

市民の利他的態度に着目した公共交通の持続可能性に関するゲーム理論的考察

A Game Theory Approach Focused on Citizen's Attitude Types to Sustainability of Public Transport

都市基盤計画分野 越智雅樹

公共交通の持続性は市民の利用行動に依存している。本研究では市民態度のうちの利他性と長期的視野に着目して非協力ゲーム理論によってアプローチする。まずアンケート結果から市民の公共政策に対する潜在的態度の分布を明らかにする。次に、市民のバス・マイカー選択を理論モデルで定式化し、Bus Captive 層の存在が自動車利用から公共交通利用への転換行動に影響することを示す。最後に、Bus Captive 層を増やす政策を考え、公共交通利用促進効果分析のモデル適用例を示す。

Sustainability of public transport depends on the use behavior of citizens. In this study, the non-cooperative game theory approach focused on the long-term oriented and altruistic attitude of citizen's attitudes is performed. First of all, the distribution of potential attitudes of citizens to public policy is clarified by questionnaire data. Next, citizen's choice of car/bus is modeled by game theory and Bus Captive type can affect the behavior shift from car use to public transport use. Finally, an example of the effect of policy to increase the Bus Captive to promote public transportation users is showed.

1. 研究の背景と目的

公共交通は高齢者に対して買い物や通院などの基礎的な活動の機会を保証する役割を担っているが、モータリゼーションの進展によって公共交通の衰退が各地で深刻化している。特にバス事業においては、行政による補助金等によって、首の皮一枚で存続している路線が多数を占める状況にある。根本的な解決策としては、自動車利用から公共交通利用への転換を促す制度的インセンティブを付与することが考えられる。実際に、交通エコポイント制度やインセンティブ制度など数多くの制度が実施されているが、公共交通を利用する市民は多くない。

公共交通の問題に対しては市民の利己的、短期的な欲求と、利他的、長期的な態度の相克を取り扱った研究成果が公表されている。その中でも、本橋ら¹⁾は、公共交通の持続性を高めることに対する市民の行動を長期的視野と利他性に着目して非協力ゲーム理論を用いた分析を行っている。この研究は、社会意識で市民をグループ化して、公共交通政策を評価する理論モデルを構築した点に意義がある。しかし、問題を極度に単純化しており、特にプレイヤー(市民グループ)を2者としているために実在の都市における政策導入には

プレイヤー設定などを改善した新たなモデルによる詳細な分析が必要である。

本研究では、アンケートデータを分析して市民の公共政策に対する潜在的態度の分布を明らかにするとともに、プレイヤー数を拡張した公共交通政策を評価する理論モデルを提案する。

2. アンケート結果による市民のタイプ分け

(1) 概要

ゲームのプレイヤーを設定するにあたり、公共政策に対する市民の潜在的態度の分布を明らかにする。本研究では、大阪府和泉市で2010年に実施されたアンケート調査²⁾の自由記述データを用いて、市民の意見タイプを分類する。この調査は、和泉市民の公共交通に対する意見や利用状況の実態を知るために実施されている。アンケートにはコミュニティバス(コミバス)に関して平成19年度の運行便数や利用者数、運行経費、料金収入、市負担金等の経営指標が記載されており、自由記述の多くは、この経営指標を踏まえた政策評価と見做せる内容である。

ここでは、アンケート回答者(17,310世帯)の中でも、

67世帯を分類の対象とする。これらは地域特性が偏らないように町会単位で再サンプリングした世帯³⁾のうち問15「自分自身が出来ただけ乗って赤字減らしに協力したい」に「強く賛成」と答え(586世帯)、さらに自由記述があるものである。これらは、公共政策に対する利他的態度が高いと予想される。

(2) 分類の方法

表-1のように「コミバス利用」、「自分にとって必要」、「地域にとって必要」の分類項目を設定する。ここでは、問「週1回以上コミバスを利用している」に「はい」と回答しているかどうか、また、自由記述において「コミバスの廃止は困ります」といったコミバスが“自分にとって必要なもの”と考えている内容を記しているかどうか、「コミバスは高齢者にとって必要です」といった“地域にとって必要なもの”と考えている内容を記しているかどうか、を世帯毎に調べている。これらは表-2の通り8通りのタイプ分けが可能であるが、タイプの特徴が似ているものをまとめると「絶対的コミバス必要者タイプ」「コミバス利用者タイプ」「サービス域外不満タイプ」「利他性高い/きれいごとタイプ」「その他」に分類される。「その他」に該当する世帯は、表-3の5タイプに別途分類する。

