

PT データと PP データを同時に用いた交通手段選択モデルに関するパイロットスタディー*

A Pilot Study on Travel Mode Choice Model Utilizing Person Trip and Probe Person Data*

牛尾龍太郎**・倉内慎也***・岡田拓治****・森貴洋*****
By Ryutaro USHIO**・Shinya KURAUCHI***・Takuji OKADA****・Takahiro MORI*****

1. はじめに

従来、都市圏レベルの需要予測には四段階推定法による予測が行われており、交通行動の背後にある複雑な意思決定メカニズムの最も重要と思われる要因・関係を抽出することにより、交通需要の全体的動向を捉えることを可能としてきた。¹⁾

四段階推定法を行う際には、パーソントリップ調査（以下、PT 調査）を基礎データとして用いて分析が行われており、比較的安い費用で多くのサンプルを集めることができることが利点に挙げられる。一方で問題もある。PT 調査データが採用するゾーンシステムでは、詳細な出発地・目的地（以下、OD 地点）を把握することが出来ないため、ゾーンのセントロイドを OD 地点と仮定して予測を行う。そのため、交通需要予測に用いられるサービスレベルデータ（以下、LOS データ）はセントロイドから算出され、実際の LOS データと誤差が発生する。実際に、倉内ら²⁾の研究によると、ゾーニングによる需要予測の結果が重大な誤予測を招く危険性があることを証明している。

そこで近年、PT 調査が抱える問題を解決するために移動体通信端末を用いて詳細な「人の動き」のデータを取得することを可能としたプローブパーソン調査（以下、PP 調査）が開発された。PP 調査の長所として、正確かつ詳細な行動軌跡が収集可能であることから、ゾーンシステムでは把握できなかった正確な LOS データの取得が期待される。

しかし、PP 調査は調査コスト等の問題からサンプルが多く取得できない問題がある。そこで本研究は、PT 調査と PP 調査のデータフュージョンを行い、短所を相互補完することによって、正確で大規模な交

通行動手法の確立を目指すための基礎的考察を行う。まず、ゾーニングによる実際の LOS データの測定誤差を確認するために、PP 調査の座標データから求めた LOS データと PP 調査データから作成したゾーンデータの比較・考察を行う。次に交通手段選択モデルを行い、ゾーニングによる交通需要予測への影響の把握を行う。しかし、上記方法は同一個人の同一トリップの比較となるが、実際に PT 調査とのデータフュージョンを目指す場合は、同一個人とは限らず、調査日も異なる場合にも適用できることが望まれる。そこで本研究では、併せて実際の PT 調査データを用いた交通手段選択モデルを行い、推定結果の違いについて検証を行う。

2. 使用データ概要

（１）松山プローブパーソン調査

PP 調査データは 2005 年に松山市都市圏で行われたものを利用する。調査概要について表 1 に示す。被験者には、出発時に「移動目的」、「出発地」、到着時に「到着地」、また移動手段変更時に「移動変更」の操作を GPS 携帯電話で行ってもらった。また、「承認」作業があり、これは 1 日の移動が終了した後に Web ダイアリー上で修正、登録を完了したことを証明する機能であり、被験者に確認プロセスを設けることで、精度の高いデータを取得することを目的としている。

表 1 松山プローブパーソン調査概要

調査名	松山プローブパーソン調査
調査主体	松山河川国道事務所、都市環境計画研究室(株)長大、(株)トランスフィールド
調査日時	2005年2月1日～28日（28日間）
対象者	一般公募
モニタ数	384名
移動体通信端末	GPS携帯電話
トラッキング間隔	移動時30秒間隔 *移動時間が1時間を越えたら10分周期 滞在時10分間隔
総トリップ数	50987トリップ

