

P & R 需要予測への G E V 型手段選択モデルの適用可能性

Application of GEV family modal choice models to Park and Ride system demand forecasting

溝上 章志
Shoshi Mizokami

When we build a modal choice model including over three single-modal modes like car and bus and train, the Multinomial Logit model (MNL) or Nested Logit (NL) model has been used, generally. However, the Park and Ride system is a multi-modal mode composed of automobile as an access part and public transportation as a line hole. Therefore the existence of similarity between P&R and automobile or between P&R and public transportation cannot be denied. The GEV family modal choice models can consider the similarity between alternatives by making it possible for one alternative to belong to plural nest. This study verifies the applicability of GEV family modal choice models, namely Cross-Nested Logit (CNL) and Generalized-Nested Logit (GNL), to forecast the demand of P&R system.

Keywords: Park and Ride system, IIA, GEV type modal choice model

P&R システム, IIA 特性, GEV 型手段選択モデル

1. はじめに

パーク・アンド・ライドシステム（以下では P&R システムと記す）は、都心部の交通渋滞緩和や公共交通機関の活性化、大気汚染などの地域環境改善など、様々な効果が期待でき、かつ実行可能性が高い TDM 施策の一つである。このため、近年、全国各地の都市で導入、あるいは導入のための検討がなされている。熊本都市圏においても、平成 9 年にはバスと市電を、平成 13 年には JR 豊肥本線を利用した P&R の社会実験が実施された。しかし、P&R を本格導入するには、現利用手段から P&R に転換する転換需要を事前に高い精度で予測できる P&R 選択需要予測モデルの構築が必要である。

P&R は、主要部分はバスや鉄道などのマストラ (MT と記す) であるものの、端末部分は自動車で構成される複合交通手段であることから、自動車や MT との選択肢類似性を否定できない。このような手段選択問題に対して Multinomial Logit (MNL) モデルを適用すると、IIA (Independence from Irrelevant Alternatives) 特性のために、類似した選択肢の選択確率を過大評価する傾向が生じる。これに対して、IIA 特性を緩和するアプローチである Nested Logit (NL) モデルを適用する場合、P&R は公共交通機関 (Transit) の部分集合に含めることが多いが、末端部分は自動車利用であることから、自動車と独立とした選択肢ツリーをはじめから仮定するのは適切でない。

本研究では、IIA 特性の制約を緩和することが可能な Paired -Combinatorial Logit (PCL) モデル¹⁾、および選択肢の類似性や選択肢ツリーの構造想定に対する問題を解決するため、複数のネストに 1 つの選択肢が属すること

を許す Cross Nested Logit (CNL) モデル²⁾、これをさらに一般化した Generalized Nested Logit (GNL) モデル³⁾ の P&R 需要予測モデルとしての適用可能性について、実証面から検討を行うことを目的とする。これらのモデルは、全て Generalized Extreme Value (GEV) モデル⁴⁾ から導出できるので、以下では GEV 型モデルとよぶ。また、GEV 型ではないものの、重複経路の選択問題に適用されており、構造も簡単な C-Logit モデル⁵⁾ の適用可能性についても比較検討を行った。

2. G E V 型モデルの概要

GEV 型モデルは次のようにして誘導される。いま、 $y_1, y_2, \dots, y_t \geq 0$ なる変数に対して、下記のような性質を持つ関数 $G(y_1, y_2, \dots, y_t)$ を考える。

- 1) 関数 G は非負,
- 2) G は $\lambda (\geq 1)$ 次の同次関数,
- 3) 任意の $y_i \rightarrow \infty$ のとき G の極限は $+\infty$,
- 4) y_i の任意の k 個の組み合わせについての G の偏微分は、 k が奇数の場合は非負、偶数の場合は非正