表-1 タイプ分け項目

タイプ分け項目	項目の説明
コミバス利用	「週1回以上コミバスを利用している」という問いに対して「はい」と回答
自分にとって必要	自由記述欄に「コミバスの廃止は困ります」等を回答
地域にとって必要	自由記述欄に「コミバスは高齢者にとって必要です」、あるいは「コミバスの利用者を増やすためには〇〇の解決策が有効です」等を回答

表-2 意見タイプの分類

番号	コミバス利用	必要性に関する記述		タイプの名称
		自分にとって必要	地域にとって必要	
①	○	○	○	絶対的コミバス必要者
②	○	○	○	
③	○		○	コミバス利用者タイプ
④	○		○	
⑤		○	○	サービス域外不満タイプ
⑥		○	○	
⑦			○	利他性高い/きれいごとタイプ その他
⑧			○	

表-3 その他のタイプ分け

No.	「その他」のタイプ分け
a)	サービス域外不満タイプ
b)	構造的なサービスに対する不満/たまに利用タイプ
c)	(南海バスに対して)運賃の安さによる不満タイプ
d)	行政に対する不満タイプ
e)	将来利用希望タイプ

(3) 分類の結果

分類の結果は、表-4の通りである。「利他性高い/きれいごとタイプ」(26.9%)は、タイプ分け項目のうち、「地域にとって必要」のみに該当する。このタイプはコミバス非利用者であり、自由記述において「コミバスは(高齢者や交通弱者にとって)必要である」や「コミバスの利用が増えるような改善策」などを記述しており、利他性が比較的高いと考えられる。一方、利他性が高い市民は「絶対的バス必要者タイプ」(11.9%)の存在を考えて行動することが予想される。このタイプはコミバス利用者であり、自由記述において、「コミバスが無くなると困ります」などを記入している。

表-4 意見タイプの分類結果

分類項目	No.	市民の意見タイプ(67世帯)	
①②	(1)	絶対的コミバス必要者タイプ	8 11.9%
③④	(2)	コミバス利用者(潜在的な非利用者)タイプ	23 34.3%
⑦	(3)	利他性高い/きれいごとタイプ	18 26.9%
⑤⑥a)	(4)	サービス域外不満タイプ	3 4.5%
b)	(5)	構造的なサービスに対する不満/たまに利用タイプ	9 13.4%
c)	(6)	運賃の安さに対する不満タイプ	4 6.0%
d)	(7)	行政に対する不満タイプ	1 1.5%
e)	(8)	将来利用希望タイプ	1 1.5%
		合計	67 100.0%

3. 4 プレイヤーによる基本ゲーム

(1) ゲームの基本設定

本研究では十分なサービス水準の公共交通が整備された都市を仮定する。たとえば、交通空白地に自治体が運営主体として運行するコミュニティバス(コミバス)が整備されている都市である。しかし、たとえコミバスが整備されたとしても市民が必要を感じ、継続的に利用されなければ長期的に存続していくことは難しい。ここでは市民が有する利他性と長期的視野が市民の公共交通利用に影響し、その結果将来の公共交通の状況に影響を及ぼすと考える。

本橋ら¹⁾と同様にゲームを2期で構成する。期の長さは20~30年である。プレイヤーは第1期において、1)公共交通を積極的に利用する(選択肢P)、2)従来通り自動車を利用する(選択肢C)のいずれかを選択するものとする。この選択は第2期における公共交通のサービス水準に影響し、第2期における個人の利得に影響するものとする。そして、自動車と公共交通を選択するにあたり、自らの利得と他者の利得の衡量を、利他性パラメータqの導入によって表す。また、現在の利得と将来得られるであろう利得を考えて行動する市民には、長期的視野を表すパラメータθを導入する。

ここでいう利得とは、自動車と公共交通を選択した際に得られる客観的な利得である。それに対して、利

他性や長期的視野といった主観的な要素によって左右される価値も含めた総合的な満足感を効用と呼ぶ。プレイヤーはより高い効用を求めて合理的に行動すると仮定する。これらの導入概念を図-1に示す。ただし、本橋ら¹⁾のようにプレイヤー設定においては高齢世代と若者世代の2タイプとするのではなく、意見タイプの分類結果を踏まえてプレイヤーのタイプを拡張する。

