

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月24日現在

機関番号：14501

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22730334

研究課題名（和文） 個人の交通手段選択行動と世帯の自動車保有行動の変遷に関する中長期的分析

研究課題名（英文） An analysis of long-term dynamics of individual travel mode choice behaviours and household car owning behaviours

研究代表者

三古 展弘 (SANKO NOBUHIRO)

神戸大学・大学院経営学研究科・准教授

研究者番号：00403220

研究成果の概要（和文）：中長期にわたる交通行動の変遷の理解と予測のため、名古屋の30年にわたる4時点の断面データを活用して、交通行動分析を行った。その結果、中長期にわたる交通手段選択行動と自動車保有行動の変遷についての理解が進んだ。また、直近の1時点のデータだけではなく過去のデータを用いることで需要予測精度を向上させる方法を提案した。さらに、需要予測の誤差要因の解明、途上国の交通行動予測への適用、所得データの取り扱い、行動変化分析のための技術的検討、を行った。

研究成果の概要（英文）：To understand and forecast travel behaviours in long-time horizon, travel behaviours are analysed utilising repeated cross-sectional data collected in Nagoya at four points in time covering three decades. The analyses provided insights into better understandings of long-term dynamics of travel mode choice behaviours and car owning behaviours. The author proposed a methodology to improve travel demand forecasts by utilising not only the most recent dataset but also an older dataset. In addition, the author investigated reasons of forecast inaccuracies, applied models in developed countries to developing countries, proposed a methodology to handle income data appropriately, and addressed technical issues for analysing travel behaviour changes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：経営学・商学

キーワード：消費者行動，交通行動，交通手段選択，自動車保有，需要予測

1. 研究開始当初の背景

個人の交通行動が中長期にわたって安定しているかどうかは交通需要予測において非常に重要な意味を持つ。予測モデルのパラメータは予測時点で利用可能となっているデータを用いて求めざるを得ない。このため、

予測の前提として、予測モデル構築のために用いたデータをよりよく説明するモデルが将来のデータもよりよく説明することを仮定している。もし、この仮定が成り立たないのであれば、大きな予測誤差をもたらすこととなる。特に、交通施設は計画から完成まで長い時間がかかること、そして耐用年数も長

いことを考えると、需要を中長期にわたって予測することは極めて重要である。

当然、このような分析を行うためには長期間にわたって収集された交通データが必要である。幸い、わが国の大都市圏では世帯およびその構成員を 2~3 パーセントの比率で抽出した交通調査（パーソントリップ調査）データが整備されている。このデータでは、世帯属性（居住地や自動車保有など）、個人属性（性別、年齢、勤務・通学先、免許の有無など）、および調査日における各個人の全交通行動（出発・到着地、出発・到着時刻、利用交通手段、移動の目的など）、が得られている。

パーソントリップ調査データは日本の 3 大都市圏では 1960 年代後半あるいは 1970 年代前半から 10 年に 1 回実施されている。本研究での主たる分析対象地域である名古屋都市圏でも 1971, 1981, 1991, 2001 年の 4 時点のデータが、研究を開始した 2010 年当時に利用可能となっていた。いま、データ数として 4 時点、期間として 30 年のデータが得られていることは、長期の交通行動分析において、今までにはなかった環境がデータの面から整っていると言える。そこで、このようなデータを用いて様々な分析を行うことによって長期の交通行動に関する新しい知見が得られると考えられる。

2. 研究の目的

以上のような背景をもとに、以下の目的をもって研究に着手した。

(1) 交通行動の経年変化の分析

経済成長などのさまざまな環境の変化を経験する中で、交通行動がいかに変化してきたかは大きな関心事である。まず、各時点のデータを個別に用いてモデルを構築し、交通行動モデルのパラメータがどのように変化してきたか、その傾向を知ることを目的とする。また、複数時点のデータを同時に用いて、パラメータの時点間変化もモデル化する方法を検討することも目的とする。

