

# ダッカ都市圏における交通手段選択行動の分析

福田剛之<sup>1</sup>・福田大輔<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 学士(工学) 東京工業大学大学院修士課程 理工学研究科土木工学専攻(〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1)

E-mail: t.fukuda@plan.cv.titech.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 博士(工学) 東京工業大学大学院准教授 理工学研究科土木工学専攻

E-mail: fukuda@plan.cv.titech.ac.jp

バングラデシュ国の首都ダッカは、その都市圏(Dhaka Metropolitan Area: DMA)に全国総人口の7.5%に当たる1,070万人の人口を有するメガシティであり、人口密度が著しく高いことで知られている。現在、DMAの都市交通は、バス交通を中心とした道路交通に大きく依存しており、深刻な交通渋滞、交通混乱と、それに伴う大気汚染等の交通公害や健康被害の問題が生じている。現在、2025年を目標年次としたダッカ都市圏の都市開発基本構想を策定することを目的として、ダッカ都市交通網整備事業準備調査(DHUTS)が進められており、パーソントリップ調査、交通量調査、軌道系交通導入に対する選好意識調査等が実施されている。本研究では、2009年に行われたDHUTSによる交通調査を用いて、トリップ距離帯別・所得階層別の非集計交通手段選択モデルを構築・推計し、DMAにおける交通手段選択行動を分析した。

*Key Words* : mode choice, discrete choice model, developing country, Dhaka Metropolitan Area

## 1. はじめに

バングラデシュ国の首都であり、商工業・文化・教育の中心であるダッカ市(図-1)は、その都市圏(Dhaka Metropolitan Area: DMA)に全国総人口の7.5%に当たる1,070万人の人口を有しているメガシティであり、人口密度が著しく高いことで知られている。現在、DMAの都市交通は、道路交通に大きく依存している。道路容量を超える交通量が流れ、速度の異なる多種多様な交通機関が並走するため、スムーズな交通が阻害され、道路上は常に想像を超える混雑となっている。物理的インフラの不足に加えて、交通ルールが徹底されておらず、車線や信号の無視が横行し、リキシャやバスはあちこちで乗客の争奪戦を繰り広げるなど無秩序な状態が続いている。このように、自動車・バス・リキシャ等の様々な交通モードが同じ道路空間上に並存することによる交通渋滞、交通混乱が深刻な都市問題となっている。それに伴い、旅行時間の増加・輸送効率性の低下・交通事故の増加・消費燃料の増加・大気汚染等の交通公害・健康被害といった諸問題が生じている。今後、経済成長および都市人口の増加に伴い、自動車保有台数の増加も見込まれており、DMAの交通状況および都市環境の改善を図るための都市公共交通システムの整備が喫緊の課題となっている。

このような現状を受けて、バングラデシュ政府は世界銀行の協力を得て、2005年にDMAのための“Strategic Transport Plan(STP)”を策定した(World Bank, 2005)。

STPにおける都市交通政策は、2004年から2024年を対象期間とした“Urban Transportation Policy”としてまとめられており、事業実施及び維持管理に係る組織体制の確立、大量輸送機関や都市高速道路の整備等を優先課題として示している。STPは既にバングラデシュ政府で閣議決定されており、今後はSTPに沿って各ドナーがダッカの都市交通環境改善のための支援をしていくことが期待される。STPを始めとして、ダッカではこれまでもいくつかの交通計画が検討され、都市交通需要の予測モデルも検討されてきたが、データ等の不足からDMA全体の分析に耐えうる予測モデルは開発されていない。

これに対し、国際協力機構(JICA)は、2025年を目標年次としたDMAの都市開発基本構想を策定することを目的として調査を現在進めている。特に、ダッカ都市交通網整備事業準備調査(Dhaka Urban Transport Network Development Study: DHUTS)が近年実施され、パーソントリップ調査、交通量調査、新たな交通手段(MRT, BRT)に関する選好意識調査等を実施しており、都市圏レベルでの交通需要の予測システム構築への活用が期待されている。

本研究では、DHUTSで収集された交通調査を用いて、バングラデシュ・ダッカ都市圏における人々の交通手段選択を分析する。具体的には、DMAの交通状況改善のための新規都市交通開設事業に伴う交通需要予測に最終的に資することを念頭に、人々の交通手段選択行動を非集計モデルを用いて分析する。その際、DMAに



図-1 ダッカ都市中心部 (出典：Geospatialworld)

において特徴的な交通手段であるリキシャやオートリキシャ (CNG) 等を明示的に考慮し、更に、交通サービスの LOS 特性のみならず、所得、性別、教育等の様々な要因を考慮し、それらが交通行動に及ぼす影響を明らかにする。

