

開発途上国における都市交通計画手法に関する考察

内山久雄¹・毛利雄一²・Herculano FELIAS, Jr.³

¹正会員 工博 東京理科大学教授 理工学部土木工学科(〒278 千葉県野田市山崎2641)

²正会員 工博 (財) 計量計画研究所 経済社会研究室(〒162東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9)

³正会員 工修 Technical Staff National Center for Transportation Studies, University of the Philippines
(Diliman, Quezon City 1101 Philippines)

我が国をはじめとする先進諸国で開発・適用された都市交通計画手法をそのまま開発途上国へ適用することについては、開発途上国特有の社会・経済情勢のダイナミックな変化による計画の不確実性や計画を実施する上での財政、法制度、組織体制等の制約により様々な視点から議論されている。本研究では、開発途上国における都市交通計画手法としての非集計モデル適用の必要性を考察し、マニラ首都圏をケーススタディとして、少ないサンプルである小規模調査から都市圏全域への適用可能性について、調査サンプルデータの交通機関選択に関する異質性と同質性の面から検討を行った。その結果、交通機関選択に関する同質化が可能となり、小規模調査による非集計モデルの適用可能性が示された。

Key Words : developing countries, urban transportation planning, disaggregate analysis

1. はじめに

我が国のJICAをはじめとする開発途上国への地域交通・都市交通計画分野での国際協力・援助が始まって以来数10年を経ており、図-1に示すように、アジア、中南米、アフリカの数々の地域、都市を対象にマスター・プランの作成（以下M/P）やプロジェクト実施にあたってのフィージビリティ・スタディ（以下F/S）が行われている。特に、都市交通分野においては、日本の技術を適用した1973年のマニラ首都圏以来、ジョージタウン・パタワース、パナマ、アスンシオン、ラホール、ペレン、ガテマラ等様々な都市圏において大規模な総合都市交通調査が行われてきている。

しかし、我が国をはじめとする先進諸国で開発・適用された都市交通計画手法をそのまま開発途上国へ適用することについては、開発途上国特有の社会・経済情勢のダイナミックな変化による計画の不確実性や計画を実施する上での財政、法制度、組織体制等の制約により様々な視点から議論されている¹⁾。その中で、Thomson²⁾は開発途上国の不確実性を考慮するため、長期フレームと整合性のとれた短期計画が設定できるような長期の「方向付け計画（Directional Planning）」と短期の「設計計画（Design Planning）」の2段階に分け、それぞれ別個の分析手法を用いた戦略的な計画手法を提案している。また、太田³⁾は、Thomsonの提案を受け

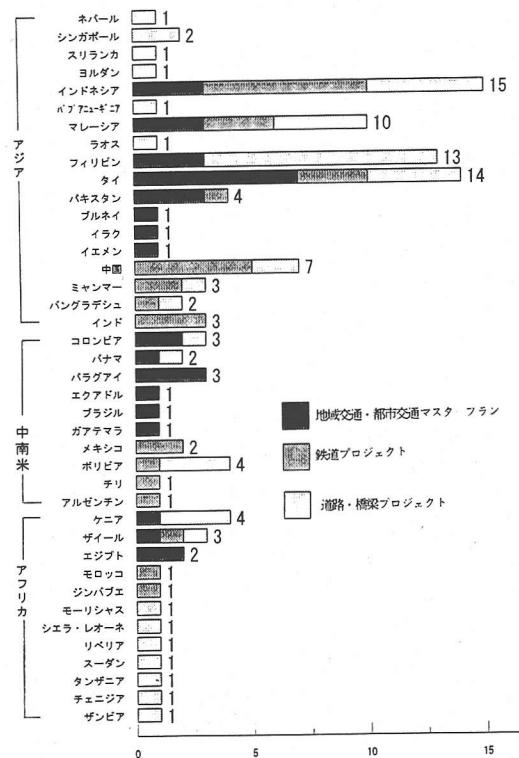


図-1 地域別JICAの交通関連プロジェクトの実施状況
(1980年～1993年)

出典：JICA図書館のプロジェクト一覧より検索

て、開発途上国の現実を踏まえた上で計画の長期整合性・総合性を高める計画手法やモデルの改良・開発の必要性（モデル体系を簡略化し、短・中期を目標とした数多くの代替的仮定と計画代替案の分析手法の開発）を提案している。

ここで提案されている開発途上国の都市交通計画手法に関する新たな視点は、第1に長期を目標とした都市交通M／Pとは別の短・中期を目標とする都市交通計画の必要性である。これについては次章でも記述するが、長期を目指した都市交通M／Pの実現を待っているだけでは現状の都市交通問題を解決できないため、現状の交通問題を対症療法治的に対応していくのではなく、このような問題を短・中期的な計画で位置づけて早期に問題を解決していく都市交通計画の確立が必要となる。

また、第2にこのような都市交通計画の考え方に基づいた都市圏を対象とする新たな都市交通計画手法の必要性である。これまで日本から技術移転されている都市交通計画手法は、パーソントリップ調査をベースとした4段階推定法による集計型のモデル分析によって計画が立案されている。この分析手法は、広く一般に確立された手法ではあるものの、集計データであるが故、細かい政策評価が不十分となる問題や都市圏の人口規模に応じて非常に大量なサンプルデータを収集するという調査効率性からの問題を抱えている。特に、開発途上国における財政的な実情や先の短・中期を目指した都市交通計画を鑑みた場合、これまでの集計データによる従来型のアプローチだけでは十分に応えられない面がある。そのため、この課題に応える都市交通計画手法として、個人データをベースとした少ないサンプルでの適用と、きめ細かい政策変数の導入が可能であり、理論的・実務的にも発展してきた非集計分析に基づく手法の適用が有効となる。また、このような非集計分析の普及・拡大の特徴として、選択の異質性と同質性に基づく詳細なセグメンテーションによるモデル化が可能である点が挙げられるが、一方で、選択の異質性に基づいてセグメント数を増加させることは、サンプル数の増加を招く結果となり、本来の非集計分析の少サンプルでの適用というデータ収集の効率化を損なう面も有している。

