

自由活動数の選択が可能な 交通・活動スケジュール決定モデルの構築*

DEVELOPMENT OF TRAVEL-ACTIVITY SCHEDULING MODEL
INCORPORATING CHOICE PROCESSES OF NUMBER, LOCATIONS
AND TIME ALLOCATION OF DISCRETIONARY ACTIVITIES

河上省吾**・磯部友彦***・矢野修****

by Shogo KAWAKAMI, Tomohiko ISOBE, Osamu YANO

The decision process of human travel-activity schedule has been studied with the data obtained by the person-trip survey of Nagoya region in 1981. Since people in urban area behave within the limited time and space, the model is formulated with three stage nested logit model: lower level represents the choice of locations and duration of discretionary activities; and middle and upper level the choice of travel-activity patterns which are classified by number of trips and times of tentative home-return. Three submodels are applied to workers' travel-activity schedules within available time and space each of before and afterward of their work. The calibration caused good results and the measure of goodness-of-fit indicates very high consistency.

1. 序

交通・活動スケジュールとは、人の様々な交通と活動がそれらの相互作用を通じて実施される状況を明確に記述しようというものである。この交通・活動スケジュールの決定プロセスの解明ならびにモデル化が可能となれば、交通政策の交通行動への直接的効果のみならず2次的効果をも予測できる。

Damm¹⁾は、就業者を対象に活動スケジュールのモデル化を行った。彼は、1日を5つの時間帯に分け、各時間帯において自由活動にどれだけの時間を配分するかをモデル化した。しかし、具体的な活動場所は考慮せず、そのため交通に費やす時間は明示的に

扱われていない。

活動場所間の移動時間と活動場所の選択との関係のモデルの例として、Kitamuraの非集計目的地選択モデルがある²⁾。このモデルは、目的地の特性による効用だけでなくその目的地へ立ち寄った後に他の目的地へ訪れることを加味した期待効用をも考慮して目的地選択がなされることを仮定している。しかし、この期待効用の算定には、ゾーン間遷移が1日を通して定常であるという仮定が必要となり、このモデルでは交通と活動の詳細な相互関係は表現できない。

以上の2例は、いわば関数を用いたモデルであるが、Clarke³⁾は、activity diary で得られた情報に基づいて CARLAと呼ばれるシミュレーションモデルを開発した³⁾。これは、現況の種々の活動の時間配分を基礎にして、交通または活動の変化が他の活動及び交通にどのように影響するのかを予測するものである。しかし、あくまでも、現況を基本にしている

* キーワーズ 交通・活動スケジュール, 交通・活動パターン選択, 活動場所選択, Nested Logit モデル

** 工博 名古屋大学教授 工学部 土木工学科 (〒464名古屋市千種区不老町)

*** 工修 名古屋大学助手 工学部 土木工学科(同上)

**** 名古屋市水道局(〒460名古屋市中区三の丸3-1-1)

ので現況には実現されていない代替案は考慮できない。

これらの活動スケジュール研究に対し、著者らは交通と活動の連続性の明示的な考慮ならびに時間あるいは時刻による制約の明確な導入が可能な就業者の1日の交通・活動スケジュール決定プロセスのモデル化を試みた⁴⁾。しかしこれは、勤務や在宅活動以外の自宅外活動である自由活動を1回だけ実施するスケジュールのみを対象としており、未だ十分なものとはいえない。そこで本研究はその適用範囲を拡張できるようにモデルに改良を加え、1日のうちに実施される自由活動の数が異なる場合も考慮できるといった、より一般性のある交通・活動スケジュール決定プロセスのモデル化を行う。

2. 交通・活動スケジュール決定プロセスのモデル化における基本的考え方

(1) 交通・活動スケジュールのパターン化

交通・活動スケジュールの決定プロセスは、活動の実施時刻・消費時間等の時間次元、活動実施場所・施設等の空間次元ならびに活動の種類・交通手段等の質的次元やその他の次元などの性質の異なる複数の次元によって記述されるべきである。しかしこのことを忠実に表現できるようなモデル化は容易ではない。そこでこの複雑なプロセスを整理して交通と活動の関連を交通・活動パターンという概念を用いてモデル化することを考える。すなわち、交通・活動スケジュール決定プロセスを交通・活動パターン選択として表現する。そして今回の適用に用いるデータはパーソントリップ調査によって得られた個人毎の1日単位のトリップデータであるので、自宅と勤務場所を中心にした就業者の1日の行動の空間的遷移パターンを交通・活動パターンとする。

(2) モデル作成に用いる行動実績データ

本研究に用いるデータは第2回中京都市圏パーソントリップ調査（昭和56年に実施）で得られた名古屋市居住の就業者のデータで以下の条件を満たすものである。

- ① 活動を1日周期で考えるため、1日の最初に行うトリップ（以降これを第1トリップと呼ぶ）が自宅から発し、1日の最後に行うトリップ（以降これを最終トリップと呼ぶ）にて帰宅する、

