

投稿論文(和文ノート)

**TECHNICAL
NOTE**

買物交通の駐車時間に与える購買額の影響

和泉 直助¹・角 知憲²・大枝 良直³・中島 英明⁴

¹正会員 工修 日本道路公団 (〒225 横浜市青葉区新石川4-4-17)

²正会員 工博 九州大学教授 工学部建設都市工学科 (〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)

³正会員 工修 九州大学助手 工学部建設都市工学科 (〒812 福岡市東区箱崎6-10-1)

⁴正会員 工修 JR九州施設部工事課 (〒801 北九州市門司区清滝2-2-29)

本ノートは、さきに提案した時間的に拘束されない一日交通の行動時刻決定モデルに基づいて、休日の買物行動予測を可能とすることを目的とし、その第一段階として購買額と滞在時間の関係をモデル化しようとしたものである。前に提案したモデルはいくつかの構成概念を含むが、これらの構成概念は人の行動特性を数値的に表現したものである。本ノートでは、購買額による滞在時間の変化を、購買額に応じて定義した魅力度を構成概念としてモデル化した。この魅力度によって、購買額と滞在時間の関係を良く表現できることが判明した。

Key Words : *disutility, parking time, amount of purchase*

1. はじめに

時間的に拘束されない一日交通の交通量の時間的変動を記述するモデル^{1), 2), 3)}は先に提案し、リクリエーション交通に適用した。買物交通は、旅行時間や滞在時間が比較的短いという特徴があり、リクリエーション交通の滞在時間が短い場合が適用できる。買物行動では、自宅の出発時刻、滞在時間、店舗の選択、購買額などの意志決定が行われるが、本ノートでは、休日の買物交通の時間領域の行動の予測の第一段階として、買物施設の容量や設備の回転率を支配する滞在時間を取り上げ、購買額と駐車時間の関係を検討してみる。買物客は、購買額により目的地滞在時間を変化させる可能性がある。自動車を利用する買物客では、各種の駐車料金制度は滞在時間の決定に影響すると考えられる。そこで、購買額により変化する魅力度という概念を用いて、買物交通における滞在時間の購買額・駐車料金割引制度による相違を表し、買物旅客を対象とする駐車場規模や客扱い施設の計画に役立てようとするものである。

2. 買物交通の時刻決定モデル

(1) 非効用の仮定

これまでのモデルでは、目的地に十分な時間滞在

して得られる効用を1とし、滞在時間が十分でないために効用が1に満たないことを非効用と定義している。本ノートでは、購買額により人が必要とする滞在時間が変化することを考慮して、十分な時間滞在して得られる効用を魅力度 m として式(1)で効用 U を表す。 m は外的に同一な条件にある人の滞在時間の系統的な変化を表す構成概念である。滞在時間が十分でない場合の不足分の非効用 D_s は、式(2)で表される。図-1は、定義された滞在時間が短いための非効用 D_s の関数形が、購買額により得られる効用が異なる様子を示す。また購買額により滞在時間の長さが異なることを表している。買物行動は、出発時刻が早いための非効用式(3)と、帰宅時間が遅いための非効用式(4)の、非効用として認識される閾値 t_b 、 t_a の間でランダムに行われる³⁾。また、駐車料金が增加するための非効用 D_r を駐車時間の関数として式(5)で、滞在時間が増加するにつれ現れる疲労や飽きなどを代表する非効用 D_t を式(6)で与える。