本研究では、先の Tomson や太田が指摘している開発途上国における都市交通計画手法に関する新たな視点を踏まえ、これまでの長期を目指した都市交通M／P策定のための計画手法とは異なるアプローチの必要性を指摘するとともに、今後の開発途上国における都市圏規模での都市交通計画手法の調査・分析手法に関する1つの方向性を示すことを目的と

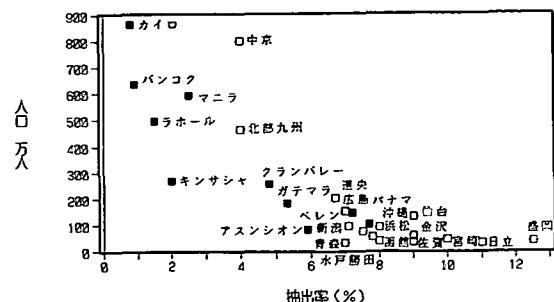


図-2 都市圏人口規模とパーソントリップ調査抽出率

する。特に、前述の非集計分析の特徴であるセグメンテーションに基づく選択の異質性とそれに対する同質性に着目し、マニラ首都圏をケーススタディとして、データ収集の効率化を図っていく上で、より有効な調査・分析手法を実証的に検討する。

2. 開発途上国における都市交通計画手法とその問題・課題

(1) パーソントリップ調査に基づく都市交通M/Pの役割と課題

これまでに行われている開発途上国でのM/P作成のための都市交通計画手法は、図-2に示すように、我が国のパーソントリップ調査と同様、人口規模に応じた抽出率に基づく家庭訪問による大規模な実態調査が行われ、その結果として得られる集計データを用いて4段階推定法を適用した交通需要予測によって、都市交通M/Pが立案されている⁴⁾。

パーソントリップ調査に基づく都市交通M／Pは、周知のとおり調査～現況分析～予測の一連のプロセスを経て土地利用との整合を図り、交通基盤整備を中心とした長期的な都市交通のあるべき姿を提案するものである。このような開発途上国における大規模調査の実施とそれに基づく都市交通M／Pの作成について、議論すべき内容があることは前述の通りであるが、一方、これまでにまったく整備されていなかった基礎的交通指標を得るという点では、非常に重要な役割を果たしている。特に開発途上国においては、パーソントリップ調査から得られるOD等の交通データ以外にも、人口指標をはじめとする基礎的な統計データが十分に整備されていない場合もあるため、パーソントリップ調査と並行して行われる人口・経済指標、土地利用等のデータ整備は貴重な財産となる。

また、都市交通M/Pそのものについても、長期

的な地域発展を目標とした計画であり、開発途上国という不確実性の要因は数多く含まれてはいるものの、計画の実現化に向けて積極的に交通基盤整備を進めていくための指針として、非常に重要な役割を果たしている。

しかし、このような役割に対し、Tomson や太田が指摘しているように、長期を目指した都市交通M／P策定に対する計画手法については数多くの課題を抱えている。開発途上国では、一般に都市交通M／Pの策定後あるいは都市交通M／Pの策定がされていない都市圏においても、個別の交通施設や地域・地区を対象に、プロジェクト実施のためのF／Sが行われる。F／Sの場合は、プロジェクト実施の投資効率をはじめとして、いくつかの代替案の設定のもとにその評価が行われる。しかし、都市圏の都市交通M／Pの場合は、長期を目指した将来の土地利用と交通ネットワークのあるべき姿を提案するものであり、現状の都市交通問題を解決していくための都市圏全体を見据えた短・中期的なシナリオや各プロジェクトの事業推進が、都市交通M／Pの中で十分に位置づけられていないのが現状である。開発途上国の都市交通問題は急激な速度で深刻化しており、その問題解決と長期M／Pの実現性を高めるための都市交通計画は必要不可欠である。このような考えに基づく計画は、M／P策定と並行して、あるいはそのフォローアップとして実施されるのが理想的であるが、開発途上国の実情を考えると、長期のM／Pの策定がされていない都市圏においても、その必要性は非常に高いと言える。このような考えのもとに、本研究では都市圏を対象とする計画手法を想定する。

また、開発途上国の場合、一般に多くは政府開発援助(ODA)をはじめとする資金援助によって都市交通M／Pの策定が行われている。しかし、先に述べたようにM／Pの策定がされていない都市圏やM／P策定後のフォローアップとしての計画策定のために、それぞれの都市圏を対象として、十分な予算を確保していくことは非常に難しい状況である。その中でも、都市交通計画策定に必要となる実態調査によるデータ収集については、都市圏の規模が大きくなるほど費用を要することとなり、現実の問題として予算制約を考慮した上で、データ収集の効率化とデータの有効活用を図っていくことが必要である。

(2) 都市交通M／Pだけでは解決できない現状の都市交通問題と新たな分析手法の必要性

現在の開発途上国における都市交通問題は、急激

な都市化とモータリゼーションの進展による道路交通混雑、それに伴う環境問題等が顕在化し、早急にその解決を図っていくことが要求されている。しかし、長期を目指しつつ交通基盤整備を中心としたマクロ的な都市交通M／Pの実現を待っているだけでは、計画実施の時間的・財政的制約等より現状の都市交通問題を解決していくことはできない。この解決のためには、既存施設の有効利用によって短期的な計画の実現を重視した交通管理計画(TSM)や交通需要抑制に主眼を置いた交通需要マネジメント(TDM)の実施が必要となる。特に開発途上国の場合は、急増する自動車交通を対症療法的に処理していくだけではなく、パラトランジットをはじめとする様々な交通機関間の役割分担の中で、早期実現可能なTSMやTDMの実施により、現在の自動車利用を公共交通機関へ転換し、また如何に現在の公共交通機関利用者を自動車へ転換させないかを念頭に置いて適正な交通機関分担をどのように導いていくかが、短・中期的な計画として重要な視点となってくる。