## 2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

### (1) ダッカ都市交通に関する既往研究

ダッカ市における交通行動分析に関する既往研究として、Aftabuzzaman (2001) は、ダッカ市の中所得者の通勤時の交通手段選択をリキシャ、バス、オートリキシャ (CNG) を選択肢集合とする限定的な状況で多項ロジットモデルを構築し、バス利用時の乗車/非乗車時間の変化に対する利用確率の変化を考察した。また、Habib

(2002) は、四段階推定法を適用し、リキシャ、自動車、バス、オートリキシャ (CNG) といった交通モードに集計機関分担モデルを適用した (但しデータの詳細は不明)。その際、旅行時間、旅行費用、快適性という3つの説明変数を考慮したが、人々は旅行時間や旅行費用に対して快適性をより重視して機関選択を行うという現実と隔たりのある結果となった。

現在進められている JICA 主導の DHUTS (JICA, 2010) では、集計ロジットモデルを用いて都市圏レベルでの機関分担モデルを構築している。ここでは、市民を3つの所得階層に分け、図-2のように2段階に分けた機関分担を考えた。第1段階では、徒歩とリキシャとその他の交通機関に対して距離を説明変数とした分担を、第2段階では自動車、バス、CNG に対して

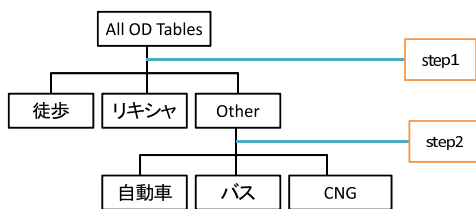


図-2 DHUTS による交通機関分担モデルの構造

一般化費用を用いた分担を行った。第1段階の距離による推定では、パラメータの符号、 $t$  値共に有意な値が算出されたものの、第2段階の一般化費用による推定ではパラメータの  $t$  値が低く、必ずしも有意なモデルとは言えない結果となった。

近年 Annesha (2010) は、既存の交通モードだけでなく新規建設が計画されている BRT とメトロを含めた選好を明らかにすることを目的として、STP で得られた RP データと、DHUTS による SP データを統合的に用いて、非集計交通手段選択モデルを推定した。先進国では、自動車や免許の保有が選択肢集合を決定する十分な要因となり得るが、バングラデシュを含む開発途上国では、ネットワークデータ等が信頼できる水準で構築することが難しい上、車を保有している裕福な家庭では公共交通を移動の選択肢に含めないなど金銭的余裕が選択肢集合に多に影響を与える。Annesha (2010) は社会経済特性、旅行距離、旅行目的を説明変数とした選択肢集合生成モデルを構築した上で交通手段選択分析を行い、推定結果から時間価値 (Value of Time: VOT) を算出している。

## (2) 開発途上国における交通手段選択に関する既往研究

交通行動や交通手段選択に関する研究は、非集計モデルにだけでなく、広く行われてきている。しかしながら、需要予測方法論の殆どが先進国の交通状況を前提としていることに留意するべきである。途上国では異常な混雑状況に陥っていたり、交通ネットワークが形成されていなかったり、限定的なデータしか存在していないことも少なくない。そうした状況の中で選択肢集合や LOS データを需要予測に耐えうる水準の信頼度で設定することは非常に難しい。

羅他 (2007) は、PT データの各項目の相互関係に着目し、成都、マニラ、クアラルンプール、プノンペン の 4 都市における高所得層の自動車利用を促す原因を分析した。その結果、高所得層と中・低所得層によって徒歩・二輪車の利用時間に対して意識的な差はないということを示した。また、高所得層の平均トリップ長は全所得層のそれに比べて延伸する傾向にあり、結果と

して高所得層と全所得層の徒歩・二輪分担の差が生じている。その要因として、高所得層の居住率が高い地域は郊外などの人口密度が低い地域であることが挙げられている。つまり、所得による居住地の違いという都市構造が交通手段選択にも影響を及ぼしているということである。

一方、非集計モデルを用いた分析では限定的な状況での分析はいくつか行われている。Gunthawong (2005) は、チェンマイの通勤と通学の二つの場合について、SP データを基に非集計モデルを用いて行動分析を行い、チェンマイの通勤・通学者の行動特性を把握し、行動特性に基づいて公共交通路線の構築と新規バス路線の効果を示した。また、Ghani et al. (2007) は、マレーシアのバンギ - クアラルンプール間の自動車もしくは鉄道を利用する通勤・通学者について、時間や費用といった観測できる要素だけでなく、安全性・快適性・利便性・フレキシビリティの 4 つの潜在的な要素が手段選択に影響を及ぼしているという仮定の下、非集計モデルを用いて分析を行った。その結果、先進国と同様に、観測できない潜在的な要因を説明変数として含めることでモデルの精度は向上するということが確認できた。

