

熊本市中心部における駐車場の適正配置ための シミュレーション分析

古賀 逸人¹・溝上 章志²

¹ 学生会員 熊本大学大学院自然科学教育部（〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1）

E-mail: 201d2219@st.kumamoto-u.ac.jp

² 正会員 熊本学園大学教授 経済学部（〒860-8555 熊本市中央区大江 2-5-1）

E-mail: sh-mizokami@kumagaku.ac.jp (Corresponding Author)

本研究は、本研究では、まず、1) 我が国におけるこれまで、および今後の駐車施策についてまとめると同時に、2) 熊本市中心部における駐車場、および駐車の実態と課題を明らかにする。次に、3) 都心部での駐車場選択行動モデルを組み込んだ駐車シミュレーションモデルを構築する。さらに、4) この駐車シミュレーションモデルを用いて、駐車容量だけでなく駐車場の適正配置を求める適正配置/容量の設計方法を提案する。最後に、5) 熊本都市中心部での適用結果を示す。

Key Words : *parking capacity, parking placement, simulation, optimization, Kumamoto central area*

1. はじめに

モータリゼーションの進展に伴って増加した駐車需要を満たすべく、我が国では駐車場整備が進められてきた。しかし、近年は人口減少や自動車保有のニーズの変化等が影響し、自動車の保有台数は横ばいで推移しており、駐車需要は減少しているにもかかわらず、駐車場の整備台数は年々増加傾向にある。その結果、需要以上の供給が行われている可能性が高い。大都市では、公共交通サービス水準が向上し、車を持つメリットが少なくなっているために都心部の立体駐車場やオフィス街の附置義務駐車場では空きが生じている。地方都市では、居住者や店舗の流出による市街地の衰退に伴い、地権者が空地となった土地をコインパーキングに活用するケースが多い。そのため、稼働率の低い平面駐車場が乱立しており、街並みの分断等の問題が生じている。

そのため今後の駐車場施策としては、新たに整備される駐車場の配置や規模、機能についての制限を設ける、あるいは既存駐車場をフリンジ部へ再配置、他の土地利用への転換を図るといった「質」的なコントロールが求められる。¹⁾

国土交通省でも平成30年7月に、まちづくりと駐車場の連携に焦点を当て、まちの将来像から、都市空間のあり方、そのために必要な駐車場の量、場所、配置のきめ細かなコントロール、さらには駐車場から新たな土地利

用への転換などを整理した「まちづくりと連携した駐車場施策ガイドライン」²⁾を取りまとめている。

本研究では、まず、1) 我が国におけるこれまで、および今後の駐車施策についてまとめると同時に、2) 熊本市中心部における駐車場、および駐車の実態と課題を明らかにする。次に、3) 都心部での駐車場選択行動モデルを組み込んだ駐車シミュレーションモデルを構築する。さらに、4) この駐車シミュレーションモデルを用いて、駐車容量だけでなく駐車場の適正配置を求める適正配置/容量の設計方法を提案する。最後に、5) 熊本都市中心部での適用結果を示す。

本論文は6章から構成されている。2で国内、および熊本市の駐車場施策の現状と我が国の駐車場施策に関する研究課題を述べる。3では熊本市中心部の駐車場の配置と容量の空間分析を行う。4では駐車場選択モデルを内装した駐車行動シミュレーション、5では最適な駐車場容量と配置パターンについて述べる。最後に、6で本研究の結論と課題を述べる。

2. 駐車場施策と既存研究のレビュー

(1) 日本の駐車場施策

a) 駐車場の現況と課題

我が国の駐車場施策としては、1957年に駐車場法が制

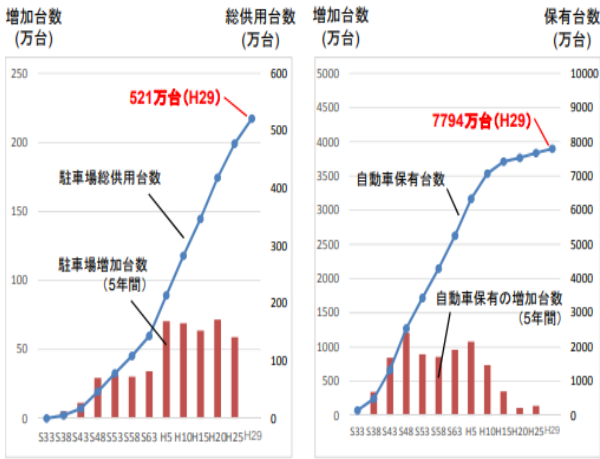


図-1 駐車場の整備台数と自動車の保有台数の推移
(出典:国土交通省 駐車対策の現状より¹⁾)

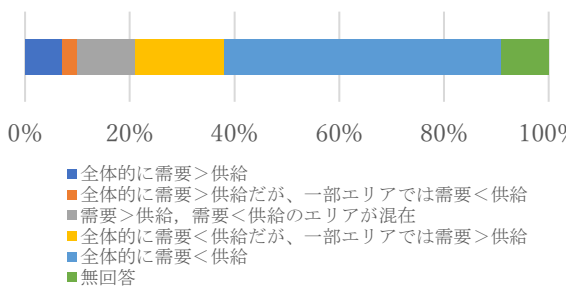


図-2 駐車場の需給に関するアンケート結果¹⁾

定されて以降、自動車交通が著しく幅轄する地区等を「駐車場整備地区」として定めるとともに、駐車場整備計画に基づき、都市計画駐車場等の整備、建築物の新築等に際して駐車場の附置を義務付ける「附置義務駐車場」の確保等が進められてきた。しかし、近年、図-1に示すように自動車の保有台数は横ばいを推移しているにもかかわらず、駐車総スペースは増加し続け、駐車場は過剰に整備されているといわれている。特に、大都市においては、公共交通サービス水準の向上により、附置義務駐車場の稼働率は低下している。一方、地方都市においては、空地や建て替えによりコインパーキングへの土地転用が急進、かつ大量に進んだ結果、駐車場の過剰供給が続いている。また、無秩序に整備が進んだため、歩行空間の分断や連続した街並みの喪失により、まちの魅力そのものの低下等も招いている。図-2は平成29年に国土交通省が駐車場の需給に関して地方公共団体にアンケートを行った結果を示している。「全体的に需要<供給だが、一部エリアでは需要>供給」または「全体的に需要<供給」と回答した地方公共団体が全体の約7割もあることから、駐車場は全国的に過剰に整備が行われていると言える。

今後の駐車場施策としては、地域ごとに異なる課題を考慮し、需要に見合った適正な供給量のコントロールが必要である。また、公共交通機関の利便性の向上等、駐

表-1 附置義務「目安値」の緩和³⁾

人口規模	用途	改正前	改正後
≧100万人	事務用途	200㎡/台	250㎡/台
		150㎡/台	200㎡/台
<50万人	特定用途	150㎡/台	200㎡/台
		150㎡/台	200㎡/台