ここで、 y_i についての G の偏微分を G_i とするとき、選択肢 i の選択確率 $p(i)$ は、次式のような一般化された関数で表現される。

$$p(i) = e^{V_i} G_i(e^{V_1}, e^{V_2}, \dots, e^{V_j}) / \lambda G(e^{V_1}, e^{V_2}, \dots, e^{V_j})$$

これに同次関数に関する Euler の定理を用いると、

$$p(i) = \exp[V_i + \ln G_i(\dots)] / \sum_{j \in C} \exp[V_j + \ln G_j(\dots)]$$

となる。表-1 に示すような $G(\dots)$ の関数形の特定により、NL だけでなく、PCL や CNL、GEV などの各種の GEV

* 正会員 熊本大学工学部環境システム工学科 (Kumamoto University)

表-1 各種モデルにおける関数 G の定義と選択確率

モデル	関数 G の定義	選択確率
PCL	$\sum_{i=1}^{I-1} \sum_{j=i+1}^I \lambda_{ij} [y_i^{1/\lambda_{ij}} + y_j^{1/\lambda_{ij}}]^{\lambda_{ij}}$	$p(i) = \sum_{j \neq i} p(ij) p(i ij) = \frac{\lambda_{ij} (e^{V_i/\lambda_{ij}} + e^{V_j/\lambda_{ij}})^{\lambda_{ij}}}{\sum_{k=1}^{I-1} \sum_{l=k+1}^I \lambda_{kl} (e^{V_k/\lambda_{kl}} + e^{V_l/\lambda_{kl}})^{\lambda_{kl}}} \cdot \frac{e^{V_i/\lambda_{ij}}}{e^{V_i/\lambda_{ij}} + e^{V_j/\lambda_{ij}}}$
CNL	$\sum_m \left[\sum_{j \in C} (\alpha_{jm} y_j)^{1/\lambda} \right]^\lambda$	$p(i) = \sum_m p(m) p(i m) = \sum_m \frac{\left[\sum_{k \in C} (\alpha_{km} e^{V_k})^{1/\lambda} \right]^\lambda}{\sum_m \left[\sum_{k \in C} (\alpha_{km} e^{V_k})^{1/\lambda} \right]^\lambda} \cdot \frac{(\alpha_{im} e^{V_i})^{1/\lambda}}{\sum_{j \in C} (\alpha_{jm} e^{V_j})^{1/\lambda}}$
GNL	$\sum_m \left[\sum_{j \in C} (\alpha_{jm} y_j)^{1/\lambda_m} \right]^{\lambda_m}$	$p(i) = \sum_m p(m) p(i m) = \sum_m \frac{\left[\sum_{k \in C} (\alpha_{km} e^{V_k})^{1/\lambda_m} \right]^{\lambda_m}}{\sum_{m'} \left[\sum_{k \in C} (\alpha_{km'} e^{V_k})^{1/\lambda_{m'}} \right]^{\lambda_{m'}}} \cdot \frac{(\alpha_{im} e^{V_i})^{1/\lambda_m}}{\sum_{j \in C} (\alpha_{jm} e^{V_j})^{1/\lambda_m}}$

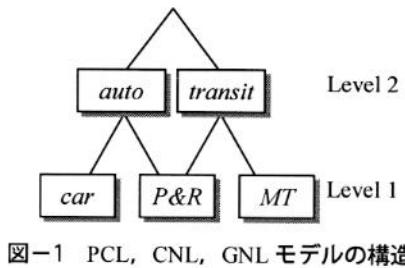


図-1 PCL, CNL, GNL モデルの構造

型モデルが導出される。

PCL モデルは、2つの選択肢による全ての選択肢ペア間の類似性を考慮することにより、MNL モデルの IIA 特性を緩和するものである。 λ_{ij} は選択肢間の類似性を示すパラメータ（類似性パラメータ）であり、 $0 < \lambda_{ij} < 1$ ならばその選択ツリー構造の仮定は正しく、全ての選択肢ペア ij 間の類似性パラメータが $\lambda_{ij}=1$ であるとき、PCL モデルは通常の MNL モデルに帰着する。

