

目的地滞在時間が短いリクリエーションの行動の時刻決定モデルの作成

藤池浩二*・中本 隆**・角 知憲***

本論文では、滞在時間が比較的短いリクリエーション活動の時間領域での行動を記述するモデルを作成した。本モデルは、行動の決定にかかわる非効用として、出発時刻が早いための非効用、帰宅時刻が遅いための非効用、滞在時間が短いための非効用、滞在時間が長すぎるための非効用を仮定し、全非効用を最小とするような旅客の時間的分布を予測するモデルである。

Keywords : recreational travel, temporal distribution, private car travel

1. はじめに

日帰りリクリエーション交通の時間的集中現象を取り扱うためのモデルをすでに提案した¹⁾。そのモデルは、旅客は滞在時間をできるだけ長くしたいという欲求と、出発時刻が遅く、帰宅時刻は早くしたいという欲求とのトレードオフ関係に基づいて行動を決定するとしたものである。しかし滞在時間が比較的短くてよい場合、時刻決定の自由度が大きくなり旅客の行動様式も変わる。本論文では、この種のリクリエーション交通の時間的分布を予測するモデルを作成することを試みる。

2. 入・退園行動のモデル化

(1) 非効用の仮定

前報では、行動時刻決定に関わる非効用として、自宅を出発する時刻が早いための非効用 D_1 、滞在時間が不足するための効用の損失分 D_3 、往路復路の交通抵抗 D_2 、 D_4 、帰宅時刻が遅いための非効用 D_5 を考慮した。滞在時間が短くてすむ場合、出発時刻の選択の幅が広く交通量は分散し、時間帯による所要交通時間の変化も小さいので、本論では簡単のため交通抵抗は考えない。一方で、 D_5 以外にも退出時刻を決定する要因を考慮する必要があるため、疲労や飽きなど滞在時間の長さに伴って増加する非効用 D_6 を仮定する。これらの非効用 D_1 、 D_3 、 D_5 、 D_6 を次のように取り扱う。

a) 出発時刻が早いための非効用 (D_1)

前報では、 A 、 γ を正のパラメータ、 t_a を出発時刻として、 $D_1 = A \exp(-\gamma t_a)$ とおいたが、ある程度以上出発時刻が遅くなると、 D_1 は特に意識されなくなるであ

らう。そこで、この弁別閾に対応する時刻を t_a として、

$$D_1(t_a) = \begin{cases} A \exp(-\gamma t_a) - A_0, & (t_a \geq t_a) \\ 0, & (t_a < t_a) \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

と与える。ここに、 $A_0 = A \exp(-\gamma t_a)$ は閾値である。

b) 目的地滞在時間が短いための非効用 (D_3)

滞在によって得る効用は滞在時間 t_s に対して単調増加であることと、限界効用逓減の法則を考慮し、 t_s が十分に長いときの効用を 1 として、前報と同様に

$$U(t_s) = 1 - \exp(-\alpha t_s) \dots\dots\dots (2)$$

と仮定する。したがって、 D_3 は次式で表せる。

$$D_3(t_s) = \exp(-\alpha t_s) \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 α は正の未知パラメータである。

c) 帰宅時刻が遅いための非効用 (D_5)

帰宅時刻を t_h とし、 D_1 と同様な考慮に基づいて前報で与えた関数に閾値を想定して、次の関数で表す。

$$D_5(t_h) = \begin{cases} B \exp(\beta t_h) - B_0, & (t_h \geq t_a) \\ 0, & (t_h < t_a) \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 t_a は D_5 の弁別閾に対応する時刻である。

d) 滞在時間が長いための非効用 (D_6)

D_6 は、滞在時間に関して線形関数を仮定する。

$$D_6(t_s) = \delta t_s \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 δ は正のパラメータである。

(2) 行動モデル

以下、目的地到着時刻を入園時刻、退出時刻を退園時刻と呼び、入園時刻を条件とした退園時刻の決定行動と、その行動様式を前提とした出発時刻の決定行動とに分けて取り扱う。

a) 入園時刻を条件とした退園時刻の決定

このとき考慮すべき非効用は、 D_3 、 D_5 、および D_6 である。非効用は加算可能なものと仮定すれば、その和 D_{356} は帰宅時刻 t_h により次の 2 通りの場合が考えられる。

