

# GPS データを用いた都心部の駐車需要推定と 駐車料金形成の実証分析

中山 智喜<sup>1</sup>・円山 琢也<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 熊本大学大学院自然科学教育部土木建築学専攻  
(〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1)

<sup>2</sup>正会員 熊本大学教授 大学院先端技術研究部 (〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1)  
E-mail:takumaru@kumamoto-u.ac.jp (Corresponding Author)

日本の駐車場料金は自由市場に近い。そのため駐車場事業者は収入を最大化するため多様な料金設定を行う。都市の空間利用の適正化に向けて、駐車需要の誘導とも関係が深い駐車料金の実態把握は重要である。そこで、本研究では、まず一般に利用可能な商用 GPS データを用いて、移動軌跡情報から自動車利用者を判定することで駐車需要を把握する方法を構築する。さらに、駐車需要、競合駐車場の料金や供給量などを踏まえた、駐車料金の形成メカニズムを明らかにすることを目的とする。熊本都心部を対象にして分析を行い、GPS データによる交通手段判定の結果、パーソントリップ調査による流入交通分担率と概ね同様の結果を得ることができた。また、駐車料金は、駐車需要や競合駐車料金、駐車場事業者などの影響を受けることが明らかになった。

**Key Words:** GPS data, Parking demand, Parking prices

## 1. はじめに

日本の駐車場料金は自由市場に近く、世界的にもユニークな形態である。欧米では、駐車場の多くが路上に供給されているのに対し、日本では路外への供給が主流である。また、欧米では公的主体による供給が主であるのに対し、日本では特に 1990 年代前半以降、民間事業者が供給する極小なコイン式時間貸し自動車駐車場、いわゆるコインパーキングが急増するに至っている。コインパーキングでは、それぞれ立地個所や時間帯によって異なる価格が、ローカルな需要を勘案しながら管理者・所有者によって設定されている。そのため駐車場事業者は収入を最大化するために場所と時間などによって多様な料金設定を行っている。

また日本では、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、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。特に地方都市では、市街地の衰退に伴い、空地等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ている。そのうえで、都市の空間利用の適正化に向けて、駐車需要の誘導とも関係が深い駐車料金のメカニズムの把握は重要である。図-1に示すように活動・交通パスが集中する時間・空間において駐車需要が高く、料金が高くなると考えられる。

そこで、本研究では、まず一般に利用可能な商用 GPS データを用いて、移動軌跡情報から自動車利用者を判定することで駐車需要を把握する方法を構築する。さらに、駐車需要、競合駐車場の料金や供給量などを踏まえた、駐車料金のメカニズムを明らかにすることを目的とする。

以下、第 2 章では既往研究のレビューと熊本市の駐車場施策を紹介し、第 3 章では、本研究で使用するデータの概要について説明し、第 4 章では、GPS データを用いた駐車場需要の推定手法を示す。第 5 章では、駐車料金に関する分析を行い、第 6 章で結論と今後の課題について述べる。

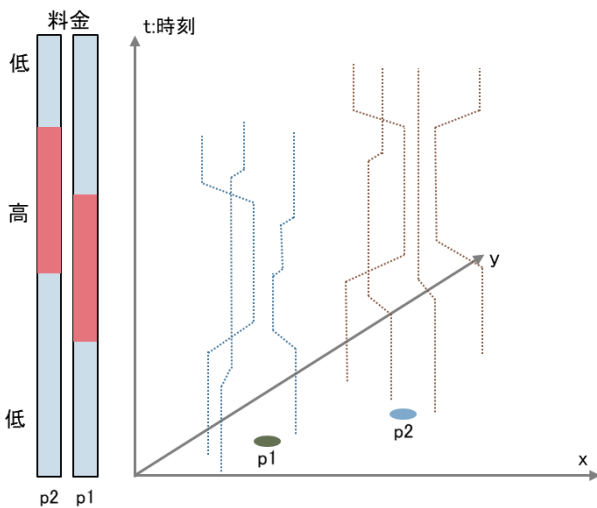


図-1 時空間上での需要と料金の関係のイメージ

## 2. 既往研究のレビューと駐車場施策

本章では、熊本市の駐車場施策、および駐車場に関連する既往研究をレビューする。

### (1) 既往研究のレビュー

熊本市の駐車場に関する研究としては、古賀・溝<sup>9)</sup>の研究がある。この研究では、熊本市中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した。そして駐車容量のみ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した。その結果、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。

駐車場の価格弾力性に関する研究として、浅岡ら<sup>7)</sup>の研究がある。この研究では、広島市中心部を対象地域として、時間貸し駐車場の駐車場需要の価格弾力性を推計した。ここでは、Heckman 型のサンプルセレクションモデルと操作変数法を組み合わせ推定を行った。その結果、推定の価格弾力性は-1.605 と、海外の既往研究と比べても大きな値であった。その理由として、代替手段の利便性が高く、利用しやすいことがある。

日本の駐車場の料金に関する研究として、Seya et al.<sup>8)</sup>の研究がある。この研究では、日本のコインパーキング市場における駐車場価格の形成について、広島を事例として実証分析を行った。その結果、駐車場価格形成における空間的競争と需要要因の寄与を実証的に検討した。空間的競争については、昼間の時間帯に強い空間価格依存性と空間的位置競争が存在することがわかった。

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、路上駐車スペースが多く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も多い。駐車施策に関する近年の研究としては Giuliano et al.<sup>9)</sup>の研究が挙げられる。この研究では、オランダでの3200万件のモバイル駐車場取引データを用いて、ヨーロッパの都市で一般的に用いられている3つの異なる駐車政策、すなわち、価格設定のみ、価格設定と時間制限、1日券のみをそれぞれ分析し、これらの政策が駐車行動の特定の側面、すなわち滞在時間に及ぼす影響を考察した。その結果、駐車場の滞在時間を管理する上で、時間制限は価格設定のみよりも効果的であることが明らかになった。

GPS データを用いた行動分析手法に関する研究として、吉岡ら<sup>10)</sup>の研究がある。この研究では、スマートフォンのポイント型人口流動データを利用し、観光客の流動や立ち寄り、交通手段等の推計を行った。交通手段の判定の条件としては、各交通経路に架空の関所を設け、その関所を通過すれば設置されている交通経路の交通手段と判定する手法を用いている。また、商用のGPSデータを用いて交通手段・移動目的の推定手法を構築した研究として向井ら<sup>11)</sup>の研究がある。この研究では、本研究と同様のAgoopのデータを用いて、熊本空港利用者の空港アクセス交通手段・移動目的を推定し、空港滞在時間の分析を行った。交通手段は、バス停や駅上の一定範囲内での滞在時間や観測の有無により段階的に交通手段を推定している。

既往研究では、アンケート調査や取引データを用いて駐車料金に関する分析を行うものが多い。しかし、駐車料金を適正なものにするためには、駐車需要の把握が必要であり、GPS データを用いて駐車需要を把握することが必要である。また、商用のGPSデータを用いて駐車需要を推定する方法を構築することで、日本全国の駐車需要を把握することが容易になる。そこで、本研究では、まず一般に利用可能な商用GPSデータを用いて、移動軌跡情報から自動車利用者を判定することで駐車需要を把握する方法を構築する。さらに、駐車需要、競合駐車場の料金や供給量などを踏まえた、駐車料金の形成メカニズムを明らかにする。