（２）松山パーソントリップ調査

PT 調査データは 2007 年に松山都市圏で行われたものを利用する。調査概要について表 2 に示す。特徴として、従来の PT 調査の調査ゾーンの最小単位に

*キーワード：交通行動調査、交通手段選択

**学生会員，愛媛大学大学院理工学研究科

（愛媛県松山市文京町 3 番，TEL:089-927-9676，

E-mail: ushio.ryutaro.03@cee.ehime-u.ac.jp）

***正会員，博（工），愛媛大学大学院理工学研究科

（E-mail: kurauchi@dpc.ehime-u.ac.jp）

****正会員，学（工），伊予銀行中浜支店

（愛媛県今治市中浜町 1 丁目 2-7，TEL:089-823-3111）

*****正会員，修（工），国土交通省中村河川国道事務所
所道路管理課

（高知県四万十市右山 2033-14，TEL: 0880-34-7301）

はCゾーンが多く利用されるが、本調査では町丁目単位で調査を行ったことが挙げられる。

表2 松山パーソントリップ調査概要

調査名	松山パーソントリップ調査
調査主体	松山市, 伊予市, 東温市, 松前町, 砥部町
配布日時	2007年10月～12月
対象者	松山都市圏在住者からランダム抽出
回収サンプル数	29130名
総トリップ数	79389人・トリップ
主な調査項目	個人票, 世帯票, 居住に関する調査

(3) データクリーニング

まず, PP 調査データについて, 出発・到着時刻, 座標が同一, またいずれかが欠損しているデータを削除した。また, 本研究で対象外となる代表交通手段はデータから削除した。また, 移動目的を「出勤・登校」としているトリップに限定して分析を行い, その結果, 4468 トリップデータを得た。

また, 同様の作業を PT 調査データについても行い, その結果 7008 トリップデータを得た。図1に代表交通手段の分担率を示す。図より PT 調査, PP 調査ともに上記の条件では自動車の分担率が高く, バスは非常に低いことが示された。

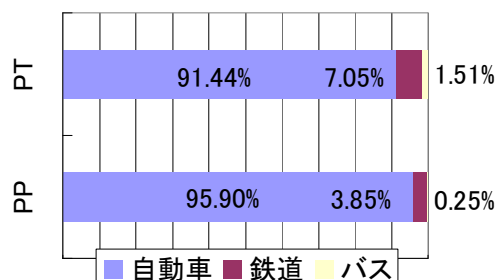


図1 代表交通手段の分担率

3. 分析手法

(1) 分析に用いるゾーン区分

本研究で用いるゾーン区分を表3に示す。またゾーン区分のセントロイドの設定については, 町丁目ベースでは面積重心を用い, Cゾーンベース, Bゾーンベースではゾーン内に含まれる町丁目のセントロイドの緯度経度を人口で重み付けすることにより算定を行う。

表3 分析に用いたゾーン区分

ゾーン区分	特徴
座標ベース	PP調査による正確な位置座標
町丁目ベース	国勢調査の最小単位 予測結果の人口拡大が可能
Cゾーンベース	PT調査の最小単位 居住人口1万人程度
Bゾーンベース	小ゾーン2～3個を含む 居住人口2万人程度

(2) LOS データ作成

自動車の LOS データについては本研究では出発時刻以降の交通状況の変化を考慮して, リンク通過時刻に合わせてリンクコストを更新して行うリンクコスト更新型 Dijkstra 法による最短経路探索を行う。利用するリンクコストはリンクにつき平休日別, 時間帯別 (15 分刻み 96 カラム), 車線数別 (1～3 車線) に所要時間が格納されている。欠損データがある時間帯は, リンク距離を車線数別の平均リンク通過速度で除した時間により補完している。また費用は燃費 8 (km/l), ガソリン価格 125 (円/l) と設定した。

鉄道及びバスの LOS データは, アクセス・イグレス距離について OD 地点からの最寄駅を利用駅とし, 道路ネットワーク上で最短経路探索を行う。アクセス・イグレス時間は, 算出した最短経路距離を平均歩行速度 4 (km/h) で除した値を用いる。ラインホール時間 (待ち時間含む) は, トリップ出発時刻とアクセス時間と時刻表により駅出発時刻を決め, 鉄道ネットワークを用いて出発時到着駅間の時間を算出する。ラインホール時間にアクセス時間, イグレス時間を合算させることにより, アクセス, イグレスを考慮した鉄道及びバスの最短経路探索を行う。

4. 分析結果

(1) ゾーニングによる LOS データの比較

座標ベースの正確な位置に基づいて算出した LOS データと, ゾーンごとのセントロイドを起終点とした場合に算出される LOS データの相関係数と, 座標ベースのデータとどれだけ一致しているかの把握を行うために, 次式による回帰分析を行った。

$$y_i = ax_i + \varepsilon_i$$

ここに, y_i は座標ベースの正確な位置に基づいて算出したサンプル i の LOS データ, x_i はゾーンのセントロイドを起終点とした場合に算出されるサンプル i の LOS データ, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ (σ は標準偏差) に従うサンプル i の誤差項, a は回帰係数となる。

