

# スマホ・アプリを利用した 熊本都心部回遊調査の分析



熊本大学 円山研究室

M2 井村祥太郎

# 目次



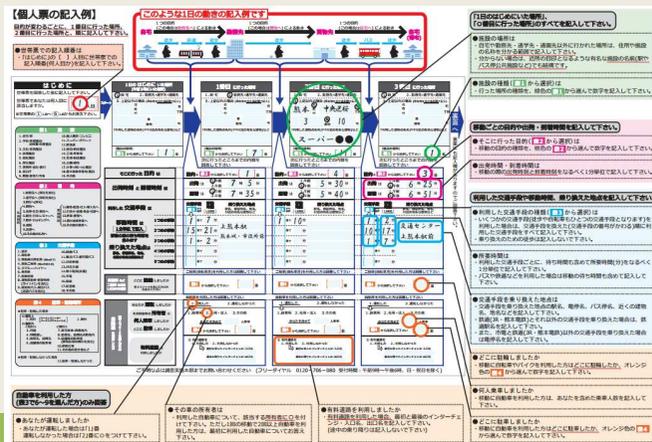
- 熊本市心部回遊調査(まちあるき調査)の説明と分析
- 真値調査(まちあるき事後の調査)について
- 修論の内容について
- その他円山研究室でのPP研究について

# 研究目的

- 調査参加意識の分析, データ分析
- スマホ調査でどの程度の謝礼, 広報手段が有効か
- 調査参加者の傾向を掴む



## スマホ調査の実用性の検証と課題抽出



# スマホ型交通調査システム -熊本都心部回遊調査-

**スマホを持って行こう!** MACHIHARUKI with Smart Device in KUMAMOTO

## くまもとまち歩き調査

スマホを持って街を歩くモン!

「くまもとまち歩き調査」は、スマートフォンを利用し、まちなかでのひとの動きを把握するもので、にぎわいの向上や歩きやすい歩行環境の整備計画、交通環境の高度化を検討するための基礎的なデータを集積することを目的としています。  
この調査は、専用のアプリをダウンロードし、まち歩きしながら自動的に、みなさまの行動履歴が記録されます。また、個人情報が特定されることはありません。  
熊本都心部に滞在し、歩行の向上のための調査に協力することで、ご協力に感謝いたします。

※熊本都心部の設計・建設調査のホームページをご覧ください。

調査期間：平成25年 11月23日(土) 24日(日) 30日(土) 12月1日(日) 7日(土) 8日(日)

調査エリア：熊本市中心部 (上通・下通・新市街周辺) 対象者：16歳以上の方

事前登録：平成25年 11月5日(火)～12月7日(土) 登録はこちら

詳細はWEBでチェック!

「くまもとまち歩き調査」の詳細・参加費はこちら  
http://www.kumamoto-g.jp/

### 利用登録

専用サイトで各自利用登録

- 性別、年齢
- 住所 (市区町村まで)
- 職業/学歴 (仕事をしている、主婦、学生、その他)

### インストール

アプリストアから取得

Download on the App Store | ANDROID APP ON Google play

ダウンロード

各自のスマートフォンなど

### ログイン

ログイン画面



属性情報送信

認証

### 調査

GPS  
WiFi アクセスポイント  
携帯電話基地局

位置情報の取得

3MG回線もしくはWi-Fiを使って送信

軌跡はアプリが自動で記録

- 調査時間：午前10時～午後7時(9時間)
- 調査主体：熊本県・熊本市・熊本大学
- 募集方法：①事前登録型モニター  
②当日勧誘型モニター
- 謝礼：商品券(500円分)+粗品

