、利用者が増加して目標収入ラインを上回る結果となった。しかし、事業者はバスの増便などによる支出が増大し、結果的にバストリガー契約導入前よりも収支が悪化したために、契約の破棄を主張するといった状況にあり、バストリガー契約条件のあり方も問われている。

このような状況の下、本研究では、以下を目的としている。

- 1)バストリガー制を維持するために利用者の中で働くと考えられる他者の行動結果を考慮した交通手段選択モデルを構築する。
- 2)そのために、利用者が契約維持に協力しなければト

リガーが引かれるというバストリガー制を想定した手段選択SP調査の設計と実施を行う。

3) トリガー制度導入前の料金収入という従来の目標ラインに代わって、利用者増に対応した費用増をも考慮した収支費に基づく契約方式の提案を行う。

2. 社会的相互作用を考慮した二項選択モデルと均衡方程式

(1) 社会的相互作用を考慮した手段選択モデル

社会的相互作用を計量的に分析する代表的アプローチは、ローカルインタラクションモデルとグローバルインタラクションモデルに大別される。グローバルインタラクションモデルでは、準拠集団構成員間の個別の相互作用を明示的に考えず、準拠集団の平均的行動を代理変数として用いて相互作用の影響を記述する。従って、今回のバストリガー制におけるバンドワゴン効果のような社会的相互作用を分析する場合には、このグローバルインタラクションモデルの方が適切である。

本研究では、個人の選択行動を表現するのに、ランダム効用理論の枠組を用いて社会的相互作用を明示的に考慮する二項選択モデルを採用する。このモデルは Manski²⁾ が提唱した社会的相互作用モデルを、Brock & Durlauf^{3), 4)} が離散選択行動の枠組で再定式化したものである。このモデルについて、以下に福田⁵⁾を参考に簡単に説明する。

ω_i を行動主体 i の選択結果を示す二項変数とし、代替案 1 を選択した場合に $\omega_i = +1$ 、代替案 2 を選択した場合に $\omega_i = -1$ の値をとるものとする。また、各行動主体の効用を以下のような三つの項からなる線型加算型の関数を用いて特定化する。

$$V(\omega_i) = u(\omega_i) + S(\omega_i, m_i) + \varepsilon(\omega_i) \quad (1)$$

ここで、 $u(\omega_i)$ は個人の私的動機だけに依存する確定効用項、 $S(\omega_i, m_i)$ は構成員全体の選択結果に基づく効用項、いわゆる社会的相互作用項であり、 m_i は個人 i が自分以外の他者の選択行動の集計結果に対して与える確率測度である。また、ランダム項 $\varepsilon(\omega_i)$ は全ての構成員において独立、かつ同一のガンベル分布に従うと仮定する。

社会的相互作用項を $S(\omega_i, m_i) = J\omega_i m_i$ と仮定すると、行動主体 i が行動 ω_i を選択する確率は、 β をランダムスケールパラメータとする以下のような二項ロジットモデルで表される。

$$P(\omega_i) = \frac{\exp[\beta(u(\omega_i) + J\omega_i m_i)]}{\sum_{v_i \in \{-1, 1\}} \exp[\beta(u(v_i) + Jv_i m_i)]} \quad (2)$$

J は正のパラメータであり、ここでは全ての主体に共通の値としているが、これは相互作用の影響度が全ての主体で同一であることを仮定している。

(2) 集合行動の均衡方程式

個人効用 $u(i)$ を

$$h+k = u(+1), \quad -h+k = u(-1) \quad (3)$$

のように、 ω_i の値に依存する項 h と個人属性項 k に分離する。このとき、主体 i に対する ω_i の期待値は次式のように表される。

$$E[\omega_i] = (+1) \cdot \frac{\exp[\beta(h + Jm_i)]}{\exp[\beta(h + Jm_i)] + \exp[-\beta(h + Jm_i)]} + (-1) \cdot \frac{\exp[-\beta(h + Jm_i)]}{\exp[\beta(h + Jm_i)] + \exp[-\beta(h + Jm_i)]} \quad (4)$$

ここで、全ての行動主体が合理的期待を形成し、各主体が集団全体の行動シェアに対して抱く主観的期待が数学的な客観的期待値に一致すると仮定する。さらに、主体 i の主観的期待の集団 j に対する対称性を考慮すると、式(4)は次式のように表される。

$$E[\omega_i] = \tanh(\beta h + \beta J(I-1)^{-1} \sum_{j \neq i} E[\omega_j]) \quad \forall i \quad (5)$$

