時間−空間系における交通行動分析（その1）
— 効用理論によるアプローチ —

岐阜大学工学部　宮城俊彦

1. はじめに.

伝統的な交通需要分析法である段階的分析法への反省から、近年の交通需要研究は個人の行動理論に基づく需要モデルの構築という方向へ流れを変えている。こうした研究は大きく3つの流れに分類することができよう。その1つは個の選択理論（Discrete choice Theory）あるいはランダム効用理論とよばれるもので、特にMc Fadden[1]を中心として理論が展開され、また、実際分析にも適用され最も大きな成果をあげてきた。他の1つは人間活動分析（Human Activity Approach）とよばれるもので[2]、従来、社会学や地理学の分野で行なわれていたアプローチ法[3,4]を交通行動分析にまで取り入れようとするもので、ここでの中心課題は人間の行動に伴なって消費する時間を交通分析の大きな要素として考えている点にある。交通研究に取り入れられたのは比較的新しく[5]、また、中心となる基礎理論をもたないといえよう。第3は、経済学における消費者行動のミクロ理論である伝統的な効用理論の枠組の範囲で交通行動を説明しようとするもので、特に活動に消費する時間が、直接個人の効用に影響するという前提で議論が展開されている。このように、後者の二つの研究の共通の課題となっているのは、個人の行動に伴なって消費する時間をいかに交通モデルに取り入れていくかという認識であり、したがって、時間・空間系における交通行動研究の対象となっている。

本研究は第3のアプローチに興味を限定したものであり、時間を考慮した効用理論からいかに交通需要モデルを導くかという点に焦点をあてている。伝統的効用理論からの交通モデルの誘導はほとんど試みられておらず、著者の知る限りでは、Blackburn[6]、Bruzelius[7]そして佐佐木の研究[8]があるのみである。Blackburnの研究は、個の選択理論と同様、Lancasterの消費者行動理論から出発している点で、Bruzeliusおよび佐佐木の研究とは異なる。BruzeliusのモデルはDeserpaの効用モデルを基礎においたものであり、本研究はこのDeserpa−Bruzeliusモデルを出発点としている。ただし、一般消費財の扱い方、交通行動モデルの導出の仕方に差異がある。佐佐木は伝統的消費者理論とランダム効用理論を組み合せたようなモデルを提案し、特に利用者便益の測定を中心にした研究を行なっている。ただし、活動に消費する時間に対する配慮はなされてない。また、Bruzelius、佐佐木とも効用関数の加法性を前提に交通モデルの誘導を企っている点で本研究のアプローチと異なる。

2. 時間配分の効用理論

時間に係わる研究は、非常に巾が広くまた長い歴史をもつ。したがって、これらの研究を整理・統合するのは至難のわざであるが、Henrichによる'時間の概念'の分類は、多種多様な時間研究の分類に役立つものであろう。Henrichは少くとも4つの方法で時間の概念を利用することができることを示しているが[9]、本研究の立場に関係するのは、以下の3つであろう。

(i) 社会的要因としての時間……時間は有限であるため資源としての利用効率が問題になる。また、時代の社会的背景は時間をとおして記憶されたり、記録されるためそれ自身が社会的意味をもつ。

(ii) 要素間の因果要因としての時間……Henrichは'設定されるものとしての時間'と'物事の系列としての時間'を区別している。設定されるものとしての時間とは、時間の流れにおける因果系列を問うものではなく、ある一定期間における多くの生じうるパターンの形態を示すものである。したがって、時間−空間系における交通行動パターンの分析はこの範ちゅうに入る。それに対し、系列としての時間は、時間の流れにおいて因果系列を定める概念である。ただし、時間の前後が一義的に因果関

係を定める訳ではない。

(iii) 量的尺度としての時間……利用される時間の長さによって何らかの評価を下そうとするものであり、Gutenschwager[10]のように、利用可能時間の変化によって公共計画の社会的便益を測定すべきだと主張する考え方もある。

