

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420544

研究課題名(和文) 選択肢集合の異質性を考慮した公共交通利用促進方策の検討と地域全体に及ぼす効果分析

研究課題名(英文) Consideration of promotion of public transportation usage considering heterogeneity in transportation choices and its' effect onto transportation network

研究代表者

嶋本 寛 (Shimamoto, Hiroshi)

宮崎大学・工学部・准教授

研究者番号：90464304

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まずバスサービスに対する満足度および認知と選択肢集合の関係を明らかにするために仮説を指定し、統計的に検証した。その結果、バスネットワークの認知度が高い人ほどバス利用の満足度が高くなり、さらにバス満足度が高い人ほどバスを選択肢集合に含む傾向にあり、最終的にバスが選択される傾向にあることを確認した。次に、選択肢集合が交通ネットワークに及ぼす影響を評価するためのツールとして、選択肢集合の異質性を考慮した分担・配分統合モデルを構築し、仮想ネットワークに適用してモデルの特性について分析した。

研究成果の概要(英文)：We firstly summarise the satisfaction factors by factor analysis and analyse the correlation between the satisfaction of the bus service, the recognition of the bus service and whether the bus is included in the choice set. Then, we apply a structural equation analysis to evaluate the interdependency of these factors. As a result, we reveal that the recognition of bus network affects the satisfaction of the bus service, and the satisfaction of the bus service affects whether the bus is included in the choice set.

Then, in order to evaluate the effect of heterogeneity of choice set onto transportation network, we further proposes a combined mode and route choice equilibrium model considering heterogeneity in mode choices in order to measure the influence of inherent mode preferences and cost sensitivities on network flows. As the result of case study, we find that a change in class composition affects the overall mode choice ratio without changing the network level of service.

研究分野：交通計画，交通工学

キーワード：選択肢集合 異質性 統合型均衡配分モデル 認知 満足度 共分散構造分析

### 1. 研究開始当初の背景

高度経済成長期以降、誰もが当たり前のよう  
に自動車免許を保有するようになり、その  
ため公共交通利用者は年々減少の一途を辿  
っている。したがって、各地で公共交通の利  
用促進に向けた取り組みが行われているもの  
の、十分な成果が得られていない事例も多  
く見受けられる。その一因として、どのよう  
な状況下でも自動車の利用を固執する自動  
車利用キャプティブ層の存在が挙げられる。  
そのため、公共交通のサービスレベルの向上  
といった従来からの施策に加えて、心理的方  
策によって自発的に公共交通への利用転換  
を促すモビリティマネジメントに関する取  
り組みが各地で行われている。このような取  
り組みが効果的に行われるためには、交通機  
関選好意識を把握することが肝要であり、さ  
らに自動車利用に固執するキャプティブ層  
が少なからず存在するため交通行動者の機  
関選択に関する選択肢集合を把握すること  
が重要である。

選択肢集合の形成に関しては、多くの研究  
蓄積があるが、特に交通機関選択における選  
択肢集合の形成においては、自動車の所要時  
間や公共交通のサービス水準や最寄り、目的  
地周辺の駅(バス停)の位置および現地か  
らの距離(あるいは時間)など、交通環境に  
関する認知の程度が影響を及ぼすと考えら  
れるが、選択肢集合の形成に関する既往研究  
でこれらの認知を考慮したものは限られて  
いる。一方、これらの研究は個人レベルでの  
分析であり、域全体に及ぼす効果を評価す  
るときに混雑の影響等を無視するため、施策の  
効果評価にバイアスが生じる恐れある。し  
たがって、選択肢集合の異質性がネットワ  
ークレベルに及ぼす影響を評価可能な手法の構  
築も必要である。

### 2. 研究の目的

本研究では、自動車利用キャプティブ層に  
対して公共交通選択層に転換する方策を行  
ったときの地域全体に及ぼす影響を評価す  
ることを念頭において、交通行動者の交通環  
境に関する認知の程度を考慮した選択肢集  
合を推定する手法論を構築と、選択肢集合の  
異質性を考慮した分担・配分統合モデルの開  
発を行うことを目的とした。