CNL モデルの α_{jm} は選択肢分布特性パラメータとよばれ、 $0.0 \leq \alpha_{jm} \leq 1.0$ 、かつ $\sum \alpha_{jm} = 1.0$ であり、ネスト m ごとの選択肢 j の分布比率を特定化する。この α_{jm} により、選択肢 j が 1 つ以上のネストに含まれることを可能にする。 λ は PCL モデルと同じ類似性パラメータであり、 $0.0 \leq \lambda \leq 1.0$ ならばその選択ツリー構造の仮定は正しく、 $\lambda=1.0$ のとき MNL モデルと一致する。また、手段 i が単一のネスト m だけに配置されている場合には NL モデルと一致する。

GNL モデルでは、 α_{jm} は CNL モデルと同じ選択肢分布パラメータであり、GNL モデルにおいて、すべての選択肢分布特性パラメータ α_{jm} が等しいとき、PCL モデル

と一致する。また、 λ_m ($0.0 \leq \lambda_m \leq 1.0$) はネスト m における類似性パラメータであり、 λ_m がすべてのネスト m で等しいと仮定した時に CNL モデルと一致する。

これら GEV 型モデルの適用可能性については、選択肢間の誤差相関の視点から類型化された幾つかの離散選択行動モデルを都市間交通手段選択に適用した研究^{4), 6)} がある。しかし、選択肢が航空と鉄道と車であり、GEV 型の適用としては相応でないために、実用可能性についての十分な検証がなされているとはいえない。GEV モデルの有用性は、他の選択肢と類似性があり、かつ選択肢間の相互包含関係がある程度明瞭である P&R のような複合交通手段を選択肢集合に含む手段選択問題に対して発揮されると思われる。しかし、GEV 型モデルの P&R 需要予測への適用例は未だない。

3. モデル推定のためのデータの収集

(1) モデル推定のための調査

モデルの推定には、P&R システムの導入可能性を検討するために実施された JR 豊肥本線を用いた P&R 社会実験時の事前アンケート調査データを使用した。この社会実験は、熊本都市圏北東部を対象とした交通円滑化対策として、平成 13 年の 1 月から 2 ヶ月間、実施されたものであり、社会実験の各設定条件を表-2 に示す。他の社会実験と比較した本実験の特徴は、1)2 ヶ月間という長期間の実施であること、2)P&R 駐車場として、駅近くの大型スーパーの駐車場を利用するし、駐車料金はそのスーパーの商品券 5,000 円分の購入とするなど、極めて実行可能な条件の下に試行されていることである。さらに、

表-2 P & R 試行実験の設定

	武藏塚駅 (P&R)	原水駅 (C&R)	肥後大津駅 (P&R)
実施日時	平成13年1月9日(火)～ 平成13年3月8日(木)(2ヶ月間)		
駐車場位置・台数	ニコニコドー 武藏ヶ丘店 110台	駅横の空地 63台	ジャスコ 大津店 80台
駐車場利用時間	6:30～0:30	24時間	6:30～0:30
駐車場から駅までの距離	約245m	0m	約380m
駐車(輪)場料金	商品券 5,000円	無料	商品券 5,000円
JR市電バス料金	自己負担	自己負担	自己負担
モニター登録者	101人	23人	51人

表-3 事前アンケート調査の概要

配布期間	平成12年5月
対象	熊本市、菊陽町、大津町、長陽町
配布回収方法	郵送による配布、回収
配布総数	1,550枚
回収総数(回収率)	296枚(19.1%)

図-1 SP1データの質問形式

1. P&R 駐車場の駐車料金が
月極であれば()円／月
1回毎であれば()円／回
くらいまでならP&Rシステムを利用する
2. 駐車場料金が無料であってもP&Rシステムを利用しない

3)P&R実験対象駅の周辺住民に呼びかけて実験条件の設定や実験のモニタリング、評価のためのワークショップが開催されたことも特徴的であった。

事前調査の質問項目は、1)個人の社会経済属性、2)現利用通勤手段とそのサービスレベル(LOS)、3)代替として使うであろう手段とそのLOS、4)P&Rシステムが導入されたときの利用駅とそこまでの利用手段、およびそのLOS、5)P&Rシステムの利用意向などである。調査の概要については表-3に示す。

