

街路整備に伴う歩行者の滞在効用を考慮した 駐車場配置問題

大山雄己¹・羽藤英二²

¹学生会員 東京大学大学院工学系研究科 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

E-mail: oyama@bin.t.u-tokyo.ac.jp

²正会員 博士 (工学) 東京大学大学院工学系研究科 (〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

E-mail: hato@bin.t.u-tokyo.ac.jp

近年、歩行者を主眼においた公共空間整備の動きが見られる。一方で地域住民の生活は自動車移動に未だ大きく依存しており、現実の空間の使われ方と計画との間でギャップが存在する。その典型例が中心市街地における駐車場配置の問題である。実際、自動車移動の効率性を優先した駐車場の分散配置が流入交通の自由化と歩行者ネットワークの分断を招いている。本研究は以上の視点に基づき、駐車場-目的施設間距離をパラメータとする単純化した1次元都市において駐車場配置問題の定式化を行なう。駐車場の集約配置に伴う街路整備や小規模駐車場の更新を想定し、駐車後の活動から得られる「滞在効用」を均衡配分モデルに導入する。中心市街地での過ごし方の効用に関する均衡問題を解くことで、駐車場配置と行動変化の関係性を考察する。

Key Words : *Sojourn Utility, Parking Choice Model, Parking Allocation Problem, Urban Design*

1. はじめに

(1) 背景と目的

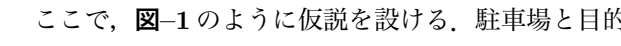
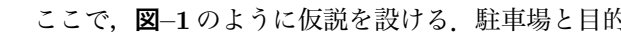
近年、歩行者を主眼においた公共空間整備の動きが見られる。一方で地域住民の生活は自動車移動に未だ大きく依存しており、現実の空間の使われ方と計画との間でギャップを感じざるを得ない。その典型例が中心市街地における駐車場配置の問題である。

地方都市の中心市街地では平面駐車場が需要量を上回って増加を続け、市街地の密度を低下させるとともに良好な景観形成を阻害している。ここには大きく2つの理由がある。1つは、駐車場法による附置義務制度の問題である。これにより建物を新築等する場合には、その規模に応じた駐車場を敷地内に設置することが求められる。1957年に駐車場法が制定された当初は日本中で駐車場が不足しており、そうした状況に対して附置義務制度は大きな役割を果たしてきた。しかし現在では駐車場はすでに飽和状態にあり、また逆に制度が足かせとなって敷地の更新を阻害している。建築として更新されない敷地は暫定的に駐車場として利用されることも多く、結果として中心市街地の駐車場が増加している。もう1つの理由としては、目的地に近くなければ利用されないという来訪者の行動論的な駐車場配置の考え方にある。それゆえ、分散する目的地に対応するように、小規模な駐車場が分散して配置される結果を招いている。駐車場の選択肢が多いということはその分多くの街路に流入交通が存在することでもあ

り、細街路では歩行者との錯綜が生じうる。

近年ではいくつかの地域で附置義務制度が見直され、隔地駐車場の在り方が議論されつつあるものの、行動論的に利用可能性が示されなければ現在の駐車場配置を変えることはできないと考えられる。以上より、本研究では駐車場と目的施設の距離をパラメータとする1次元のネットワークを用いて来訪者の意思決定をモデル化し、駐車場配置問題として定式化を行なう。

(2) 仮説

ここで、-1のように仮説を設ける。駐車場と目的施設との距離を空間のパラメータとし、1次元のネットワーク上で来訪者の行動変化を考える。政策としては、小規模に分散する駐車場を一定距離の位置へ集約再配置し、その間の街路空間を歩行者中心に整備することを想定している。-1のように、現状の中心市街地における行動の多くは、(1) 車で直接アクセスした目的施設に滞在後すぐに帰宅、あるいは(2) 施設の集客規模が大きければ少し離れた駐車場も利用されるものの、それにも限界がある、と考えられている。対して、(3) 駐車場-施設間の街路を整備することでより離れた駐車場が利用され、滞在時間の増加にもつながることや、さらに(4) 容量や料金で優れた駐車場を幹線道路沿いに配置し、もともと平面駐車場を店舗や広場として更新することで、より滞在の範囲や時間が広がるといったことが考えられる。駐車場-施設間距離の増加に伴って生じるコストに対して、街路整備や店舗の更新から生