### (2) 本市中心市街地の現状と計画

令和元年度の熊本市の調査では熊本市中心市街地にある駐車場の整備台数は19,390台となっている。また、平面駐車場は立体駐車場の12倍であった。その時間貸し駐車場の稼働状況は、休日のピーク時においても86.5%の稼働率であり、現在は駐車需要に対して十分な駐車場が確保されている。しかし、自動車交通量の自然現象や公共交通転換によって駐車需要は減少すると推計されている。そこで熊本市では、無秩序な駐車場の整備に起因す

る様々な問題の解決や、駐車場の新たな利活用を推進するために、まちなか駐車場適正化計画<sup>10)</sup>を策定している。

まちなか駐車場適正化計画では、「だれもが移動しやすく歩いて楽しめるまち」の実現を目的に、駐車場をコントロールし、これからのまちづくりに活かすために策定されている。その中で駐車場整備の3つの基本方針を定めている。第1に、「土地利用」の視点であり、駐車場からの土地利用転換及び駐車場の効率的で安全な配置を促進し、地域経済を活性化と安全で快適な歩行環境の実現を図る。第2に、「交通円滑化」の視点であり、駐車場利用及び位置の適正化を図り、交通の円滑化を図る。第3に、「使い方」の視点であり、高齢者や障がい者の方、物流を担う運送事業者、観光客等、誰もが安心して訪れられる環境の形成を図る。

また、5年毎に実施する事業進捗の評価等にあわせて、駐車場整備の具体的な取組について必要な見直しを行うこととしている。

### 3. 対象データ

本章では、本研究で活用するGPSデータと駐車場データについて説明する。

#### (1) GPSデータ

本研究では、GPSデータとしてAgoop社が提供するポイント型流動人口データを用いる。データの対象期間は2019年9月の1ヶ月である。ポイント型流動人口データとは、SDKを搭載したスマートフォンのアプリから収集した位置情報データである。各個人の滞在场所やその時刻を、緯度経度単位、分単位で得られることから、人の動きを細やかに把握することが可能である。また、個人の特特定を防ぐために、同一ユーザにおいても日ごとに異なるIDが付与されるほか、居住地エリアや勤務地エリアに該当する位置情報データの削除を行うなどの秘匿化処理を行っている。

#### (3) 駐車場データ

現在の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、古賀・溝上<sup>6)</sup>は現地調査を行った。対象エリアは図-2に示す並木坂、上通、水道町、下通、新市街、桜町とした。表-1に調査概要を示す。また、調査結果の概要を表-2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ており、構造別で見ると、立体は39個所で9,579台分、平面は172個所で2,792台分である。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の平均値は平面で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-3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、対象エリアでは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と在熊の企業であるパースト24の3社で約4割を占めている。



図-2 対象エリア<sup>6)</sup>

表-1 調査概要<sup>6)</sup>

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

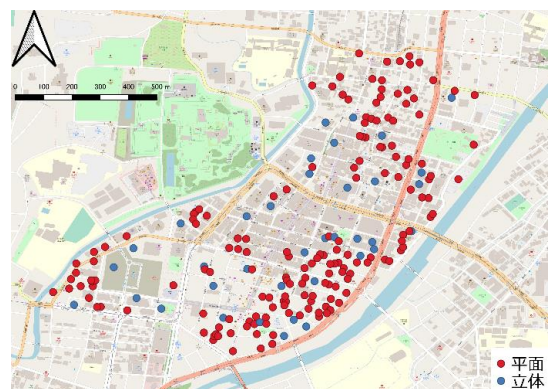


図-3 コインパーキングの分布<sup>6)</sup>

表-2 調査結果の概要<sup>9)</sup>

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	16.3	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

#### 4. GPS データを用いた駐車需要の推定

本章では、まずGPSデータを用いて駐車需要推定する。その後、その結果の妥当性を検討すると同時に、交通手段別の回遊行動の傾向を考察する。

##### (1) 推定手法

GPSデータを用いて駐車需要を推定するために、以下の手順で、利用データから対象となるユーザーを抽出し、それぞれの交通手段を判定する。ここでは、複数の交通手段が想定される場合もあるため、高速道路のように単一の交通手段が定まるものから順に判定を行う。

**Step 1** 熊本市中心部来訪者の抽出：対象範囲内で位置情報が即位されたユーザーを熊本市中心部来訪者とし、熊本市中心部来訪者の一日のすべてのデータを抽出する。

**Step 2** 対象範囲内居住者の除外：対象範囲内に居住しているユーザーを除外する。居住地が中央区かつ最初に即位されたプロットが対象範囲内にあるユーザーは対象範囲内居住者とし、そのユーザーを除外する。

**Step 3** 高速道路利用者の判定：高速道路上（半径 25m）に4プロット以上あるユーザーを自動車利用者とする。

**Step 4** 鉄道駅利用者の判定：鉄道駅上（半径 15m）に4プロット以上あるユーザーを鉄道利用者と判定する。

**Step 5** 市電駅利用者の判定：市電駅上（半径 10m）での滞在時間が 1~30 分となるユーザーを市電利用者と判定する。

**Step 6** 道路系交通利用者の判定：速度データが付いているユーザーに関しては、8m/s以上の速度が出ている場合に道路系交通利用者と判定する。また、速度データが付いていないユーザーに関しては、全プロットの内道路上（半径 3m）のプロットが 60%を占めている場合道路系交通利用者と判定する。その他はユーザーは、徒歩・自転車であると判定する。しかし、中心部から半径 10kmより外側にプロットがあるユーザーは道路系交通と判定する。

**Step 7** バス利用者の判定：バス停（半径 20m）上に 1~30 分滞在しているユーザーをバス利用者とする。その他のユーザーを自動車利用者と判定する

**Step 1, 2** の対象範囲は図-2 に示した熊本市中心部である。**Step 1** では、熊本市中心部の駐車需要を推定するために、中心部に訪れたユーザーのみを抽出した。また、**Step 2** では、主に時間貸し駐車場を利用する可能性が低い熊本市中心部に居住するユーザーを除外した。その結果、平日では 64,130、休日では 32,264 人が対象ユーザーとなった。

**Step 3, 4, 5** で使用した高速道路、鉄道駅、市電駅の地図データは国土数値情報（国土交通省 2019）が提供しているものを利用した。高速道路は全国の高速道路網の路線データである。鉄道駅は新幹線、JR 在来線、公営鉄道、民営鉄道、第三セクターの鉄道駅が対象である。道路データは OpenStreetMap から熊本都市圏の道路情報を取得した。また、本研究では試行錯誤の結果、それぞれの半径を設定したが、この設定法の改善も今後の課題である。

**Step 7** のバス停に関する情報は、バスきたくまさんで使用されているデータを、標準的なバス情報フォーマットに準じた形式でまとめているオープンデータを利用した。熊本県内で運行している産交バス、熊本電鉄バス、熊本バス、熊本都市バスのデータが含まれている。

**Step 5, 7** に関しては、市電駅やバス停が道路上にあるため、プロット数では道路利用者との区別が困難である。そのため、市電駅やバス停上での滞在時間を推定して判定を行った。滞在時間とは対象範囲内で最初に観測された時間から最後に観測された時間の差のことである。

**Step 6** では残りのユーザーを自動車利用者とバス利用者と徒歩等の 3 つに分類を行う。そこでまず、速度データ、道路データ等を用いて自動車・バスと徒歩の 2 つに分類を行う。速度の閾値は 8m/s、つまり時速 28km/h と設定した。これは自転車ですることができる最高速度に基づいて設定した。その後、自動車とバスの判定をバス停の位置情報に基づいて行う。