P&Rシステムの導入可能性は特にP&R駐車場の料金レベルに依存していると考えられることから、事前調査ではP&R駐車料金に焦点をあてた質問方法となっている。具体的には下記のような方法で質問、およびデータ設定を行う。

- 1)P&R対象駅近くにP&Rシステム駐車場を設定し、駐車場料金を除いて、当該駅から都心までのJR豊肥本線による各種LOSを設定する。
- 2)これらを回答者に提示して、最も利用する可能性の高い駅を選択してもらう。さらに、
- 3)現利用手段からその駅を利用したP&Rに転換するた

表-4 自動車利用の理由

理由	延べ比率
他通勤方法より早い	45.7%
帰宅時の移動が便利	35.2%
利用できる路線がない	31.4%
乗り換えがなく便利	30.5%
駅や停留所が遠い	20.0%
利用できる路線がない	17.1%
車を仕事で使う	17.1%
マイカーの方が経済的	15.2%
公共交通機関は時間が不規則	13.3%
その他	14.2%

めのP&R駐車場料金の支払い限度額 p_{max} の上限値を、図-1のような質問方法で尋ねる。

4)P&R駐車場料金はあらかじめ設定されていないため、このままではP&Rシステム導入時に回答者がどの手段を選択するかを設定できない。そこで、P&R導入後に回答者が現利用手段のままか、P&Rシステムに転換するかを以下の手順で設定する。a)回答者が答えたP&R駐車料金に対する支払い限度額の上限値 p_{max} の平均 \bar{p}_c と標準偏差 σ_{p_c} を算出し、b)個人ごとに独立に発生させた $N(\bar{p}_c, \sigma_{p_c}^2)$ に従う正規乱数 p_c 値を各個人のP&R駐車料金として設定する。非常に希ではあるが負の乱数が出現するが、これは用いない。c) p_c が支払い最高限度額の回答値 p_{max} よりも高ければ、その回答者は現利用手段を選択し、逆に低ければP&Rを選択すると設定する。

上記の質問・データ設定方法は文献7)で開発され、その後、幾つかの研究で適用されており、その有用性については検証がなされている。

(2)集計分析

得られたデータの集計結果について概説する。自動車通勤者の選択理由を表-4に示す。回答者105人中、約半数が通勤時間の利便性を選択理由に挙げており、次いで、「帰宅時の移動が便利」と「利用できる路線がない」、「乗り換えがなく便利」の3つが高い割合を示している。

P&Rの利用意向については、たとえP&Rシステムが実施されたとしても、約63%の人が「利用しない」、または「あまり利用しない」と回答している(図-2参照)。そこで、「是非利用したい」と「条件によっては利用する」、「あまり利用したくない」と答えた人にP&Rを利用するための条件を、「利用しない」と答えた人には利用しない理由を尋ねた。それぞれの結果を表-5、表-6に示す。P&Rを利用するための条件については、「駐車場が駅から近い」が最も高く、次に「乗り継ぎが便利」、「運賃の割引などのメリット」など、乗り継ぎサービスに関する条件の順になっている。P&R利用を促すためには、駐車

場の位置や他の交通手段への乗り継ぎサービス改善が大きな条件となることが分かる。P&Rを利用しない理由については、料金と所要時間に関する理由がともに3割を超えており、P&Rシステムへの転換を促すためには、P&Rの料金や所要時間などのサービスを向上させる積極的な公共交通利用促進策を導入する、あるいは自動車の都心部への流入規制や都心での駐車場負荷などの自動車利用抑制策をとる必要があると考えられる。