いわゆる完全トリップパターンであること。

- ② 勤務場所を制約条件に取り入れるために、出勤目的トリップを実施したもの。

- ③ 1日のトリップ総数が10以下のもの。

これらの条件を満たすサンプルデータ数は26505人であり、出勤をしない就業者も含めた就業者合計人数32843人に対して80.7%を占める。

(3) 対象とする交通・活動パターン

出勤をする就業者の交通・活動パターンを勤務開始前と勤務終了後に分割して考える。これは、もし1日を通しての交通・活動パターンの各々をそのまま選択モデルの選択肢にすると、考慮すべき選択肢の数が多くなり、また独立した選択肢として各交通・活動パターンを取扱うことは選択肢間の類似性が高くなるために、選択モデルには適さなくなる。そのために何らかの方法で選択肢の数を減らす工夫が必要となる。

ここで就業者の時間的・空間的な行動パターンに着目してみると、彼らは勤務という時間的にも空間的にも固定された活動を実施し、その結果として、就業者の自由活動は、空間的には自宅と勤務場所との間に制約され、時間的には勤務開始以前と勤務終了以降に制約される。このことから、1日の交通・活動パターンを勤務前と勤務後に分割しても構わないと考えた。

前節で説明したデータにおいてどのような交通・活動パターンが存在しているかを分析した。図1は、パターンの分類を前述のように勤務開始前と勤務終了後に分け、勤務以外の自由活動を勤務開始前と勤務終了後とでそれぞれ2つまで考慮したものである。ここで、「m」は勤務開始前の、「e」は勤務終了後のパターンをそれぞれ示す。そして、m1、e1は自宅と勤務場所の間を直行するもの、m2、e2

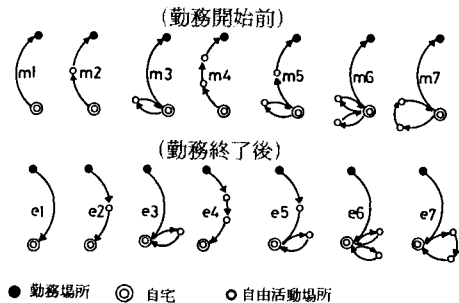


図1 就業者の代表的交通・活動パターン

表1 交通・活動パターン別人数

単位: 人 () 内は総合計に対する百分率

パターン	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7	計
m1	22433 (85.0%)	1774 (6.7%)	1101 (4.2%)	263 (1.0%)	80 (0.3%)	57 (0.2%)	74 (0.3%)	25782 (97.7%)
m2	223 (0.8%)	105 (0.4%)	27 (0.1%)	22 (0.1%)	15 (0.1%)	7 (0.0%)	4 (0.0%)	403 (1.5%)
m3	116 (0.4%)	8 (0.0%)	12 (0.0%)	3 (0.0%)	2 (0.0%)	2 (0.0%)	1 (0.0%)	144 (0.5%)
m4	16 (0.1%)	7 (0.0%)	3 (0.0%)	3 (0.0%)	2 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (0.0%)	32 (0.1%)
m5	4 (0.0%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	1 (0.0%)	5 (0.0%)
m6	6 (0.0%)	2 (0.0%)	1 (0.0%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	9 (0.0%)
m7	11 (0.0%)	0 (-)	0 (-)	0 (-)	1 (0.0%)	0 (-)	0 (-)	12 (0.0%)
計	22809 (86.4%)	1896 (7.2%)	1144 (4.3%)	291 (1.1%)	100 (0.4%)	66 (0.3%)	81 (0.3%)	26387 (100.0%)

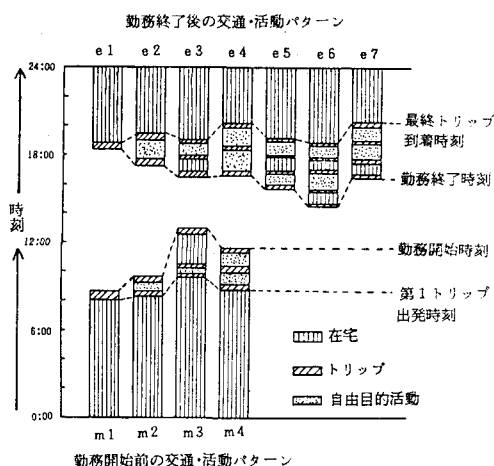


図2 交通・活動パターン別1日の平均活動時間配分

は自宅と勤務場所の間で1回の自由活動を行うもの、m3、e3は自宅中心のトリップチェーン内で1回の自由活動を行うもの、m4、e4は自宅と勤務場所の間で2回の自由活動を行うもの、m5、e5は自宅と勤務場所の間で1回、自宅中心のトリップチェーン内で1回の自由活動をそれぞれ行うもの、m6、e6は自宅中心の2つのトリップチェーンを含みそれぞれ1回ずつの自由活動を行うもの、m7、e7は自宅中心のトリップチェーン内で2回の自由活動を行うものを、それぞれ示す。これらの交通・活動パターンの実績データにおける構成比は表1に示すとおりである。