ここで, $a=1$ であった場合, ゾーンごとのセントロイドを起終点とした場合に算出される LOS データは, 座標ベースで算出したデータに対してバイアスがないものと判断できる。一方, $a>1$ の場合には過小評価, 逆に $a<1$ の場合は過大評価であると判断できる。このことを統計的に検証するために, 以下の仮説を仮定して t 検定を行った。

帰無仮説 $H_0: a=1$ (セントロイドを用いて算出した LOS データにバイアスはない)

対立仮説 $H_1: a \neq 1$ (セントロイドを用いて算出した LOS データがある)

まず相関係数に着目すると, 鉄道のイグレス時間

及びバスのイグレス時間以外のデータについては、ゾーンが粗くなるに連れて相関係数は小さくなることから、LOS データの誤差が大きくなることが考えられる。一方で、鉄道のイグレス時間及びバスのイグレス時間の相関係数の値が低下しなかった理由としては、町丁目においてイグレス時間が 0 というサンプルが他のゾーニングに比べて多かったためであると考えられる。ここで、イグレス時間が 0 と算出されるのは、セントロイドから最寄駅として抽出された OD 地点をバスや鉄道を乗り継いで移動した場合に、非現実的な時間が算出されたデータである。このことは町丁目ベースでは機械的に最寄駅を抽出してしまうためだと考えられる。移動交通手段別に着目すると、総じて自動車、鉄道、バスの順に誤差が大きくなっている。これは、自動車は仮に起終点が正しくなくても、ネットワークが鉄道やバスに比べて密である故、相対的に誤差が生じにくいためであると考えられる。一方、路線網が密なバスの方が鉄道よりも誤差が大きくなった理由としては、松山都市圏では鉄道ネットワークが非常に限られているため、起終点の特定精度があまり影響を及ぼさないことが挙げられる。

次に、回帰分析の結果から回帰係数の推定値はほぼすべてのデータ項目で 1 を下回っており、t 値も全て 1% で有意であった。また、t 検定の結果も有意であることから、ゾーニングに基づいて算出された LOS データは座標ベースの正しい値に対して過大評価していると言える。ゾーンの大きさに着目すると、自動車の所要時間と移動費用、バスのラインホール時間と料金に規則性が見られる。これは自動車やバスについては、比較的ネットワークが密であるが故に、誤差の大きさが起終点の特定精度に依存し、ゾーンが粗くなるほどより過大に算出してしまうためであると考えられる。

以上から、ゾーンが粗くなるほど、LOS データの誤差が大きくなり、松山都市圏の交通ネットワークでは有意に過大評価してしまうことが明らかとなった。

表4 座標ベースとゾーンベースとの比較

		町丁目ベース	Cゾーンベース	Bゾーンベース
鉄道アクセス	相関係数	0.805	0.771	0.641
	回帰係数(a)	0.771	0.581	0.805
	t検定	-35.6	-67.3	-12.8
鉄道イグレス	相関係数	0.486	0.420	0.493
	回帰係数(a)	1.031	0.987	0.805
	t検定	1.6	-0.6	-12.8
鉄道ラインホール	相関係数	0.728	0.706	0.574
	回帰係数(a)	0.869	0.773	0.805
	t検定	-20.6	-32.1	-12.8
鉄道料金	相関係数	0.734	0.699	0.510
	回帰係数(a)	0.901	0.908	0.862
	t検定	-18.7	-16.0	-19.3
バスアクセス	相関係数	0.656	0.397	0.009
	回帰係数(a)	0.557	0.374	0.008
	t検定	-49.6	-54.2	-343.9
バスイグレス	相関係数	0.455	0.565	0.347
	回帰係数(a)	0.511	0.807	0.744
	t検定	-34.9	-11.5	-9.5
バスラインホール	相関係数	0.769	0.493	0.021
	回帰係数(a)	0.879	0.468	0.065
	t検定	-11.3	-44.5	-45.1
バス料金	相関係数	0.646	0.407	0.236
	回帰係数(a)	0.798	0.425	0.312
	t検定	-15.4	-45.7	-45.5
自動車所要時間	相関係数	0.919	0.875	0.831
	回帰係数(a)	0.971	0.958	0.862
	t検定	-9.9	-11.5	-34.9
自動車費用	相関係数	0.957	0.917	0.869
	回帰係数(a)	0.986	0.976	0.856
	t検定	-5.9	-7.1	-37.7