ここで、 I は準拠集団の構成員数である。すべての主体 i に対してこの式が成立するのは、この期待値が対象とする集団の平均的な選択行動結果である選択シェア m^* に一致する場合だけであることが知られており、 m^* が表す均衡方程式は下記のように導出される。

$$m^* = \tanh(\beta h + Jm^*) \quad (6)$$

ここでは個人の選択結果である ω_i を $+1$ と -1 で表しているため、社会的均衡状態において、 m^* は準拠集団の中で選択肢 1 を選択する主体の比率が p^* のとき、 $m^* = 2p^* - 1$ となる変数である。

3. バストリガー制の導入を想定したSP調査

(1) 類似研究

本研究と同じく、バストリガー制の導入可能性について検討を行っている研究には原⁶⁾の研究がある。以下では、彼らの研究方法を簡単に説明した後、本研究との違いを示す。

彼らの提案した需要予測モデルは、グローバルインタラクションモデルの概念に沿った準拠集団の平均的行動のシェア予想確率モデルと、シェア予想確率の推計値を社会的相互作用項とした手段選択モデルによって構成されている。後者のモデルには、限定合理性を記述するためにプロスペクト理論を援用しているのも

特徴である。2つのモデルによる均衡解は、政策導入によって変化するLOS変数を両モデルに代入して、両者が収束するまで繰り返し計算を行って求めることになる。

以上の2つのモデルを推定するためのデータを得るために、通勤・通学先の最寄り駅からのイグレス手段にバスと自転車が利用可能である場合を想定し、学生を対象とした交通手段選択ゲーム実験を行っている。実験は大きく2つに分かれており、調査(B)では、全員に共通の仮想的な状況下での交通手段選択のSP調査とシェア予想ゲームを、また調査(C)では、バストリガー制の説明をした後に、バストリガー制を維持していくための目標シェアを掲示し、調査(B)と同様のSP調査とシェア予想ゲームを行っている。ただし、バストリガー制維持のための目標シェアの設定方法については記述がない。

(2) バストリガー制を想定した SP 調査の概要

バストリガー制導入時における集団レベルでの意思決定が個人の意志決定に及ぼす効果を検証する。ここで収集するデータは、自転車とバスとが競合関係にあり、実際にもいずれかも手段が利用されている熊本大学—熊本交通センター（距離 3.5km）間に、バスバトリガー制度が導入された場合の選好に対して、学生を対象に行った図-1 に示すような Web を用いた SP 調査データから得ている。SP 調査は熊本大学の学生 59 人をサーバー管理下の PC が使用可能な部屋に集めて一斉に実施した。

バストリガー制導入を想定した SP 調査の手順を図-2 に示し、以下に解説する。

Step-1：被験者には熊本交通センターから熊本大学までバスか自転車のいずれかの選択肢を用いて通学している状況を想定してもらう。

Step-2：このとき、現在の両手段の LOS（バスは料金 190 円、所要時間 20 分、運行間隔 10 分、自転車は所要時間 30 分、駐輪場料金 100 円/回）を示し、どちらを利用するか、あるいははしているかの選択を聞いた。

Step-3：バスに対しては、表-1 に示すように、所要時間と料金と運行間隔の 3 要因について 3 水準を設定し、実験計画法によって各属性を直交させた表-2 に示す 9 つのプロファイルを作成した。

Step-4：これらの 9 つのプロファイルを、重複無く、ランダムに順次、被験者に提示し、バスか自転車のいずれを選択するか回答してもらった。併せて、各プロファイルごとに、バスを利用する人が何%いるかを被験者に予想してもらっている。

