

# 離散・連続モデルによる 熊本市心部の回遊地区選択・回遊時間配分分析

竹田 有希<sup>1</sup>・川野 倫輝<sup>2</sup>・渡邊 萌<sup>2</sup>・円山 琢也<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 学生会員 熊本大学工学部社会環境工学科 (〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1)

<sup>2</sup> 学生会員 熊本大学大学院自然科学研究科社会環境工学専攻 (〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1)

<sup>3</sup> 正会員 熊本大学准教授 くまもと水循環・減災研究教育センター

(〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1)

E-mail:takumaru@kumamoto-u.ac.jp

地方都市都心部の活力衰退の対策の検討には、GPS による人の回遊行動データの取得・分析が有効である。本研究では、熊本市都心部の回遊行動調査のデータに対して、MDCEV モデルを用いた回遊地区別の回遊活動時間配分モデルを構築する。分析の結果から、性別や年代、来街目的などによって、回遊する地区と時間に違いがあることを確認した。

**Key Words :** travel behavior survey, GPS, smart phone, MDCEV model

## 1. はじめに

近年地方都市の衰退が問題視され、実態把握を目的として様々な調査・分析が行われてきた。なかでも、熊本中心市街地の歩行者回遊行動の分析<sup>1)2)3)</sup>が挙げられる。溝上ら<sup>4)</sup>は熊本中心市街地を対象に、空間構成の評価指標と歩行者回遊行動の関係性を分析している。荒木ら<sup>5)</sup>はそれを踏まえて、都市の再開発事業が回遊行動に与える影響をシミュレーションするモデルを構築し、平日と休日における回遊行動の比較を行っている。佐藤ら<sup>6)</sup>はスマートフォンを用いた回遊調査の結果を用いて、カーネル密度推定による回遊行動の可視化・分析を行い、回遊の時空間集積が個人属性ごとに異なることを明らかにしている。しかしこれらの分析だけでなく、新しい視点からの分析も望まれる。

本研究と類似した研究事例として、福山らの研究が挙げられる。福山ら<sup>7)</sup>は、歩行者の目的地選択行動と、その目的地への移動および滞在への時間配分行動を同時に扱う離散連続モデルを用いて分析を行っている。しかし、他都市でのさらなる分析事例も望まれる。

本研究では同様に発展的な手法を用いて、熊本中心市街地における回遊行動の分析を行う。これにより、既存の分析では得られなかった、同様の対象地域における人々の回遊行動に関する知見を得ることを目的とする。

## 2. 分析データの概要

分析の対象とするのは、2013年11月から12月の土・日曜の計6日間に熊本市都心部で実施された、スマホ・アプリを用いた回遊調査である。参加者は回遊を開始するまでに専用アプリを個人所有のスマホにインストールする。回遊開始とともにアプリを起動することで位置情報を取得し、回遊軌跡を記録する。その間、参加者は中心市街地を普段通りに回遊し、帰宅前にポートと呼ぶ受付(対象地に4箇所設置)でアンケートに回答し、調査参加の謝礼(商品券500円)を受け取る。調査で得られる情報として、GPSの軌跡に加えて、アプリ利用の登録時の情報から、調査参加者の性別、年齢、就業状況、居住地、アンケート調査からは、来街目的、来街交通手段、来街場所、同行者等がある。本調査に参加し、ポートでのアンケートに回答したのは6日間で延べ1,086サンプルであった。参加者の属性分布などを含めた調査の詳細は別途<sup>8)</sup>を参照されたい。

本研究では、回遊地区別の回遊時間配分行動モデルを構築する。そこで、図-1に示すようにまちなかを10の回遊地区に分類した。以下に各地区の説明を示す。

- ① 「上乃裏」は上通アーケードと並木坂通りの東側の地区で、隠れ家的な飲食店やブティック、美容室などが立ち並ぶ。
- ② 「並木坂」は上通アーケードの終点から北に延びる地区で、歩道に並木が植えられている。

