

# 複数目的を有する高齢者の交通所要時間に応じた外出行動に関する研究\*

A study on the behavior of old person who goes out to several destinations responding to travel time \*

大枝良直\*\*・植村俊史\*\*\*・時彩未\*\*\*\*・角知憲\*\*\*\*\*

By Yoshinao OEDA\*\*・Toshifumi UEMURA\*\*\*・Ayami TOKI\*\*\*\*・Tomonori SUMI\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

近年、モータリゼーションの進展により、地方を中心に公共交通網が維持できない事態が見受けられるようになった。しかしながら高齢者のような交通弱者は公共交通機関に頼らざるを得ない。そのためにできる限り公共交通機関を維持させる方法を考える必要がある。このときに交通サービスと人の外出行動の関係を定量的に表すことができれば、将来の交通政策に有用なものとなると考えられる。

高齢者の場合、就業しているケースが少なく、比較的自由に行動ができる環境にある。日常生活において買い物、娯楽などの活動を自由に選択あるいは組み合わせながら過ごすことができる。このような環境に対して適切な交通サービスを提供できれば高齢者の外出行動に大いに寄与できる可能性がある。

複数目的の交通行動に関する研究は従来様々行われてきている。目的地の選択と交通手段の関係については多くの研究が見られ、たとえば菊池ら<sup>1)</sup>、長沢ら<sup>2)</sup>、また観光地周遊行動を対象に西野ら<sup>3) 4)</sup>の研究など数多くある。基本的には、目的地の選択肢に効用関数を当てはめランダム効用理論を用いて目的地の選択行動、さらには交通手段選択を含む行動を表したものである。効用関数には様々な要因を組み込むことができる利点がある。

本研究では、高齢者を対象に日常的な活動に対して交通サービスの効果を考えようとするものである。今回はその手始めとして、交通サービスのうち、特に時間に関するもの、所要時間や運行スケジュールの効果を考える。

運行スケジュールを考える場合には、前述の研究では、少し不十分である。西野ら<sup>3)</sup>の研究などのように滞在時間を考慮し、行動時刻の決定を扱ったものもあるが、今

回のケースのように日常生活サイクルを考慮した行動時間の選択を扱ったものは見られない。

本研究では、1日24時間という時間軸の中で人がいくつかの日常的な交通目的を組み合わせしていくモデルを提案し、交通サービスのひとつである時間の影響について若干の検討をするものである。

## 2. 複数目的の行動モデル

### (1) 行動時刻決定モデル

モデルは2つの行動様式で構成する。1つは外出行動を行う際の行動時刻決定モデルで、もう1つは複数の目的地を含む目的地選択モデルである。

本研究で対象とする高齢者は1日の中で比較的自由に行動を選択できると仮定する。そこでモデルでは目的地で十分満足を得られることが動機の一つであると仮定する。そしてこの満足度を効用と考え、不利益を小さくし、できるだけ大きな利益を得ようとするのが人の行動原理であると仮定する。モデルでは、ある行動を十分な時間行った場合の満足度(効用)を基準とし、滞在時間が十分にとれないための満足の損失分を非効用で定義する。

人が外出して行動する際に感じる不都合さとして今回は4つの非効用を仮定した。これらの非効用は目的地滞在時間が短いための非効用 $D_1$ 、帰宅時刻が遅いための非効用 $D_2$ 、目的地間の移動における交通抵抗 $D_4$ である。それぞれの関数を式(1)から式(4)に示す。式(1)では限界効用逓減の法則を考慮した。

$$D_1(t_s) = m \exp(-\alpha t_s) \quad \dots (1)$$

$$D_2(t_h) = \begin{cases} B(t_h - t_b), & (t_h > t_b) \\ 0, & (t_h \leq t_b) \end{cases} \quad \dots (2)$$

$$D_3(t_s) = \delta t_s \quad \dots (3)$$

$$D_4(t_l) = \gamma t_l \quad \dots (4)$$

ここで、 $t_s$ : 滞在時間、 $t_h$ : 帰宅時刻、 $t_b$ : これ以前の時刻に対して非効用 $D_2$ を認識しなくなる閾値、 $t_l$ : 次