Step-5：この選択結果を集計し、利用率を算出する。

Step-6：以上の手順を、バストリガー制の内容と意義

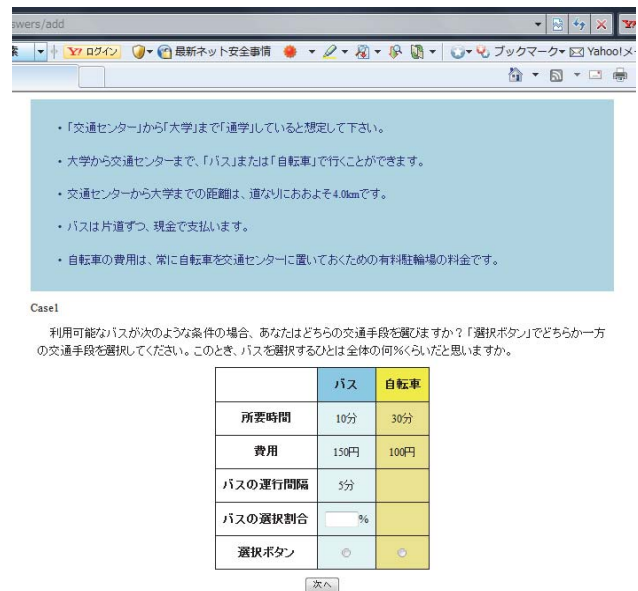


図-1 Web アンケートの画面

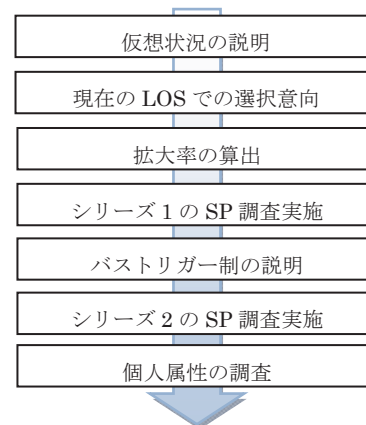


図-2 SP 調査の手順

表-1 3 要因 3 水準のバスサービスレベルの設定

| 要因 水準 | 所要時間 (分) | 料金 (円) | 運行間隔 (分) |
|----------|----------|--------|----------|
| 1 | 10 | 150 | 5 |
| 2 | 20 | 200 | 10 |
| 3 | 30 | 250 | 20 |

表-2 提示したプロファイル

| profile | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 所要時間 | 10 | 10 | 10 | 20 | 20 | 20 | 30 | 30 | 30 |
| 料 金 | 150 | 200 | 250 | 150 | 200 | 250 | 150 | 200 | 250 |
| 運行間隔 | 5 | 10 | 20 | 10 | 20 | 5 | 20 | 5 | 10 |

の説明を行う前と後の 2 シリーズ、計 18 回行った。

この調査は、バストリガー制を説明することによって、より顕著になると考えられる社会的相互作用の存在、かつ個人の選択にこの社会的相互作用が影響を及

ぼすことを検証することが目的である。後半のシリーズでは、始める前に「バストリガー制を存続させるためには、常に採算ラインを上回る利用者数が必要になり、もしこれが満たされない場合は、元のサービス水準に戻るだけでなく、そのバス路線の存続自体が危ぶまれる」ことを被験者に伝え、バス会社と利用者側の両者が契約維持のために努力していくことが重要になってくることを理解してもらうよう試みている。また、被験者全体のバス選択結果から得られる収入とバスサービス継続のための費用の比より算出される収支がトリガー制度導入前の収支を上回っていた場合には、バストリガー制が存続されることから「前回は『存続』」を、下回っていた場合にはトリガーが引かれルことから「前回は『廃止』」の情報を、次のプロファイルの質問画面上に提示した。このように、被験者自身に対して前回の全員の選択結果によりバストリガー制が存続されるか、または廃止されるかの情報を与え、次のプロファイルに対する選択の参考となるようにした。

(3) 採算ラインの算出方法

各プロファイルにおいて、バストリガー制導入前の収支を上回っているかどうかの採算ラインの決定は以下の手順で行っている。

1) 現在の産交バスの運行・経営に関する実績データをもとに、以下より単位距離当たりの費用と収入の実績値を算出する。

$$\begin{aligned} \text{単位収入} &= \text{年間総収入(円)} / \text{年間総走行距離(台} \cdot \text{km)} \\ &= 2,293,929,000 / 9,227,150 = 248.6 \text{ (円/台} \cdot \text{km)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{単位支出} &= \text{年間総支出(円)} / \text{年間総走行距離(台} \cdot \text{km)} \\ &= 2,163,789,000 / 9,227,150 = 234.5 \text{ (円/台} \cdot \text{km)} \end{aligned}$$

2) 対象区間の収入と費用の実績値を算出する。

$$\begin{aligned} \text{実績収入} &= 190 \text{ (円：現在料金)} \times C \text{ (人)} \times \alpha \\ \text{実績支出} &= 234.5 \text{ (円/台} \cdot \text{km)} \times 3.5 \text{ (km：区間距離)} \times \\ & \quad 96 \text{ (台：1日当たりの運行回数)} = 78,792 \text{ (円)} \end{aligned}$$

ここで、 C は現在のバス利用者数、 α は後述する拡大率である。

3) 現在のバスと自転車の LOS に対する C を求め、トリガー契約が成立するのに必要な収入を得るための拡大率 α を以下の関係式より求める。

$$\text{単位支出：単位収入} = \text{実績支出：実績収入}$$

各プロファイルごとの収入と費用の推計値を下記よ収入 = バス料金(円) × バス選択者数(人) × α

$$\text{費用} = 234.5 \text{ (円/台} \cdot \text{km)} \times 3.5 \text{ (km)} \times \text{運行回数(台)}$$

4) 次式から求められる収支比の推計値が実績収支比 1.06 (=248.6/234.5) を上回れば、前回は「存続」、下回れば「廃止」とする。

$$\text{推計収支比} = \{ \text{バス料金(円)} \times \text{バス選択者数(人)} \times \alpha \} / \{ 234.5 \text{ (円/台} \cdot \text{km)} \times 3.5 \text{ (km)} \times \text{運行回数(台)} \}$$

