

特集論文 (交通行動分析の新展開) 開発途上国における交通行動のパネル分析

H.S.リダサン*・田村 亨**・石田東生***・
黒川 洸****

本研究では、パネル調査とその分析に関する先進国の既存研究レビューと課題をまとめるとともに、フィリピンメトロマニラ市においてパネル調査を実施し開発途上国のパネル分析を行った。具体的には、第一に、先進国のパネル調査事例との比較から、開発途上国調査の特徴と調査上の改良点・工夫点を検討する。第二として、先進国で比較的常識とされている期間別意思決定の階層構造が開発途上国では成立しにくいことを明示する。さらに、パネル分析をとらえて、開発途上国におけるパネル分析の必要性和有効性を述べる。

Key Words : panel analysis, travel behavior, developing countries

1. はじめに

ライフスタイルの変化や所得向上が人々の交通行動に与える影響等を把握する方法として、多時点の同一個人のデータ(パネルデータ)を利用した分析が近年盛んである。この方法は欧米先進国では研究事例があるが、調査の難しさや、調査バイアスの多さから開発途上国を例にした分析は殆どない。本研究の目的は、①パネル調査に重点をおきながら交通行動パネル分析の文献レビューを行うことと、②フィリピン・メトロマニラ市を対象として、開発途上国の交通行動におけるダイナミズムを分析することである。

開発途上国を対象とした場合のみならずパネル調査では、一般に、調査拒否・転居などの調査実施上の課題が多く存在し、調査方法そのものに工夫が必要である。また、パネル分析で対象となる数学モデルでは、動的過程の構造に関する仮定、誤差構造の仮定、動的過程における初期条件の与え方等により数多くのモデルがあるが、これらモデルの推定技術上の制約が存在している。このため、パネル分析の実証研究においては、パネルデータや理論モデルの本来的な能力が発揮されておらず、推定されているモデルも構造的に簡単なものにとどまっているのが現状である。

本論文の前半では、パネル調査の研究レビューとその課題をまとめるとともに、モデル推計技術の課題についても簡単にまとめる。また、後半の分析事例の目的は、開発途上国の交通行動の不安定性に着目して、個人・世帯属性や交通条件、自動車保有などの属性の変化が、どのような交通行動パターンの変化をもたらすかを探ること

である。このため、本研究では、パネルデータの分析に対数線形モデルの適用を行っているが、このモデル自体は、パネル分析の対象となる数学モデルではなく、多次元クロス表をもとに要因間の効果に関する階層的な関係をモデル化しながら要因間の因果構造を把握するものであり、パネルデータの基礎的分析に役立つものと考えられる。

2. パネル調査及びその分析に関する既存研究

(1) 研究レビューの視点

パネル調査に限らないことであるが、開発途上国で交通調査を行う場合、先進国に比べて、次の点で調査上の困難さがあると考えられる。①世帯抽出名簿が整っていないこと、②世帯の概念が不明確で、家系一族が一つの家屋に居住することがしばしばあるため調査単位として世帯を取り上げにくいこと、③スコッター地区やその周辺地区等、調査員が入りにくい地区が存在すること、④欧米でよく行われる電話や郵便による調査の事前依頼ができていないこと、⑤トリップ・ダイアリー調査を行う場合、被検者の出発時刻・選択経路等の認識が不明確であるため完全面接調査を必要とすること、⑥完全面接調査により被検者の選択経路等を知るには調査員が対象地域の地理や交通機関に精通している必要があること(複雑なパトランジット網を把握していることや、同一バス路線でも利用したのがエアコン付バスか否かを聞き出せる様に調査員教育をしておかなければならない)、⑦高所得者や中国系住民等は、自らの属性の申告を嫌うことなどである。

このため、開発途上国におけるパネル調査では、①同一世帯、同一個人を複数時点で追うことが難しいこと、②調査協力を得にくいこと、③調査データの信頼性を上げるための工夫が必要なこと等に留意して調査の企画設計、調査員教育、調査票のチェックなどの管理を行うこ

* 学生員 学術修士 筑波大学大学院 社会学研究科
(〒305 つくば市天王台 1-1-1)

** 正会員 工博 室蘭工業大学助教授 建設システム工学科

*** 正員 工博 筑波大学助教授 社会学系

**** 正員 工博 筑波大学教授 社会学系

とが重要である。そこで、既存研究のレビューをとおり、具体的な調査方法とデータ分析手法の課題をまとめることとした。しかし、開発途上国を対象としたパネル分析事例はこれまでに殆ど報告されていない。以下では、欧米とわが国の研究が中心となるが、パネル調査の実態、種類、調査バイアス、調査データの代表性、さらに、モデル推定技術の課題について、先進事例をまとめることとした。

(2) パネル調査の実態

パネルデータを用いて分析する目的は、交通行動の意思決定過程における反応遅れ、調整、さらには習慣性や学習効果などを明らかにする上で有効であり、結果的に精度の高い交通行動モデルの開発に役立つと考えられるからである。

これまで行われてきた交通行動パネル調査の主なものは表—2.1に示すとおりであり、その調査目的は Dutch National Mobility Panel^{11),21)} や Puget Sound Panel³⁾ の様にライフスタイルの変化や所得向上が人々の交通行動に与える影響等を把握すると言った交通行動のダイナミズム全般に着目したものや、車保有とバス利用の長期的関連を把握するための South Yorkshire Panel⁴⁾、時差出勤導入のインパクト測定を把握するための Honolulu Panel⁵⁾、新しい交通機関の導入に伴う交通行動の変化を把握するための広島新交通パネル^{6),7)}、千葉モノレールパネル^{8),9)}、買物交通行動と個人・世帯属性、モビリティ特性の関係を経年的変化に着目して把握するための甲府買物パネル^{10),11)}、旅行時間情報の提供によるドライバーの学習効果の追跡等のための堺所要時間表示パネル^{12),13)}などとなっている。なお、表中には取り上げていないが、Australia Automobile Panel, London Panel 等の調査目的も交通行動の動的分析のためである¹⁴⁾。