このような開発途上国の計画課題に対し、パーソントリップ調査をベースとした集計データによる交通需要分析では、個人の行動特性が埋没されてしまうため、詳細な交通機関選択特性をはじめとする交通行動特性（例えば、開発途上国特有の個人・世帯属性とパラトランジット等の交通機関選択特性との関係）を十分に把握することができない。そのため、より精度の高い現況の交通指標を調査し、非集計分析に基づく個人の交通機関選択行動を詳細に捉えた上で、公共交通機関を中心とした代替交通機関への転換可能性あるいは如何に自動車へ転換させないかについてその条件を分析し、様々な計画代替案をきめ細かく検討する必要がある。

(3) 非集計モデル適用にあたっての選択の異質性と同質性

非集計モデルの利点として、集計モデルに比べて、少ないサンプルで適用可能であることと、個人のサンプルデータを扱うことから、個人の選択に関する異質性をグループに分割してセグメンテーションが可能であるという点が挙げられる。ランダム効用理論に基づく非集計分析では、選択肢の持つ特性と個人の社会経済属性によって個人の選択行動の違いをモデル化するものであり、サンプルデータのグループによってモデル構造が違う場合は、セグメントごとに選択行動の違いをモデル化することが本来の非集計モデル適用のねらいである。特に近年、都市交通計画分野においても、コンジョイント分析等マー

ケイシングサイエンス技法を取り入れた選択あるいは嗜好の異質性を解明し、これまでの意志決定プロセスをより詳細に分析する研究が行われつつある⁵⁾。このようなサンプルデータの選択に関する異質性（セグメンテーション）を組み入れた詳細なモデルの適用は、特定のターゲット（例えば、新たな交通機関の導入や特定地区での自動車抑制策の実施等）を分析対象とする計画評価においては、非常に大きな威力を発揮する。しかし、本研究では先に述べたように、これまでの長期を目指した都市交通M/P策定のための手法とは異なるアプローチによる都市圏を対象とした都市交通計画手法を念頭に置いている。そのため、このような都市交通計画手法を考えるにあたっては、以下のようなことをクリアしなければならない。

- ①都市圏全体の母集団を分析対象としていること。
- ②予算制約を考慮した効率性の高い調査であること。
- ③短・中期の予測を対象としていることから、可能な限り不確実性の要因を軽減し、精緻な交通サービス条件を扱えること。

これらの要件を満たす分析手法としては、非集計モデルの利点を活用した分析が有効となる。しかし、上記の①、②の要件に対しては、サンプルの選択に関する異質性（セグメンテーション）を考慮した場合、セグメンテーションごとにモデルが異なることになり、調査対象サンプルをそれぞれのセグメンテーションに対応した母集団から抽出するため、調査サンプル数が増大する結果となってしまう。そのため、開発途上国の都市交通計画手法としての非集計モデルの適用においては、調査サンプル延いては母集団の交通機関選択行動の同質性について検討し、調査サンプル数の拡大防止を図る必要がある。

3. マニラ首都圏の交通実態調査の概要

開発途上国の中でも新たな都市交通計画手法についての具体的な方向性を探るため、マニラ首都圏をケーススタディとした交通実態調査を実施し、非集計モデルに基づく交通機関選択分析を行う。マニラ首都圏を対象とした非集計モデルによる交通機関選択に関する分析事例としては、LRTに着目した交通行動特性分析^{6), 7), 8)}、各交通機関の知覚（perception）と感覚（feeling）からの選択特性分析⁹⁾、パネル分析¹⁰⁾等数多くの研究がなされている。しかし、各分析事例に共通して言えることは、開発途上国特有の調査・データ収集上の難しさに対し、調査をより効率的に行う中でより明確な交通行動特性を見い出すことをねらいとして調査の設計及び調査方法に

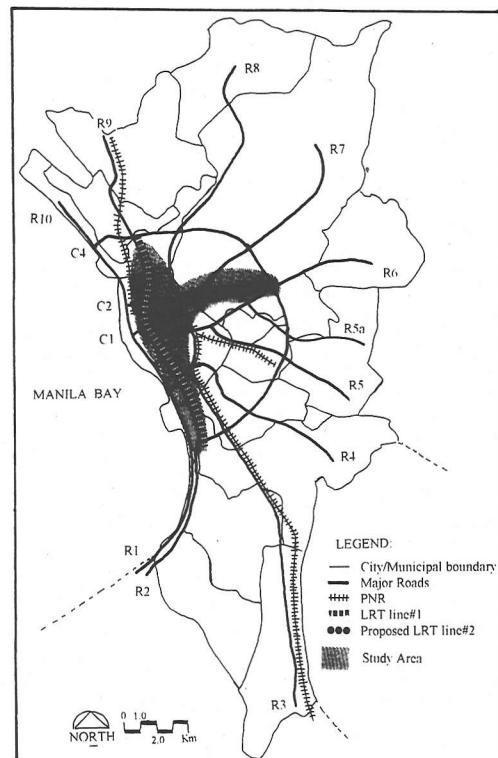


図-3 調査対象地域

工夫がなされていることである。

本研究でのケーススタディにおいても、これらの研究事例を踏まえ、実際にアンケート調査を行い、それに基づく交通機関選択行動分析を行うとともに、先に述べたサンプリングデータ特性の違いをサービス水準（Level of Service: 以下LOS）データの違いによって表現可能かどうかの同質化に関する検討を試みる。

(1) 調査対象地域及び調査方法

調査対象地域は、図-3に示すようにマニラ首都圏の南北方向へ約15kmに整備されているLRT1号線沿線地区（エリア#1）及び東西方向へ約10kmの計画路線であるLRT2号線沿線地区（エリア#2）としている。なお、この2つの沿線地区は、マニラ首都圏都市交通計画調査における調査対象地域のゾーン数202ゾーンの67ゾーンに当たる。調査は、1992年4月20日から5月8日の期間に実施され、前述の67ゾーンを対象とし1ゾーンに対し10路線の道路を割り当て、その1路線につき2世帯をランダムに抽出した。調査方法は調査員による訪問面接法とし、全体で1,513世帯の調査結果を得た。表-1に調査回収結果を示す。調査内容は、