若者向けの古着屋や飲食店などが並ぶ一方で、老舗の和菓子屋や文房具店などもある。

- ③ 「上通」は市電が走る県道 28 号線から北側に延びる上通アーケードとその西側をまとめた地区。下通と比較すると少し落ち着いた雰囲気がある。
- ④ 「下通」は県道 28 号線から南側に延びる下通アーケードとその東側をまとめた地区。鶴屋百貨店や大きな商業施設、様々な飲食店などが並び、とても賑やかな雰囲気がある。
- ⑤ 「下通西」は下通アーケードの西側の地区で、飲食店が多く、昼間よりも夜ににぎわう歓楽街である。
- ⑥ 「下通南」は下通アーケードの中でも、銀座通りより南側の地区でその東西の通りも含んでいる。カラオケ店などの娯楽施設やファストフード店などの飲食店が多く、夜もにぎわっている。
- ⑦ 「新市街」は下通アーケードの終点から西側に延びるアーケードで、映画館やパチンコ店などの娯楽施設が多い。
- ⑧ 「シャワー通り」は下通アーケードの終点から南へ延びる通りで、アーケードはないが街路樹が植えられている。石畳の歩道が整備され、ブティックやカフェなどが立ち並ぶ。
- ⑨ 「桜町」は県道 28 号線の西側の交通センターや県民百貨店を含む地区である。現在は再開発事業が行われている。
- ⑩ 「熊本城」は天守閣や二の丸など熊本城一体を指す。2011 年には桜の馬場・城彩苑という観光交流施設が開業している。

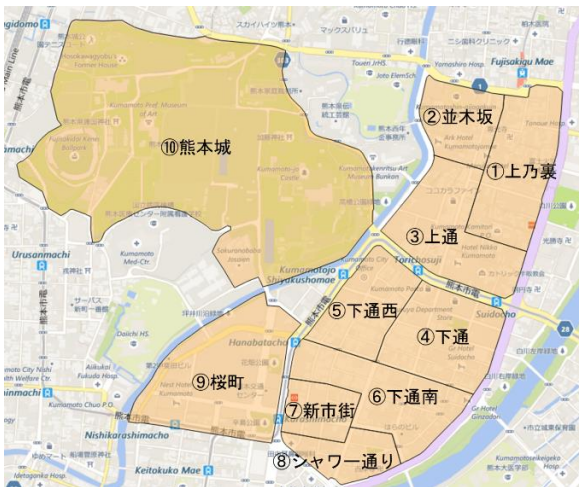


図-1 回遊地区の分類

### 3. MDCEV モデル

本研究では、離散連続モデルの一つである MDCEV モデル<sup>8)</sup>を用いて、人々の回遊行動のモデル化を行う。MDCEV モデルは、財に限界効用逓減性を仮定することにより、経済学とも整合した形で複数財への資源配分行動を記述する行動モデルである。効用関数は式(1)と書き表され、個人はある財の消費量 $x_k$ を、総効用 $U(x)$ を最大化するように決定すると仮定している。

$$U(x) = \frac{1}{\alpha_1} \psi_1 x_1^{\alpha_1} + \sum_{k=2}^K \frac{\gamma_k}{\alpha_k} \psi_k \left\{ \left( \frac{x_k}{\gamma_k} + 1 \right)^{\alpha_k} - 1 \right\} \quad (1)$$

where  $\psi_1 = \exp(\varepsilon_1)$ , and  $\psi_k = \exp(\beta' z_k + \varepsilon_k)$

ただし

$\psi_k$  : 基準限界効用関数

$\gamma_k$  : 飽和パラメータ

$\varepsilon_k$  : ガンベル分布に従う誤差項

$\beta'$  : 未知パラメータ

$z_k$  : 説明変数

$x_k$  :  $k$ 財の消費量

式(1)中の $\alpha_k$ と $\gamma_k$ はそれぞれ限界効用の逓減率を表現している飽和パラメータである。ただし、Bhat<sup>9)</sup>でも述べられているように、 $\alpha_k$ と $\gamma_k$ を両方同時に推定するのは困難である。そのため、本研究では $\alpha_k$ を 0 に等しくなるよう固定し、 $\gamma_k$ の推定を行う。その場合の効用関数は式(2)となる。

$$U(x) = \psi_1 \ln x_1 + \sum_{k=2}^K \gamma_k \psi_k \ln \left( \frac{x_k}{\gamma_k} + 1 \right) \quad (2)$$

本研究では人々の熊本中心市街地における、時間配分行動を 10 に分割したゾーンへの時間配分としてモデルを構築する。一日 24 時間における、熊本中心市街地 10 ゾーン以外への時間配分を外部財とし、各ゾーンと外部財を含めた選択肢への時間配分行動のモデル化を行う。ただし個人は 1 日 24 時間の時間制約の下、効用最大化理論に基づく MDCEV モデルに従って時間配分を決定していると仮定する。そのため、滞在したゾーンの順番や、時間軸、時間割引率は考慮されていない。あくまで、一日 24 時間という資源の配分問題として、滞在時間配分行動のモデリングを行う。また、誤差項 $\varepsilon_k$ にガンベル分布を設定しているため、選択肢である 10 ゾーン間の無関係性を仮定している。設定したゾーンの空間的な類似性の考慮は、今後の課題である。