(3) パネル調査の種類

調査の種類は大きく3つあると考えられる。1つは交通行動の結果を把握する交通行動実態調査であり、2つめは新しい交通機関の導入に伴う交通行動の変化を把握する様な場合に見られる事前調査における利用意向調査、3つめは1回の調査で複数時点データを把握するもので事後調査による思い起こし調査である。表—2.1の調査の特徴の欄に示したが、実際の調査では、交通行動実態調査と利用意向調査が多用されている。

交通行動実態調査には、パーソントリップ調査に見られる様なトリップダイアリー調査、活動の全てを調査するアクティビティダイアリー調査、交通機関選択の結果のみを調査するなどの交通行動調査(表中の交通行動実態調査)等がある。ここで、特筆すべきことは、海外の事例に複数日のトリップダイアリー調査があることである。一週間連続調査を行った Dutch National Mobility Panel では、調査の経過とともに申告トリップ数が減少

してくる等が報告¹⁵⁾されており、このことを参考とした Puget Sound Panel では、曜日に固有の影響と調査バイアスを区別するために調査初日の曜日をランダムに与えて2日間トリップダイアリー調査を行っている¹⁶⁾。

利用意向調査は、従来よりデータそのものの信頼性の問題が指摘されているが、この点についての議論は他の論文に委ねる。パネル調査で問題となるのは、複数時点の利用意向調査データを用いた場合の利用意向の時間的安定性である。これについては藤原らの論文⁹⁾でいくつかの検討がなされており、データ固有のバイアスが時間的に変化するという事例が報告されている。このことは、どの時点のモデルを使うのかによって結果が異なることを意味しており、研究事例を増やすとともに利用意向調査によるパネルデータの今後の課題である。

3つめの思い起こし調査は、パネル分析を目的とした調査では殆どない。しかし、非集計行動モデルを用いて交通需要予測を行う場合に、現在利用している交通機関以外の交通機関に関する利用情報を得る方法の1つとして過去の利用経験を聞くといった調査は数多く見られる。パネル調査の1つの方法として今後検討する意義は大きいと考えられるが、利用意向調査同様の問題が存在する他、1回の調査での思い起こしはせいぜい1時点までが限度であり多時点データとしての調査にはならないと考えられる。

(4) 調査バイアス

パネル調査では当然のことながら多数の個人に対してほぼ同一の質問を複数回くりかえすことが不可欠であり、回答者に多大の負担をかけることになる。このため、①回答者に協力してもらえないあるいは転居等の理由で徐々に脱落者が増加するという問題「Attrition Problem」、②調査のくりかえしによる慣れと精度の低下という問題「Fatigue Problem」、③前回までの回答結果と整合するように無意識的・意識的に回答を変えてしまう問題「Panel Conditioning Problem」などが調査実施上の大きな問題となる²⁾。

表—2.1に、1ウエーブからの各ウエーブの残留サンプル率(消耗されなかったサンプルの比率)を示した。調査方法や調査項目・内容の違い、そして調査インターバル等によって残留サンプル率が大きく異なるが、家庭訪問配布訪問回収によって行う調査でインターバルが1~3年の場合(海外事例)1ウエーブと2ウエーブ間の世帯単位では40~60%の消耗があると言えようである(Cardiff Consumer Panel¹⁷⁾の消耗が大きいのは調査項目の多さからと推察される)。これに対して、Puget Sound Panel を企画・実施した Murakami & Watterson によると、電話による事前承諾を得た人々を対象に郵送配布・郵送回収方法で調査を行っても、調査結果概要を

表-2.1 代表的なパネル調査

調査名、調査時点(調査インナー)	(Iwaveのサンプル数) Iwaveからの各waveの 残留サンプル率	交通目的	調査の特徴	調査方法
Dutch National Mobility Panel (オランダ)	(1764世帯)	全目的	世帯の12歳以上の交通行動のトリップダイアリー調査も行ったが、この5回の調査は(1984.9, 1985.9, 1986.9, 1987.9, 1988.3)この中で利用意欲調査を行ったことがあった。	事前に電話して依頼、承諾を得た対象者として訪問回収。 (この上5回の調査も(以外)には郵送の回収もある。)
South Yorkshire Panel (イギリス)	(3128世帯)	全目的	世帯の5歳以上の個人を対象としたリップダイアリー調査。利用者車保有とバス利用に著目した調査。	不明。
Cardiff Consumer Panel (イギリス)	(2012世帯)	(買物)	食料品を買いに行く行動を分析する。	事前に電話して依頼、承諾を得た対象者として訪問回収。
Honolulu Panel (アメリカ)	(2297個人)	通勤	通勤者の交通行動調査。通勤者の通勤時間差を把握する。	職場の担当者に依頼し、1度調査を終了し、個人に回収。調査結果を調査者にアウンス。
Metro Manila Panel (フィリピン)	(892世帯)	通勤	ある1日のトリップダイアリー調査。LRT整備効果の把握を目的。	家庭訪問、完全面接ヒアリング調査。
Paquet Sound Panel (アメリカ)	(1713世帯)	全目的	世帯の15歳以上の個人を対象としたトリップダイアリー調査。1990年春、1991年秋に実施した調査をトリップダイアリー調査で実施済み。	事前に電話して依頼、承諾を得た対象者として郵送回収。 2waveまでに調査結果の概要を送り、カードと写真をとり。
広島新交通パネル	(1388個人)	通勤・通学	16歳以上の通勤・通学者に対する調査。2waveの残留が少ないのは1waveの調査でも参加して氏名、電話番号を記入し、2waveを対象としたため。	家庭訪問配布、訪問回収。
千葉モノレールパネル	(2749個人・通勤) (1989個人・買物)	通勤 買物	15歳以上の通勤・通学者に対する調査。1waveではモノレールの利用意向調査、2waveは交通行動実態調査。	家庭訪問配布、訪問回収。
甲府買物パネル	(653個人)	買物	ある1日のトリップダイアリー調査。各調査にはアクティビティダイアリー調査も含まれている。	1waveではショッピングセンター来訪者へ手渡し配布、後日郵送回収。 2wave, 3waveにおいては、前waveの残留者に対する郵送配布、郵送回収。
堺所要時間表示パネル	(634個人)	通勤 学業	複数が経路、所要時間、時刻を把握し、所要時間を示す表示機を設置し、所要時間調査を実施する。	1waveでは路側での手渡し配布、郵送回収。 2wave以降では、前waveの残留者を対象として郵送配布、郵送回収。