Player1の効用 = $(1-q) \times \text{自らの利得} + q \times \text{他者の利得}$ Player2の効用 = 第1期の利得 + $\theta \times \text{第2期の利得}$ q : 利他性パラメータ($0 < q < 1$) θ : 長期的な視野を表すパラメータ($0 < \theta < 1$) 第1期: プレイヤーが自動車を運転できる期間 第2期: プレイヤーが自動車を運転できなくなる期間
--

図-1 利他性と長期的視野の導入概念

(2) プレイヤー

プレイヤー設定として、表-5の4タイプを想定する。Irrational Type(IT)においては、表-4の「利他性高い/きれいごとタイプ」に相当する。経済学の立場から考えると、このタイプは心情に左右されて行動する“非合理的”なタイプといえる。

Rational Type(RT)においては、表-4の(2)、(4)、(5)、(6)、(7)、(8)に相当する。これらのタイプは異なる名称を付けているが、自己の利得を考えた上で合理的に行動している点では似ていると考えられる。

Bus Captive(BC)においては、表-4の「絶対的コミバス必要者タイプ」に相当する。また、それに対するプレイヤーとして Car Captive(CC)を設定する。CCは、意見タイプの分類結果でいうところのアンケート無回答の市民を想定している。

ITとRTは第1期においてCあるいはPの選択肢を持ち、これらのタイプの代表的な2人をプレイヤーに設定する。一方、BCとCCは選択肢を固定し、これらのタイプはそれぞれ y_{BC} 、 y_{CC} 人存在するとする。

表-5 プレイヤー設定

No	プレイヤーの名称(略称)	選択肢	比率
I	Irrational Type(IT)	C or P	1
II	Rational Type(RT)	C or P	1
III	Bus Captive(BC)	P	y_{BC}
IV	Car Captive(CC)	C	y_{CC}

(3) 効用の定式化

1) 第1期の利得

プレイヤーが第1期にPを選択した場合に得られる利得を B_P^1 、Cを選択した場合に得られる利得を B_C^1 とお

く。そして、C選択時の利得は、P選択時の利得より高いとする。ただし、BCとCCについては、それぞれ $B_{P,BC}^1$ と $B_{C,CC}^1$ しか持たないため、(1)式は適用されない。

$$B_{P,k}^1 < B_{C,k}^1 \quad (1)$$

2) 第2期の利得

RTが第2期の公共交通利用によって得られる利得 B_P^2 は第1期における公共交通利用者数により影響を受けるとする。第1期における公共交通利用者が n 人である時、 $B_{P,k}^2 = B_{(n)}^2$ と表せるものとし、 n ($0 \leq n \leq 2 + y_{BC}$)が大きいほど利得が大きいと仮定する。

$$B_{(n)}^2 < B_{(n+r)}^2 \quad r: \text{任意の実数} \quad (2)$$

$$B_{(n+1)}^2 - B_{(n)}^2 < B_{(n+2)}^2 - B_{(n+1)}^2 \quad (3)$$

RTの利得の和の大小関係を第1期に全てのプレイヤーが公共交通を利用したとき($B_{P,RT}^1 + B_{2+y_{BC}}^2$)が最大になると仮定する。

$$B_{C,RT}^1 + B_{y_{BC}}^2 < B_{C,RT}^1 + B_{1+y_{BC}}^2 < B_{P,RT}^1 + B_{2+y_{BC}}^2 \quad (4)$$

3) プレイヤー毎の効用

次に、各プレイヤーの効用を考える。今まで考えてきた利得が客観的な価値であったのに対し、効用は利他性や長期的視野など主観的な要素によって左右される価値も含めた相対的な満足感であるとする。

ITは、自らの利得と他者の利得を考えて行動するとし、両者の相対的な影響度を表す重みとして、利他性パラメータ q を導入する。ITは、第2期において、自らの利得を考えず、RTとBCの利得については考えて行動するとする。以上より、ITの効用は、(5)式のように表される。なお、各プレイヤーの行動の組合せを{IT,RT,BC,CC}とし、 $y_{BC}B_{P,BC}^1 + y_{CC}B_{C,CC}^1 = \Delta B$ と表せるものとしている。