$$U = m \cdot (1 - \exp(-\alpha t_s)) \quad (1)$$

$$D_s = m \cdot \exp(-\alpha t_s) \quad (2)$$

$$D_1 = A \cdot \{\exp(-\gamma t_a) - \exp(-\gamma t_b)\} \quad (3)$$

$$D_2 = B \cdot \{\exp(\beta t_b) - \exp(\beta t_a)\} \quad (4)$$

$$D_r = r a (t_s - t_r) \quad (5)$$

$$D_t = b t_s \quad (6)$$

ここに、 A , B , α , β , γ , r , b , m は正のパラメータ、 a を駐車料金(円/時間)、 t_a を出発時

刻, t_h を帰宅時刻, t_s は滞在時間(駐車時間), t_b , t_e は出発時刻と帰宅時刻の非効用を認識する閾値, t_f は駐車料金の無料時間で, 購買額による駐車料金の割引制度により決められる. 本ノートでは, m の測定のために目的地到着時刻を条件とした退出行動モデルを記述するので, 出発時刻が早いための非効用 D_1 は考慮しない. また, 帰宅時刻が遅いための非効用 D_5 を認識する閾値 t_a には, 個人差が予想されるので, 到着時刻が遅い時間帯では買物客の集団に偏差があり得るが, いま, 十分に早い時間帯に到着する買物客をとれば, 閾値 t_a の影響はない. 結局, 非効用 D_1 , D_5 の影響のない時間帯に限って買物客の行動を観測し, 非効用 D_3 , D_6 , D_7 の和を最小にするように目的地退出時刻を選ぶものとして, パラメータ m , b , r を決定する. このとき, 駐車料金の割引制度には応答する人とならない人があるので, 駐車料金の割引に応答しない退出行動モデルと応答するモデル両方を作成し, これを組み合わせることで全体の行動を記述することにする.

(2) 駐車料金の割引に応答しない退出行動モデル
非効用の和は駐車料金の非効用 D_3 を除いて次式で得られる.

$$D_{37}(t_o | t_{in}) = D_3 + D_7$$

$$= m \cdot \exp(-\alpha(t_o - t_{in})) + b(t_o - t_{in}) \quad (7)$$

この非効用の時間変化を図-2に示す. 人は図-2の全非効用が最小となる時間 t_{om} に退出する. 入庫時刻 t_{in} を条件とした希望出庫時刻 t_{om} は式(7)を t_o に関して微分し0とおき, 整理すると次式が得られる.

$$t_{om} = t_{in} - \frac{1}{\alpha} \log \frac{b}{m\alpha} \quad (8)$$

人の行動特性を表すパラメータは α , b , m である. このうち m は購買額に応答するパラメータであるので, 同一購買額における行動特性は α , b で表せる. D_3 と D_7 は各々独立に測定できるものではなく, α と b はいずれかに対して相対的に測られるほかはない. そこで, $\alpha = 1$ と仮定して変形することにより式(9)が得られる. t_p は買物交通での滞在時間を表す駐車時間である.

$$t_p = t_{om} - t_{in} = -\log \frac{b}{m} \quad (9)$$

上記の行動は人や場合により変動する. そこで, この変動を式(8)中の b の変動で表すと仮定すると, t_p , b の確率密度関数 $\phi_p(t_p)$, $\phi_b(b)$ の関係は式(10)で表される.

$$\phi_p(t_p) = \phi_b(b) \left| \frac{db}{dt_p} \right| \quad (10)$$

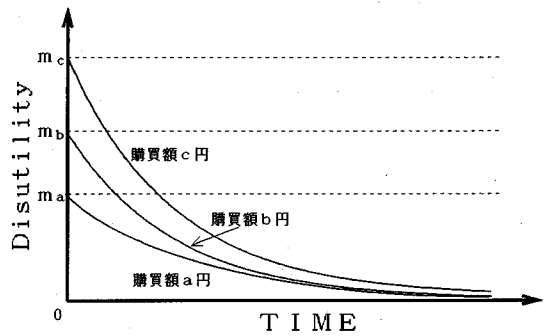


図-1 滞在時間が短いための非効用 D_3 の関数形

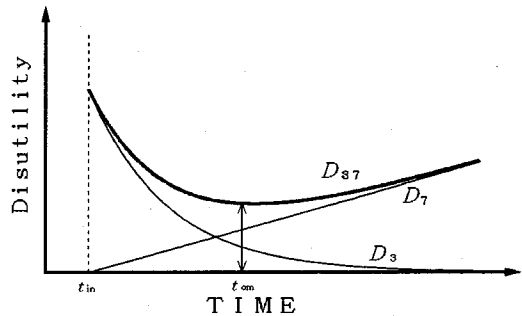


図-2 割引に応答しない非効用の時間変化

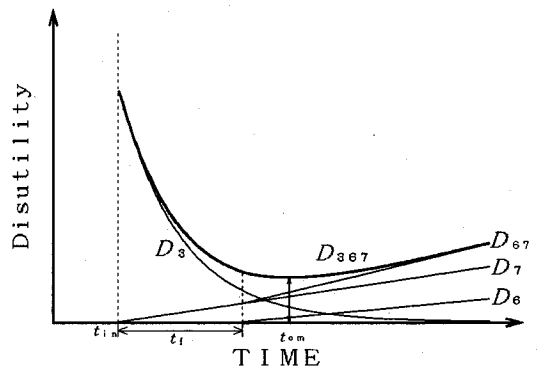


図-3 割引に応答する非効用の時間変化

ここで $\phi_p(t_p)$ に観測された駐車時間分布を与え, 式(9)を代入して $\phi_b(b)$ を測定する.