車需要の適正化も重要である。さらに、都市空間の魅力の低下や市街地の空洞化に対しては、駐車場の位置・配置など、質的コントロールも必要であり、まちづくりの一環として駐車場施策に取り組みなければならない。そのほか、荷捌きや自動二輪車等、用途別の適正化も重要な課題の一つに挙げられる²⁾。

b) 附置義務駐車制度の緩和

前述したように、附置義務駐車場とは、市計画駐車場等の整備、建築物の新築等に際して附置を義務付けられた駐車場である。国が示す標準駐車場条例における附置義務対象となる建設物は文献³⁾に示されている。しかしながら、駐車需要以上の供給が行われていることを背景に平成26年に改正された標準駐車場条例では、標準駐車場条例で示している附置の原単位はあくまで「目安値」であり、地域・地区の特性に応じて適切に原単位を設定する必要があるとしている。また、大規模開発マニュアル改訂を踏まえて、「目安値」の原単位は表-1に示すように、人口100万人以上の都市の事務用途では200[m²/台]から250[m²/台]に、人口100万人以下の都市の事務用途および人口50万人以下の特定用途では150[m²/台]から200[m²/台]に緩和された。

c) 駐車場の配置の適正化

駐車場の配置を適正化する方法⁴⁾として、都心のフリッジ部への路外駐車場施設の集約化などの適正配置が求められている。配置の適正化に資する取り組みとして、金沢市では自主条例により、中心商業・業務地区にまちなか駐車場区域を設置し、区域内での駐車場の新設には市長への事前届出を義務付けている。区域内での設置基準として、「駐車場の出入りが前面道路の渋滞を引き起こさないこと」や「歩行者の安全性を阻害しないこと」、「店舗の連続性が確保されること」等を設け、通りに面する駐車場の立地や出入り口の位置をコントロールしている。また、駐車場の転用及び配置の適正化の事例として、福井市のJR福井駅前にある新栄商店街では、民間のコインパーキングを「新栄テラス」⁵⁾として広場化する取り組みが実施されている。福井市が近くの市有地をコインパーキングの代替地として用意し、民間コインパーキングの土地と等価で賃借し、新栄商店街振興組合が市から広場を無償で借りて管理運営している⁶⁾。空き店舗が目立っていた新栄商店街では、この取り組みにより周辺の出店の増加やイメージの向上等、まちに賑わいが生まれている。

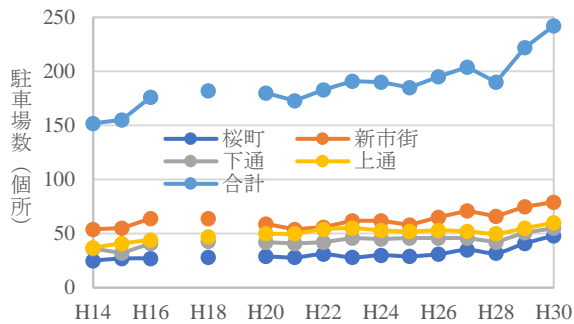


図-3 熊本市中心市街地の駐車場数の推移⁸⁾

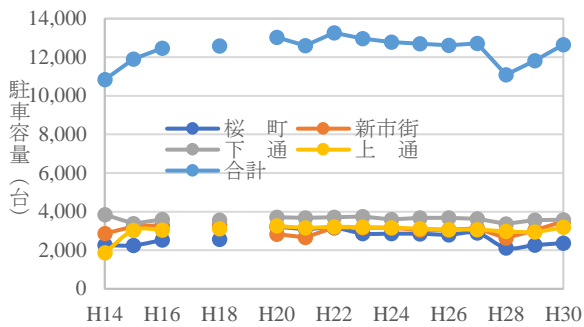


図-4 熊本市中心市街地の駐車容量の推移⁸⁾

(2) 熊本市の駐車場施策の現況

熊本都市圏では自家用車の過度に依存した交通体系からの転換が求められており、将来的な人口減少・超高齢化社会を見据え、地域の交通特性に応じた都市交通の最適化の構築が進められている。中心市街地においては「人と公共交通を中心とした、歩いて暮らせるまちづくり」に向けて、駐車場の適正配置等に取り組むこととしている。これまでの熊本市における駐車場施策は、全国の都市同様、附置義務条例の制定等による駐車場の量的整備を中心に進められてきたが、その結果、中心市街地への移動は自動車中心となってしまう、「公共交通の衰退、交通渋滞・歩行環境悪化、中心市街地の活力低下」など、の問題が発生している。そのため、これまでの駐車場の量的整備施策を見直し、量・位置・質の適正化を図る施策に転換することが求められている⁷⁾。

a) 熊本市中心市街地の駐車場整備台数の推移

平成5年に設立された財団法人駐車場公社の調査⁸⁾による熊本市中心市街地の時間貸し駐車場数と収容台数の経年変化を図-3、図-4に示す。平成14年から22年までは、駐車場数、収容台数ともに増加傾向であったが、22年を境に横ばいで推移している。しかし、平成29年からは再び増加傾向となり、平成30年9月現在、駐車場数242（個所）、収容台数12,648（台）となっている。近年は収容台数が横ばいにもかかわらず、駐車場数は増加していることから、小規模のコインパーキングが増加していると考えられる。地区ごとに見ると駐車場数はすべての地区で年々増加している。一方で駐車場容量は横ばいを推移している。さらに新市街地区では駐車場数は最も多いが、

駐車容量は下通が最も大きい。このことから新市街では容量の小さいコインパーキングが、下通では容量の大きいコインパーキングが多く立地していることが考えられる。また、令和元年11月に熊本市が行った実態調査の結果⁹⁾、熊本市中心市街地の駐車場数は224（場）、収容台数は12,900（台）となっている。また、他の地域に比較すると、収容台数が大きい駐車場が多く立地していることがわかる。再開発が進む熊本駅周辺においても同様に収容台数の大きい駐車場が点在していることから、大型施設の開発に伴って附置義務駐車場等の量的整備が行われてきたことが伺える。

b) 熊本市駐車場適正配置検討委員会

熊本市では駐車場整備地区における駐車場整備計画の策定及び推進等に関して必要な事項を審議することを目的に、熊本市駐車場適正配置検討委員会が設置され、その第1回目が令和元年6月28日に開催されて以降、令和3年12月までに5回開催された。

第3回で作成された「まちなか駐車場適正化計画（素案）」では、(1)土地利用、(2)駐車場利用、(3)駐車場の使い方の3つの観点から今後の駐車場施策の方向性が明記されている。(1)土地利用の観点では、駐車場からの土地利用転換及び駐車場の効率的な配置を図ること、現存する附置義務駐車場と平面駐車場の集約化等が計画されている。また、(2)駐車場利用の観点では、「フリッジ駐車場利用者はまちなかでの回遊時間が長いこと」や「自動車で来街する人の約7割が目的地に近い駐車場を選択する」といった調査結果からフリッジ部への需要の誘導が計画されており、共通駐車券の導入や附置義務駐車場の整備台数の緩和等が検討されている。さらに、(3)駐車場の使い方の観点では、荷捌き目的での歩道での路上駐車が散見されることや、自動二輪車や観光バス、障がい者等の専用駐車場整備が進んでないという現状を踏まえて、既存の小規模駐車場の構造の秩序化することや新たに専用スペースを設けることが計画されている。第4回以降は、駐車場計画をもとに附置義務条例の改正や配置適正化計画の策定等が審議されている。

(3) 既往研究のレビュー

日本の駐車場に関する研究は、長年、駐車需要や駐車行動の分析、駐車場施設の設置方法を中心とした研究が行われてきたが、近年では駐車場の再配置などの駐車場施策に関する研究も見られるようになった。塩原ら⁹⁾は東京都千代田区神田地区を対象に、市街地の更新を考慮した駐車場整備の在り方について検討を行っている。その中で、今後、附置義務基準の変更がない限り、建物の建て替えを行うと、附置義務駐車台数は増加することを明らかにした。また、市街地更新に合わせた段階的な附置義務駐車場の集約化には、地区単位での集約が可能であ