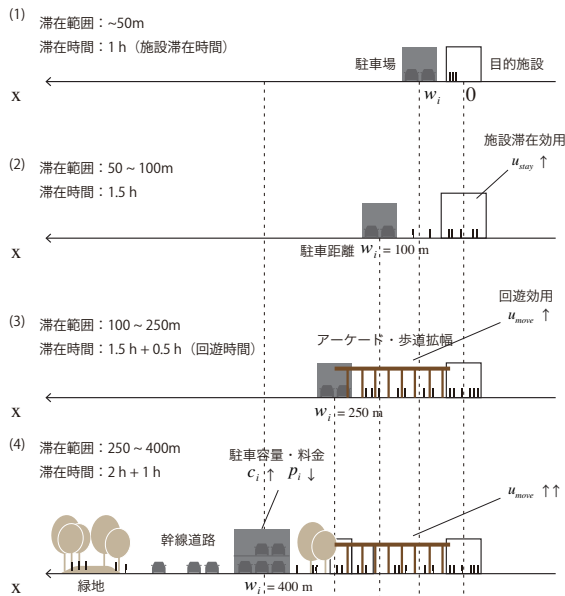


図-1 研究の仮説：駐車場-施設間距離と滞在時間の広がり

まれる滞在の効用，駐車施設の質の向上に伴うコスト減少がどのように釣り合うのだろうか。本研究ではこれらの釣り合い方程式を均衡配分モデルによって定式化することを考える。その際，中心市街地に滞在している間に得られ，街路の整備状況に伴って変化する効用を「滞在効用」として導入し，駐車場位置との関係性を議論する。

2. 既往研究の整理

本章では，ネットワーク配分理論における駐車場選択の既往研究の整理を行なう。駐車場選択問題を扱う研究は主に駐車場の探索行動や待ち行列に伴う都心混雑の解消を目的としており，扱う政策によって時間的需要配分に着目したもの，空間的需要配分に着目したものに大別される。

(1) 時間的需要配分

時間的需要配分を扱う研究は Vickrey(1969)¹¹⁾に端を発するスケジューリングモデルを容量制約付き問題へと展開したもので，ピーク時の流入交通を抑制する駐車場政策を提案している。つまり旅行者は都心に早く流入すれば多くの駐車場選択枝を持ち，駐車場探索コストを低くすることができる一方で，希望到着時刻からのずれに伴いスケジューリングコストが生じる。対する政策としては，たとえば時間帯別の駐車料金設定 (Lam et al., 2006⁸⁾, Zhang et al., 2008¹²⁾)，特定時間帯別の経路課金 (Arnott et al., 1991¹⁾, Arnott and

Rowse, 1999²⁾)がある。Arnott とその研究グループは長期間に渡って都心の駐車場政策について研究を行い，容量制約付き問題から，駐車時間制約や個人間の異質性を考慮したモデルへの展開を図ってきた (Arnott and Inci, 2006³⁾, 2010⁴⁾, Arnott and Rowse, 1999²⁾, 2009⁵⁾)。Lam et al.(2006)⁸⁾は異なる属性の旅行者・駐車場に対して出発時刻・滞在時間選択を含む時間依存の段階的な選択行動を仮定し，変分不等式問題として表現することによって均衡解を求めた。また，Zhang et al.(2011)¹³⁾では，駐車許可証の発行・割り当てとその売買を対象とし，1ODの場合と，複数のODペアが存在する場合とで条件を変えて分析を行なった。

(2) 空間的需要配分

後者は特定場所に集中する駐車需要を空間的に配分する政策に着目した研究である。たとえば場所別の駐車料金設定 (Zhang et al., 2008¹²⁾, Qian et al., 2012⁹⁾)，ゾーン別の駐車時間制限 (Thompson and Richardson, 1998¹⁰⁾) が考慮されてきた。Qian et al., 2012⁹⁾はボトルネックを持った1ODの単純ネットワークに対して，料金・容量・目的地とのアクセス距離の点で異なる属性を持った2つの駐車場クラスターを考え，利用者の選好によって5段階の均衡パターンを算出した。室町 (2000)¹⁵⁾や Kaplan and Bekhor(2011)⁶⁾は，情報提供システムによって駐車場の混雑状況をドライバーに示すことで駐車場所の意思決定を誘導する施策を提案した。

(3) 本研究の位置づけ

こうした既往の研究は特定場所・特定時間帯に集中する駐車需要を，旅行時間削減という視点から再配分する手法として蓄積を進めてきた。ここでの目的は，いわば駐車場間の需要を「均す」ことで混雑を解消する点にあるといえよう。一方，駐車需要が供給量を大きく下回るようになった地方都市の中心市街地においては，魅力ある景観形成のための駐車場の再配置という視点に立脚した理論の展開が必要であろう。実際，駐車場の配置そのものが地域の秩序と魅力の向上，及び歩行者の滞在時間の増加に結びつくという考えはこれまでになかった。既往の研究においては「総旅行時間コスト」の最小化が目的とされ，歩きは目的地までのアクセス時間コスト，滞在時間は駐車料金コストといった負の効用としてしか扱われてこなかった。本研究では街路整備に伴って変化する滞在中の効用を「滞在効用」として定義して考慮することで，歩行者の滞在時間・移動時間の変化を評価できるモデルを構築する。つまり駐車行動と駐車後の滞在行動を統合的に含んだ「過ごし方の効用」の均衡を考え，政策に対する過ごし方の選択確率の変化を見ることで駐車場配置を評価する点