$$U_{IT} = \begin{cases} (1-q)B_{P,IT}^1 + q\{(B_{P,RT}^1 + B_{(2+y_{BC})}^2) + y_{BC}B_{(2+y_{BC})}^2 + \Delta B\} & \text{if}\{P, P, P, C\} \\ (1-q)B_{P,IT}^1 + q\{(B_{C,RT}^1 + B_{(1+y_{BC})}^2) + y_{BC}B_{(2+y_{BC})}^2 + \Delta B\} & \text{if}\{P, C, P, C\} \\ (1-q)B_{C,IT}^1 + q\{(B_{P,RT}^1 + B_{(1+y_{BC})}^2) + y_{BC}B_{(1+y_{BC})}^2 + \Delta B\} & \text{if}\{C, P, P, C\} \\ (1-q)B_{C,IT}^1 + q\{(B_{C,RT}^1 + B_{(y_{BC})}^2) + y_{BC}B_{(y_{BC})}^2 + \Delta B\} & \text{if}\{C, C, P, C\} \end{cases} \quad (5)$$

RTは、自らの利得でのみ判断する。ただし、利得は、第1期の利得と第2期の利得で構成され、第2期における利得の重要度として長期的視野を表すパラメータ θ を導入する。以下に、RTの効用を示す。プレイヤーを拡張するためCとPの選択肢を持つプレイヤーを2

人。それに対して BC と CC は選択肢を固定している。

$$U_{RT} = \begin{cases} B_{P,RT}^1 + \theta B_{(n)}^2 (P \text{ を選択したとき}) \\ B_{C,RT}^1 + \theta B_{(n)}^2 (C \text{ を選択したとき}) \end{cases} \quad (6)$$

(4) 均衡解

各プレイヤーが相手の選択に応じて自らの行動を決めるものとし、双方のプレイヤーが最適応答対応となることを均衡解と定義する。ここでは混合戦略まで考慮した均衡解を求める。

ここで、各プレイヤーは相手の行動の選択確率によって、IT が P を選択する確率 α_1 、C を選択する確率 $1 - \alpha_1$ 、RT が P を選択する確率 α_2 、C の選択確率 $1 - \alpha_2$ をそれぞれ決定するものとする。このとき、均衡解は f, g と α_1, α_2 の大小関係によって表-6 のように 9 通り存在しうる。ここに、 f, g は式(7)、(8)に定義され、IT と RT の利用行動を表す指標であると解釈できる。

図-2 には、表-6 の結果から各プレイヤーの行動を $f-g$ 平面上で表した図を示している。

$$f = \frac{\frac{1}{\theta}(B_{C,RT}^1 - B_{P,RT}^1) - (B_{(1+y_{BC})}^2 - B_{(y_{BC})}^2)}{(B_{(2+y_{BC})}^2 - B_{(1+y_{BC})}^2) - (B_{(1+y_{BC})}^2 - B_{(y_{BC})}^2)} \quad (7)$$

$$g = \frac{\frac{(1-q)}{q(1+y_{BC})}(B_{C,RT}^1 - B_{P,RT}^1) - (B_{(1+y_{BC})}^2 - B_{(y_{BC})}^2)}{(B_{(2+y_{BC})}^2 - B_{(1+y_{BC})}^2) - (B_{(1+y_{BC})}^2 - B_{(y_{BC})}^2)} \quad (8)$$

表-6 ゲームの均衡解

α_1	α_2	条件
1	1	$1 > f, g$
1	$[0, 1]$	$f = 1, \alpha_2 > g$
1	0	$f > 1, 0 > g$
$[0, 1]$	1	$g = 1, \alpha_1 > f$
f	g	$0 \leq f, g \leq 1$
$[0, 1]$	0	$g = 0, \alpha_1 < f$
0	1	$0 > f, 1 < g$
0	$[0, 1]$	$f = 0, \alpha_2 < g$
0	0	$f, g > 0$

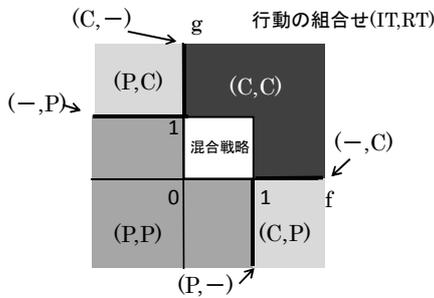


図-2 ゲームの均衡解($f-g$ 平面)

(5) 均衡解に関する考察

各プレイヤーが P を選択する選択確率 α_1, α_2 は f, g

に支配されており、図-2 から考察すると f, g が 1 より小さくなると、各プレイヤーが選択肢 P を取り得る。 f, g の値を小さくするためには、

① θ を大きくする

② q を大きくする

③ $B_{C,IT}^1 - B_{P,IT}^1, B_{C,RT}^1 - B_{P,RT}^1$ など、第 1 期における自動車と公共交通選択時の利得の差を小さくする。