\*キーワード: 目的地選択、出発時刻選択

\*\*正員、博(工)、九州大学大学院工学研究院環境都市部門  
(福岡市西区元岡744、TEL& FAX 092-802-3406)

\*\*\*学生員 (福岡県春日市光町2-2-703、TEL092-574-7484)

\*\*\*\*非正員、(福岡市南区寺塚1-9-10、TEL092-551-1402)

\*\*\*\*\*正員、工博、九州大学大学院工学研究院環境都市部門  
(福岡市西区元岡744、TEL& FAX 092-802-3405)

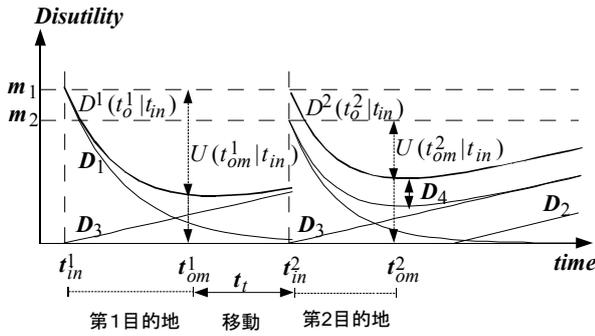


図-1 行動時刻決定モデル

の目的地までの移動時間、 $\alpha$ 、 $B$ 、 $m$ 、 $\delta$ 、 $c$ 、 $\gamma$  : 正のパラメータである。このうち  $m$  は目的地固有に与えられるもので、本研究では魅力度と呼ぶことにする。

図-1は前述の4つの非効用を用いた1日のうちで2つの外出行動を連続して行うときの行動時刻決定を表したものである。図中  $t_{in}^1$  と  $t_o^1$  は最初の目的地での行動開始時刻と終了時刻、 $t_{in}^2$  と  $t_o^2$  は第2目的地の開始時刻と終了時刻を表したものである。

単一目的行動の場合(図中では第1目的地の箇所)、考慮する非効用は  $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$  である。各非効用は加算可能とし、この時の非効用の総和(図中では  $D^1(t_o^1 | t_m)$ ) は次式(5) で与えられる。

$$D(t_o | t_m) = m \exp(-\alpha t_s) + B(t_h - t_b) + \delta t_s \dots (5)$$

ここでは、 $t_s = t_o - t_{in}$ 、 $t_h = t_o + t_t$  で与えられる。

行動時刻決定モデルは、式(1)の  $m$  で表される魅力度を基準にして他の非効用を測る構造を持つ。行動全体で得られる効用が最大になるように行動終了時刻を決定すると仮定する。 $D(t_o | t_{in})$  が最小のとき、希望(あるいは最適な)行動終了時刻  $t_o = t_{om}$ 、 $D(t_{om} | t_{in}) = D_{min}$  とし、得られる効用  $U(t_{om} | t_{in})$  は次式(6)で求められる。

$$U(t_{om} | t_{in}) = m - D_{min} \dots (6)$$

1日の中で複数の目的行動をする場合、単独目的の場合と異なり目的地間を移動するための交通抵抗として新たに  $D_4$  を考慮する。図-1に示すように2つの目的地がある場合、2つの目的地での非効用を  $D^1(t_o^1 | t_m)$ 、2番  $D^2(t_o^2 | t_m)$  とし、全行程における非効用の総和を  $D^{12}(t_o^1, t_o^2 | t_m)$  で表すとすると、総効用  $U_{12}(t_o^1, t_o^2 | t_m)$  は式(7)で表わされる。

$$\begin{aligned} U_{12}(t_o^1, t_o^2 | t_m) &= (m_1 + m_2) - D^{12}(t_o^1, t_o^2 | t_m) \\ &= (m_1 + m_2) - D^1(t_o^1 | t_m) - D^2(t_o^2 | t_m) \dots (7) \end{aligned}$$

