

非集計交通手段選択モデルにおける修正された選択肢固有定数項の時間移転性*

Temporal Transferability of Updated Alternative-Specific Constants in Disaggregate Mode Choice Models*

三古展弘**・森川高行***

By Nobuhiro SANKO**・Takayuki MORIKAWA***

1. はじめに

非集計交通手段選択モデルが、集計型モデルに比べて時間的および地域的に移転性が高いことは多くの文献で支持されている^{1), 2)}。しかし、どんなに精緻に特定化された非集計モデルでも、完全に移転可能であることは望めないため、モデルを修正(Update)して移転可能性を向上させることが動機づけられてきた³⁾。モデルの修正方法はいくつも提案されており、修正モデルの移転性を評価した研究事例も多い⁴⁾。ここで、既存研究から得られた知見および、それらの問題点を筆者なりにまとめると以下のようになる。

- 1) 修正モデルの移転性は、対象地域や時間などの文脈に依存し、一概に有無を判断できない。
- 2) 修正方法の相対的な良否も、対象地域や時間などの文脈に依存し、一概に優劣をつけ難い。
- 3) 修正モデルの移転可能性の良否に影響を与える要因の1つに、対象地域および時点間における交通状況の類似性を挙げている文献も多い。しかし、個別研究における限られた分析からは、対象地域や時点のどのような特性が移転性に影響を与えるか、の解明は不十分である。
- 4) モデルの移転可能性は地域移転性、時間移転性を個別に評価したものがほとんどである。地域移転性を高めるために修正されたモデルを将来予測に用いるためには、修正モデルが時間移転性を持つことが不可欠であるが、そのような分析は少ない^[1]。

本研究では、これまでに提案された修正方法のうち、非集計データを用いた定数項の修正を取り扱い、修正モデルの時間移転性に関する知見を得ることを目的とする。具体的には、地域移転性を高めるために修正された定数項の時間移転性を分析し、どのような地域特性、またその地域特性のどのような経時変化が時間移転性に影響を与えるか、を解明する。つまり、本研究は前述の3)および4)の問題の解決に寄与しようとするものであり、1), 2)については取り扱わない。また、移転可能性の分析が限られた場合にしか行われてこなかった最大の理由には、分析が可能なデータを入手することが困難であったことにある。本研究では、これを克服するため、繰り返しクロスセクションデータを分割して評価する方法も提案する。

2. 方法論

非集計データを用いた定数項の修正はAtherton and Ben-Akiva³⁾によって提案された。紙幅の都合により、定数項の修正方法については既存文献^{3), 4)}を参照いただくことにし、ここでは本研究全体の枠組みについて述べる。

分析には、時点T1, T2で得られた2時点の繰り返しクロスセクションデータを用いる。定数項以外のパラメータの移転性が仮定されるオリジナルのモデルは時点T1の全対象地域のデータを用いて推定され、全対象地域をゾーン分割したODペアを適用地域とする。これにより、適用地域を効率的に多数生成することが可能となる。ここでは簡単のため2項ロジットモデルを例に説明するが、方法論自体は他のモデルにも適用可能である。

- 1) 時点T1の全対象地域のデータを用い、定数項を一方の選択肢に含む2項ロジットモデル(オリ

*キーワード: 交通手段選択, 交通行動分析

**学生員, 修(工)MBA, 名古屋大学大学院環境学研究科
(名古屋市千種区不老町,

Tel: 052-789-3729, E-mail: sanko@trans.civil.nagoya-u.ac.jp)

***正会員, Ph. D., 名古屋大学大学院環境学研究科
(名古屋市千種区不老町,

Tel: 052-789-3564, E-mail: morikawa@civil.nagoya-u.ac.jp)

ジナルモデルと呼ぶ)を推定する。

- 2) 定数項以外のパラメータの地域移転性を仮定し、時点T1のODペアごとのデータを用いてオリジナルモデルの定数項のみ再推定する。
- 3) 定数項以外のパラメータの時間移転性を仮定し、時点T2のODペアごとのデータを用いてオリジナルモデル定数項のみ再推定する。
- 4) ODペアごとに修正された定数項の差(時点T2の修正定数項-時点T1の修正定数項)を考察する。また、その差を被説明変数に、ODペアの特性を説明変数にして回帰分析を行う。

ステップ1)で推定される定数項は、全対象地域のレベルで説明変数によって説明されなかった様々な要因を含んでいる。しかし、その要因は地域毎に異なることが考えられ、ステップ2)で修正された定数項は、他のパラメータが移転可能であるという仮定の下で、各ODレベルで説明変数によって説明されなかった要因を含んでいる。ここで、各ODはステップ1)で推定された全対象地域の一部であり、ステップ2)での地域移転性は、全く異なった地域への移転可能性ではなく、より広義の地域移転性である。^[2]