時間配分の研究や Time Budget 研究は、いずれも上述の3つの時間概念を取り扱っているといえよう。ところで、時間配分を経済学の問題として本格的に取り扱ったのは、Becker が最初である[11]。その後、DeSerpa[12]、Evans[13]あるいはDe Donnea[14]さらには、Bain[15]、Small[16]らによっても研究が行なわれ、研究の内容も多種多様化しているが、時間配分の研究はもっぱら時間価値の研究だけで終わってしまうケースが多く、交通選択モデルの誘導にまで発展せしめたのはBruzeliusが最初である。Bruzeliusの効用モデルはDeSerpa モデルを基礎にしているため、以降では、このモデルを De Serpa - Bruzelius モデルと呼ぶことにする。

De Serpa - Bruzelius モデルは以下のように定式化される[7]。

$$
\left.\begin{aligned}
\max.\ & U(x_1, x_2, \cdots, x_n, t_1, t_2, \cdots, t_n, l, t_w) \\
\text{s.t.}\ & \sum_i P_i x_i \le Y + w t_w \\
& l + \Sigma t_i + t_w = T \\
& g_i x_i \le t_i \qquad (i = 1, \cdots, n_1) \\
& g_i x_i = t_i \qquad (i = n_1 + 1, \cdots, n)
\end{aligned}\right\} \qquad (2\text{-}1)
$$

ここに、

$U(\cdot)$：個人の（序数的）効用関数で連続で2回微分可能な厳密な擬凹関数である。

x_i：財iの量　t_w：労働時間　Y：非労働所得　l：余暇時間

w：賃金率　t_i：財iに対する消費時間　P_i：財iの価格

T：対象とする期間での総利用可能時間　g_i：財iを消費するに必要な最小時間

De Serpa - Bruzeliusモデルが従来の効用モデルと大きく異なる点は、財iに消費する時間 t_iを導入している点と、t_iに下限を設けている点である。t_iはその消費によって消費者の効用を増加させたり、減少させたりする。このことは、消費時間は異なる活動の種類を反映していることを意味している。消費時間の下限制約については、DeSerpa およびEvans による拘束的活動（Bounded Activity）と非拘束的活動（Unbounded Activity）の概念に基づいていると思われる。非拘束活動は、貨幣を支払うことによって他人の時間を使い、自分自身はその活動に携わらなくてもよいような活動をいう。それに対し、拘束的な活動とは、生理的、社会的な理由によって自分自身がその活動で時間の消費を強いられる種類の活動である。前者のタイプの場合には、消費時間そのものは効用の直接の要因とはならない。Bruzelius は、交通選択モデルの誘導の際には、この種の活動を一般財と呼び、交通行動を表わす変数と分離して扱っている。こうした一般財の場合には、Hicks の合成財定理（the composite commodity theorem）が成立し、複数個の財をあたかも1つの財のようにみなして取り扱えることが判っている[17]。しかし、Bruzelius の交通選択モデルのように、交通行動変数以外はすべて一般財として取り扱うことは、現実の交通行動からかい離したモデルを生じしめることになるし、また、人間活動分析の理論的緒口を失うことにもなる。したがって、次節ではすべての活動を時間と貨幣のトレードオフ関係で定義する効用モデルによる交通選択モデルの導出を試みる。