各行動の希望終了時刻  $t_{om}^1$ 、 $t_{om}^2$  は、得られる効用  $U_{12}(t_o^1, t_o^2 | t_m)$  が最大になる時刻として決定される。

今回の研究で取り扱うような日常生活の中で行う買物行動や数時間で終わるような娯楽活動の場合は日々の生

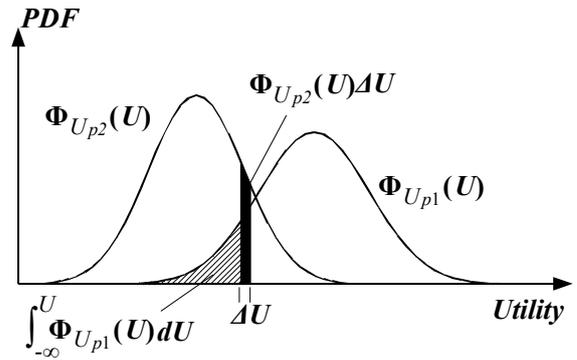


図-2 目的地の選択モデル

活サイクルの中で行っており、その時間帯を決める際には食事などの必需行動を優先して行い、それ以外の時間帯で行動をしている場合が多いと考えられる。今回の場合、昼食時間帯の中では人は行動が制限されるものとして取り扱う。モデルでのこの時間帯は制約時間の開始時間  $t_{ls}$  とその継続時間  $t_{lc}$  で表わすものとする。

同一環境下であっても、希望(最適)行動終了時刻  $t_{om}$  は人により変動すると考えられる。本研究では、この変動を個人差として仮定し、個人差を非効用関数の中の目的地滞在時間に関するパラメータ  $\alpha(D_1)$ 、生活サイクルの一つの指標である閾値  $t_b(D_2)$  及び昼制約時間の変動に導入し、確率密度関数(PDF)として扱う。本文ではそれぞれ  $\varphi_\alpha(\alpha)$ 、 $\varphi_{t_b}(t_b)$ 、 $\varphi_{t_{ls}}(t_{ls})$ 、 $\varphi_{t_{lc}}(t_{lc})$  で表わすことにする。また、入力条件である行動開始時間  $t_{in}$  も変動を持ち集団全体の分布として  $\varphi_{t_{in}}(t_{in})$  で表わす。それぞれは独立であると仮定する。希望行動終了時刻  $t_{om}$  の決定において、 $\alpha$ 、 $t_b$ 、 $t_{ls}$ 、 $t_{lc}$  を条件とする  $t_{in}$  と  $t_{om}$  の変数変換であるとみなすと、集団全体の希望行動時刻  $t_{om}$  のPDFは式(8)を用いて表される。

$$\begin{aligned} \varphi_{t_{om}}(t_{om}) &= \iiint \varphi_{t_{in}}(t_{in}) \left| \frac{dt_{in}}{dt_{om}} \right|_{\alpha, t_b, t_{ls}, t_{lc}} \\ &\varphi_\alpha(\alpha) \varphi_{t_b}(t_b) \varphi_{t_{ls}}(t_{ls}) \varphi_{t_{lc}}(t_{lc}) d\alpha dt_b dt_{ls} dt_{lc} \dots (8) \end{aligned}$$

## (2) 目的地の選択モデル

本研究で取り上げる目的地選択行動では、単独の目的行動しか行わないような場合や、複数の行動を行うような場合などいくつかの行動パターンがあり、その中から人が最適なパターンを選択すると仮定する。この場合、前節の行動時刻決定モデルを各行動パターンに用いて、総効用を算出し、その中から最も大きな効用をもつ行動パターンを選択するものとする。しかしながら、同じ個人でも同じ条件下で判断が異なることがある。そこで、その都度の行動のばらつきを確率的に変動する誤差項を導入することで、場合差に基づいた行動選択モデルを作成する。

