時間利用パターンを考慮した就業者の交通行動分析

Travel Behavior Analysis of a Worker Considering Time Use Pattern

門間俊幸* 藤井聡** 北村隆一***
By Toshiyuki Monma, Satoshi Fujii, Ryuichi Kitamura

1．はじめに

近年，交通問題に対する交通政策としては，新たに交通施設をつくるハード的政策よりも，既存の交通施設を有効に利用するフレックス制，サマータイム等のソフト的交通政策あるいは，交通需要管理政策が注目を集めている．これらの政策は人々の生活に影響を与えることとなるため，個人の生活行動を考慮した交通モデルが必要である．それと共に，より的確な交通需要発生メカニズムの把握が必要とされる．しかしながら，従来の交通解析では，個々のトリップあるいはそれを集計化した交通量等を対象としたものが中心であり，各個人の活動自体を対象とした分析が十分になされているとは言い難い．交通行動と生活活動との因果関係を把握した上で，交通需要予測モデルの精度を向上させるためには，交通行動は生活活動を構成する一要素にすぎない，すなわち交通需要は各活動の派生需要であるという理念に基づいた分析[1]が必要である．

そこで本研究では，湾岸線の供用効果を把握することを目的としたアンケート調査における，個人の生活活動に関して詳細な設問項目を設けたアクティビティー・ダイアリー[2]から得られるデータ(Diary Data)を用いて，阪神地区住民の個人の生活活動を明示的に考慮した交通行動分析を行う．なお，本研究では，都市交通における主要なトリップメイカーである就業者を分析の対象とすることとする．

本研究では，帰宅前及び帰宅後それぞれの交通におけるトリップ数，移動時間といった交通行動の特性を示す指標を内生化するとともに，在宅時間，外出時間といった生活活動に関する指標を内生化したモデルシステム（以下，就業者行動モデル）を構築する．一方，日常生活の各活動に対する選好の程度（以下，選好水準モデル）を内生化したモデルを構築し，推定された選好水準を就業者行動モデルの外生変数として扱うことにより，行動パターンに影響を及ぼすと考えられる心理的要因を考慮する．本研究では，上記のような２つのサブモデルから構成されるモデルシステムを構築する．その上で，通勤時間等の感度分析を行い，生活環境の生活活動に対する影響を分析する．

2．選好水準モデル

本研究では，アンケートより得られる日常生活活動（睡眠，休息，交際・訪問，日常的な買い物，娯楽としての買い物，食事，趣味・娯楽，移動，通勤・通学の９活動）の主観的評価値及び個人属性・世帯属性等の客観的な説明変数に基づいて，各個人ごとに各活動に対する選好水準と選好水準自体を規定する潜在変数を推定する．その際，本研究では線形構造方程式モデル[3]を用いることとする．選好水準モデルにおける構造方程式，測定方程式を以下に示す．

構造方程式

$$\eta = B_1\eta + \Gamma_1 x + \zeta \qquad (1)$$

$$y^* = \Lambda_y \eta + \varepsilon \qquad (2)$$

測定方程式

$$y_j = \begin{cases} 1 & if(y^*_j < \alpha_{j1}) \\ 2 & if(\alpha_{j1} \le y^*_j < \alpha_{j2}) \\ 3 & if(\alpha_{j2} \le y^*_j < \alpha_{j3}) \\ 4 & if(\alpha_{j3} \le y^*_j < \alpha_{j4}) \\ 5 & if(\alpha_{j4} \le y^*_j) \end{cases} \quad (\forall i) \qquad (3)$$

ただし，

y_j ：活動 j に対する5段階の主観的評価値

y^* ：各活動に対する選好水準ベクトル

η ：潜在変数ベクトル

x ：外生変数ベクトル（個人，世帯属性）

ζ, ε ：誤差項ベクトル

B_1, Γ_1, Λ_y ：未知パラメータ行列

$\alpha_{j1} \sim \alpha_{j4}$ ：活動 j におけるしきい値

潜在変数ベクトル η の要素は，主観的評価値に対する因子分析を行うことによって，宅外での活動的な活動に対する選好の程度B_activeと宅内での非活動的な活動に対する選好の程度B_homeの２つに特定化した．そして上記のモデルを重み付き最小二乗法で推定した結果を表１に示す．表１より日常生活活動の選好水準における重相関係数，およびGFI，AGFIから良好な適合度が得られているものと判断できる．またB_activeの高い人ほど交際・訪問，日