が本研究の目的であり、大きな特徴である。

通常、駐車場配置問題は市場原理が働くため立地問題としての定式化がなされる。しかし本研究では上記の目的から来訪者の行動論的な再配置の可能性を考えるため、駐車場事業者の立地競争や料金の調整行動の記述については限界があることを考慮されたい。また、通勤交通の駐車需要を減少させる上ではパーク・アンド・ライドや、公共交通網の充実による手段変更も考えられる。それに対して、ここでは通勤交通ではなく非義務目的の中心市街地への来訪を対象とする。特に地方都市では自動車から公共交通への転換といった行動は起こりにくいと考え、戸叶・羽藤 (2011)¹⁴⁾のような交通機関選択は考慮していない。

3. 研究のフレーム

(1) ネットワークの設定

本研究では駐車場配置とそれに伴う街路空間改変を考慮するため、図-2のような1次元の単純ネットワークを設定する。また、計画者が行なう政策に対して意思決定を変化させる来訪者の均衡配分モデルを定式化するにあたり、いくつかの仮定を置く。

- (a) すべての来訪者は同一のO (自宅) からD (都心の目的施設) へ自動車で向かう。このとき、Dを中心とする半径 w の歩行者空間では街路整備 (効果: β) が行われている。
- (b) 来訪者は導入される政策に応じて、自身の効用を最大化するように段階的な意思決定を行なう。
- (c) 来訪者は上位として滞在時間 τ と回遊時間 $r\tau$ (回遊率: r) の組である滞在パターン $m(\tau, r)$ の選択を行ない、それに従って下位で駐車場 i を選択する。なお、時間は離散的に扱う。
- (d) 駐車場選択を行なう来訪者の属性は、滞在パターン m によって特徴づけられる。
- (e) 各駐車場は目的施設からの距離 w_i (m) 及び料金 p_i (円/h)、駐車容量 c_i (台) において異なる特徴を持つ。以後、目的施設に付帯する駐車場を「内側駐車場」、目的施設と距離のある駐車場を「外側駐車場」と呼ぶことにする。

(2) 滞在効用の定義

ネットワーク配分理論における既往研究は、旅行時間の最小化を仮定している。Lam et al.(2006)⁸⁾では、旅行者のスケジューリングコスト $C(t)$ は以下のように定義した。

$$C(t) = T(t) + \alpha_1 d(t + T(t)) + \alpha_2 z(t + T(t)) + \alpha_3 w + \Theta(t + T(t) + d(t + T(t)) + w) \quad (1)$$

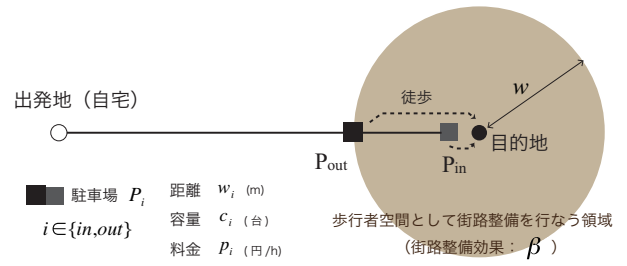


図-2 1ODの単純ネットワーク

ここで、 t は出発時刻、 α はパラメータである。右辺第1項は旅行時間コスト、第2項は駐車場探索コスト、第3項は駐車料金に関するコスト、第4項は駐車場から目的地までの徒歩時間コスト、そして第5項は到着希望時刻 t^* に対するスケジューリングコストをそれぞれ表している。なお、第5項は希望到着時刻に対する許容範囲 $[t^* - \Delta, t^* + \Delta]$ からのずれによって以下のように定義される。

$$\Theta(t + T(t) + d(t + T(t)) + w) = \begin{cases} \tau[t^* - (t + T(t) + d(t + T(t)) + w)], & \text{if } (t + T(t) + d(t + T(t)) + w) < t^* - \Delta \\ \lambda[(t + T(t) + d(t + T(t)) + w) - t^*], & \text{if } (t + T(t) + d(t + T(t)) + w) > t^* + \Delta \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

式(1)(2)に見られるように、既往のスケジューリングモデルは施策効果として駐車場の料金、容量、位置(目的地からの距離)の変化に伴うコストの増減のみを考慮している。