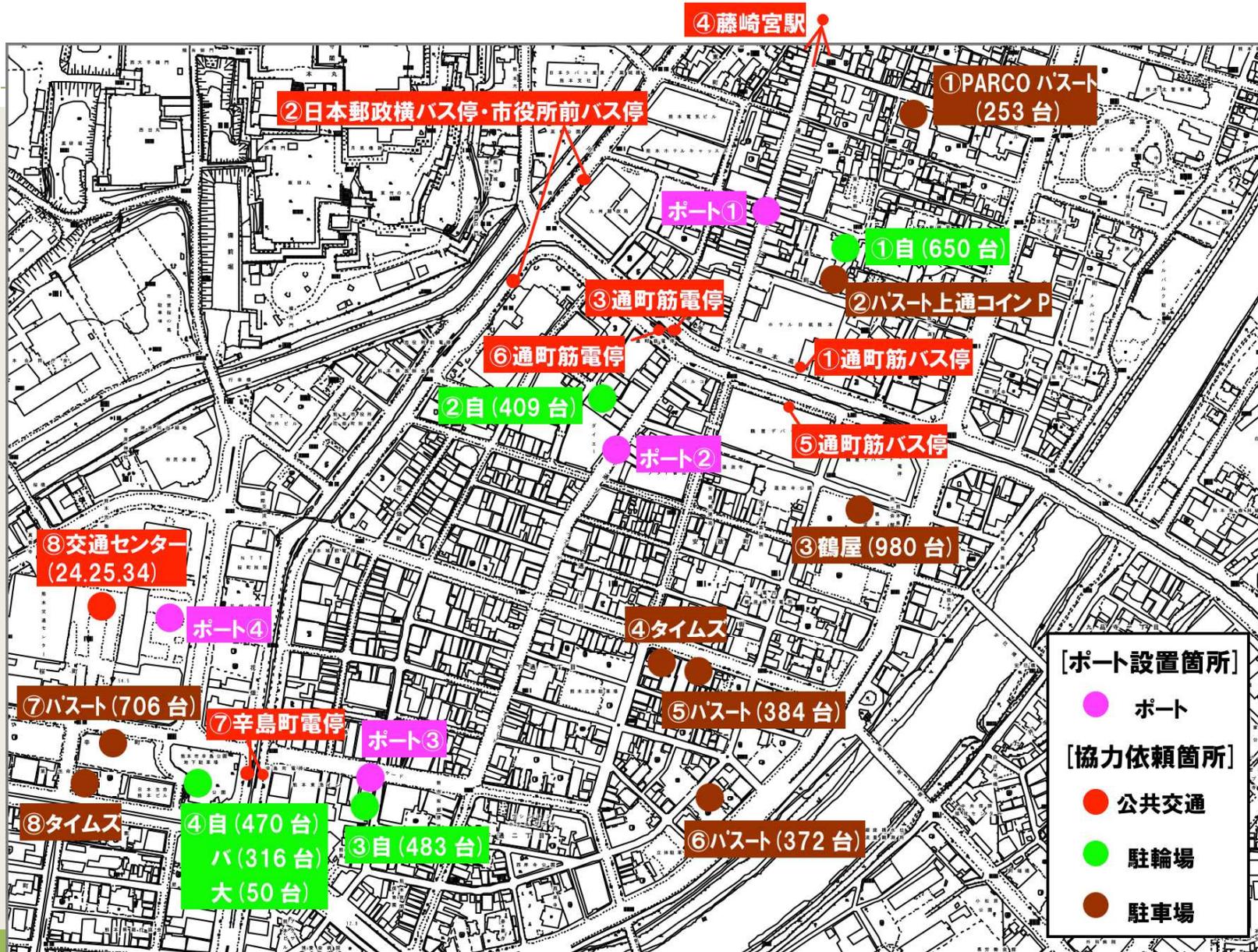
- 調査方法補足



- スマホを持っていない方には、**タブレット端末Nexus7を貸し出して実施**
- 回遊終了後まちなか4箇所<sup>①</sup>に設けたポ-トに立ち寄ってもらいアンケートを実施し、粗品(商品券500円とくまモンボールペン)を渡して調査終了



# □ポート及びまちなかキャッチ地点



- 広報

- 広報用のポスターを市電やバスの車内や停留所に張り出す
- 熊本日日新聞の記事掲載、熊本の情報配信アプリやFacebook、くまモンtwitterでの発信、調査時にチラシを配布する等で周知を図った



