

駐車場の利用挙動と料金設定に関する基礎分析*

A Performance Analysis of Parking Facility *

喜多秀行**・後藤忠博***・廣瀬卓己****・小林潔司*****

by Hideyuki KITA**, Tadahiro GOTOH***, Takumi HIROSE**** and Kiyoshi KOBAYASHI*****

1. はじめに

近年、地方都市においても駐車場不足や駐車待ち渋滞、道路混雑などの駐車場問題がしばしば見られ、これらに起因する中心商業地の衰退等の社会問題となっている。このような問題が発生している原因として、駐車場整備の遅れや駐車場規模の不適当な設定等があげられ、駐車場整備の方法論を確立することの重要性が指摘されている。

地方都市の駐車場整備問題を考える上では、大きくは以下の4点に着目して検討する必要がある。すなわち、第一点目は商業地を利用する利用者の選好からみた都市内駐車場整備のあり方の問題である。この問題に関しては、以前より多くの研究事例が積み重ねられており¹⁾、駐車場問題を考察する上で大いに参考になるところである。第二点目は、駐車場供給側の問題である。都市施設としての駐車場整備には、多大な事業費を要する反面、採算性の点で不確実な要因が多い。この結果、都市内で民間を主体とした駐車場を安定的に確保するには、駐車場供給の長期的な経営財務の検討が必要となる。この点に関しての既存研究事例数は少なく²⁾、今後の課題と考える。第三点目は中心市街地の衰退を都市圏全体のシステムの最適性の中で捉える考え方である。この点については、筆者らはすでに、商業地選択の均衡条件と

社会的最適条件とが異なる解をもちこれを是正するための公共主体の関与の必要性や、駐車場政策を提案した³⁾。第四点目は、駐車場の需要量に対する整備量の寡少によって生ずる、駐車場待ちとその影響に関する分析である。この点については、主に需要の多い1日を想定した短期的視点から、駐車場の待ち行列によって様々な影響を分析する方向性が重要となる。

本研究では、以上のうちの第四の視点に立った検討を進めるものである。一日やそれ以下のような短期的な期間の中で、駐車問題を扱った従来の研究では、駐車場への入出庫の状態と利用時間が滞在時間の影響を大きく受けるにもかかわらず、両者の関連性は必ずしも明示的に扱われてはいなかった⁴⁾。本研究では、個人の効用最大化行動に基づく滞在時間分布推定モデル⁵⁾を援用することによって、利用者の駐車時間の変化を内生的に求め、料金設定に応じて利用率や待ち時間がどのように変化するかを推定するモデルを提案する。その上で、提案したモデルを用いて利用者、供給者、外部主体それぞれからみた社会的最適性の見地から、駐車料金や駐車容量を算定する方法について検討を行う。

2. 中心商業地における短期的な問題点

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。用地確保に限界がある都心地域において、駐車場を確保するためには、遊休地の暫定的な利用の場合を除けば、一般的には土地利用の効率を高める必要から立体式駐車場が整備されることが多い。しかし、このような駐車場は設備投資などの固定費用が大きく、駐車需

*キーワード：駐車場計画、滞在時間、駐車料金

**正員、工博、鳥取大学工学部社会開発システム工学科
(〒680 鳥取市湖山町南4丁目101、TEL 0857-31-5309、
FAX 0857-31-0882)

***正員、工修、(株)オリエンタルコンサルタンツ
(〒213 川崎市高津区久本3-5-7 ニッセイ新溝のロビル、
TEL 044-812-8208、FAX 044-812-8209)

****学生員、鳥取大学大学院社会開発システム工学専攻
(〒680 鳥取市湖山町南4丁目101、TEL 0857-31-5309、
FAX 0857-31-0882)

*****正員、工博、京都大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒606 京都市左京区吉田本町、TEL&FAX 075-753-5071)

要の変動に対してフレキシブルな駐車容量の供給が困難である。このため、買い物客の少ない平日の昼間等では駐車スペースに余剰ができる反面、休日の買い物のピーク時間等には駐車場が不足する。

いま、駐車場が不足した状態を想定する。駐車需要が駐車場供給量に近づいたり上回れば、中心商業地の駐車場周辺においては駐車場への待ち行列が発生する。待ち行列が発生すれば、自動車で中心商業地を利用する利用者は、必然的に待ち行列に巻き込まれることになり、商業地での相対的な滞在時間の減少を強いられる。また、一方で待ち行列の発生は商業地周辺の道路の交通容量を低下させ、交通渋滞を誘起する。交通渋滞の発生は、商業施設の利用者ばかりでなく、他の目的で中心商業地へ来訪する交通や通過交通に対してマイナスの影響を及ぼすこととなる。

