土木学会第54回年次学術講演会（平成11年9月）

# Ⅳ-214 駐車需要の変動を考慮した短期的料金政策に関する基礎的考察

(株)オリエンタルコンサルタンツ 正会員 後藤 忠博
鳥取大学工学部 正会員 喜多 秀行
富士ファコムシステム(株) 正会員 廣瀬 卓己

## 1. はじめに

駐車場は一旦整備されると、効果は長期にわたって続くものの、需要の変動に対してフレキシブルに容量を変更することができない。このため、必然的にピーク時の混雑問題が内在している。駐車需要が変動すれば、需要のピーク時には駐車場が満車となり、それ以上の需要は駐車場の外で待ち行列をつくるか、待ち行列長をみて他の駐車場を探すかといった行動をとる。これが、市街地の交通混雑という外部不経済を引き起こしている。本来、駐車待ち行列の発生には、駐車場の施設容量と駐車需要量、駐車場利用者の中心商業地での滞在時間等の要因が密接に関連している。本稿では、平日休日などといった駐車需要の変動を考慮した、最適な料金政策のあり方について、基礎的な考察を行うことを目的として検討すすめる。

## 2. 駐車場利用挙動のモデル化

### (1) 駐車場利用挙動モデルの基本的考え方

商業施設等に付置されている単一の駐車場を対象とする。駐車場利用者が駐車待ちに加わるかどうかは、駐車場利用の限界効用と入庫待ち時間や滞在時間に要する限界的な費用の合計との間の関係により決定される。駐車場の待ち行列システムは、駐車（滞在）時間をサービス時間、駐車容量を窓口数として表す. 駐車を決定した利用者は先着順に空いている窓口で駐車を行い, 駐車待ち行列に並んだ後は途中で退去しないと考える。どの窓口も同じサービス機能をもつ並列窓口とし、待ち行列の数は全体で一本、待ち行列の長さには制約がないとする。

駐車に関する利用者の挙動は他の代替的な活動と密接に関連している。このことを考慮するため利用者が有する時間価値を明示的に取り扱う。従来は駐車場における滞在時間分布は条件が類似する他の駐車場における利用実態等に基づき統計的に推計されてきたが、本稿では限界費用が滞在時間に及ぼす影響メカニズムを明示的に組み込んだ滞在時間分布モデル[1)]を用いて到着した車の駐車継続時間分布を推定し、サービス時間分布として用いる。

対象駐車場に車で来場する訪問者の到着はポアソン到着、単位時間当たりの平均到着人数（$\Lambda$：以下訪問率と呼ぶ）は一定と考える。この目的地を訪れた訪問者は、待ち行列の長さを見て自己の時間価値を基準に、列に並ぶのを諦めて退去するか待ち行列の末尾に加わるかを判断する。単位時間あたりに待ち行列に加わる平均人数を以下では到着率（$\lambda$）と呼ぶ。系内人数（駐車している利用者と駐車待ちしている利用者の数の和）を$n$、駐車容量を$s$とすると、$0 \le n \le s$の場合の利用者の駐車場への到着率は($\Lambda_0$)であり、$n > s$の場合（駐車待ちが発生している）の駐車待ち行列に並ぶ到着率は（$\lambda_n$）となる。

### (2) 到着率の算定

利用者は、目的施設での駐車待ち時間も含んだ滞在時間より得られる効用と、その間の機会費用を勘案して、当該施設を利用するかどうかを判断すると考えれば、

$$\int_0^{\bar{t}} U'(\tau)d\tau \begin{bmatrix} < \\ = \\ > \end{bmatrix} \epsilon \cdot (t_q(n) + \bar{t}) \tag{1}$$

ただし、$U'$：利用者の限界効用関数、$\bar{t}$：利用者の平均滞在時間、$t_q(n)$:平均駐車待ち時間である。左辺が右辺よりも大きい場合利用者は行列に加わり、小さい場合退去する。上式を満たす$\epsilon$を$\epsilon_0$と表し、いま、訪問者の時間価値($\epsilon$)が区間$(0, M]$（$M$は時間価値の最大値）において一様分布を仮定すると，利用者が待ち行列に加わる確率($F(\epsilon_0(n))$)は,

$$F(\epsilon_0(n)) = P\{\epsilon_0(n) \ge \epsilon\} = \int_0^{\epsilon_0(n)} f(\epsilon)d\epsilon = \frac{\epsilon_0(n)}{M} \tag{2}$$

となる。$0 \le n \le s$の場合，$t_q(n) = 0$となるので，駐車場利用者の到着率（$\Lambda_0$）は一定値,

$$\Lambda_0 = \Lambda \cdot F(\epsilon_0(n)) = \Lambda\left(\frac{\epsilon_0(n : 0 \le n \le s)}{M}\right) \tag{3}$$

となり，$n > s$の場合，利用者が待ち行列に並ぶ到着率($\lambda_n$)は，以下のように表せる。

$$\lambda_n = \Lambda \cdot F(\epsilon_0(n)) = \Lambda\left(\frac{\epsilon_0(n : s < n)}{M}\right) \tag{4}$$

### (3) 滞在時間分布

絶対的危険回避度一定の効用関数で時間価値が一様分布のときの滞在時間分布は指数分布となり，その平均値($\bar{t}$)は，以下となる。（$\alpha$：絶対的危険回避度,$\psi$：目的地の魅力,$p$駐車料金）

キーワード　待ち行列、外部不経済、時間価値、均衡料金
〒680 鳥取市湖山町南4-101 TEL0857-31-5311 FAX 0857-31-0882

$$\bar{t} = \frac{1}{\alpha(\psi - p)}\left\{1 - \frac{p}{\psi}\left(1 + \left(\frac{\psi}{p}\right)\right)\right\} \tag{5}$$