表-3 交通手段判定結果

	全ユーザー	対象範囲ユーザー	高速道路	電車	市電	徒歩・自転車	バス	自動車
休日	190,708	32,264	2,986	2,287	1,062	7,256	6,457	12,216
平日	628,131	64,130	4,896	5,105	2,366	17,701	9,982	24,080
計	818,839	96,394	7,882	7,392	3,428	24,957	16,439	36,296

表-4 パーソントリップ調査における交通手段の分類

バス	路線バス, 高速バス
自動車	原動機付自転車, 自動二輪車, タクシー, 乗用車, 軽乗用車, 貨物自動車, 自家用バス
徒歩・自転車	徒歩, 自転車
電車	新幹線, JR 在来線, 熊本電鉄, 市電

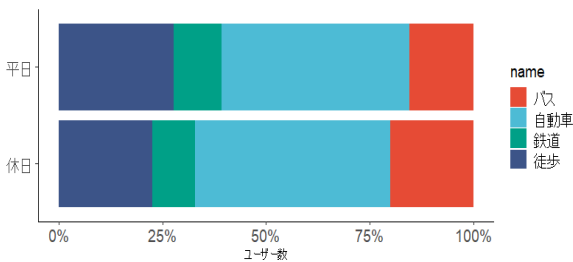


図-4 平日日別の判定結果

(2) 判定結果とその評価

2019年9月の1ヶ月で元データは、ユーザー数がのべ818,839人で1日平均7,294.6人、1人あたりの平均ログ数が375.0個である。元データから熊本都市圏来訪者として抽出されたのは、96394人で全体の11.8%となった。

熊本都市圏来訪者のうち、交通手段の平日日別の判定結果を図-4に示す。平日日の交通手段を比較すると、平日の方が徒歩等の割合が大きいことが分かる。休日では自動車やバスの利用が多くなっていることが分かる。また、電車は平日の方が割合が大きいことが分かる。

次に、交通手段の判定結果の妥当性を検討するために、2012年に実施された熊本都市圏パーソントリップ調査を用いて、交通手段の比較を行う。パーソントリップ調査のデータから、同様の対象範囲に流入したトリップを抽出し、交通手段を比較する。また、パーソントリップ調査では交通手段を表-4のとおりに集計して比較した。その結果を図-5に示す。この結果から、どちらも自動車と徒歩・自転車等の利用者が多く、次いでバス、電車と続いており、概ね同様の傾向がみられる。しかし、バスに関してはパーソントリップ調査データに比べ、Agooopでの結果では少なくなっている。これは、バス利用者の判定においてバス停上での滞在時間を利用したが、その半径や時間の閾値の設定、バス時刻表等の利用などの改善の余地があると考えられる。

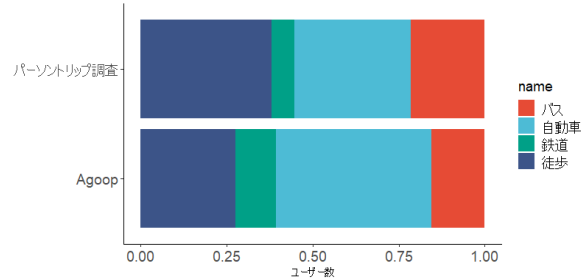


図-5 Agooop とパーソントリップ調査の流入交通分担率の比較

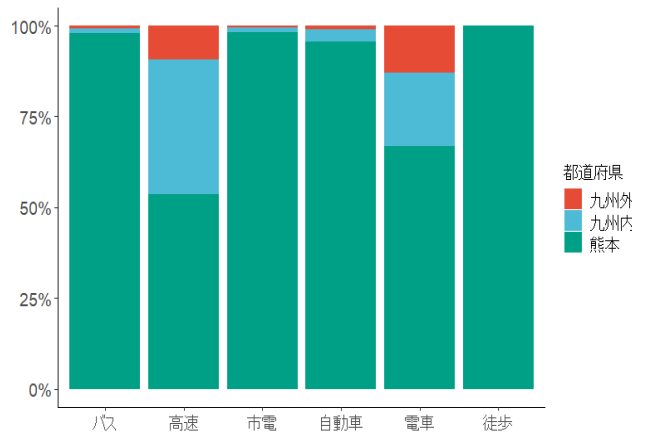


図-6 平日の交通手段別の居住地割合

次に図-6に、平日の交通手段別の居住地を示す。居住地はAgooop社が推定した居住地の情報である。また、居住地は各都道府県単位で明らかであるが、熊本か熊本以外の九州内かその他の九州外の都道府県の3つに分類した。その結果、高速道路や電車を利用したユーザーは熊本県以外からの来訪者が多いことが分かる。特に高速道路利用者は、約半数が県外に居住している人であることが分かる。また、高速道路利用者は主に九州内居住者が多いのに対して、電車利用者では、九州外居住者も比較的多いことが分かる。徒歩の人は熊本県内居住者が大多数を占めており、市電やバス利用者においても大多数が県内居住者であることが分かる。

### (3) 傾向分析

ここでは交通手段の判定結果を用いて、交通手段別、平休日別や時間帯別のカーネル密度図を描き、それぞれの回遊行動の傾向について考察する。カーネル密度図作成においては一日を通じたすべての位置情報を用い、バンド幅は 50m に設定している。

#### a) 交通手段別の回遊行動

平日の交通手段別のカーネル密度図を図-8 に示す。

高速道路利用者は下通りの南側、新市街周辺やサクラマチ周辺、News 周辺で密度が高いことが分かる。図-7 に宿泊施設数を変数としたカーネル密度図を示している。宿泊施設の位置情報データは、熊本市がオープンデータとして公表している旅館業許可施設の住所情報を緯度経度情報に変換したものである。これらの場所では、ホテル等の宿泊施設が多く存在する。高速道路を利用しているユーザーは図-6 に示した通り、県外在住が多く、ホテル等に宿泊しているため密度が高いと考えられる。市電利用者は市電駅である水道町や通町筋、西辛島町周辺で密度が高くなっていることが分かる。また、熊本市役所の密度が特に高いことが分かる。回遊に関しては、下通り、上通りに沿ってやや密度が高くなっていることが分かる。鉄道利用者は下通りで密度が高い。また、高速道路利用者同様に、下通南側、新市街周辺で密度の高い地点がみられるが、これは新幹線の利用者がホテル等に宿泊するためであると考えられる。徒歩・自転車の方は、同様に熊本市役所での密度が高くなっていることが分かる。徒歩で市役所に通勤している人や訪れている人が多いことが考えられる。また下通りや鶴屋やサクラマチなど回遊が全体的に広がっていることが分かる。バス利用者は、市電や徒歩と同様に市役所での密度が高い。またサクラマチでの密度も高くなっている。サクラマチにはバスターミナルがあり、バスの利用者の乗降が多いためであると考えられる。鶴屋やその前に道路での密度が高いことが分かる。同様に、鶴屋の前にはバス停が集約されており、多くの乗降が行われているためであると考えられる。回遊の傾向としては、上通りより下通りでの密度が高いことが分かる。自動車利用者も他と同様に市役所での密度が高いことが分かる。回遊は他と同様に下通りで密度が高いことが分かる。また、鶴屋やサクラマチでの密度も高く、主要な商業施設への来訪が多いことが分かる。