知らせることや調査依頼のレターを出し被験者との情報交換を緊密にすることで1ウエーブと2ウエーブ間の消耗を10~30% (世帯単位) に減少させられると言う報告¹⁸⁾もある。海外の事例では、上記の様に調査対象者に調査内容や複数時点で調査を行う旨などを電話や郵便で事前にお願ひし合意を得られた世帯に調査を行うものが多い(表—2.1 中では Dutch National Mobility Panel, South Yorkshire Panel, Cardiff Consumer Panel, Puget Sound Panel が事前に電話で調査への合意を取り付けている)¹⁹⁾。

また、どの様な調査対象サンプルに消耗が多いかという検討もされており、これによると低所得者層、老人世帯、車を運転できる人のいない世帯、教育レベルの低い世帯等にサンプルの消耗が多いとされている²⁰⁾。さらに、1ウエーブで報告漏れの多い人ほど2ウエーブに参加しないという指摘もある^{20), 21)}。

これらのサンプルの消耗については、調査方法上の改善等の工夫も必要となろうが、ウエーブ間のサンプル構成比率の変化に対応して、離脱者分の新しいデータを適宜追加して調査を進めることや、新しいデータによる補正といった検討も必要と考えられる。

また、一般の交通行動調査と異なり、調査を行う日が特別な日(例えば、実際のパネル調査で起こった例として調査日にある職種のストライキがあった等)であったり、各パネラーがたまたま特異な行動をとった場合の影響等は、少数サンプルで個人・世帯の交通行動を追跡するパネル調査においては特に重要であり、この点にも十分留意して調査を企画・実施することや、インスペクションデータによるサンプルの偏りの有無の検討が必要となろう。

(5) 調査データの代表性等

パネル調査は、1年あるいはそれ以上の期間を調査インターバルにとった繰り返し調査を行うことが多いため、ウエーブ間に生じる世帯の転入・転出や世帯の独立等が調査母集団を変化させることにも留意しなければならない。

また、やや抽象的な議論となるが、これまでの交通調査の多くは大量のデータを統計的にマクロ分析し、総合的な計画立案を目指すこと等に力点が置かれていた。しかし、近年の交通行動分析では、この様なアプローチとともに、地点や状況ごとの個別のかつ具体的な検討により見いだされる施策が必要な時期に入ってきており、これに対応したより個別のかつ質的に高度な調査アプローチが必要と考えられる。より小規模で、特定の政策対象の変化を追跡する様な調査方法の一つにパネル調査を位置付けると、従来の調査母集団の考え方にも様々なものがあってよいと思われる。例えば、マーケティング・サイエンスで論じられる「マーケットセグメンテーション」

や「市場実験」等の考え方は、交通行動のパネル調査に援用されるべきではなかろうか。

さらに、調査技法として、わが国では交通調査にあまり活用されていない電話調査や、パソコンを用いた面接調査、さらにはマーケティング・サイエンスで近年着目されているスキャンパネル調査(商品の購入データの例: 従来の日記式パネルではなく、家庭にバーコードスキャナーの端末を設置し直接入力するといったホームスキャン方式などがある)などの技法を交通行動のパネル調査へ適用することも検討課題と考えられる。

(6) モデルの推定技術の課題

パネル分析の対象となる数学モデルは Heckman²²⁾ が分類整理したように実に多様である。まず、過去の選択が現在の選択へどのように影響するかという仮定によって、影響がないとする最も簡単なものから、同じ選択が継続することの効果まで捉えようとするモデルまで多種多様である。また、個人属性の係数を確定的な定数で説明しようとするもの(fixed effect model)、効用関数の係数を確率変数として扱うもの(random effect model)、社会経済属性と確率の変動の組合せで個人差を表現するものまで多様である。さらに、これらのモデルは誤差構造の仮定によってさらに分化していく。例えば、個人間では誤差は独立としたモデル、個人内の誤差と従来のノイズを分けて表わすエラー・コンポーネント・モデルなどがある。そして、モデル構造や誤差構造によって効率的な推定方法は異なっており、これらについての理論的検討と整理は Hsiao²³⁾ に詳しい。

実際のデータを使ったモデルの推定では、尤度関数を評価し、これを未知のパラメータに関して最大化するという手順によりなされる。このときに分布関数の計算が必要となるが、これがパネルデータを用いたモデル推定の大きな問題となっており、推定できるパラメータ数には現在の計算技術では限度が存在する。このため、理論的には推定が可能な複雑な意思決定の動的過程や複雑な誤差構造を有するモデルの推定はほとんど行われていないのが現状であり、パネル分析が十分には活用されていない。

モデル推定に関するもう一つの重要な問題は動的過程における初期条件の与え方である。モデルの対象となるプロセスは観測の有無に関係なく継続しているが、パネルデータとして観測されるのは分析者が任意に設定した時期以降であり、1ウエーブ以前についての情報は得られない。このため、初期条件は何らかの形で与える必要があるが、確立された方法はない。

このように、パネル分析では動的過程の構造に関する仮定、誤差構造の仮定、初期条件の与え方などを考慮しながら、実際に推定できるモデルに限定せざるを得ないのが現状であり、今後とも実際のデータを用いて解決す

べき課題は数多く存在する。

3. 開発途上国におけるパネル分析の必要性

近年、東南アジアの多くの国においては、急激な経済成長と都市部への人口集中が進んできており、特に首都圏においては、都市の交通社会基盤整備が人口集中に追い付かず、交通渋滞や排気ガスによる環境悪化等の問題が生じている。このため、LRTや新交通システムなどの導入計画や延伸計画が盛んであり、その運賃政策のあり方や途上国に多く見られるパラトランジットとの乗継ぎのあり方等が検討されてきている。