図2は就業者の交通・活動パターン別の1日における勤務開始時刻と勤務終了時刻と自由活動開始時刻と活動時間配分を、サンプル数が多い交通・活動パターンm1～m4およびe1～e7について表し

たものである。この図は縦軸を時刻にとり、下端の1日の始まり(0:00)から上端の1日の終わり(24:00)までの交通と活動とに費やす時間と時刻の関係をパターン毎に示している。これから、第1トリップの出発時刻、最終トリップの自宅への到着時刻、自由活動消費時間が、パターンによって異なっていることがわかる。このことから、人の交通・活動パターンの決定プロセスの説明要因として、これら自由活動消費時間の数値を用いることは意義のあることと思われる。

そして、交通・活動パターン選択モデルは、トリップの実情から勤務開始前については、m1～m4の4パターン、勤務終了後については、e1～e7の7パターンをそれぞれ対象とする。なお、1日の交通・活動パターンは勤務の前後のパターンを組み合わせることにより、合計28通りのパターンを表現できる。

3. 交通・活動パターン選択モデルの定式化

(1) 交通・活動パターン選択モデルの考え方

交通・活動スケジュールは、交通を含む活動種類とその順序の決定と、活動消費時間、交通所要時間のそれぞれにどれだけの時間を割り当てるかによって決定される。そのために、まず、様々な条件下にある個人が、2.(3)に示した交通・活動パターンのうちのどのパターンを選択するかをモデル化する。さらに各々の交通・活動パターンを実施するとしたときの特性として交通所要時間、活動消費時間を考慮し、これらの推計値を算出するためのモデルを作成する。

本研究では、図3に示すような3つの段階から成る選択構造を考える。ここでは、現在居る場所から

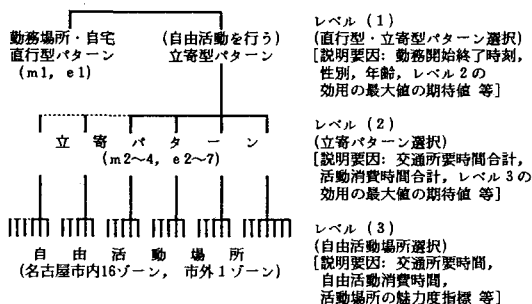


図3 交通・活動パターン選択の選択肢ツリー

自由活動場所への移動時間が交通所要時間として考慮され、自由活動場所の分布を求めるために、自由活動場所選択モデルが下位レベルの選択問題として定式化される。このレベルにおける説明要因は交通所要時間(次節で説明)、自由活動消費時間、活動場所の魅力度指標(具体的にはゾーン別の年間商品販売額等)等である。そして、交通・活動パターン選択を上位レベルの選択問題として取扱う。この際に勤務場所と自宅との間にどこかへ立ち寄るパターン(立寄型パターン)と立ち寄らないパターン(直行型パターン)とに大別し、立寄型パターンの中でさらにどの立寄パターンを選ぶかという2段階選択構造とする。また、レベル1、2における説明要因は、パターンを構成する全てのトリップの交通所要時間合計、活動消費時間(在宅時、外出時)合計、勤務開始終了時刻ならびに活動場所選択における効用の期待値等である。

しかし、本研究で用いるデータは被験者が実施したパターン、立ち寄った活動場所に対する情報のみである。そこで、交通・活動パターンおよび活動場所の各代替案の特性値の推定に当っては、まず先に抽出された交通・活動パターン毎に自由活動消費時間等が、交通所要時間、勤務開始終了時刻や個人属性との関係でどのように変化するかを調べるために重回帰分析を行う。そして各代替案に対して、この重回帰モデルを使って自由活動消費時間(在宅時、外出時)を推定する。

(2) 自由活動場所選択モデルの考え方

自由活動場所選択は非集計交通モデルにおける目的地選択と同様な概念であるので、活動場所の特性による効用とそこに到達するまでの交通抵抗を説明要因として適用できる。活動場所の効用として活動実施に関連した施設の各々の場所における分布状況を考慮する他に、本研究では、その場所で自由活動を実施するとしたときに、そこに滞在する時間を勤務開始終了時刻、交通所要時間との関係から各交通・活動パターン毎に求め、この自由活動消費時間も活動場所選択の特性値として考える。これは、活動場所の相違がまず交通所要時間を変化させ、さらに時間制約から自由活動に配分される時間の長さに変化をもたらすことを通じて、自由活動を実施することの効用が活動場所間で差があることを表現する。