り、各建物所有者の収益の最大化に有効であるということも明らかにした。松原ら¹⁰⁾は政令市を除く全国の地方圏の人口 5 万人以上の中活策定都市 97 市を調査し、来街者増加に対して駐車場が重要と認識しているものの、駐車場の位置と駐車可能台数の両方を把握している都市は約 2 割にすぎないことを明らかにした。また、長岡市や藤枝市、掛川市で利用実態調査とアンケート調査を行い、使用用途によって差はあるものの、地方都市の中心市街地では来街先から駐車場までの距離は 300m 以内、私的利用なら 100m~200m の駐車場を選択すると結論付けている。さらに、公共施設開業と併せた駐車場施策や民間活力導入による駐車場整備、中活区域内駐車場の一体管理と一定時間無料化のような施策も来街者の増加に寄与することを明らかにしている。将来的な駐車場の整備目標量を設定する際の駐車需要の予測に関する研究としては、全国の駐車場整備計画から駐車需要予測手法の類型化を行った松本ら¹¹⁾の研究がある。この研究では将来の駐車需要予測手法は 7 ケースに分類でき、統一的な手法を採用するのではなく、自治体の状況に応じた柔軟な独自の手法を採択できる現在の状況は望ましいとしている。また、これまでになかった自動運転や MaaS、マイクロモビリティ、シェアリングモビリティ等の新たな交通手段の動向を把握し、駐車環境に与える影響も踏まえ、慎重な検討が求められると結論付けている。八戸ら¹²⁾は自動運転カーシェアサービス普及前後の熊本市中心市街地に必要な駐車容量を待ち行列理論と適正容量算出シミュレーションを用いて、適正駐車容量を導出した。その結果、現在の駐車容量はかなり過剰であり、AVS サービスが普及する前の現在でも削減できること、普及後はさらに削減できることを明らかにしている。

欧米においても駐車施策に関する研究は行われているが、多くの路上駐車スペースが存在するなど駐車場体系が日本とは異なっているため、空いた駐車場スペースの探索行動分析など、日本では行われていないような研究^{13), 14), 15), 16), 17)}も多い。駐車施策に関する近年の研究としては、ミシガン大学アナーバー校の学生、教職員約 7 万人を対象に行った通勤に関する RP 調査から、移動手段と駐車場所の選択に関する NL モデルを構築し、いくつかの政策シミュレーションを行った Xiang ら¹⁸⁾の研究がある。そこでは、旅行者は駐車料金の変化よりも駐車場から目的地までのイグレス距離の変化に敏感であること、駐車場を探す時間は駐車料金、目的地までのイグレス距離よりも感度が低いことを明らかにしている。

既往研究では、今後の附置義務駐車場に関する研究や今後の駐車場施策に対する提言を行う研究が多い。しかしながら、実際の都市の中心市街地における駐車容量だけでなく、適正な配置に関する研究は行われていない。

本研究の特徴は以下のとおりである。

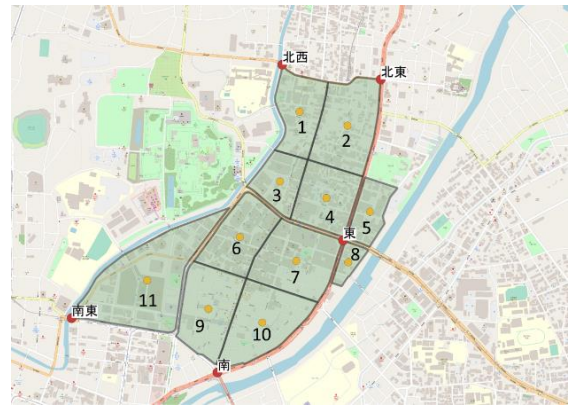


図-5 調査エリアと

表-2 駐車場調査の概要

調査日	2021.5.19, 21, 22	
調査内容	位置	写真を撮り、その位置情報を GIS 上にプロット
	容量	目視でカウント、立体に関しては事業者のホームページを確認
	駐車場名	看板に記載しているものを記録
	料金	・昼夜別の単位時間当たりの料金 ・打ち切り料金

表-3 調査結果の概要

構造	場数 (個所)	容量				昼の1時間当たりの料金 (円)			
		平均	分散	最大	最小	平均	分散	最大	最小
平面	172	163	332.5	2	160	210.0	11422.0	75	900
立体	39	250.2	54630.5	26	980	191.3	5973.9	100	450
全体	211	58.6	18022.2	2	980	205.5	10467.5	75	900

- 1) 熊本市中心市街地の時間貸し駐車場の配置、容量、料金を調査し、空間的に分析する。
- 2) 熊本市中心市街地を分析対象に、駐車場選択モデルを内挿した駐車行動シミュレーションを構築し、いくつかの配置パターンでシミュレーションを行って適正配置と適正容量を試算する。
- 3) 駐車料金などの変化に対する感度分析を行う。

3. 熊本市中心部の駐車場の空間分析

(1) 熊本市中心部の駐車場の実態

熊本市中心部のコインパーキングの実態を把握するために、現地調査を行った。対象エリアは図-5に示す中心市街地活性化計画区域の中の並木坂、上通、水道町、下通、新市街、桜町とした。表-2に調査概要を示す。位置に関しては、駐車場に設置されている料金を示す看板を撮影し、写真に内蔵される緯度/経度情報をGIS上の地図にプロットして記録した。調査結果の概要を表-3に示す。

2021年5月現在、対象エリア内には211か所、12,371台分のコインパーキングが整備されていることが分かった。構造別でみると、立体は39個所で9,579台分、平面は172

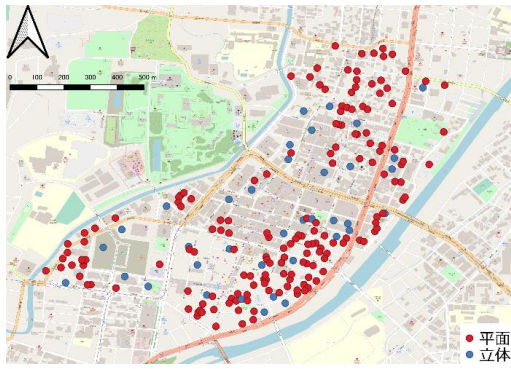


図-6 コインパーキングの分布

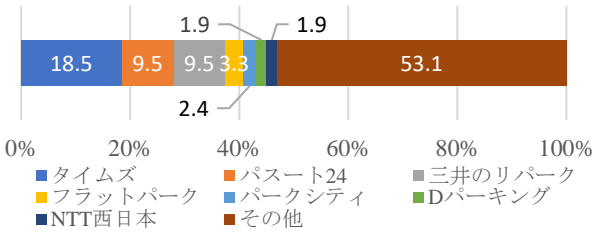


図-7 事業者の割合

個所で2,792台分であり、駐車場数では約85%を平面駐車場が占める一方で、収容台数は立体駐車場が全体の約77%を占めている。容量の平均値を比較すると、平面が16.3台に対し、立体が250.2台と明確に差がある。1時間当たりの駐車料金に関しては、単位時間は駐車場ごとに異なっているため、1時間当たりの料金に統一した。平均値を比較すると平面で210.0円に対し、立体では191.3円と約20円の差がある。しかし、分散を比較すると平面の方が大きく、ばらつきが大きいことがわかる。また、コインパーキングの分布を図-6に示す。下通の東側に駐車場が特に集中しており、幹線道路沿いだけでなく、まちなかにも広く分布している。さらに、運営会社別の駐車場数を図-7に示す。対象エリアでは特定の会社のみが駐車場運営をしているわけではなく、多数の企業が運営を行っている。その中でも全国展開しているタイムズや三井のリパーク、在熊の企業であるパスポート24の3社で約4割を占めている。

(2) 駐車容量に関する空間分析

駐車容量の空間分析を行う。まず、一つの駐車場の周辺半径100m内にいくつの駐車容量があるかを表す競合容量数を図-8に示す。周辺には200~300台分の駐車容量が存在する駐車場が全体の約4割存在するが、800台以上の駐車容量が周辺に存在する駐車場も全体の約3割存在することがわかる。図-9に駐車容量を変数としたヒートマップを示す。容量が集中しているエリアは大型立体駐車場が2つある水道町エリア、鶴屋のある下通北エリアの東側、下通南エリアの東側、サクラマチクマモトがある桜町エリアの4つである。これらのエリアの概要を