なお、式（2.1）により導かれる活動iの需要関数は次式のようになる[注1]。

$$x_i = x_i(P_1, P_2, \cdots, P_n, g_1, g_2, \cdots g_n, w, T, Y) \qquad (2.2)$$

（注1）　Bruzelius は、Tは普遍定数であるとして、需要関数から除いている。

3．時間配分を考慮した効用理論に基づく交通選択モデルの誘導

本節では，3節で紹介した De Serpa － Bruzelius の効用モデルに基づき，個人の効用最大化行動として交通選択モデルが誘導しうること，得られる交通選択モデルは交通目的選択，目的地選択そして交通機関選択を整合させたものであり，ランダム効用理論によって導かれる Joint－Logit Model[18] と等価なモデルになることを明らかにする。消費者行動のミクロ理論に基づく交通選択モデルの誘導はほとんど試みられておらず，著者の知る限りでは，Blackburn，Bruzelius そして佐佐木によるものがあるのみである。Blackburn のアプローチは，New comsumer theory として知られる Lancaster の理論に基づいており，また，佐佐木は消費する時間は直接的に効用に影響しないことを前提にモデルを構成している。本研究のアプローチは Bruzelins のアプローチに類似のものであるが，効用関数に加法性を仮定しない点，および一般消費財ではなく活動のタイプとその活動に費やす時間を効用関数に組み込んでいる点が異なる。この点は Blackburn や佐佐木のモデルとも異なり，したがって，Hicks の合成財定理が適用できない。

（1）消費者行動の定式化

式（3．1）に類似の効用関数を次のように定義する，

$$U = U(y_1, \cdots y_i \cdots, y_I ; x_1 \cdots, x_i, \cdots, x_I ; x_{11}, \cdots, x_{ij}, \cdots, x_{IJ} ; x_{\cdot 11} \cdots, x_{\cdot jk}, \cdots, x_{\cdot JK} ; x_{111}, \cdots, x_{ijk}, \cdots, x_{IJK} ; t_{11} \cdots, t_{jk}, \cdots, t_{JK} ; \tau_1, \cdots, \tau_i, \cdots, \tau_I ; l ; t_w) \qquad (3.1)$$

ここに，

y_i ：ある活動 i に携わることによって得られる市場財あるいはサービスの量　（$i=1, 2, \cdots, I$）

x_i ：ある活動 i に携わるために発生するトリップ　（$i=1, 2, \cdots, I$）

$x_{ij\cdot}$ ：ある活動 i を場所 j で行なうために発生するトリップ数　（$i=1, \cdots, I; j=1, \cdots, J$）

$x_{\cdot jk}$ ：交通機関 k を用いて場所 j へ行くトリップ数　（$j=1, \cdots, J ; k=1, \cdots, k$）

x_{ijk} ：ある活動 i に携わるために交通機関 k を用いて場所 j へ行くトリップ数（$i=1, \cdots, I ; j=1, \cdots, J, k=1, \cdots, k$）

t_{jk} ：交通機関 k を用いて場所 j へ行くのに費やす合計時間　（$j=1, \cdots, J ; k=1, \cdots, k$）

τ_i ：ある活動 i を行なうのに消費する合計時間　（$i=1, \cdots, I$）

l ：自宅で消費する時間

t_w ：労働時間（時間を消費して収入を得るのに用いられている時間）

Bruzelius や佐佐木は，y_i は時間を消費せず貨幣だけが支出される財と考え，Hicks の合成財定理によって，これらの財を単一財として取り扱い，モデルを簡潔化している。しかし，こうしたモデルでは財の限界効用は常に非零であり，このために，交通が発生するということになり，財の限界効用が零であるにもかかわらず，交通が発生する状況，たとえば，ウィンドショピングあるいは公園で遊ぶために生じる交通（概してレジャートリップ）などは説明できないように思われる。こうした問題を回避するため，獲得される財あるいは交通によって効用関数を直接定義するのではなく，財や交通の組み合わせによって生産される活動 z_i によって効用関数を定義しようという考え方もある[11]。すなわち，

$$U = U(z_1, z_2, \cdots, z_I) \quad \text{あるいは} \quad U = V(\boldsymbol{z}, \boldsymbol{x}) \qquad (3.2)$$

ただし，

$$z_i = f_i(y_i, t_i) \quad \text{あるいは，} \quad z_i = f_i(y_i, x_i) \qquad (3.3)$$