Bhat<sup>9)</sup>より 10 個の選択肢から  $M$  個のゾーンを選択した場合の同時選択確率は式(3)のように表され、尤度関数は Closed-form で定義される。このとき $t^*$ はその活動への配分時間である。また、このとき効用関数 $V_k$ は式(4)のように定式化される。

$$= \left[ \prod_{i=1}^M f_i \right] \left[ \sum_{i=1}^M \frac{1}{f_i} \right] \left[ \frac{\prod_{i=1}^M e^{V_i}}{(\sum_{k=1}^M e^{V_k})^M} \right] (M-1)! \quad (3)$$

where  $f_i = \left( \frac{1}{t_i^* + V_i} \right)$

$$V_k = \beta' z_k - \ln \left( \frac{x_k^*}{\gamma_k} + 1 \right) \quad (4)$$

$V_1 = -\ln(t_1^*)$   
ただし  $(k \geq 2)$

#### 4. 基礎分析

ここで、回遊地区別の回遊時間と個人属性の関係を分析する。本分析は、次節で展開する回遊地区別回遊時間の推定モデルの説明変数の候補の検討を目的とする。

図-2 に性別の地区別回遊時間分布の構成比率を示す。多くの地区で性別による違いはあまり見られないが、「新市街」では男性の回遊時間が長いことがわかる。

図-3 に年代別の地区別回遊時間分布の構成比率を示す。「桜町」では年代が上がるにつれて、「下通」では若い年代ほど回遊時間が長いという特徴がみられた。これは「桜町」に調査当時あった県民百貨店を年齢層の高い人がよく利用していたためだと考えられる。また、「下通」にはファストフード店やカフェなどが集まっていることから、若年層の回遊時間が長くなっていると考えられる。

図-4 に目的別の地区別回遊時間分布の構成比率の分布

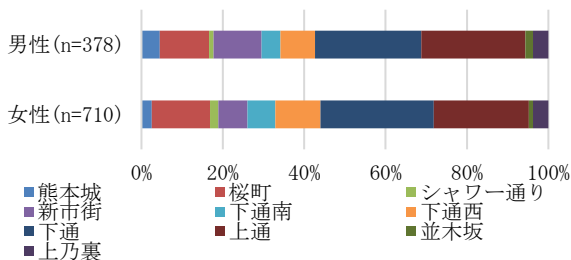


図-2 性別の地区別回遊時間分布の構成比率

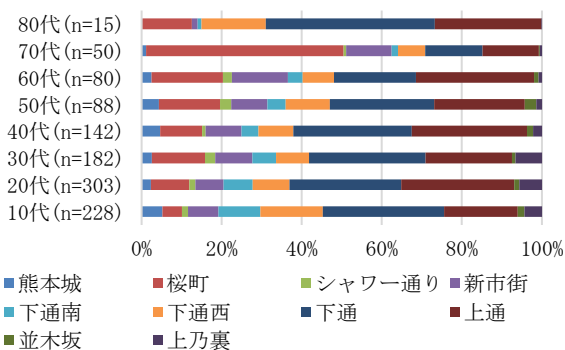


図-3 年代別の地区別回遊時間分布の構成比率

を示す。多くの目的において、メインアーケードである「上通」と「下通」での回遊時間が長くなっている。一方で、観光と娯楽目的の参加者には異なる特徴がある。観光目的での参加者は「熊本城」や「しゃワー通り」での回遊時間が他と比較して長い。これは、熊本城が観光スポットであることや、「しゃワー通り」がメインアーケードとは雰囲気の異なる、西洋風な空間であるため観光目的の参加者が増えたのだと考えた。娯楽目的での参加者は「新市街」や「下通南」、「下通西」での回遊時間が長い。この要因として、まちなかの南側にはカラオケ店やパチンコ店などの娯楽施設が集まっていることが挙げられる。また、買い物目的では、「上通」や「下通」等のメインアーケードの次に「桜町」での回遊が長い、食事目的では「新市街」や「下通南」、「上乃裏」での回遊時間が長い。このように買い物目的と食事目的では利用する店舗が異なるため、回遊地区にも違いが出たと考えられる。