① $t_h \leq t_a$ の場合 この場合 D_5 はゼロであるから、

* 学生会員 九州大学大学院土木工学専攻修士課程 (〒812 福岡市東区箱崎 6-10-1)

** 学生会員 九州大学大学院土木工学専攻修士課程

*** 正会員 工博 九州大学教授 工学部土木工学科

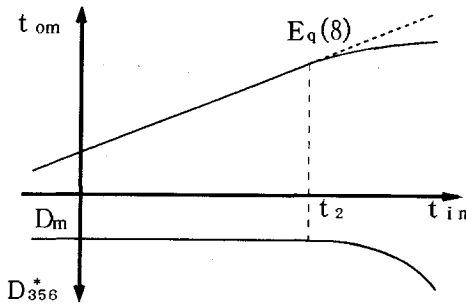


図-1 t_{in} による D_{356}^* の変化

$t_h = t_0 + t_n$ の関係を利用して次式が得られる。

$$D_{356} = D_3 + D_6 = \exp\{-\alpha(t_0 - t_{in})\} + \delta(t_0 - t_{in}) \dots (6)$$

ここに、 t_{in} は入園時刻、 t_0 は退園時刻である。最適退園時刻 $t_{0,m}$ は、式 (6) を t_0 で微分して 0 とおくことにより、

$$\frac{dD_{356}}{dt_0} \Big|_{t_0=t_{0,m}} = -\alpha \exp\{-\alpha(t_{0,m} - t_{in})\} + \delta = 0 \dots (7)$$

$$t_{0,m} = t_{in} - \frac{1}{\alpha} \log \frac{\delta}{\alpha} \dots (8)$$

と得られる。この時の滞在時間は、式 (8) を変形して、

$$t_{0,m} - t_{in} = -\frac{1}{\alpha} \log \frac{\delta}{\alpha} \equiv t_s^* \dots (9)$$

となる。また非効用の最小値 D_{356}^* は、式 (8) を式 (6) に代入して次のように得られる。

$$D_{356}^* = \frac{\delta}{\alpha} \left(1 - \log \frac{\delta}{\alpha}\right) \equiv D_m \dots (10)$$

② $t_h > t_a$ の場合 式 (4) を所要交通時間 t_n と退園時刻 t_0 を用いて書き直すと D_{356} は次式となる。

$$D_{356} = D_3 + D_5 + D_6 = \exp\{-\alpha(t_0 - t_{in})\} + B \exp\{\beta(t_0 + t_n)\} - B_0 + \delta(t_0 - t_{in}) \dots (11)$$

最適退園時刻 $t_{0,m}$ は、式 (11) を微分してゼロとおいて得られるが、 D_5 が t_0 に関して単調増加であることから、図-1 に示すとおり、退園時間は式 (8) で与えられるものより早く、 D_{356}^* は D_m より大きい。ここに、 $t_2 = t_a - t_n - t_s^*$ は、前記①と②の境界である。

b) 入園時刻の決定

$t_1 = t_b + t_n$ とし、 $t_1 < t_2$ の範囲で考える。この範囲に入らないものには前報で提案したモデルが適用される。入園時刻を t_1, t_2 を基準にして次の 3 つの時間帯に分け、非効用を求める。

① $t_{in} < t_1$ の場合 $t_a < t_b$ となるから $D_1 \neq 0$ である。式 (1) を所要時間 t_n を用いて書き直せば式 (12) となり、全非効用 D_{1356} は式 (13) で与えられる。

$$D_1(t_{in}) = A \exp\{-\gamma(t_{in} - t_n)\} - A_0 \dots (12)$$

$$D_{356}(t_{in}|t_n) = D_1 + D_m \dots (13)$$

② $t_1 \leq t_{in} < t_2$ の場合 $t_b \leq t_a$ かつ $t_h < t_a$ であるから $D_1 = D_5 = 0$ であって、全非効用は次式で与えられる。