とする考え方である。しかし，この場合でも，式（3.3）を式（3.2）に代入すれば，結局 式（3.1）に類似

の式を得ることになり，本質的には同義のモデルといえよう。(注2)
ところで，式(3.1)の諸変数を制約する条件式は次のように与えられる。

$$\Sigma_i y_i p_i + \Sigma_j \Sigma_k c_{jk} x_{\cdot jk} \leq w t_w + Y \tag{3.4}$$

$$\Sigma_i \tau_i + \Sigma_j \Sigma_k t_{jk} + l + t_w = T \tag{3.5}$$

$$\Sigma_j x_{ij} = x_i \tag{3.6}$$

$$\Sigma_k x_{ijk} = x_{ij} \tag{3.7}$$

$$\Sigma_i x_{ijk} = x_{\cdot jk} \tag{3.8}$$

$$s_i y_i \leq \tau_i \tag{3.9}$$

$$g_{jk} x_{\cdot jk} \leq t_{jk} \tag{3.10}$$

ここに，

p_i：財あるいはサービス i の市場価格，c_{jk}：交通機関 k による場所 j への交通価格
w：賃金率，Y：非労働所得，T：利用可能時間
s_i：活動 i を行なうのに必要な最小時間，g_{jk}：交通機関 k で場所 j へ行くのに必要な最小時間

式(3.4)～式(3-10)の制約のもとで，個人は効用関数式(3.1)を最大化するように活動選択、交通選択を行なっているものと仮定する。このとき，この問題に対応したラグランジェ関数は，

$$\begin{aligned} L = U &- \lambda(\Sigma_i p_i y_i + \Sigma_j \Sigma_k c_{jk} x_{\cdot jk} - w t_w - Y) - \mu(\Sigma_i \tau_i + \Sigma_j \Sigma_k t_{jk} + l + t_w - T) \\ &- \Sigma_i r_i (\Sigma_j x_{ij} - x_i) - \Sigma_i \Sigma_j r_{ij} (\Sigma_k x_{ijk} - x_{ij}) - \Sigma r^{jk} (\Sigma_i x_{ijk} - x_{\cdot jk}) \\ &- \Sigma \varphi_i (s_i y_i - \tau_i) - \Sigma_j \Sigma_k \eta_{jk} (g_{jk} x_{\cdot jk} - t_{jk}) \end{aligned} \tag{3.11}$$

となる。

最適解の条件は以下の Kuhn－Tucker 条件式で与えられる。

$$\frac{\partial L}{\partial y_i} = y_i\left(\frac{\partial U}{\partial y_i} - \lambda p_i - \varphi_i s_i\right) = 0 \tag{3.12}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = x_i\left(\frac{\partial U}{\partial x_i} + r_i\right) = 0 \tag{3.13}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_{ij}} = x_{ij}\left(\frac{\partial U}{\partial x_{ij}} - r_i + r_{ij}\right) = 0 \tag{3.14}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_{jk}} = x_{jk}\left(\frac{\partial U}{\partial x_{jk}} - \lambda c_{jk} + r^{jk} - \eta_{jk} g_{jk}\right) = 0 \tag{3.15}$$

$$\frac{\partial L}{\partial x_{ijk}} = x_{ijk}\left(\frac{\partial U}{\partial x_{ijk}} - r_{ij} - r^{jk}\right) = 0 \tag{3.16}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \tau_i} = \tau_i\left(\frac{\partial U}{\partial \tau_i} - \mu + \varphi_i\right) = 0 \tag{3.17}$$

$$\frac{\partial L}{\partial t_{jk}} = t_{jk}\left(\frac{\partial U}{\partial t_{jk}} - \mu + \eta_{jk}\right) = 0 \tag{3.18}$$

$$\frac{\partial L}{\partial l} = l\left(\frac{\partial U}{\partial l} - \mu\right) = 0 \tag{3.19}$$

$$\frac{\partial L}{\partial t_w} = t_w\left(\frac{\partial U}{\partial t_w} + \lambda w - \mu\right) = 0 \tag{3.20}$$