### 3. 研究の方法

上記目的を達成するために、本研究では以  
下の2つのアプローチから研究を行った。

#### (1) 選択肢の異質性を考慮した分担・配分統 合モデルの構築

既往の交通機関選択を内生化した統合型

ネットワーク配分モデルにおいて、すべての  
交通行動者が同一の選択肢集合(自動車と公  
共交通)を有すると仮定しているものがほと  
んどである。そこで、先行研究で構築済みの  
機関選択・配分統合モデルにおいて、機関選  
択の効用関数を選択肢集合の選別と選別さ  
れた選択肢集合からの選択という2段階に拡  
張した機関選択・配分統合モデルを数理問題  
として定式化し、解の存在ならびに一意性と  
いった解の特性に関する検討を加えた。

#### (2) 交通環境の認知に着目した選択肢集合推 定手法の構築

(1)において構築したモデルを実社会に適  
用するにあたり、個人の選択肢集合の選定要  
因を探る必要がある。本研究では既往研究で  
着目されている乗車時間や料金といったLOS  
だけでなく、系統ごとの経路といった路線網  
に対する認知の程度と選択肢集合の形成の  
関係性に着目したアンケート調査を設計し  
た。さらに、アンケート調査データを統計的  
に分析し、選択肢集合の形成に影響を及ぼす  
要因を定性的、定量的の両面から把握した。

### 4. 研究成果

#### (1) 選択肢の異質性を考慮した分担・配分 統合モデルの構築

本研究では、交通機関選択特性の異質性を  
考慮した分担配分統合モデルを構築した。具  
体的には、旅行者を交通機関に対する選好や  
コストに対する感度をもとにして複数のクラ  
スに分類し、各クラスの旅行者をネットワ  
ーク上に同時に配分する分担配分統合モデ  
ルを不動点問題として定式化した。構築した  
モデルにおいて、クラスごとに機関選択に関  
する分散パラメータ $\theta$ と嗜好性を表すパラメ  
ータ $\gamma$ を導入し、旅行者ごとの異質性を表現  
した。なお、本研究では自動車とバスがリン  
クを共有することを仮定しており、旅行時間  
に関してリンク間の相互干渉があるため等  
価な最適化問題に変換できず、また理論的  
には解の一意性が保障されないが、後述する  
仮想ネットワークに適用した結果では数值的  
に唯一解に収束したことを確認している。

構築したモデルを図-1に示す仮想ネット  
ワークに適用した。図-1において各リンクの  
距離は2,500[m]であり、図中に示すようにバ  
ス路線は路線1と路線2の合計2本が存在す  
る。OD需要は、0,8間(ノード0からノード8  
への移動)と2,6間(ノード2からノード6へ  
の移動)に存在する。また、リンクaの容量を  
100台/分、自由流旅行時間を500秒とし、BPR  
関数におけるパラメータを $\alpha=0.48$ 、 $\beta=2.82$ と  
した。

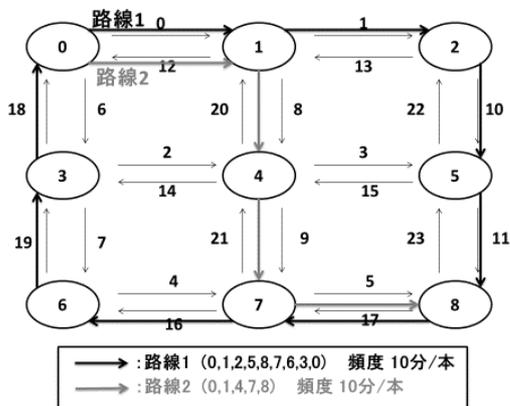


図-1 計算対象ネットワーク

まず、道路およびバスにおける混雑効果を考慮しない状態で選択特性を表すパラメータである  $\theta$  と  $\gamma$  が交通機関の選択確率に及ぼす感度を検証した。図-2 および図-3 に自由流旅行時間を用いた場合の、それぞれの OD ペアに対する異なる  $\theta$  ごとに、機関選択特性値と自動車選択確率の関係を示す。本研究で構築したモデルにおいて、 $\theta$  は自動車とバスのコストの差に対する分散を表しており、 $\theta$  が大きくなるほどコスト差に対して過敏に反応するため選択確率の振れ幅が大きくなることが想定され、 $\gamma$  を正や負の方向に無限大に大きくしたり、 $\theta$  を正の方向に無限大に大きくしたりすることで、モードキャプティブである旅行者を表現することも可能となるが、数値計算においても同様の結果が確認された。