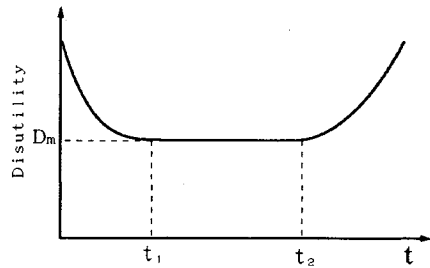


図-2 全非効用の時間変化

$$D_{1356}(t_{in}|t_n) = D_m \dots (14)$$

③ $t_2 \leq t_{in}$ の場合 $t_a \leq t_h$ となるから非効用 D_5 はゼロでなく全非効用は次式で与えられる。

$$D_{1356}(t_{in}|t_n) = D_{356}(t_{in}|t_n) \geq D_m \dots (15)$$

図-2 は式 (13)~(15) より得られる全非効用の変化を表す。全非効用は、区間 $[t_1, t_2]$ で一様に最小値 D_m をとる。したがって、入園者は入園時刻を時刻 t_1 から t_2 の間に一様を選び、その領域の外に選ぶことはないと考えられる。結局、非効用 D_1, D_5 の関数形は、閾値を除いて無関係であることになる。入園時刻の確率密度関数 (以下、PDF と略記する) ϕ_{in} は次式で与えられる。

$$\phi_{in}(t_{in}|t_1, t_2) = \frac{1}{t_2 - t_1} \dots (16)$$

c) 個人差・場合差の考慮

すべての入園者の滞在時間は式 (9) で与えられるが、その t_s^* にも個人差・場合差による変動がある。この変動を δ の変動によるものと仮定する。 t_s の PDF を $\phi_{is}^*(t_s)$ 、 δ の PDF を $\phi_\delta(\delta)$ とすれば、

$$\phi_{is}^*(t_s) = \phi_\delta(\delta) \left| \frac{d\delta}{dt_s} \right| \dots (17)$$

である。次に t_a, t_b にも変動を考慮する。 t_a, t_b の分布 $\phi_{ia}(t_a), \phi_{ib}(t_b)$ が与えられると、次式のように表すことができる。

$$\phi_{i1}(t_1|\delta, t_n) = \phi_{ib}(t_1 - t_n) \dots (18)$$

$$\phi_{i2}(t_2|\delta, t_n) = \phi_{ia}(t_2 + t_s^* + t_n) \dots (19)$$

式 (16) に式 (18)、式 (19) を用いて、入園者全員の PDF は、

$$\phi_{in}(t_{in}) = \int \int \frac{1}{t_2 - t_1} \phi_{i1}(t_1|\delta, t_n) \cdot \phi_{i2}(t_2|\delta, t_n) \cdot \phi_\delta(\delta) d\delta \cdot \phi_m(t_n) dt_n \dots (20)$$

で与えられる。ここに $\phi_m(t_n)$ はトリップ時間 t_n の PDF である。退園時刻分布は、式 (20) で与えられる入園時刻分布と、式 (17) で与えられる滞在時間分布をたたみ込み積分をして得られる。

図-3 は横軸に時刻、上方に t_{in} の確率密度、下方に t_1, t_2 の確率密度、 $\phi_{i1}(t_1|\delta, t_n, t_b), \phi_{i2}(t_2|\delta, t_n, t_a)$ をとって両者の関係を示したものである。図-3 の矩形分布 $\phi_{i1}^{(i)}(t_{in}|t_1, t_2^{(i)})$ 、($i=1, 2$) は、 $t_1, t_2^{(i)}$ が与えられた場