Fillone (2011) では、ロジットモデルとネスティッドロジットモデルを用いてメトロ・マニラでの朝の通勤トリップにおける交通手段分析を行った。さらに分析結果から、出発到着ターミナル間をノンストップ運行するというメガタクシーの急行便運行政策が実施された場合の交通モード分担率の変化を予測した。メガタクシーの急行便政策が実施された場合には、ターミナル近隣の利用者以外は政策実施後にメガタクシーを利用できないため、実施前のメガタクシー利用者の約 20% が LRT やバス利用に流れるという推定結果を得た。

## (3) 本研究の位置づけ

以上で述べてきたように、非集計モデルを用いた交通手段選択に関する研究は途上国においても広く積極的に行われている一方で、データ収集や道路状況の数値化といった難しさを残している。前述の Annesha (2010) では、離散選択モデルを用いて選択肢集合を確率的に形成し、さらに RP データと SP データを統合的に用いて分析を行った。これに対し本研究では、DHUTS にて得られた最新かつ大規模な RP データと SP データを併用して交通手段選択の分析を行う。さらに、従来の研究では詳しく検証されていなかった、トリップ距離帯、旅行者の所得階層を細かく分けて分析する。

### 3. データの概要

本研究では、2009年にダッカ都市交通調査団(DHUTS)によって行われた世帯訪問調査(Household Interview Survey: HIS)、並びに、支払意志額調査(Willingness To Pay Survey: WTP)の2つを主として利用する。精度、操作性の高い交通手段選択モデルを構築するために、RPデータであるHISを単独で利用するのみならず、SPデータであるWTPと統合的に利用する。特にダッカ市民にとっては、MRTやBRTといった都市交通は未知のものであることから、SPデータの積極的な利用により、より精度の高い分析となることが期待される。

#### (1) RPデータの概要

DHUTSが行ったHISでは、ダッカ市(Dhaka City Corporation: DCC)内に存在する家庭の約1%となる、18,000を超える家庭に調査を行った。HISの目的は、対象であるダッカ市内90区と隣接する人口の多い地区の居住者の日常交通行動の把握である。すなわち、HISの実施によって世帯及び個人の交通行動の特性と、それらの交通行動を規定する要因を明らかにすることを目的としている。調査は、有権者リストに掲載してある家庭からランダムに訪問調査を行うという方法をとった。HISの調査項目は家庭の住所や住居形態、家族構成員の年齢や収入等の社会経済の特徴、車の保有状況、日々の行動について等多岐に渡っている。HISによって得られたトリップ距離帯1~3kmにおける各交通機関分担率を図-3に示す。

#### (2) SPデータの概要

新規建設が計画検討されているBRTとMRTはダッカ市民にとっては未知の交通手段であり、当該地域以外のデータを適用することも難しいため、SP調査がよ

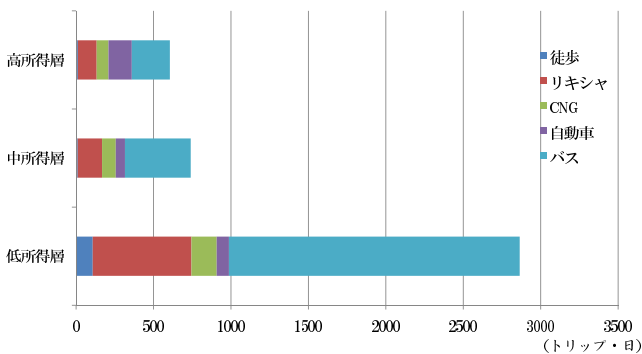


図-3 所得階層別の交通手段分担率 (1~3km 距離帯)

り一層重要となる。

DHUTSが行ったSP調査では、現在利用している交通手段と新たに建設が計画されているBRTとMRTの3つの交通モードを選択肢として、旅行時間、運賃、運行頻度を変化させて選択する交通手段と社会経済特性の回答を求めた。700のバス利用者と300の他の交通機関の利用者を対象として、新規建設予定ルート周辺での調査を行い、結果として全トリップ目的で727名からの有効回答を得た。

#### (3) RPデータのLOS作成手順

DHUTSが行ったHISによって得られた個人のトリップデータでは、ある個人が選択した交通手段のLOS(Level of Service)のデータのみを、申告値として調査から知ることができる。しかし、非集計モデルを構築するに当たって、選択していない交通手段のLOSデータも用意する必要がある。