しかし、これらの急激な社会・経済の変動は、人々の所得や生活パターンに変化を与え、交通機関の選択構造や車保有・利用形態に影響を与えることのみならず居住地選択・職業選択にまで影響を与えてきているため、交通政策実施上の効果把握が難しいのが現状である。すなわち、居住地選択・職業選択等が短期的にダイナミックに変化するこれらの地域では、先進国で比較的常識とされている居住地選択<長期の選択>、自動車保有<中期の選択>、通勤交通手段選択<短期の選択>と言った期間別意思決定の階層構造が成立しているのか否かすら分からないのが現状である。また、パネル分析としてわが国で比較的研究事例の多い「新しい交通機関の導入に伴う交通行動の変化を追跡するための動的分析」は、交通選択構造の把握以前の交通行動の意思決定過程を明示できない限り、開発途上国の分析ではあまり参考とならないと考えられる。

この他に、本研究の対象地域であるメトロ・マニラ市の交通に関して多くの先進国交通専門家が指摘していることとして、①高度に発達したパラトランジット（ジブニーやトライシクル）は経験的にその路線網等を知っている人々には使い勝手がよく、これが交通機関選択において固定層となりやすいこと、②都心部におけるスコッター地区の存在が、異なる交通ニーズの空間的混在を生んでいること、③所得格差や時間価値観の差異、安全性に対する評価の差のみならず気候がもたらす快適性に対する評価までが現地特有の交通行動を生じさせていること等が挙げられている。これらの指摘は、先進国の分析と比較して、クロスセクションデータの分析では安定的なモデルが得られにくいことを示すものである。すなわち、データが観測された地点での構造が予測時点でも保持されているという定常性の仮定が、先進国に比べて成立ちにくいことである。

この様に、開発途上国の交通行動に影響を与える要因とその因果関係はまだよく分かっていない点が多く、交通計画立案のための需要予測方法の確立と同時に、交通行動メカニズムの現像解析的解明も必要とされよう。後者に関しては、先進国にもみられる特定の政策対象の変

化を追跡するための調査とともに、何がダイナミックに変わっているのかに着目したよりきめ細かな調査・分析も重要と考えられる。例えば、LRTの運賃が下がった前後の2時点に調査を行いLRT利用者が10%増加したことが分かった場合、これがバス利用者から転換してきたものなのか（浮動層）や、そもそものLRT固定層と考えられていた人々に変化がなかったのか等の変動の実態を把握し、その上で変化した人々の個人・世帯属性や交通条件・自動車保有などの属性を追跡的に把握し、交通行動にダイナミズムを与える要因とその因果関係を分析することが必要となろう。

これに関連した先進国の調査にアメリカワシントン州シアトル都市圏で実施されたPuget Sound Panelがある。この調査は特定の政策対象の変化を追跡するための調査ではなく、先進事例であるオランダのDutch National Mobility Panelを参考にした交通行動全般の解明を目的とした調査である。このなかで注目すべきことは、職業の変化、個人・世帯属性の変化、交通行動の変化を取り上げそれぞれの因果関係を明らかにすることを調査の第一目的としていることである。この分析結果の一例として、1年間のインターバルをおいた調査の結果、約20%の人が通勤目的地を変更しており、これがトリップ数やトリップ長を増加させ、かつ交通機関の変更をも余儀なくさせているという報告³⁾がある。これは、先に示した何がダイナミックに変わっているのかに着目したよりきめの細かな調査・分析の一例と言えよう。

4. メトロマニラパネルの事例分析

(1) 調査の実施と調査サンプルの減少

パネル調査を実施した地域はフィリピン共和国メトロマニラ市におけるLRT沿線地域である。世帯抽出にあたっては、一般のセンサスデータ抽出名簿の使用を考えたが、プレ調査の結果、転居・世帯の独立等が多いことが分かったため使用を断念し、地区のストリート（1ストリート100~200m）を抽出単位とした。また、電話・郵便等による調査の事前依頼は行っていない。調査は、ウエーブ1を1987年1月、1260世帯を対象に実施し、その後、約3年を経た1990年3月にウエーブ1の有効世帯の同一個人を対象にウエーブ2を実施した。

調査内容は1日の通勤目的の交通行動をトリップダイアリー形式で把握するもので、完全面接聞き取り調査方法で行った。このため、1人20分の調査時間を目途に調査項目の設計をしかつ、被検者の選択経路等を正確に知るため地図による経由地点・目的地の確認をするなどの調査の工夫を行った。また、2時点の調査を個人ベースでマッチングするため、年齢、性別以外に個人の氏名を聞くこととした。フィリピンでは、世帯の概念が希薄で、かつ同一姓の一族で居住することが多いため、ラス

トネイム、ミドルネイムは勿論のこと、ファーストネイムを正確に聞き出すこととした。調査にあたっては、2時点とも同一の調査員（女性）を使用し、かつ調査員教育を十分に行った。調査時間帯は平日は16:00~20:00とし、調査員の安全のため2名ずつペアで訪問することとした。また、世帯が見つからなくても同一個人を見つけられないときは3回まで家庭訪問をさせることとし、回収した調査票は翌日チェックして不備があった場合は再度訪問することとした。

調査の結果、有効サンプルは世帯ベース（1家屋に居住している場合を1世帯と考えた）で、ウエーブ1の892世帯がウエーブ2で447世帯となり約50%のサンプルの減少であった。個人ベースでは、ウエーブ1の1437票がウエーブ2では僅か204票と減少（約14%の捕捉）した。

世帯ベースでの調査票回収率の減少の理由は、3年間の間に転居した世帯が154世帯、調査拒否世帯124世帯、調査場所に世帯が見つからなかった世帯116世帯、さらに住所そのものが変更され世帯を見つけられなかった世帯が51世帯である（図-3.1）。また、転居と拒否について分析した結果、低所得者層に転居・拒否が多く、高所得者の中国系住民に拒否が多いことが分かった（表-3.1）。