これに対して、ピーク時においても待ち行列が発生しないような駐車場の整備を行うことが考えられるが、この場合には駐車場の採算性が確保できなくなり駐車場経営者の立場からは現実的ではない。また、駐車場を確保するためには、さらに多くの土地を駐車場整備に振り向ける必要があり、商業や業務に利用されるべき土地面積が小さくなる。

本研究では、社会的余剰最大化と生産者余剰最大化の2つの目的関数に対してそれぞれ最適となる料金と規模を算定して比較・対照し、検討を加える。生産者余剰最大化行動の下では、長大な待ち行列の発生が避けられないため、これを緩和すべく駐車場規模の拡大を図る場合の余剰の変化についても併せて検討する。

3. モデル分析

(1) モデルの前提

以下では、ある施設等を訪問する際に付置されている単一の駐車場に着目する。当該駐車場への短期的な到着台数は非弾力的であるとする。駐車場に到着した利用者は空きスペースが無ければ待ち、あれば駐車場で駐車して、用件が済めば退去するような待ち行列システムとしてとらえる。具体的には、駐車場に到着する利用者の到着時間の差を到着時間間隔、駐車場内の駐車時間をサービス時間（滞在時間

）、駐車場の駐車容量を窓口数（利用者がサービスを獲得するために駐車するスペースの総数）とする待ち行列システムとみなす。利用者は先着順に空いている窓口で駐車を行い、どの窓口も同じサービス機能を持っている並列窓口とする。待ち行列の数は全体で1本とし、待ち行列の長さには制約がないとする。

利用者の到着は、需要の非弾力の仮定から、一定の到着率 (λ) をもつポアソン到着と考える。利用者の滞在時間分布は、一般分布として考える。これは、必ずしも特定の分布の族をとるとは限らないためであって、滞在時間モデルによって算定される滞在時間分布を直接用いることができるためである。一般に駐車場の駐車容量は、複数と考えられる。よって、本待ち行列システムは、利用者の到着がポアソン到着 (M)、サービス（滞在）時間が一般分布 (G) とし、窓口数 (s) (駐車スペース) が複数である $M/G/s$ 型待ち行列システムとなる。

サービス時間である滞在（駐車）時間分布は、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推定モデル⁵⁾を用い、特定の時間価値分布を仮定した滞在時間分布として取り扱うことにする。また、ここで取り扱う限界費用 (p) を駐車料金とみなすことで、料金政策による利用者の滞在時間の変化を考慮すると同時に、利用者の行動もコントロールすることが可能になる。次式は、その一例であり、利用者の時間価値分布が一様分布をとり、絶対的危険回避度が一定な効用関数を有する場合の滞在時間分布 $g(t)$ を示している。

$$g(t) = \frac{\zeta \Gamma(t)}{1 - \gamma(p)} \quad (1)$$

$$\bar{t}_s = \frac{1}{\alpha(\psi(\xi) - p)} \left(1 - \frac{p}{\psi(\xi)} \left(1 + \ln \frac{\psi(\xi)}{p} \right) \right) \quad (2)$$

α : 絶対的危険回避度, \bar{t}_s : 平均滞在時間,

t : 利用者の時間資源, p : 駐車料金,

ξ : 目的地の特性や個人の属性を表す変数ベクトル,

$\psi(\xi)$: 目的地の魅力, $g(t)$: 滞在時間分布 (密度関数)

このような滞在時間分布の算定式を利用し、到着した車の駐車継続時間分布を推定する。こうして、推定した駐車継続時間分布をサービス時間分布とする待ち行列システムにより駐車場の利用挙動を推定することができる。

(2) 利用率と平均待ち時間

以上のことを前提とした場合、待ち行列システムの利用率 ρ ($\rho < 1$) は、以下のように定義される。

$$\rho = \frac{\lambda}{s \cdot \mu} \quad (3)$$

ここに、 μ はサービス率を表す。ここで、サービス率の平均値 ($1/\mu$) は平均滞在時間 (\bar{t}_s) と等しいので、(2)式により \bar{t}_s が求められると $\mu = 1/\bar{t}_s$ として利用率が導出できる。