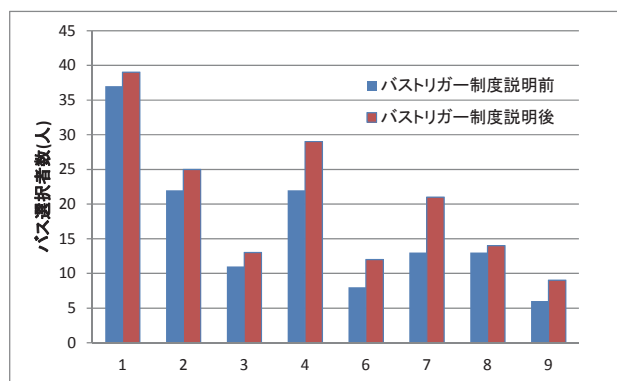


図-3 バストリガー制の説明前後でのバス選択者数

表-3 存続、廃止の判定結果と収支比推計値

| prof | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 収支比推計値 | 0.78 | 1.33 | 1.73 | 1.16 | 0.40 | 1.67 | 0.37 | 0.59 |
| 判定 | 廃止 | 存続 | 存続 | 存続 | 廃止 | 存続 | 廃止 | 廃止 |

ここで、拡大率 α の算出方法を説明する。拡大率 α は本 SP 調査におけるバス利用者サンプルを実際のバス利用者数に拡大するための計数であり、図-2 の現在のバスと自転車のサービス水準に対する選択結果から得られる収入と費用の実績値の比である実績収支比と前述の単位収支比とが等しくなるような値として求めることができる。

(4) SP 調査の実施とデータの集計分析

上記の SP 調査の被験者は、熊本大学の学部 3 年生 23 人、4 年生 24 人、大学院生 12 人の合計 59 人であり、調査はサーバーで管理した Web アンケート調査システムを用いて室内で実施した。性別は男性 44 名、女性 15 名である。ただし、プロファイル 5 については、サーバに異常が生じて集計等ができなかったため、データからは外している。その結果、バスと自転車の現在のバスサービス水準の時のバス選択者数は 21 人であり、拡大率 α は 20.9 となった。

バストリガー制の説明前・後のプロファイルごとのバス選択者数を図-3 に示す。いずれのプロファイルにおいても、バス選択者数はバストリガー制の説明後の方が説明前よりも多いことより、バストリガー制の理解がバス選択意識に影響を与えていることが確認できる。

表-3 には、プロファイルごとのバストリガー制が前回は「存続」か「廃止」の結果を示す。全ての要因が最善の水準であるプロファイル 1 では、66% の人がバスを選択するにも関わらず、それ以上に費用が増加するために収支は赤字となり、「廃止」という結果となった。これは、例えば料金を 100 円にするなど、バス

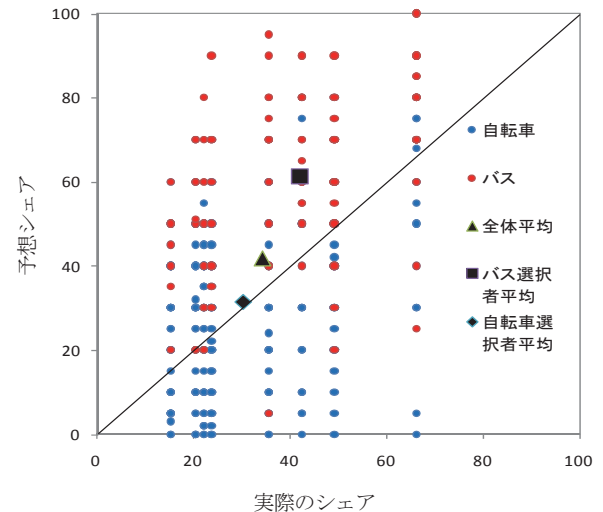
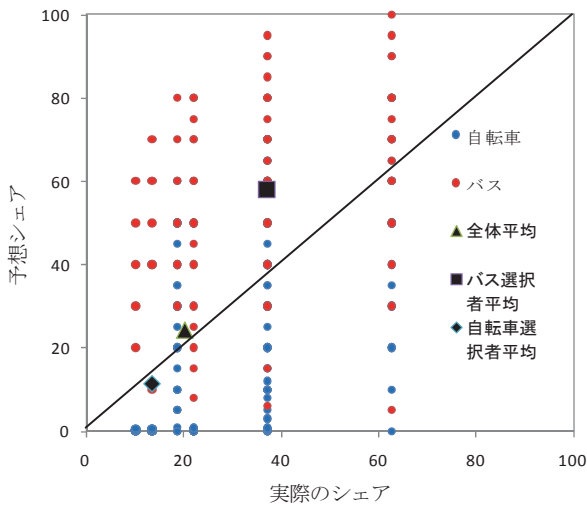