個人ベースで、1437の個人票が204票へと激減した理由は、ライフサイクルの変化や職業の変更に伴う転居が788票で最も多く、拒否あるいは回答はしたものの不完全票が310票、3回の訪問でも不在が135票であった（図-3.2）。

これらの調査サンプルの減少について、単純に、先進国の事例と比較すると、1年の調査間隔を置いた Dutch National Mobility Panel では世帯ベースで58%のサンプルの回収であり、本調査の約3年間の間隔における回収率50%は開発途上国調査と言う点からも高い値といえる。また、通勤目的の交通調査にもかかわらず、世帯ベースの有効回収数に比較し個人ベース回収数の減少が大きいことは、家系一族が一つの家屋に居住することがしばしばあるため一般に言う主たる通勤主体である世帯主が一人とは限らないこと、さらに女性の勤労割合が高いことも理由と考えられる。

調査全体を通しての特記事項は、①調査主旨説明を含めた1人20分という面接調査時間は調査に協力的な人にとっても限界と考えられること、②マッチングに必要なためファーストネイムまで正確に聞き出したことは調査拒否の割合を増加させたこと、③完全面接調査により被検者の出発時刻や選択経路等をより正確に知ることが可能であったこと、④高所得者の中国系住民に拒否が多いことに対応し、これらの人々には郵便で事前の調査依頼をしておくことも重要と考えられること、⑤低所得者

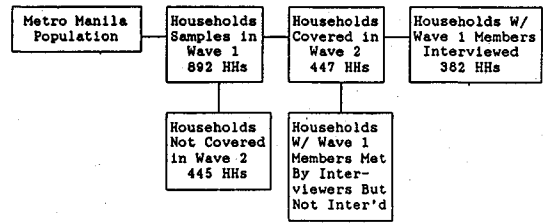


図-3.1 世帯単位の調査サンプルの減少

表-3.1 世帯単位の調査サンプル減少が生じた理由

A. HOUSEHOLDS NOT COVERED BY SURVEY	
Households Transferred Residence	154 HHs. (34.61%)
Households Refusing the Interview	124 HHs. (27.86%)
Households Could Not be Located	116 HHs. (26.07%)
Households Not in Given Address	51 HHs. (11.46%)
TOTAL	445 HHs. (100.00%)
B. HOUSEHOLDS COVERED BUT WAVE 1 MEMBERS NOT INTERVIEWED	
Households with Wave 1 Household Head Not Interviewed in Wave 2	22 HHs. (33.85%)
Households with Wave 1 Members Went Abroad	14 HHs. (21.54%)
Households with Wave 1 Members Out of Town or to the Province	9 HHs. (13.85%)
Households with Wave 1 Members Moved out of the Household	8 HHs. (12.31%)
Households with Wave 1 Members Deceased	3 HHs. (4.60%)
No Reasons Mentioned	9 HHs. (13.85%)
TOTAL	65 HHs. (100.00%)

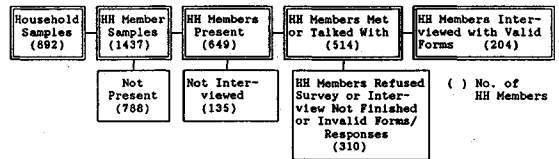


図-3.2 個人単位の調査サンプルの減少

層に転居・拒否が多いことから、ウエーブ間のサンプル構成比率の変化に対応して抽出するとか、離脱者分の新しいデータを適宜追加して調査を進めることが必要と考えられることである。

(2) 個人・世帯属性の変化

分析は2時点の通勤目的交通を対象とし、目的地の変化等と個人世帯属性の変化とのクロス分析であり、個人ベースの240サンプルのパネルデータを用いた。

分析の主な結果は次のとおりである。①3年間に職業を変更した者は57%（図-3.3）、通勤の目的地を変更した者は45%（図-3.4）であった。②職業の変更は商業からサービス業への変更が最も多く、そのほか女性のホームベースト（内職）への変更も多いことが分かった。③目的地を変更した者は、転職のためとする者が多く64%を占め、次いで女性が職を失ったためが19%であった。④勤務地の変化としては商業・業務地区であるマカティ地区へ勤務していた者が新興の業務地区である埋立地区に職場を移している等の実態が分かった。

		WAVE 2						
		A	B	C	D	E	F	TOTAL
WAVE 1	A	14	9	2	1	1	2	29
	B	2	13	3	9	3	6	36
	C	1	6	23	0	1	2	33
	D	5	15	3	15	5	3	46
	E	0	0	0	0	0	0	0
	F	1	7	3	8	2	9	28
	TOTAL	23	50	34	31	12	22	172

LEGEND
 A Manufacturing
 B Service Ind.
 C Gov't. Sector
 D Comm'l. Sector
 E Home-Based Ind.
 F Others

$74/172 = 43.02\%$
 (NO Change in Employment)

$98/172 = 56.98\%$
 (Change in Employment)

図一3.3 3年間の職業の変化

		WAVE 2						
		A	B	C	D	E	F	TOTAL
WAVE 1	A	43	1	1	6	12	3	66
	B	3	6	1	0	0	1	11
	C	9	1	19	1	12	4	55
	D	8	0	1	12	3	2	28
	E	0	0	0	0	3	0	3
	F	3	2	4	3	2	11	25
	TOTAL	64	10	24	22	31	21	172

LEGEND
 A Manila
 B Pasay
 C Makati
 D Quezon City
 E Reclaimed Area
 F Others

$94/172 = 54.65\%$
 (NO Change in Work Place)

$78/172 = 45.35\%$
 (Change in Work Place)

図一3.4 3年間の通勤目的地の変化

		WAVE 2				
		JESPNEY	BUS	LRT	CAR	TOTAL
WAVE 1	JESPNEY	5	2	9	6	7
	BUS	8	7	1	1	17
	LRT	1	3	2	1	3
	CAR	5	0	0	9	14
	TOTAL	7	6	18	18	14

