

周辺街路に及ぼす混雑を考慮した駐車場整備に関する一考察

鳥取大学大学院 ○学生会員 井上慎也
鳥取大学工学部 正会員 喜多秀行

1. はじめに

地方都市の多くは、大都市に比べ公共交通サービスの供給量が乏しいために、自家用車による移動が主体となっている。このような都市では、駐車場不足による駐車待ち渋滞、違法路上駐車など駐車場整備に関する様々な問題が見られ、これらが原因の一端となって買物客・利用客の郊外流出が多くなり、中心商業地区が衰退するという問題がみられる。したがって、駐車場整備問題は交通施設計画だけでなく、中心商業地区の振興の分野にまで影響を及ぼしていると考えられる。以前から商業地区の駐車場整備に関する研究は行なわれてきたものの、これらの多くは駐車場利用者の行動分析及意識構造分析に基づくものであり、駐車場整備が地域全体に与える影響に対する分析はほとんど扱われていない。

そこで本研究では、駐車場整備が地域内の商業地区全体に及ぼす影響を考慮した駐車場整備政策の検討の一環として、駐車場の待ち車両の発生に起因する混雑によってもたらされる外部不経済と駐車場規模・料金との関係をモデル化し、社会的余剰の観点から見た駐車場整備のあり方について考察する。

2. モデル化の前提条件

ここでは、あるひとつの駐車場（駐車容量 s ）の入口で発生する待ち行列が前面道路の交通に支障を与える状況を想定してモデル化を行う。

駐車場の前面道路は無限の長さを有する片道1車線とし、駐車場の利用車両と周辺道路の通過車両の2種類の車両を対象とする。利用者は駐車場に到着したとき、駐車スペースがなければ待ち、あれば駐車場内に駐車して退去すると考える。この一連の挙動を「利用システム」と呼び、 $M/G/s$ 待ち行列システムで表す。一方、通過車両は駐車場の前面道路に到着したときに駐車待ち車両がなければ通過でき、あれば対向車線を通して駐車待ち車両を追い越すが、対向車が存在する場合はそれが通過するまで待つ。この一連の挙動を「前面道路システム」と呼び、 $M/G/1$ 待ち行列システムで表す。図-1に利用システムと前面道路システムの概略図を示す。サービスの終了に伴う待ち行列内の車両の移動は瞬間的であるとする。

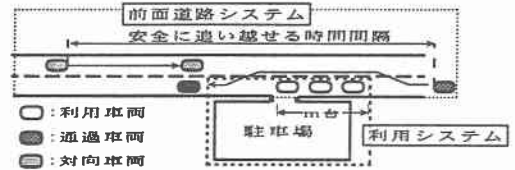


図-1：利用システムと前面道路システム

また、対向車はポアソン到着に従い、対向車線での待ちは発生しない。

3. 混雑による損失算定モデルの導出

稲垣¹⁾は利用者の時間価値が一様分布に従い、絶対的危険回避度一定の効用関数を有するとき、利用者の滞在時間分布が指数分布に従うことを示している。この場合、利用システムの挙動は $M/M/s$ の待ち行列システムで記述でき、系内に存在する台数が k となる定常分布は次式のようにになる。

$$P(0) = \left\{ \sum_{i=0}^{s-1} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^i \frac{1}{i!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^s}{(s-1)!(s - \frac{\lambda}{\mu})} \right\}^{-1} \quad (1)$$

$$P(k) = \begin{cases} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^k \frac{1}{k!} P(0) & (k = 1, 2, \dots, s-1) \\ \frac{s^s}{s!} \left(\frac{\lambda}{s\mu} \right)^k P(0) & (k = s, s+1, \dots) \end{cases} \quad (2)$$

ゆえに、駐車待ち車両が m 台である確率 $P(m)$ は

$$P(m) = \frac{s^s}{s!} \left(\frac{\lambda}{s\mu} \right)^{m+s} P(0) \quad (3)$$

で与えることができる。ここに、 s :駐車容量、 λ :利用者の到着率、 μ :利用者のサービス率である。

また、利用者の平均待ち時間 $\bar{t}_w$ は

$$\bar{t}_w = \frac{(s\rho)^s}{s!s\mu(1-\rho)^2} \left\{ \sum_{k=0}^{s-1} \frac{(s\rho)^k}{k!} + \frac{(s\rho)^s}{s!(1-\rho)} \right\}^{-1} \quad (4)$$

で表される。ここに、利用率 $\rho = \lambda/s\mu$ である。

さらに、通過車両が追い越すために対向車を x 台待たなければならない確率 $P(x)$ は、次式のようにになる。

$$P(x) = \{1 - \exp(-\lambda^* t^*(m))\}^x \exp(-\lambda^* t^*(m)) \quad (5)$$

ここに、 $t^*(m)$: m 台の駐車待ち車両を安全に追い越すために必要な時間、 λ^* :対向車の到着率である。通過車の追い越すための待ち時間が T である条件付き確率