図-4 バスに対する実際の選択シェアと予想のシェア (左：シリーズ1, 右：シリーズ2)

のサービスを向上させて利用者を増加させ、当初の収入額を維持することは可能であっても、適切なサービス供給に必要な費用との差である収支の視点からは健全な経営は難しいことを示唆している。

図-4 はシリーズ1 とシリーズ2 それぞれでのプロフィールごとのバスに対する実際のバス選択シェアと被験者ごとの予想シェアの関係を示す。両図とも横軸が実際のシェア、縦軸が予想シェアであり、赤はその被験者が実際にはバスを選択している場合、青は自転車を選擇している場合を示す。図中には両シェアの被験者全員の平均値、バス選択者および自転車選択者ごとの平均値を示す。被験者が予想するシェアはかなりばらついている。また、バストリガー制の説明の有無に関わらず、実際よりもシェアを高く予想する傾向があり、この傾向は実際のシェアが低いほど高いことが分かる。これは、自分はバスを選択しないが、他者が選擇するようになると、より過大にシェアを予想するようになる。また、シリーズ1 と2 を比較すると、バストリガー制の説明後のシリーズ2 の方が過大予想の傾向が大きい。

これを実際に選擇した手段ごとに見ると、バスを選擇した被験者の予想シェアは、両シリーズとも実際のシェアよりも高い。一方、自転車を選擇した被験者の予想シェアは実際のシェアにかなり近い。一方で、各個人ではかなりばらつく予想シェアも、その平均値は実際のシェアに近い値になっている。個々人では他者も含めた集計シェアを予想することは難しいものの、全体としては他者行動をおおよそ正しく予想していることが分かる。

4. トリガーバスの需要予測モデル

(1) 個人の効用関数の推定

式(2)で表された個人行動-集合行動の社会的相互作用を考慮した一般的なモデルを適用するために、前述の SP 調査データを用いて個人の選擇行動モデルの未知パラメータを推定する。ここでは、二項選擇に関する私的動機が個人で異なる状況を考慮するために、効用関数の確定項 $u(\omega_i)$ が個人 i の社会経済属性によって異なると考え、 h を以下のように特定化する。

$$h_i = b + cX_i + dY_{n(i)} \quad (7)$$

ここで、 b は定数項、 X_i は個人 i に固有の説明変数ベクトル、 $Y_{n(i)}$ は個人 i が所属する準拠集団 $n(i)$ に固有の説明変数ベクトルである。

このとき、式(2)に相当する個人 i の二項選擇モデル、および式(5)に相当する個人 i の所属する準拠集団 $n(i)$ の均衡方程式は、それぞれ以下ようになる。

$$p(\omega_i) = \frac{\exp[\omega_i(b + cX_i + dY_{n(i)} + Jm_{n(i)})]}{\sum_{v_i \in \{+1, -1\}} \exp[v_i(b + cX_i + dY_{n(i)} + Jm_{n(i)})]} \quad (8)$$

$$m_i = \int \tanh(b + cX_i + dY_{n(i)} + Jm_{n(i)}) dF_{X_i|Y_{n(i)}} \quad (9)$$

ここで、 $F_{X_i|Y_{n(i)}}$ は準拠集団 $n(i)$ における X_i の経験分布関数である。

式(8)と(9)には、モデルの内生変数であるシェア $m_{n(i)}$ が変数としてなっているので、本来ならこれらを同時に満足する未知パラメータを推定する必要がある。このような状況での未知パラメータを推定する簡便な方法として、 $m_{n(i)}$ の代わりにその代理変数を外生的に用いるという Naïve 推定量の考えに基づき、通常の方法による推定方法が提案されている。また、このとき

表-4 個人の手段選択モデルの推定結果

| 説明変数 | シリーズ 1 | | シリーズ 2 | | シリーズ 1+2 | |
|-------------------------------------|---------|------|---------|------|----------|------|
| | 推定値 | t 値 | 推定値 | t 値 | 推定値 | t 値 |
| 所要時間 (分) | -0.0658 | 2.41 | -0.0424 | 1.95 | -0.0293 | 1.66 |
| 料金 (円) | -0.0168 | 5.38 | -0.0139 | 5.08 | -0.0079 | 1.95 |
| 運行間隔 (分) | -0.0462 | 1.31 | -0.0347 | 1.09 | -0.0304 | 1.24 |
| 性別ダミー (1: 男性) | 0.5002 | 1.64 | 0.6172 | 2.18 | 0.5744 | 2.76 |
| スケールパラメータ μ | | | | | 1.446 | 3.06 |
| 社会的相互作用 (平均シェア p を $2p-1$ に変換した値) | -0.191 | 1.21 | 0.557 | 1.84 | 1.301 | 1.67 |
| 尤度比 | 0.277 | | 0.181 | | 0.221 | |
| 的中率 | 0.764 | | 0.723 | | 0.733 | |
| サンプル数 | 343 | | 343 | | 686 | |