本研究では、RPデータ用のLOS作成は図-4の手順で行う。

##### a) 利用者均衡配分

GISより道路ネットワーク情報を抽出後、交通需要予測パッケージJICA STRADA3.5を用いて利用者均衡配分を行い、各リンクのピーク時所要時間を推計した。DHUTSが行ったHISより得られたOD表から、自動車、リキシャ、CNG、バスといった道路交通を表-1の各係数を用いてPCUに変換し、ネットワークに配分する。交通量配分で用いたBPR関数は式(1)のように設定した。なお、表-1、式(1)で設定した係数はDHUTSの現地観測に基づくものである。

$$T_a = T_{a0} \left( 1 + \alpha \left( \frac{Q_a}{C_a} \right)^\beta \right) \quad (1)$$

ここで、 $T_0$ はリンク $a$ の旅行時間、 $T_{a0}$ はリンク $a$ の自由旅行時間、つまり交通量がゼロの時の旅行時間、 $Q_a$ と $C_a$ はリンク $a$ の交通量と交通容量をそれぞれ表し、 $\alpha$ 、 $\beta$ はパラメータであり、今回の均衡配分ではDHUTSの現地観測結果に基づき、 $\alpha = 5$ 、 $\beta = 4$ と設定した。

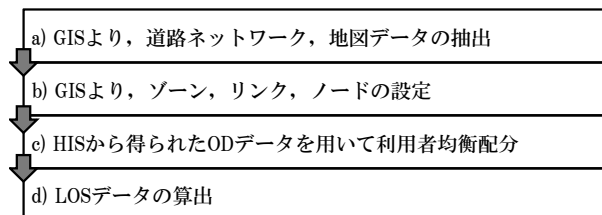


図-4 データセットの作成手順

表-1 各交通機関の平均乗車人員，PCU 変換係数

-	自動車	CNG	リキシャ	バス
平均乗車人員	2.71	2.42	2.00	38.23
PCU 変換係数	1.00	0.70	0.40	2.00

表-4 RP データのサンプル数

	~ 1km	1km ~ 3km	3km ~ 5km	5km ~	計
低所得層	13829	5722	2845	5185	27581
中所得層	2158	1199	730	1422	5509
高所得層	1617	957	584	1279	4437
	総サンプル数				37527

b) LOS データの算出

a) によって得られた OD 間所要時間から各交通機関を利用した際の旅行時間を以下の式 (2) から算出する。各交通機関のアクセス時間とスピードレートを表 - 2 に示す。なお、数値は DHUTS 現地観測による値を採用している。

$$(\text{旅行時間}) = (\text{アクセス時間}) + \frac{(\text{OD 間所要時間})}{(\text{スピードレート})} \quad (2)$$

表-2 各交通機関のアクセス時間とスピードレート

-	自動車	リキシャ	CNG	バス
アクセス時間 (分)	5	2	15	10
スピードレート	1.0	0.5	0.8	0.7

同時に、OD 間の経路最短距離より、各交通機関の運賃を算出する。各交通機関の運賃体系は表 - 3 の通りである。尚、今回は自動車の維持費等は考慮していない。

表-3 各交通機関の運賃

リキシャ	10.0Tk/km
CNG	2km まで 14.0Tk、以降 6.0Tk/km
バス	1.1Tk/km (1Tk=約 ¥1.2)

以上のようにして算出された各交通機関 OD 間 LOS データと HIS のトリップデータをマッチングさせることによってデータセットを完成させる。得られたデータセットの集計結果を表 - 4, 5 に示す。本研究では、通勤・通学目的の交通手段選択行動の分析に着目するため、旅行目的を通勤・通学に限定している。

4. 非集計交通手段選択モデルの構築

本研究では、HIS で得られたデータから、旅行者を距離帯別に 1km 未満/1 ~ 3km/3 ~ 5km/5km 以上という 4 つのグループに分け、さらに、三段階の所得階層 (表 - 6)

表-5 SP データのサンプル数

	バス利用者	その他の交通機関利用者	計
低所得層	83	5	88
中所得層	101	10	111
高所得層	94	76	170
	総サンプル数 (回答数)		369

で分けた上で多項ロジットモデル (MNL)、ネスティッドロジットモデル (NL) を用いて推定を行い、その後、RP データと SP データを融合させたモデルの推定を行った。推定の際、リキシャ、CNG、バスについては全ての OD ペアにおいて、旅行者が選択肢集合に含むものと仮定し、自動車については、保有者のみが選択肢に含むものと仮定した。

表-6 各家庭の月収による所得階層区別

低所得層	~ 20,000Tk/月
中所得層	20,000 ~ 50,000Tk/月
高所得層	50,000 ~ Tk/月 (1Tk=約 1.2 円)

(1) RP モデルの推定結果

RP モデルの構造を図 - 5 に示す。MNL モデルでは式 (3) ~ (7) で表される効用関数を用いる。ここでは、代表例として 1 ~ 3km、3 ~ 5km の距離帯の推定結果を表 - 7, 8 に示す。運賃、旅行時間は共に負の値で t 値も高く、実際の交通手段選択を明示したモデルということができる。また、年齢が性別、教育レベルの変数も符号は一致しており、社会経済特性も手段選択に影響を与えることが見て取れる。バス、自動車、リキシャの固有定数の t 値が高く、交通手段の選択が固定化していることが伺える。