表-1 行動パターン

行動パターン	人数	行動パターン	人数	行動パターン	人数
娯婦*	145	買娯娯婦*	9	買他婦	3
買娯	142	社娯他娯	9	娯非娯	3
社娯	92	娯他娯	8	娯社娯	3
病娯	58	社娯娯	8	病他娯	3
娯	46	娯社娯	7	社娯娯	3
非娯	21	病娯買娯	7	買買娯	3
娯買娯*	20	娯娯娯	6	非娯社娯	3
娯娯買娯*	16	娯娯社娯	6	病娯社娯	3
娯娯娯娯	15	非非娯	5	迎娯娯娯	3
旅娯	14	買娯買娯	5	社娯娯娯	3
社娯娯娯	13	娯娯病娯	5	娯娯娯娯娯娯	3
社娯社娯	13	社	4	娯	2
娯娯他娯	12	仕娯他娯	4	他	2
買買娯	11	買娯他娯	4	娯他娯	2
娯買娯	10	買娯病娯	4	病仕買	2
病買娯	10	買娯迎娯	4	病娯娯	2
社娯買娯	10	非娯買娯	4	社仕買	2
旅娯	9	娯娯非娯	4	社買娯	2
社娯	9	娯娯娯娯	4	娯他買娯	2
娯娯	9	病娯娯娯	4	買娯社娯	2

ここでは、娯：娯楽（1日を超えないもの）  
 買：日常的買い物（食料品などの購入）  
 社：社会行事などの社会参加  
 非：非日常的買い物（服や家具などの購入）  
 娯：娯宅  
 病：通院  
 旅：旅行  
 仕：仕事  
 迎：送迎

であり、左から順番に行動を行っている。

今、説明を簡単にするために、一日の中で p1「単独行動しか行わない」、p2「2つの行動をする」という二者択一の場合を考える。式(6)の  $U$ 、式(7)の  $U_{i2}$  に  $\alpha$  とは独立である場合差を導入する、平均 0、標準偏差  $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$  に従う確率分布誤差項  $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$  を式(6)、式(7)に与える。効用  $U_{p1}$ 、 $U_{p2}$  は確率的に変動し、p2 を選択する確率  $P_{p2}$  は式(9)のようになる。

$$P_{p2} = \Pr[U_{p2} > U_{p1}] \quad \dots (9)$$

ここで  $\Pr[*]$  とは、事象\*の成立する確率である。

図-2に示すように、効用関数  $U_{p1}$ 、 $U_{p2}$  のそれぞれ PDF を  $\Phi_{U_{p1}}(U|\alpha, t_{in})$ 、 $\Phi_{U_{p2}}(U|\alpha, t_{in})$  で与えられるものとする。 $\alpha$  と  $t_{in}$  を与件とするパターン p2 を選択する確率  $P_{p2}(\alpha, t_{in})$  は式(10)で表わされる。

$$P_{p2}(\alpha, t_{in}) = \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_{U_{p2}}^2(U|\alpha, t_{in}) \int_{-\infty}^U \Phi_{U_{p1}}^1(s|\alpha, t_{in}) ds dU \quad \dots (10)$$

ここで  $\Phi_{U_{pm}}^m(U|\alpha, t_{in})$  は第 m 番目の行動パターンを選択する場合の PDF を表す。

選択できる行動パターンが複数存在する時、例えばある集団が第 k 番目の行動パターンを選択する確率  $P_{pk}(\alpha, t_{in})$  は、式(10)と同様に次式で与えられる。

$$P_{pk}(\alpha, t_{in}) = \int_{-\infty}^{\infty} \Phi_{U_{pk}}^k(U|\alpha, t_{in}) \left\{ \prod_{m \neq k} \int_{-\infty}^U \Phi_{U_{pm}}^m(s|\alpha, t_{in}) ds \right\} dU \quad \dots (11)$$