表-1 調査回収結果

	ゾーン数	世帯数	有効サンプル
エリア#1	2 9	4 8 5	4 7 2
共通エリア	1 6	3 3 8	2 7 7
エリア#2	2 2	6 9 0	4 8 5
合計	6 7	1,513	1,234

世帯属性、各世帯構成員の個人属性、定職を持つ対象者には通勤に関する交通行動（RPデータ：利用交通機関、利用経路、代替交通機関、代替経路等）、現利用交通機関に対するLRT2号線に関する選好意識（SPデータ）である。本研究では、RPデータを用いて分析を進めることとする。

（2）調査結果に基づく交通特性

調査結果に基づく地域別交通機関別分担率と距離帯別交通機関別分担率及び平均トリップ長を図-4と図-5に示す。地域別交通機関別分担率は、両地域ともジープニイの利用が高いものの、エリア1に現存するLRT1号線の影響や自家用車（実態調査ではタクシーについても対象としているが、ここではタクシーを除く自家用車としている）利用においてその特性に相違がみられる。交通機関別平均トリップ長はLRT利用が最も長く、次いでバス、自家用車、ジープニイの順となっている。距離帯別交通機関別分担率については、短距離帯（5km以下）においてジープニイの利用傾向が高く、中距離帯（5～10km）においてはバス、LRTの利用が高くなる。また、自家用車については、距離帯別にはその利用特性に差がみられない。

4. 交通機関選択行動分析

（1）分析に用いるデータ

家庭訪問調査より得られたサンプル数は、1,234サンプルであるが、本ケーススタディで分析対象となる通勤トリップのうちジープニイ、バス、LRT、自家用車以外の代表交通機関である徒歩、二輪車利用を除くサンプル数は874である。これらのサンプルに対し、代替交通機関も含めてアンケート調査で記入された地図上の利用経路及び本首都圏に適用したDRMS（Digital Road Map System）¹¹⁾を活用し、LOSデータの作成を行った。但し、アンケート調査において、代替交通手段及びその利用経路を記入したサンプルが非常に少なかったため、各交通機関のネットワーク図をもとにトレース法により代替交通機関のLOSデータを作成している。さらに、その作成したLOSデータによる各交通機関間のサー

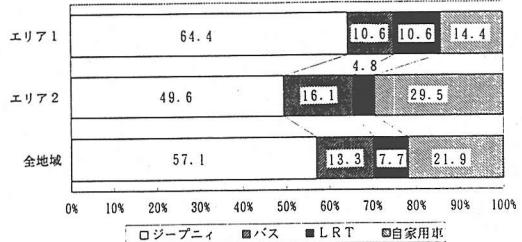
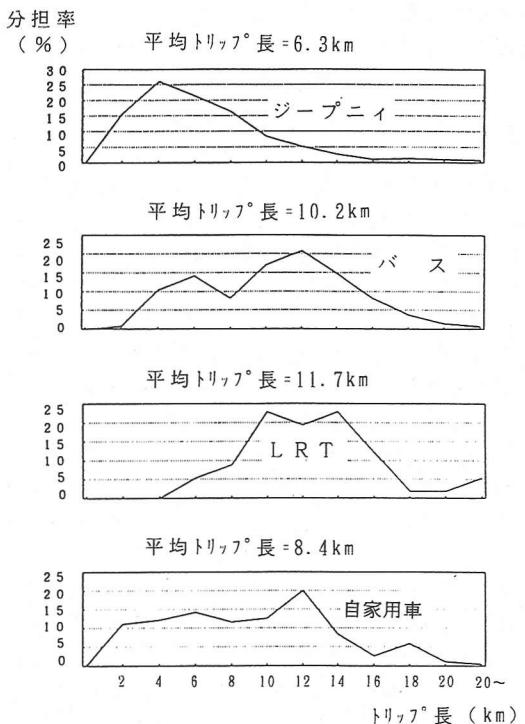


図-4 地域別交通機関分担率



注：各距離帯別の交通機関別分担率の合計は100%となる
図-5 距離帯別交通機関別分担率と平均トリップ長

ビス条件や、調査結果から直接得られる自動車保有の有無等より利用可能性を判別し、分析対象サンプルデータに対するチョイスセットを設定している。その結果、交通条件より代替交通機関を持たないサンプル（single mode available）が存在し、そのサンプルを除く812サンプルを非集計モデルによる交通機関選択モデル適用サンプルとしている。

（2）固定層と選択層

先の代替交通手段を持たないサンプル（single mode available）を除く分析対象サンプルにおいて、非合理的選択を行う固定層（mode captive）が存在する。例えば、バスとジープニイが利用可能なチョ

イスセットにおいて、料金、乗車時間、徒歩時間、乗車外時間（＝乗り換え時間+待ち時間）の4つを変数としたバイナリーチョイスの交通機関選択モデルを構築し、推計されたパラメータとLOSデータを基に各サンプルのバスとジープニイそれぞれの効用値を算出する。それぞれの効用値を比較すると、効用値が小さい選択肢にもかかわらずその選択肢を選択するサンプルが存在する。バスとジープニイの交通機関選択におけるこのような非合理的な選択を行ったサンプルについて、その効用値の差とトリップ距離の関係を示したのが図-6である。効用値の差の絶対値が2.0以上での1つのサンプルを例に取ると、バス-ジープニイの料金差-1.5ペソ、乗車時間差-14.2分、徒歩時間差-2.6分、乗車外時間差-0.5分であり、4つのLOS変数で見る限り、明らかにバス選択肢が早く、料金も安いにもかかわらずジープニイを利用している。また、図-6の非合理的な選択は、トリップ距離に関係なくジープニイ利用（全体の82%）が多くなっている。