④ $(B_{(1)}^2 - B_{(0)}^2), (B_{(2)}^2 - B_{(1)}^2)$ の差を大きくするとともに、 $(B_{(1)}^2 - B_{(0)}^2)$ の値を大きくする

⑤ y_{BC} を大きくする

の 5 つの方策が考えられる。現実の方策との対応関係について、本橋ら⁽¹⁾によると、①は情報提供やバストリガー制度、②は利用促進表彰制度や交通エコポイント制度、③、④は公共交通の割引制度や自動車利用者へのディスインセンティブなどが考えられる。本研究では新たに⑤の方策を考える。これは運転免許証の自主返納制度が効果的である。

次に、 $\theta-q$ 平面における均衡解を求める(図-3)。ここでは、 $y_{BC} = 0, y_{CC} = 0$ とした IT と RT の 2 人ゲームの場合と、4 人ゲームの場合を考える。ただし、ここでは、

$$\theta_0^{(2)} = \frac{B_{C,RT}^1 - B_{P,RT}^1}{B_{(1)}^2 - B_{(0)}^2}, \quad \theta_1^{(2)} = \frac{B_{C,IT}^1 - B_{P,IT}^1}{B_{(2)}^2 - B_{(1)}^2}$$

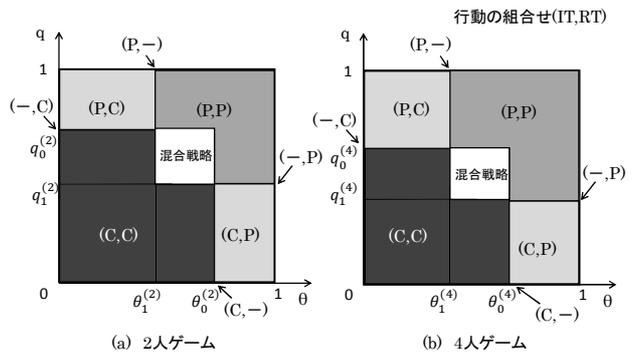
$$q_0^{(2)} = \frac{B_{C,IT}^1 - B_{P,IT}^1}{(B_{C,IT}^1 - B_{P,IT}^1) + (B_{(1)}^2 - B_{(0)}^2)}, \quad q_1^{(2)} = \frac{B_{C,IT}^1 - B_{P,IT}^1}{(B_{C,IT}^1 - B_{P,IT}^1) + (B_{(2)}^2 - B_{(1)}^2)}$$

$$\theta_0^{(4)} = \frac{B_{C,RT}^1 - B_{P,RT}^1}{B_{(1+y_{BC})}^2 - B_{(y_{BC})}^2}, \quad \theta_1^{(4)} = \frac{B_{C,RT}^1 - B_{P,RT}^1}{B_{(2+y_{BC})}^2 - B_{(1+y_{BC})}^2}$$

$$q_0^{(4)} = \frac{B_{C,IT}^1 - B_{P,IT}^1}{(B_{C,RT}^1 - B_{P,RT}^1) + (1+y_{BC})(B_{(1+y_{BC})}^2 - B_{(y_{BC})}^2)}$$

$$q_1^{(4)} = \frac{B_{C,IT}^1 - B_{P,IT}^1}{(B_{C,RT}^1 - B_{P,RT}^1) + (1+y_{BC})(B_{(2+y_{BC})}^2 - B_{(1+y_{BC})}^2)}$$

としている。この図より、 θ, q がある一定以上の値になるとき(図の右上の領域)望ましい均衡解(P,P)が導かれるが、そこまで大きくないときは他の均衡解となり得る。



(a) 2人ゲーム

(b) 4人ゲーム

図-3 ゲームの均衡解($\theta-q$ 平面)

(6) 2人ゲームと4人ゲームにおける均衡解の比較

次に、図-4のように2人ゲームと4人ゲームの均衡解をまとめ、両者の均衡解を比較する。以下のような差異があることがわかった。

2人ゲームの場合、公共交通を選択するプレイヤーを少なく見積もって評価している。これは、公共交通の持続性が利用者の増加により確保されるとしたならば安全側の評価をしていると判断できる。逆に、4人ゲームにおいては、自動車を選択するプレイヤーを少なく見積もって評価している。