そして本研究では、少ないサンプルを効率的に用いるために、2つの自由活動を含むパターンについては、各々の活動場所をそれぞれ1つのサンプルとして扱い、さらに全てのパターンのサンプルをプールしてモデルの係数推定を行う。そのために、全てのパターンについて交通所要時間を統一的に表現する必要がある。基本的には、選択候補地へ向かうトリップとそこから次の場所へのトリップの所要時間とを考慮する。そこで2つの自由活動を含むパターンについては、場所が既知である2地点(自宅・勤務場所・直前の活動場所の内の2地点)と選択候補地点の自由活動場所とを結ぶ三角形を想定する。この三角形の選択候補地点をはさむ2辺によってその選択候補地点に直接立ち寄るとしたときに考慮するであろう交通(時間や経路)を表現できる。

(3) 交通・活動パターン選択モデルの定式化

Nested Logit モデルを用いて、3.(1)に示した3段階の選択問題を定式化する⁵⁾。まず、各レベルの選択確率の間の関係は次のとおりである。

$$P_{i,j,l} = P_i \cdot P_{j|i} \cdot P_{l|ij} \quad (1)$$

$$P_{i,j} = P_i \cdot P_{j|i} \quad (2)$$

ここに、

$P_{i,j,l}$: レベル1でパターン*i*を選択し、かつレベル2でパターン*j*を選択し、かつレベル3で場所*l*を選択する確率。($\sum_i \sum_j \sum_l P_{i,j,l} = 1$)

$P_{i,j}$: レベル1でパターン*i*を選択し、かつレベル2でパターン*j*を選択する確率。($\sum_j P_{i,j} = 1$)

P_i : レベル1でパターン*i*を選択する確率。

($\sum_i P_i = 1$)

$P_{j|i}$: レベル1でパターン*i*を選択するという条件下において、レベル2でパターン*j*を選択する確率。($\sum_j P_{j|i} = 1$)

$P_{l|ij}$: レベル1、レベル2でそれぞれパターン*i*、パターン*j*を選択するという条件下において、レベル3で場所*l*を選択する確率。($\sum_l P_{l|ij} = 1$)

次に、各レベルにおける選択モデルを定式化する。

(レベル1)

$$P_i = \exp(\lambda_3 V_i) / \sum_i \exp(\lambda_3 V_i) \quad (3)$$

$$V_i = \sum_k C_k X_{ik} + (1/\lambda_2) S_i \quad (4)$$

$$S_i = \ln \sum_j \exp(\lambda_2 V_j) \quad (5)$$

(レベル2)

$$P_{j|i} = \exp(\lambda_2 V_j) / \sum_j \exp(\lambda_2 V_j) \quad (6)$$

$$V_j = \sum_k b_k X_{jk} + (1/\lambda_1) S_j \quad (7)$$

$$S_j = \ln \sum_l \exp(\lambda_1 V_l) \quad (8)$$

(レベル3)

$$P_{l|i,j} = \exp(\lambda_1 V_l) / \sum_l \exp(\lambda_1 V_l) \quad (9)$$

$$V_l = \sum_k a_k X_{lk} \quad (10)$$

ここに、

 V_i : レベル1の選択におけるパターン*i*の効用値。 V_j : レベル2の選択におけるパターン*j*の効用値。 V_l : レベル3の選択における活動場所*l*の効用値。

$X_{ik}, X_{jk}, X_{lk}, C_k, b_k, a_k$: レベル1、レベル2、レベル3の選択において、それぞれパターン*i*、パターン*j*、活動場所*l*の固有の効用部分に対する*k*番目の説明変数ならびにその係数。

S_i : レベル2の各々の立寄パターンの効用の最大値の期待値 (いわゆる logsum 変数)。これはレベル1における立寄型パターンの効用に影響する。

S_j : レベル3の各活動場所の効用の最大値の期待値 (いわゆる logsum 変数)。これはレベル2における各パターンの効用に影響する。

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: 各レベルの選択における効用の分散に関するパラメータ。

以上の定式化において、効用関数は式(4)、(7)、(10)に示すように線形を仮定している。そしてレベル1においては $\lambda_3 C_k$ と λ_3/λ_2 、レベル2においては $\lambda_2 b_k$ と λ_2/λ_1 、レベル3においては $\lambda_1 a_k$ といった各パラメータの値がそれぞれ実績データより推定される。ただし、 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ の値そのものは決まらない。