#### b) 平休日別の回遊行動

次に、休日の交通手段別のカーネル密度図を図-9 に示す。全体として、平日に市電やバス、徒歩・自転車などで確認されていた市役所周辺の高密度は、休日では確認できなくなり、まちなか全体に回遊が広がっていること

が分かる。

高速道路利用者は、平日と同様にホテル周辺の密度が高い。また、平日と比べサクラマチでの密度も高いことが分かる。市電利用者は、水道町や通町筋、辛島町での密度が高く市電の利用者が多いことが分かる。鉄道利用者は、平日と比較して、ホテル周辺のみでなく下通りや新市街、サクラマチでの密度も高いことが分かる。サクラマチ北側や市役所南側での高密度がみられなくなった。徒歩・自転車利用者は、鶴屋での密度が最も高く、下通りや上通り、サクラマチなどでの密度が高い。バス利用者は、特にサクラマチでの密度が高くなっている。自動車利用者は、特に下通りや新市街にかけて密度が高い。鶴屋やNews、上通りでの密度も高いことが分かる。

#### c) 時間帯別の回遊行動

ここでは1日を4つの時間帯に分け、1時から6時と7時から12時と13時から18時と19時から24時に分けて時間帯ごとの傾向を分析した。時間帯別のカーネル密度図を図-10 に示す。

1時から6時の深夜から早朝の時間帯では、新市街周辺やサクラマチ周辺で密度が高い地点がみられる。この場所では、ホテル等の宿泊施設への滞在者が多くいると考えられる。ほかの密度が高い地点も、宿泊施設がある場所であることが分かる。7時から12時の午前中の時間帯では、特に市役所での密度が高いことが分かる。その他では全体的にやや密度が高い地点が広がっていることが分かる。13時から18時の午後の時間帯では、午前と同様に市役所での密度が高いが、午前に比べ下通りやサクラマチでの密度が高いことが分かる。19時から24時の夜間の時間帯では、市役所の密度が高くない。特に、新市街や下通り周辺において密度が高いことが分かる。これは、宿泊施設や飲食店が多く存在するためであると考えられる。