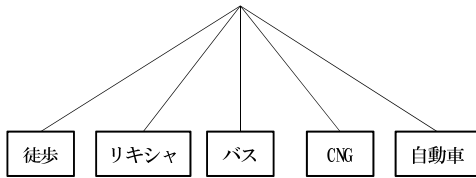


図-5 RP データ分析の MNL モデル構造

$$V_{\text{徒歩}} = ASC_{\text{徒歩}} + \beta_{\text{旅行時間}} \times (\text{旅行時間}_{\text{徒歩}}) + \beta_{20 \text{歳未満}} \times (20 \text{歳未満ダミー}) + \beta_{\text{高等教育}} \times (\text{高等教育ダミー}) \quad (3)$$

$$V_{\text{リキシャ}} = ASC_{\text{リキシャ}} + \beta_{\text{旅行時間}} \times (\text{旅行時間}_{\text{リキシャ}}) + \beta_{\text{料金}} \times (\text{料金}_{\text{リキシャ}}) + \beta_{20 \text{歳未満}} \times (20 \text{歳未満ダミー}) + \beta_{\text{高等教育}} \times (\text{高等教育ダミー}) \quad (4)$$

$$V_{\text{CNG}} = ASC_{\text{CNG}} + \beta_{\text{旅行時間}} \times (\text{旅行時間}_{\text{CNG}}) + \beta_{\text{料金}} \times (\text{料金}_{\text{CNG}}) \quad (5)$$

$$V_{\text{自動車}} = ASC_{\text{自動車}} + \beta_{\text{旅行時間}} \times (\text{旅行時間}_{\text{自動車}}) + \beta_{\text{料金}} \times (\text{料金}_{\text{自動車}}) \quad (6)$$

$$V_{\text{バス}} = ASC_{\text{バス}} + \beta_{\text{旅行時間}} \times (\text{旅行時間}_{\text{バス}}) + \beta_{\text{料金}} \times (\text{料金}_{\text{バス}}) + \beta_{\text{女性}} \times (\text{女性ダミー}) \quad (7)$$

次に、徒歩、リキシャ利用は主に近距離トリップであり、自動車、バスと比べて走行速度が遅いという選択肢間の類似性を有していると考え図 - 6), 徒歩、リキシャを競合グループとしたネスティッド・ロジット (NL) モデルによる分析を行った。NL モデルの効用関数は MNL モデルと同じ効用関数を設定した。推定の結果 (表 - 9), 3 ~ 5km の距離帯ではいずれの所得階層でもモデルパラメータの t 値が高く、有意なモデルとなったが、他の距離帯や所得階層によって値のばらつきが大きく、必ずしも説明力に優れたモデルとは言い難い。

## (2) RP/SP モデルの推定結果

本研究のような新規交通機関の建設に伴う手段選択分析では、RP データと SP データを共に用いることで、より予測精度の高いモデルを構築できることが期待される。本研究でも RP/SP モデルを構築する。式 (2) のように RP データと SP データで共通する説明変数にスケールパラメータ  $\theta$  を導入することによって、RP/SP モデルの効用関数とする。ここでは、所得階層別に分けて推定しているが、距離帯では区別していない。

推定の結果、運賃と旅行時間の変数について有意と

表-7 MNL モデル推定結果 (1 ~ 3km 距離帯)

説明変数	推定値 (t 値)		
	低所得層	中所得層	高所得層
固有定数 (バス)	1.29 (22.5)	2.35 (12.2)	1.80 (8.24)
固有定数 (自動車)	3.53 (15.7)	5.91 (13.4)	4.83 (10.0)
固有定数 (CNG)	-0.28 (-2.17)	2.01 (6.71)	1.87 (5.70)
固有定数 (リキシャ)	2.73 (23.7)	4.31 (14.1)	3.40 (9.68)
運賃	-0.07 (-12.0)	-0.08 (-5.90)	-0.03 (-2.08)
女性ダミー	-0.44 (-6.57)	-0.15 (-1.00)	0.24 (1.32)
高等教育ダミー	-0.53 (-7.56)	-0.30 (-2.09)	-0.26 (-1.53)
旅行時間	-0.010 (-8.22)	-0.004 (-3.06)	-0.002 (-2.78)
20 歳未満ダミー	0.50 (2.93)	1.03 (3.95)	1.04 (4.99)
初期尤度	-7974.104	-1693.184	-1385.147
最終尤度	-5709.391	-1113.506	-964.052
修正 $\rho^2$	0.283	0.337	0.298
サンプル数	5722	1199	957