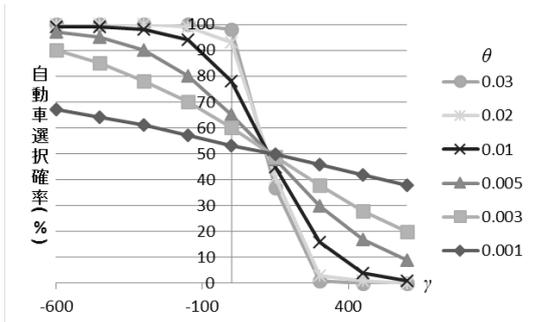


図-2 OD(0,8)間における自動車選択確率

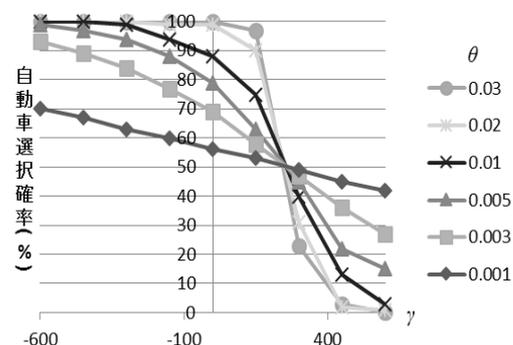


図-3 OD(2,6)間における自動車選択確率

次に、Case ごとにクラスの構成を変え、そのクラス構成がネットワーク全体の機関選

択・配分に及ぼす影響の評価を行う。各 Case を設定する目的は以下の通りである。

- ・ Case1：各 Case の基準となる構成
- ・ Case2：選好の変化に関する影響評価
- ・ Case3：コストに対する感度の変化に関する影響評価
- ・ Case4：クラス人数構成比の変化に関する影響評価

各ケースにおけるパラメータおよびクラス構成人数を表-1 に示す設定条件のように設定する。配分によって得られた各ケースにおける経路旅行時間を表-2 に、リンク交通量を図-4 に示す。これらから、旅行者の個人特性に基づき分類されたクラスの構成が変化することでネットワーク全体の機関選択・配分に影響が及ぶ、すなわちバスに対する選好が高いクラスの人が占める割合が減少することにより、他のクラスのバス利用者数が増加する可能性があること確認できた。

表-1 各 Case のクラス構成及び各交通機関利用者数

		設定条件		配分結果				
		q	g	人数(人)	バス	自動車	OD(2,6)	
Case 1	クラス1	0.01	0	50	7.7	42.3	1.8	48.2
	クラス2	0.01	0	50	7.7	42.3	1.8	48.2
	クラス3	0.01	0	50	7.7	42.3	1.8	48.2
	クラス4	0.01	0	50	7.7	42.3	1.8	48.2
	全体	-	-	200	30.7	169.3	7.2	192.8
	旅行コスト	-	-	-	549.6	387.7	732.1	392.4
Case 2	クラス1	0.005	0	50	14.4	35.6	5.2	44.8
	クラス2	0.01	0	50	7.1	42.9	0.7	49.3
	クラス3	0.01	-150	50	21.2	28.8	2.8	47.2
	クラス4	0.01	-150	50	1.8	48.2	0.1	49.9
	全体	-	-	200	44.4	155.6	8.8	191.2
	旅行コスト	-	-	-	566.1	377.8	821.5	383.4
Case 3	クラス1	0.001	0	50	22.8	27.2	19.7	30.3
	クラス2	0.02	0	50	1.4	48.6	0.0	50.0
	クラス3	0.02	-150	50	18.4	31.6	0.2	49.8
	クラス4	0.02	-150	50	0.1	49.9	0.0	50.0
	全体	-	-	200	42.7	157.3	19.9	180.1
	旅行コスト	-	-	-	544.5	367.4	825.1	370.9
Case 4	クラス1	0.005	0	50	15.2	34.8	7.6	42.4
	クラス2	0.01	0	50	8.0	42.0	1.5	48.5
	クラス3	0.01	-150	0	-	-	-	-
	クラス4	0.01	-150	100	4.1	95.9	0.7	99.3
	全体	-	-	200	27.2	172.8	9.8	190.2
	旅行コスト	-	-	-	555.4	392.3	757.6	395.6