図-5 に来街手段別の地区別回遊時間分布の構成比率を示す。熊本電鉄を利用して来街した参加者は、他の交通手段で来街した参加者と比較して、まちなかの北側に回遊地区が偏っている。これは熊本電鉄の最寄り駅がまちなかの北側にあることが影響していると予想される。また、バスで来街した参加者は「桜町」での回遊時間が

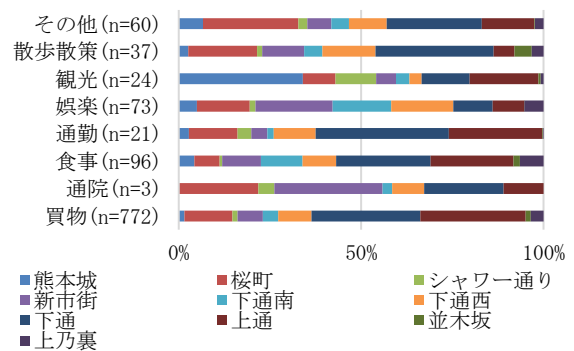


図-4 目的別の地区別回遊時間分布の構成比率

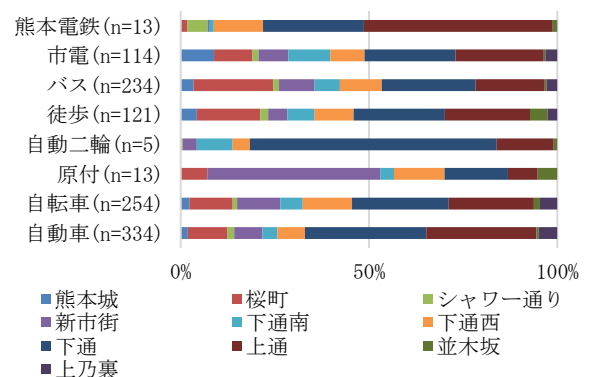


図-5 来街手段別の地区別回遊時間分布の構成比率

長くなっている。「桜町」内には熊本市のバスの拠点である交通センターがあるため、バスで来街する参加者の回遊割合が多くなったと考えられる。さらに、自動車と自転車で来街した参加者の回遊地区には似た傾向があるが、自動車で来街した参加者の方が、メインアーケードでの回遊時間が長い。ここから、自動車で来街した参加者は比較的狭い範囲で回遊を行っているのではないかと考えられる。

図-6に同行者別の地区別回遊時間分布の構成比率を示す。ひとりで来街した参加者は「桜町」や「新市街」などまちなかの南西方向の地区での回遊割合が多く、逆に友達と来街した参加者は「上通」や「下通」、「上乃裏」など北東方向の地区での回遊割合が多いという違いがみられる。また、家族で来街した参加者は「上通」、「下通」、「新市街」とメインアーケード内での回遊割合が多く、同行者によって回遊地区に違いがあることが確認された。

図-7に居住地別の地区別回遊時間分布の構成比率を示す。他の居住地からの参加者と比較して、熊本県外居住の参加者は「熊本城」での回遊時間が非常に長い。熊本城は県内でも有名な観光スポットであることから県外から訪れる人も多しと考えられる。また、熊本県内居住の参加者は似た傾向にあるが、「桜町」と「新市街」では熊本市内からの参加者の回遊時間が長くなっている。ここから、公共交通を利用して来街する人が熊本市内の方が多いのではないかと推察する。