（２）PP 調査による交通手段選択モデルの比較

自動車、鉄道、バスについての 3 肢選択多項ロジットモデルの推定を行い、推定結果を表 5 に示す。また、モデルの適合度を示す AIC をゾーンごとに比較した結果を図 2 に示す。図 2 より座標ベースのモデルと比較して町丁目ベースの適合度はほぼ同程度であるに対して、Cゾーン、Bゾーンベースのモデルでは適合度が大幅に低下する結果を得た。

パラメータ推定値は、全て符号条件を満たしており、多くの変数について有意に推計されている。特に、公共交通のイグレス時間がモデルに大きな影響を及ぼしているのが特徴として挙げられる。PP 調査のゾーニングに着目すると、公共交通のアクセス・イグレス時間、移動費用のパラメータの推定値について、適合度が低下する Cゾーンからパラメータの絶対値が低下する。このことは先にも述べたように、ゾーンが粗くなるほど LOS データの誤差が大きくなり、かつ有意に過大評価されているため、LOS データの重みを表す効用パラメータの値が相対的に過小評価されてしまう傾向にあることが理由として挙げられ

表5 ゾーンごとにおける交通手段選択分析の推定結果

	松山PP調査2005								松山PT調査2007	
	座標ベース		町丁目ベース		Cゾーンベース		Bゾーンベース		町丁目ベース	
パラメータ	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値	推定値	t値
電車定数項	-0.88	-3.25	-1.28	-5.29	-2.65	-11.37	-2.55	-12.29	-1.03	-6.62
バス定数項	-3.35	-3.24	-4.20	-4.15	-5.47	-5.45	-5.66	-5.64	-3.03	-13.10
公共交通アクセス時間(時間)	-2.21	-5.22	-1.70	-5.31	-0.63	-3.58	-1.29	-6.66	-1.85	-8.12
公共交通イグレス時間(時間)	-11.48	-9.55	-11.49	-9.46	-7.10	-7.41	-5.14	-7.20	-5.50	-12.00
公共交通ラインホール時間(時間)	-0.77	-1.34	-0.25	-0.53	-0.64	-1.43	-1.35	-3.06	-0.31	-2.51
移動料金(円)	-3.39	-3.75	-3.83	-4.61	-0.70	-1.03	-1.22	-1.73	-1.88	-4.17
自動車所要時間(時間)	-5.67	-6.14	-5.98	-6.94	-5.66	-7.62	-6.89	-8.56	-6.72	-12.13
50歳以上ダミー(鉄道)	0.62	2.56	0.67	2.82	0.85	3.67	0.89	3.80	-0.18	-1.26
女性ダミー(バス)	1.99	1.89	2.55	2.41	2.76	2.62	2.91	2.76	0.80	3.82
サンプル数	4468								7008	

る。

この影響は図3に示す時間価値の推計値に顕著に現れており、Cゾーンレベルの時間価値はいずれについても、座標ベースのモデルと比較して2倍強となった。パラメータ推定値のt値に着目すると、全般的にゾーンが粗くなるほど個人属性のパラメータ推定値の有意性が大きくなる傾向にある。これは、LOSが異なる故に同一ゾーン内でも異なる選択を行っているサンプルが存在するのに対し、ゾーンシステムを採用した場合、LOSが同一になってしまうため、選択行動の差異を個人属性等で表現するように推定されたためだと推測される。

またパラメータ推定結果についてはゾーンごとに直接比較することができないため直接弾性値を求める。紙面の都合上、鉄道とバスのアクセス時間及びイグレス時間について求めた結果を図4に示す。図より、ゾーンが粗くなるにつれ弾性値は概ね小さくなるという結果が得られ、これはアクセス距離抵抗を過小評価し、結果として鉄道需要の過大予測を招く危険性があることを示唆していると言える。以上から、従来のCゾーンレベルの交通需要予測では、決して精度が高いものではないという知見が得られた。一方で、町丁目ベースであれば、座標ベースと大きな違いは見られないため、今後需要予測には町丁目ベースのデータを用いることが必要であることが考えられる。