表-2 各 Case のリンク別旅行時間

ODペア	経路ノード	旅行時間			
		Case1	Case2	Case3	Case4
OD(0,8)	0 1 2 5 8	29.9	29.1	28.4	30.3
	0 1 4 7 8	29.9	29.1	28.3	30.3
OD(2,6)	2 5 8 7 6	30.2	29.5	28.5	30.5

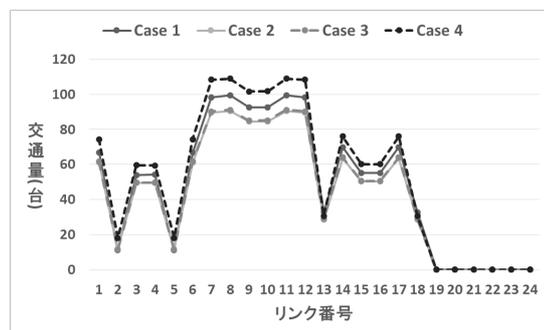


図-4 各 Case の配分結果

(2) 交通環境の認知に着目した選択肢集合推定手法の構築

本研究では、バスサービスに対する満足度および認知と選択肢集合の関係を明らかにするために以下の仮説を推定、検証した。

【仮説 1】

バスサービスレベル、路線網に対する認知度が高い人ほど、バス利用に対する満足度が高くなる

【仮説 2】

バス利用に対する満足度が高い人ほど、バスが選択肢集合に含まれやすくなる

【仮説 3】

バスサービスレベル、路線網に対する認知度が高い人ほど、バスが選択肢集合に含まれやすくなる

仮説を検証するにあたり、京都市北区堀川北大路交差点付近の 18 歳以上の住民を対象に 2014 年 11 月にアンケートを実施した。調査項目は以下の通りであり、調査票は 1 世帯に 2 部ずつ合計 1,000 部(500 世帯)配布し、260 部(193 世帯)の回答を得られた。

(a)交通手段別利用頻度

平休・交通手段別利用頻度、利用目的

(b)最寄りのバス停と路線バス利用に関する満足度

最寄りのバス停までの移動時間、路線バスに対する満足度(4段階評価)

(c)特定目的地への移動を想定した質問

移動者数、バス路線数がともに多い「京都駅」までの移動を想定した質問。

(d)個人属性

性別、年齢、家族構成、保有運転免許、自家用車の保有の有無

表-3 バス利用満足度に関する因子分析の結果

バス利用満足度の項目	バス利用満足度の因子		
	バスLOS	付帯設備	定時性
直達可能な目的地数	0.692	0.171	0.121
運賃	0.668	0.105	0.183
始発・終発時間	0.578	0.189	0.189
着席可能性	0.499	0.300	0.327
地下鉄との乗継容易性	0.497	0.448	0.176
バス車内混雑	0.456	0.390	0.311
運行本数	0.446	0.232	0.300
バス停案内板のわかりやすさ	0.004	0.761	0.211
バス停の設備	0.318	0.688	0.099
バス車内設備	0.212	0.634	0.147
運転の丁寧さ	0.300	0.432	0.156
バスに関する情報入手容易性	0.243	0.419	0.274
目的地への到着時間に対する定時性	0.176	0.217	0.868
出発地へのバス到着時間に対する定時性	0.221	0.145	0.754
乗車時間の長さ	0.258	0.304	0.305
自宅から最寄りバス停までの距離	0.168	0.127	0.272