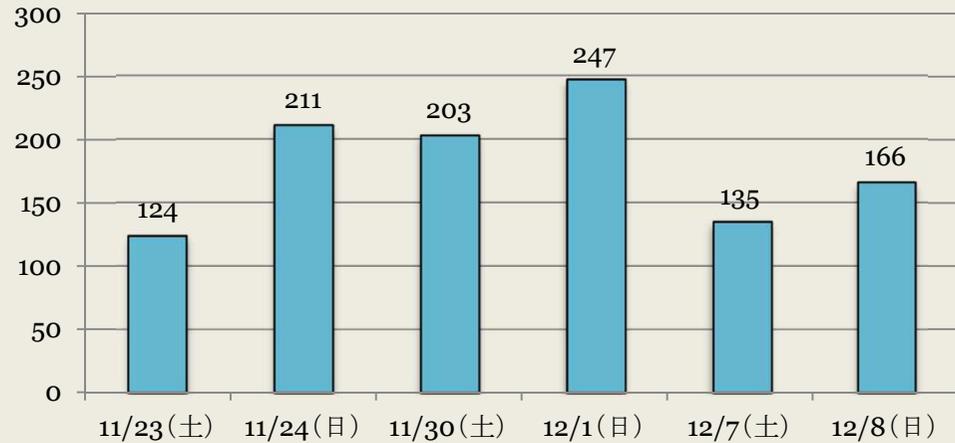
# 熊本都心部回遊調査時分析

当初目標: 1000サンプル

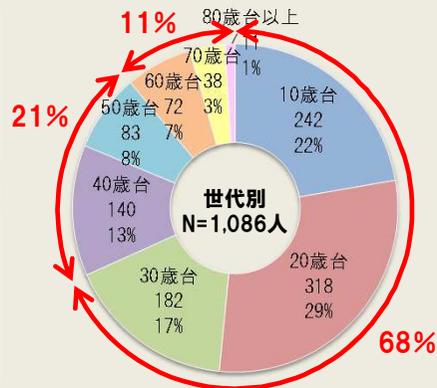


**1086サンプル**を取得

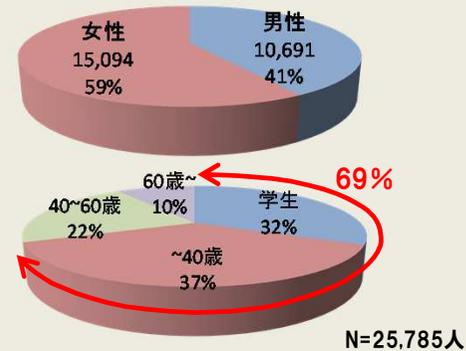
調査日ごとの取得サンプル数



スマホ調査参加者の属性分布



断面交通量調査による属性分布



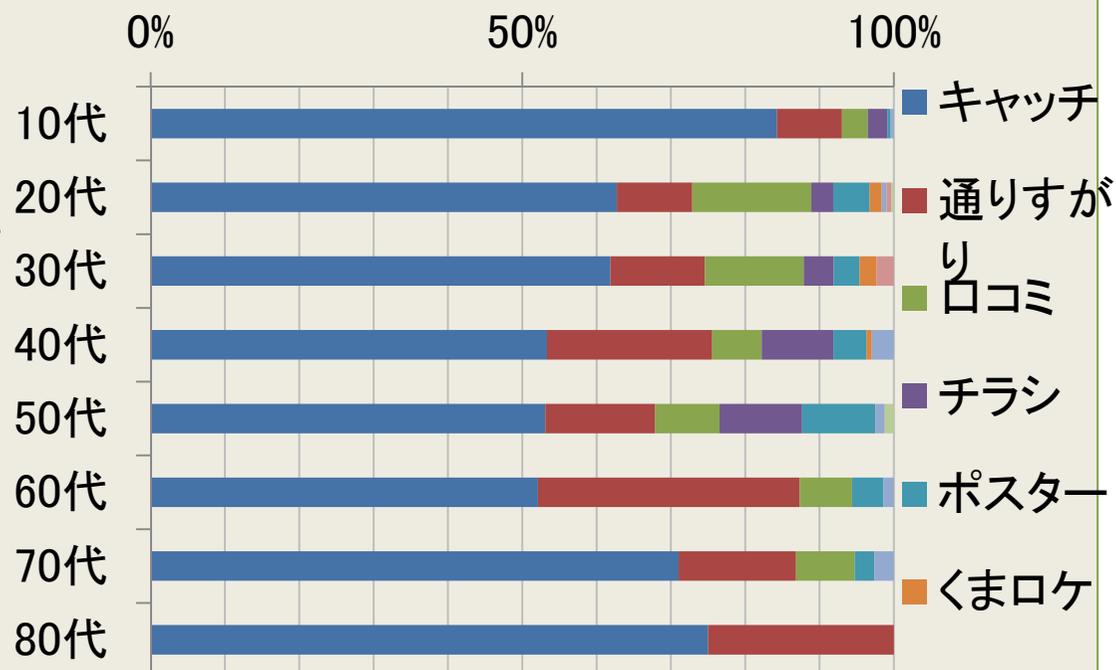
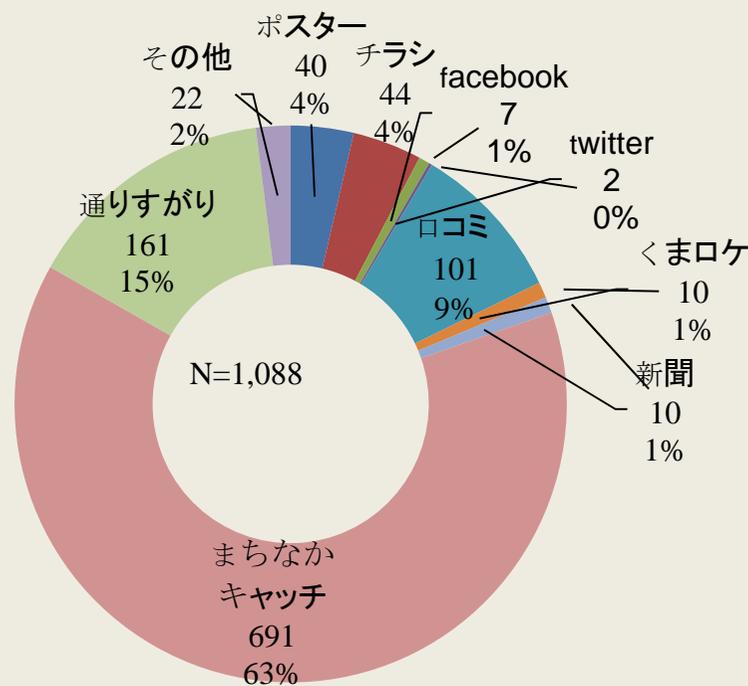
断面調査交通量  
分布と概ね一致  
↓  
偏りないサンプル  
の取得を達成