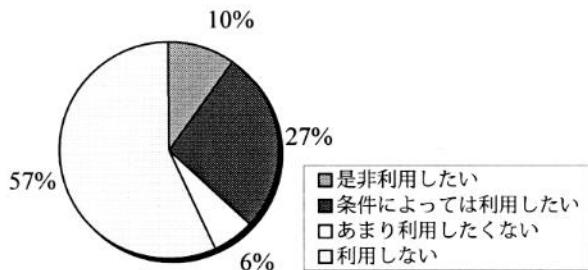


図-2 P & R の利用意向

表-5 P & R を利用するための条件

条件	得点
駐車場が駅から近い	150
乗り継ぎが便利	107
運賃の割引などのメリット	86
駐車場料金の軽減	83
運行本数の増便	61

注) 集計方法:(第1位×3+第2位×2+第3位×1)

表-6 P & R を利用しない理由

理由	延べ比率
今の交通手段の方が経済的	34.4%
今の交通手段より時間がかかる	32.2%
乗り換えが不便	23.3%
駅から通勤先まで遠い	23.3%
その他	47.8%

4. 各モデルの推定方法と推定結果の考察

(1) 各モデルの推定方法

事前アンケート調査のデータを用いて、それぞれMNL, PCL, NL, CNL, GNL, およびC-Logitの6つのモデルを推定し、その特徴について比較を行う。選択肢はcarとMT、およびP&Rである。効用関数の説明変数は、carとMTの各選択肢ダミーと通勤時間、通勤費用、駐車料金である。本社会実験のデータでは、JR豊肥本線から市電、バスへの乗り換えが必要であることから、通勤経路データより乗り換え回数を作成して追加した。通勤費用については、carは1ヶ月当たりの燃料費を1日片道当た

りに換算した値を、MTとP&Rは片道運賃(円/日)としている。P&Rシステム導入後の利用手段を判定するために発生させる正規乱数は、支払限度額の上限値の回答より、N(2368.0, 172.7)である。

PCLモデルでは、一度に推定するパラメータの数を減らすために、まず類似性パラメータを全て1.0と仮定して効用関数のパラメータだけを最尤推定法により推定する。このときの推定値はMNLモデルのパラメータ値と等しい。次に、得られた効用関数のパラメータを固定して類似性パラメータだけを推定する。この作業を全てのパラメータ値が収束するまで繰り返すという逐次的方法で推定を行った。

CNL, GNLモデルでは、本来なら列挙できる全てのネストに対して自動車とMTとP&Rの全ての選択肢分布特性パラメータを推定すべきであるが、あらかじめ、図-1のような選択肢ツリーに構造を限定することによって $\alpha_{car,auto}$ と $\alpha_{MT,transit}$ を1.0、 $\alpha_{car,transit}$ と $\alpha_{MT,auto}$ を0.0と仮定した。これはcarとMTとは相互に独立とすることであり、それぞれの選択肢とネストとの関係から考えると無理のない仮定である。その上で効用関数のパラメータと選択肢類似性パラメータ、P&Rのautoとtransitに対する選択肢分布特性パラメータ $\alpha_{P\&R,auto}$ と $\alpha_{P\&R,transit}$ を最尤推定法によって同時推定する。

C-Logitモデルは重複経路の類似性問題を近似的に解決するのに用いられる方法であり、MNLモデルの選択肢*i*の効用関数に、commonality factorとよばれる下記の変数を通常の説明変数に加えることによって選択肢間の類似度を簡易的に考慮するモデルである。

$$cf_i = \beta \ln \sum_{j \neq i} \left(\frac{L_{ij}}{L_i^{1/2} \cdot L_j^{1/2}} \right)^{\gamma}$$