なった。また、高所得層の BRT, MRT に対する固有定数が大きく、高所得層の新規交通機関利用が期待できる結果を得た。

$$V_i = \theta \alpha_i^{RP} + \theta \beta_{\text{旅行時間}} \times (\text{旅行時間}_i) + \theta \beta_{\text{運賃}} \times (\text{運賃}_i) + \alpha_i^{SP} + \beta_{\text{旅行時間}} \times (\text{旅行時間}_i) + \beta_{\text{運賃}} \times (\text{運賃}_i) + \beta_{\text{待ち時間}} \times (\text{待ち時間}_i) \quad (8)$$

## 5. LOS の設定基準を変えた場合の感度分析

本研究では、ダッカでの現地調査を基に、利用者均衡配分を行い、現地観測による変数値を用いて式 (2) によって各交通機関の LOS データを算出し停止。しかし、ダッカ市内では、ピーク時は極度の混雑状況に陥るため、前述の方法で作成した LOS が実際の交通状況を適切に表現しきれているという確証は無い。現状ででき

表-8 MNL モデル推定結果 (3~5km 距離帯)

説明変数	推定値 (t 値)		
	低所得層	中所得層	高所得層
固有定数 (バス)	2.17 (17.3)	3.57 (9.40)	2.78 (7.57)
固有定数 (自動車)	3.60 (8.58)	7.52 (8.64)	6.35 (6.97)
固有定数 (CNG)	0.72 (2.58)	4.18 (6.65)	3.07 (4.65)
固有定数 (リキシャ) 運賃	3.08 (7.62)	6.26 (7.44)	4.28 (4.93)
	-0.05 (-5.80)	-0.10 (-5.29)	-0.06 (-2.93)
女性ダミー	-0.18 (-3.63)	-0.18 (-0.94)	0.02 (0.10)
高等教育ダミー	-0.41 (-3.62)	-0.42 (-2.04)	-0.13 (-0.57)
旅行時間	-0.03 (-17.8)	-0.02 (-4.62)	-0.01 (-3.82)
20歳未満ダミー	0.78 (2.63)	0.76 (2.70)	0.96 (3.65)
初期尤度	-3976.14	-1033.64	-852.886
最終尤度	-2274.98	-661.869	-582.279
修正 $\rho^2$	0.426	0.351	0.307
サンプル数	2845	730	584

表-9 NL モデルの推定結果 (3~5km 距離帯)

説明変数	推定値 (t 値)		
	低所得層	中所得層	高所得層
固有定数 (バス)	1.33 (14.3)	1.79 (5.14)	0.77 (3.88)
固有定数 (自動車)	2.48 (7.43)	4.60 (4.80)	2.83 (4.99)
固有定数 (CNG)	-0.31 (-1.45)	1.70 (2.42)	0.12 (0.30)
固有定数 (リキシャ) 運賃	1.95 (6.97)	3.40 (3.67)	0.85 (1.57)
	-0.04 (-6.19)	-0.07 (-3.56)	-0.02 (-1.26)
女性ダミー	-0.36 (-3.64)	-0.21 (-1.07)	0.03 (0.16)
高等教育ダミー	-0.38 (-3.59)	-0.40 (-1.97)	-0.19 (-0.82)
旅行時間	-0.03 (-13.8)	-0.02 (-5.64)	-0.01 (-3.11)
若者ダミー	0.60 (2.67)	0.78 (2.71)	0.90 (3.44)
スケールパラメータ	2.73 (10.2)	2.81 (3.42)	6.63 (2.46)
初期尤度	-3976.14	-1033.64	-852.89
最終尤度	-2222.13	-657.171	-569.61
修正 $\rho^2$	0.439	0.355	0.320
サンプル数	2845	730	584

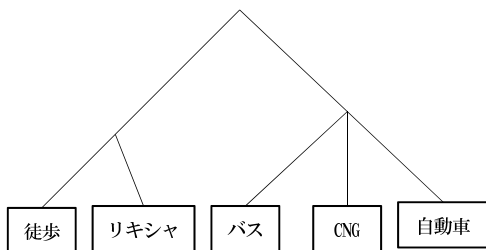


図-6 RP データの NL モデル構造

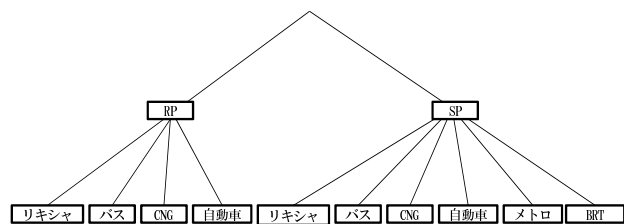


図-7 RP/SP 融合型のモデル構造

ることは、LOS 設定基準を変えて非集計モデルを推定し直した際に、結果がどの程度変化するかという感度分析的な検討のみである。

現実には、混雑具合に従って、旅行速度は遅くなり、より長い旅行時間を要することとなる。すなわち、式(2)におけるスピードレート、あるいは、式(1)におけるパラメータを変化させることで混雑状況の違いによる推定結果の変化を検証する。各係数を変化させた場