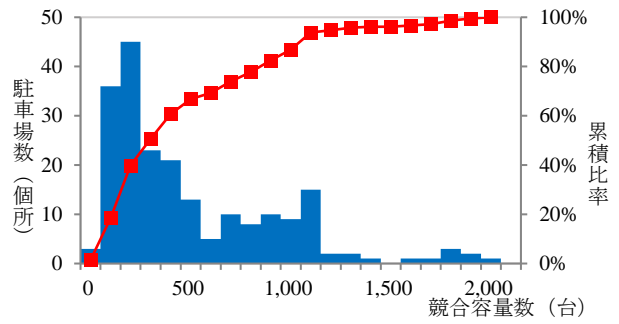


図-8 半径100m内の競合容量数

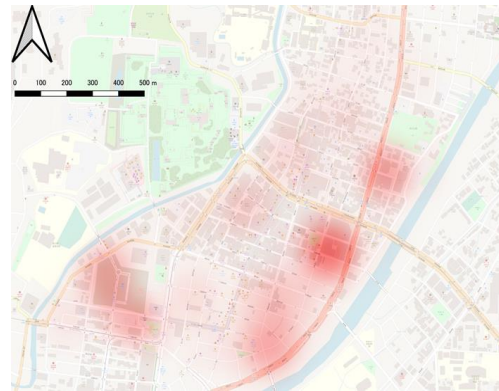


図-9 駐車容量のヒートマップ

表-4 駐車場集中エリアの概要

エリア	駐車場数		収容台数		1時間料金 (円)			昼8時間料金 (円)	
	平面	立体	平面	立体	平日昼	休日	平日夜	普通	提携
下通北	23	7	2,014	338	193.9	188.9	157.9	1,364.7	1,328.0
水道町	8	2	1,050	81	191.0	190.0	112.0	1,184.0	1,124.0
下通南	35	5	1,647	649	177.1	179.9	152.6	809.0	784.0
桜町	19	4	2,384	296	258.1	253.1	118.2	1,024.6	974.6

表-4に示す。これらのエリアには、幹線道路沿いに立地し、立体の割合が約2割、平日1時間当たりの料金は200円程度、夜間の料金が安価という共通の特徴がある。

以上の分析結果から対象エリアでは、1) エリア全体にコインパーキングが無秩序に点在している、2) それにもかかわらず、容量に関してはいくつかのエリアに集中している。3) 料金に関しては提携駐車場の割引などが影響し、対象エリアの中心部であっても駐車料金が安価に設定されるなど、料金設定は駐車場運営者によって自由に設定されている。この結果、特定のエリアに駐車需要が集中することが予想され、それによる渋滞や歩行空間の阻害、また、散在する駐車場による街並みの分断等の問題が引き起こされている可能性がある。

4. 駐車行動シミュレーション

(1) シミュレーションの対象地域

後述する駐車行動シミュレーションを実行する対象地

域は前章と同じ並木坂、上通、水道町、下通、新市街、桜町から構成されたエリアである。対象トリップは第4回熊本都市圏パーソントリップ (PT) 調査のマスターデータから抽出した対象地を発着する自動車トリップ 15,791トリップである。個々のトリップの着時刻と駐車時間はPT調査から分かるが、それらにばらつきを与えるため、拡大率によって生成される個々のトリップの着時刻と駐車時間に $N(0.0, 5.0)$ のばらつきを与えた。シミュレーション時には各トリップに目的地を設定する必要がある。全てのトリップの着地は緯度経度情報を持つが、プライバシー保護のために4次メッシュに集計されている。そこで各トリップの目的地として4次メッシュ内の街路網のノードの一つをランダムに割り当てた。

(2) 駐車場選択モデル

図-10 に示すように、熊本市中心市街地を訪れる人の駐車場選択モデルは上位がゾーン選択、下位がゾーン内の個々の駐車場選択という階層構造も持つネステッドロジットモデルとした。

a) 推定のためのデータ

モデルの推定のためのデータとして、溝上ら¹⁹⁾が熊本市中心市街地の時間貸し平面駐車場の利用実態を把握するために行った「駐車場利用者意識調査」のデータを使用する。調査概要を表-5に、アンケートを行った駐車場の場所は、通町筋を挟んで北地区 13, 南地区 18, 計 31ヶ所である。調査内容は、性別や住まいなどの個人属性、普段の時間貸し駐車場の利用状況、駐車時間などの調査日当日の利用状況、駐車後の回遊ルート・訪問先・消費額である。調査内容の詳細な分析に関しては、参考文献¹⁹⁾を参照されたい。

駐車場選択モデルの説明変数としては、下位の駐車場選択には駐車料金や収容台数といった選択肢固有の変数に加え、利用意識調査から得られる駐車場から第1目的地までの距離を導入した。上位のゾーン選択の選択肢には、対象地エリアを図-5に示した 11 ゾーンとする。説明変数には、対象地にエリアへの流入口 (赤点) として設けた 5つのコードンノードから各ゾーンの重心 (黄色) までの距離を導入した。個々のトリップのコードンノードは発Cゾーン方向から設定した。その他に目的地とゾーン重心までの距離、男性ダミーをゾーン 5, 10に、買い物目的ダミーをゾーン 4, 7に導入した。駐車料金には1時間単位に換算した値を用いた。

b) 推定結果

モデルの推定結果を表-6に示す。上位のゾーンの選択はいずれの変数も符号条件は論理的であり、男性ダミーを除いて統計的にも有意である。流入口とゾーンの重心までの距離、目的地とゾーンの重心までの距離が短いゾーンほど選ばれやすく、ゾーン 4, 5, 7は買い物目的以

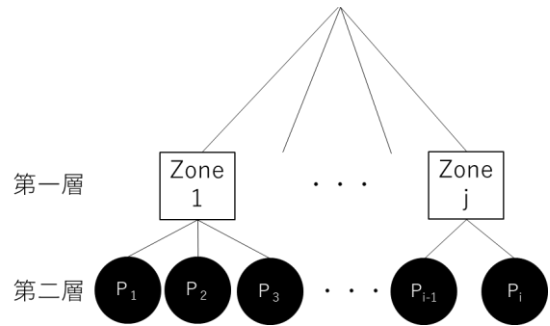


図-10 ネステッドモデルの選択ツリー

表-5 駐車場利用者意識調査概要¹⁹⁾

調査方法	手渡し、郵送回収			
	配布数	483	430	828
回収数 (率)	102 (21.2%)	139 (32.3%)	181 (21.9%)	138 (15.5%)
調査内容	1. 利用者の社会経済特性 2. 日常の無人時間貸し駐車場の利用状況 3. 調査日当日の利用状況 4. 駐車後の回遊ルート・訪問先・消費額			

表-6 駐車場選択モデルの推定結果

	説明変数	パラメータ	(t値)
駐車場選択	駐車場から目的地までの距離(100m)	-0.31	(4.6)
	駐車料金(100円/時)	-0.35	(4.21)
	駐車容量(100台)	0.20	(6.42)
	流入口からゾーン中心までの距離(100m)	-0.13	(4.75)
ゾーン選択	ゾーン中心から目的地までの距離(100m)	-0.41	(4.87)
	男性ダミー (ゾーン 5, 10)	-0.35	(1.69)
	買い物ダミー (ゾーン 4, 7)	-0.79	(3.27)
	スケールパラメータλ	0.86	(11.7)
サンプル数		507	
修正済み尤度比 ρ^2		0.16	

外のトリップが、ゾーン 5, 10は女性が選びやすいモデルとなっている。また、下位の駐車場の選択は目的地と駐車場までの距離が短く、駐車料金が安いほど、駐車容量が大きい駐車場ほど選ばれやすい結果となっている。さらに、上位モデルのスケールパラメータλは $0 < \lambda < 1$ であり、下位の選択し効用の分散の方が上位のそれより大きいことから、想定したツリー構造も妥当であるが、修正済み尤度 $\rho^2=0.156$ とそれほど高くはない。

(3) 駐車行動シミュレーションのフロー

このシミュレーションでは、PT 調査のマスターデータから得られる駐車場に到着する全車両の挙動を1分ごとと再現していく。シミュレーションは以下の仮定の下で実行される。