L_i に利用手段*i*の所要時間を、 L_{ij} に利用手段*i*と*j*との重複しているラインホール部分の所要時間を用いる。これによって、同じP&Rであっても、総所要時間に占めるMTのラインホール時間比率が大きい(車によるアクセス時間比率が小さい)場合には、 $L_{P\&R,MT}$ の値が大きくなつて $cf_{P\&R}$ が大きくなり、MTとの類似性が大きく評価される。また、 $L_{car,MT}=0.0$ であるから、同一のサンプルに対して cf_{car} や cf_{MT} の値は $L_{P\&R,MT}$ に比較して小さい。ここでは簡単のために、 $\gamma=1.0$ として β だけを推定した。

(2) 推定結果とその考察

各モデルの推定結果を表-7に示す。サンプル数は全てのモデルに対して61である。全てのモデルでパラメータの符号条件は理論的な結果となったが、t値がやや低い説明変数が幾つか見られる。説明変数として統計的に有意なものは、どのモデルにおいても選択肢ダミー変数

表-7 各種モデルの推定結果

説明変数	MNL モデル	PCL モデル	NL モデル	CNL モデル	GNL モデル	C-Logit モデル
自動車定数	-1.10 (1.32)	-1.44 (1.88)	-1.93 (1.43)	-1.64 (0.97)	-4.27 (0.83)	-1.96 (1.79)
マストラ定数	-1.73 (1.67)	-1.68 (1.80)	-2.76 (1.58)	-1.78 (1.18)	-3.10 (1.57)	-2.09 (1.66)
通勤時間	-0.01 (0.72)	-0.009 (0.68)	-0.01 (0.56)	-0.004 (0.24)	-0.13 (0.70)	-0.15 (3.55)
通勤費用	-0.001 (1.00)	-0.0008 (0.94)	-0.001 (0.73)	-0.0014 (1.11)	-0.0006 (0.45)	-0.0043 (0.27)
駐車料金	-0.0034 (1.63)	-0.0034 (1.63)	-0.006 (1.07)	-0.0037 (0.98)	-0.009 (1.25)	-0.0019 (0.38)
乗り換え回数	-0.67 (1.63)	-0.65 (1.81)	-1.00 (1.83)	-0.69 (1.32)	-0.86 (1.54)	-0.62 (1.42)
$\lambda_{car,MT}$		1.00				
$\lambda_{car,P\&R}$		1.00				
$\lambda_{MT,P\&R}$		0.48				
λ			0.57	0.018		
λ_{auto}					0.84	
$\lambda_{transit}$					0.99	
$\alpha_{P\&R,transit}$				0.68	0.85	
$\alpha_{P\&R,auto}$				0.32	0.15	
β						0.023 (0.53)
最終対数尤度	-57.09	-56.15	-56.31	-58.63	-57.23	-51.34
尤度比	0.182	0.185	0.186	0.172	0.189	0.221

と駐車料金、乗り換え回数である。

PCL モデルでは、類似性パラメータのうち $\lambda_{car,MT}$ と $\lambda_{car,P\&R}$ はほぼ 1.0 に近い値をとった上に、常識的にも car と MT, car と P&R とは独立とみなしてよいと考えられることから、これらを 1.0 に固定して他のパラメータを推定し直した。その結果、 $\lambda_{MT,P\&R}=0.48$ となり、MT と P&R との間の類似性の存在が確認された。CNL モデルでは、 $\lambda=0.018$ となり、auto と transit 間の類似性はその下位レベルのそれより低いという事前の仮定に整合している。GNL モデルでも λ_{auto} と $\lambda_{transit}$ はともに $0.0 \leq \lambda_m \leq 1.0$ を満足していることから、効用理論の枠組みの中に入り、かつその値はそれぞれ 0.84, 0.99 となり、CNL や NL の類似性パラメータ値よりも大きい値となっている。

選択肢分布特性パラメータについては、CNL モデルでは $\alpha_{P\&R,auto}=0.32$, $\alpha_{P\&R,transit}=0.68$, GNL モデルでは $\alpha_{P\&R,auto}=0.15$, $\alpha_{P\&R,transit}=0.85$ となり、いずれも P&R は auto よりも transit のネストに高い比率で分布する交通手段であるとみなされている。