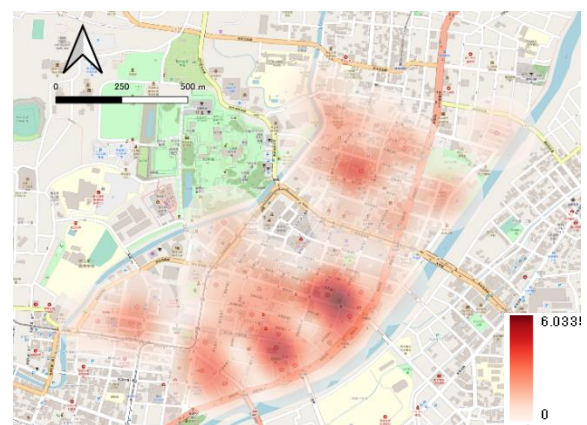


図-7 宿泊施設数のカーネル密度図

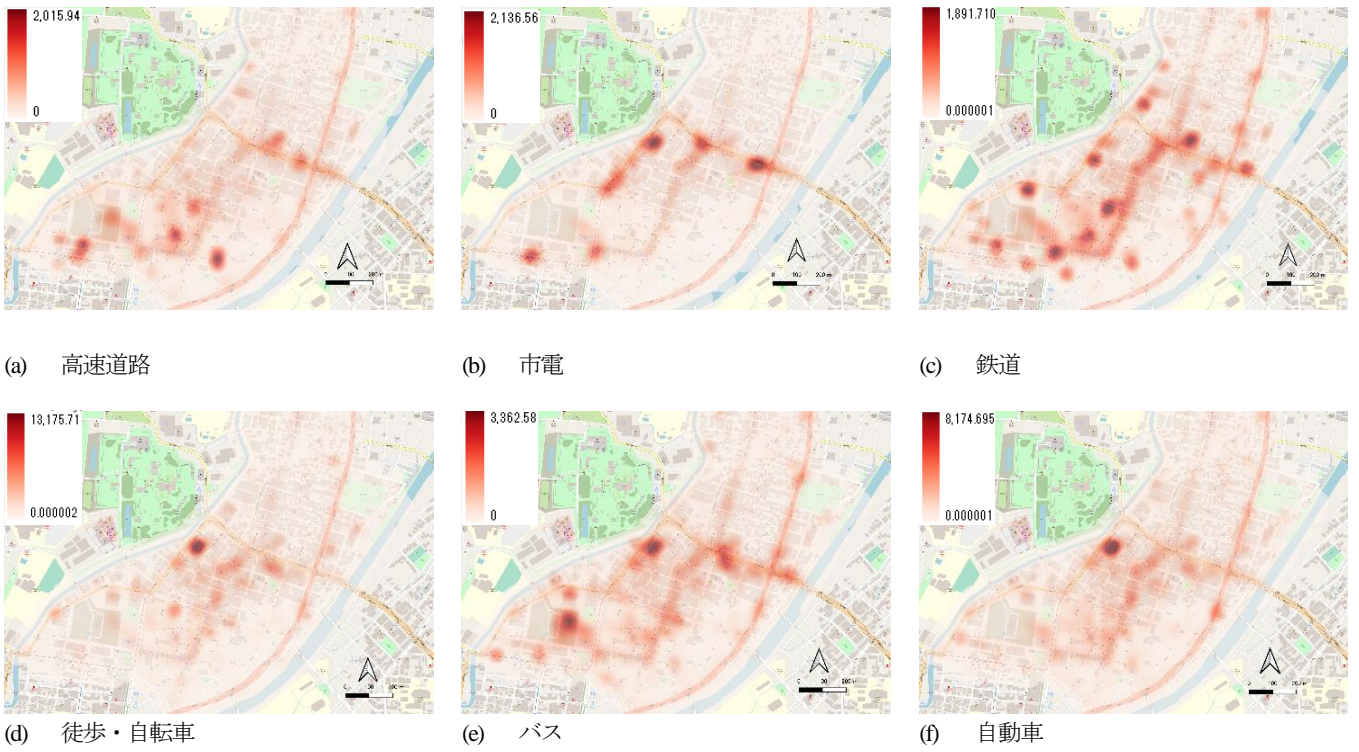


図-8 平日の交通手段別カーネル密度

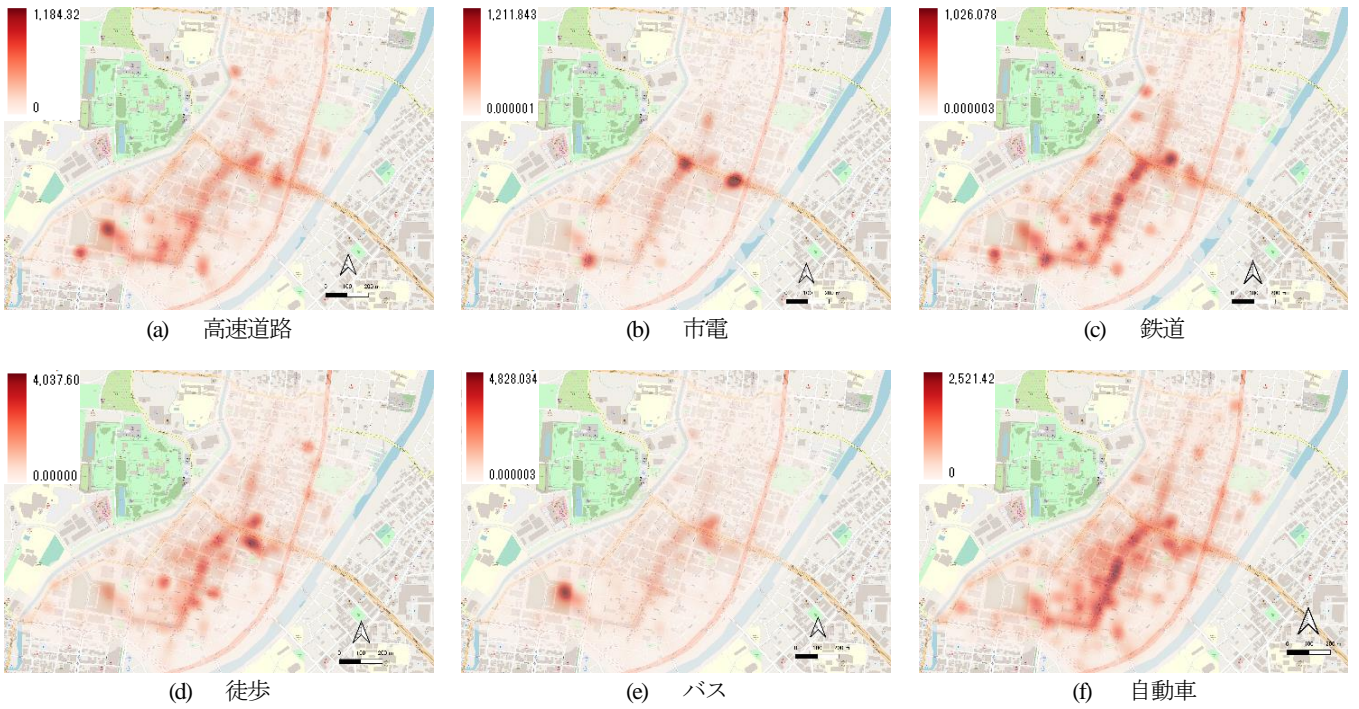


図-9 休日の交通手段別カーネル密度

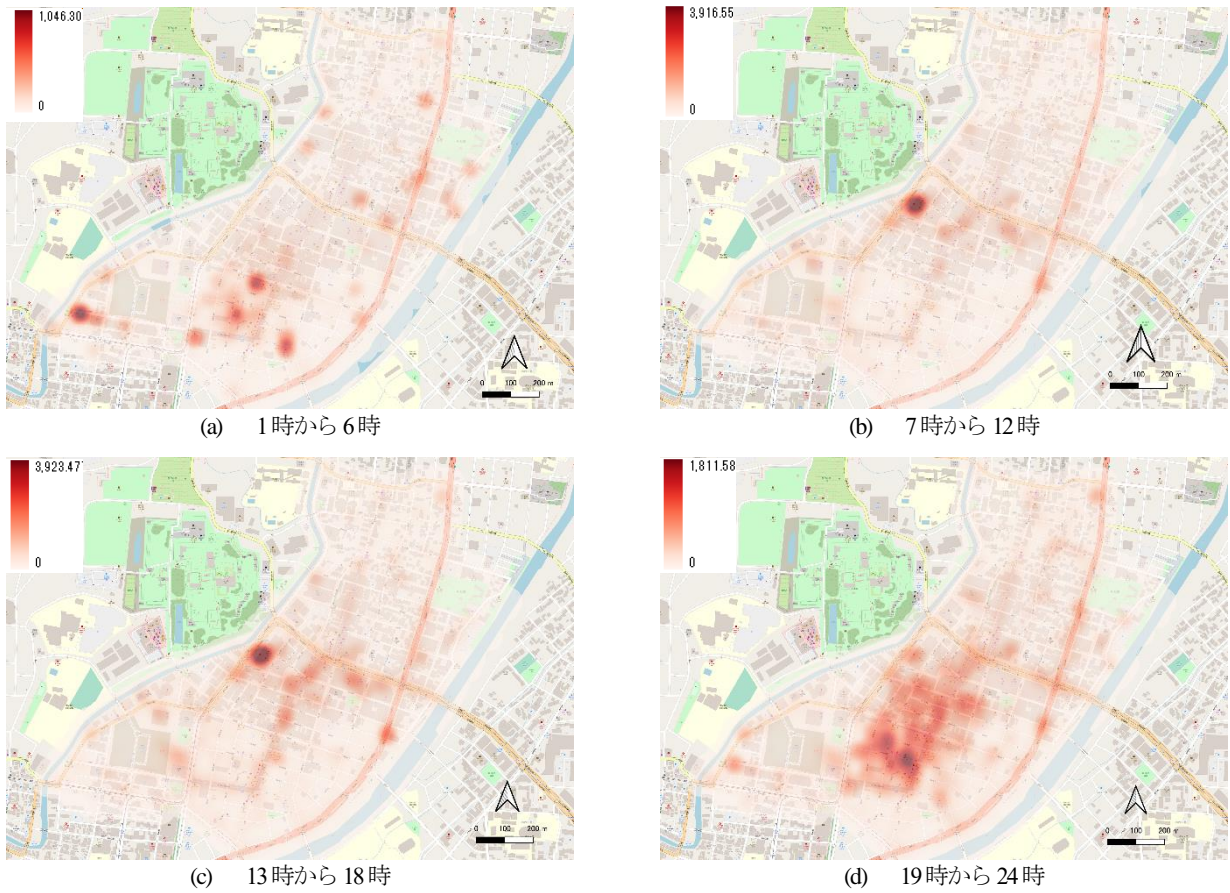


図-10 時間帯別のカーネル密度

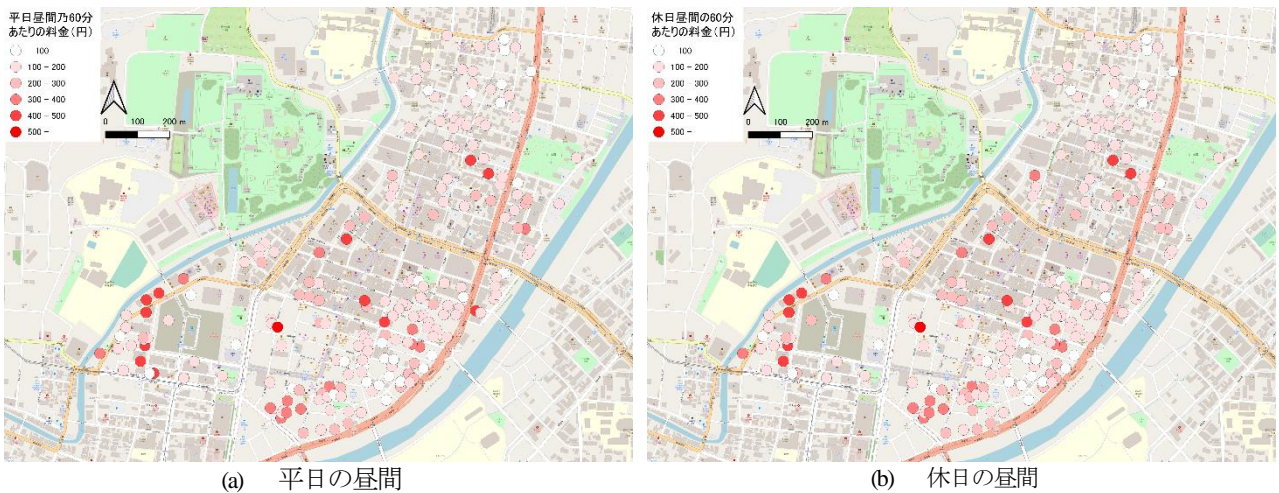


図-11 1時間当たりの駐車料金

## 5. 駐車料金に関する分析

### (1) 空間分析

#### a) 駐車料金

図-11に平日の1時間当たりの駐車料金の分布を示す。駐車料金の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。対象エリアの中で最も安い駐車場は昼夜問わず、並木坂エリアに集中している。このエリアには大型商業施設がなく、他のエリア