(2) 時間価値

ラグランジェ乗数は，制約条件の制約項の微少な変化に伴う目的関数の最適値の変化を表わす。したがって，所得の限界効用は λ であり，利用可能時間 T の限界効用は μ である。また，活動 i の時間および交通の時間の限界効用は各々 φ_i，η_{jk} である。これらの値より種々の時間価値が定義できる。

(注2) この議論に関しては Bruzelius (1979) を参照されたし。

(a) 資源としての時間価値

利用可能時間の変化が個人の効用にどのような価値を与えるのかを貨幣尺度で測るもので、次のように定義できる。

$$(\text{利用可能時間の限界効用})/(\text{所得の限界効用}) = \frac{\mu}{\lambda}$$

これは、式(3.20)、あるいは、式(3.19)(3.20)を使って次のように求められる。

$$\frac{\mu}{\lambda} = w + \frac{1}{\lambda}\left(\frac{\partial U}{\partial t_w}\right) \qquad (3.21)$$

あるいは

$$\frac{\mu}{\lambda} = \frac{w}{1-\{(\partial U/\partial t_w)/(\partial U/\partial \ell)\}} \qquad (3.21')$$

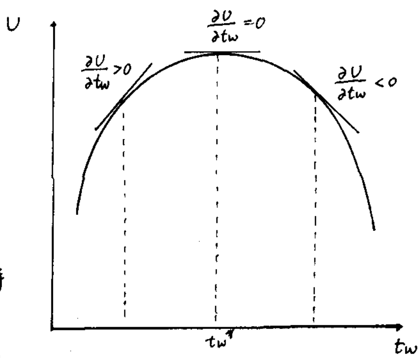

図１　労働時間の効用

もし、労働時間と個人の効用の関係が図１のようであるならば、式(3.21)は次のことを意味している。すなわち、現在の労働時間が最適であると考えている人の時間価値はその賃金率で測定することができる。それに対し、労働時間が少ないと考えている人(もっと働きたいと考えている人)、その逆の働きすぎだと考えている人の時間価値は、それぞれ w で測定すると過少評価であったり、過大評価となったりする。

(b) トリップおよび活動の時間価値

トリップおよび活動に費やす時間の価値は式(3.22)、(3-23)によって求められる。

$$\frac{q_{jk}}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{1}{\lambda}\frac{\partial U}{\partial t_{jk}} \qquad (3.22) \qquad\qquad \frac{\varphi_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{1}{\lambda}\frac{\partial U}{\partial \tau_i} \qquad (3.23)$$

$$\text{or} \quad = \frac{\partial U}{\partial \ell} - \frac{\partial U}{\partial t_{jk}} \qquad (3.22') \qquad\qquad \text{or} \quad = \frac{\partial U}{\partial \ell} - \frac{\partial U}{\partial \tau_i} \qquad (3.23')$$

一般に $\partial U/\partial t_{jk} < 0$ と考えられるので、トリップの時間価値は時間の資源価値(労働時間が固定している場合には、賃金率)よりも大きな値となる。また、活動については、$\partial U/\partial \tau_i$ は活動の種類によって符号が変わりうるので、一義的なことはいえない。

(3) 交通選択モデルの誘導

今、活動 i を行なうために目的地 j へ交通機関 k を利用するトリップを考える。このとき、$x_i>0$, $x_{ij}>0$, $x_{jk}>0$, $x_{ijk}>0$ であるから、式(3.13)〜式(3.16)より次の関係式が導ける。

$$\frac{\partial U}{\partial x_i} = -r_i \;,\; \frac{\partial U}{\partial x_{ij}} = r_i - r_{ij} \;,\; \frac{\partial U}{\partial x_{jk}} = \lambda c_{jk} + q_{jk}\, g_{jk} - r^{jk} \;,\; \frac{\partial U}{\partial x_{ijk}} = r_{ij} + r^{jk}$$

(3.24)