$M/G/s$ のようにサービス時間分布が一般分布で、複数窓口を有する待ち行列システムの平均待ち時間に関しては解析解が得られていないため、本研究では Lee-Longton の近似式を用いてモデルを構成する。このモデルを用いて料金政策によりサービス(滞在)時間分布を制御し、駐車料金の変化により利用率や平均待ち時間がどのように変化するのかを分析する。

(3) 社会的余剰の最大化

到着率が一定の場合を想定し、駐車場供給費用を駐車料金でまかなうという条件の下で社会的余剰が最大となる駐車料金と駐車容量を算出する。社会的余剰は消費者余剰と生産者余剰の和として定義される。

ここで、需要 (D) を駐車場利用者が受けた駐車サービスの総量と考えると、駐車サービス需要は、利用率 $\rho = \rho(\lambda, p, s)$ と駐車容量 s の積

$$D = s \cdot \rho(\lambda, p, s) \quad (4)$$

で与えられる。このとき、消費者余剰 $CS(\lambda, p, s)$ は駐車料金が p のもとで以下のように表される。

$$CS(\lambda, p, s) = \int_p^\psi s \cdot \rho(y) dy \quad (5)$$

ただし、駐車場の利用に際して混雑が発生する可能性があり、その場合に利用者は待ち時間による損失を被るためその損失分 (C_w)、

$$C_w = \bar{\tau} \cdot \bar{t}_w \cdot \lambda \quad (6)$$

を差し引いておく必要がある。ここに、 $\bar{\tau}$ は時間価値の平均値を表し、 \bar{t}_w は平均待ち時間である。

生産者余剰 $PS(s)$ は、料金収入と費用との差

$$PS(\lambda, p, s) = I_p(\lambda, p, s) - C_s(s) \quad (7)$$

として表される。料金収入 (I_p) は $I_p = p \cdot \rho \cdot s$ とし、駐車場での可変費用はわずかであることからサービス提供費用 C_s を簡単のため、地代のみと仮定して、

$$C_s(s) = a \cdot \zeta \cdot s \quad (8)$$

とする。ここに、 ζ は単位面積当たりの地代、 a は1

台あたり必要駐車面積を表す。したがって、社会的余剰 ($SS(\lambda, p, s)$) は、両者の和

$$SS(\lambda, p, s) = \int_p^\psi s \cdot \rho(y) dy - C_w \quad (9)$$

で表される。(9)式が最大となる駐車場規模と料金水準を決定することができる。

(4) 生産者余剰の最大化

非規制下では、駐車場経営者は駐車料金と駐車場規模を適切に設定することにより、式(7)で与えられる生産者余剰の最大化行動をとるものと考えられる。すなわち、生産者余剰 $PS(\lambda, p, s)$ を最大化する料金 p^* と規模 s^* を選択する。ただし、駐車場規模 s が需要に対して過小となる場合には、利用率が1を超え一部の利用者が駐車できないという事態が発生する。この時は駐車サービスを受ける利用者しか駐車料金を支払わないため、料金収入は I_p は、

$$I_p = \begin{cases} p \cdot \rho \cdot s & \text{for } 0 < \rho < 1 \\ p \cdot s & \text{for } 1 \leq \rho \end{cases} \quad (10)$$

として計算される。

4. 数値計算

提案したモデルの挙動を検討するため、簡単な数値計算を行った。利用者は絶対的危険回避度一定の効用関数と $[0, M]$ の値域に一樣分布する時間価値分布を有するものとし、地代や滞在効用等の値は図中に示す値とした。

図-2は、社会的余剰を最大化する駐車料金と駐車場規模を種々の到着率に対して描いたものである。駐車料金は到着率の増大とともに減少し、駐車場規模は増大していることがわかる。また、図-3は生産者余剰を最大化する駐車場規模とその下での生産者余剰の値を描いたものである。設定条件の下では生産者余剰を最大化する駐車料金は常に一定値 $p^* = 0.43$ をとっている。また、施設の遊休を最大限なくし、かつ過小供給による利用不能者が生じないように、利用率が1となるような規模選定を行っていることがわかる。この場合、当然待ちが生じ、駐車場周辺地域に混雑が生じることが予想される。この混雑を規模の拡大によって軽減することを考え、それに伴う生産者余剰の減少分を試算した。定常的な待ち行列が生じ始める利用率 ($\rho = 0.6$) に対応する駐車場規模と生産者余剰は、 $\lambda = 1.0$ の場合でそれぞれ $s = 30$ と $PS = -1.124$ となり、生産者余剰が最大となる場合の $s = 18$, $PS = 2.351$ に対して駐車場規模で12ロットの増加、生産者余剰で3.475の減少となる。駐