- 1) 個人の来街目的、個人属性は変化しない。
- 2) 駐車状況を再現していく中で、個人nが駐車場iが満車で停められなかった場合、空きが出るまで待つ。このときに個人iに駐車待ちが発生する。

図-11 に示すステップに従って駐車シミュレーション

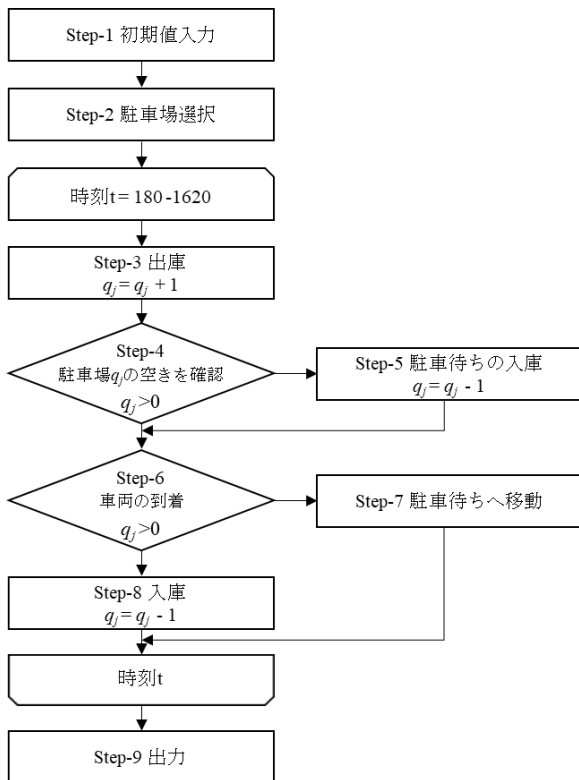


図-11 駐車行動シミュレーションのフロー

を行う。以下に各ステップについて説明する。

Step-1 : (初期値入力) 各車両の着時刻, 駐車時間を入力し, $N(0,5.0)$ のバラツキを着時刻, 駐車時間それぞれに与える。また, 両者から駐車場から発時刻を計算する。さらに, 個々のトリップの目的地ノードを着Cゾーンと着メッシュからランダムに決定する。

Step-2 : (駐車場選択) 駐車場選択モデルを用いて個人 n の駐車場の効用の確定項を算出する。また, 確定項に誤差項として生成したガンベル分布に従う乱数 γ を加えた効用値を持つ駐車場の中から, 個人 n は効用最大の駐車場を選択する。

Step-3 : (出庫処理) 駐車場からの出庫時刻と時刻 t が一致した時, 個人 n は駐車場 j を出庫する。その時, 駐車場 j の空きスペース q_j を $q_j = q_j + 1$ とする。

Step-4 : (空きの確認) 駐車場 j の空きスペース q_j が正值であるかどうかを確認する。

Step-5 : (待ち車両の入庫) Step-4 で $q_j > 0$ のとき, 駐車場 j で駐車待ちしている個人を入庫させる。この時, 駐車場 j の空きスペース q_j は $q_j = q_j - 1$ となる。

Step-6 (車両の到着) : 着時刻と時刻 t が一致したとき, Step-4 と同様, 駐車場 j の空きスペース q_j が正值かどうか確認する。

Step-7 : (駐車待ちに移動) Step-6 で $q_j = 0$ のとき, 駐車待ちに移動させる。

Step-8 : (入庫) Step-6 で $q_j > 0$ のとき, 駐車場 j の空きスペース q_j を $q_j = q_j - 1$ とする。

Step-9 : (結果の出力) 1 日分のシミュレーションを行い, 平均駐車時間や駐車台数の推移などを出力する。

5. 適正な駐車場の配置と容量

(1) モデルの定式化

対象エリア全域に多くの駐車場が空間的に点在し, 水道町や下通北, 桜町エリアに駐車容量が集中するなどのアンバランスになっている。また, 小規模な駐車場が多く存在することによって, まちの連続性が損なわれ, 歩行者の安全性も確保されない。今後の駐車場政策では点在する駐車場を集約化し, フリンジ部に適切な容量を持つ立体駐車場を配置することが求められる。ここでは, 3 つの駐車場配置パターンを設定し, 時々刻々の利用需要の変動を考慮した駐車場容量 q_i の最適化問題を定式化し, その解の特徴を考察する。

利用者の視点からはいつでも止められること, 駐車場運営者の視点からは稼働率の高い配置と容量が望ましい。そこで両者の視点を反映した目的関数から成る以下の多目的最適化問題から最適な駐車容量を算出する。

$$\max_{q_i} \sum_{i \in I} \left[\frac{\sum_{t \in T} \sum_{j \in J_i} \sum_{n \in N_{ij}^t} x_{ij,t}^n}{q_i T}, \sum_{i \in I} (1 - p_i) \right] \quad (1)$$

$$\text{s. t.} \quad 0 \leq q_i \leq \sum_{j \in J_i} \sum_{n \in N_{ij}^{t_p}} x_{ij,t_p}^n + y_{ij,t_p}^n \quad (2)$$

ここで, x_{ij,t_p}^n は時刻 t ($0 \leq t \leq T$) に個人 n が目的地 j を訪れるために駐車場 i に駐車していれば 1, そうでなければ 0 という 0-1 変数であり, 駐車行動シミュレーションによって予測される状態変数である。また, J_i は駐車場 i からの目的地 j の集合, N_{ij}^t は時刻 t に目的地 j へ行く駐車場 i の利用者数である。 α ($0 < \alpha < 1$) は第 1 項と第 2 項のウェイトパラメータである。

目的関数(1)の 1 つめ, 2 つめは, それぞれ全ての駐車場における稼働率, 駐車待ちが発生しない確率の総和を表す。稼働率を上げるために駐車容量を小さくすると利用者の駐車待ちの発生確率は増加することから, 両者は相互にトレードオフの関係にある。

制約条件(2)は, 決定係数である駐車場 i の容量 q_i はピーク時 t_p ($0 \leq t_p \leq T$) の駐車台数に駐車場 i での最大待ち台数の和以下になるように設定することを表している。また, p_i は駐車場 i における駐車待ち発生確率である。吉田ら²⁰⁾は待ち行列理論を応用して一定期間内 (1 日) における待ち時間平均値モデルを定式化したが, その過

程で駐車待ち発生も説明する確率モデルとして次のような関数を提案しており、これを駐車待ち発生確率として用いた。

$$p_i = \frac{1}{1 + \exp\{h(q_i) \cdot (\beta_1 + \beta_2 \ln q_i - \beta_3 D_i)\}} \quad (3)$$

ここで $h(q_i)$ は単調増加なスケール関数である。また、 D_i は

$$D_i = \frac{T_i}{q_i} \cdot \frac{N_i}{T} \quad (4)$$

で表されるトラフィック密度であり、式(3)はこの値がある閾値 ϕ を超えた場合、すなわち駐車場 i が1日平均である駐車台数以上埋まった時に駐車待ちが発生すると考えられる。また、 N_i は駐車場 i への1日の到着台数、 T_i は駐車場 i の平均駐車時間であり、

$$T_i = \frac{\sum_{t \in T} \sum_{j \in J_i} \sum_{n \in N_{ij}^t} x_{ij,t}^n}{\sum_{t \in T} \sum_{j \in J_i} N_{ij}^t} \quad (5)$$

で表現できる。前述のシミュレーション step-9 において得られた結果から、式(4)と式(5)より D_i を求め、式(3)より p_i を得る。

(2) 駐車容量最適化の手順

図-22 に駐車容量最適化のステップを示し、以下に各ステップについて説明する。

Step-1 (繰り返し回数の増加) : 初期値として繰り返し回数 $l = 0$ を与え、シミュレーションが繰り返されるたびに $l = l + 1$ とする。