## □ 広報・依頼方法

■ 調査の参加者の大半はまちなかで行った**キャッチ**

■ ポスター・チラシの効果は薄いですが40,50代に有効

■ 60代以上は**通りすがり**での参加が多い



# 参加者意向分析

来年同じような調査をするとしたら・・・  
どちらに参加したいですか？



**スマホ調査**  
(500円の謝礼あり)



**紙調査**  
(謝礼なし)

では、謝礼がなかったとしたら？



**スマホ調査に  
参加する**



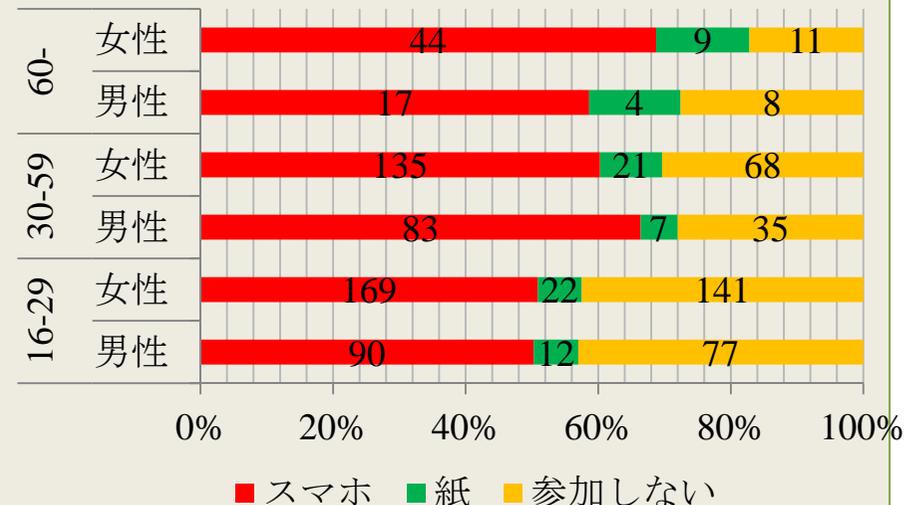
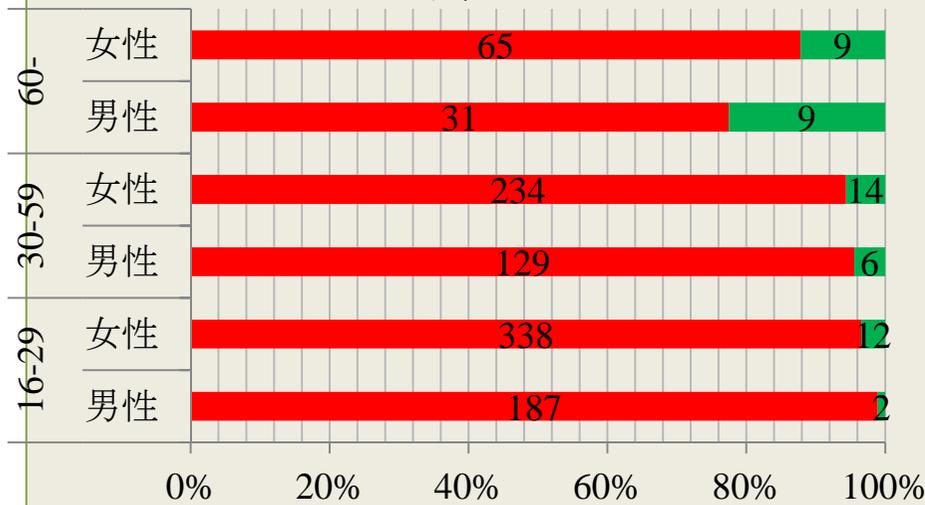
**紙調査に  
参加する**