よりも公示地価が安いいため安価な料金設定になっていると考えられる。また、上通エリアでは駐車料金は、中央にあるアーケードに近いほど高いわけではなく、安価な駐車場が分布しており、道路に面した位置に高価な駐車場が見られる。反対に、料金が高い駐車場は下通エリアの西側、新市街エリア、桜町エリアの西側に集中している。休日では平日と比較すると、大きな変化はなく、ほとんど同じような料金体系であることがわかる。以上のことから1時間当たりの駐車料金はエリアごとに特徴が

あるものの、対象エリア全域では中心部に近いほど駐車料金が高くなるといった傾向はみられなかった。

## (2) 切り替えに関する分析

### a) 空間分析

日本のコインパーキングでは単位時間当たりの料金を定め、駐車時間に比例して料金が加算されていく仕組みである。しかし駐車場によっては最大料金の設定や料金の切り替えを導入している。最大料金を設定することで、長時間の駐車を行っても料金が一定料金となり、長時間駐車の利用者も駐車をしやすくなる。この最大料金には主に種 3 類あり、一定時間内に限った最大料金、時間帯の最大料金、当日 24 時まで最大料金などがある。今回の対象駐車場においては、211 カ所中 132 カ所で最大料金が設定されており、約 62.5%である。最も最大料金の低い駐車場は 500 円、最も最大料金が高い駐車場は 2500 円であった。また最も多かったのは 800 円で 30 カ所であった。

また、料金の切り替え等の仕組みがある。時間帯によって料金を変動させることで需要をコントロールすることができる。例えば、昼間は料金を高く、夜間は料金を低く設定している駐車場が多い。熊本市中心部の駐車場における料金の切り替えの有無を図-12 に示す。

切り替えのある駐車場は 211 カ所中 88 カ所であり、全体の約 42%を占めている。上通りやサクラマチ周辺で料金が切り替わる駐車場が多く、約 6 割の駐車場が料金を切り替えている。反対に、下通りでは料金が変わらない駐車場が多く、約 3 割程度となっている。下通りでは上通りと比較して飲食店等が多いため、夜間でも需要が多いためと考えられる。また、サクラマチ周辺ではサクラマチ利用者の駐車が考えられるため、サクラマチが終業している夜間は料金が低くなると考えられる。切り替えのある駐車場の昼間の平均料金は 257 円であり、切り替えのない駐車場の昼間の平均料金の 173 円に比べ高いことが分かる。これは需要の高い昼間に高い料金を設定して収益を上げ、需要の少ない夜間は料金を下げていることが分かる。また、図-13 にエリアごとの切り替えのある駐車場の割合と昼間、夜間の平均料金を示す。この図から、切り替え割合が大きいサクラマチや上通エリアでは昼夜間の料金の差が大きいことが分かる。料金の差についてみると夜間帯の料金は昼間の料金の約半分であることが分かる。反対に切り替えの少ない下通りなどでは、昼夜間の料金に差がないことが分かる。

次に図-14 に朝と夜の切り替え時間を示す。朝の切り替えの時刻は朝は 8 時が最も多く 68 カ所であり、約 77%を

占めている。次に多いのは 7 時であり 15 カ所あり、約 17%を占めている。夜の切り替え時刻は 20 時が最も多く 30 カ所であり、約 34%を占めている。次に 18 時、19 時が多く 20 カ所前後で、それぞれ 20%前後を占めている。朝夕の時刻の組み合わせとしては、8時から20時が最も多く 25 カ所で見られ、約 28%を占めている。次に 8時から18時、8時から19時がそれぞれ 16 カ所、11 カ所と続いている。サクラマチ周辺ではサクラマチのショップの終業時間である 8 時に合わせて料金を切り替えている駐車場が多いように、駐車場の切り替え時間は近隣に駐車場と同様の時間に設定されていることが分かる。

### b) 二項ロジットモデル

次に、二項ロジットモデルを用いて駐車場の切り替えに対する影響を確認する。被説明変数には、駐車料金の切り替えの有無を用いて分析を行う。駐車需要となる駐車場周辺のポイント数の半径は AIC が最大になるものを採用した。また、1 日の中で駐車場から半径 170m 内のポイント数の最大値から最小値を引いたものを需要の差として説明変数とした。飲食店数は熊本市が公表しているオープンデータを利用した。

その結果を表-5 に示す。駐車料金とタイムズダミー、需要の差では正に有意になることが分かった。つまり、昼間の料金が高い駐車場、昼夜の駐車需要の差が大きい駐車場、タイムズの運営する駐車場では駐車料金の切り替えを行いやすい傾向があることが分かる。反対に、駐車需要と飲食店数は負に有意となった。1 日を通じて駐車需要の多い駐車場や周辺に飲食店が多い駐車場では料金の切り替えが発生しにくいことが分かる。