但し、このような固定層の抽出方法は、他の変数（例えば、本分析で使用した所要時間、料金以外の交通機関の快適性や個人の交通機関に対する認識等心理的な要因）をモデルに組み込むことによって、非合理的な選択サンプルの選択肢間の効用値の大小関係が逆転し、合理的な選択を行う可能性もある。しかし、本研究では、それらの要因を定量的に表現し、かつモデルに組み込むことが非常に難しいことから、上記に示したサンプルの例のように、交通機関間のLOS変数である料金、乗車時間、徒歩時間、乗車外時間の4つの変数すべてが有利な交通機関であるにもかかわらず、実際には他の交通機関を選択しているサンプルを固定層として取り扱うこととした。このように抽出されたサンプルはバスとジープニイの関係においては、図-6に示す効用値の差の絶対値が2.0以上となっている。同様な方法で、他交通機関間についても固定層を設定した結果合計55サンプルとなった。なお、これらのうち8割以上はジープニイ利用者である。ただし、ここで定義した固定層は、所要時間、料金等のLOS変数では表現できない非合理的な選択層であり、そもそもこのような効用値の差によって固定層を説明すること、さらにこのようなサンプルを対象として効用値の差をいくつに設定するかについては、本分析の中での試行錯誤による結果であり、その確固たる根拠を見出すことは今回の調査データの範囲内では非常に困難であった。すなわち、このようなサンプルを固定層として取り扱わざるを得ない理由として、代替交通機関に対する認識やマニラ首都圏特有のパラトラ

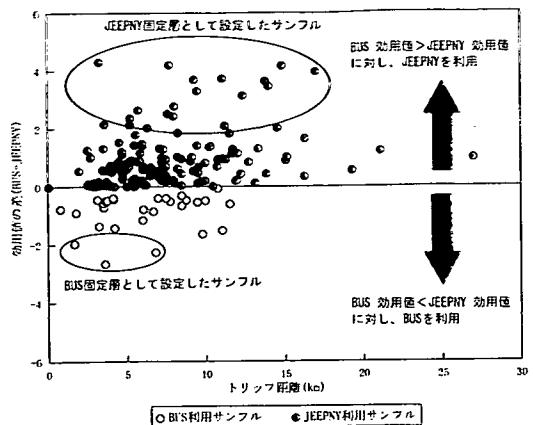


図-6 非合理的な交通機関の選択

ンジットである非常に自由度が高いジープニイに関する選択特性を、一般的なLOS変数によってモデルへ反映させることが非常に難しいことが挙げられる。

さらに、このような固定層のサンプルを除去する前・後でのジープニイ、バス、LRT、自家用車の4つ交通機関を対象としたモデル推計結果を表-2と表-3に示す。モデル適用のサンプルのうち数%の固定層の小サンプルを除去することにより、エリア#1、エリア#2ともに的中率、尤度比が向上する。しかし、これは所要時間、料金に関する共通変数としてのLOSを評価するモデルとしてみた場合の再現性の向上であり、表-2、表-3に示す各固有変数のt値が低下していることから、共通のLOS変数では説明できない各交通機関の選択特性を薄めてしまう結果となっている。本来、2の(2)で示したように、現状の都市交通問題を改善する政策的な代替案を見出していくためには、非集計モデルの特徴を生かし、非合理的な選択を行う固定層の原因究明と選択層への転換可能性を評価できるモデル構築が重要となる。

本研究においても、この固定層と選択層に関する選択をLOSデータに依らない変数（例えば性、年齢、所得等の個人属性や徒歩移動距離等）を用いてモデル化を試みたが、それを説明する統計的に有意な要因を見出すことはできなかった¹²⁾。固定層に関する研究は、選択肢集合の選別とその選択肢集合から選択肢を選択するという選別・選択の2段階推計モデル^{13), 14)}や選別・選択の同時推計モデル¹⁵⁾等、モデル推計論的にはいくつかの提案がされているものの、固定層として選別される選択肢集合に着目し、その要因を解明した研究例は少ない。特に、

表-2 固定層を考慮したモデル推計結果（エリア#1）

変数名	固定層を含むモデル	固定層を除去したモデル
共 通 変 数	料 金 -0. 0 4 1 (-1. 3 2)	-0. 0 6 9 (-2. 2 8)
	乗 車 時 間 -0. 0 6 4 (-8. 3 8)	-0. 0 6 6 (-8. 3 8)
	徒 步 時 間 -0. 0 7 7 (-2. 2 0)	-0. 0 6 7 (-1. 9 2)
	乗 車 外 時 間 -0. 2 7 1 (-5. 6 0)	-0. 2 7 4 (-5. 5 5)
固 有 変 数	個人月収ダミー（自家用車） 2. 5 4 6 (2. 3 3)	2. 6 0 6 (2. 3 2)
	ジープニイ 1. 5 7 9 (2. 9 0)	1. 2 1 6 (2. 2 2)
	バ ス 0. 7 7 7 (1. 2 1)	0. 3 2 3 (0. 5 0)
	L R T -1. 1 0 5 (-1. 8 1)	-1. 3 8 5 (-2. 2 4)
的 中 率		8 5. 4
尤度比 (rou)		0. 6 1 9
尤度比 (roubar)		0. 6 1 4
サンプル数		4 9 2
		4 7 5

注：乗車外時間 = 乗り換え時間 + 待ち時間 () 内は t 値を表示

表-4 地域別交通機関選択モデル推計結果

変数名	エリア#1	エリア#2	全地域モデル
共 通 変 数	料 金 -0. 0 4 1 (-1. 3 2)	-0. 0 3 4 (-1. 8 9)	-0. 0 5 0 (-3. 0 8)
	乗 車 時 間 -0. 0 6 4 (-8. 3 8)	-0. 0 3 1 (-4. 2 8)	-0. 0 4 9 (-8. 5 1)
	徒 步 時 間 -0. 0 7 7 (-2. 2 0)	-0. 0 5 7 (-1. 8 2)	-0. 0 7 3 (-3. 0 9)
	乗 車 外 時 間 -0. 2 7 1 (-5. 6 0)	-0. 4 0 0 (-7. 9 4)	-0. 3 0 9 (-8. 5 6)
固 有 変 数	個人月収ダミー（自家用車） 2. 5 4 6 (2. 3 3)	1. 6 7 0 (2. 1 4)	2. 2 3 3 (3. 0 5)
	ジープニイ 1. 5 7 9 (2. 9 0)	1. 6 5 5 (3. 8 2)	1. 3 7 5 (3. 7 7)
	バ ス 0. 7 7 7 (1. 2 1)	1. 7 2 9 (3. 2 8)	0. 9 5 8 (2. 2 1)
	L R T -1. 1 0 5 (-1. 8 1)	0. 4 9 9 (0. 8 7)	-0. 6 4 4 (-1. 4 6)
的 中 率		8 5. 4	8 3. 6 2
尤度比 (rou)		0. 6 1 9	0. 6 2 2
尤度比 (roubar)		0. 6 1 4	0. 6 2 0
サンプル数		4 9 2	8 1 2

