

料金政策に着目した駐車場の利用挙動分析

鳥取大学大学院

(株) オリエンタルコンサルタンツ

鳥取大学工学部

○学生会員 廣瀬卓己

正会員 後藤忠博

正会員 喜多秀行

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切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。この理由のひとつとして、駐車場を利用している利用者の挙動があまり明確に把握されていないために利用者の駐車行動を適切にコントロールしようとする考え方がさほど見られないことが指摘できる。

本研究では、駐車場の利用挙動が駐車料金の影響を大きく受けているにもかかわらず、両者の関連性が必ずしも定量的に把握されていないことに着目する。そこで、待ち行列システムとしての駐車場に駐車料金を明示的に組み込んだ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¹⁾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、駐車料金の設定に応じて1台あたりの駐車時間がどのように変化するかをモデル化し、料金設定に応じて利用率や待ち時間の変化を推定するモデルを提案する。その相互関係を明らかにすることができれば駐車場の規模設計に際してひとつの道具だてを提供することができると考える。また、混み具合を表す利用率や待ち時間を料金政策により適切に調節することにより、駐車場の有効利用を図ることも可能と思われる。

2. 駐車場の待ち行列モデル

本研究では、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。当該駐車場への到着台数は非弾力的であるとする。

駐車場の形態は多種多様であり、利用者の挙動を一概に単純化することもできない。また、駐車場内での利用者の行動に影響を及ぼす要因も数多く考えられる。しかし、基本的には、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、あれば駐車場内で駐車して、用件が

済めば退去するような待ち行列システム上の動きとしてとらえることができる。そこで、ここでは、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に駐車を行い、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、ある特定の時間にだけ客が集中する場合（例えば、ラッシュアワー）や集団で到着する場合（例えば、流入路上流に信号あり）等が考えられるが、簡単化のために一定の到着率（ λ ）をもつポアソン到着と考える。利用客の滞在時間分布は、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、従来、類似した条件を有する駐車場における実績データにもとづき統計的に推計されてきたが、このようにして得られる原単位的な数値のみでは条件を部分的に変更した場合に駐車時間がどのように変化するかを必ずしも的確に推定できない。そこで、本研究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推定モデル¹⁾を用い、特定の時間価値分布を仮定することによって得られるものを滞在時間分布として取り扱うことにする。

本モデルで取り扱う限界費用（ p ）を駐車料金に相当すると考えることで、料金政策による利用者の滞在時間の変化をみると同時に、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

時間価値分布が指数分布をとり、相対的危険回避度が一定な効用関数を有する場合である。

$$g(t) = \beta \lambda' (\psi(\xi))^{1-\beta} t^{-\beta-1} \exp(\lambda' p - \lambda' (\psi(\xi))^{1-\beta} t^{-\beta}) \quad (1)$$

$$\bar{t}_s = \int_0^{t^*} t v H(t) \Theta(t) dt \quad (2)$$

β : 相対的危険回避度, λ' : 時間価値の平均値,
 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),
 $\bar{t}_s$: 平均滞在時間, $t^* = \left[\frac{(\psi(\xi))^\beta}{p} \right]^{\frac{1}{1-\beta}}$,
 $v = \exp(\lambda' p)$, $H(t) = \beta \lambda' (\psi(\xi))^{1-\beta} t^{-\beta-1}$,
 $\Theta(t) = \exp(-\lambda' (\psi(\xi))^{1-\beta} t^{-\beta})$

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。

3. 利用率と平均待ち時間

待ち行列システムの利用率 ρ ($\rho < 1$) は、以下のよう定義される。

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

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) 時間分布を制御することが可能なそのモデルを解析し、利用率や平均待ち時間が駐車料金によりどのように変化するかを分析する。

図-1 は、利用者の時間価値の分布を一様分布と指数分布の場合に、駐車料金を変化させたときの平均待ち時間と利用率の変化を示した結果である。これより、駐車料金の増加に伴い平均待ち時間・利用率は減少していることが分かり、実際の挙動を良好に記述していると判断できる。

4. 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。

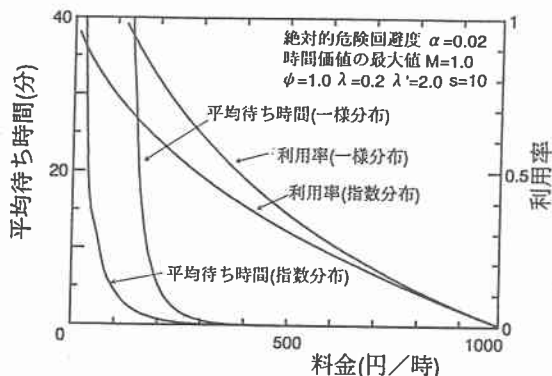


図-1 : 料金と利用率・平均待ち時間の関係

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る構造を有している。また、本モデルを用いて社会的余剰の観点から、利用者の挙動を考慮した最適な駐車料金や駐車容量を決定する方法論を構築することができる。

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、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。

しかし、今後の課題として、本モデルには単純化のための多くの仮定が残されている。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と、個人のさまざまな属性を考慮に入れる必要がある。また、パラメータやモデルで用いた近似式についても検討が必要である。

本モデルは、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。

1) 稲垣香織：ランダム限界効用に基づく滞在時間モデルに関する基礎的研究，鳥取大学大学院工学研究科社会開発システム工学専攻，修士論文，1997。