もし、修正された定数項に時間移転性があるのであれば(説明変数で説明されない各ODに固有の要因が時間とともに変化しないのであれば)、ステップ2)と3)で推定された修正定数項は同じになるはずである。換言すると、定数項の増加は、定数項を含む選択肢の選択を促進する、モデルに含まれていない要因の増加を示している。逆に、定数項の減少は、その選択肢の選択を阻害する、モデルに含まれていない要因の増加を示している。

また、説明変数に含まれていてもそのパラメータに移転性がない場合には、その影響が修正定数項に及ぶことは免れない。ここで、修正される定数項以外は完全に移転可能であると仮定することは、定数項以外が完全に移転可能であることを保証するものではない。今回は、通常の定数項の修正という手法を用いた場合の仮定に則って、定数項に限定した移転性を見るものである。また、定数項の修正とともに効用関数の尺度(スケール)の修正も行うことが可能であるが、本研究では定数項に着目するため

スケールは修正しない。

移転可能性の評価は、1)パラメータの有意差の検定、2)非集計レベルでの適合を対数尤度を基礎にした尤度関連指標で評価、3)集計レベルでの適合をシェアの誤差等の観点から評価、したものが多^[4]。しかし、本研究では、定数項がどの程度増加あるいは減少したかも含めて移転性を分析するため、定数項の差に着目して分析を行う。

3. データ

本研究では、中京都市圏で得られた1971年と1991年のパーソントリップ調査データ(PTデータ)を2時点のクロスセクションデータとして用いる。分析範囲は調査圏域が狭いほうの1971年に統一し、ゾーン区分は筆者らの研究室で基礎データの蓄積が多い1991年の設定にあわせて統一した。分析は中ゾーン(名古屋市は区をベースに16に、1971年の調査圏全域は86に分割)単位で行う。考慮する交通手段選択は公共交通と自動車の2肢選択である。各交通手段のサービスレベルは、所要時間は中ゾーンのODごとにPT回答者が報告した所要時間を平均した。費用は91年についてはネットワークデータを、71年については91年のデータを物価上昇率で割り戻した値を用いた^[3]。なおゾーン内々は得られたネットワークデータの制約により分析から除いた。

4. 手段選択モデル

公共交通、自動車の2項ロジットモデルの推定結果を表-1に示す。費用は、時給のデータで基準化している^[4]。目的については、通常のPT調査の目的

表-1: 手段選択モデルの推定結果

	推定値	t-値
公共定数項	1.37	12.0
時間(60min.)	-1.40	-8.2
費用/時給(JPY/JPY)	-1.17	-10.2
免許保有(車)	2.54	38.5
男性(車)	0.833	11.0
業務目的(車)	1.21	10.9
有職者(車)	0.562	4.5
学生(公共)	1.42	10.1
名古屋市発着(公共)	0.680	10.8
60歳以上(公共)	0.294	2.1
通勤目的(公共)	1.24	14.0
N(ランダムに抽出)		10,000
修正 ρ^2		0.449

を、通勤帰りの帰宅は通勤目的に、業務帰りの帰社は業務目的になるような調整を行っている。総ての推定値は5%の有意水準を満たし、符号も直感と合致している。モデルの適合度も良好である。