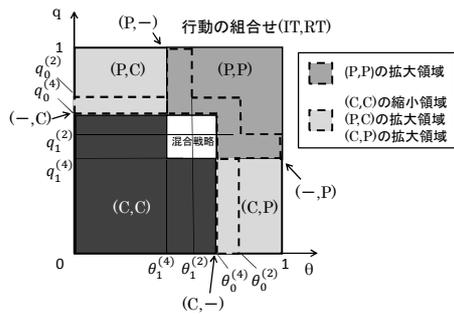


図-4 2人ゲームと4人ゲームにおける均衡解

(7) 限界利得構造の均衡解への影響

いままでは、式(3)を仮定して均衡解を導出した。しかし、実在の都市においては、式(9)の状態も考えられる。ここでは、式(3)を限界利得通増状態、式(9)を限界利得通減状態と呼び、均衡解への影響を考察する。(以下、通減状態、通増状態)

$$B_{(n+1)}^2 - B_{(n)}^2 < B_{(n+2)}^2 - B_{(n+1)}^2 \quad (9)$$

図-5には、通増状態と通減状態における均衡解を示す。図中の矢印は、2人ゲームから4人ゲームの変化を表している。通増状態では矢印が原点方向を指しており、BCの存在によって(C,C)の縮小および(P,P)の拡大が生じるが、通減状態では矢印が逆の方向を指しており、(C,C)の拡大および(P,P)の縮小が生じることがわかった。

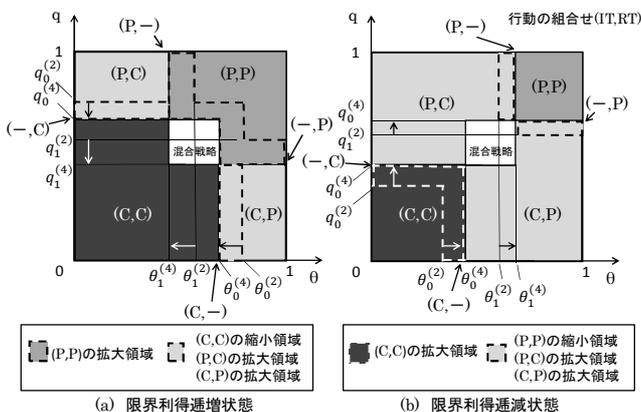


図-5 限界利得構造における均衡解の影響

4. 理論モデルによる政策効果の検証例

基本ゲームを踏まえ、公共交通の持続性を高める政策を導入する。ここでは、BCを増やす政策として、「免許返納制度」を導入することを考え、本研究で提案した理論モデルにより公共交通利用促進効果を検証する。ここでの効果は、(P,P)の拡大と(C,C)の縮小を算出することによって判断する。

(1) 免許返納制度

運転免許証の自主返納制度を参考にし、免許に年齢制限を設ける政策を導入する。たとえば、70歳以降は免許を強制的に返納しなくてはならないこととする。免許返納後の市民は、公共交通の選択肢しか持たなくなり、Bus Captiveになりうる。ここで、免許返納後の市民は、タクシーや家族に送って貰うなどの手段があるが、これは金銭的な問題や家族の事情などが存在し必ずしも普遍的な手段ではない。ここでは、「免許返納制度」により、BCがS人に増加するとする。

(2) 各プレイヤーの人数

アンケートデータを参考にして人口10万人の都市を想定し、各プレイヤーの人数を表-7のように設定した。

和泉市では、年間あたりのコミバス利用者数が約12万人であることから、BCの人数を推測する。通常利用者は“往復で利用する”と考えられ、コミバス利用者においては、通勤・通学目的というよりは買い物・通院目的が多いと考えられる。そこで、利用者1人あたりの年間利用日数は120日が妥当であると考えられる。以上より、BCの人数を400人に設定する。

意見タイプの分類結果を参考にすると、「利他性が高いきれいごとタイプ」と「絶対的コミバス必要タイプ」の割合がそれぞれ約27%、約12%であることから、両タイプに相当するIT,BCの比率は9:4≒1:0.4とする。

表-7 各プレイヤーの人数と比率

プレイヤー名称	人数(人)	比率
Irrational Type(IT)	1,000	1
Rational Type(RT)	1,000	1
Bus Captive(BC)	400	0.4
Car Captive(CC)	97,600	97.6
計	10,000	100