4. 交通・活動パターン選択モデルの推定

(1) 自由活動消費時間の重回帰分析の結果

各交通・活動パターン代替案における自由活動消費時間の値は、性別、年齢、職業等の個人属性および勤務開始時刻、勤務終了時刻、勤務時間、通勤交通手段、自宅・勤務場所間の交通所要時間等の個人毎の条件を説明変数とする重回帰モデルによって推定される。この重回帰モデルの構造式は、勤務開始前の場合を例にして示すと、以下の通りである。

$$F^m_s = \prod_i \alpha_{ti} \delta_{is} \cdot \prod_j \gamma_{js} \beta_{tj} \cdot \epsilon_{ts} \quad (11)$$

$$T^m_s = \frac{F^m_s}{1 + \exp(\prod_i \alpha_{ti} \delta_{is} \cdot \prod_j \gamma_{js} \beta_{tj} \cdot \epsilon_{ts})} \quad (12)$$

$$D^m_s = F^m_s - T^m_s \quad (13)$$

ここに、

F^m_s : 勤務開始前外出時間 (第1トリップ出発時刻から勤務開始時刻までの時間)。

T^m_s : 勤務開始前の交通所要時間合計。

D^m_s : 勤務開始前の自由活動消費時間の合計 (一時帰宅時在宅時間も含む)。

$\gamma_{js}, \beta_{tj}, \beta_{tj}$: 個人*s*毎に条件付けられた時間的要素による*j*番目の説明変数とその係数。

$\delta_{is}, \alpha_{ti}, \alpha_{ti}$: 個人属性をダミー変数化した*i*番目の説明変数とその係数。 ($\alpha_{ti} > 0$)

$\epsilon_{ts}, \epsilon_{ts}$: 残差項。 S : サンプル (個人) 番号。

さらに、自由活動または一時帰宅が合わせて2つあるパターン*m*3、*m*4については D^m_s を1番目の活動の消費時間 (D^{m1}_s) と2番目の活動の消費時間 (D^{m2}_s) とに次式により分割する。

$$D^{m1}_s = \frac{D^m_s}{1 + \exp(\sum_i \alpha_{di} \delta_{is} + \sum_j \beta_{dj} \gamma_{js} + \epsilon_{ds})} \quad (14)$$

$$D^{m2}_s = D^m_s - D^{m1}_s \quad (15)$$

ここに、 α_{di}, β_{dj} : 係数。 ϵ_{ds} : 残差項。

以上の式(11)、(12)、(14)を対数線形化し、重回帰分析を行った。なお、これらの式の構造は次の条

表2 自由活動消費時間等の現況再現性

パターン	推計時間量	実績値との相関係数	サンプル数	パターン	推計時間量	実績値との相関係数	サンプル数
m2	F ^m T ^m D ^m	0.764 0.652 0.747	403	e4	F ^e T ^e D ^{e1} D ^{e2}	0.660 0.506 0.491 0.499	291
m3	F ^m T ^m D ^{m1} D ^{m2} *	0.774 0.672 0.516 0.757	144	e5	F ^e T ^e D ^{e1} D ^{e2} *	0.633 0.697 0.244 0.329	100
m4	F ^m T ^m D ^{m1} D ^{m2}	0.859 0.687 0.769 0.809	32	e6	F ^e T ^e D ^{e1} D ^{e2} D ^{e3} D ^{e4} *	0.700 0.702 0.497 0.387 0.707 0.385	66
e2	F ^e T ^e D ^e	0.553 0.606 0.495	1896	e7	F ^e T ^e D ^{e1} D ^{e2} D ^{e3} *	0.663 0.707 0.356 0.309 0.800	81
e3	F ^e T ^e D ^{e1} D ^{e2} *	0.569 0.691 0.365 0.523	1144				

F^m, F^e: 勤務開始前、勤務終了後の外出時間。

T^m, T^e: 勤務開始前、勤務終了後の交通所要時間合計。

D^{m1}: 勤務開始前、1番目の自由活動あるいは一時帰宅時

在宅のときの活動消費時間。 (*: 一時帰宅時在宅時間)

D^{e1}: 勤務終了後、最終から1番目の自由活動あるいは一時帰宅時在宅のときの活動消費時間。 (*: 一時帰宅時在宅時間)

表3 自由活動場所選択モデルの推定結果

件を満足するものである。

$$0 \leq F^m_s, 0 \leq T^m_s \leq F^m_s,$$

$$0 \leq D^m_s \leq F^m_s, 0 \leq D^{m1}_s \leq D^m_s,$$

$$0 \leq D^{m2}_s \leq D^m_s$$

また、勤務終了後の各交通・活動パターンについても同様な重回帰式を作成した。交通所要時間合計、自由活動消費時間等の現況再現性を表2に示す。

なお、式(12)によって求める交通所要時間合計は、交通時間のタイムバジェットの推計を意味し、本研究は個別の活動場所の選択はこのタイムバジェットを考慮してなされるという行動原理に従うと考える。以降の活動場所選択モデル、交通・活動パターン選択モデルにおいては、重回帰モデルの誤差とゾーン間交通時間の誤差を考慮して、交通所要時間合計の推計値の±50%の範囲に含まれないものは選択枝から除く。