(3) 駐車料金の割引に応答する退出行動モデル

ここでは, 購買額により与えられる駐車料金の無料時間 t_f までは駐車料金は免除されるという割引制度について取り扱う. 目的地退出時刻の決定様式には, 次の2通りがある.

a) $0 \leq t_p < t_f$ の場合

これは、十分な購買者で駐車料金の無料時間 t_f 以前に退出する人およびそれ以後の一部である。駐車料金の増加による非効用 D_6 を無視し、前記の駐車料金の割引に回答しないモデルと同様である。

b) $t_f \leq t_p$ の場合

駐車料金の増加による非効用 D_6 を追加して、非効用の和は次の式(11)で得られる。

$$D_{367}(t_o | t_{in}) = D_3 + D_6 + D_7 \\ = m \cdot \exp(-\alpha(t_o - t_{in})) \\ + r a(t_o - t_{in} - t_f) + b(t_o - t_{in}) \quad (11)$$

式(8)と同様に、式(11)を t_o に関して微分して 0 とおき、整理すると次式が得られる。

$$t_{om} = t_{in} - \frac{1}{\alpha} \log \frac{r a + b}{m \alpha} \quad (12)$$

ただし、式(11)は $t_f \leq t_p$ の時に仮定したものである。計算上式(12)で得られる駐車時間 t_p が、駐車料金の無料時間 t_f より小さい場合は、

D_{367} の最小値を $t_p = t_f$ とする。式(9)と同様に、 $\alpha = 1$ として変形すると式(13)が得られる。

$$t_p = \begin{cases} t_f & (D_{37}(t_f) < D_{367}(t_{om})) \\ t_{om} - t_{in} = -\log \frac{r a + b}{m} & (D_{37}(t_f) \geq D_{367}(t_{om})) \end{cases} \quad (13)$$

駐車料金の割引に回答する非効用の時間変化を図-3に示す。上記の行動の人や場合による変動を r , b の確率密度関数 $\phi_r(r)$, $\phi_b(b)$ を用いて、駐車時間の確率密度関数 $\phi_{tp}(t_p)$ は式(14)のような関係で表す。

$$\phi_{tp}(t_p | b) = \phi_r(r) \left| \frac{d r}{d t_p} \right|_b$$

$$\phi_{tp}(t_p) = \int \phi_{tp}(t_p | b) \cdot \phi_b(b) d b \quad (14)$$

上記(2)と同様に、 $\phi_{tp}(t_p)$ に観測された駐車時間分布を与え、式(13)を代入して $\phi_r(r)$ を測定する。

駐車時間分布は駐車料金の割引に回答するモデルと回答しないモデルの割合を p_1 , p_2 として、式(15)のように加重平均で表す。ここに、 $\phi_{tp1}(t_p)$, $\phi_{tp2}(t_p)$ は、それぞれ $p_1 = 1$, $p_2 = 1$ とした時に求められた駐車時間 t_p の確率密度関数と仮定する。ここに、上式の $\phi_b(b)$ は式(10)の $\phi_b(b)$ と共通であることに注意する。

$$\phi_{tp}(t_p) = p_1 \cdot \phi_{tp1}(t_p) + p_2 \cdot \phi_{tp2}(t_p) \\ p_1 + p_2 = 1 \quad (15)$$