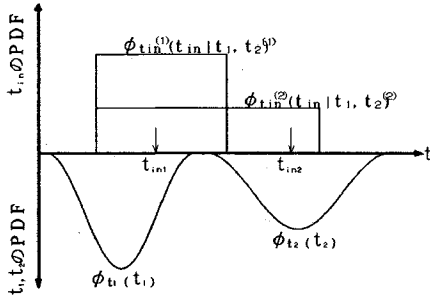


図-3 t_{in} の PDF

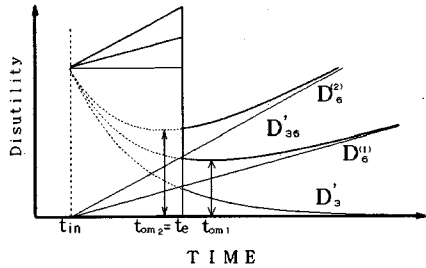


図-4 D_{36} の時間変化

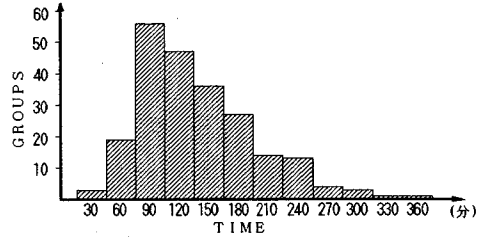


図-5 t_n の分布

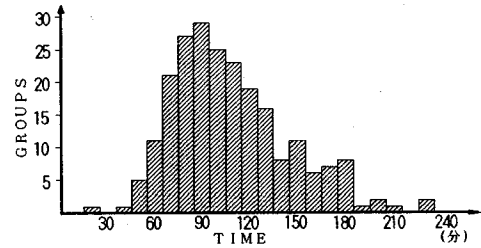


図-6 t_s の分布

合の t_{in} の分布である。ここで、 t_{in1} に入園した人を考えてみる。この人は $t_2^{(1)}$ を持つ場合も $t_2^{(2)}$ を持つ場合もあり得る。一方、 t_{in2} に入園した人には $t_2^{(1)}$ を持つことはない。つまり、常に $t_2 \geq t_{in}$ である。換言すれば、遅く入園する者ほど在園時間が短い者、あるいは t_a が遅い者が多い。同様の考察は t_2 を同じくし t_1 を異にする二人にもあてはまる。すなわち、入園時刻の分布の内、早い部分と遅い部分では、そこに含まれる人の行動特性にあるバイアスがかかっていることに留意する必要がある。

(3) 定時に開かれる催しものの効果

施設によっては定時に催し物が開かれることがある。この観覧者については、公演の終了までは十分な満足は得られないので、公演終了時刻 t_e まで非効用を 1 とし、その後は式 (3) と同形であると仮定する。

$$D_3 = \begin{cases} 1 & (t_0 < t_e) \\ \exp\{-\alpha(t_0 - t_{in})\} & (t_0 \geq t_e) \end{cases} \dots\dots\dots (21)$$

この場合最適退園時刻は、 t_{in} と δ によって異なる。図-4 に示したように、 δ が小さく $t_e \leq t_{om}$ なら、式 (8) がそのまま最適退園時刻を与えるが、 δ が大きく $t_{om} < t_e$ なら t_e が最適退園時刻となる。また、式 (21) を用いると、図-2 の $[t_1, t_2]$ の期間でも非効用の変化が生じ、入園時刻分布に集中部分が生じるが、入園者が公演時刻を意識して行動していないときにはこのような集中はない。この場合式 (21) は、退園時刻の計算にのみ適用すれば良い。

3. マリンワールドへの適用

(1) 利用データの概要

本論文では、福岡市のマリンワールド海の中道で平成 2 年 5 月 27 日 (日) に実施した全数調査 (比較的遅く入園した者の一部を欠測したため、一時間ごとの入場券販売数から入園時刻分布を修正したが、退園時刻分布の遅い部分は修正しきれなかった可能性がある) で得たデータの内、福岡市及びその近郊から自家用車で来園した 224 組 (1 組当たり平均人数は 3.2 人) を対象とした。図-5, 6 に調査から得られた t_n の分布、および t_s の分布を示す。この施設では、10 時、12 時、13 時、14 時、15 時、16 時の 6 回、約 30 分間イルカとアシカのショーが催されていて、入園者の多くがこれを観覧するが、入園時刻分布から判断して、入園時にはショーの時間に回答していないものと見られる。そこで、滞在時間の計算のみにこの影響を考慮することにする。

(2) パラメータ δ の推定

$\alpha=1$ と仮定し式 (8) を変形すると次式となる。

$$t_{om} - t_{in} = -\log \delta \dots\dots\dots (22)$$

前にのべた入園時刻分布の内バイアスのかかる部分 (以下のように計算される滞在時間の分布に相違が見られる部分である。) を除き、得られた平均滞在時間 $t_s=1.8$ (h) を上式に用いて、 δ の平均値 $=0.1653$ を得た。さらに、 δ の代表値として 0.0108 から 0.0515 ごとに 17 点を取り、同じ入園者の滞在時間 t_s の観測値から δ の分布を計算した。図-7 は求められた δ の分布及びそれを対数正規分布で近似したものを示す。対数正規分布は $\mu = -1.609$, $\sigma = 0.715$ として次式で表される。