(2) 自由活動場所選択モデルの係数推定結果

表3に、自由活動場所選択モデルの係数推定結果を示す。活動場所の選択枝は名古屋市内の行政区の16ゾーンと市外を一つとしてまとめたゾーンの計17ゾーンとした。よって活動場所の魅力度の説明変数はゾーン単位の集計量である。

交通所要時間の係数の符号は、勤務開始前、勤務終了後ともに負になっており、交通による時間消費が非効用をもたらすことを示し、自由活動場所への交通の方が自由活動場所からの交通よりも単位交通時間当たりの非効用が大きくなっている。活動場所の魅力度の指標として表3の結果以外に卸売業、飲食店それぞれの年間販売総額や夜間人口を取上げて自由活動場所選択モデルの係数を推定したが、表3に示したモデルが最良となった。

また、本研究の特徴の一つは、交通・活動スケジュー

a. (勤務開始前)

説明変数	係数の記号	係数(t値)
自由活動場所への交通所要時間(分)	$\lambda_1 a_1$	-0.0717 (-11.0)
自由活動場所からの交通所要時間(分)	$\lambda_1 a_2$	-0.0308 (-5.0)
自由活動消費時間(分)	$\lambda_1 a_3$	0.00827 (3.3)
活動場所の魅力度 ●小売業年間販売総額(億円)	$\lambda_1 a_4$	2.03 (3.3)
名古屋市内外ダミー	$\lambda_1 a_5$	2.66 (6.1)
サンプル数		611
選択枝総数		2450
的中率		0.736
ρ^2_a		0.574
ρ^2_c		0.537

b. (勤務終了後)

説明変数	係数の記号	係数(t値)
自由活動場所への交通所要時間(分)	$\lambda_1 a_1$	-0.0903 (-41.8)
自由活動場所からの交通所要時間(分)	$\lambda_1 a_2$	-0.0717 (-28.4)
自由活動消費時間(分)	$\lambda_1 a_3$	0.00718 (10.9)
活動場所の魅力度 ●小売業年間販売総額(億円)	$\lambda_1 a_4$	3.85 (19.2)
名古屋市内外ダミー	$\lambda_1 a_5$	2.01 (10.9)
サンプル数		4116
選択枝総数		29223
的中率		0.720
ρ^2_a		0.560
ρ^2_c		0.514

表4 立寄パターン選択モデルの推定結果

a. (勤務開始前)

説明変数	係数の記号	係数(t値)
自由活動場所選択による効用値	λ_2/λ_1	0.429 (t°:3.8) (t':5.1)
交通所要時間合計(分)	$\lambda_2 b_1$	-0.0235 (-3.6)
自由活動消費時間合計(分)	$\lambda_2 b_2$	0.00185 (7.6)
在宅時間合計(分)	$\lambda_2 b_3$	0.00139 (8.4)
交通・活動パターンm2の定数項	$\lambda_2 b_4$	2.55 (7.4)
交通・活動パターンm3の定数項	$\lambda_2 b_5$	0.701 (2.1)
サンプル数		579
選択枝総数		1418
的中率		0.805
ρ^2_a		0.533
ρ^2_c		0.327

t°, t': それぞれ0, 1に対するt値

b. (勤務終了後)

説明変数	係数の記号	係数(t値)
自由活動場所選択による効用値	λ_2/λ_1	0.00344 (t°:0.15) (t':143.5)
交通所要時間合計(分)	$\lambda_2 b_1$	-0.0650 (-19.0)
自由活動消費時間合計(分)	$\lambda_2 b_2$	0.00360 (4.1)
在宅時間合計(分)	$\lambda_2 b_3$	0.00345 (3.9)
交通・活動パターンe2の定数項	$\lambda_2 b_4$	1.08 (6.3)
交通・活動パターンe3の定数項	$\lambda_2 b_5$	1.15 (7.6)
交通・活動パターンe4の定数項	$\lambda_2 b_6$	0.265 (1.9)
交通・活動パターンe5の定数項	$\lambda_2 b_7$	-0.0458 (0.29)
交通・活動パターンe6の定数項	$\lambda_2 b_{10}$	0.795 (4.5)
サンプル数		3578
選択枝総数		16551
的中率		0.689
ρ^2_a		0.448
ρ^2_c		0.115

表5 直行型・立寄型選択モデルの推定結果

a. (勤務開始前)

説明変数	係数の記号	係数(t値)
立寄型による選択による効用値	λ_3/λ_2	0.837 (t°:11.0) (t':2.1)
勤務開始時刻(分)	$\lambda_3 C_1$	-0.00554 (-5.8)
直行型ダミー	$\lambda_3 C_2$	5.91 (9.9)
性別ダミーc	$\lambda_3 C_4$	0.154 (1.0)
年齢ダミー1a	$\lambda_3 C_5$	-0.322 (-1.4)
年齢ダミー2b	$\lambda_3 C_6$	-0.620 (-3.0)
サンプル数		1151
選択枝総数		2210
的中率		0.759
ρ^2_a		0.310
ρ^2_c		0.310

a: 年齢30才以下=1, その他=0

b: 年齢30~50才=1, その他=0

b. (勤務終了後)