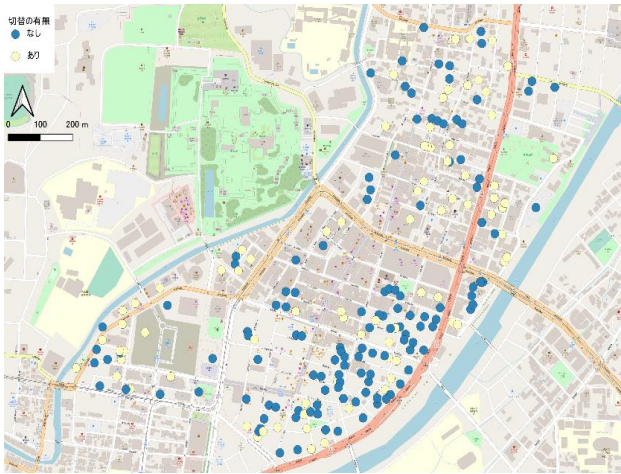


図-12 切り替えの有無

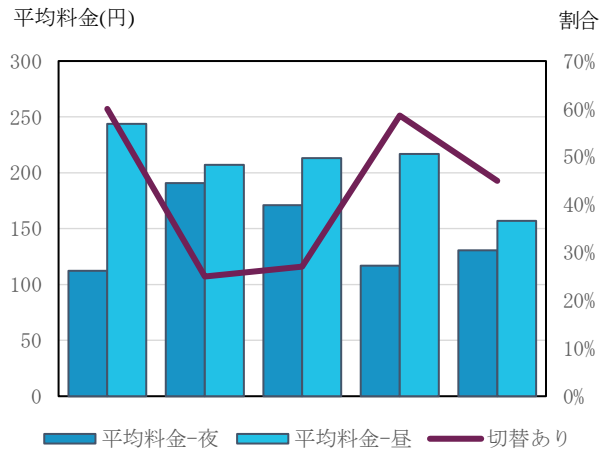
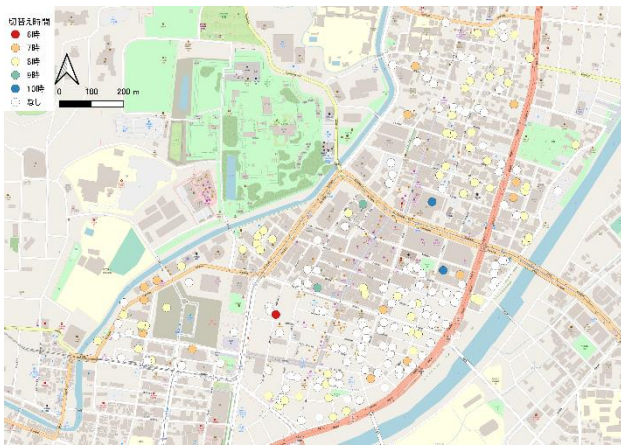
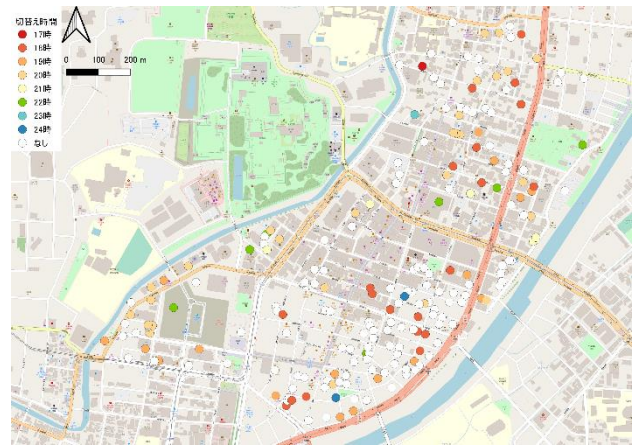


図-13 切り替えの割合と平均



(a) 朝



(b) 夜

図-14 切り替え時刻

表-5 二項ロジットモデルの推定結果

	回帰係数	標準誤差	z 値	p 値	オッズ比
切片	-2.14	0.530	-4.03	0.00	0.118
料金(円)	0.011	0.003	3.88	0.0001	1.01
需要(半径 170m内 ポイント数)	-0.466	0.155	-3.00	0.0027	0.627
タイムズダミー	2.04	0.614	3.32	0.0009	7.68
需要の差 (ポイント数)	0.033	0.011	3.01	0.0026	1.03
飲食店数 (箇所/エリア)	-0.002	0.001	-2.67	0.0077	0.998
サンプル数			211		
AIC			210.79		
的中率			76.400		

### (3) 駐車料金形成に関する分析

#### a) 滞在地点の判定

駐車需要を正確に把握するためには各ユーザーの滞在场所を判定する必要がある。移動軌跡の位置情報データには滞在と移動に分けることで滞在场所の判定を行う。そこで、次の方法により、各個人のプロットを滞在と移動とに分類する。

**Step.1** 各個人ごとに時系列順に測位データの 2 点間の距離を算出する。

**Step.2 Step.1** で算出した 2 点間の距離が 30m 以内であれば滞在とし、30m 以上であれば移動と判定する。

**Step.3** 前後が移動に挟まれた連続していない滞在は移動とする。

**Step.4** 連続した滞在に関して、起点から終点まで 30 分以上かつ移動範囲が 50m 以内のものを滞在と判定する。

**Step.5** 各滞在の重心を算出し、滞在地点とする。

**Step.3** において、道路上や移動中に滞留が発生することもあるため、連続していない滞在は移動と判定した。

滞在地点の推定結果から作成したカーネル密度を図-15 に示す。これより市役所周辺で密度が高くなっていることが分かる。また、下通りから新市街にかけて高密度が広がっており、鶴屋周辺でも密度が高いことが分かる。これを駐車需要として考える。反対に駐車場の供給台数を変数として作成したカーネル密度図を図-16 に示す。供給台数は鶴屋周辺、サクラマチ周辺、国道 3 号線沿いなどで密度が高い。このように需要は比較的中心部で、供給は外縁部で密度が高いということが分かる。これから、駐車場所の供給過多や供給不足が生じていると考えられる。

#### b) 重回帰分析

重回帰分析を用いて駐車料金に対する影響を確認した。被説明変数に平日昼間の 1 時間当たりの駐車料金を、説明変数としては、駐車場の料金形態に関して切り替えダミーと最大料金ダミー、大規模事業者ダミーを用いた。また、競合の駐車料金や GPS データから算出した駐車需要を説明変数として用いた。ここで、駐車需要の半径は、10m 間隔で決定係数が最大となるものを採用した。競合料金に関しては、すべての駐車場において競合駐車場が 1 カ所以上発生する半径が 110m 以上であった。そのため、110m 以上において駐車需要と同様に決定係数が最大となるものを採用した。また、自動車利用者の滞在地点のカーネル密度を需要とし、各駐車場の収容台数を重みとして作成したカーネル密度を供給として、各駐車場位置において需要と供給の差を算出した。つまりこの値は、正であれば供給不足であり、負であれば供給過多であることを表現している。この値を需要と供給の差とし

て説明変数に加えた。

表-6 に重回帰分析の結果を示す。決定係数は 0.6349 となり、すべての説明変数に関して正に有意となった。これから、切り替えを導入している駐車場の方が駐車料金が高い傾向があることを示している。これは基礎分析の結果と同様の傾向を示している。同様に、最大料金を導入している駐車場では駐車料金が高い傾向があることが分かる。最大料金があるため、単位時間当たりの駐車料金を高く設定していると考えられる。また、全国規模で展開しているタイムズなどの大規模事業者は駐車料金を高く設定することが分かる。駐車需要に関しては、駐車需要が高い場所ほど駐車料金が高くなることが分かる。競合料金に関しても、競合駐車場の料金に影響を受け、競合駐車場の料金が高いとその駐車場の料金も高く設定されることが分かる。需要と供給の差は、大きいほど駐車料金が高くなることが分かる。つまり、需要が多く供給が不足している地点では料金が大きく、需要が少なく供給が過剰である地点では料金が低くなることが分かる。

このほかに、競合の駐車場数、競合の収容台数などの競合の条件は説明変数として有意とならなかった。

#### c) 残差分析

重回帰分析による結果の妥当性を検討するため、残差分析を行う。ここで、実際の駐車料金の観測地から重回帰分析から得られた駐車料金の予測値を引いたものを残差とする。

図-17 に残差と駐車料金の観測値の関係を示す。横軸は駐車料金の観測地を、縦軸に残差を表している。この図から駐車料金の観測地と残差に相関がみられ、料金が安い駐車場では過大推計に料金が高い駐車場では過小推計をしていることが分かる。そのため、重回帰分析による予測が不十分であることが考えられる。

また、残差を地図上にプロットしたものを図-18 に示す。残差の分布に空間的な偏りは見られない。空間的自己相関の有無を把握するために Moran の I 統計量を計算した。空間的自己相関とは隣接性に基づいた事象の空間的相互従属を表すもので、その代表的な手法として Moran の I 統計量が存在する。Moran の I 統計量は、大きく、Global Moran と Local Moran の 2 つに分類される。まず Global Moran は対象地域全体の空間的自己相関を測定し、次式で定義される。

$$I = \frac{N \sum_i \sum_j W_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_i \sum_j W_{ij}) \sum_i (x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