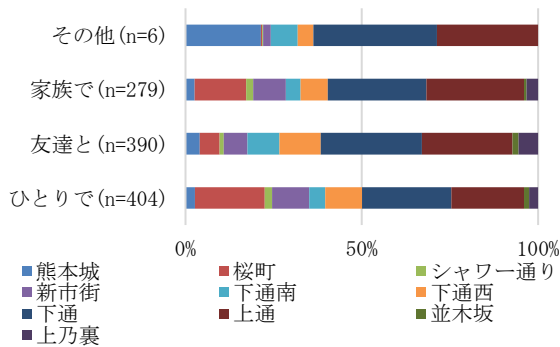


図-6 同行者別の地区別回遊時間分布の構成比率

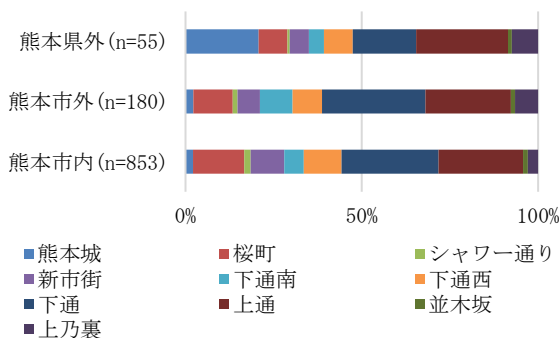


図-7 居住地別の地区別回遊時間分布の構成比率

## 5. MDCEV モデルによる分析

MDCEV モデルによるパラメータ推定を行った。サンプル数は、説明変数の欠損データを除いたため、N=978である。推定結果を表-1に示し、回遊地区毎の結果と考察を以下に述べる。

「熊本城」では、自動車ダミーが負で、熊本県外ダミーが正で 1%有意となった。観光ダミーは正で 5%有意となった。ここから、熊本県外居住者や観光客ほど「熊本城」に行きやすく、回遊時間も長くなる傾向にあることがわかる。また、自動車以外の交通手段で来街すると回遊時間が長くなる傾向にあることもわかる。

「桜町」では、年齢とバスダミーが正で 1%有意となった。これより、高齢者やバスによる来街者が「桜町」での回遊が長い傾向にあることがわかる。これは、「桜町」にある交通センターがバスの拠点であることや県民百貨店は高齢者がよく利用する施設であることが理由として考えられる。

「新市街」では、年齢と娯楽ダミーが正で 1%有意となった。ここから高齢者や娯楽目的だと「新市街」での回遊時間が長い傾向にあることがわかる。この理由として、桜町と距離が近いことやカラオケやパチンコ店などが多いことが挙げられる。

「下通南」には、ファストフード店やディスカウントストアがあるため、若年層が多く、また「新市街」と同様に娯楽施設が多いので娯楽ダミーが有意になるという予想を立てていた。しかし結果は、男性ダミーと年齢が正で 5%有意となり、娯楽ダミーは有意とはならなかった。ここから男性や高齢者が「下通南」での回遊時間が長い傾向にあることが明らかとなり、予想とは異なる結果となった。

「上通」では、熊本電鉄ダミーと買物ダミーが正で 1%有意となった。すなわち熊本電鉄利用者や買い物目的だと「上通」での回遊時間が長くなる傾向にあるとわかる。これは、熊本電鉄の最寄り駅から距離が近いことによる影響だと考えられる。

上記地区以外の「シャワー通り」、「下通西」、「下通」、「並木坂」、「上乃裏」では定数項以外有意となった説明変数がなかった。特に、「下通西」や「下通」においては、図-8に示すように、上記地区を回遊した調査参加者が多かったため、個人属性による影響が現れなかったことが予想される。

以上の結果から、「交通センター」や「新市街」などまちなかの南西部は高齢者や男性の回遊時間が長い傾向にあることが言える。ただし、2013年の調査時と現在では、新しい商業施設の開業や、県民百貨店の閉業などまちなかの状況が変化している。県民百貨店のような高齢者の憩い・交流の場をまちなかに設けることや、娯楽目

的で訪れた男性が、限定的な回遊にとどまらない施策を検討することで、まちなかに訪れる人の増加や回遊行動の促進が期待される。

表-1 MDCEV モデルの推定結果

説明変数	パラメータ	t値
上乃裏	定数項	-8.54 -33.35 ***
	年齢	-0.01 -1.30
	食事ダミー	0.01 0.04
並木坂	定数項	-9.41 -29.00 ***
	年齢	-0.01 -1.15
	徒歩ダミー	0.60 1.80 *
上通	定数項	-7.42 -66.21 ***
	熊本電鉄ダミー	1.20 3.89 ***
	買い物ダミー	0.45 4.24 ***
下通	定数項	-6.41 -43.80 ***
	男性ダミー	-0.04 -0.43
	年齢	0.00 -0.14
下通西	定数項	-6.58 -49.09 ***
	年齢	-0.01 -1.54
下通南	定数項	-7.96 -44.23 ***
	年齢	0.01 2.15 **
	男性ダミー	0.27 1.96 **
	娯楽ダミー	0.36 1.46
新市街	定数項	-8.63 -42.80 ***
	男性ダミー	0.26 1.83 *
	年齢	0.02 4.17 ***
	娯楽ダミー	0.75 3.38 ***
	自転車ダミー	-0.04 -0.29
	ひとりでダミー	0.30 2.38 **
シャワー通り	定数項	-9.82 -34.13 ***
	男性ダミー	0.40 1.84 *
桜町	年齢	0.01 1.44
	定数項	-9.71 -40.45 ***
	男性ダミー	0.16 1.08
	年齢	0.03 6.82 ***
	バスダミー	0.45 3.02 ***
熊本城	友達とダミー	-0.38 -2.09 **
	定数項	-9.39 -67.45 ***
	観光ダミー	0.94 2.35 **
	自動車ダミー	-0.74 -2.69 ***
	熊本県外ダミー	1.04 3.25 ***
サンプルサイズ	978	
最終尤度	-18786.350	