表-5 個人の選択モデルの推定結果

| 説明変数 | 推定値 | t 値 |
|-----------------------------------|---------|-------|
| 所要時間 (分) | -0.0423 | -1.93 |
| 料金 (円) | -0.0141 | -4.16 |
| 運行間隔 (分) | -0.0302 | -1.60 |
| 性別ダミー 1: 男性 | 0.615 | 2.17 |
| トリガー存続ダミー 1: 存続 | -0.0487 | -1.11 |
| 社会的相互作用 平均シェア p を $2p-1$ に変換した値 | 0.568 | 1.86 |
| 尤度比 | 0.18 | |
| 的中率 | 0.72 | |
| サンプル数 | 315 | |

分析 1 の結果については、シリーズごとの尤度比だけを以下に示すことにする。シリーズ 1 : 0.28, シリーズ 2 : 0.18, シリーズ 3 : 0.22 であった。

分析 2 の推定結果を表-4 に示す。シリーズ 1 と 2 をプールしたデータを使用したモデルには、シリーズ 1 と 2 とで効用の誤差項の分散の違いを表すパラメータ μ を導入した。すべてのモデルで尤度比、的中率ともに高く、適合度は高い。すべての説明変数の符号条件は論理的であり、運行頻度を除いて t 値はおおむね高い。社会的相互作用項を比較すると、シリーズ 1 では負の値となっているが、シリーズ 2 とシリーズ 1+2 では正の値となっている。このことから、バストリガー制を説明した後のほうが、バス利用率が大きいほど、つまり周りの学生がバスに多く乗っていれば乗っているほどバスの効用が大きくなるのが統計的に検証されたといえる。また、分散パラメータ μ の値が 1 より大きくなっており、シリーズ 2 の誤差項の分散はシリーズ 1 より小さいことを意味する。これはトリガー制度の説明により、選好にばらつきがなくなったためと考えられる。

の均衡方程式は以下のように近似できる。

$$m_n = \int \tanh(\hat{b} + \hat{c}X_i + \hat{d}Y_n + \hat{J}m_n) dF_{x_i|y_n} \\ \cong \frac{1}{N_n} \sum_{i \in n} \tanh(\hat{b} + \hat{c}X_i + \hat{d}Y_n + \hat{J}m_n) \quad \forall n \quad (10)$$

N_n は準拠集団 $n(i)=n$ に属するサンプルの総数である。

(2) 選択行動の分析

ここでは、バストリガー制説明前のシリーズ 1 と説明後のシリーズ 2 のデータを別々に用いたデータセット、および両シリーズのデータをプールしたデータセットに対して、それぞれ以下の 3 タイプのモデルを推定し、それぞれを比較する。

分析 1 : 社会的相互作用項を入れず、単純な二項選択モデルを推定して単純に比較する。

分析 2 : 分析 1 に社会的相互作用項を加えた二項選択モデルを推定して社会的相互作用の及ぼす影響について分析する。

分析 3 : シリーズ 2 のデータだけを用いて、分析 2 に加えて、前回は「存続」か「廃止」のダミーを加え、存続・廃止といった情報が被験者に対してどのような影響を与えているのかを分析する。

(3) 個人の選択行動モデルの推定

以上の知見を用いて、分析 3 の社会的相互作用を考慮した需要予測モデルのうちの個人の選択行動式(8)の推定を行う。推定結果を表-5 に示す。尤度比、的中率ともに高く、モデルの適合度は高い。LOS 変数の符号条件は論理的であり、 t 値もおおむね高い。社会的相互作用項についても、符号条件は論理的であり、統計的信頼性は高い。トリガー存続ダミーは、 t 値はやや低いものの、前回は「廃止」の場合は次回にはバスの効用を高めるように作用しており、効用にバストリガー制への協力の意思が反映されるという構造になっている。

(4) 均衡方程式に基づく分析

得られたパラメータを式(10)に代入して推計される反応曲線を図-5に示す。図中の●は現況のシェア34.1%を、▲は社会的相互作用によって到達すると考えられる均衡解15.1%であり、ここでは均衡解は1つしか存在せず、実際のシェアよりも低い欠陥均衡解となった。これより、料金の値下げや運行回数の増加など、何らかのバスサービス水準を向上させる政策を導入して私的効用関数を変化させ、反応曲線を縦方向にシフトさせることが必要である。ここでは、バス料金を50円引きにするというバストリガー制の導入を想定し、私的効用関数を変化させた反応曲線を導出した。結果を図-5に併せて示す。バストリガー制導入後の私的効用関数の平均効用差は0.15から0.40に上がり、反応曲線全体が上方方向にシフトする。これによって、バス利用率である均衡解はバストリガー制導入前の15.1%から39.8%まで移行する可能性があることが分かった。