() 内は t 値を表示

(3) 交通機関選択に関するセグメンテーション

a) 地域特性による交通機関選択特性

調査対象地域の現存する L R T 1 号線沿線地区（エリア#1）及び計画路線である L R T 2 号線沿線地区（エリア#2）に着目し、2つの地域のセグメンテーションと全域のデータによるジープニイ、バス、L R T、自家用車の4つ交通機関を対象としたモデル推計結果が表-4に示されている。その結果をみると、エリア#1、#2の両地域モデル、全地域モデルとも符号条件及び尤度比、的中率については良好な結果が得られており、また t 値についてもエリア#2の L R T 固有変数をはじめとして十分に有意と言えない変数も存在するが、概ね良好な結果が得られている。しかしながら、それぞれの時間評価値（乗車時間のパラメータ／料金のパラメータ）をみると、エリア#1では 93.7（ペソ／1時間）、エリア#2では 54.7（ペソ／1時間）、全地域モデルでは 58.8（ペソ／1時間）とそれぞれの推計結果に相違が現れている。このセグメント間の相違は、本来同じでなければならない時間評価値に対する個人の認識が、L R T の存在の有無も含め、何らかの地域特性の違いとして現れていると言える。

b) 距離帯別による交通機関選択特性

地域別と同様に実態調査結果による距離帯別のセグメンテーションを行い、交通機関選択特性の比較を行う。ここで距離帯のセグメンテーションは、図-5に示した各距離帯における交通機関の利用特性より、ジープニイと L R T の利用がそれぞれ 5km 以下、5 ~ 10km で最も分担率が高くなっていることから、短距離帯（5km 以下）、中距離帯（5 ~

表-3 固定層を考慮したモデル推計結果（エリア#2）

変数名	固定層を含むモデル	固定層を除去したモデル
共 通 変 数	料 金 -0. 0 3 4 (-1. 8 9)	-0. 0 4 1 (-2. 1 9)
	乗 車 時 間 -0. 0 3 1 (-4. 2 8)	-0. 0 3 1 (-4. 1 9)
	徒 步 時 間 -0. 0 5 7 (-1. 8 2)	-0. 0 7 8 (-2. 3 7)
	乗 車 外 時 間 -0. 4 0 0 (-7. 9 4)	-0. 3 7 3 (-7. 3 8)
固 有 変 数	個人月収ダミー（自家用車） 1. 6 7 0 (2. 1 4)	1. 4 8 4 (1. 8 8)
	ジープニイ 1. 6 5 5 (3. 8 2)	1. 4 3 3 (3. 1 8)
	バ ス 1. 7 2 9 (3. 2 8)	1. 5 4 0 (2. 8 3)
	L R T 0. 4 9 9 (0. 8 7)	0. 2 9 5 (0. 5 0)
的 中 率		8 1. 4
尤度比 (rou)		0. 6 0 1
尤度比 (roubar)		0. 5 9 8
サンプル数		4 8 4
		4 4 6

注：乗車外時間 = 乗り換え時間 + 待ち時間 () 内は t 値を表示

マニラ首都圏のような開発途上国においては、本分析で用いた客観的な要因だけではなく、特有の生活習慣や自由度の高いパラトランジットに対する主観的意識を把握し、その要因を探っていく必要がある。

表-5 距離帯別交通機関選択モデル推計結果 (Iリア#1)

変数名	短距離帯 (5km以下)	中距離帯 (5~10km)	長距離帯 (10km以上)
料金	-0.152 (-1.29)	-0.059 (-0.71)	0.554 (2.99)
乗車時間	-0.055 (-1.04)	-0.037 (-2.57)	-0.080 (-4.74)
歩行時間	-0.047 (-0.56)	-0.045 (-0.91)	-0.110 (-1.46)
乗車外時間	-0.541 (-3.11)	-0.225 (-3.12)	-0.521 (-4.35)
個人月収ダミー (自家用車)			
有効	0.904 (0.84)	0.044 (0.03)	18.522 (3.71)
変数	バス	1.508 (0.91)	-0.511 (-0.29)
LRT		-1.182 (-1.21)	14.411 (3.44)
的中率	84.1	86.5	79.1
尤度比 (rou)	0.547	0.542	0.641
尤度比 (roubar)	0.519	0.530	0.625
サンプル数	88	192	110

() 内は t 値を表示

表-6 距離帯別交通機関選択モデル推計結果 (Iリア#2)

変数名	短距離帯 (5km以下)	中距離帯 (5~10km)	長距離帯 (10km以上)
料金	-0.347 (-2.32)	-0.107 (-2.27)	0.043 (0.88)
乗車時間	-0.007 (-0.11)	-0.014 (-0.89)	-0.005 (-0.51)
歩行時間	-0.074 (-0.67)	-0.048 (-1.04)	-0.050 (-0.88)
乗車外時間	-0.244 (-1.30)	-0.310 (-4.41)	-0.754 (-6.28)
個人月収ダミー (自家用車)			
有効	ジープニイ -1.044 (-0.86)	-0.294 (-0.03)	3.223 (2.09)
変数	バス -2.528 (-1.32)	0.088 (0.08)	5.447 (3.33)
LRT		-1.125 (-1.05)	5.522 (3.35)
的中率	81.5	83.2	85.5
尤度比 (rou)	0.557	0.545	0.685
尤度比 (roubar)	0.527	0.533	0.679
サンプル数	81	173	186