(2) 複数時点のデータを活用した需要予測

予測モデル構築時に複数時点で得られたデータが利用可能であっても、通常の前測では直近の 1 時点のデータのみを用いている。これは、直近のデータが過去のデータに比べて将来時点の交通行動を表現するのに適切であると考えられているからである。しかし、この考えでは貴重な過去のデータを無駄にしている。先に述べた複数時点のデータを同時に用いた分析で、パラメータの変化までモデル化することができれば、将来のパラメータ値を予測することが可能となり、よりよい

需要予測を行うことができると期待される。複数時点のデータを活用した需要予測手法を提案することを目的とする。

(3) 複数地点のデータを用いた分析

同一の都市圏における複数時点のデータを用いた分析に加え、複数地点のデータを用いた分析を行う。ここでは、特に先進国と途上国の比較を行う。先進国と途上国では経済発展の程度が異なるため、同じ時点（西暦年）における交通行動が必ずしも類似しているとは限らない。複数時点の名古屋のデータを用いることで途上国の交通行動は先進国のどの時点と類似しているか検討することを目的とする。

(4) 所得データの分析

経済状況を把握するためのデータに所得がある。交通行動の中でも自動車保有行動などは経済レベルとも密接な関係があるため、所得のデータは重要であると考えられる。しかし、正確な所得を調査によって得ることは極めて難しい。所得のデータに関連する諸問題を適切に取り扱う方法を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

以上の研究の目的を達成するため、次のような方法に基づいて研究を実施した。

(1) 個人の交通手段選択行動の分析

名古屋の 1971, 1981, 1991, 2001 年のデータを個別に用いて交通手段選択モデルを構築し、パラメータを比較することによって交通手段選択行動がどのように変化してきたかを分析した。次に、1971, 1981, 1991 年のデータを用いて、2001 年の交通手段選択行動を予測するという問題を取り扱った。予測に用いたモデルは、1971, 1981, 1991 年のデータを個別に用いたモデルのほか、3 時点のデータを同時に用いたモデルである。3 時点のデータを同時に用いたモデルは、パラメータが時点ごとに変化することを許容することで、将来時点のパラメータ値を予測することが可能な形で構築した。これらのモデルの予測精度について比較することで、予測には直近の 1 時点のデータのみを用いたほうがよいのか、過去のデータも用いたほうがよいのかに関する知見を得た。

(2) 世帯の自動車・二輪車保有行動の分析

名古屋の 1981, 1991, 2001 年のデータを個別に用いて自動車・二輪車保有モデルを構築し、パラメータを比較することによって保有行動がどのように変化してきたか分析した。次に、名古屋の 1981, 1991 年のデータ

を個別に用いたモデルで 2001 年の保有行動を予測するという問題を取り扱った。2001 年の保有行動は 1981, 1991 年のどちらに近いのか検討した。また、同様のモデルをバンコクの 1995-1996 年、クアラルンプールの 1997-1999 年のデータを個別に用いて構築した。構築したモデルのパラメータを途上国と先進国の間で比較することでその違いについて考察した。次に、バンコクの保有行動を、クアラルンプールと名古屋の 3 時点のデータを個別に用いたモデルで予測し、途上国の保有行動が先進国のどの時点のデータを用いることで最もよく予測できるか、途上国と先進国のどちらのモデルを用いるとよりよく予測できるか検討した。同様に、クアラルンプールの保有行動を、バンコクと名古屋の 3 時点のデータを個別に用いたモデルで予測した。

(3) 交通需要予測の事後評価

以上の研究は、都市圏全体を対象として、交通行動を比較するとともに、予測した。ここでは、特定の交通プロジェクトとして桃花台線ピーチライナーを取り上げ、長期交通需要予測の事後評価を行った。計画者は 1971 年のデータを用いて各年の需要予測を行っていたが、そのうち 1991 年を対象として予測したものを取り上げ、その予測値と実績値を比較した。また、予測値が報告されていないものについては、予測手法などの報告されている情報をもとに筆者が予測値を算出し、実績値と比較した。計画者が用いたモデルとは別のモデルを用いることで予測手法による予測の差異も検討した。