Step-2 (駐車行動シミュレーション) : 前節で示した駐車行動シミュレーションを行う。

Step-3 (D_i と p_i を計算) ; Step-2 結果を用いて、式(4)と(5)から D_i を求め、式(3)より p_i を求める。

Step-4 (駐車容量の最適化) : ここまでで得られた状態変数値のもと、Excel のソルバーGRG 非線形最適化により、式(2)を制約条件として目的関数(1)を最大にする $q_i^{(l)}$ を求める。

Step-5 (解の収束判定) : $l - 1$ 回目の容量 $q_i^{(l-1)}$ と l 回目の容量 $q_i^{(l)}$ の誤差の平均が 10 台未満であるか確認する。

Step-6 (駐車容量の更新) : Step-6 で解が収束していなかったとき、Step-2 の駐車選択で用いる駐車容量を $q_i^{(l)}$ に更新する。

Step-7 (出力) : step-6 で解が収束していれば、 $q_i^{(l)}$ を最適解として出力する。

(3) 駐車待ち発生確率の推定

式(3)の未知パラメータを推定するためには、個人 n に駐車待ちが発生したか否かという実績データが必要となる。しかし、ここではそのようなデータは入手できてい

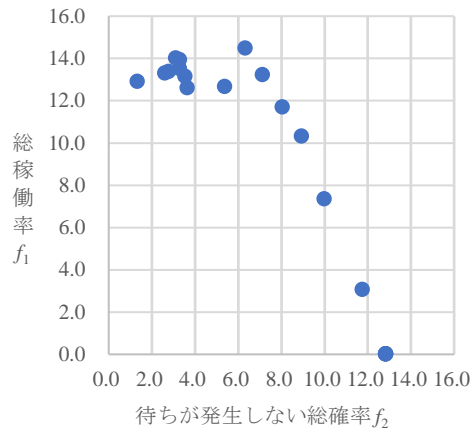


図-12 パレート解

ない。そのため、現存する立体駐車場のうち、同じ区画にあるもの同士を集約して配置した現配置パターンに対して駐車行動シミュレーションを実行して実際の駐車待ち状況を再現し、個人 n ごとの駐車待ちデータを生成することとする。具体的には前述の駐車行動シミュレーションの Step-7 で個人 n が駐車待ちに移動したときに状態変数 $z_i^n = 1$ を得る。得られた z_i^n を個人 n に待ちが発生したか否かのデータとし、駐車待ち発生確率モデルの式(3)の推定を行った。このときの各駐車場の駐車容量と駐車料金は、集約した駐車場の平均値とした。なお、 $h(q_i)$ の関数形は $q_i, q_i^{1/2}, q_i^2$ の3ケースについて推定を行い、尤度比が最も高かった $q_i^{1/2}$ に特定した。

推定の結果、 $\beta_1 = 0.61$ (44.8), $\beta_2 = 0.76$ (58.6), $\beta_3 = -0.03$ (18.6)となり、いずれのパラメータも t 値は高く、駐車待ち発生確率は容量が大きいほど減少し、トラフィック密度が大きいほど増加するという符号条件を満足している。また、尤度比=0.93 からもモデルの適合性は高い。

(4) 最適容量の検討

両方の目的関数の単位がともに率であることから、ここでは多目的問題の解法として目的関数のウェイト α と $1-\alpha$ を 0.05 刻みで変化させてシミュレーションを実行してパレート解を探索する方法を用いた。図-12 は得られた最適解 q_i^* による目的関数値 $f_1(q_i^*)$ と $f_2(q_i^*)$ の値をプロットした値である。 $\alpha < 0.5$ では稼働率 $f_1(q_i^*)$ が 12.0 から 14.0 を迷走しているが、 $\alpha \geq 0.5$ になるとパレート状態となる。そのため、 $\alpha = 0$ と $\alpha = 1.0$ に加え、 $f_1(q_i^*)$ と $f_2(q_i^*)$ の相対比が急激に変化した $\alpha = 0.5$ のときの解について以下で考察する。

表-7 は $\alpha = 0.0, \alpha = 0.5, \alpha = 1.0$ の時の最適容量を示す。容量が大きいほど駐車待ちが発生しない確率は増加し、稼働率は低下するはずである。 $\alpha = 0.0$, つまり、駐車待ちの発生しない確率を大きくするときには総容量は最大となり、 α が増加するごとに容量が小さくなるこ

表-7 現況配置パターンでの最適容量

駐車場 No.	$\alpha=0.0$	$\alpha=0.5$	$\alpha=1.0$	現況
1	1	196	33	225
2	1	224	38	202
3	10	252	46	600
4	1	122	29	125
5	6	233	40	449
6	0	196	42	980
7	1	111	24	120
8	4,952	853	65	530
9	1	156	30	300
10	75	293	45	283
11	8	184	34	141
12	0	94	24	268
13	122	350	45	249
14	17	152	31	824
15	3	154	31	706
16	4	66	17	151
総台数	5,202	3,636	574	6,153
f_1	1.32	6.32	12.82	
f_2	12.92	14.48	0.02	

とから論理的にも適切な解が導かれる。

全体の容量はいずれの場合も現況よりも小さくなっている。シミュレーションの対象としているのは、平日、かつ駐車時間が8時間未満のトリップだけであるためであり、実際に必要な適正容量は過小になっていると考えられる。

$\alpha = 0.0$ のときは、単一の駐車場、ここでは8だけに容量を設定する解になっている。これは、8が駐車料金が120円と最も安く設定されており、対象エリアのほぼ中央に位置して全方向からの来街者に対して利便性が高いためである。駐車待ちが発生しない確率だけを重視すると、中心部に大容量の駐車場を1つ設置することが最適となる。

$\alpha = 1.0$ のときは、すべての駐車場で容量が100台未満となり、対象エリア全体の総容量はわずか574台となる。これは、駐車待ちの発生を考慮せずに駐車場運営者の評価指標である稼働率の最大化だけを目的としているためである。論理的には適切な解が導かれているが、まち全体の視点からは駐車待ちによる渋滞が発生するというデメリットが大きくなる。

$\alpha = 0.5$ のとき、上通、水道町エリアに位置する駐車場は200台前後の容量となる一方で、大型商業施設や店舗、飲食店が多く立地する下通北エリアでは容量が大きくなっている。その中でも、駐車料金が安価である駐車場8が最大になっている。また、桜町に配置した駐車場でも料金が最も安価である駐車場13の容量が最大になっている。最適容量は駐車場の立地場所だけでなく、駐車料金も影響されることが明らかになった。

このシミュレーションでは駐車料金を同一ブロック内の駐車場の平均値としているが、駐車料金が駐車所の配置と容量に与える影響を分析するために以下に示す2つの料金パターンを設定したときのシミュレーションを実

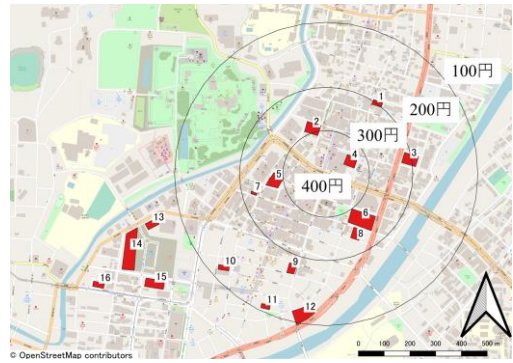


図-13 同心円パターンによる駐車料金設定

表-8 各料金パターンでの料金設定と最適容量

駐車場 No.	設定料金 (円/h)			最適容量 (台)		
	均一	同心円	現況	均一	同心円	現況
1	200	200	200	180	272	196
2	200	300	250	258	216	224
3	200	200	150	219	367	252
4	200	400	300	315	116	122
5	200	300	300	432	354	233
6	200	300	200	265	210	196
7	200	300	400	447	286	111
8	200	300	120	258	217	853
9	200	200	150	140	168	156
10	200	200	200	288	285	293
11	200	200	100	113	133	184
12	200	200	167	89	136	94
13	200	100	100	151	218	350
14	200	100	200	172	234	152
15	200	100	200	180	259	154
16	200	100	300	143	152	66
総容量				3,650	3,623	3,636
f_1				6.28	6.60	6.32
f_2				14.59	14.56	14.48
総駐車料収入 (万円)				848	924	765
通過交通量 (台)				8,276	8,280	7,501