(3) 自動車の超過利得について

$B_C^1 - B_P^1$ を表-8のように3通りに場合分けして均衡解を導出すると、図-6のようになる。ここでは利得の

設定を過増状態としている。

(4) 政策導入による効果の検証

ここでは、(P,P)の拡大領域と(C,C)の縮小領域の例を示す。Case1では $B_C^1 - B_P^1 = 1.5$ 、Case2では $B_C^1 - B_P^1 = 0.9$ 、Case3では $B_C^1 - B_P^1 = 0.4$ と設定し、第2期における利得 $B_{(n)}^2$ を(10)式に従うとすると、表-9のように政策導入による効果を(P,P)の拡大領域と(C,C)の縮小領域によって評価することができた。

$$B_{(n)}^2 = \frac{1}{4}n^2 \quad (0 \leq n \leq 2 + y_{BC+s}) \quad (10)$$

表-8 $B_C^1 - B_P^1$ の設定

Case1	$B_{(1+y_{BC})}^2 - B_{(y_{BC})}^2 < B_{(2+y_{BC})}^2 - B_{(1+y_{BC})}^2 < B_C^1 - B_P^1$
Case2	$B_{(1+y_{BC})}^2 - B_{(y_{BC})}^2 < B_C^1 - B_P^1 < B_{(2+y_{BC})}^2 - B_{(1+y_{BC})}^2$
Case3	$B_C^1 - B_P^1 < B_{(1+y_{BC})}^2 - B_{(y_{BC})}^2 < B_{(2+y_{BC})}^2 - B_{(1+y_{BC})}^2$

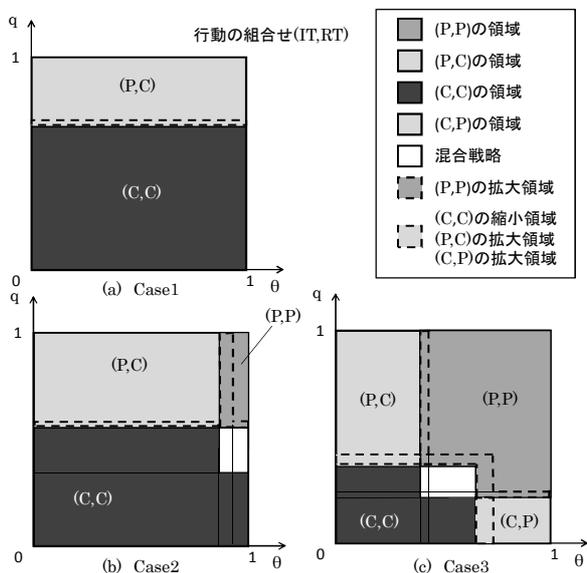


図-6 自動車の超過利得による均衡解への影響

表-9 制度導入による効果

	(P,P)の拡大領域	(C,C)の縮小領域
Case1	-	0.01
Case2	0.023	0.036
Case3	0.047	0.02

5. おわりに

本研究では、公共交通の持続性を高めるためには市民が積極的に公共交通を利用する必要があるという観点から、市民の公共交通に対する潜在的な態度を明らかにし、公共交通の持続性に関する政策を評価するモ

デルを構築した。その結果、以下の成果を得た。

- 「利他性の高い市民」と「絶対的コミバス必要者タイプ」の存在を明らかにし、自由記述において、前者は「自分自身は公共交通を利用しないが、高齢者にとってコミバスは必要な移動手段であるため、たとえコミバスの存続に掛かる費用を市が負担しても良い」、後者は「コミバスが無いと困ります」などを記述している。
- プレイヤーの多い4人ゲームの方が高い精度だとすれば、2人ゲームによる理論モデルは公共交通利用者数を少なく見積もって評価していることがわかった。また、この原因は Bus Captive の存在を無視していることにあるが、本研究により Bus Captive は現実の世界において少なくない数で存在していることが確認できた。
- 過増状態では矢印が原点方向を指しており、BCの存在によって(C,C)の縮小および(P,P)の拡大が生じるが、過減状態では矢印が逆の方向を指しており、(C,C)の拡大および(P,P)の縮小が生じることがわかった。
- 本研究で提案した、公共交通政策を評価する理論モデルにより免許返納制度導入による効果を(P,P)の拡大領域と(C,C)の縮小領域によって評価することができた。