キーワード：交通発生，交通行動分析

* 正会員 工修 京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
** 学生員 京都大学工学部交通土木工学教室 助手
*** 正会員 Ph.D. 京都大学工学部交通土木工学教室 教授
(606-01 京都市左京区吉田本町 Tel:075-753-5136 Fax:075-753-5916)

表１選好水準推定モデルの推定結果　[　]内はt値

Λ_y の推定結果　　α の推定結果

	B_active	B_home	重相関係数	α_1	α_2	α_3	α_4
睡眠		1.00	0.77	-	-2.14	-0.55	-0.55
休息		1.10 [57.83]	0.93	-	-2.37	-0.14	-0.14
交際・訪問	1.00		0.75	-1.96	-1.34	-0.26	0.66
日常的な買い物	0.97 [42.98]		0.70	-2.08	-1.41	-0.25	0.74
娯楽としての買い物	1.14 [38.44]		0.98	-2.24	-1.90	-0.76	0.22
食事		1.13 [66.52]	0.98	-2.91	-2.10	-0.91	-0.044
趣味・娯楽	-0.33 [-2.70]	1.38 [11.14]	0.91	-	-2.69	-1.28	-0.12
移動		-0.30 [-7.30]	0.067	-1.27	-0.49	0.96	1.64
通勤・通学		-0.87 [-15.18]	0.59	-1.04	-0.38	1.14	1.75

共分散

B_activeとB_homeの誤差項の共分散
$cov(\zeta_1, \zeta_2) = 0.58$
睡眠と休息の誤差項の共分散
$cov(\varepsilon_1, \varepsilon_2) = 0.059$
睡眠と食事の誤差項の共分散
$cov(\varepsilon_1, \varepsilon_6) = 0.11$
休息と食事の誤差項の共分散
$cov(\varepsilon_2, \varepsilon_6) = 0.054$
休息と趣味・娯楽の誤差項の共分散
$cov(\varepsilon_2, \varepsilon_7) = -0.048$
交際訪問と趣味娯楽の誤差項の共分散
$cov(\varepsilon_3, \varepsilon_7) = 0.098$
娯楽としての買い物と趣味娯楽の誤差項の共分散
$cov(\varepsilon_5, \varepsilon_7) = 0.027$
娯楽としての買い物と移動の誤差項の共分散
$cov(\varepsilon_5, \varepsilon_8) = -0.092$
娯楽としての買い物と通勤通学の誤差項の共分散
$cov(\varepsilon_5, \varepsilon_9) = -0.077$

説明変数の定義
年齢、家族人数、保有者台数、配偶者、親人数、子供人数は連続変数
性別　1：男性　0：女性
学歴　1：短大・大学・専門学校　0：それ以外
収入　0：収入なし、1.5：300万円未満、4：300～500万円、6：500～700万円
8.5：700～1000万円、12：1000万円以上
車で通勤　1：車で通勤　0：それ以外

GFI　0.9898
AGFI　0.9784
サンプル数　1117

Γ_1 の推定結果

	年齢	性別	学歴	収入	車で通勤	家族人数	保有車数	配偶者	親人数	子供人数	重相関係数
B_active	-0.45 [-16.31]	-0.17 [-6.82]	0.049 [2.52]	0.086 [3.16]	-0.064 [-3.46]	-	0.023 [2.19]	0.072 [3.06]	-0.14 [-5.17]	0.029 [1.70]	0.22
B_home	-0.37 [-16.18]	-0.060 [-2.87]	0.055 [3.30]	0.127 [5.68]	-0.078 [-4.81]	0.042 [3.35]	-	0.049 [2.57]	-0.15 [-6.50]	-	0.14