$79/141 = 56.03\%$: No Change in Mode
 $62/141 = 43.97\%$: Change in Mode

図一3.5 3年間の交通機関選択の変化

(3) 通勤交通機関の変更

ここでは、2時点における通勤目的の交通機関選択の変化をまとめる。個人ベースの204サンプルのパネルデータのクロス分析より、3年間のうち交通機関を変更した者は44% (図一3.5) いることが分かった。注目すべきはLRT利用者の減少と自家用車利用者の増加である。また、先に示したように当対象地域には職業を変更した人も多いことから、交通機関を変更した者は、自動車保有の増加やジブニー・バス等の公共交通機関のサービス水準の変化に依ることもあることながら、実質的に交通機関を変えざるを得ない状況(目的地の変更による変化)も多く生じていると考えられる。

(4) パネル分析Ⅰ：交通機関選択の要因分析

本分析は交通機関選択モデルのパラメーターの安定性分析を行うもので、調査を実施した期間が3年違ってい

表一3.2 2時点それぞれの交通機関選択モデル

		Wave 1 Model		Wave 2 Model	
		β	t-value	β	t-value
L	OVTT (G)	-0.1863	-3.76	-0.1389	-2.40
O	IVTT (G)	-0.0148	-2.58	-0.0240	-4.03
S	TOC (S)	-0.0086	-0.73*	-0.0489	-2.94
S	INC (S)	0.0089	3.25	0.0014	0.85*
E	LIC (S)	1.1678	3.27	1.7064	4.54
C	J CONST	2.2379	5.52	0.0858	0.23*
O	B CONST	1.1203	2.56	1.3265	3.16
N	L CONST	2.8030	6.00	0.8216	1.85
D.F.		8		8	
χ^2		351		315	
L(B)		-631.9574		-468.6959	
ρ^2		0.2129		0.2463	
HIT		64.2		68.0	
SAMPLES		860		644	

LEGEND: (G) = Generic *not significant at 5% Significance Level
 (S) = Specific to Car

ても、2時点それぞれのモデルパラメーターが時間的に安定していることが実証できれば、「交通機関の選択構造自体には差がなく目的地の変化等が結果的に交通機関選択の違いとなって現われている」という仮定が確かめられるとの考えで分析している。

分析に用いたデータは、2時点のパネルデータに補助データを加えたものであり、調査地域が同一という点から擬似パネルデータと言えよう。補助データとは、1987年調査では1990年調査の結果から同一個人データとならなかったデータであり、1990年調査では1987年の調査世帯名簿で同一個人を見つけられず、やむなく同一ストリートの別の家を訪問し得た新たな調査データである。本研究は調査対象世帯の抽出がストリート単位であり、所得階層や職種などの点で補助データの構成が実パネルデータとほぼ同一と考えられる。また、ここでの検討は、LRT周辺地区に居住する人々の2時点それぞれの交通選択構造分析であり選択構造変化の程度を明らかにするものではないことから、調査対象地区を代表するサンプル抽出となっていればよい。この意味から、本研究では分析に擬似パネルデータを用いることで問題がないと考えた。なお、分析は個人ベースのデータを用いた非集計ロジットモデルである。

交通機関選択を説明する要因は、アクセス時間(OVTT)、ラインホール時間(IVTT)、費用(TOC)、個人収入(INC)、世帯内免許保有者数(LIC)の5つとジブニー、バス、LRTの3つの定数項を考え、1987年では860サンプル、1990年で644サンプルを用いて分析した。交通機関の選択肢は自家用車、LRT、バス、ジブニーの4機関であり、マルチノミナルロジットモデルを適用した。

2時点それぞれの分析の結果は表一3.2に示すとおりであり、これより次のことが分かる。①両時点のモデル

表—3.3 2時点のモデルパラメータの安定性

Parameter	t-Value
OVIT	0.6239
IVIT	1.0971
TOC	2.3857**
INC	19.3592**
LIC	1.0261
JCONST	3.6702**
BCONST	0.3299
LCONST	2.9878**

**Significant at 5% Significance Level

とも尤度比, 的中率が高く再現性の高いモデルである。
 ②モデル1と2ともにパラメータの符号条件が適当なものとなっている。③パラメータのt値はモデル1の費用, モデル2の個人収入, ジブニー定数項を除いて有意水準5%で有意となっている。次に, 各モデルパラメータの値にウエーブ間で差があるかどうかのt検定を行った。なお, ここで行うt検定は以下のとおりである。

$$t = |\hat{\alpha}_1 - \hat{\alpha}_2| / (S\sqrt{(1/n_1 + 1/n_2)})$$

$$S = \sqrt{((n_1 - 1)m_1\sigma_1^2 + (n_2 - 1)n_2\sigma_2^2) / (n_1 + n_2 - 2)}$$

ここで,

$\hat{\alpha}_1, \hat{\alpha}_2$: ウエーブ1, 2のモデル推定パラメータ

n_1, n_2 : ウエーブ1, 2のサンプル数

σ_1^2, σ_2^2 : ウエーブ1, 2のモデル推定パラメータの分散

分析結果は表—3.3のとおりであり, 費用と個人収入の2要因において, 統計的に差があるという結果となった。このことは, 2時点それぞれの交通機関の選択構造には差があることを意味する。

(5) パネル分析II: 対数線形モデルの適用

前述の交通機関選択モデルのパラメータの安定性分析により, 費用と個人収入の2要因において, 統計的に差があるという結果となったが, このことは, 「交通機関の選択構造自体には差がなく目的地の変化等が結果的に交通機関選択の違いとなって現れている」という仮定が棄却されたことである。本分析は交通機関選択構造にのみ限定した分析であるが, 3年という調査間隔のうちに, 交通費用に関する価値観の変化, あるいは個人収入の変化があり, これが人々の交通選択行動に影響を与えたであろうことが推察される。

ここでは, その影響の程度を把握するため対数線形モデルによる要因分析を行う。本研究で対数線形モデルを用いた理由は2つある。1つは, 本分析で用いるパネルデータのサンプル数が204サンプルと少なくパネル分析