5. 修正定数項の変化の分析

修正定数項の時点間の変化を見るために、例として、名古屋市中区を含むOD、豊田市中部を含む

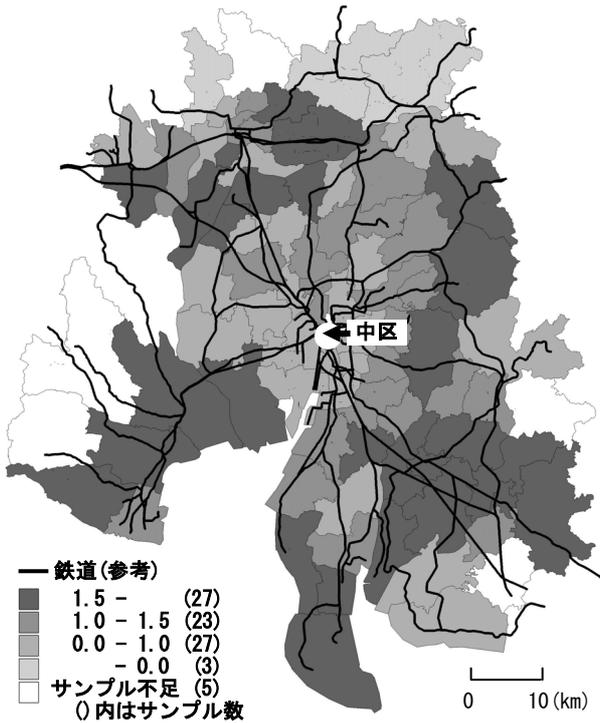


図-1：名古屋市中区を含むODの定数項変化

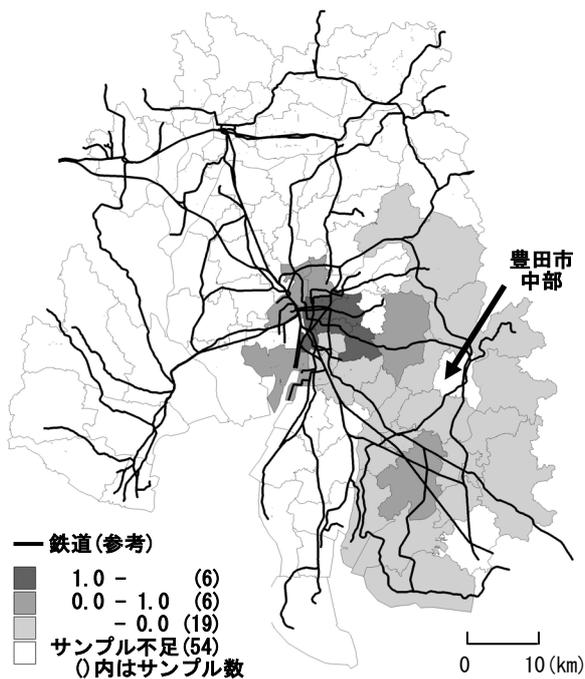


図-2：豊田市中部を含むODの定数項変化

ODについて、「91年の修正定数項-71年の修正定数項」の値をそれぞれ図-1、2に示す^[5]。図-1より、名古屋市中区を含むほとんどのODで公共交通定数項が増加し、モデルでは説明されない公共交通利用を促進する要因の増加が窺える。特に、名古屋市から放射状に伸びた鉄道網上の比較的距離の遠い地域で定数項の増加が著しい。一方、図-2より、豊田市中部を含むODでは、名古屋市以外への比較的距離の短いODで公共交通定数項が減少しており、モデルでは説明されていない公共交通利用を阻害する要因の増加が窺える。

次に、91年修正定数項と71年修正定数項の差を被説明変数とした回帰分析を行う(式(1))。

$$C_{od}^{91} - C_{od}^{71} = \beta x_{od} + \varepsilon_{od} \quad (1)$$

ここに、 C_{od}^{91} 、 C_{od}^{71} はそれぞれ91年、71年におけるOD別修正定数項、 β は未知パラメータ、 x_{od} は説明変数、 ε_{od} は誤差項。

説明変数は、選択モデルで可能な限り多くの変数を導入したので、選択モデルの説明変数に関連したものに限定した。具体的には、71年時点の状況とその後の変化がどのように影響を与えたかを見るために、次のようなものを検討した。免許保有、男性、業務目的、有職者、学生、60歳以上、通勤目的については「71年の旅行者の平均値」および「91年の旅行者の平均値-71年の旅行者の平均値」を用いた。費用は71年の費用と、91年と71年の費用の差を用い、名古屋市発着はダミーとした。所要時間については、71年の所要時間のほかに、所要時間の短縮に関して、絶対値、ダミー、比率を検討した。さらに、自動車と公共交通の所要時間の相対的な優位性(例：71年に車の所要時間のほうが5分短いダミー、短い比率、等)とその変化を表す変数も導入を検討した。

71年、91年ともに100サンプル以上得られたODについて回帰分析した結果を表-2に示す^[6]。71年に自動車の所要時間が長いODで定数項が増加している。比較的距離の長いODペアでは説明変数以外に、公共交通を利用する要因が増加していることが窺える。名古屋市発着の場合にも同様に、公共交通利用を促進する要因が増加していることが窺える。20年間の地下鉄ネットワークの整備などのうち、説明変数では表現されていない効果が顕れているとも解釈できる。これらの結果は図-1、2における解釈と