注)\*\*\*1%有意, \*\*5%有意, \*10%有意

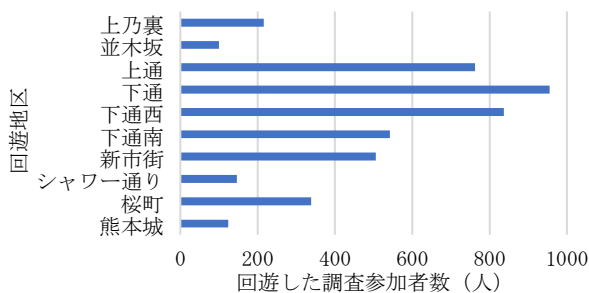


図-8 回遊地区毎の調査参加者数

## 6. おわりに

本研究では、くまもとまち歩き調査の結果を基に、まちなかを 10 の地区に分割して分析を行った。調査参加者の回遊地区毎平均回遊時間と個人属性の関係から、性別や年代、来街目的などによって、回遊する地区に違いがあることを確認した。

また、MDCEV モデルによるパラメータ推定の結果、5 つの地区で有意な説明変数を示した。しかし、用途地域別の床面積等、他の説明変数を検討することが課題として挙げられる。

さらに、桜町では 2019 年に新たなバスターミナルを有する複合施設の開業が予定されている。このような変化とともに、地区の特徴を生かしながら、まちなか全体でにぎわいを増加させる施策を検討することが望まれる。

## 参考文献

- 1) 溝上章志, 高松誠治, 吉住弥華, 星野裕司: 中心市街地の空間構成と歩行者回遊行動の分析フレームワーク, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol.68, No.5, pp. 363-374, 2012.
- 2) 荒木雅弘, 溝上章志, 円山琢也: まちなか回遊行動の詳細分析と政策シミュレーションのための予測モデル, 土木学会 D3(土木計画学), Vol.71, No.5, pp.323-335, 2015.
- 3) 佐藤貴大, 円山琢也: スマホ・アプリ型回遊調査データによる熊本都心部回遊行動圏の分析, 都市計画論文集, Vol.50, No.3, pp.345-351, 2015.
- 4) 佐藤貴大, 円山琢也: カーネル密度推定法を応用したスマホ型回遊調査データの時空間分析, 都市計画論文集, Vol.51, No.2, pp.192-199, 2016.
- 5) 福山祥代, 羽藤英二: ネットワークの縮約表現に着目した離散・連続選択モデルによる歩行パターン分析, 第 33 回交通工学研究発表会論文集, pp.439-444, 2013.
- 6) 野原浩大朗, 福所誠也, 井村祥太郎, 円山琢也: スマホ・アプリを利用した熊本都心部回遊調査の分析, 第 49 回土木計画学研究発表会・講演集, Vol. 49, 2014.
- 7) 石野祐希, 円山琢也, 溝上章志: インタビュー型回遊調査とスマホ型回遊調査の参加者属性に着目した比較分析, 都市計画論文集, Vol. 50, No. 3, pp. 331-336, 2015.
- 8) Bhat, C.R.: A multiple discrete-continuous extreme value model: formulation and application to discretionary time-use decisions, Transportation Research Part B: Methodological, Vol. 39, pp.679-707, 2005.
- 9) Bhat, C.R.: The multiple discrete-continuous extreme value (MDCEV) model: Role of utility function parameters, identification considerations, and model extensions, Transportation Research Part B: Methodological, Vol.42, pp.274-303, 2008.

VISITING PLACE AND STAYING TIME ANALYSIS USING  
DISCRETE CONTINUOUS CHOICE MODEL IN DOWNTOWN KUMAMOTO

Yuki TAKETA, Tomoki KAWANO, Hajime WATANABE and Takuya MARUYAMA