常的な買い物や娯楽としての買い物を好む傾向があることがわかる．一方、B_homeが高い人ほど睡眠，休息，食事，趣味・娯楽を好み，移動や通勤・通学を好まない傾向があることもわかる．εに着目するとB_activeとB_homeに対する誤差項の共分散は正になった．また，B_active，B_homeの双方に影響を及ぼす変数のパラメータの符号は双方同じとなっていることがわかる．これらは，各々の活動に対する主観的評価値の間に強い正の相関があったためと考えられる．また，Γ_1の推定結果より，高齢者ほど，男性ほど，あるいは，独身ほど全ての活動に対する選好水準は低下する傾向にあるものの，パラメータの絶対値の違いから，B_homeの方がB_activeよりも大きな値をとる傾向にあることがわかる．また，高収入者ほど，B_homeの方がB_activeよりも大きな値をとる傾向にあることがわかる．そのほかB_activeは，自動車保有台数が多いほど，子供の数が多いほど大きな値を取り、B_homeは，家族が多いほど大きな値を取ること等がわかる．

以上の推定結果に基づいて，ηの期待値を推定し，これを次に述べる就行動モデルの説明変数に用いる．

３．就業者行動モデル

本研究では，通勤者の仕事後の活動に焦点を当て，仕事終了後の目的地数や，外出先での滞在時間等を予測するモデルシステムを提案する．その際，自宅での滞在時間や通勤時間等の時間的な要素を明示的に考慮することとし，これにより，交通発生メカニズムの根源的な解明を図る[4]．就業者行動モデルでは，以下のそれぞれの変数を内生変数とするモデルシステムの構築を図る．

N_trip　：仕事終了後から最初に帰宅するまでに行ったトリップ回数．

D_active　：仕事終了後から最初に帰宅するまでに移動以外の活動で費やした時間．

D_ncommute：仕事終了後から最初に帰宅するまでの通勤時間以外での移動時間の総和時間．すなわち帰宅前に寄り道をすることにより通勤時間以外に増える移動時間．

N_out　：帰宅してから就寝までに自宅から外出した回数．

D_home　：帰宅してから就寝までに自宅にいた時間の総和．

これらの変数を以下のような測定方程式で内生化

する．

測定方程式

$$N_trip = \begin{cases} 0 & if(z^*_1 < \theta_{11}) \\ 1 & if(\theta_{11} \le z^*_1 < \theta_{12}) \\ 2 & if(\theta_{12} \le z^*_1 < \theta_{13}) \\ 3 & if(\theta_{13} \le z^*_1 < \theta_{14}) \\ 4 & if(\theta_{14} \le z^*_1) \end{cases} \quad (4)$$

$$D_active = \begin{cases} 0 & if(z^*_2 < 0) \\ z_2 & if(z^*_2 \ge 0) \end{cases} \quad (5)$$

$$D_ncommute = \begin{cases} 0 & if(\theta^*_3 < 0) \\ z^*_3 & if(\theta^*_3 \ge 0) \end{cases} \quad (6)$$

$$N_out = \begin{cases} 0 & if(z^*_4 < \theta_{41}) \\ 1 & if(\theta_{41} \le z^*_4 < \theta_{42}) \\ 2 & if(\theta_{42} \le z^*_4) \end{cases} \quad (7)$$

$$D_home = z^*_5 \quad (8)$$

ただし，

$z^*_1 \sim z^*_5$：内生変数 N_trip D_active $D_ncommute$, N_out, D_home のそれぞれに対応する潜在変数