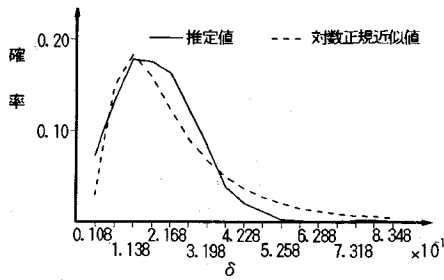


図-7 δ の分布

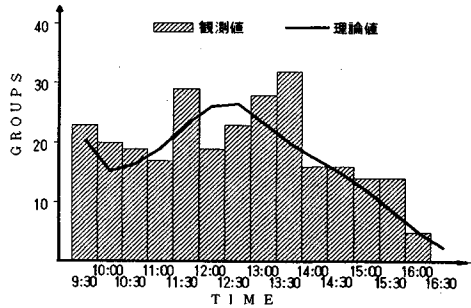


図-8 入園分布

$$\phi_{\delta}(\delta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma\delta} \exp\left\{-\frac{(\log\delta - \mu)^2}{2\sigma^2}\right\} \dots\dots\dots (23)$$

(3) 入園時刻分布の推定

t_a, t_b を正規分布と仮定すると、ある t_n については t_1, t_2 の分布は共に正規分布と見なせる。そこで、 δ を式(22) のようにおき、 t_a, t_b の分布のパラメータ $\mu_{ib}, \sigma_{ib}, \mu_{ia}, \sigma_{ia}$ を変化させながら $\phi_{i1}(t_1|\delta, t_b, t_n)$ および $\phi_{i2}(t_2|\delta, t_a, t_n)$ を計算し、式(20)に代入して、 $\phi_{in}(t_{in})$ を求め、観測された入園時刻分布との χ^2 値が最小となるように $\mu_{ib}, \sigma_{ib}, \mu_{ia}, \sigma_{ia}$ を推定した。その結果得られた分布が図-8の実線である。棒グラフで表された観測値に対して χ^2 検定を行った結果、有意水準 10% の適合度を得た。得られたパラメータの値はそれぞれ $\mu_{ib} = 8.0, \sigma_{ib} = 0.29, \mu_{ia} = 19.5, \sigma_{ia} = 0.25$ であった。

次に先に述べた方法により、ショーの時間を考慮しながら退園時刻を計算した結果を、図-9に示す。観測値と計算値の適合度は、 χ^2 検定の有意水準 2.5% である。

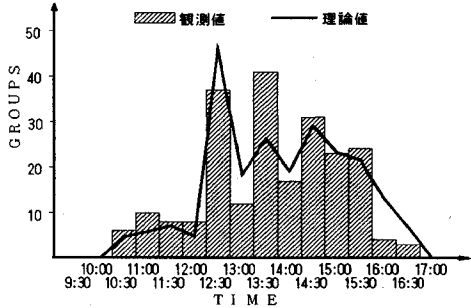


図-9 公演の影響を考慮した退園分布

4. 考察と結論

本論文では、前報で提案したモデルに対し、① D_1, D_2 に閾値を想定したこと、② D_3 を追加したこと、の2点の修正を加えて、比較的短い滞在時間しか必要としないレクリエーション活動の時間領域での行動を記述するモデルを作成した。本モデルは所要交通時間を与えて退園時刻及び出発時刻を決定する構造を持つ。使用デー

タには欠測による歪みが介入した可能性があるが、提案したモデルは、入園時刻および退園時刻の分布をほぼ予測できる。今後、他の交通目的による交通との干渉を考慮すること、公共交通機関利用者に対する適用可能性を検討すること、昼食時間の影響を導入することとともに、機関分担や発生交通量との関連を検討することなどが課題となる。

参考文献

1) 角知憲・北岡大記・出口近士・一ノ瀬修：時間的拘束を受けない日帰り交通の時刻決定行動モデルと自動車を用いるレクリエーション交通への適用，土木学会論文集，No. 365/IV-14, 1991.

(1991. 6. 12 受付)

A TIME DECISION MODEL OF RECREATIONAL TRIPS WHICH DO NOT TAKE LONG STAY

Kouji FUJIIKE, Takashi NAKAMOTO and Tomonori SUMI

This paper describes an attempt to find a model to predict temporal distributions of recreational travels which do not take long stay. The model is formed by assuming disutility-minimizing behavior of travellers, taking account of the earliness of departure time, lateness of arrival time at home, shortness of stay at the destination. The model provides the distributions of departure time and leaving time for home for origin-destination pair.

The model was applied to the recreational trips by cars to Marine World in Fukuoka. It was revealed that the model provided reasonable predictions.