**参加しない**

謝礼あり

謝礼なし



■ スマホ ■ 紙

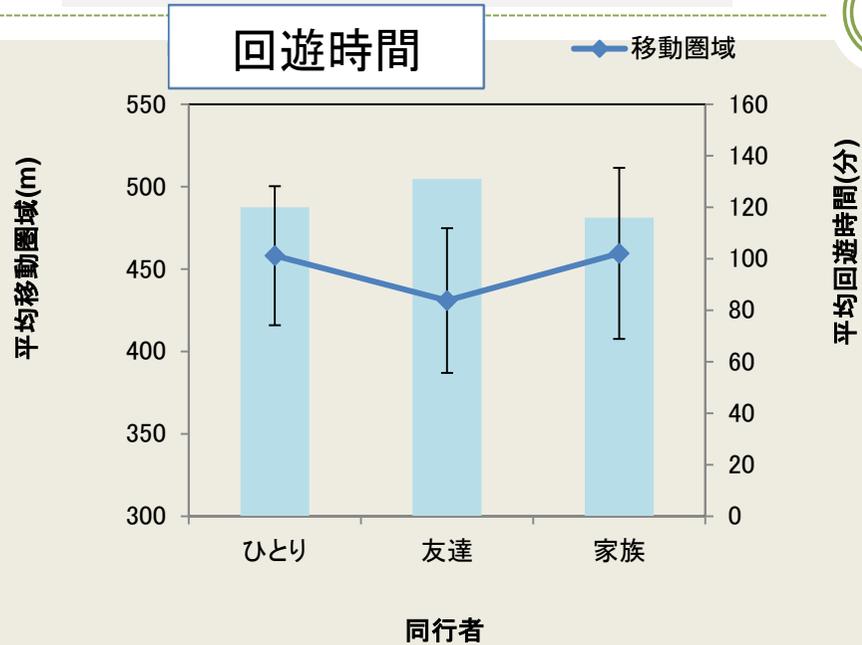
性・年齢別調査参加意識

■ 謝礼なし時、若年層は調査に参加しない傾向

■ 謝礼が無い場合でも高齢者は調査に参加する傾向

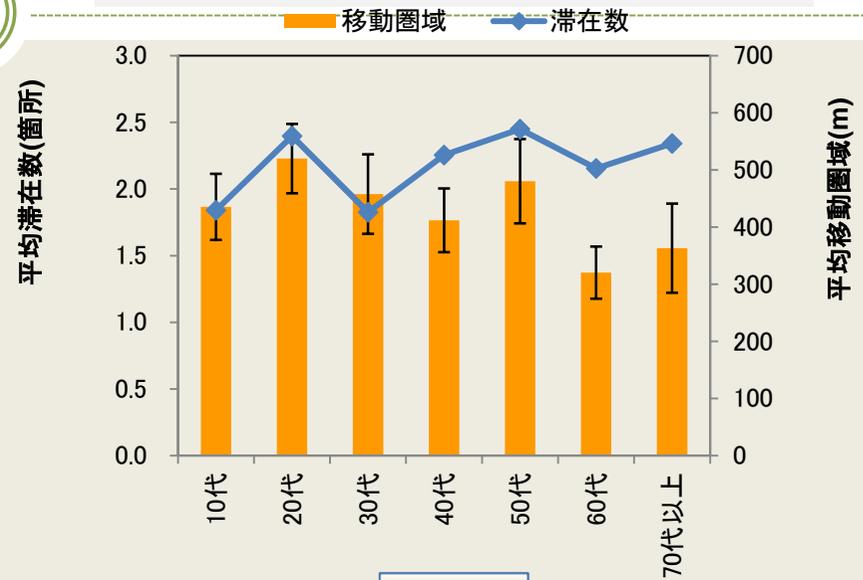
# スマホPPデータの分析結果-回遊時間と移動圏域-

## 同行者別回遊時間と移動圏域

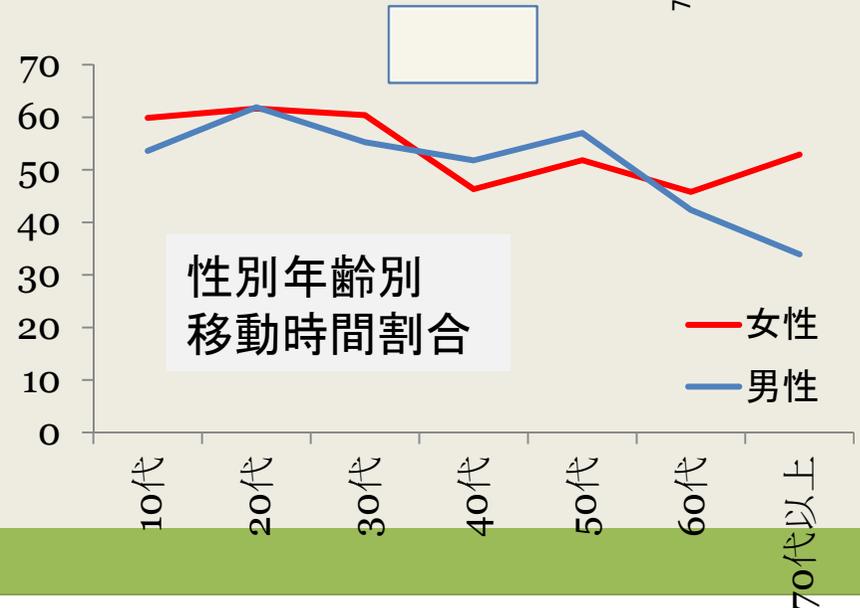


## 年齢別の移動圏域・滞在箇所数

11



- 友達と同行者は滞在時間が長く、移動圏域が狭い
- 高齢者は狭い圏域でまちなかを回遊している
- 年齢が高いほど移動に占める割合が低い



# スマホPPデータの分析結果-回遊時間推定モデル-

ワイブル分布を仮定した生存関数を利用



回遊時間推定モデル推定結果

$$S(t) = \exp(-\lambda t^\alpha)$$

ある時点において個体がまちなかから下慣れる確率  $t$  は次式  $N$  で表される