ただし、 $n$  はサンプル数、 $S_0 = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n w_{ij}$  は基準化定数（重み行列の全要素の和）、 $w_{ij}$  は空間重み行列  $W$  の要素をそれぞれ意味する。ここで、 $I > 0$  の時、 $I$  がより大きくなるほど、隣接する小区域と属性が似通うこ

となる。反対に、 $I < 0$  の時には、 $I$  がより小さくなるほど、隣接する小区域と属性が相異なることになる。

Moran の  $I$  統計量は  $-0.00617$  となり、 $Z$  値、 $p$  値がそれぞれ  $-0.115$ 、 $0.546$  となり  $p$  値が統計的に有意でなく空間的な自己相関はあるとは言えないということが分かった。

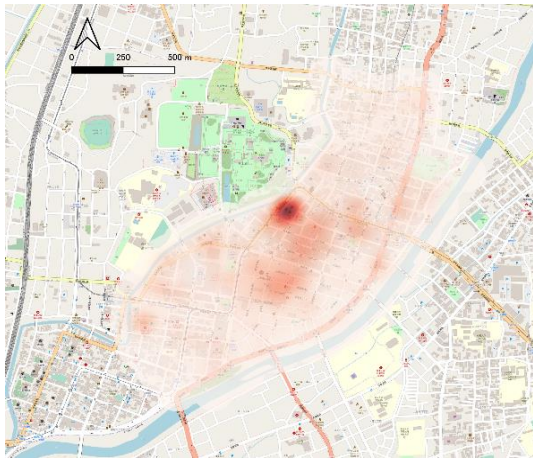


図-15 需要のカーネル密度 ( $r=100$ )

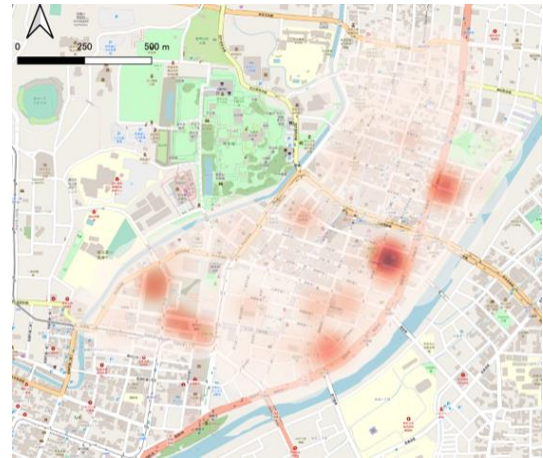


図-16 供給台数のカーネル密度 ( $r=100$ )

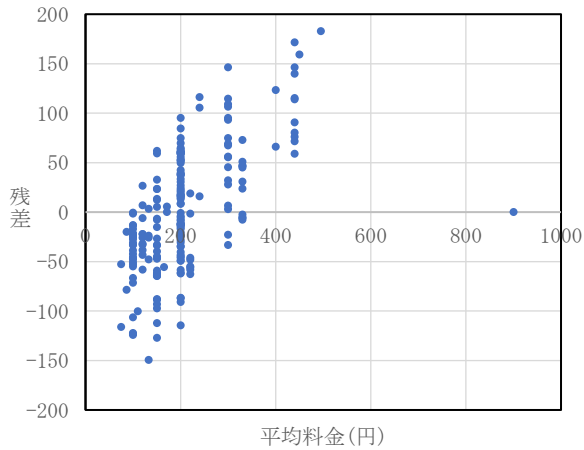


図-17 残差と料金の関係



図-18 残差

表-6 重回帰分析の推定結果

	回帰係数	標準誤差	t値	p値	
切片	-18.5	19.9	-0.93	0.353	
切り替えダミー	52.4	9.72	5.39	1.96E-07	***
半径 240m 内需要(ポイント数)	1.93	0.96	2.00	0.0464	*
半径 110m 内競合料金(円)	0.64	0.10	6.15	4.25E-09	***
最大料金ダミー	27.6	9.33	2.96	0.00344	**
全国事業者ダミー	72.8	10.6	6.85	8.80E-11	***
高料金ダミー	450.4	64.5	6.98	4.16E-11	***
需要と供給の差(カーネル密度値)	0.024	0.008	2.68	7.88E-03	**
サンプル数			211		
決定係数			0.6349		

## 6. おわりに

本研究ではGPSデータを用いて移動軌跡から駐車需要を推定し、重回帰分析を用いて駐車料金の形成メカニズムを明らかにした。本研究で得られた成果を箇条書きで示す。

- 1) 商用 GPS データを用いて、移動軌跡情報から自動車利用者を判定する方法を提案した。
- 2) 流入交通手段の判定の結果は 2012 年パーソントリップ調査の流入交通分担率と概ね同様の結果を得ることができた。
- 3) 平日では徒歩や市電、バスの利用者は市役所周辺でのカーネル密度が高かったが、休日ではその傾向は見られなかった。
- 4) 下通りで上通りよりも密度が高く、サクラマチや鶴屋での回遊も見られた。
- 5) 駐車料金の重回帰分析の結果、切り替えの有無や需要、競合料金が駐車時料金に影響を与えることが明らかになった。
- 6) 駐車料金の切り替えの有無に関して、需要の差や事業者、飲食店数等が影響を与えることを明らかにした。

本研究では、GPS データから交通手段の判定を行い、駐車需要の推定を行ったが、乗用車と自動二輪車の区別はできていないなどの課題もある。交通手段の判定に関して、改善の余地があると考えられる。

## 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9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9月現在)
- 3) 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9月現在)
- 4) 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9月現在)
- 5) 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](https://www.city.kumamoto.jp/hpKiji/pub/detail.aspx?c_id=5&id=24445), (2022年9月現在)
- 6) 古賀逸人, 溝上章志：熊本市中心部における駐車場適正配置のためのシミュレーション分析, 土木計画学研究・講演集 Vol65, 2022
- 7) 浅岡大輝, 瀬谷創, 力石真：時間貸し駐車場の価格弾力性の推計, 土木計画学研究・講演集 Vol64, 2021
- 8) Hajime Seya, Kay W.Axhausen, Makoto Chikaraishi : Spatial unconditional quantile regression: application to Japanese parking price data, The Annals of Regional Science, pp351-402, 2020
- 9) Giuliano Mingardo, Susan Vermeulen, Anna Brioli : Parking pricing strategies and behaviour: Evidence from the Netherlands, Transportation Research Part A Policy and Practice, pp185-197, 2022
- 10) 吉岡正樹, 山口大輔, 吉田博哉, 竹林弘晃：スマートフォンの位置情報を利用した観光行動分析手法の研究, 土木情報学シンポジウム講演集 Vol.43, pp77-80, 2018
- 11) 向井明都, 円山琢也：GPSデータを用いた熊本空港利用者の滞在時間推定, 土木計画学研究・講演集 Vol65, 2022
- 12) 熊本市まちなか駐車場適正化計画  
[https://www.city.kumamoto.jp/common/Upload-FileDsp.aspx?c\\_id=5&id=32036&sub\\_id=3&fild=294060](https://www.city.kumamoto.jp/common/Upload-FileDsp.aspx?c_id=5&id=32036&sub_id=3&fild=294060)  
(2022年9月現在)

(2022.9.30 受付)

## ESTIMATING PARKING DEMAND USING GPS DATA AND ANALYZING PARKING PRICES IN DOWNTOWN AREAS

Tomoki NAKAYAMA, Takuya MARUYAMA