合の内容を表 - 11 に示す。

RP モデル、RP/SP モデル、感度分析の結果より、時間価値 (VOT) を算出し、表 - 12 に示す。全てのモデルにおいて VOT は極めて低い値を示している。しかし、スピードレートを変化、つまり混雑度をより厳しく設定してもさほど VOT に変化は見られないことから、VOT の低さが LOS の設定に依るものだけではないと考えら

表-10 RP/SP モデルの推定結果

説明変数	推定値 (t 値)		
	低所得層	中所得層	高所得層
固有定数	0	0.10	2.91
(BRT)	-	(0.22)	(6.19)
固有定数	-0.93	-1.06	-1.33
(バス)	(-23.2)	(-6.31)	(-6.07)
固有定数	0.18	0.78	1.55
(自動車)	(-2.56)	(7.40)	(6.05)
固有定数	-2.18	-1.59	-1.40
(CNG)	(-20.3)	(-6.30)	(-5.92)
固有定数	0	-0.04	2.77
(MRT)	-	(-0.09)	(5.95)
運賃	-0.04	-0.03	-0.03
	(-22.8)	(-6.55)	(-6.13)
旅行時間	-0.002	-0.003	-0.003
	(-10.2)	(-3.72)	(-3.93)
待ち時間	0.13	0.02	-0.07
	(5.40)	(0.95)	(-3.41)
$\theta$	1.17	1.21	1.06
	(3.18)	(1.14)	(0.32)
初期尤度	-21651.57	-5443.57	-4818.51
最終尤度	-13191.53	-3820.16	-3481.78
修正 $\rho^2$	0.390	0.297	0.276
サンプル数	19485	4807	4077

表-11 各シナリオの内容

シナリオ 1	スピードレートをそれぞれ 0.8 倍とした場合
シナリオ 2	スピードレートをそれぞれ 0.6 倍とした場合
シナリオ 3	BPR 関数の $\alpha = 5$ $\beta = 3$ とした場合
シナリオ 4	BPR 関数の $\alpha = 5$ $\beta = 5$ とした場合

れる。

## 6. まとめ

本研究で得られた主な知見を以下にまとめる。

- (a) 本研究では、距離帯、所得階層で細分化してモデル推定を行い、DMA における手段選択の要因を示した。旅行時間の変化に対して効用の変化が小さく、手段選択の際に時間に関する情報はさほど重視しないという結果を得た。加えて、選択肢の固有定数が大きく、各個人が交通手段に固定的に抱いている影響が大きいと考えられる。従って、DMA で

表-12 各モデルの VOT 算出値 (Tk/分)

		低所得層	中所得層	高所得層
RP+SP		0.06	0.08	0.08
RP	~ 1km	0.39	0.30	0.41
	1 ~ 3km	0.15	0.05	0.07
	3 ~ 5km	0.67	0.17	0.18
	5 ~ km	4.62	6.34	5.63
シナリオ 1	~ 1km	0.35	0.26	0.32
	1 ~ 3km	0.04	0.02	0.04
	3 ~ 5km	0.05	0.02	0.03
	5 ~ km	4.58	5.94	2.22
シナリオ 2	~ 1km	0.43	0.30	0.49
	1 ~ 3km	1.04	0.77	2.06
	3 ~ 5km	3.18	1.28	1.29
	5 ~ km	4.23	5.56	3.99
シナリオ 3	~ 1km	0.40	0.28	0.31
	1 ~ 3km	0.15	0.07	0.08
	3 ~ 5km	0.71	0.17	0.33
	5 ~ km	5.22	7.64	5.37
シナリオ 4	~ 1km	0.40	0.28	0.31
	1 ~ 3km	0.26	0.05	0.05
	3 ~ 5km	0.79	0.28	0.48
	5 ~ km	4.33	6.54	5.98