それに対して、歩行者空間の創出による地域の活性化を目的とした駐車場再配置施策を考慮するためには、滞在中に得られる効用を考慮し、街路整備による変化を記述しなければならない。本研究ではこの効用を「滞在効用」として定義し、以下で定式化する。

$$U_i(\tau, r) = \alpha_1 u_{stay}(\tau, r) + \alpha_2 \beta u_{move}(\tau, r) - \alpha_3 r\tau \quad (3)$$

$U_i(\tau, r)$: 駐車場 i を選択した時の、滞在時間 τ 、回遊時間 $r\tau$ の滞在パターンに対する効用

$u_{stay}(\tau, r)$: 施設滞在効用

$u_{move}(\tau, r)$: 回遊効用

β : 街路整備効果

α, θ : パラメータ (> 0)

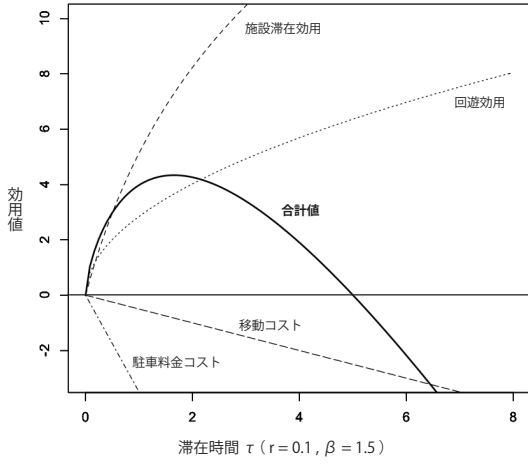


図-3 滞在時間に関する効用とコストの考え方

ここで、式(3)の左辺は滞在中に得られる総効用(滞在効用)を表し、右辺第1項は目的施設に滞在することで得られる効用(施設滞在時間 $(1-r)\tau$ に対して単調増加)、第2項は都心を回遊することで得られる効用、第3項は純粋な移動コストをそれぞれ示している。なお、効用関数 u_{stay} 、 u_{move} は、限界効用逓減の法則に従う凹関数として仮定する。はじめのうちは時間の増加に対して獲得できる効用が大きいものの、次第に効用の増加率は低下していく。本研究ではこの滞在効用を既往の均衡配分モデルに導入することで、駐車場配置施策が滞在時間や駐車位置の選択に及ぼす影響を分析する。

時間を変数とする以上の滞在効用、及び駐車料金コストの関係を図-3を用いて考える。ここでは各項の関係性のみを考察するため、 $r=0.1$ 、 $\beta=1.5$ に固定する。効用の値を考えると、施設滞在効用・回遊効用は滞在時間に対して単調増加、移動コスト・駐車料金コストは単調減少する関数である。ここで、施設滞在効用・回遊効用については滞在時間が増加に従い変化量が減少していく一方で、移動コスト・駐車料金コストは滞在時間に比例して一定割合で減少し続ける。それゆえ、合計値である総効用はある一定の滞在時間でピークを迎えた後減少を続け、長く滞在しすぎればコストが効用を上回って総効用がマイナスの値をとる。なお、図-3は r 、 β が一定のときのグラフを表しており、これらの値が変化すれば総効用が最大値及び0をとる滞在時間の値が変化することに注意されたい。これらの効用を最大化させるように、来訪者は中心市街地での「過ごし方」、つまり駐車場位置と滞在・回遊時間を選択する。

4. 均衡配分モデルの定式化

(1) 駐車場選択効用の設定

属性 m の来訪者が駐車場 i を選択した際の効用関数を、式(1)を用いて以下のように定義する。

$$U_i^m = -\alpha_4 p_i \tau - \alpha_6 d_i^m(f) - \alpha_5 w_i^m \quad (4)$$

ここで、 f_i は駐車場 i を選択した移動者の総数であり、 f はそのベクトルを表す。右辺第1項は駐車料金コスト、第2項は駐車場探索コスト、第3項は目的施設までの徒歩時間コストをそれぞれ表す。本論文では非義務目的の来訪者のみを想定しており、通勤交通は対象にしていない。それゆえ希望到着時刻に対する厳密さや道路混雑の可能性は低いと考え、式(1)における第1項の旅行時間コスト、第5項のマージナルコストについては省略した。式(4)第2項の駐車場探索コストについては、以下のBPR関数によって定義する(Lam et al., 1998⁷⁾。

$$d_i^m(f_i) = d_i^{m,0} + a \left(\frac{f_i}{c_i} \right)^b \quad (5)$$

$d_i^{m,0}$ は自由走行時の探索コスト、 c_i は駐車場 i の容量、 a, b は非負のパラメータである。来訪者は自身の滞在戦略をもとに、式(4)で表される効用を最大とする駐車場 i を選択する。