以下は、長期多時点データを用いた分析ではないが、長期多時点分析に資すると考えられる分析である。

(4) 所得データの適切な取り扱い

長期的には大きく変化すると考えられる経済状況をモデル化するためには所得のデータは重要であると考えられるが、調査で得られる所得データは様々な問題を含んでいる。具体的には、カテゴリで得られたデータに含まれる観測誤差、回答拒否、過大あるいは過小報告、他の属性との相関である。ここでは、これらの問題を、所得を表す潜在変数を用いることによって取り扱った。

使用データは 2005 年に得られた日本版総合的社会調査 (JGSS) データであり、世帯の所得が 19 のカテゴリで得られている。しかし、所得の情報は 63.2%のサンプルからしか得られておらず、残りの 36.8%のサンプルについては不明であった。JGSS データでは世帯の自動車保有についての情報も得られているので、自動車保有モデルを対象に所得デ

ータの取り扱いについて検討した。

(5) 効率的な SP 調査設計

交通調査と関連して、効率的にデータを手入手する方法について検討した。交通行動データには実際の行動結果を観測した RP (Revealed Preference) データと仮想的な状況における行動意向を観測した SP (Stated Preference) データがある。ここでは、SP 調査をいかに効率的に設計するかについて検討した。これは、自動車と公共交通という 2 選択肢からの選択を例にとると次のように説明できる。RP データとして観測された選択結果が自動車だった個人には、公共交通を選択しやすくなるような仮想的な状況下で選択意向をたずね、選択結果が公共交通だった個人には、自動車を選択しやすくなるような仮想的な状況下で選択意向をたずねる。仮想的な状況の設定は、公共交通あるいは自動車の所要時間や費用といったサービスレベルを X 倍、あるいは $1/X$ 倍するという形で行った。このとき、RP データと SP データを同時に用いてモデルを推定する場合、 X をいくつに設定するのが推定効率性の観点から適切か検討した。特に、RP データと SP データを同時に用いた推定の場合、RP モデルと SP モデルの誤差項にどのような仮定を設けるかで様々なモデル構造が考えられるので、この点に着目した。様々な X について分析を行う必要があるため、シミュレーション手法を採用した。

(6) 行動変化を表現するモデルの評価指標

長期的に変化する交通行動を分析するには、その変化の表現という観点からモデルを評価する必要がある。しかし、これまで、交通行動モデルの評価は、モデル構築に用いたデータへの適合や予測対象となるデータへの適合といった観点から行われてきた。例えば、モデル構築に用いたデータにおいて自動車を利用していた個人が予測対象時点では公共交通を利用していたとする。従来の指標では、モデル構築に用いたデータで自動車を利用したことを表現できているか、予測対象時点で公共交通を利用したことを表現できているか、ということで評価されてきた。しかし、行動変化という観点からは、「過去に自動車を利用していた個人が公共交通に転換した」ということを評価しなければならない。このような評価をできる指標を提案し、行動変化を表現するモデルにはどのようなものが適切かを検討した。

交通行動の変化自体を知るには同一個人の複数時点のデータが必要となる。しかし、そのようなデータは今回得ることができなかった。そこで、名古屋で得られた出勤交通行動の変化意向を表す SP データを用いて分

析した。

4. 研究成果

成果を「3. 研究の方法」の各項目と対応させて記述する。

(1) 個人の交通手段選択行動の分析

名古屋の1971, 1981, 1991, 2001年のデータを個別に用いた、鉄道、バス、自動車の3選択肢からの出勤交通手段選択モデルの推定結果を表1に示す。

表1 交通手段選択モデルの推定結果

変数	1971	1981	1991	2001
定数項(バス)	0.127	-0.392	-0.638	-1.03
定数項(車)	-1.15	-0.645	0.301	0.560
所要時間(60分)	-0.606	-1.81	-1.59	-2.60
男性(鉄道)	0.577	0.787	0.812	0.511
男性(車)	1.97	2.17	1.78	1.38
20歳以上(車)	0.900	0.764	0.776	0.511
65歳以上(バス)	1.91	1.37	1.33	0.561
名古屋市(車)	-1.12	-1.77	-2.18	-2.21