θ_{ij}　：被説明変数iのj番目のしきい値

一方，連続変数 $z^*_1 \sim z^*_5$ に関して，以下の構造方程式を定式化する．

構造方程式

$$z^* = B_2 z^* + \Gamma_2 x + \varsigma \quad (9)$$

ただし，

z^*　：z^*_i を要素とする潜在変数ベクトル

x　：個人属性・選好水準等の外生変数ベクトル

B_2, Γ_2：未知パラメータ行列

ς　：誤差項ベクトル

以上の定式化に基づき重み付最小二乗法で推定した結果を表2に示す．

表2から交通発生指標である N_trip，N_out の重相関係数は，それぞれ0.27，0.68と従来の交通発生のモデル[5]と比較すると適合度の高いモデルが得られたことがわかる．またGFI，AGFIもほぼ1に近く，十分な適合度が得られた．被説明変数間には N_trip，$D_ncommute$，D_active の帰宅前の3の変数の誤差項間，および残りの帰宅後の2変数 N_out，D_home の誤差項間には互いに強い正の共分散を持っている結果となった．これは，各々の変数が，帰宅前後のそれぞれの生活に関する複数の指標であるためであると考えられる．また，帰宅前の被説明変数から帰宅後の被説明変数に負の影響を及ぼしていることが分かる．

外生変数からの因果関係に着目すると，通勤時間が多いほど，D_active，$D_ncommute$，N_out，D_home のそれぞれは小さな値をとり，生活の自由度が低下する様子がうかがえる．また，仕事開始時刻が早くなると N_trip の回数が少なくなり D_active や D_home の時間が短くなることがわかる．これは就業者の仕事終了後の行動が次の日の仕事開始時刻に影響を受けていることを表わしていると考えられる．仕事

表2　就業者行動モデル推定結果　[　]内はt値

		被説明変数				
		N_trip	D_active	D_ncommute	N_out	D_home
B_2	N_trip	-	-	-	-0.62 [-6.22]	-
	D_active	-	-	-	-	-0.37 [-6.7]
	D_ncommute	-	-	-	-	-0.059 [-1.62]
	N_out	-	-	-	-	-
	D_home	-	-	-	-	-
Γ_2	通勤時間	-	-0.11 [-3.75]	-0.065 [-2.16]	-0.38 [-17.98]	-0.25 [-11.07]
	仕事開始時刻	0.023 [2.02]	0.078 [3.28]	-	-	0.10 [4.50]
	仕事終了時刻	-0.49 [-8.09]	-0.37 [-10.01]	-0.29 [-7.42]	-0.69 [-6.72]	-0.89 [-39.99]
	年齢	-0.11 [-4.43]	-	-	-	-
	通勤で車使用	-	0.0044 [1.51]	-	0.071 [4.30]	-0.055 [-2.26]
	フレックス制	0.21 [9.94]	0.12 [3.33]	0.074 [2.18]	-	-
	残業時間	-	-	-	-0.089 [-6.88]	-
	職場飲食店数	-	0.062 [2.28]	-	-	-
	B_activity	-	-	0.071 [2.11]	0.40 [6.55]	-
	B_home	-	-	-	-0.17 [-3.19]	0.072 [3.10]
.	重相関係数	0.27	0.15	0.092	0.68	0.70

共分散

N_tripとD_activeの誤差項の共分散
$cov(\zeta_1, \zeta_2) = 0.64$
N_tripとD_ncommuteの誤差項の共分散
$cov(\zeta_1, \zeta_3) = 0.53$
D_activeとD_ncommuteの誤差項の共分散
$cov(\zeta_2, \zeta_3) = 0.53$
N_outとD_homeの誤差項の共分散
$cov(\zeta_4, \zeta_5) = -0.28$

GFI =0.9999
AGFI=0.9995
サンプル数　527

終了時刻は5つの被説明変数に対し，すべて負の影響を及ぼしている．また，年齢が高いほど，まっすぐ帰宅する傾向があり，通勤で車を使っている人は，寄り道をする機会が多く在宅時間が少なくなる傾向があることがわかる．またフレックスタイム制が導入された職場の就業者ほど，帰宅前に活動を行い，在宅時間が少ないことがわかる．その他，残業時間が多いほど，帰宅後の外出回数が少なく，職場付近の単位面積当たりの飲食店数が多いほど，帰宅前の活動時間が多くなること等がわかる．最後に，選好水準推定モデルで求めたB_activeとB_homeについてみてみると，B_activeは，*D_ncommute*，*N_out*の両方に正の影響を及ぼしている．すなわち，宅外での活動を好む傾向にある人ほど帰宅前に遠方の目的を訪れ，帰宅後も外出する機会が多いものと解釈できる．B_homeは，*N_out*に対しては負の影響を示し，*D_home*に対しては正の影響を及ぼしている．これは宅外の活動を好む傾向にある人ほど帰宅後は自宅でゆっくり過ごす傾向にあることを示している．