車待ち車両が周辺の交通混雑をもたらすことによる損失の算定は今後の課題であるが、このようにして算定された生産者余剰の減少分を上回るものであれば、周辺道路に及ぼす外部不経済を内部化するひとつの拠りどころとなる。

5. まとめ

本研究では、駐車料金を明示的に組み込んだ駐車時間モデルを用いた待ち行列モデルにより、料金政策が利用挙動にどのように影響を及ぼすかを推定するモデルを提案した。また、提案したモデルを用いて社会的余剰の観点から、望ましい駐車料金と駐車容量を算定することが可能となった。

本研究で提案したモデルでは、個人の効用最大化行動に基づく滞在時間モデルを援用することによって利用者の駐車時間の変化を内生的に求め、料金政策によって変化する利用挙動を推定することができた。このモデルは、個人の属性の変化、目的地の用途の変化をはじめとする駐車場計画にとって不可欠な要因の変化に伴う利用挙動を見ることができ構造をも有している。また、提案したモデルを用いて社会的余剰の観点から、最適な駐車料金と駐車容量を算定することが可能となった。これによって、利用者の挙動を考慮した駐車場の料金政策や規模決定のひとつの目安として評価することができた。

提案したモデルを用いて簡単な数値計算を行い検討した範囲内では、モデルの挙動はほぼ実際状態と一致した。社会的余剰最大化の下では、到着率が增大するにつれて最適な駐車場規模は大きくなり、同時に最適な駐車料金は低減するという結果が得られた。生産者余剰最大化の下でも最適な駐車場規模は、到着率の増大に伴って増加し、最適な駐車料金は一定値をとることがわかった。

駐車料金が高くなると駐車容量一定の下で利用率・平均待ち時間は減少したり、駐車容量を増やすと駐車料金一定の場合、利用率・平均待ち時間は低下するような知見が得られ、概ね妥当であると認められた。

本モデルには単純化のための多くの仮定が導入されており、駐車場内の利用客の行動をより明確に表すことのできるモデルづくり、個人属性のパラメータやモデルで用いた近似式についての検討などが必要である。このように今後の課題は残されているものの、料金政策による利用者行動への働きかけを通じて、さまざまな施設に付置する駐車場の整備を行う際のひとつの計画の方向性を示したものと考える。

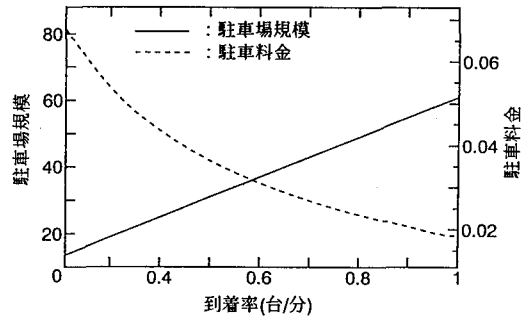


図-1：到着率と駐車料金・駐車場規模の関係

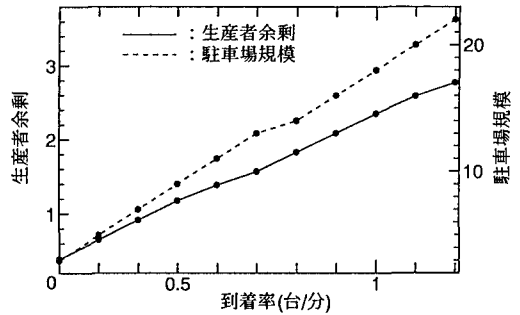


図-2：到着率と最適な駐車場規模・生産者余剰の関係

参考文献

- 1) たとえば、室町泰徳，原田昇，太田勝敏，都心商業地域における駐車料金システム改善に関する研究，第28回日本都市計画学会学術研究論文集，pp.109-114，1993。
- 2) たとえば、村上睦夫，西村昂，日野康雄，斉藤仁美，経営採算性モデルによる駐車場採算性と公的助成制度の効果に関する一考察，土木計画学研究・講演集，No.15(1)，pp. 685-690，1992。
- 3) 後藤忠博，小林潔司，喜多秀行，地方都市における都心駐車場整備に関する研究，土木計画学研究・講演集 No.19，pp. 213-216，1996。
- 4) 宮城俊彦，本部賢一，路外駐車場の容量解析モデル，土木計画学研究・講演集 No.12，pp.357-364，1989
- 5) 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の導出，土木計画学研究・講演集 No.19，pp.241-244，1996