$\phi_{tp}(t_p)$ に観測された駐車時間分布を与え、 p_1 , p_2 を測定する。

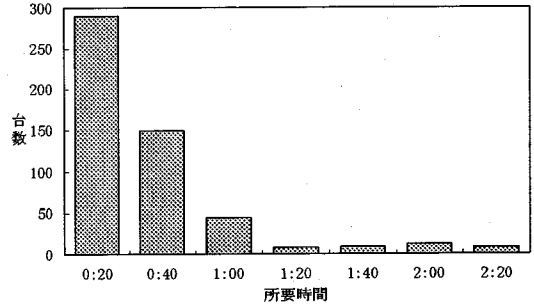


図-4 買物客の交通所要時間の分布

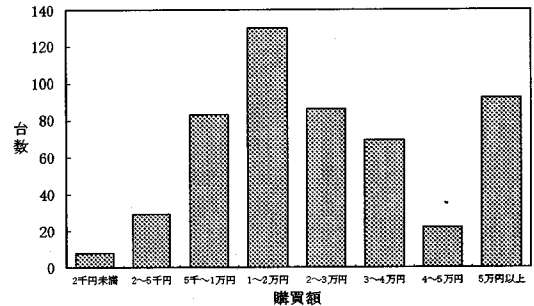


図-5 買物客の購買額の分布

3. 福岡市西新地区への適用

(1) 利用データの概要

福岡市早良区西新の百貨店の駐車場で、アンケート調査を実施した。調査は平成5年11月28日(日)の午前10時から午後7時まで、同店の専用駐車場に駐車した全車の運転者に対して、入庫時に調査票を配布し、出庫時に回収した。配布数1317票、回収数1111票、回収率84%である。この駐車場の料金制度は、350円/時間であり、購買額2千円で1時間、5千円で2時間、3万円で3時間まで無料という駐車料金の割引がある。なお、1台当り平均搭乗者数は2.7人であった。すでに述べたように、遅い時間に到着する買物客には、帰宅時刻の非効用のために、長い滞在時間を要求するものが欠落するので、午後3時までに到着した527票を取り扱った。図-4に買物客の交通所要時間の分布を、図-5に購買額の分布を示す。図-4のように、大半が百貨店の近くからの買物客であり駐車時間の決定に対する旅行時間の効果はごく小さい。また図-5のように、買物客の購買額は1~2万円を中心に広く分布しており、このデータを休日における商業地区の買物行動を表すものとして利用した。

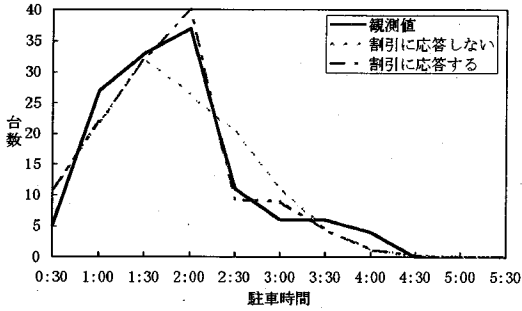


図-6 割引に应答するモデルと应答しないモデルの購買額1万円以上2万円未満駐車時間分布

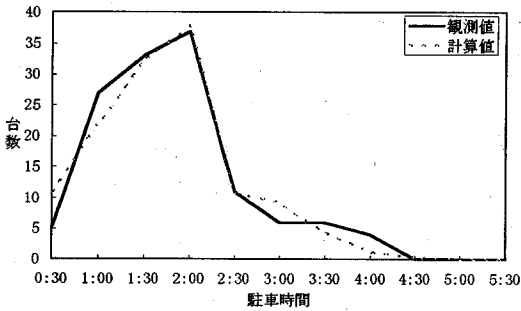


図-7 足し合わせた駐車時間分布

(2) 購買額1万円以上2万円未満の駐車時間分布の推定

データ数が最も多い購買層の購買額1万円以上2万円未満をほかの購買層に対する基準として、上記の各式で $m=1$ と仮定し、駐車料金 $a=350$ (円/時間)を与える。割引に应答しないモデルでは、式(10)中の $\phi_{i_p}(t_p)$ に観測された駐車時間分布を与え、 $b>0$ が定義域であることから、 b の分布を対数正規分布と仮定して計算したものが図-6の破線である。割引に应答するモデルでは、駐車料金の無料時間 t_f までは式(10)、 t_f 以後は式(14)で b と r の分布も同時に対数正規分布に仮定したものを一点破線で示す。式(15)により、それぞれのモデルを加重平均して足し合わせたものが図-7である。 b と r のパラメータはそれぞれ $\mu_b=-1.588$ 、 $\sigma_b=0.865$ 、 $\mu_r=-14.974$ 、 $\sigma_r=0.676$ であった。調査結果との適合度は、k. s検定で有意水準20%であり、割引に应答するモデルの割合は約85% ($p_1=0.85$)であった。

表-1 各購買層による平均購買額と調査結果との適合度

購買層	平均購買額	調査結果との適合度
2千円～5千円	3000円	K. S検定有意水準20%
5千円～1万円	6000円	χ^2 検定有意水準75%
1万円～2万円	12000円	K. S検定有意水準20%
2万円～3万円	21000円	χ^2 検定有意水準25%
3万円～4万円	31000円	χ^2 検定有意水準75%
4万円～6万円	47000円	χ^2 検定有意水準10%
6万円以上	105000円	χ^2 検定有意水準1%