表—3.4 対数線形モデルの要因と水準

FACTOR	A MARK	LEVEL1	LEVEL2
MODAL CHANGE	MC	YES	NO
WORK PLACE CHANGE	WP	YES	NO
EMPLOYMENT CHANGE	EP	YES	NO
MEMBER INCOME CHA.	MI	YES	NO

の対象となる数学モデルの適用が難しいと判断したためである。2つめは, パネルデータの基礎的分析を考えたとき, 要因のデータ構造が離散データ(2時点の期間中に変化があったか否かの[0, 1]データ)であり多次元クロス表による分析が容易と考えられたためである。

分析は, 2時点の交通機関選択変化と目的地変化, 職業変化, 個人収入変化という4つの変化がそれぞれの様に(交互作用がなく独立といえるか)関連しているかを把握するためのものであり, 個人ベースの204サンプルのパネルデータを用いた。

分析はサンプル数の関係で, 2つに分けて行った。1つは, 交通機関選択の変化と目的地の変化, 職業の変化に関するものであり, 他の一つは交通機関選択の変化と目的地の変化, 個人収入の変化に関する分析である。表—3.4は要因とカテゴリーをまとめたもので, 各要因とも2水準(2時点で変化があったか否か)とした。以下, 分析の説明には表—3.4の記号を用いる。

分析は, MCとWP, MCとEP, MCとMIとの間に交互作用がなく独立か否かの検定であり, もしこの3つ全てに独立性が言えれば, 交通機関選択の変化は目的地の変化にも, 職業の変化にも, 個人収入の変化にも影響を受けていないと言える。なお, 構築したモデルはそれぞれ次の4つである。

モデル①[MC, WP, EP]

モデル②[MC, WP, EP, MC*WP]

モデル③[MC, WP, EP, MC*EP]

モデル④[MC, WP, EP, MC*WP, MC*EP]

モデル⑤[MC, WP, MI]

モデル⑥[MC, WP, MI, MC*WP]

モデル⑦[MC, WP, MI, MC*MI]

モデル⑧[MC, WP, MI, MC*WP, MC*MI]

ただし, MC, WP, MIは主効果を, 例えばMC*WPはMCとWPの交互作用効果を示す。

なお, ここで扱う対数線形モデルは, モデル①を例にすると以下のとおりである。

$$\ln m = \mu + \lambda MC + \lambda WP + \lambda EP$$

ここで, m : MC, WP, EPによって構成される3次元クロス表の構成要素は互いの独立でポアソン分布に従う, としたときのポアソン分布の平均値, μ : 全データの平均値, $\lambda MC, \lambda WP, \lambda EP$: 主効果

表—3.5 対数線形モデルのカイ二乗値

MODEL No.	CHI 2	FREEDOM
①	9. 3 0 5	3
②	5. 3 3 6	2
③	3. 9 5 2	2
④	0. 6 6 8	1
⑤	4. 2 8 7	3
⑥	0. 6 7 5	2
⑦	4. 2 8 0	2
⑧	0. 6 7 9	1

また、検定とは、このモデルにデータを当てはめるとき得られる尤度比カイ二乗統計量の値の検定であり、各効果の独立性の検定である。

表—3.5 はそれぞれのモデルの尤度比カイ二乗統計量と自由度を示したものであり、以下のことが分かる。

第1は、唯一、モデル①が有意水準5%で有意でありよくデータに適合している。このモデルは交互作用項を含んでいないことから、このモデルの選択は、帰無仮説（各要因間に独立性がある）が棄却出来ないことを意味する。

第2は、モデル①以外の7つのモデルが有意水準5%で有意でなくデータに適合していないことである。特にあてはまりの悪い④、⑥、⑧のモデルについては仮定したモデル構造と関係ない要因の影響や誤差があるためと考えられる。

第3は、比較的あてはまりのよいモデル②と先のモデル①より、MCとWPの交互作用効果の検定ができ、交互作用のカイ二乗値が3.969（自由度1）と有意であることから、MCとWPの間にはかなり強い関係があることが示唆される。同様に、MCとEPの間にも有意水準10%ではあるが、関係があることが分かった。これに対し、MCとMIの間には殆ど相関関係がないと言える。

第4は、以上のことから、職業の変更が通勤目的地的変化をもたらす、これが交通機関選択の違いとなって表われていること、所得が変化することと交通機関選択が変化することとは関係がないことが分かった。なお、後者は、モデルパラメータの安定性分析（表—3.3）と一見矛盾するが、これは、「個人所得が交通機関選択構造に変化をもたらす」可能性はあるものの、所得が変化したからと言って必ずしも交通機関選択が変わるとは言えないことを意味する。

(6) メトロマニラパネルの分析結果

メトロマニラ市を対象として、開発途上国の交通行動におけるダイナミズムを対数線形モデル等により分析す

ることにより次のことが明らかとなった。

① 3年間に職業を変更した者は57%、通勤の目的地を変更した者は45%、3年間のうちに交通機関を変更した者は44%いることが分かった。

② 「目的地の変化等が結果的に交通機関選択の違いとなって現われている」ばかりでなく、3年という調査間隔のうちに、交通機関の選択構造自体にも変化があったことが分かった。

③ 具体的には、2時点それぞれの交通機関の選択構造を比較することにより、運賃などの費用と個人収入の2要因において、選択構造には差があることが分かった。

④ また、変化の有無を取り上げての分析から、職業の変更が通勤目的地的変化をもたらす、これが交通機関選択の違いとなって表われていることが分かる。

⑤ さらに、3年間の間に、運賃に対する価値観の変化や個人所得と交通機関選択の構造が変化した可能性はあるものの、所得が変化したからと言って必ずしも交通機関選択が変わるとは言えないことが分かった。