注：括弧内に含まれる選択肢の説明変数。ただし、所要時間は3選択肢共通の説明変数。

これらの推定値を比較すると、一定の傾向が見て取れる。バスの定数項の一貫した減少、車の定数項の一貫した増加はモータリゼーションの進展によるものと考えられる。所要時間に関しては、1991年を除いて一貫して絶対値で大きくなっており、所要時間が意思決定において重要になってきたと考えられる。男性は1991年までは鉄道利用の効用が大きくなる傾向がみられたが、2001年では小さくなっている。男性の車利用の効用は1981年を除いて減少傾向にある。年齢による影響はほぼ一貫して減少傾向にある。名古屋市を出発地または到着地にもつ場合には車利用の効用は一貫して小さくなる。

次に、上で推定した1971, 1981, 1991年のモデルによって、2001年の交通手段選択行動を予測したところ、予測結果は良いほうから1991, 1981, 1971年のモデルであり、予測モデルを構築するには直近のデータを用いる必要があることが確認できた。

さらに、各時点個別のモデルに加えて、3時点のデータを同時に用いたモデルを構築した。筆者は、「西暦 t 年のパラメータ=基準年のパラメータ+変化を表現するパラメータ \times (西暦年 t -基準年)」という関係を仮定した。こうすることで、将来時点のパラメータも、西暦年を代入すれば予測可能となる。2001年の予測に適用した結果、筆者の提案したモデルは、直近の1991年のモデルよりも予測精度が優れていた。

複数時点のデータが利用可能でも、これまでは直近の1時点のデータのみが用いられてきた。本研究では3時点のデータを同時に用い、パラメータを時間の関数として表現することで、予測精度が向上するという新しい知見が得られた。予測において過去のデータを効率的に利用する可能性を示したという点で大きな意義がある。

また、「変化を表現するパラメータ」のいくつかが有意に推定された。既存研究でも定数項はモータリゼーションの影響など他の説明変数では説明できない多様な要因を含むため、時点間で安定していない可能性が指摘されていた。今回の分析でも、定数項は有意に変化しており、従来の研究と矛盾しない結果となった。しかし、今回は所要時間のパラメータも有意に変化するという結果になった。所要時間というサービスレベルに対する感度は時点間でも一定であると考えられることが多かったため、今回の結果は、これまでの知見に疑問を投げかけるものとなった。

本結果は、2012年7月に International Conference on Travel Behaviour Research で発表した。そのときに、長期多時点データを用いた分析をしている研究が複数あり、筆者の既発表の論文を引用していた。長期の多時点データを用いた分析は様々な国のデータを用いて行われている注目されているテーマである。なお、今回の研究内容は Transportation (国際査読雑誌) で出版した。

今後は、パラメータの変化を表す関数形について検討することで発展が見込まれる。既に、上で述べた1次関数(線形)以外に、2乗、1/2乗、指数、対数の場合も検討し、線形の場合に問題が少ないと考えている。また、時間の関数だけではなく、GDPの関数になる場合なども含めて分析することでも知見が得られると考えている。

(2) 世帯の自動車・二輪車保有行動の分析

名古屋の1981, 1991, 2001年のデータを個別に用いて自動車・二輪車保有モデルを構築し、パラメータを比較することによって、年齢や性別による保有行動の差がなくなってきたことが明らかになった。これは、年齢や性別によらず誰でも自動車・二輪車を保有する傾向にあることが考えられる。また、1981, 1991年のモデルで2001年の保有行動を予測したところ、1991年のほうがよりよい予測を行うことができ、予測モデルを構築するには直近のデータを用いる必要があることが確認できた。

同様のモデルをバンコクの1995-1996年、クアラルンプールの1997-1999年のデータを個別に用いて構築し、名古屋の結果と比較した。特筆すべきは、自動車保有と二輪車保有