5. バストリガー契約の成立条件

金沢大学と北陸鉄道間で交わされた金沢市のバストリガー契約⁷⁾では、制度継続の目標ラインを「トリガー制導入前の基準年度(平成17年度)の料金収入を上回るために必要な利用者数(221,687人で平成17年度利用者数117,090人の1.89倍)」としている。平成18年度から平成21年度の利用者数は258,184人、319,340人、352,880人、351,886人で、それぞれ基準年の2.21倍、2.73倍、3.01倍、3.01倍となっており、目標ラインを越えて順調なように見える。しかし、事業者はこの契約の破棄を希望しているようである。確かに目標ラインである平成17年度の料金収入から算定される利用者数は上回っているものの、例えば車内混雑緩和のための増便やバスの新車購入など、増加した利用者へ適切なサービスを提供するための費用が増加したために、総費用が総収入を上回り、収支が赤字になっていることをその理由に挙げている。このように、事業者と利用者との間でバストリガー制の導入を検討する際の目標ラインの設定指標には、導入前の料金収入額(または利用者数)ではなく、収益額や収支比などの収支に基づいて行うことが肝要であると考えられる。ここでは、収支比を目標ラインの指標としたときのバストリガー契約の成立条件について検討を行う。この場合の成立条件は次式群を満足する料金と運行本数の集合 (p, f) である。

$$\alpha \cdot p \cdot d(p, f) / (\beta \cdot l \cdot f) \geq r_0 \quad (11a)$$

$$c \cdot f \geq d(p, f) \quad (11b)$$

個人の選択確率

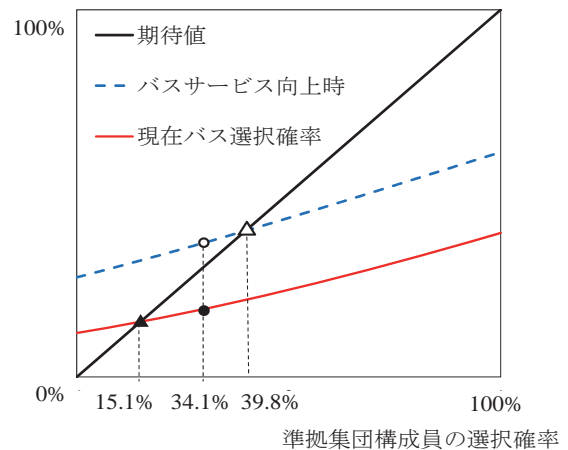


図-5 選択シェアとバストリガー制導入後の均衡解

$$f \geq f_0 \quad (11c)$$

$$p \leq p_0 \quad (11d)$$

ここで、 c はバス1台当たりの定員(30人/台)、 α は前出の拡大率、 β は単位距離当たり運行費用(円/km)、 l は区間距離、 $d(p, f)$ はバス利用需要である。また、式(11a)はバストリガー制導入後の収支比(=総収入/総費用)が導入前の収支比実績 $r_0(=1.134)$ を下回らないという制約、式(11b)は提供されるバス輸送容量が需要を下回らないという積み残し無し制約、式(11c)と(11d)は、それぞれバストリガー制導入後は導入前のバス料金と運行回数水準 (p_0, f_0) を悪化させないという条件である。

これらの成立条件を満足する (p, f) の集合を下記方法で探索した。

Step-1: 料金 p を現行の190円から順次、10円ずつ減少させる。

Step-2: 運行間隔 f を現行の10分/回を1分ずつ密にする。

Step-3: このときの (p, f) の値を用いて均衡方程式から均衡解を求め、この解が式(11a)と(11b)の制約条件を満足すれば、バストリガー契約の成立条件の解集合に入れて、Step-2へ、そうでなければStep-1へ戻る。

バストリガー契約が成立する料金と運行間隔の集合領域とその時の収支率を図-6に示す。36組の解集合の中で収支比が最大となるのは150円、9分/本で収支比2.38となる。また、80円未満の料金では、バストリガー契約は成立しない。