$$F(t) = 1 - \exp(-\lambda t^\alpha)$$

またその確率密度関数は次式で表される

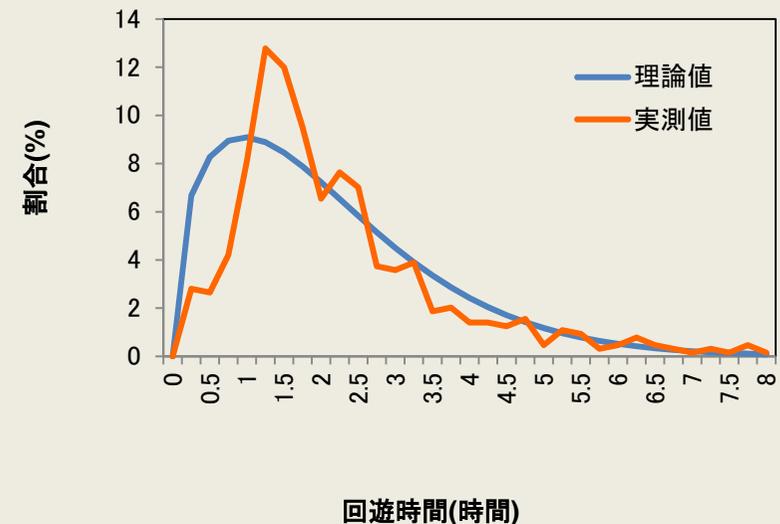
$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \alpha \lambda t^{\alpha-1} \cdot \exp(-\lambda t^\alpha)$$

$$\lambda = \exp(b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_n x_n)$$

$x_i$  は現在時刻や個人属性などの説明変数

- 市外在住・友達といった要因で回遊時間が長くなる

説明変数	推定値	t値
市外ダミー	-0.1423	-2.128
性別ダミー	0.0646	1.091
年齢	0.0667	0.3875
友達ダミー	-0.076	-1.181
出発時間	1.975	6.587
定数項	-1.912	-9.834
形状パラメータ $\lambda$		
形状母数 $\alpha$	1.415	-12.67
最大対数尤度	-1071	
サンプル数	648	