一致する。71年の自動車所要時間が公共交通に比べて短いほど、公共交通利用を阻害する要因が増加している。過去のサービスレベルの影響という一種の慣性の存在する可能性がある。71年の公共費用が高いほど公共交通の利用を阻害する要因があることも、慣性の影響である可能性がある。71年から91年にかけて自動車の所要時間が5分を超えて短縮されたODでは公共交通利用を阻害する要因が増加している。同じサービスレベルであっても、以前に比べて便利になったのか不便になったのかで影響が異なることが想像される。また、公共交通の所要時間の短縮が有意に推定されなかったことから、交通行動の不可逆性の存在を示唆しているとも考えられる。さらに、名古屋市発着の影響が定数項に顕れたことは、選択モデルにおける名古屋市発着ダミーのパラメータが20年間で変化（効用関数が変化）した可能性を示唆している。今回は、通常定数項の修正手法と同様に、定数項以外のパラメータは完全に移転可能であることを仮定していた。しかし、定数項以外の移転性の分析にも意味があると考えられる。

表－2：定数項の差の回帰分析

	係数	t-値
定数項	-0.618	-2.4
71年車時間 (min.)	0.0366	6.6
名古屋市発着	0.842	11.5
71年車優位比 †	-1.99	-5.2
71年公共費用 (JPY)	-0.00521	-4.7
車時間5分超短縮	-0.349	-2.4
N		312
修正R ²		0.723

† (71年公共所要時間 - 71年自動車所要時間) / 71年公共所要時間

6. おわりに

本研究では、移転可能性を分析した既存研究に関する問題点を整理し、非集計データを用いて修正された選択肢固有定数項の時間移転性に関してその問題点に取り組んだ。分析には、データの制約を緩和するため繰り返しくロスセクションデータをODごとに分割する方法を提案した。分析により、修正された定数項の移転性は、地域属性はもとより、過去の交通状況による慣性や、交通行動の不可逆性とも関連している可能性が示唆された。この知見は、実務レベルでは、どのようなODにおいて予測が過大あるいは過小になる可能性があるか、を判断する

材料になると考える。

今後の課題には、定数項以外の移転可能性の分析があり、その際に、回帰分析で有意に推定された変数を検討する価値があると考えられる。また、名古屋市発着のODペアとそれ以外、などの回帰分析において有意に推定された変数を基準にセグメント分けして構築したモデルの移転性分析にも意味があると考えられる。このような分析を積み重ねることが、移転可能性が高い文脈でモデルを構築することにも有効であると考えられる。

注

[1]McCarthy⁵⁾はBART導入以前のモデルをベースにBART関連変数を修正し、その時間移転性を分析している。

[2]実務レベルでは、特定のODレベルでの分析を行う際に、そのODを含むより広域の多数のサンプルを用いてモデルを推定し、そのODのデータを用いて定数項を再推定することもある。そのため、本研究で得られる知見は実務的にも意味がある。

[3]公共交通の物価上昇率は、都市交通年報⁶⁾のバスと鉄道の10km運賃および初乗り運賃を参考にし、400%とした。自動車の物価上昇率はガソリンの価格変化⁷⁾および自動車燃費^{8),9)}を参考に200%とした。

[4]賃金センサス¹⁰⁾のデータを参考に、1971年を323.5JPY/hr、1991年を1605.3JPY/hrとした。

[5]2時点ともに10サンプル以上得られたODについて図示。図中の鉄道網は2002年頃のものであり、旅客鉄道以外も一部含むが参考のために示す。

[6]20, 50, 200サンプル以上のODのみを用いた回帰分析においても妥当な結果が得られた変数組であることを確認している。

参考文献

- 1)原田昇, 太田勝敏: 非集計ロジットモデルの適用性に関する研究—通勤交通手段選択の場合—, 交通工学 Vol. 17 No. 2, pp. 15-23, 1982.
- 2)森川高行, 永松良崇, 三古展弘: 新交通システム需要予測の事後評価—ピーチライナーを例として—, 運輸政策研究 (投稿中) .
- 3)Atherton, T. J., and Ben-Akiva, M. E.: Transferability and Updating of Disaggregate Travel Demand Models, Transportation Research Record, 610, pp. 12-18, 1976.
- 4)森地茂: 非集計行動モデルによる予測. 土木学会土木計画学研究委員会 (編), 非集計行動モデルの理論と実際, 丸善, pp. 145-186, 1995.
- 5)McCarthy, P. S.: Further Evidence on the Temporal Stability of Disaggregate Travel Demand Models, Transportation Research 16B (4), pp. 263-278, 1982.
- 6)運輸省運輸政策局: 都市交通年報, 運輸経済研究センター, 1993.
- 7)総理府統計局: 小売物価統計調査年報, 1971, 1991.
- 8)運輸省大臣官房情報管理部: 陸運統計年報, 第9巻第13号, 1971.
- 9)運輸省運輸政策局情報管理部: 自動車輸送統計年報, 第29巻 第13号, 1991.
- 10)労働省労働統計調査部: 賃金センサス, 労働法令協会, 1971, 1991.