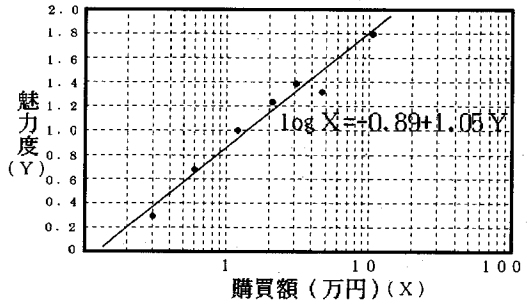


図-8 購買額と魅力度

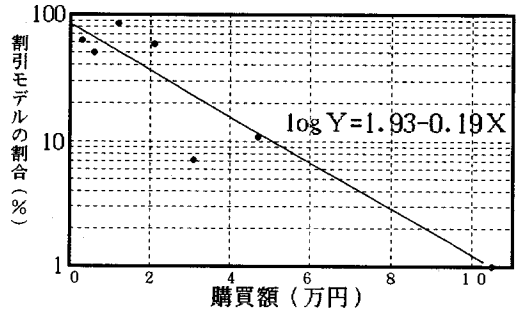


図-9 購買額と駐車料金の割引

4. 購買額による駐車時間分布と魅力度

購買額1万円以上2万円未満の駐車時間分布を求める際に得られた b と r のパラメータと式(10)、式(14)を用いて、また割引に应答するモデルとしないモデルの割合(p_1 、 p_2)を変え、購買額毎の駐車時間分布を推定した。 χ^2 検定で有意差がなかった購買層をまとめ、購買額2千円以上5千円未満、5千円以上1万円未満、1万円以上2万円未満、2万円以上3万円未満、3万円以上4万円未満、4万円以上6万円未満、6万円以上の駐車時間分布を観測値との χ^2 値が最小となるように推定した。各購買層の平均購買額と調査結果との適合度を表-1に示す。各購買額の魅力度 m との平均購買額の関係を

図-8に示す。駐車料金の割引に应答するモデルの割合と各購買額の平均購買額の間を関-9に示す。関の直線は、それぞれ回帰分析により得られたものである。

5. 考察と結論

本ノートでは、休日の自動車を利用する買物客の行動モデルを作成し、購買額1万円以上2万円未満買物客のデータから、非効用関数の駐車料金の評価を表すパラメータ r 、疲労や飽きを表すパラメータ b の分布を推定した。これらの分布は人の感覚的なものであるから購買額によらず同じであると仮定して、魅力度 m の値と駐車料金の割引モデルの割合 (p_1, p_2) を変化させることにより購買額ごとの駐車時間分布を推定した。

図-8のように、購買額と魅力度には良好な対応関係が認められ、魅力度によって購買額と滞在時間の関係を表すことができたと考える。また、関-9のように、買物客の購買額と駐車料金の割引への应答する者の割合にも、比較的良好的な対応関係が見られる。この関からは、購買額がある程度大きい買物客では、駐車料金に应答する割合が小さくなり、高

額購入・長時間割引制度には効果が少ないことがわかる。

このアンケート調査の時期はお歳暮の時期であったので、買物客の行動が普段とは異なる可能性もある。また、買物の魅力度は、個人的な属性によっても変化が大きいと考えられる。これらの点について、今後検討を続けてゆく必要があると考えられる。

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リクリエーション交通への適用, 土木学会論文集, No. 425/IV-14, pp73-79, 1991.
- 2) T. Sumi, K. Imaizumi, O. Ichinose and M. Motoyama: A Model for Predicting the Temporal Distribution of One-day Recreational Travel, *Transportation Planning and Technology*, Vol. 18, pp. 199-221, 1994.
- 3) 藤池浩二, 中本隆, 角知憲: 目的地滞在時間が短いリクリエーション行動の時刻決定行動モデルの作成, 土木学会論文集, No. 440/IV-16, pp. 177-180, 1992.
(1995.9.25 受付)

THE EFFECT OF PURCHASE AMOUNT OF DOWNTOWN SHOPPERS ON THEIR PARKING TIME

Naosuke IZUMI, Tomonori SUMI, Yosinao OHEDA and Hideaki NAKASIMA

The purpose of this note is to predict parking time length of downtown shoppers on holidays as a function of purchase amount. The time decision model of temporally unconstrained one-day travel was proposed previously. This note defines degree of commercial fascination by purchase amount, for the purpose of expressing difference of staying time by purchase amount. It was revealed that the attractiveness expressed the relation between amount of purchase and the staying time.