1Tk=1.2JPY

は、特定個人が特定の交通手段を選択する確率が高く、料金、時間の変化による態度変容の感度が鈍いと推測される。

- (b) 旅行時間、交通運賃のパラメータは負の値であり、啓蒙活動等により個人の固定的な選好を排除することで、交通行動の変化、新規都市交通の利用を促すことが可能であると考えられる。
- (c) 交通手段選択には、旅行時間や運賃だけでなく、性別、教育レベル、年齢といった社会経済特性も影響を及ぼしていることが示された。
- (d) NL モデルの結果(表-9)で示されたように、全てのマーケットセグメントで有意ではないにしろ、徒歩とリキシャが競合する交通モードであると考えられるように、距離帯によっても交通機関の選択が影響され得ると考えられる。
- (e) 表-12 で示されたように、RP データだけでなく、SP データを用いることによって時間価値のパラつきが是正され、モデルとしての操作性が向上することが確認された。
- また、本研究に残された課題として以下を挙げる。
- (a) 本研究では、各交通機関の LOS を利用者均衡配分を行った結果に一定のアクセス時間とスピードレー



トを考慮して設定した。しかし、実際の道路状況では、ゾーン、OD、時間によってスピードレート等は変化し得る値である。特に非集計分析のように個人の行動特性を明らかにする分析手法では、そうした細かい設定によってより精度の高い分析が可能になると考えられる。

- (b) ダッカのような渋滞が重大な問題となっている都市では、旅行時間や費用もさることながら、遅延確率や旅行時間の分散も考慮に入れて然るべきである。本研究で導かれた、“旅行時間の効用に対する影響が小さい”という結果を裏付ける意味でも、渋滞が日常となっている旅行者の遅延確率や旅行時間の分散に対する態度変容を示すことに意味があると考えられる。
- (c) 本研究では、自動車保有者のみ選択肢集合に自動車を含み、その他の交通機関は万人が利用可能という選択肢集合の設定の下で分析を行った。LOSの設定とも同様だが、選択肢集合についても個人だけでなく、ゾーンやODといった場所の影響を少なからず受けるはずである。より詳細な分析には仮定を厳密に設定する必要がある。
- (d) 本研究では、HISのRPデータとWTP調査のSPデータ双方を用いて分析を行ったが、RPデータの37881というサンプル数に対してSPデータのサンプル数は396と極端に少ない。RPデータとSPデータを同時に使用することでより精度・操作性の高いモデルを構築することが可能である。本研究では、サンプル数の違いによって十分に互いの短所を補完できなかったと推測される。SPデータの充実によって、的確な需要予測が行われることを期待する。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、JICAの小泉幸弘様、小野智弘様には、分析に必要な様々なデータを御提供頂きました。株式会社アルメックの渡辺玉興様には、ダッカへ現地視察に赴いた際に多大なるご協力を頂きました。また、株式会社片平エンジニアリング・インターナショナルの木村俊夫様、復建調査設計株式会社の渡辺雅人様には、DHUTSでの調査データの取り扱いや分析を進めるにあたっての注意すべき点など、貴重なアドバイスを頂きました。以上の皆様にこの場をお借りして深く感謝申し上げます。

## 参考文献

- 明示的に考慮した交通機関選択モデルの提案”，土木計画学研究・講演集, Vol. 26 (CD-ROM), 2002.
- 2) 羅霄, 大門創, 森本章倫, 古池弘隆: “アジア途上国の大都市における高所得層の自動車利用に関する比較研究”, 土木計画学研究・論文集, Vol.24, Number 3, 2007.
- 3) Aftabuzzaman, M., Muromachi, Y., Harata, H. and Ohta, K.: “Modeling mode-choice behavior for work-trip of a developing city”, Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research (WCTR), Paper No. 4181, 2001.
- 4) Habib, K.M.N.: “Valuation of Planning Options to Alleviate Traffic Congestion and Resulting Air Pollution in Dhaka City”, M.Sc. Thesis, Department of Civil Engineering, BUET, Dhaka, 2002.
- 5) Gunthawong, G.: “Evaluating public preferences on alternative public transportation in Chiang Mai, Thailand”, M.Sc. Thesis, Department of Urban Engineering, The University of Tokyo, 2005.
- 6) Ghani, M.N., Seng-Huat, T. and Ahmad, M.Z.: “Transportation Mode Choice: Are Latent Factors Important?”, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.7, 2007.
- 7) Annesha, E.: “Developing a Comprehensive Mode Choice Model to Capture the Preferences for Mass Rapid Transit in Dhaka”, M.Sc. Thesis, Department of Civil Engineering, BUET, Dhaka, 2010.
- 8) Japan International Cooperation Agency (JICA): “Preparatory Survey Report on Dhaka Urban Transport Network Development Study in Bangladesh”, 2010.
- 9) Fillone, A.: “The Estimated Effect of the Proposed FX Megataxi Express Service on Mode-Changing Behavior in Metro Manila”, Asian Transport Studies, Vol.1, Issue 3, 2011.
- 10) World Bank: “Strategic Transport Plan in Dhaka Metropolitan Area”, 2005.

- 1) 張峻屹, 杉恵頼寧, 藤原章正: “行動の変化を明示的に考慮した交通機関選択モデルの提案 行動の変化を