$P(T|x, m)$ は、

$$P(T|x, m) = \frac{(\lambda^* x)^{x-1}}{(x-1)!} (t^*(m) - \frac{x}{\lambda})^{x-1} \lambda^* \exp(-\lambda^* T) \quad (6)$$

与えられ、無条件確率 $P(T)$ は、

$$P(T) = \sum_m \sum_x P(T|x, m) \cdot P(x) \cdot P(m) \quad (7)$$

で求めることができる。また、平均値 $E(T) (= \bar{t}_w)$ 、分散 $var(T)$ 、変動係数 $c (= \sqrt{var(T)/E(T)})$ が同時に求まる。したがって、通過車が追い越せる順番に来るまでの平均待ち時間 $\bar{t}_w$ を Lee and Longton の近似式²⁾より求めることができる。

4. 社会的余剰を最大化する駐車料金

到着率が一定の場合を想定し、駐車容量が一定の場合の社会的余剰が最大となる駐車料金を求める。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。

生産者余剰 $PS(\lambda, p, s)$ は、供給者側の利潤で表される。一般にサービス提供費用は固定費用と可変費用で構成される。しかし、駐車場での可変費用はわずかであるため、簡単化のためにサービス提供費用は固定費用の地代のみで構成されると仮定する。

よって、サービス提供費用 C_s は単位時間当りの地代を ζ 、1台当たり必要駐車面積を a とすると、

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

と表される。料金収入 I_p は、

$$I_p(\lambda, p, s) = p \cdot \rho \cdot s \quad (9)$$

となり、生産者余剰 $PS(\lambda, p, s)$ は

$$PS(\lambda, p, s) = p \cdot \rho \cdot s - a \cdot \zeta \cdot s \quad (10)$$

で記述される。

次に消費者余剰であるが、需要 D を駐車場を利用した利用者が受けた駐車サービスの総量として考えると、利用率 ρ は駐車料金 p 、到着率 λ 、駐車容量 s の関数 $\rho = \rho(\lambda, p, s)$ で表されるので、駐車容量 s の駐車場で消費される駐車サービス需要は

$$D = s \cdot \rho(\lambda, p, s) \quad (11)$$

で与えられる。

よって、消費者余剰 $CS(\lambda, p, s)$ は

$$CS(\lambda, p, s) = \int_p^\psi s \cdot \rho(y) dy \quad (12)$$

で表される。

また駐車場の利用に際し、混雑のため駐車場の利用者は待ち時間による損失をこうむるために、その損失分 C_w

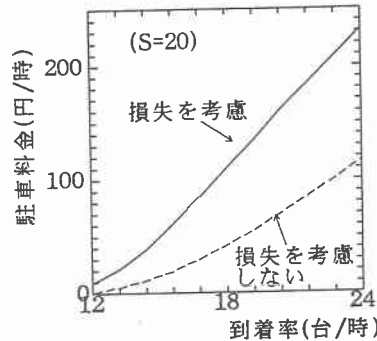


図-2: 社会的余剰を最大とする到着率と駐車料金

$$C_w = \bar{e} \cdot \bar{t}_w \cdot \lambda \quad (13)$$

を差し引かなければならない。ここに、 $\bar{e}$: 時間価値の平均値、 $\bar{t}_w$: 利用者の平均待ち時間とする。

よって、消費者余剰 $CS(\lambda, p, s)$ は、

$$CS(\lambda, p, s) = \int_p^\psi s \cdot \rho(y) dy - \bar{e} \cdot \bar{t}_w \cdot \lambda \quad (14)$$

で求めることができる。

したがって、先に考えた対向車が待たされる待ち時間を差し引くことにより社会的余剰 $SS(\lambda, \lambda', p, s)$ は

$$SS(\lambda, \lambda', p, s) = \int_p^\psi s \cdot \rho(y) dy + p \cdot \rho \cdot s - a \cdot \zeta \cdot s - \bar{e} \cdot \bar{t}_w \cdot \lambda - \bar{e}'(\bar{t}_w + \bar{t}_w^*) \lambda' \quad (15)$$

で定義される。

図-2に所与の駐車容量 ($s=20$) の場合の社会的余剰を最大とする駐車料金 p^* を示す。これより、到着率 λ が高いところでは、前面道路の過度の混雑を避けるため、駐車料金を高めに設定する必要があることが分かった。

5. まとめ

本研究では、駐車場整備が地域内の商業地区全体に与える影響を考慮した政策を検討するために、待ち渋滞によってもたらされる混雑による損失算定モデルを構築し、一定の駐車容量の下で社会的余剰を最大とする駐車料金を決定する手法を開発した。これにより、利用者の駐車待ち車両によってもたらされる外部不経済を考慮した駐車場整備計画のひとつのめやすとして考えることができる。しかし、本モデルには簡単化のための仮定が少なからず残されているため、これらを緩めることにより実際のモデルへと改良することが課題である。

参考文献

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.

²⁾ Lee, A.M. and Longton, P.A.: Queueing Process Associated with Airline Passenger Check-in, Operational Res. Quart., 10, pp.56-71, 1959.