4．感度分析

通勤時間について感度分析を行った結果を表3に示す．全員の通勤時間が10分長くなると，全体の平均として，帰宅前の活動時間が1.86分短くなり，通勤以外の移動時間も0.35分短くなる．また帰宅後の在宅時間も7.11分短くなる．このように通勤時間が仕事終了後の就業者行動に影響を及ぼしていることがわかる．仕事時間に対しては，仕事時間は一定と仮定し，仕事の開始時刻と終了時刻を1時間ずらして感度分析を行った．その結果を表4に示す．仕事時刻を1時間早めた場合，帰宅前のトリップ数は0.06回増え，宅外での活動時間も6.56分長くなる．また帰宅後の外出回数も0.011回増え，帰宅後の在宅時間も31.38分増えることになる．仕事の開始時刻と終了時刻は，被説明変数に対して各々異なった符号となるものもあったが全体として負の影響をもつことがわかる．

5．おわりに

本研究では，ダイアリー調査を行い，就業者の行動特性を規定する指標を内生変数としたモデルを構築した．推定結果より，生活時間を考慮することで，交通発生のモデルの適合度が高くなることが確認された．また就業者の活動パターンに通勤時間が大きく関与していることが裏付けられた．

今後の課題として，同様のアプローチに基づいた買い物活動，娯楽活動等の個々の活動に着目した分析，主婦や学生の就業者以外の個人を対象とした分析，同伴者の有無を内生化した分析等が挙げられる．

最後に，調査，および資料の提供にご協力頂いた阪神高速道路公団に対して深甚な謝意を表わします．

参考文献

1) 北村隆一；時間利用データを用いた交通行動分析－次世代の交通計画に向けて－；交通工学，Vol.29 No.1，pp.11-13，1994
2) 近藤勝直；交通行動分析，晃洋書房，pp34-41，1987.
3) Jöreskog,K.and Sörbom,D. :LISREL VI-An alaysis of Linear Structural Relation by of Linear Structural Relation by Maximum Likelihood, Instrumental Variables,and Least Squares Methods,User's Guide, Department of Statistics, Univ. of Uppsala, Uppsala, Sweden, 1984.
4) 瀬戸公平，北村隆一，飯田克弘；構造方程式を用いた活動実行時点・活動時間・トリップ距離間の因果関係の分析；土木計画学研究・講演集，No.17, pp209-212, 1995.
5) 荒木敏・藤井聡・北村隆一；交通行動分析に基づいた個人の生活圏に関する研究；土木計画学研究・講演集17pp.35-38, 1993.

表3　就業者行動モデルの感度分析（通勤時間）

	通勤時間	そのまま	－10分	＋10分
D_active	帰宅前宅外活動時間（分）	25.6	27.7	23.7
D_ncommute	帰宅前通勤以外活動時間（分）	6.78	7.14	6.42
N_out	帰宅後外出回数（回）	0.030	0.042	0.019
D_home	帰宅後在宅時間（分）	216	223	209

表4　就業者行動時間の感度分析（仕事時間）

	通勤時間	そのまま	1時間早める	1時間遅くする
N_trip	帰宅前目的トリップ数（回）	1.08	1.13	1.05
D_active	帰宅前宅外活動時間（分）	25.6	32.9	19.5
D_ncommute	帰宅前通勤以外活動時間（分）	6.78	9.14	4.65
N_out	帰宅後外出回数（回）	0.030	0.042	0.015
	帰宅後在宅時間（分）	216	247	185