式(4.22)の各々を組み合わせることによって、

$$\frac{\partial U}{\partial x_i} + \frac{\partial U}{\partial x_{ij}} + \frac{\partial U}{\partial x_{jk}} + \frac{\partial U}{\partial x_{ijk}} = \lambda c_{jk} + q_{jk}\, g_{jk} \qquad (3.25)$$

という関係を得る。式(3.25)の右辺は、$\lambda\{c_{jk} + (q_{jk}/\lambda)\, g_{jk}\}$ と変形でき、(q_{jk}/λ) がトリップの時間価値であることを考えるならば、$c_{jk} + (q_{jk}/\lambda)\, g_{jk}$ はトリップの一般費用 $G\, C_{jk}$ を表わしていることが理解できる。さらに、ここでトリップの限界効用の加法性を仮定すると、

$$\partial U/\partial x_i = \Sigma_j(\partial U/\partial x_{ij}) = \Sigma\,(r_i - r_{ij}) = r_i - r_{io} \quad \}$$

$$
\left.
\begin{aligned}
\partial U/\partial x_{ij} &= \Sigma_k\,(\partial U/\partial x_{ijk}) = \Sigma_k\,(\gamma_{ij}+\gamma^{jk}) = \gamma_{ij}+\gamma^{jo}\\
\partial U/\partial x_{\cdot jk} &= \Sigma_i\,(\partial U/\partial x_{\cdot jk}) = \Sigma_i\,(\gamma_{ij}+\gamma^{jk}) = \gamma_{oj}+\gamma^{jk}
\end{aligned}
\right\} \tag{3.26}
$$

$$
\frac{\partial U}{\partial x_{ijk}} = \lambda \left\{ GC_{jk} + \frac{1}{\lambda}\,(-\gamma_i + \gamma_{io} - \gamma_{ij} - \gamma^{jo} - \gamma_{oj} - \gamma^{jk}) \right\} \tag{3.27}
$$

$$U(i,j,k) = GC_{jk} + a_{ok} + a_{jo} + a_i \tag{3.28}$$

$$U(k\mid ij) = GC_{jk} + a_{ok} \tag{3.29}$$

$$U(j\mid i) = a_{jo} + \max_k\ U(k\mid ij) \tag{3.30}$$

$$U(i) = a_i + \max_j\ U(j\mid i) \tag{3.31}$$

ここに

$U(k\mid i,j)=$ 活動i（トリップ目的i）、目的地jが与えられた場合の交通機関kを選択することの限界効用

$U(j\mid i)=$ トリップ目的iが与えられた場合の目的地jを選択することの限界効用

$U(i)=$ トリップ目的iを選択することの限界効用

式（3.28）において、a_{ok}は、式（3.27）におけるγベクトルでi、jが与えられたとして求められる定数項で、モード特性化定数とでも呼ぶべき性質のものである。a_{jo}、a_iも同様な形で誘導されたもので各々、目的地特定化定数、トリップ目的特定化定数と呼ぶことにする。いま、選択肢のなかで、たとえば（i,j,k）が選択され、（i,j,k'）あるいは（i,j',k）は選択されなかったとすると、Kuhn-Tucker条件（3.13）〜（3.16）によって、

$$U(i,j,k) \geq U(i,j,k'),\quad U(i,j,k) \geq U(i,j',k) \tag{3.32}$$

という関係が成立する。同様に、iとjは選択されるという条件で、モード選択を考えた場合、kが選択されるのであれば、

$$U(k\mid ij) \geq U(k'\mid ij)\quad k \neq k'\quad k'=1,\cdots,K \tag{3.33}$$

が成立する。このように、モード選択を考える場合には、式（3.28）においてa_{jo}、a_iは無関係な項となり、したがって、式（3.29）を得る。同様に、iが与えられたという条件のもとで目的地選択を考える場合には、式（3.28）において、a_iは無関係な項であり、また、モード選択については最適な選択を行なっていると考えられるので、式（3.29）および（3.33）を考慮すると、式（3.30）が得られる。式（3.31）についても同様である。ここで、式（3.29）を次のように確率項を含めた形に変形する。

$$\tilde{U}(k\mid ij) = \bar{U}(k\mid ij) + \hat{\varepsilon}_{jk},\quad \bar{U}(k\mid ij) = G_{jk} + \bar{a}_{ok},\quad \hat{\varepsilon}_{jk} = \bar{a}_{ok} - \hat{a}_{ok} \tag{3.34}$$