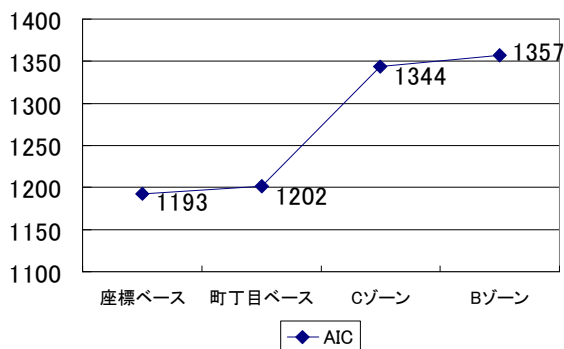


図2 ゾーンごとにおけるAICの比較

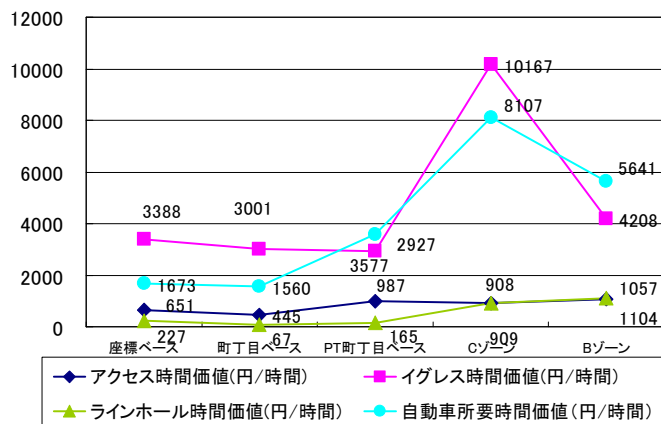


図3 ゾーンごとにおける時間価値の比較

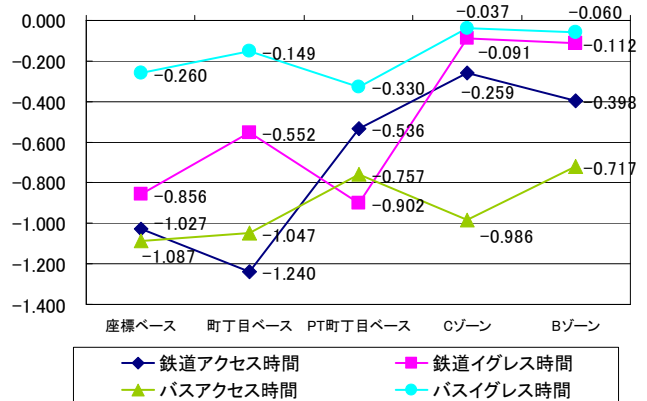


図4 ゾーンごとにおける直接弾性値の比較

(3) PPとPTのデータフュージョンの可能性の検討

上記より、座標ベースと町丁目ベースでは、大きな違いが見られないことから、実際のPT調査の町丁目ベースのデータを用いて座標ベースのデータと比較を行う。時間価値について、図3に示すPT町丁目ベースはCゾーンほど値が変わらないが、座標ベースの値との違いが確認できる。また直接弾性値について図4に示すPT町丁目ベースは特に鉄道アクセス時間で大きな違いが見られる。このことはサンプル数の違いや、図1に示す分担率の違いが影響していることが推測できる。

よって同一個人と限らず、調査日も異なる場合のPT調査データとPP調査データのデータフュージョンは困難であることを示した..

5. 終わりに

本研究では、ゾーニングが交通手段選択モデルの推定結果に及ぼす影響は大きく、特に、PT調査の最小区分であるCゾーンでは、予測精度は高くなく、需要予測において誤予測を招く危険性があることを示した。一方で、町丁目ベースでは座標ベースの予測結果と誤差が少なく、町丁目レベルでゾーニングを行うことが必要であると考えられる。また、PP調査とPT調査のデータフュージョンをすること考えた際には、本研究では予測誤差が起きたため、今後この予測誤差を軽減させる手法の開発を行うことが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 北村隆一：交通需要予測の課題：次世代手法の構築にむけて、土木学会論文集 No. 530/IV -30, pp17-30. 1996
- 2) 倉内慎也，横地達雄，山本俊行，森川高行：駅アクセスに着目した新規都市鉄道の需要予測に関する実証的研究，土木計画学研究・講演集 34. 2006