詳細は省略するが、(b)において質問した満足度の項目数が多いため、まずバス利用満足度に対する因子分析を行い、共通する要素の抽出を試みた。表-3に結果を示す。因子分析における主因子法を適用し、因子数はスクリー・プロットを参考に3因子とした。結果を表-5に示す。表中における太字・イタリックの数字は因子得点が高く定義づけの基となった項目を表している。

まず第1因子では、「直達可能な目的地数」と「運賃」の因子得点が高いため、「バスサービスレベル(以下、LOS)」と定義付けた。次に第2因子では、「バス停案内板のわかりやすさ」と「バス停の設備」及び「バス車内の設備」の因子得点が高いため「付帯設備」と定義付けた。最後に第3因子は、「時刻表通りに目的地のバス停に到着する」と「バス停に時刻表通りに来る」の因子得点が高いため「定時性」と定義付けた。

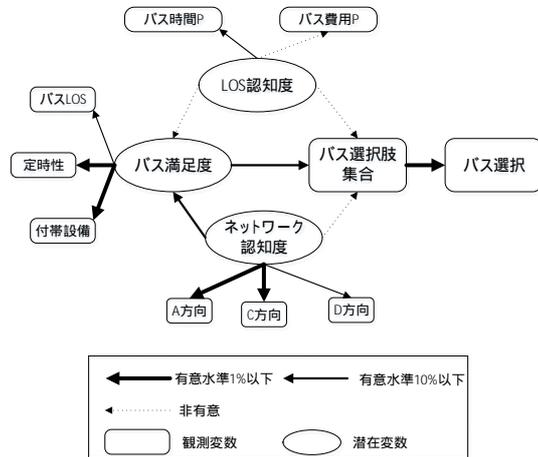


図-5 共分散構造分析によって得られたバス図

次いで、ネットワーク認知度やサービスレベル(LOS)認知度を得点化したのちに、共分散構造分析により本研究で推定した仮説の検証を行った。図-5に規定したバス図と推定結果を示す。共分散構造分析による各仮説の検証結果は以下の通りである。

仮説1であるが、共分散構造分析の結果からバスネットワークの認知度が高い人ほどバス満足度は高いということが確認されたものの、バスのサービスレベルが高い人ほどバスの満足度が高いことは統計的に確認できなかった。したがって、バスネットワークの認知度に関しては本仮説が支持されたものの、サービスレベルの認知度に関しては本仮説が支持されなかった。

次に、仮説2であるが、表-7および図-3から、バスネットワーク認知度が高い人ほど、バス利用に対する満足度が高い傾向が示された。さらに、表-3に示した集計分析の結果でも、付帯設備と定時性は統計的に有意な関係が確認されたため、本仮説が支持されたといえる。

次に、仮説3であるが、サービスレベル、

ネットワークとともに認知度は選択肢集合の形成と統計的に有意な関係は見られず、本仮説は支持されなかった。バスのサービスレベルに関しては、研究対象地域において均一運賃制がとられているため、バス利用の有無に関わらず運賃に対する認知が高いと考えられることが一因であるといえる。

以上を整理すると、仮説 1, 2 から本研究対象地域においては、バスネットワークの認知度が高い人ほどバス利用の満足度が高くなり、さらにバス満足度が高い人ほどバスを選択肢集合に含む傾向にあり、最終的に「バス選択肢集合」から「バス選択」のバス係数及びその t 値からバスが選択される傾向にあるといえる。したがって、バスを選択肢集合に含まれやすくなり、最終的にバス利用者数を増加させるためには情報提供を工夫することなどによりバス路線網に対する認知を高めることが有効であることが示唆されたといえる。

### (3) 交通環境の認知に着目した選択肢集合の関係性の定量的分析

(2)における分析により、交通環境の認知と選択肢集合について定性的な傾向を明らかにしたが、本研究では判別分析と非集計選択モデルにより両者の関係を定量的に分析する。