(2) 来訪者の意思決定構造

ODペア (r, s) を移動する来訪者の意思決定は、上位階層を滞在パターン選択、下位階層を駐車場選択とするNested Logitモデルによって表現されるとする。

$$P(i|rs, m) = \frac{\exp(\theta_1 U_{i,m}^{rs})}{\sum_i \exp(\theta_1 U_{i,m}^{rs})} \quad \forall rs, m, i \quad (6)$$

$$P(m|rs) = \frac{\exp(\theta_2 [S_m^{rs} + U_m^{rs}])}{\sum_i \exp(\theta_2 [S_m^{rs} + U_m^{rs}])} \quad \forall rs, m \quad (7)$$

$$S_m^{rs} = \frac{1}{\theta_1} \ln \sum_i \exp(\theta_1 U_{i,m}^{rs}) \quad \forall rs, m \quad (8)$$

ここで、 U_m^{rs} は滞在パターン m について一定で駐車場 i によらない効用、 $U_{i,m}^{rs}$ は滞在パターン m と駐車場 i の組み合わせによって変化する効用である。 S_m^{rs} は滞在パターン m の駐車場選択に関する期待最大効用を表す。また θ_1 、 θ_2 はそれぞれ駐車場選択、滞在パターン選択に関するパラメータであり、来訪者のコストに対する認知のばらつき具合を表している。本研究における U_m^{rs} 、 $U_{i,m}^{rs}$ は式(3)(4)を用いて、

$$U_m^{rs} = U(\tau, r) \quad \forall rs, m \quad (9)$$

$$U_{i,m}^{rs} = U_i^m \quad \forall rs, m, i \quad (10)$$

である。このとき、OD 交通量 q_{rs} を所与とした際の滞在パターン m の期待交通量 q_m^{rs} 、及び駐車場 i の期待交通量 $f_{m,i}^{rs}$ は以下で定式化する。

$$q_m^{rs} = q_{rs} P(m|rs) \quad \forall rs, m \quad (11)$$

$$f_{m,i}^{rs} = q_m^{rs} P(i|rs, m) \quad \forall rs, m, i \quad (12)$$

(3) 滞在パターン選択行動

本研究では、ネットワーク上の来訪者の選択行動に確率的利用者均衡 (SUE) を仮定する。均衡状態に達した後、選択された各過ごし方の効用は最大になっており、すべての人は過ごし方を変更することで自身の効用を増加させることができない (Wardrop の第一原則)。前節で定義した選択確率にしたがえば、滞在パターン選択行動の均衡問題は以下の式で表される。

$$\begin{cases} q_m^{rs} (U_m^{rs} - U^{rs}) = 0, \quad \forall m, \\ q_m^{rs} \geq 0, \quad \forall rs, m, \\ U^{rs} - U_m^{rs} \geq 0 \end{cases} \quad (13)$$

ただし、

$$U^{rs} = \max_m U_m^{rs} \quad (14)$$

式 (13) の相補性条件は、選択された滞在パターンの効用は必ず最大値であり、すべての来訪者は滞在パターンを変更することで効用を増加させることができないことを示す。言い換えれば、選択されない滞在パターンの効用は最大値よりも小さいか、せいぜい等しい。

(4) 駐車場選択行動

同様に、駐車場選択行動の均衡問題を以下で定式化する。

$$\begin{cases} f_{m,i}^{rs} (U_{m,i}^{rs} - U_m^{rs}), \quad \forall i, \\ f_{m,i}^{rs} \geq 0, \quad \forall rs, m, i, \\ U_m^{rs} - U_{m,i}^{rs} \geq 0 \end{cases} \quad (15)$$

ただし、

$$U_m^{rs} = \max_i U_{m,i}^{rs} \quad (16)$$

また、交通量 q_m^{rs} 、 $f_{m,i}^{rs}$ には以下のフロー保存則が成立する。

表-1 滞在パターン m の選択肢

パターン選択肢	1	2	3	4	5
滞在時間 τ (h)	1.0	2.0	2.0	2.0	3.0
回遊率 r	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3

$$\sum_m q_m^{rs} = q_{rs} \quad \forall rs, m \quad (17)$$

$$\sum_i f_{m,i}^{rs} = q_m^{rs} \quad \forall rs, m, i \quad (18)$$

以上 (6)~(18) の条件を満たす期待滞在パターン交通量、及び期待駐車場交通量を求めることが本研究における均衡モデルである。得られる均衡解が導入される政策 (駐車場配置、駐車料金・容量の変更、街路整備) によってどのように変化するかを分析することで、駐車場配置政策の評価を行なう。