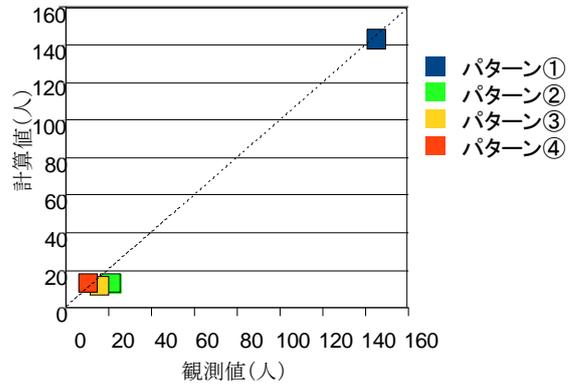


図-3 行動パターン選択の相関図

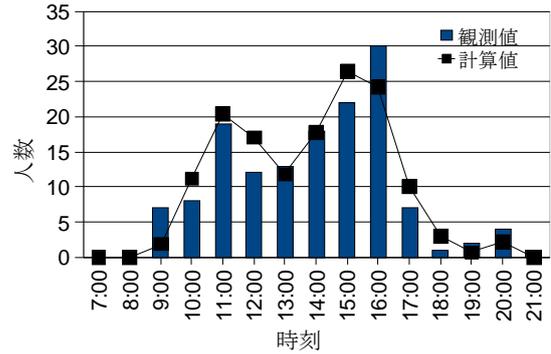


図-4 パターン①の娯楽活動終了時刻の分布

従って、集団全体では式(11)を  $\alpha$  の全領域にわたって積分することで、式(12)のように与えられる。

$$P_{pk}(t_{in}) = \int P_{pk}(\alpha, t_{in}) d\alpha \quad \dots (12)$$

(3) モデルの適用

a) 利用データ

本研究では 2007 年 12 月から翌年 2008 年 2 月ごろまで年末年始の期間を除いて F 市 H 区、K 市、M 市でアンケート調査データを用いた。これらの調査では連続する 1 週間または 2 週間の間のすべての外出行動を記録した。具体的に記録したものは出発時刻、外出目的、目的場所、利用した交通手段、目的地到着時刻などである。

表-1 にデータから得られた行動パターンとそれを行った述べ人数を示す。これらのパターンには全ての交通モードが含まれている。データから得られたパターンは様々で、これらをすべてモデルに適用をすることはできない。同日での選択対象になりにくいパターンの組合せがあるからである。今回は、これらのデータのうち比較的自由に選択可能な娯楽と買い物に関を取り上げる。表-1 に示す行動パターンのうち「\*」のついているパターンを取り上げ、1 日の中で①娯楽活動のみを行うパターン ②最初に娯楽活動、その後直接買物へ行くパターン ③最初に娯楽活動を行い、その後一旦帰宅し、再び買物のために外出する行動パターン ④最初に買物行動

表-2 パラメータ推定結果

m1(娯楽)	1.00	場合差のばらつき $\alpha$	0.03
m2(買物)	0.15	$\delta$	0.02
m3(自宅) <sup>1)</sup>	0.02	$\gamma$	1.05
tb $\mu$	18.25	B	0.03
tb $\sigma$	0.46	昼食開始時間 $\mu$	12.29
$\alpha$ (娯楽) $\mu$	0.51	昼食開始時間 $\sigma$	1.03
$\alpha$ (娯楽) $\sigma$	0.41	昼食継続時間 $\mu$	2.79
$\alpha$ (買物) $\mu$	0.62	昼食継続時間 $\sigma$	0.61
$\alpha$ (買物) $\sigma$	0.13	昼食に関わる非効用 $\beta$	0.93
$\alpha$ (自宅) <sup>1)</sup> $\mu$	0.15		
$\alpha$ (自宅) <sup>1)</sup> $\sigma$	0.11		

1) '(自宅)' は一時帰宅を行動目的としたもの

を行い、その後一旦帰宅し、再び娯楽のために外出する行動パターンの4つを扱うこととした。なお、今回の調査においては①~④パターンを選ぶサンプル数が延べ187人であった。

#### b) パラメータの推定

得られた調査結果をもとに、仮定したモデルにおけるパラメータを推定した。パラメータを推定するにあたり $\alpha$ に対数正規分布、 $t_b$ 及び昼制約時間 $t_{ls}$ と $t_{lc}$ に正規分布を仮定した。その上でモデルを適用して求めた行動終了時刻の計算値による人数の分布と観測値による人数の分布の値の二乗誤差を出して、二乗誤差が最も小さくなるようにパラメータを求めた。