以上より、全てのモデルが効用理論に整合しており、かつ P&R は car よりも MT への分布比率が高い選択肢であるという結果となった。GEV 型モデルの中では GNL モデルの適合性が最も高いものの、MNL などと比較して格段の適合度の向上が見られているというわけではない。これは有効なサンプル数が 61 と少なかったために GEV 型の有用性が発揮されなかつたことによると考えられる。

C-Logit モデルでは commonality factor cf_i が統計的には有意となっていないが、他と比較して所要時間の有意性が向上し、尤度比は最も大きくなつて適合度は高くなつたことから、実用的には有用であろう。しかし、

commonality factor 項はアド・ホックに選択類似性を表現したものに過ぎないので、その適用には注意を要する。

(3) アクセス時間比によるセグメント化

CNL と GNL モデルにおける P&R の選択肢分布特性パラメータ α の値は、総所要時間に占める自動車でのアクセス時間の比率に依存していると考えられる。つまり、アクセス時間比が大きいほど自動車へ、小さいほどマストラへの分布比率は高いと考えられる。そこで、サンプルをアクセス時間比率の大きさの大小によって 2 つにセグメント化して、セグメント別に CNL と GNL モデルを推定した。その結果を表-8 に示す。

アクセス時間が小さい順に 40 サンプル(平均アクセス時間比率 10%) のデータを用いた場合、 $\alpha_{P\&R,transit}$ の値が CNL で 0.99, GNL では 0.98 と、全サンプルを用いた場合 (0.68) より大きくなっていることから、P&R の transit のネストへの分布比率がより高くなる。逆に、アクセス時間比率が大きい順に 40 サンプル(平均アクセス時間比率 24%) のデータを用いた場合、CNL モデルでは $\alpha_{P\&R,transit}=0.21$, GNL モデルでは $\alpha_{P\&R,transit}=0.44$ となつた。自動車によるアクセス時間比率が大きくなると P&R

表-8 平均アクセス時間比率と α_{jm} の関係

	アクセス時間比 の平均値	サンプル数	$\alpha_{P\&R,auto}$	$\alpha_{P\&R,transit}$
CNL	10%	40	0.01	0.99
	14%	61	0.32	0.68
	24%	40	0.79	0.21
GNL	10%	40	0.02	0.98
	14%	61	0.15	0.85
	24%	40	0.56	0.44

表-9 平均値法による集計化シェア

	MNL	PCL	NL	CNL	GNL	C-Logit
car	0.46	0.45	0.45	0.35	0.45	0.47
MT	0.19	0.19	0.18	0.22	0.18	0.18
P&R	0.35	0.36	0.37	0.43	0.37	0.35
合計	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

は *auto* のネストへの分布比率が高くなることが分かる。

以上のように、平均アクセス時間比率のレベルにより選択肢分布特性パラメータ α の値が明らかに異なり、アクセス時間比率の増加に伴って α の値も増加する。この結果から、外的にアクセス時間比率によって適切にサンプルをセグメント化し、セグメント毎に GEV 型モデルを適用することによって、より高い推定精度を得ることが期待できる。参考のために、CNL, GNL モデルの選択肢分布特性パラメータ $\alpha_{P\&R,auto}$ を、(自動車のアクセス時間) / (P&R 総所要時間) として構造化したモデルを推定した。その結果、構造化前の CNL, GNL モデルの推定結果と同程度の結果が得られた。

5. 予測への適用可能性

表-9 には平均値法を用いて各種モデルから推計される集計化シェアを示す。平均値法とは効用関数の被説明変数に car と MT, P&R, それぞれの説明変数の平均値を代入して集計化する方法である。集計化シェアに対して各種モデルに大きな差異は見られないが、MNL, C-Logit モデルでは他のモデルと比較して car のシェアをやや大きく推計する傾向が見られる。