(5) 数理最適化問題の定式化

本研究における均衡モデルは、以下の等価な数理最適化問題 [NLSUE] として表現することができる。

$$\begin{aligned} \max Z(\mathbf{f}, \mathbf{q}) = & \sum_{m,i} \int_0^{f_{i,m}^{rs}} U_{i,m}^{rs}(\omega) d\omega \\ & + \sum_m q_m^{rs} U_m^{rs} + q^{rs} H^{rs} + \sum_m q_m^{rs} U_m^{rs} \end{aligned} \quad (19)$$

$$H_m^{rs} = -\frac{1}{\theta_2} \sum_i \frac{f_{i,m}^{rs}}{q_m^{rs}} \ln\left(\frac{f_{i,m}^{rs}}{q_m^{rs}}\right) \quad (20)$$

$$H^{rs} = -\frac{1}{\theta_1} \sum_m \frac{q_m^{rs}}{q^{rs}} \ln\left(\frac{q_m^{rs}}{q^{rs}}\right) \quad (21)$$

ここで、 q^{rs} はネットワーク上の OD 交通量を示している。本研究では逐次平均法 (MSA: Method of Successive Averages) を用いて均衡解を求めた。

5. 数値計算

(1) 滞在パターン選択肢

計算に際して、滞在パターン $m(\tau, r)$ の選択肢を表-1 のように設定する。選択肢 1 は特定施設のみに滞在後すぐに帰宅する行動を、選択肢 5 は特定施設に限らず都心を回遊し、滞在時間としても他に比べて長い行動を表現している。来訪者は滞在パターン $m(\tau, r)$ ($m = 1 \sim 5$) を選択後、滞在戦略をもとに駐車場 i を選択する。計算では、内側駐車場の駐車容量を 2000 台、外側駐車場の駐車容量を 4000 台として、ネットワークに 2000 台の交通量を流した場合を考える。なお、駐車料金につい

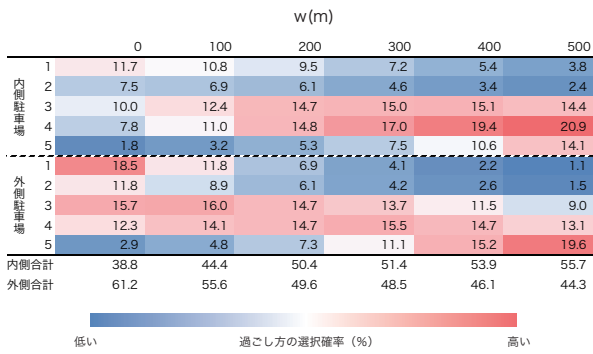


図-4 wを変化させたときの過ごし方の選択確率の変化

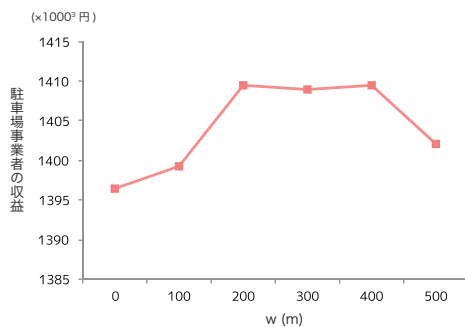


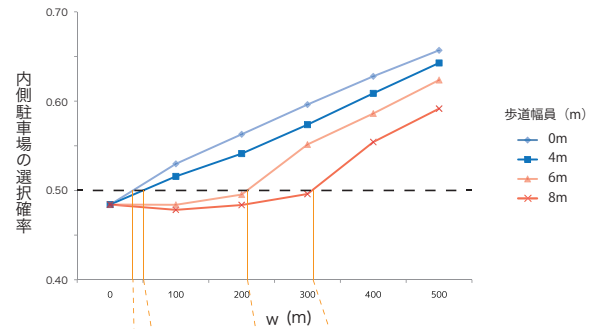
図-5 駐車場事業者の収益の変化

では目的施設との距離 w_i に応じて単位時間あたりの料金 p_i を $p_i = 400 - 0.4w_i$ で変化させた。

(2) 過ごし方の選択確率の変化

外側駐車場の配置距離である w を変化させたときの均衡解を図-4に示す。均衡解は各過ごし方にどれくらいの交通量が配分されるか、つまり過ごし方の選択確率として表現される。過ごし方は駐車場位置と滞在パタンの組み合わせで考えられるため、計10通りの過ごし方が存在することになる。図-4中では色によって選択確率の高さを示している。図を見ると、まず駐車場選択結果について、 w が小さいうちは外側駐車場を選択確率が内側駐車場のそれに比して高い一方で、 w がある値（ここでは200m弱）を越えると駐車料金よりも徒歩距離を重視して内側駐車場の選択確率が高くなる。つまり、外側の駐車場へシフトさせた交通量の割合を設定した上で、駐車料金との関係性を考慮しながら駐車場配置の基準距離を判断することが必要である。図-5は駐車場事業者の収益の変化を示しているが、たとえば目的施設から250mの位置に容量・料金で優れた駐車場を集約して置くことで、5割の来訪者を外側へとシフトさせることができ、かつ収益も向上させることができる。図-6は街路整備と駐車場配置距離の関係