本研究では、Car Captive(CC)をプレイヤーに設定したにもかかわらず、プレイヤーの行動に影響を及ぼさなかった。しかし、実在の都市においてCCは市民の行動に影響を及ぼすと考えられる。たとえば、CCが多ければ交通渋滞が起り、自動車選択時の利得が過減する、あるいは、CCの増加に伴いCO₂の排出量が増えると環境が悪化するなどである。また、時間的な流れを考慮した新たな動学モデルの構築も必要である。これらの点に関しては今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 本橋純一, 屋井鉄雄: 都市交通システムの持続可能性と市民の役割に関するゲーム理論的考察, 土木計画学研究講演集, Vol.44, PP.1-10, 2011.11
- 2) 和泉市の公共交通(コミュニティバスなど)に関する住民アンケート調査, 2010.10
- 3) 三浦裕貴, 内田敬, 日野泰雄, 吉田長裕: 官民情報ギャップの実態 - コミュニティバスの事例において -, 土木学会関西支部年次学術講演会, 2012.7
- 4) 鈴木光男: ゲーム理論の世界, 勁草書房, 1999

質疑と回答

【質問 1】

第 2 期の利得の考慮は全てのプレイヤーに共通しているのか。第 2 期の利得において CC はどうなっているのか。 (日野先生)

【回答】

第 2 期の利得の考慮に関しては、Rational Type (RT) と Bus Captive (BC) に対してのみ考慮し、Irrational Type (IT) と Car Captive (CC) に対しては考慮していない。

本研究では、ゲームの期を第 1 期と第 2 期で構成している。第 1 期においてプレイヤーは自動車と公共交通を選択する。そして、第 2 期においては、プレイヤーは高齢のため自動車を運転できない状況となる。さらに、第 2 期における公共交通サービスは、第 1 期の公共交通利用者数により影響を受けると仮定している。そして、他者の利得を考えて選択するプレイヤー、IT は、RT と BC の第 2 期の利得をも考えて行動する。しかし、CC に対しては第 2 期の利得でのみ判断している。ここでは、IT は自動車しか運転しない CC に対して利他的に行動するのではなく、公共交通を既に必要としている BC に対して利他的に行動するだろうと考えている。

しかしながら、問題は、CC の存在がプレイヤーの選択行動に影響を及ぼさないことである。たとえば、CC の多くいる都市では、渋滞が起これ自動車選択による利得が小さくなるだろう。あるいは、自動車の利用過多は、CO₂ 排出による環境を悪化させる。プレイヤーの効用を定式化する際考慮する必要があるだろう。本論文では、この点について今後の課題として挙げている。

【質問 2】

今回のプレイヤーの定式化の意図は何か。 (内田先生)

【回答】

本研究では、利他性を導入したプレイヤーと長期手視野を導入したプレイヤーの利用行動に関する相互依存状況を意図してプレイヤーの効用を定式化している。利他性のあるプレイヤーは、相手の行動を考えて自らの行動を選択する。また、将来を考えるプレイヤーは、相手の第 1 期の行動が自らの将来の利得に影響を及ぼすため、相手の行動を考えて自らの行動を選択する。このような相互依存状況に着目したことが本研究の意義であると考えている。

$$\begin{aligned} \text{Player1の効用} &= (1-q) \times \text{自らの利得} + q \times \text{他者の利得} \\ \text{Player2の効用} &= \text{現在の利得} + \theta \times \text{将来の利得} \end{aligned}$$

ここで、 q :利他性パラメータ($0 < q < 1$) θ :長期的な視野を表すパラメータ($0 < \theta < 1$)

図 1 利他性と長期手視野の導入概念

【質問 3】

理論モデルの検証はどのようにできるのか。また、閾値と社会との対応関係は。 (山口先生)

【回答】

実際の都市において計測された政策導入による公共交通利用促進効果と理論モデルによる公共交通利用促進効果を比較検討することで検証できると考えている。理論モデルでは、利用行動の閾値には自動車の利得と公共交通の利得の差が影響していた。実際の都市と比較検討するためには、交通手段により得られる利得を数量化しなければならない。利得の数量化には、運賃や旅行時間などを検討することで求められるだろう。

【質問 4】

理論モデルにより得られた公共交通の持続性に関する知見と運転免許証の自主返納制度との対応関係は。
(吉田先生)

【回答】

理論モデルにより **Bus Captive** 層の存在が公共交通利用への転換行動に影響を及ぼすことが示されている。運転免許証の自主返納制度は、この **Bus Captive** 層の増加に寄与すると考えられる。