() 内は t 値を表示

リア別交通機関選択モデルに比べて、尤度比、t 値が低下しており、特に料金のパラメータが短距離帯から中距離帯に対してはプラスに増加し、長距離帯においては符号が正に逆転する傾向にある。また、短・中距離帯でのジープニイ、バスの固有変数の t 値が低く、有意となっておらず、逆に長距離帯では有意な結果となっている。このセグメント間での交通機関選択構造の相違は、距離帯の交通機関の使われ方や料金に対する意識が何らかの距離に関する要因に影響されたことにより生じていると考えられる。

(4) 地域別・距離帯別セグメントの同質化の試み

このような地域別・距離帯別セグメント間の交通機関選択特性の相違は、モデルによる政策シミュレーションにも影響を及ぼす。モデル推計結果からみて精度の高い表-4 の全域モデルをセグメント間の選択特性の違い（表-5、表-6 が示す長距離帯の料金の符号条件が正に逆転する傾向）を知らずにそのまま適用して、料金に関する政策シミュレーションを行った場合、長距離帯を中心とする推計において、本来の選択特性とは異なる結果が生じる。そのため、異なる選択特性の違いをセグメントーションによって見い出し、現状説明力を向上させるべくセグメント毎のモデルを用いて予測していくことが予測精度の向上に結びつく。これは、本来の非集計モデル適用によって得られるメリットである。しかしながら一方で、2 の(3) に述べたように、本研究で対象とする開発途上国における都市交通計画手法に着目した場合、少ないサンプルデータからより有効な計画手法へ導くという調査効率性からみると、セグメントーションによって異なる母集団の選択特性を反映させるためには、よりサンプル数を増加させるというデメリットが生じる。そのため、このような開発途上国調査効率性という視点に立って、選択特性のモデル化を考えた場合、各セグメント間によって異なる選択特性を表現する変数を導入して同質化を図り、統一的なモデルが構築可能かという点を検討する必要がある。本分析では、先の地域別、距離帯別のセグメント間の相違を捨象する要因の1つとしてトリップ距離に着目し、その変数をモデルに組み入れて、サンプルデータの同質化を試みる。ここでは、表-5、表-6 の距離帯別の料金のパラメータに関する特性より、トリップ距離が料金のパラメータに影響していると考え、そのパラメータは次の2つの部分から構成されると仮定する。1つはトリップ距離に依存しない部分であり、もう1つはトリップ距離の関数として現される部分である。具体的

10km）、長距離帯（10km 以上）の3つとしている。なお、本分析のモデル推計においては、本来統計的見地より、有意と言えない t 値の変数をはずして再推計することが必要であるが、ここではサンプルの距離帯というセグメントーションに関する異質性及び同質性という視点から、各モデル推計結果の特性がどのように変化しているかを t 値をはじめとする統計的指標によって比較検討するため、必ずしも有意と言えない t 値を有する変数についてもそのまま残し、その推計結果を表示している。モデル推計結果は、表-5 と表-6 に示すように表-4 の工

には、以下に示すように料金のパラメータにトリップ距離を負の指數関数によって現される部分を加えた式を用いてモデル推計を行った。なお、ここでの負の指數関数の適用にあたっては、用いる距離の関数を線形、非線形それぞれによる単調増加あるいは単調減少の場合を想定していくつかのケースを推計した結果、符号条件等最も説明力が高い関数であることから採用している。

効用関数 U_m における料金 ($= X_1$) のパラメータを a_{11} 、その他の変数及びパラメータを X_i 、 a_{ij} とすると、 $U_m = a_{11}X_1 + \sum_{i=2}^n (a_{ij}X_i)$

$$a_{11} = (b_0 + b_1 \exp(-\text{dist}))$$

但し、dist : トリップ距離 (km)

その結果、表-7と表-4のそれぞれの全地域モデルの結果を比較すると、尤度比、的中率は若干低下しているものの、各パラメータの t 値は、乗車外時間の変数とジープニイ固有変数を除き、他の変数ではそれが向上し、安定性が改善されたと言える。この分析結果は、表-4に示されたモデルにおいてトリップ距離の変数が導入可能であることを示している。また、距離帯別あるいはそれによって生じる地域別のセグメント間での選択特性の違いが、トリップ距離の導入によって、サンプルデータの持つ同質性がある程度説明されたと言える。このことは、開発途上国でのセグメンテーション間で生じる選択特性の違いをトリップ距離の導入等、何らかの同質化への工夫によってある程度捨象され、少ないサンプルの小規模調査でも母集団である都市圏全域への拡大可能性が示されたと言える。但し、料金 (b_0 , b_1) に関するパラメータについては地域の違いがみられることから、各交通機関の料金体系とともに、今後検討していかなければならない課題である。

5. 結論

本研究では、開発途上国における都市交通計画手法としての非集計モデル適用の必要性を考察し、マニラ首都圏をケーススタディとして、少ないサンプルである小規模調査から都市圏全域への適用可能性について、調査サンプルデータの交通機関選択に関する異質性と同質性の面から検討を行った。本研究の結論として、以下のように要約される。

①現在の開発途上国における都市交通問題は、これまでのパーソントリップ調査に基づく都市交通M/Pだけでは解決できないことから、調査効率が高く、かつ分析領域の広い非集計モデルを活用した新たな計画手法が要請されている。

②非集計モデルの活用による小規模調査から母集団

表-7 トリップ距離を組み込んだ

地域別交通機関選択モデル推計結果

変数名	エリア#1	エリア#2	全地域モデル
共通変数	* 料金 (b_0) -0. 039 (-1. 38)	-0. 079 (-4. 03)	-0. 052 (-3. 33)
	** (b_1) -0. 054 (-0. 23)	-3. 424 (-3. 77)	-0. 208 (-1. 07)
	乗車時間 -0. 064 (-8. 65)	-0. 042 (-6. 43)	-0. 053 (-9. 88)
	歩行時間 -0. 061 (-1. 80)	-0. 087 (-3. 07)	-0. 072 (-3. 23)
固有変数	乗車外時間 -0. 031 (-1. 65)	-0. 072 (-3. 00)	-0. 050 (-2. 99)
	個人月収ダメー (自家用車) 2. 472 (2. 22)	2. 062 (2. 56)	2. 463 (3. 06)
	ジープニイ 0. 409 (0. 08)	-0. 726 (-1. 59)	0. 101 (0. 30)
	バス -1. 207 (-2. 22)	-1. 685 (-3. 58)	-1. 181 (3. 27)
LRST	L R T -3. 129 (-5. 94)	-3. 246 (-6. 57)	-3. 014 (-8. 25)
	的中率 83. 94	80. 0	81. 03
	尤度比 (rou) 0. 584	0. 551	0. 574
	尤度比 (roubar) 0. 579	0. 546	0. 572
サンプル数 492		484	812