a) 歩道幅員の拡幅



b) 歩道幅員拡幅 + 駐車場の小売店舗への更新

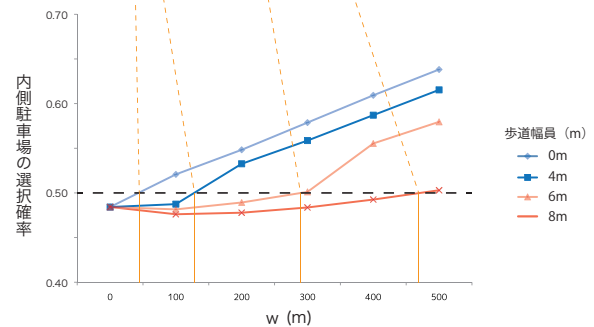


図-6 街路整備と駐車場配置距離の関係

次に、図-4において滞在パタンの選択確率の変化を考察する。図を見ると w が増加に従って滞在時間・回遊率の大きい滞在パターン（パターン4,5）が増加していることがわかる。このことは、駐車場の再配置による歩行者空間の創出が、中心市街地の滞在時間を増加させることを示唆している。

(3) 街路整備方針の考察

本節では1章で立てた仮説に基づいて、どのような街路整備を行なうことが来訪者の滞在範囲の拡大につながりうるのかを考察するため、街路整備効果を空間構成要素に分解して計算を行なった。このときの街路整備効果 β は空間変数を用いて、以下で定式化される。

$$\beta = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_i x_i \quad (22)$$

x_1, x_2, \dots, x_i は街路環境を表す i 個の説明変数であり、 β は各説明変数に対するパラメータである。

ここでは駐車場配置と街路整備状況との関係性に絞って分析を行なうため、駐車場選択結果のみを考慮することとする。その際、1つの基準として2つの駐車場の選択確率が等しくなる（5割の来訪者が外側へ配分される） w の値に着目して、計算結果を示す。

a) 歩道幅員の拡幅

歩道幅員のパラメータのみを変化させた場合の計算結果を図-4 a) に示す。w の増加に伴って内側駐車場の選択確率が増加する中で、歩道幅員によってその変化の仕方に大きく違いがあることがわかる。歩道幅員が0m, 4m の状況では外側駐車場は選択確率は低く、100 m よりも短い段階で内側駐車場の選択確率が5割を超えている。この結果は、歩道が未整備の街路が多く存在する地区では、来訪者は駐車場-目的施設間のアクセスコストを嫌う傾向にある一方で、街路の歩道幅員が確保されることで、長い距離の歩きが許容され、滞在範囲が拡大する様子を示している。

b) 駐車場敷地の小売店舗への更新

次に、外側に駐車場を集約する際に、都心に分散していたもともとの小規模駐車場敷地を小売店舗へと更新することを考える。ここでは、設定した駐車場密度を踏まえて半径 w の内部空間の駐車場を小売店舗として更新することで、店舗密度のパラメータを駐車場位置に応じて変化させることを考える。計算結果を図-4 b) に示す。歩道幅員の拡幅政策のみを考慮していた a) に比べて、外側駐車場の選択確率が増加している。歩道幅員が広く確保されている場合との組み合わせでは特に効果が大きく、300~500m 近く離れた駐車場でも高い確率で利用されている。一方、歩道未整備（幅員 0m）の状況では、街路沿いの店舗密度を増加させたとしても来訪者は目的施設の限りなく近くまで自動車で行く傾向が高いことが示されている。

以上より、駐車場配置の方針は地域の街路整備状況を十分に考慮した上で決定されることが望ましいことが示された。つまり、1つの中心市街地においても、全体を1つの駐車システムで計画するのではなく、界限ごとの街路空間の特徴・整備方針を踏まえてそれぞれの駐車場配置基準を設定し、その組み合わせとして地区全体の駐車場配置計画を立てることで魅力的な地域形成の可能性が示唆された。