**(4) 状態確率**

$0 \leq n \leq s$の場合，待ち行列は発生せず，$n > s$のとき，$(n-s)$台の利用者が待ち行列をつくる。状態方程式は以下のように表せる。ただし，$\mu$はサービス率を表し，$1/\mu$は平均滞在時間$(\bar{t})$に等しい。

$0 \leq n \leq s$のとき，

$$P_n = \frac{1}{n!}\left(\frac{\Lambda_0}{\mu}\right)^n P_0 \tag{6}$$

$n \geq s+1$のとき，

$$P_n = \frac{\prod_{k=s+1}^{n} \lambda_{k-1}}{(s\mu)^{n-s}} \frac{1}{s!}\left(\frac{\Lambda_0}{\mu}\right)^s P_0 \tag{7}$$

**(5) 平均待ち時間の算定**

平均待ち時間を解析的に求めることは困難なため、$\sum_{n=0}^{s} P_n + \sum_{n=s+1}^{\infty} P_n = 1$ なる関係式を用いて数値計算により$P_n$を求め次式に基づき平均待ち行列長$(L)$を算定する。待ち行列の平均の長さ$(L_q)$は，以下のように表せる。

$$L_q = \sum_{n=0}^{n} P_n = \sum_{n=0}^{n=s} nP_n + \sum_{n=s+1}^{(} n-s)P_n \tag{8}$$

平均待ち時間 $(W_q)$ は，リトルの公式より，以下のように表わすことができる。

$$W_q = \frac{L_q}{\bar{\lambda}} \tag{9}$$

ただし，$\bar{\lambda}$は平均到着率であり，以下で与えられる。

$$\bar{\lambda} = \sum_{n=0}^{\infty} P_n \lambda_n = \Lambda_0 \sum_{n=0}^{s} P_n + \sum_{n=s+1}^{\infty} P_n \lambda_n \tag{10}$$

待ち行列システムの利用率 $(\rho)$ は，$\rho = \lambda/(s\mu)$で与えられる。

## 3. 需要変動に応じた料金政策の検討

**(1) 駐車場供給者の行動**

いま，駐車料金は駐車場供給者が自由に設定できるとする。また，駐車場市場への短期的な参入はできないと仮定する。このとき駐車場供給者が民間主体である場合，収支均衡条件は成立せず，現有資源（駐車場規模）を活用し生産者余剰（利潤）が最大になるように料金を設定する。一方，利用者は供給者が設定した料金をみて，滞在するしないの判断をする。このため，以下の短期的な均衡料金が成立する。

$$\pi(\lambda, p, s) = I_p(\lambda, p, s) - C_s(s) \tag{11}$$

ここで、$C_s(s)$は容量$s$の駐車場を整備するときの費用である。

**(2) 計画モデルの導入**

一般的状態を考えれば、需要レベルの高いときは、駐車場には待ち行列が発生しこれに伴う外部不経済が発生することになる。外部性が発生しているシステムでは、市場均衡の状態では社会的な最適性（効率性）は達成されない。そこで、社会的最適性を確保するために、公共主体は駐車料金政策を導入することになる。外部不経済が現れている状態の駐車料金に対して、駐車場利用者が周囲に及ぼしている社会的費用を合わせて支払うように駐車料金を調整することが考えられる。したがって、社会的に最適な計画問題を考えると、

$$SS = CS + PS - EE \tag{12}$$

$$\max \quad : \quad \{SS\} \tag{13}$$

となる。このとき、$CS$は式(1)で、$PS$は式(11)で表され、$EE$は待ち行列長の外部不経済は

$$EE = f(L) = f(w \cdot \lambda) \tag{14}$$

($L$ :待ち行列長、$w$:待ち時間) で表される。

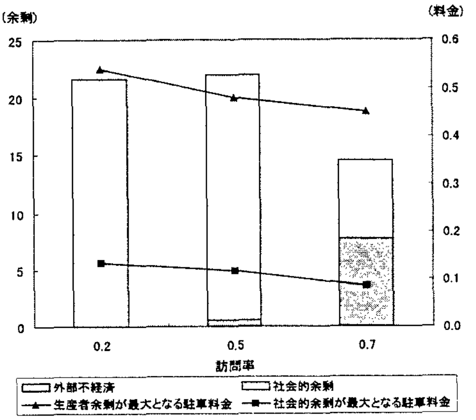


図-1　訪問率と均衡駐車料金、社会的余剰の関係

**(3) 数値計算**

図-1は前述の条件の下に行った数値計算の結果である。ここでは、各到着率につき総訪問人数は同一としている。結果をみると、訪問率が低い方が均衡駐車料金は高く、社会的余剰も高い。これは、訪問率が高いと一度に多くの消費者が集中し、この消費者を失わないように供給者側が料金を下げた結果社会的余剰の合計が低下したと考えられる。また、社会的余剰を最大にする駐車料金は、均衡駐車料金よりも低く、社会的最適を達成するには、公的な助成が必要となる。

## 4. むすび

現実の問題を考えると、短期的な検討のみでは不十分であり、駐車場供給者が競争的であれば、収支均衡条件が成立し利潤はゼロとなる。今後は、長期的な需給均衡条件を考慮した検討が必要となる。最後に本稿の数値計算を支援いただいた鳥取大学の井上慎也氏に感謝の意を表します。

**参考文献**


1) 小林潔司,喜多秀行,後藤忠博：ランダム限界効用に基づく滞在時間モデルに関する理論的研究，土木学会論文集,No.576/IV-37,1997.