行し、結果の考察を行う。

- 1) 均一パターン：全ての駐車場の料金をエリア平均の200円に設定する。
- 2) 同心円パターン：図-13に示すように、通町筋電停を中心として距離に比例して安価になるように料金を設定する。

$\alpha=0.5$ としたシミュレーション結果を表-8に示す。均一パターンの場合、対象エリアの中心に立地する駐車場4,5,6,7に駐車容量が配分され、これらから離れるごとに容量は少なくなっている。しかし、中心から離れている駐車場16の容量は初期設定のときと比較すると2倍に増加している。これは駐車場16の駐車料金の現況値が300円と高かったためである。このことから、駐車料金を変化させることによって駐車需要を変化させ、それに合わせた駐車容量のコントロールが可能であるといえる。同心円パターンの場合、対象エリアの中心では200-400台程度となっているが、その他の駐車場でも200台前後となった。駐車需要を空間的に分散させるためには中心部といった利便性の高いエリアでは高額に、中心部から離れるに従って安価に設定するような駐車場の料金設定は

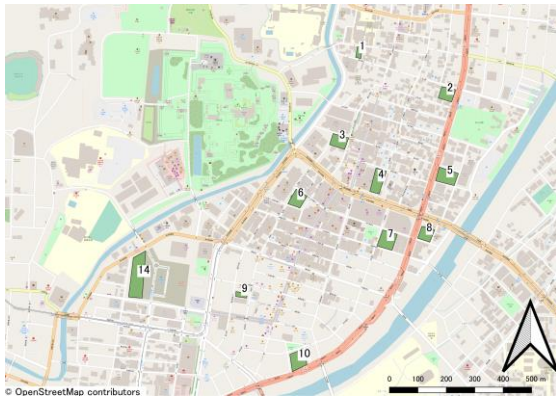


図-14 ゾーン配置パターン

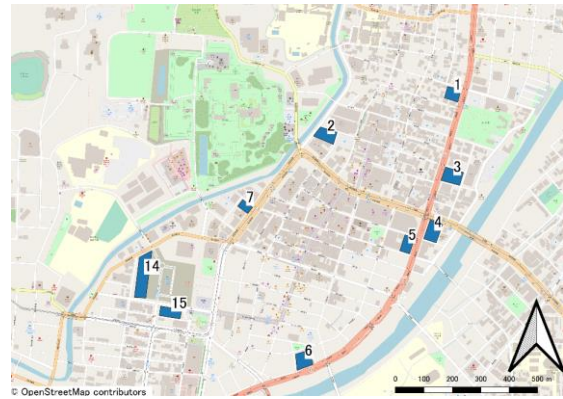


図-15 フリンジ配置パターン

有効である。

次に、駐車場の配置パターンを以下に示す通りに変更してシミュレーションを行う。駐車料金に関しては同心円パターンとしている。

- 1) ゾーン配置パターン：現状の立体駐車場と面積の大きい平面駐車場の位置に各ゾーン一つずつ配置（図-14 参照）
- 2) フリンジ配置パターン：対象エリアのフリンジ部、かつ左折出入庫できる位置に配置（図-15 参照）

表-9に各配置パターンの駐車料金、および最適容量を示す。評価指標として総台数に加え、総駐車収益、通過交通量も併せて示す。総駐車料金収入はすべてのトリップの駐車料金をすべて足し合わせたものであり、支払う駐車料金は分単位は切り上げている。例えば駐車料金が100円の駐車場に1時間20分駐車した場合は200円の支払いになる。エリア通過交通量とは、発地が対象エリアの西側であるトリップが対象エリアの東側の駐車場に駐車した場合、またはその逆の場合に1トリップとし、それらを足し合わせたものである。

ゾーン配置パターンでは、対象エリアの南側に位置する駐車場の容量が大きくなっているが、エリアの中心では現状パターンと大きな差はない。一方、フリンジ配置パターンの場合には料金が100円の中でも駐車場6と15に容量が配分されている。これはフリンジ部に駐車場を設置し、料金を距離に応じて安価になるように設定したことによって、フリンジ部に需要が集中したためだと考えられる。総容量もほかの2つの配置パターンと比べて500台程度少なく済んでいる。

総駐車料金収入を比較すると、現況パターンが最大となっている。これは目的地までのアクセス利便性が高いエリアの中心に立地した駐車場に容量が配分されたためである。通過交通量については、ゾーン中心配置、フリンジ配置パターンの方が現況パターンに比べて5%ほど低いことから、駐車場の数を限定し、それらをフリンジ部に配置することで、まちなかを通過する車両がかなり減少する。

表-9 各料金パターンでの料金設定と最適容量

駐車場 No	駐車料金設定 (円)			最適容量 (台)		
	現況	ゾーン	フリンジ	現況	ゾーン	フリンジ
1	200	200	200	272	139	127
2	300	200	300	216	191	261
3	200	300	200	367	217	280
4	400	400	300	116	120	127
5	300	200	300	354	353	184
6	300	300	100	210	383	744
7	300	300	200	286	221	188
8	300	300		217	185	
9	200	200		168	437	
10	200	100		285	496	
11	200			133		
12	200			136		
13	100			218		
14	100	100	100	234	862	226
15	100		100	259		996
16	100			152		
総容量				3,623	3,604	3,133
総駐車料金収入 (万円)				924	778	829
通過交通量 (台)				8,280	7,438	7,432

以上より、駐車場の稼働率と駐車待ちが発生しない確率を目的関数として導かれる駐車場の適正な容量には駐車場の配置がもっとも影響を与える。それに併せて駐車料金の水準も影響が大きく、最終目的地までのアクセス利便性が高く市街地中心部の駐車場の料金を安価に設定すると、中心部に大きな駐車場を立地させるのが最適となるが、駐車待ちによる渋滞発生という弊害が生じる。これに対して、フリンジ部に駐車場を配置し、中心部は高く、フリンジ部では安価にするなど駐車料金をエリア全体で適切に設定すれば、需要を分散させるだけでなく、まちなかを通過する車両の数も減少することが分かった。これらの結果は駐車場施策において、適正な駐車場容量・配置を検討するうえで新たな視座を提供するものになると考えられる。

6. おわりに

本研究では熊本市中心部のコインパーキングの実態を空間的に分析し、駐車行動シミュレーションを用いて 3

つの配置パターンで最適駐車容量の試算と検討を行った。本研究で得られた成果を箇条書きで示す。

- 1) 熊本市中心部の駐車場現地調査のデータから駐車料金と駐車容量を空間的に分析した。
- 2) 熊本市中心部では、2021年5月現在、対象エリア内には211か所、12,371台分のコインパーキングが整備されており、駐車場数は平面駐車場が全体の約85%を占める一方、収容台数は立体駐車場が全体の約77%を占めることが分かった。
- 3) 1時間当たりの駐車料金と長時間駐車した時の料金は、昼間と夜間では差がみられるものの、平日と休日では大きな差はないことを明らかにした。
- 4) 対象エリアの中で最も1時間あたりの料金が安価なのは並木坂エリアである。また、大型商業施設が存在するエリアでは昼間と夜間で料金が大きく変化することを明らかにした。
- 5) 長時間駐車した時の料金は、昼間はアーケードのある上通エリアや下通北エリアは1000円以上の高額な料金になる一方で、夜間はエリア全体の大半の駐車場が1000円以下となる。
- 6) 駐車待ちを考慮した駐車行動シミュレーションを開発し、駐車場集約下での容量最適化を行った。その結果、中心部の駐車料金が安価な駐車場の容量が大きくなることが明らかになった。
- 7) 駐車料金をエリアの中心部を高くし、距離に比例して安価にすると、駐車料金の安価なフリンジ部の駐車場で容量が最大となった。このことから駐車場の配置と併せて駐車料金も適切に設定することで駐車需要がコントロールできる可能性を見出した。

