効用最大化に基づく駐車場誘導に関する研究

名古屋工業大学　学生員　○　藤井　充
豊田工業高等専門学校　正員　野田　宏治
名古屋工業大学　正員　松井　寛

1．はじめに

近年、我が国では自動車の普及率の上昇に伴い都市中心部への車の流入が増大し、駐車場不足や路上駐車等の駐車問題が大きくなっている。本研究は現存の駐車場を効率良く活用するためにドライバーの駐車場選択行動を駐車待ち時間、駐車料金、目的地までの距離等を説明変数としてモデル化し、これより求めた利用者均衡モデルによってドライバーの駐車場選択行動を表現した、より実際的な駐車場誘導計画の手法を開発しようとするものである。

2．利用者均衡モデル

これから説明するモデルは、ある誘導地点に任意の時刻に到着した車を最も効用の大きい駐車場へ誘導するもので、駐車場選択行動を動的に扱う必要がある。便宜上時刻を離数化して次のような変数を定義する。

$q(n)$；n段階における駐車需要交通量
$u^k(n)$；n段階に駐車場kの待ち行列に流入する交通量
$s^k(n)$；n段階に駐車場kを流出する交通量
$\tau^k(n)$；n段階に駐車場kの待ち行列に到着した車の待ち時間と駐車時間の和
$x^k(n)$；n段階における駐車場kの待ち台数を含めた存在台数
Ca^k；駐車場kの容量
l^k；駐車場kまでの距離
m^k；駐車場kの駐車料金
w^k；駐車場kから目的地までの徒歩距離
c^k；l^k，m^k，w^kを時間に換算したもの

各段階において各駐車場への流入交通量の和をとると駐車需要交通量と一致するから

$$q(n)=\sum_k u^k(n) \qquad (1)$$

又各駐車場への流入交通量は非負条件を満足するから

$$u^k(n)\geq 0 \qquad (2)$$

今、次式による評価関数を与え、制約条件（1），（2）のもとで最小化することにより効用が最大となる駐車場kを見出すことを示す。

$$J=\Sigma\sum_n\sum_k u^k(n)\,[\tau^k(n)+c^k]$$

ラグランジュ関数Φを導入すると

$$\Phi=\sum_n\sum_k u^k(n)\,[\tau^k(n)+c^k]-\sum_n\lambda(n)\,[\Sigma u^k(n)-q(n)]$$

ここでλ(n)はラグランジュの未定乗数である。

$u^k(n)$で微分すると

$$\frac{\partial\Phi}{\partial u^k(n)}=\tau^k(n)+c^k-\lambda(n)$$

Kuhn－Tuckerの解の存在定理より

$u^k(n)>0$のとき（駐車場kを利用するとき）

$$\tau^k(n)+c^k=\lambda(n) \qquad (3)$$

$u^k(n)=0$のとき（駐車場kを利用しないとき）

$$\tau^k(n)+c^k\geq\lambda(n)$$

ここにλ（n）は駐車場kに無関係なことから、λ（n）はn段階において駐車場の利用における最小の負効用、逆に言えば最大の効用を表しており、等時間原則に基づいていることを示している。

一方、駐車待ち時間$\tau^k(n)$は次のように表すことができる。[1)]