モデルを適用した結果、行動パターンの選択人数の観測値と計算値の相関図は図-3のようになり、相関係数は0.998であった。また、1例としてパターン①における娯楽活動終了時刻の観測値と計算値の値を図-4に示す。このときの観測値と計算値の関係において「計算値は観測値に従う」という仮定で $\chi^2$ 二乗検定を行ったところ、有意水準5%で採択された。また他の全てのパターンにおける各行動終了時刻の計算値と観測値も同様だったことから4つのケースに用いた今回のモデルが妥当であることが示された。このときの推定により得られた各パラメータを表-2に示す。

### 3. 交通所要時間短縮の効果

ここでは前節で推定したパラメータの値を用いて交通サービスが変化したときの行動の変化を予測した。今回は自宅から娯楽活動場所までの所要時間(前節のデータでは平均約15分)、自宅から買物場所までの所要時間(平均約20分)および娯楽施設から買物施設までの所要時間(平均約40分)をそれぞれ20%、40%短くしたときの行動の選択がどうなるかを予測した。予測結果は図-5のようになった。この図から所要時間が短くなれば複数目的行動を行うときの交通抵抗に関する非効用の値が小さくなるため相対的に複数目的行動を行ったときの効用が高くなり、単一目的のパターン①に対してパ

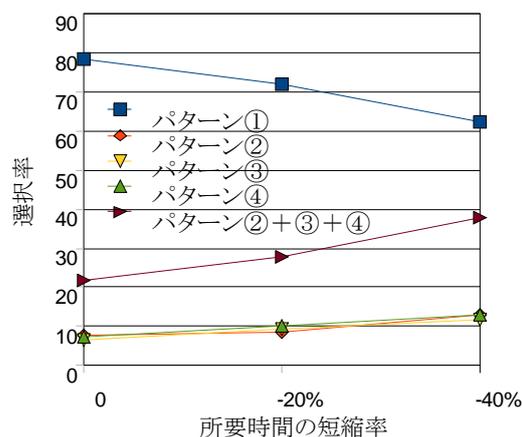


図-5 所要時間の変化と行動パターンの選択率

ターン②、③、④の選択率が高くなった。40%の短縮率はかなり大きな値であり、現実的ではないと考えられるが、提供される交通サービスが向上し、交通移動にかかる時間が減少すれば高齢者の外出パターンが変わり一日の中で複数の行動が増加する可能性を示したものと言える。

### 4. 結論

本研究では、高齢者の日常的な生活に関する外出活動と交通機関のあり方を考えていくことを目的に、まず外出活動の選択行動と交通の時間に関わる要因との関係を把握するために、活動時刻を決定するモデルと複数目的選択モデルを作成した。モデルをいくつかの都市の高齢者の1日の行動調査を行い、その中で娯楽を中心とした行動パターンに適用し、そのときの行動に回答するパラメータを求めた。その後交通所要時間の変化による活動パターンへの効果について検討を行った。

今回のモデルでは交通サービスに関しては移動にかかる時間のみを考えているが、今後の公共交通機関の運用の評価を試みる上でも、時間以外の要因を考慮する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 菊池輝、芦川圭、北村隆一：MCMC法を用いた巨大選択肢集合下での目的地選択行動の再現、土木計画学研究・講演集、No.23、pp267-270、2000
- 2) 長沢圭介、藤井聡、北村隆一：個人の選択肢集合の不確実性を考慮した生活パターン選択モデルの構築、土木学会第51回年次学術講演会、No.4、pp332-333、1996
- 3) 西野至、藤井聡、北村隆一：観光周遊行動の分析を目的とした目的地・出発時刻同時選択モデルの構築、土木計画学研究・論文集、No.16、pp681-687、1999
- 4) 西野至、西井和夫、北村隆一：観光周遊行動を対象とした複数目的地の組合せ決定に関する逐次的モデル、土木計画学研究・論文集、No.17、pp575-581、2000