図-7には、式(12)に示す料金収入(利用者数)を基準とする現在の金沢バストリガー契約が成立する領域を示す。

$$\alpha \cdot p \cdot d(p, f) / p_0 > d_0 \quad (12)$$

ここで、 d_0 は利用者数の目標ラインである。

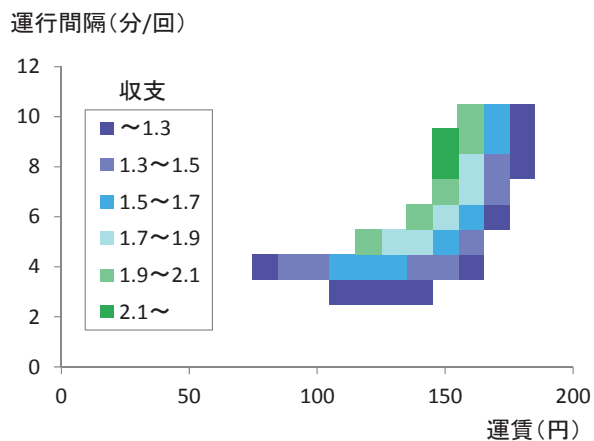


図-6 収支比によるバストリガー契約成立条件

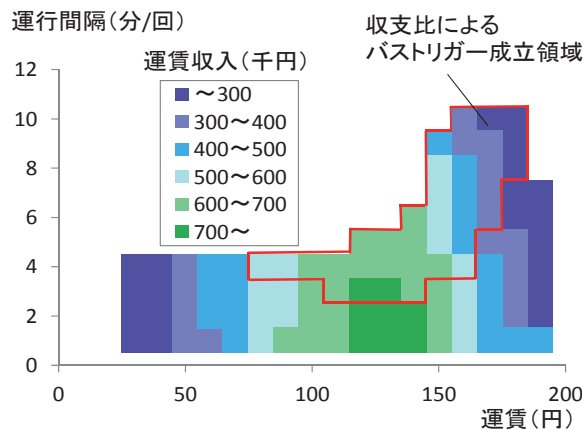


図-7 料金収入によるバストリガー契約成立条件

解集合は98組あり、全190組中の約半分で成立可能という結果になった。図-6と比較すると、金沢バストリガー契約の成立領域はかなり広いために、赤字となってもトリガー契約を継続しなければならないことが分かる。

6. おわりに

以下に、本研究で得られた主な成果を記す。

- 1) バストリガー制が導入された状況を想定した独自のSP調査を設計し、実施した。
- 2) この調査から得られたデータを用いて推定された手段選択モデルより、手段選択に対する個人の意志決定に集団の意志決定結果である社会的相互作用が働いていることが確認された。
- 3) 被験者に対して、バストリガー制の廃止、存続といった情報を提供することで、被験者に責任感や危機感のようなものが働き、バスをより選択しやすくなるという結果が得られた。
- 4) 推定したモデルから得られる均衡方程式より、バスの選択確率の曲線を導出し均衡解を導くことで、各準拠集団の現在のバス利用率が今後どのように変化していくのかを明らかにした。
- 5) 金沢バストリガー契約のように、基準年の料金収入を指標としたトリガー契約では赤字になる場合もあることが検証された。

6) このようなことを回避するためには、基準年の料金収入や利用客数ではなく、適切なサービス供給によって増加する費用をも考慮した収支を指標とすべきである。

参考文献

- 1) 熊本市におけるバス交通のあり方検討協議会：熊本市におけるバス交通のあり方検討業務報告書，2010。
- 2) Manski, C.: Identification of endogenous social effects: the reflection problem, *Review of Economic Studies*, Vol.60, pp.531-542, 1993.
- 3) Brock, W. and Durlauf, S.: Discrete choice with social interactions, *Review of Economic Studies*, Vol.68, pp.235-260, 2001.
- 4) Brock, W. and Durlauf, S.: Interactions-Based Models, In J. Heckman and E. Leamer (eds.), *Handbook of Econometrics*: Vol. 5, Elsevier Science, Amsterdam, pp.3297-3380. 2001.
- 5) 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，東京大学学位論文，2004。
- 6) 原祐輔：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—バストリガー制度を例としたSP実験とシナリオ評価—，平成20年度東京大学大学院修士論文，2008。
- 7) 金沢バストリガーに関する報告書，金沢市，2010。

(2012. 2. 25 受付)

A STUDY ON A DEMAND MODEL
AND CONTRACT CONDITIONS FOR BUS-TRIGGER SYSTEM

Shoshi MIZOKAMI, Yasunori KAJIWARA and Takuya MARUYAMA

Bus-trigger system is a scheme that bus operation companies and users aim for an improvement in both bus services and the number of passengers by neutral consent. The first aim of this study is to design and conduct a stated preference survey in laboratory using Web and to estimate an individual discrete choice model with social interactions effects for Bus-trigger system. After an aggregated behavioral outcomes and the target index are introduced, the effectiveness of Bus-trigger contract criterion based on the balance ratio is investigated.