説明変数	係数の記号	係数(t値)
立寄型による選択による効用値	λ_3/λ_2	0.183 (t°:4.0) (t':17.9)
勤務終了時刻(分)	$\lambda_3 C_2$	0.00641 (15.5)
直行型ダミー	$\lambda_3 C_3$	-6.79 (-16.0)
性別ダミーc	$\lambda_3 C_4$	0.727 (9.2)
年齢ダミー1a	$\lambda_3 C_5$	-0.749 (-6.6)
年齢ダミー2b	$\lambda_3 C_6$	-0.571 (-5.8)
サンプル数		3543
選択枝総数		7031
的中率		0.676
ρ^2_a		0.122
ρ^2_c		0.113

C: 男性=1, 女性=0

t°, t': それぞれ0, 1に対するt値

ールの決定プロセスを表現するために、活動消費時間のような時間的要素を導入して交通・活動パターンおよび自由活動場所の選択モデルの構築を試みることにある。その結果は、自由活動場所選択モデルにおいて、自由活動消費時間の係数値が5%の危険

率で有意となり、活動場所選択における場所の効用の一部を活動時間量により説明できたといえる。

次に、勤務開始前と勤務終了後の結果の比較を行う。勤務終了後の交通所要時間の係数値の絶対値は勤務開始前のそれよりも大きい。また、自由活動消費時間の係数値の絶対値は勤務開始前の方が大きい。これは、一般に勤務開始前においては勤務終了後よりも時間制約が強いために時間配分における活動消費時間の相対的重要度が大きいことを反映していると思われる。

(3) 立寄パターン選択モデルの係数推定結果

表4に、立寄パターン選択モデルの係数推定結果を示す。勤務開始前・勤務終了後のいずれの場合においても、自由活動場所選択の効用(式(8)の S_i)の係数の符号が正であることは、人は自由活動場所選択によって得られる効用が高い交通・活動パターンを選択することを示し、妥当な結果である。

次に、個々の係数値をみると、交通所要時間合計の係数値の符号は負、自由活動消費時間、在宅時間の係数値の符号は正であり、表3の自由活動場所選択モデルの推定結果と同様に、いずれも5%の危険率で有意である。これらの係数値の絶対値を比較すると、交通所要時間の方が1桁大きい。これは、交通所要時間の増減は交通・活動パターンの効用を増減させる効果が大いことを示す。また、自由活動消費時間の係数値と在宅時間の係数値との差異は小さい。これは、単に活動場所が自宅か否かの相違だけであり、在宅時も何らかの活動を実施していることには変わらないので妥当な結果である。

(4) 直行型・立寄型選択モデルの係数推定結果

表5に、直行型・立寄型選択モデルの係数推定結果を示す。ここで用いたサンプルは、係数推定精度向上のため各選択肢はば同数のサンプルを用いる必要上、選択肢別抽出方法⁶⁾を利用して、表1に示されたものから、パターンm1については約1/45のサンプルを抽出し、パターンm2～m4はそのままのサンプルを用い、パターンe1は約1/13、パターンe2～e7は約1/2のサンプルを抽出して、勤務開始前、勤務終了後のそれぞれについてモデルの係数推定を行った。このようにして係数推定された選択モデルは選択肢固有ダミー一定数の数値を修正するだけで、表1に示される本来の選択状況を再現できる。

なお、このモデルはバイナリーチョイスモデルのために、立寄型パターン選択による効用値(式(5)の S_i)を立寄型パターンの効用の説明変数とし、勤務開始時刻、勤務終了時刻、年齢ダミー、直行型パターン固有ダミーを直行型パターンの効用の説明変数として係数推定した。

推定結果は勤務開始前、勤務終了後のいずれも立寄型パターン選択による効用値の係数の符号が正であることから、自由活動を行うことにより高い効用が得られるのなら立寄型パターンのいずれかを選択することを示している。

(5) モデル全体の考察

本節ではモデル全体についての考察を行う。まず、表4、表5の λ_2/λ_1 、 λ_3/λ_2 の値が全ての場合において0と1の間にあることから、本モデルで用いた選択肢ツリーに対してのNested logitモデルを適用したことは妥当である。

そして、交通・活動パターン選択モデル(レベル1、2)および自由活動場所選択モデル(レベル3)による推定の結果から言えることは、人は高い効用が得られるような活動をしようとするが、時刻、時間といった制約条件によって強く影響される場合も多く、そのために自宅外の自由活動の一つも含まずに自宅と勤務場所を直接結んだいわゆるピストン型のパターンが多くなるということである。この傾向は勤務開始時刻という時間的固定性の非常に強い制約条件が影響する勤務開始前の交通・活動パターン選択および自由活動場所選択において顕著にみられ