6. おわりに

本論文は、中心市街地の歩行者空間の領域設定問題を駐車場配置問題として置き換え、均衡配分モデルによって定式化を行なった。その際、従来のモデルでは考慮されてこなかった都心滞在中の効用を滞在効用として考慮し、街路整備が過ごし方の変化に与える影響をモデル化した。中心市街地の計画において、駐車場位置と駐車料金、及び街路への投資を上位問題に、下位に来訪者の滞在時間・駐車場という回遊戦略の選択において、その選択結果に均衡条件を仮定することで空間計画と過ごし方の関係性を考慮した。数値計算結

果からは、駐車場を外側に集約して街路整備を行なうことで来訪者の滞在時間を増加させることができること、そして歩道幅員の拡幅・駐車場の店舗への更新が来訪者の「目的地の限りなく近くまで行きたい」という意識を変化させることを明らかにした。このことは現在の駐車場配置状況に対する解決の糸口であり、地域の景観形成に対して有効な示唆を与えるものと考えられよう。

今後の課題としては、駐車場の選択性についての詳細な考察がある。個人の中心市街地の利用頻度との関係や駐車場探索行動について、プローブデータを用いたモデル化を行なう予定である。また、施策評価を明確にするため、計画側の目的関数を設定した上でその最適化問題を上位問題、来訪者の均衡問題を下位問題とする均衡制約付き最適化問題 (MPEC) としての記述や実ネットワークへの適用を行なうことで、より有用性の高いモデルの開発と空間計画の評価への展開を図ることが課題である。

参考文献

- 1) Arnott, R., de Palma, A., Lindsey, R.: A temporal and spatial equilibrium analysis of commuter parking, *Journal of Public Economics*, Vol.45, pp.301-335, 1991.
- 2) Arnott, R., Rowse, J.: Modeling parking, *Journal of Urban Economics*, Vol.45, pp.97-124, 1999.
- 3) Arnott, R., Inci, E.: An integrated model of downtown parking and traffic congestion, *Journal of Urban Economics*, Vol.60, 418-442, 2006.
- 4) Arnott, R., Inci, E.: The stability of downtown parking and traffic congestion, *Journal of Urban Economics*, Vol.68, pp.260-276, 2010.
- 5) Arnott, R., Rowse, J.: Downtown parking in auto city, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.39, pp.1-14, 2009.
- 6) Kaplan, S., and Bekhor, S.: Exploring en-route parking type and parking-search route choice: decision making framework and survey design, *Proceedings of the 2nd International Choice Modelling Conference*, 2011.
- 7) Lam, W.H.K., Tam, M.L., Yang, H., Wong, S.C.: Balance of demand and supply of parking spaces, *Transportation Research Part A*, Vol.32, pp.159-170, 1998.
- 8) Lam, W.H.K., Li, Z.C., Huang, H.J., Wong, S.C.: Modeling time-dependent travel choice problems in road networks with multiple user classes and multiple parking facilities, *Transportation Research Part B*, Vol.40, pp.368-395, 2006.
- 9) Qian, Z., Xiao, F., Zhang, H.M.: Managing morning commute traffic with parking, *Transportation Research Part B*, Vol.46, pp.894-916, 2012.
- 10) Thompson, R.G., Richardson, A.J.: A parking search model, *Transportation Research Part A*, Vol.32,

- pp.159-170, 1998.
- 11) Vickrey, W.: Congestion theory and transport investment, *American Economic Review*, Vol.59, pp.251-261, 1969.
 - 12) Zhang, X.N., Huang, H.J., Zhang, H.M.: Integrated daily commuting patterns and optimal road tolls and parking fees in a linear city, *Transportation Research Part B*, Vol.42, pp.38-56, 2008.
 - 13) Zhang, X.N., Yang, H., Huang, H.J.: Improving travel efficiency by parking permits distribution and trading, *Transportation Research Part B*, Vol.45, pp.1018-1034, 2011.
 - 14) 戸叶洋道, 北澤俊彦, 羽藤英二: 駐車と回遊行動を考慮した一次元都市における静的配分, 土木計画学研究・講演集, No.44, CD-ROM, 2011.
 - 15) 室町泰徳: 駐車場情報がドライバーの駐車場探索行動に与える影響に関する基礎的研究, 土木学会論文集, No.660, Vol.4-49, pp.15-25, 2000.

A Parking Allocation Problem based on Sojourn Utilities with Street Design

Yuki OYAMA and Eiji HATO

In recent years, public space for pedestrians have been gained considerable attention in the urban design. In this paper, we propose the way of deciding the scale of a pedestrian area using the equilibrium assignment model. We consider a traveler's choice of parking location and duration in networks based on the utility which they gain with duration in the city center. The model provides a useful tool for the evaluation of the urban design and parking systems.