表-4 標準化された正準判別関数係数

独立変数	標準化された 正準判別関数 係数
自動車の認知所要時間	-0.036
バスの認知所要時間	<b>0.404</b>
電車・地下鉄の認知所要時間	-0.138
性別	-0.105
年齢	<b>-0.599</b>
自動車運転免許	0.066
バスの運行 LOS に関する因子	0.315
バスの付帯設備に関する因子	-0.190
バスの定時性に関する因子	<b>-0.420</b>
通勤・通学目的（平日）	0.223
通院目的（平日）	-0.155
買い物目的（平日）	0.025
娯楽目的（平日）	-0.005
買い物目的（休日）	<b>0.616</b>
娯楽目的（休日）	0.370

表-4 に判別分析により得られた正準判別関数を示す。太文字イタリックの数値は、各独立変数の絶対値で 0.40 以上と高く、判別に大きく貢献する要因となった項目を表す。ここで、数値が正の値の場合はバスを選択肢集合に含まない判別に貢献し、負の値の場合

はバスを選択肢集合に含む判別に貢献したことを示している。表から、バスの所要時間を大きく認知している人ほどバスを選択肢に含まない傾向にあるや、バスの定時性に対する満足度が高い人ほどバスを選択肢に含む傾向にあることがわかり、これらの正しい認知を促すことによりバスが選択肢に含まれる可能性があるといえる。

次に、非集計選択モデルにより認知等の要因が交通機関選択に及ぼす影響を分析した。結果を表-5 に示す。本研究で着目している交通環境の認知とサービスレベルに対する満足度について考察すると、各交通機関の認知所要時間が大きいほど選択されにくい傾向にあることが見て取れる。さらに、統計的には有意にならなかったものの、バスのサービスレベル（LOS）や定時性に対する満足度が高いほど、バスが選択されやすい傾向にあることが読み取れる。

表-5 交通機関選択モデルの推定結果

共通変数	説明変数	パラメータ
	認知時間	-0.054***
自動車 固有変数	性別	0.603
	年齢	0.316
	運転免許	2.017*
	通院目的（平日）	-10.291
	娯楽目的（平日）	-0.763
	買い物目的（休日）	-0.395
	娯楽目的（休日）	-0.298
バス 固有変数	LOS 要因	0.004
	付帯設備要因	-0.158
	定時性要因	0.212
	定数項	5.115*
電車・ 地下鉄 固有変数	通勤・通学目的 （平日）	1.294**
	買い物目的	0.485
	定数項	5.211**

\* : 15%有意, \*\* : 10%有意, \*\*\* : 5%有意

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

嶋本寛, 畑直貴: バスサービスレベル及びサービスレベルの認知と選択肢集合の関係性分析, 日本都市計画学会学術論文発表会論文集 50(3), 723-729, 2015 (査読あり)

富永真裕, 嶋本寛, 宇野伸宏, Schmöcker, J.-D., 中村俊之, 山崎浩気: 交通機関選択特性の異質性を考慮した分担配分統合モデルの構築, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 71, 1\_443-1\_450, 2015 (査読あり)

〔学会発表〕(計2件)

富永真裕, 嶋本寛, 宇野伸宏, Schmöcker

J-D, 中村俊之, 山崎浩気: "交通機関選  
択肢集合の異質性を考慮した分担配分統  
合モデルの構築", 第 69 回土木学会年次  
学術講演会, CD-ROM, 2014.9.11, 大阪大  
学(大阪府吹田市)

富永真裕, 嶋本寛, 宇野伸宏, Schmöcker  
J-D, 中村俊之, 山崎浩気: "交通機関選  
択肢集合の異質性を考慮した分担配分統  
合モデルの構築と性能評価", 第 50 回土  
木計画学研究発表会, 2014.11.1, 鳥取大  
学(鳥取市)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

嶋本 寛 (HIROSHI SHIMAMOTO)

宮崎大学工学部・准教授

研究者番号: 80232883

### (2) 研究分担者

宇野 伸宏 (NOBUHIRO UNO)

京都大学経営管理大学院・准教授

研究者番号: 90464304

中村 俊之 (TOSHIYUKI NAKAMURA)

京都大学工学研究科・助教

研究者番号: 10419062