式（3.34）において、記号「～」は、その変量が確率変数であることを表わしている。このとき、式（3.30）（3.31）も各々次のように変形される。

$$\hat{U}(j\mid i) = a_{jo} + \max_k\ \hat{U}(k\mid ij),\quad \hat{U}(i) = a_i + \max_j\ \tilde{U}(j\mid i) \tag{3.35}$$

式（3.34）の確率項$\widehat{\varepsilon_{jk}}$がWeible分布に従うと仮定するならば、次のような選択確率式を求めることができる。

$$P(k\mid ij) = \mathrm{Prob}\,[\tilde{U}(k\mid ij) \geq \tilde{U}(k'\mid ij)\ ;\ k \neq k'] = \frac{\exp\ \bar{U}(k\mid ij)}{\Sigma_k \exp\ \bar{U}(k\mid ij)} \tag{3.36}$$

$$
\begin{aligned}
P(j\mid i) &= \mathrm{Prob}\,[a_{jo} + \max_k \hat{U}(k\mid ij) \geq a_{j'o} + \max_k\ \tilde{U}(k\mid ij)\ ;\ jo \neq j'o]\\
&= \frac{\exp\{a_{jo} + \ln \Sigma_k \exp \bar{U}(k\mid ij)\}}{\Sigma_j \exp\{a_{jo} + \ln \Sigma_k \exp \bar{U}(k\mid ij)\}}
\end{aligned} \tag{3.37}
$$

$$P(i) = \mathrm{Prob}\,[\,a_i + \max_j \hat{U}(j|i) \geq a_{i'} + \max_j \hat{U}(j|i')\,] = \frac{\exp\{a_i + \ln \Sigma_j \exp \bar{U}(j|i)\}}{\Sigma_i \exp\{a_i + \ln \Sigma_j \exp \bar{U}(j|i)\}} \quad \cdots (3.38)$$

式(3.36)～(3.38)はランダム効用理論から導かれた joint-logit モデルに等しい。

（4）レジャー交通について

式（3.27）より，交通目的がiで目的地がjそして交通機関kを利用する人のトリップの限界効用は，

$$\partial U / \partial x_{ijk} = \lambda\,(\,GC_{jk} + r_{ijk}) \qquad (3.39)$$

と表わせる。λは式（3.12）より，$y_i > 0$ ならば $\lambda = \{\partial U/\partial y_i - (\partial U/\partial l - \partial U/\partial T_i)s_i\}/P_i$ で与えられるので結局，式(3.39)は(3.40)で与えられる.

$$\partial U / \partial x_{ijk} = \{\partial U/\partial y_i - (\partial U/\partial l - \partial U/\partial T_i)s_i\}(\,GC_{jk} + r_{ijk})\,/\,P_i \qquad (3.40)$$

ここで，$\partial U/\partial y_i = 0$ の場合を考えてみる。すなわち，活動iを行なうことによって得られる財やサービスの限界効用がゼロのときである．ショッピングに行っても特に衣服やその他の買物を行なわないような，いわゆるウィンドーショッピングがこの例である。このときでも交通は発生するであろうか。 λは，次式で与えられるので

$$\lambda = \left(\frac{\partial U}{\partial T_i} - \frac{\partial U}{\partial l}\right)s_i\,/\,P_i \qquad (3.41)$$

で，もし，$\partial U/\partial T_i > \partial U/\partial l$，すなわち，自宅で時間をすごすよりも戸外での活動$i$に時間を費やすことの効用の方が大きい人は，その場合でもさらにトリップを行なうことを式(3.40)，(3.41)は意味する。この点がレジャー交通の特徴といえる.