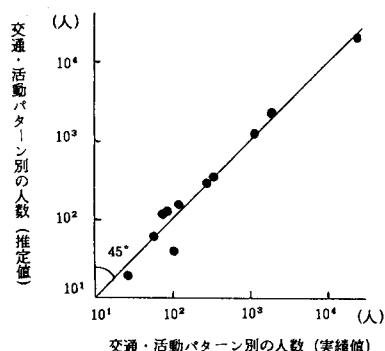


図4 交通・活動パターンのシェアの推定値と実績値 (実績値10人以上)

る。そして、勤務開始前と勤務終了後における各モデルの推定結果を比較すると、勤務開始前の方が全般的に良い結果となり、これは制約条件の影響度の強弱の相違をそのまま反映した結果と思われる。

最後に、ここで作成した各サブモデルによる推計シェアを式(1)で計算し、さらに勤務の前後のパターンのシェアをかけ合わせて28通りの交通・活動パターンのシェアを推計した。図4はシェアの実績値と推計値との関係を実績値が10サンプル以上のものについて両対数グラフを用いて図示したものである。その結果、実績値と推計値との相関係数は0.9997となり、かなり高い現況再現性を示した。

5. 結論

(1) 研究の成果

本研究の目的は交通と活動との相互関係、時間・空間上の連続性を考慮にいたした交通・活動スケジュール決定モデルの構築であった。まず、交通・活動スケジュールをパターン分類した。そして、1日のスケジュールを勤務の前後で分割することにより、勤務開始前4パターン、勤務終了後7パターンが代表的交通・活動パターンとして抽出された。次にこれらを選択肢とする選択モデルを、直行型・立寄型選択、立寄パターン選択、自由活動場所選択の3段階のNested Logitモデルにより定式化した。この効用関数の説明要因として、自由活動消費時間、勤務開始時刻・終了時刻を導入したところ、これらは有意な変数となり、これらの条件が変化することによる交通・活動スケジュール（活動回数、時刻、場所）の変化の予測能力を持つモデルを構築することができた。構築されたモデルを用いた現況再現性はかなり良好な結果を示した。

(2) 今後の課題

本研究をさらに発展させるためには次のような残された課題に取組まなければならない。

1) 今回は出勤することを前提とした名古屋市内居住の就業者を対象として交通・活動スケジュール決定モデルの構築を行った。しかし、各々の就業者はその業種、職種、地位などによって行動上の制約が異なり、その結果、就業者の行動パターンは非常に多彩となると思われる。そこで、就業者の属性を細分化して、交通・活動スケジュール決定プロセスの

分析を進める必要がある。

2) 今回用いたデータは、1日のトリップの連鎖を中心に調査したものであるため、これだけでは人の交通・活動スケジュールを完全にはとらえ切れない。とくにモデルの適用の対象を非就業者に拡張する際には、彼らの交通・活動スケジュール上の制約条件を把握する必要がある。そのためには、活動と交通の相互関係が十分に把握できるようなデータを得るための調査方法の開発が今後必要である。

3) 本研究で構築したモデルの実用方法として、勤務時間の変更（具体的には勤務開始・終了時刻の変更）による効果や、交通関連施設の建設・改善等による交通所要時間の短縮による効果を、交通・活動スケジュールの変化を通して発生・分布交通量の変化として把握すること、などが挙げられる。そのためにはまず、潜在的に実現可能な交通関連政策の交通行動への影響プロセスについて考察し、次に様々な交通政策シナリオに対する交通・活動スケジュール決定モデルを用いた政策テストを繰返して政策の影響を予測するといった交通政策評価への適用方法の検討が必要である。

なお、本研究は、文部省科学研究費（課題番号61750535, 62750521）の補助を受けたものであることを記し、謝意を表したい。また、計算は名古屋大学大型計算機センターのFACOM M-382を利用した。

参考文献

- 1) Damm D & S R Lerman: A theory of activity scheduling behavior, *Environment & Planning A*, 13, (1981), 703-718.
- 2) Kitamura R: Incorporating Trip Chaining into Analysis of Destination Choice, *Transpn Res.*, 18B, (1984), 67-81.
- 3) Jones P M, M C Dix, M I Clarke & I G Hoggie: *Understanding Travel Behaviour*, Gower, (1983).
- 4) 河上省吾・磯部友彦・仙石忠広: 時間制約を考慮した1日の交通・活動スケジュール決定プロセスのモデル化, *土木計画学研究・論文集*, 4, (1986), 189-196.
- 5) 原田昇: Nested Logit モデルの理論と適用に関する研究のレビュー, *土木学会論文集*, No.353/IV-2, (1985), 31-40.
- 6) 石田東生: 選択肢別標本抽出法(非集計行動モデルの理論と実際, 第5章), *土木学会土木計画学講習会テキスト*, (1984), 105-119.