() 内は t 値を表示
 $* (b_0) = \text{料金}$. . . $** (b_1) = \exp(-\text{距離}) * (\text{料金})$

である都市圏全域への把握のためには、サンプルデータの交通機関選択行動に関する同質化が必要となる。マニラ首都圏のケーススタディを通じ、地域、距離帯のセグメンテーションの交通機関選択の異質性について同質化を行った結果、ある程度同質化が可能となり、小規模調査による非集計モデルの適用可能性が示されたと言える。

本研究では、開発途上国での都市交通計画手法における、少数サンプルでの非集計モデルへの適用可能性について検討したものである。実際の調査・計画手法への展開においては、①より詳細な母集団特性を反映したサブリング方法の検討（同質化の限界とその方向性）、②本分析より得られ開発途上国特有の交通機関固定層の存在とそれらを説明する要因の解明、③開発途上国での交通特性を考慮した計画代替案の作成と非集計モデルの活用方法等、具体的な計画手法への適用においては、工学的な視点からの検討が必要であるとともに、今後の開発途上国におけるより有効な都市交通計画手法として結びつけていく必要があろう。

謝辞：マニラ首都圏におけるアンケート調査は、当時筑波大学黒川洸教授（現在東京工業大学教授）へ交付された鹿島財團研究助成金により実施されたものである。ここに付記するとともに、同教授の支援に対して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Peter J.Rimmer: Look East! The Relevance of

- Japanese Urban Transport Planning and Technology to Southeast Asian Cities, *TRANSPORTATION AND TECHNOLOGY*, Vol.11, pp.47-67, 1986.
- 2) Thomson, J.M.: Toward Better Urban Transport Planning in Developing Countries, *The World Bank Staff Working Paper*, No.600, 1983.
 - 3) 太田勝敏：発展途上国の都市交通計画の課題, 土木学会論文集第395号 / IV -9, pp.15-21, 1988年7月.
 - 4) 内山久雄, 毛利雄一: 開発途上国における都市交通調査手法に関する考察, 土木計画学研究・講演集 No.16(1), pp.931-938, 1993年12月.
 - 5) 森川高行: 交通計画分野におけるマーケティングサイエンス技法, 土木計画学ワンディセミナーテキスト, 土木学会土木計画学委員会, pp.49-51, 1993年12月.
 - 6) 中村隆二, 鹿島茂: マニラ首都圏におけるLRT選択特性, 土木計画学研究・講演集 No.14(1), pp.109-116, 1991年11月.
 - 7) 中村隆二, 鹿島茂, William HAYES: マニラ首都圏でLRTの整備が乗用車保有に及ぼす影響, 土木計画学研究・講演集 No.14(1), pp.117-124, 1991年11月.
 - 8) Kurokawa, T., Ishida, H. and Villaroman, M.B.: THE EFFECTS OF PERCEPTION AND FEELING VARIABLES ON MODE-CHOICE BEHAVIOR IN METRO MANILA, The Fifth World Conference on Transport Research YOKOHAMA'89 Volume III, pp.701-715, 1989.
 - 9) Nakamura, R. and Kashima, S.: THE BASIC ON MODE CHOICE CHARACTERISTICS IN METRO MANILA, The Fifth World Conference on Transport Research YOKOHAMA'89 Volume III, pp.657-670, 1989.
 - 10) リダサン, H.S., 田村亨, 石田東生, 黒川洸: 発途上国における交通行動のパネル分析, 土木学会論文集 No.470/IV -20, pp.135-144, 1993年7月.
 - 11) Felias, Jr. H. and Uchiyama, H.: TOWARDS A PC BASED DIGITAL ROAD MAP SYSTEM(DRMS) FOR METRO MANILA, The Sixth World Conference on Transport Research LYON'92 Volume II, pp.1101-1111, 1992.
 - 12) 坂本裕之, 毛利雄一, 内山久雄: マニラ都市圏における交通機関選択構造分析, 土木学会第49回年次学術講演会講演概要集第4部, pp.908-909, 1994年9月.
 - 13) Gaudry, M. and Dagenais, M.: The Dogit Model, Transportation Research B, Vol.13B, pp.105-111, 1979.
 - 14) Swait, J. and Ben-Akiva, M: Empirical Test of a Constrained Choice Discrete Model; Mode choice in SAO PAULO, BRAZIL, Transportation Research B, Vol.21B, No.2, pp.103-115, 1987.
 - 15) 森川高行, 竹内博史, 加古裕二郎: 定量的観光魅力度と選択肢集合の不確実性を考慮した観光目的地選択分析図, 土木計画学研究・論文集 No.9, pp.117-124, 1991年11月.

(1995.6.30 受付)

A STUDY ON METHOD OF URBAN TRANSPORTATION PLANNING IN DEVELOPING COUNTRIES

Hisao UCHIYAMA, Yuichi MOHRI and Herculano FELIAS, Jr.

This study is to focuss on the necessity of the disaggregate approach for urban areas in the developing countries as a tool of urban transportation planning, then to develop some disaggregate models by several segments for Metro Manila as a case study, finally to compare them with each other from the viewpoint of the "homogeneity" and "heterogeneity" of the mode choice behaviour revealed from sampled data. As a conclusion, the study illustrates much higher applicability of the disaggregate modelling system even with small sampling size to the whole urban area, because the collected samples can be regarded as homogenous.