$x^k(n)>Ca^k$のとき

$$\tau^k(n)=(x^k(n)-Ca^k)/s^k(n) \qquad (4)$$

$x^k(n)\leq Ca^k$のとき

$$\tau^k(n)=0 \qquad (5)$$

(3),(4),(5)式から駐車場の利用における負効用は

$x^k(n)>Ca^k$のとき

$$y^k(n)=(x^k(n)-Ca^k)/s^k(n)+c^k \qquad (6)$$

$x^k(n)\leq Ca^k$のとき

$$y^k(n)=c^k \qquad (7)$$

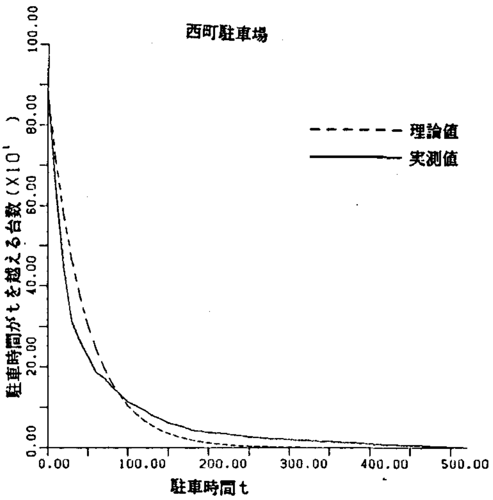
となり、yを最小化する駐車場kを求めてそこに需要駐車量を流すように誘導する。

3．駐車場流出台数の推定

駐車場流出台数$s^k(n)$は実際に各駐車場で段階

ごとに観測したデータを用いてもよいが、ここでは実測値による駐車場の駐車時間の分布から流出台数を推定する。

今実測資料により駐車時間の長さ別に、その観測度数の分布を示すと図－１の実線で示すような曲線が得られる。



図－１　駐車時間分布

図－１は豊田市において行った実態調査によったものであり、ほぼ指数関数的傾向があるといえる。これから、駐車時間がｔを越える確率は

$P = e^{-t \div h}$　（ｈ；平均駐車時間）　（７）

従って、理論台数Ｎは次式で求められる。

$N = N_{o} e^{-t \div h}$　（N_{o}；観測全数）　（８）

（８）式から算出した理論値を示したのが図－１の点線であり、実測値とよく一致する事が判る。

これより駐車時間は（８）式に従うものとして流出台数を考える。（８）式からｔを離数化して各段階をｂ間隔で刻んでいくものとして考えると

$t = mb \quad (m = 1, 2, \cdots\cdots)$　（９）

となり(8)、(9)式より駐車時間が（ｍ－１）ｂ～ｍｂ、言い換えると入庫した時点から（ｍ－１）ｂ～ｍｂ内に出庫する車の台数は次式で表される。

$A(m) = (e^{-(m-1)b \div h} - e^{-mb \div h})\, u_{o}$

（u_{o}；流入台数）

これを段階ごとに表すためにマトリクスで表すとｎ段階に入庫した車が(ｍ－１)ｂ～ｍｂ内に出庫する車の台数は

$A(n, m)$
$= (e^{-(m-1)b \div h} - e^{-mb \div h})\, u^{k}(n)$　（１０）

と表すことができる。

次に段階ごとに考えてみる。ｎ＝１段階に$u^{k}(1)$の交通量が駐車場ｋに流れ込むとすると、初めは駐車場ｋは１台も入っていないとして流出台数$s^{k}(1) = 0$である。次にｎ＝２段階は$u^{k}(2)$の交通量が流れこみ、流出台数は前段階に入庫した車のうちｔ＝ｂ以内に出庫する車の台数だから

$s^{k}(2) = A(1, 1)$

である。同様にｎ＝３段階の時の流出台数は

$s^{k}(3) = A(1, 2) + A(2, 1)$

となる。これを一般式で表すと、ｎ段階に駐車場ｋを流出する台数は

$$s^{k}(n) = \sum_{i=1}^{n-1} A(i, n-i) \quad (11)$$

となり、これを用いて計算を行う。

4．計算と結果

上に述べた（６），（７），(１１)式を用いて豊田市内の６つの駐車場のデータをもとに計算した結果の一例が表－２であり、左から段階、最小負効用値、最適駐車場番号、その駐車場への流入台数を示している。離数化した段階の間隔ｂは１５分とした。

表－1

n	y(min)	k	u(n)
2	2.00	2	5.0
3	2.00	2	3.0
4	2.00	2	4.0
5	2.00	2	4.0
6	2.00	2	12.0
7	2.00	2	20.0
8	2.30	6	24.0
9	2.30	6	38.0
10	2.50	1	35.0
11	2.30	6	26.0
12	2.50	1	29.0
13	2.70	5	34.0
14	2.80	3	41.0
15	2.79	1	45.0
16	2.30	6	40.0
17	2.70	5	39.0
18	2.70	1	41.0
19	2.80	3	51.0
20	2.00	2	30.0

5．今後の課題

今回は駐車需要のＯＤを考慮しなかったが、今後はＯＤを組入れたモデル化が課題である。また駐車場データについて豊田高専の栗本譲教授のご協力を得た。ここに感謝いたします。

参考文献；１）松井寛　動的交通量配分モデル（交互ネットワークの分析と計画），土木計画学講習会　１９８７，１１

表－２　各駐車場の固有負効用と平均駐車時間

k	1.西町	2.児の口	3.市役所前	4.新豊田	5.駅西	6.元城
C^{k}	2.5	2.0	2.8	3.0	2.7	2.3
h^{k}（分）	46.4792	123.792	37.875	166.814	79.7981	90.7685