の間に名古屋では補完的な関係があるのに対し、途上国では代替的な関係があるということだった。

次に、バンコクの保有行動を他のモデルで予測した。その結果、中京圏の1991、2001年のモデルよりも1981年のモデルによりよく予測された。先進国の自動車・二輪車保有は途上国に比べて数十年先んじているために、1990年代後半の途上国の保有行動は1981年の名古屋のデータを用いたモデルでよりよく予測できたと考えられる。また、クアラルンプールのモデルのほうが名古屋の1981年のモデルよりも適切に保有行動を予測でき、途上国の予測には途上国のデータを用いることが有益であることも示された。このことは、同様の分析をクアラルンプールの予測について行った結果からも確認できた。

本結果は、Transportmetrica（国際査読雑誌）で出版されている。今後の課題は、複数時点のデータを同時に用いたモデルを他の地域の予測に適用することが挙げられる。

(3) 交通需要予測の事後評価

計画者による需要予測は841%の過大予測であったが、その内訳は、対象地域の設定の誤り（15.5%の過小予測）、人口予測の誤り（71%の過大予測）、全交通手段による交通量を各交通手段に割り当てる分担段階の誤り（185-555%の過大予測）、その他の誤差（0.575%の過小予測から129%の過大予測の範囲）となった。その結果、最も大きな誤差は分担段階に起因することが分かった。分担段階の予測誤差（185-555%の過大予測）は、競合していたJR線を適切に考慮すると44.9-233%の過大予測にまで削減することが可能だった。また、計画者は分担率曲線モデルという所要時間によってのみ交通手段の分担率が決まるというモデルを用いていたが、筆者はそれ以外のさまざまな変数の影響を個人レベルで考慮できる非集計ロジットモデルを構築した。モデルの構築には計画者が用いたのと同じ1971年のデータを用いた。その結果、非集計ロジットモデルを用いることで予測誤差は31.7%の過小予測から57.0%の過大予測の範囲にまで削減可能であった。

本結果は、2011年9月にInternational Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transportで発表した。需要予測の精度向上は社会的にも重要な意味を持つので、このような個別の事後評価事例を積み重ねることが重要であると考えられる。

(4) 所得データの適切な取り扱い

以下の3つのモデルを構築し、比較した。

①所得を説明変数に含めない自動車保有モ

デル

②所得の中央値（各カテゴリーの真ん中の値）を説明変数に含む自動車保有モデル（所得を回答していない世帯については「回答なし」という別の変数を導入）

③潜在変数を用いた自動車保有モデル

潜在変数を用いたモデルは図1で示される。自動車保有を表す効用は所得を含む世帯属性によって説明されると考える。しかし、回答者の報告した所得は、観測誤差、回答拒否、過大・過小報告、他の属性との相関、などの問題を含んでいる。そこで、これらの問題を含まない真の所得を表す潜在変数を考える。この潜在変数そのものを観測することはできないが、上で述べたような様々な問題を持った形で所得の報告値として観測されていると考える。また、潜在的な所得は効用を経て、自動車の保有有無としても観測されている。つまり、単に所得の報告値と世帯属性を関係づけるよりも優れた方法であると考えられる。所得の回答が得られていない場合については所得の報告値の情報は用いないが、保有の有無という情報は用いることができる。

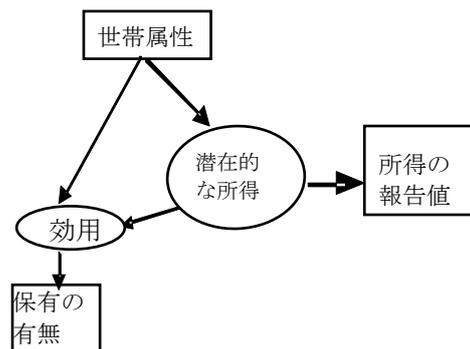


図1 潜在的な所得を考慮したモデル

モデルを推定した結果、自動車保有モデルの適合度の良い順に、③、②、①となった。このことにより、世帯の所得を潜在変数として取り扱うことにより、保有行動をよりよくモデル化できることが示された。