5. おわりに

本研究では、パネル調査とその分析に関する先進国の既存研究レビューと課題をまとめるとともに、フィリピンメトロマニラ市においてパネル調査を実施し開発途上国のパネル分析を行った。その結果、第一に、先進国のパネル調査事例との比較から、開発途上国調査の特徴と調査上の改良点・工夫点を指摘できた。また、第二として、3年間に職業を変更した者は57%、通勤の目的地を変更した者は45%も存在することから分かる様に先進国で比較的常識とされている長期・中期・短期と言った期間別意思決定の階層構造が成立せず、職業選択等が短期的にダイナミックに変化しており、これが交通機関の選択構造や車保有・利用形態に影響を与えることが分かった。さらに、パネル分析をとおして、3年間の間に運賃に対する価値観の変化や個人所得と交通機関選択の構造が変化した可能性はあるものの、所得が変化したからと言って必ずしも交通機関選択が変わるとは言えない等の新たな知見が得られ、開発途上国におけるパネル分析の必要性・有効性を明示できた。

謝辞：本研究をまとめるにあたり、西井和夫助教授（山梨大）、原田昇助教授（東大）、屋井鉄雄助教授（東工大）、森川高行助教授（名大）からは、有益な御指摘を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

なお、本研究の一部は、財団法人鹿島学術振興財団研究助成金によってなされたものである。

参 考 文 献

- 1) Van Wissen, L.J.G. & Meurs, H.J. : The Dutch Mobility Panel : Experiences and Evaluation, Transportation 16,

- pp.99~119, 1989.
- 2) Kitamura, R. : Panel Analysis in Transportation Planning : An Overview, Transportation Research A Vol.24A, pp.401~415, 1990.
 - 3) Murakami, E. & Watterson, W.T. : The Puget Sound Transportation Panel after two waves, Transportation 19, pp.141~158, 1992.
 - 4) Goodwin, P.B. : A Panel Analysis of Changes in Car Ownership and Bus Use, Traffic Engineering and Control, pp.519~525, 1986.
 - 5) Golob, T.F. : The Dynamics of Household Travel Time Expenditures and Car Ownership Decisions, Transportation Research A Vol.24A, pp.443~463, 1990.
 - 6) 藤原章正・杉恵頼寧 : パネルデータを用いた新交通システムに対する選好意識の時間的変化の分析, 日本都市計画学会学術研究論文集, 27, pp.398~402, 1992.
 - 7) 杉恵頼寧・羽藤英二・藤原章正 : パネルデータを用いた交通機関選好意識のダイナミック分析, 土木計画学研究・論文集 10, pp.31~38, 1992.
 - 8) 鈴木 聡・毛利雄一・中野 敦・原田 昇 : パネルデータに基づく交通手段選択行動の分析, 土木計画学研究・講演集 13, pp.537~542, 1990.
 - 9) 新谷洋二・高橋賢悟・石橋敏夫・宮本成夫 : 千葉都市モノレール開通影響調査について, アーバンインフラ・テクノロジー推進会議, 第 2 回技術研究発表論文集, pp.59~65, 1990.
 - 10) 西井和夫・近藤勝直 : 対数線形モデルによる休日買物行動パネルデータの動的特性分析, 日本都市計画学会学術研究論文集 27, pp.403~408, 1992.
 - 11) 西井和夫・岩本哲也・弦間重彦・岡田好裕 : パネルデータを用いた休日買物交通パターンの経年変化に関する基礎分析, 土木計画学研究・講演集 15 (1), pp.163~168, 1992.
 - 12) 内田 敬・飯田恭敬・松下 晃 : 通勤ドライバーの出発時刻決定行動の実証分析, 土木計画学研究論文集 10, pp.39~46, 1992.
 - 13) Iida, Y., Uchida, T. and Nakahara M. : Panel Survey on the Effects of Travel Time Information System in Osaka, First U.S. Conference on Panels for Transportation Planning 1992.
 - 14) Hensher, D.H. & Raimond, T. : The Timing of Change : Discrete and Continuous Time Panels in Transportation, First U.S. Conference on Panels for Transportation Planning, 1992.
 - 15) Golob, T.F. & Meurs, H. : Biases in Response Over Time in a Seven-Day Travel Diary, Transportation, Vol.13, pp.163~181, 1986.
 - 16) Murakami, E. & Cy Ulberg : Current of the Puget Sound Transportation Panel, First U.S. Conference on Panels for Transportation Planning, 1992.
 - 17) Wrigley, N., Guy C., Dunn R. and O' Brien L. : The Cardiff Consumer Panel : Methodological Aspects of the Conduct of a Long-term Panel Survey, Transportation Inst. of British Geographers N.S. 10, Great Britain, pp.63~76, 1985.
 - 18) Murakami, E. & Watterson, W.T. : Developing a Household Travel Panel Survey for the Puget Sound Region, Transportation Research Record 1285, pp.40~46, 1990.
 - 19) 原田 昇 : 交通行動調査のバイアスに関する研究のレビュー, 交通工学, Vol.124, No.5, pp.73~80, 1989.
 - 20) Kitamura, R. & Bovy, P.H.L. : Analysis of Attrition Biases and Trip Reporting Errors for Panel Data, Transportation Research A Vol.21A, pp.287~302, 1987.
 - 21) Meurs, H., Wissen, L.V. and Visser, J. : Measurement Biases in Panel Data, Transportation 16, pp.175~194, 1989.
 - 22) Heckman, J.J. : Statistical Models for Discrete Panel Data in Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications, edited by C.F. Manski & D. McFadden, MIT PRESS. 1981.
 - 23) Hsiao, C. : Analysis of Panel Data, Cambridge Univ. PRESS. 1986.

(1993.2.5 受付)

INTRODUCING PANEL ANALYSIS IN THE STUDY OF TRAVEL BEHAVIOR IN A DEVELOPING COUNTRY

Hussein S. LIDASAN, Tohru TAMURA, Haruo ISHIDA and Takeshi KUROKAWA

Panel analysis has been explored and undertaken in the developed countries to analyze and study many aspects and issues of travel behavior which could not be tackled by cross-sectional analysis. However, there has been no panel studies conducted yet in the developing countries.

It will be ascertained that utilizing panel data can provide a more dynamic characterization of the changes in socioeconomic attributes and travel behavior of people over time in developing countries. In this regard, this paper discusses the attempt of introducing panel analysis in a developing country. As such, this paper focuses on : a) descriptive analysis of the changes between two waves of the panel survey, and b) analyzing the mode choice structures between the two waves using loglinear model.