4. まとめ

本研究は時间－空间系における交通行動研究のうち，特に効用理論によるアプローチについて理論的な考察を加えた。本研究で用いた効用モデルの特徴は，活動に伴い消費する時間が直接，個人の効用，不効用を構成するとした De Serpa - Bruzelius のモデルに基づいている点である．Bruzelius は De Serpa モデルをさらに拡張し交通選択モデルを誘導している。また，交通頻度選択，目的地選択，交通機関選択を含むモデルを提案しているが，この場合の基本となった式は，トリップはトリップの一般化費用が目的地で得られる便益よりも小さい場合に発生するという条件式であり，この仮定は彼の効用モデルのフレームワーク は考慮されていない。それに対し，本研究でとられたアプローチは，同一の効用モデルからトリップ目的選択，目的地選択，交通機関選択を同時に誘導するものであり，その意味では整合性がとれているといえよう。ただ，目的地選択の場合の目的地特性化定数 a_{jo} およびトリップ目的特定化定数 a_i をどのように定めるかなどの実用的な面には触れておらず今後の課題として残される。

最後に本研究は昭和56年度，57年度文部省科学研究費一般（C）の補助を得て行なったもので，その一部を報告させていただいたことを付記しておく.

参 考 文 献

(1) Domencich, T. A. and McFadden, D. (1975) Urban Travel Demand, North Holland.

(2) たとえば，Peter M. Jones (1979) New approaches to understanding travel behaviour: The human activity approach, Behavioural Travel Modelling, Groom Helm, pp. 55-80.

(3) たとえば，Szalai, A (1966) Trends in comparative time budget research, The American Behavioural Scientist, Vol. 9, pp. 3-8.

(4) [illegible], F. Stuart Chapin, Jr. (1968) Activity Systems and Urban Structure: Working Schema, AIP Journal, pp. 11-18.

(5) Anderson, J. (1970) Time-Budgets and Human Geography, London School of Economics Discussion Paper NO. 36.

(6) Blackburn, A. J. (1970) A Non-Linear Model of the Demand for Travel, The Demand for Travel: Theory and Measurement, Heath Lexington.

(7) Bruzelius, N (1979) The Value of Travel Time, Croom Helm London.

(8) Sasaki K. (1982) Travel Demand and the evaluation of transportation system change: a reconsideration of the random utility approach, Enviroment and Planning A, Vol. 14, pp. 169-182.

(9) Hemrich, M. (1964) The use of time in the study of social change, Sociological Review, Vol. 29, pp. 386-97.

(10) Gutenschwager, G. A. (1973) The time budget - Activity Systems perspective in urban research and planning, AIP Journal.

(11) Becker, G. (1965) A Theory of the allocation of time, The Economic Journal, Vol. 75, pp. 493-517.

(12) De Serpa, A. J. (1971) A Theory of the economic of time, The Economic Jour. Vol. 81, pp. 828-845.

(13) Evans, A. W. (1972) On the theory of the valuation and allocation of time, Scottish Journal of Political Economy, Vol. 19, pp. 1-17.

(14) De Donnea, F. X. (1972) Consumer behaviour, transport mode choice and value of time: Some Micro-Economic models, Regional and Urban Economics, Vol. 1, pp 355-382.

(15) Bain, J. H. (1976) Activity choice Analysis Time Allocation and Disaggregation Travel Demand Modelling, Master Thesis, MIT.

(16) Small, K. A. (1982) The scheduling of consumer activities: Work trips, The American Economic Review, pp. 467-479.

(17) Hicks, J. R. (1968) Value and Capital, Oxford University Press.

(18) Ben-Akiva and S. R. Lerman (1979) Disaggregate Travel and Mobility Choice Models and Measures of Accessibility, Behavioural Travel Modelling, Croom Helm London, pp. 654-679.