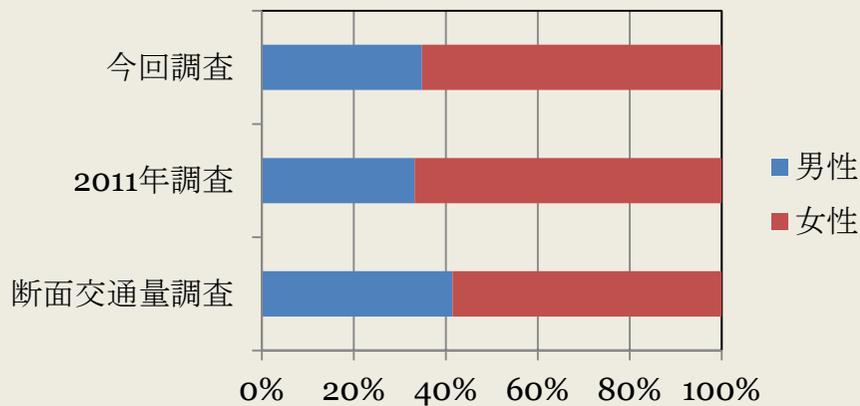
## くまもとまちあるき調査時まとめ



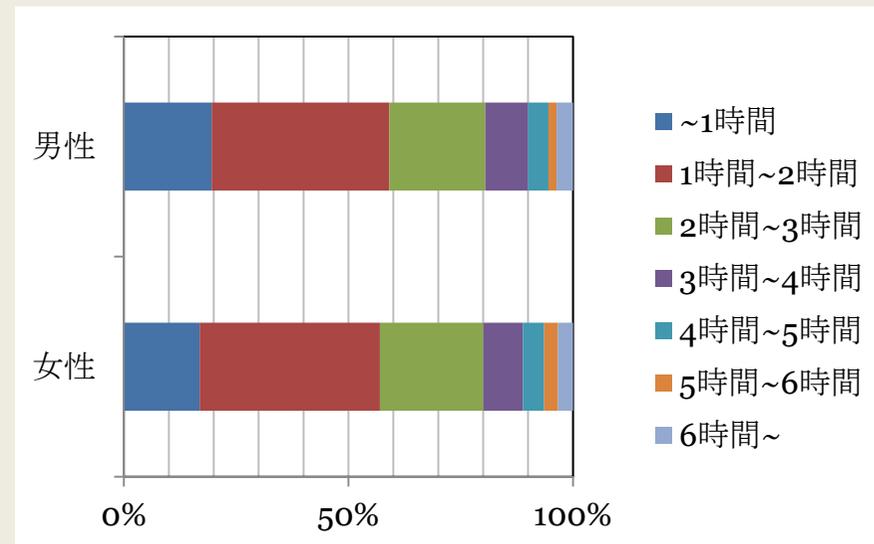
- スマホアプリで1086サンプルのデータを取得
- タブレット端末の貸し出しによる属性の偏りが少ないデータ取得の達成
- ポスター等の広報効果より**キャッチでの参加**
- 属性ごとの謝礼の効果の違いが出た
- 回遊モデルから**市外在住・友達**で長時間の回遊

# 参加者の協力傾向

- 性別
- 男女別では**女性の方が協力傾向**にある
- 滞在時間については男女別の差はほぼ無い



男女別協力割合

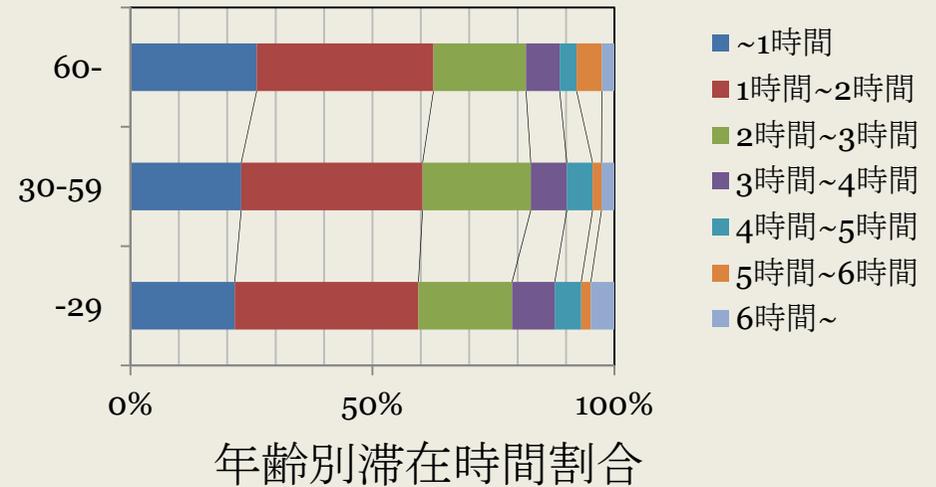
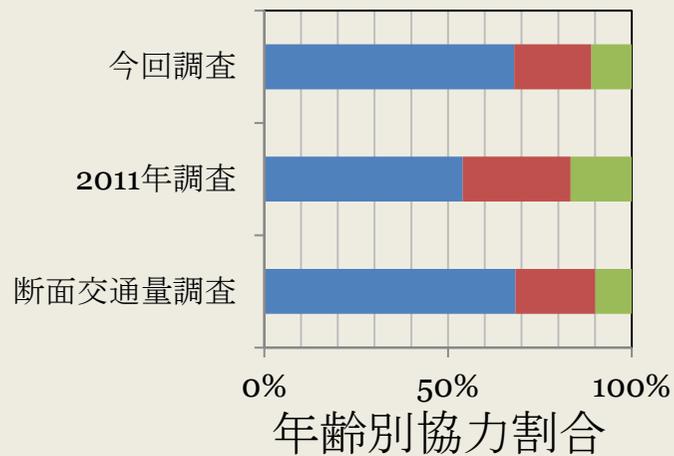