次に今後、解決すべき課題を列挙する。

- 1) 今回の駐車場現地調査では目視できる情報のみを取得し、稼働率等の情報は取得できなかった。コインパーキングの精算機で記録されているデータを取得し、駐車料金、駐車容量と合わせて分析することによって詳細な実態把握が可能となる。
- 2) 駐車行動シミュレーションに内挿した駐車場選択モデルは過去の駐車場実態調査から得られたデータから構築したが、適合性はあまり高いものではなかった。当時と比較して商業施設や駐車場も変化していることから再度アンケート調査を実施し、新たなデータで構築した精度の高いモデルを内挿することが求められる。
- 3) 駐車時間はパーソントリップ調査のトリップチェーンから計算したものをを用いたが、駐車行動はどの駐車場にどれくらいの時間、駐車させるかを決める同時選択行動であるため、生存時間解析などを用いた駐車時間モデルを構築し、駐車時間を推測することが求められる。
- 4) 駐車容量の最適化にはパーソントリップ調査のマスターデータを用いたが、精度は決して高いといえない。

各種のプローブデータなどを併用して詳細なトリップの実態を把握する必要がある。特に目的地はCゾーンコードとメッシュコードからランダムに選択したが、商業床面積等を変数に入れた目的地選択モデルを構築し、推測する必要がある。さらにパーソントリップ調査を用いたため、平日の最適容量となっている。休日を考慮した余裕のある容量を求めることが必要である。

- 5) 今回の容量最適化の目的関数は稼働率と駐車待ちが発生しない確率で構築したが、駐車場の建設費用や駐車場ができることによる周辺環境への影響などを考慮した項が含まれておらず、実現性は低い。また、地域移転性や時間移転性についても検証できていない。したがって、今後はより実現性高めるために建設費用や地域特性等を考慮した目的関数の拡張が必要である。
- 6) 本研究では駐車時間コインパーキングに着目し研究を行ったが、月極駐車場や店舗駐車場等も含めた全体の駐車場について考える必要がある。
- 7) 配置に関してあくまで恣意的に集約化し駐車場を配置したが、建設費や立地することによる周辺への影響等を考慮した立地最適化を行うことも求められる。
- 8) 将来的に人々の行動様式が変化することや新たなモビリティが導入されることが予想されるため、それらを考慮したシミュレーションの拡張が必要である。

謝辞：本研究を進めるにあたり貴重なご助言を頂いた熊本大学の円山琢也准教授には心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 国土交通省都市局街路交通施設課：「駐車場対策の現状」<https://www.mlit.go.jp/common/001275237.pdf> (2022年1月現在)
- 2) 国土交通省都市局：「まちづくりと連携した駐車場施策ガイドライン（基本編）」、<https://www.mlit.go.jp/common/001245799.pdf> (2022年1月現在)
- 3) 国土交通省都市局：「駐車場の附置義務制度」、<https://www.mlit.go.jp/common/001201346.pdf> (2022年1月現在)
- 4) 国土交通省都市局街路交通施設課：「駐車場施策の最近の動向」、<https://www1.mlit.go.jp/toshi/cotent/001391485.pdf> (2022年1月現在)
- 5) 新栄テラスHP：<https://shinsakae.wixsite.com/terrac> (2022年1月現在)
- 6) 福井市：「低未利用地の利活用について（新栄テラスの実施）」、<https://www.city.fukui.lg.jp/kurasi/mati/sigaitakassei/teimiriyouti.html> (2022年1月現在)
- 7) 熊本市駐車場配置検討委員会：「駐車場整備計画（素案）」https://www.city.kumamoto.jp/common/UploadFileDsp.aspx?c_id=5&id=24445&sub_id=8&fild=220136 (2022年1月現在)
- 8) 一般社団法人熊本市駐車場公社：熊本市中心部駐車場調べ、<https://kc-sks.com/parking/shirabe.html>, (2022年1月現在)
- 9) 熊本市駐車場配置検討委員会：「駐車場実態調査概要」https://www.city.kumamoto.jp/hpKiji/pub/detail.aspx?c_id=5&id=24445, (2022年1月現在)
- 10) 塩原碩茂，村木美貴：市街地更新を考慮した駐車場整備に関する研究 — 東京都心部の附置義務駐車場に着目して —

- 都市計画論文集Vol.54, No.3, pp.1410-1417, 2019.
- 11) 松原大樹, 松川寿也, 中出文平: 中心市街地活性からみた時間貸し駐車場の在り方に関する研究, 都市計画論文集 Vol.55, No.3, pp.243-249, 2020
 - 12) 松本浩和, 岡田直也: 駐車場整備計画における将来駐車需要予測手法に関する研究, 第60回土木計画学研究発表会・講演集, Vol.63, CD-No.48-03, 2021
 - 13) 八戸龍馬, 古賀逸人, 溝上章志: クルマの移動と駐車の実態, および都心部の適正駐車容量の試算, 土木学会論文集 D3, Vol.77, No.1, pp.12-22, 2021.
 - 14) Eren Inci, Jos van Ommeren, Marijijn Kobus: The external cruising costs of parking, *Journal of Economics Geography*, 17, pp.1301-1323, 2017.
 - 15) Eren Inci: A review of the economics of parking, *Economics of Transportation*, 4, pp.50-63, 2015.
 - 16) Jyun-kai Liang, Timo Eccarius, Chung-Cheng Lu: *Transportation Research Part A* 130, pp.799-812, 2019.
 - 17) Jing Wanga, Xiaoning Zhang, H.M. Zhang: Parking permits management and optimal parking supply considering traffic emission cost, *Transportation Research Part D*, 60, pp.92-103, 2019.
 - 18) Yüchuan Du, Shanchuan Yu, Qiang Meng, Shengchuan Jiang: Allocation of street parking facilities in a capacitated network with equilibrium constraints on drivers' traveling and cruising for parking, *Transportation Research Part C*, 101, pp.181-207, 2019.
 - 19) Xiang Yan, Jonathan Levine, Robert Marans: The effectiveness of parking policies to reduce parking demand pressure and car use, *Transport Policy* 73, pp.41-50, 2019.
 - 20) 溝上章志, 柿本竜治, 江川太一: 交通整序化と来街者の回遊活性化, および高度利用の視点から見た都心部における時間が市平面駐車場の利活用方策, 土木計画学研究・論文集, Vol.24, No.4, pp.661-670, 2007.
 - 21) 吉田朗, 原田昇: 駐車場におけるサービス均衡需要推計のための駐車場パフォーマンス関数の研究, 土木学会論文集 No.542/IV-32, pp.45-55, 1996.
 - 22) 溝上章志, 円山琢也: 熊本市の市街地駐輪政策に対する評価と駐輪行動を内生化した駐輪容量の適正化モデル, 都市計画論文集, Vol.50, No.3, 2015.

SIMULATION ANALYSIS OF PARKING RELOCATION AND THE CAPACITY ALLOCATION IN DOWNTOWN AREA

Hayato KOGA and Shoshi MIZOKAMI

This study aims to 1) reveal the actual situation of coin parking in downtown Kumamoto and 2) develop a simulation model for designing the optimal location and capacity allocation of the parking lots. The result revealed that the current parking lots were scattered across the target area, and the capacity was concentrated in a specific area. The simulation results indicate that increasing parking capacity and reducing parking charges in the fringe area may better manage parking demand.