この結果は、2013年1月にAnnual Meeting of the Transportation Research Boardで発表した。

(5) 効率的なSP調査設計

SPモデルの誤差分散がRPモデルの誤差分散に比べて大きい場合には変化量Xを大きくしたほうがよい、RPモデルとSPモデルの誤差項が両モデルに共通する項と互いに独立な項の和で表現されるという仮定に基づくモデルでは変化量がない(X=1.0)場合の近傍が最適、という知見が得られた。さらに、

プレ調査のデータを用いて適切な誤差項の仮定に従ってシミュレーションを行うことにより、適切な X を定める方法を提案した。

この分析は、Journal of Choice Modelling (国際査読雑誌) と『土木学会論文集』(国内査読雑誌) で出版されている。

(6) 行動変化を表現するモデルの評価指標

モデルを「選択確率の上昇」および「同時選択確率の上昇」という指標によって評価した。筆者の用いたデータには、ある属性の劣位を他の属性の優位で補うことはできないという非補償型のモデルや、属性の客観値だけではなくそれをどのように感じたかという主観的評価値も考慮したモデルが優れていた。

本分析結果は、IATSS Research (国際査読雑誌) で出版されている。

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 5 件)

① Sanko, N. : Travel Demand Forecasts Improved by Using Cross-Sectional Data from Multiple Time Points, Transportation, forthcoming, 10.1007/s11116-013-9464-7 (査読有)

② Sanko, N. and Yamamoto, T. : Estimation Efficiency of RP/SP Models Considering SP Design and Error Structures, Journal of Choice Modelling, forthcoming, 10.1016/j.jocm.2013.04.001 (査読有)

③ Sanko, N., Dissanayake, D., Kurauchi, S., Maesoba, H., Yamamoto, T., and Morikawa, T. : Household Car and Motorcycle Ownership in Bangkok and Kuala Lumpur in Comparison with Nagoya, Transportmetrica, forthcoming, 10.1080/18128602.2012.726285 (査読有)

④ Sanko, N., Morikawa, T., and Kurauchi, S. : Mode Choice Models' Ability to Express Intention to Change Travel Behaviour Considering Non-Compensatory Rules and Latent Variables, IATSS Research, Vol. 36, No. 2, pp. 129-138, 2013. 10.1016/j.iatssr.2012.10.001 (査読有)

⑤ 三古展弘, 山本俊行 : RP の属性値を基準にした効率的な SP 調査設計 : RP と SP の誤差項に着目して, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No. 5 (土木計画学研究・論文集第 28 巻), pp. I_427-I_434, 2011 年.

http://www.lib.kobe-u.ac.jp/infolib/met_a_pub/G0000003kernel_90001638 (査読有)

[学会発表] (計 6 件)

① Hess, S., Daly, A., Dumont, J., and Sanko, N. : When Explanatory Variables Are Unobserved: The Example of Latent Income, paper presented at the 92nd Annual Meeting of the Transportation Research Board, 14 Jan. 2013, Washington D. C., USA.

② Sanko, N. : Improving Forecast Performance Using Cross-Sectional Data from Multiple Time Points, paper presented at the 13th International Conference on Travel Behaviour Research, 18 July 2012, Toronto, Canada.

③ 三古展弘 : 複数時点の断面データを用いた交通需要予測精度の向上, 第 45 回土木計画学研究発表会, 2012 年 6 月 3 日, 京都大学.

④ Sanko, N., Morikawa, T., and Nagamatsu, Y. : Post-Project Evaluation of Travel Demand Forecasts: The Case of New Transport System Facing a Competing Railway, paper presented at the 12th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport, 13 Sep 2011, Durban, South Africa.

⑤ Sanko, N. and Yamamoto, T. : Estimation Efficiency of RP/SP Models Considering SP Design and Error Structures, paper presented at the Second International Choice Modelling Conference, 6 July 2011, Leeds, UK.

⑥ 三古展弘, 山本俊行 : 誤差項に着目した RP/SP モデルのための効率的な SP 調査設計, 第 42 回土木計画学研究発表会, 2010 年 11 月 22 日, 山梨大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三古 展弘 (SANKO NOBUHIRO)

神戸大学・大学院経営学研究科・准教授
研究者番号 : 00403220