表-10 と表-11 には、説明変数である通勤時間と通勤費用に対するマーケットシェアの弾力性を示す集計レベルの直接弾性値を示す。この指標は、表-1 の選択確率 $p(i)$ に対して、

$$E_n = \frac{X_i}{p(i)} \cdot \frac{\partial p(i)}{\partial X_i}$$

で算出される。NL や CNL, GNL モデルなどの GEV 型モデルは、MNL や PCL, C-Logit モデルに比べて car や P&R 需要への通勤時間弾力性、car 需要への通勤費用弾力性は小さいという特徴が見られる。もし、尤度比が最大の GNL モデルが正確な需要発生メカニズムを再現していると仮定するなら、MNL や PCL, C-Logit モデルは所要時間や費用の減少による car 需要を過大に、MT と P&R を過小に評価する傾向がある。

以上より、CNL や GNL モデルなどの GEV 型手段選択モデルは、従来の MNL や NL モデルに比べて自動車やマストラと選択肢間に類似性を持つ P&R システムの手段選択需要予測モデルとして有用であるといえる。

表-10 通勤時間に対する直接弾性値

	MNL	PCL	NL	CNL	GNL	C-Logit
car	-0.19	-0.18	-0.11	-0.14	-0.13	-0.19
MT	-0.44	-0.47	-0.41	-0.12	-0.45	-0.46
P&R	-0.30	-0.30	-0.23	-0.10	-0.25	-0.30

表-11 通勤費用に対する直接弾性値

	MNL	PCL	NL	CNL	GNL	C-Logit
car	-0.20	-0.16	-0.11	-0.16	-0.10	-0.19
MT	-0.54	-0.52	-0.51	-0.53	-0.56	-0.52
P&R	-0.25	-0.22	-0.19	-0.28	-0.25	-0.26

6. おわりに

本研究では、複合交通手段のために車やマストラとの類似性が否定できない P&R システムに対して、GNL, CNL モデルなどの GEV 型モデルの需要予測モデルとしての適用可能性を検証した。その結果、以下のような結果を得た。

- 1) 車やマストラとの選択肢類似性が否定できない P&R システムの需要予測には GEV 型モデルが有効である。その中でも、GNL モデルの適合度が最も高い。
- 2) CNL や GNL モデルの選択肢分布特性パラメータの値は、P&R の総所要時間に占める自動車によるアクセス時間の比率に依存する。アクセス時間比率によって適切に区分したセグメント毎に GEV 型モデルを適用することによって、より高い精度の高い予測モデルを得ることが期待できる。

参考文献

- 1) Chu, C. (1989), A Paired Combinatorial Logit Model for Travel Demand Analysis, Proceedings of the Fifth World Conference on Transportation Research, Vol.4, pp.295-309.
- 2) Peter Vovsha (1997), Application of Cross-Nested Logit Model to Mode Choice in Tel Aviv, Israel, Metropolitan Area, Transportation Research Record, 1607, pp.6-15.
- 3) Chieh-Hua Wen and F. S. Koppelman (2001), The Generalized Nested Logit Model, Transportation Research B, 35, pp.627-641.
- 4) Cascetta, E. et al. (1996), A Modified Logit Route Choice Model Overcoming Path Overlapping Problems: Specification and some Calibration Results for Inter-Urban Networks, Transportation and Traffic Theory: Proceedings of the 13th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, pp.697-711.
- 5) Domencich, T. A. and D. McFadden (1975), Urban Travel Demand, North-Holland.
- 6) 兵藤哲朗・室町泰徳(2001),「個人選択行動モデルの最近の開発動向に関するレビュー」, 土木計画学研究論文集 Vol.18, No.3, pp.517-522.
- 7) 河上省吾・広畠康裕・溝上章志 (1984),「意識データに基づく非集計交通手段転換モデルの構築の試み」, 土木計画学研究論文集 Vol.1, pp.11-18.