男女別滞在時間割合

- 年齢別

- 若年層が半数を占めている

- 若年層ほど長い滞在時間になる傾向



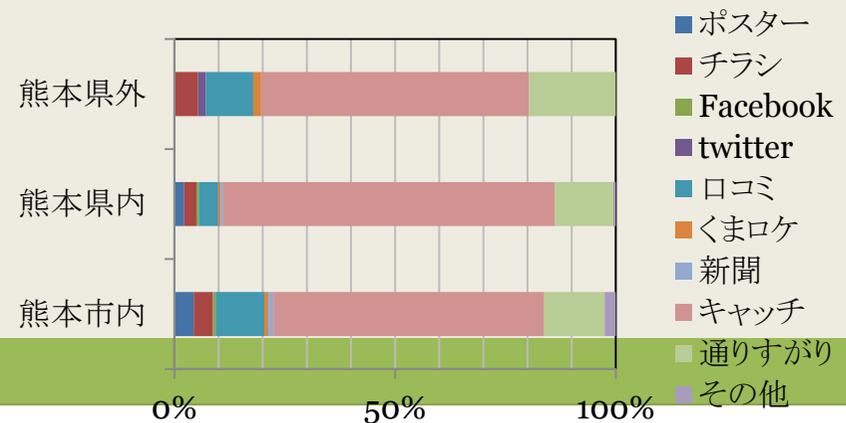
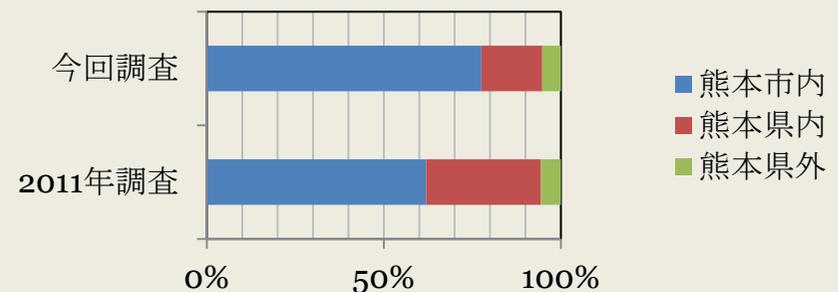
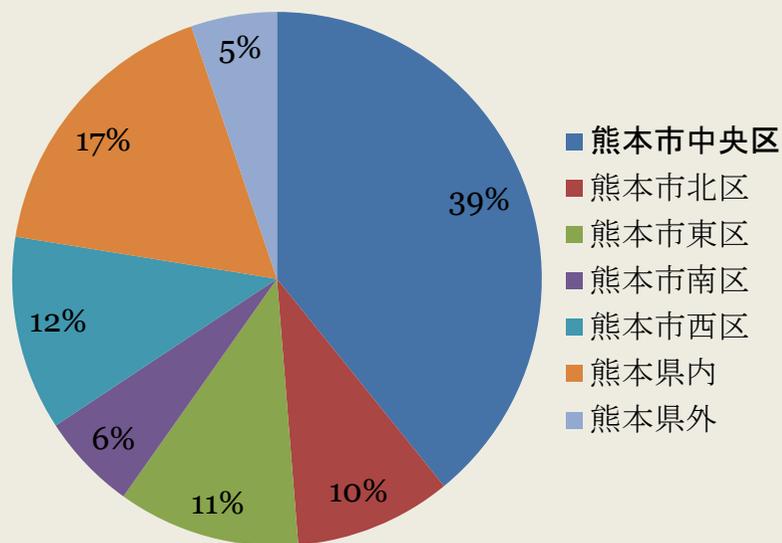
## □ 居住地

■ 熊本市内の方が8割



■ 2011年度の調査よりも市内の方の参加率が高い

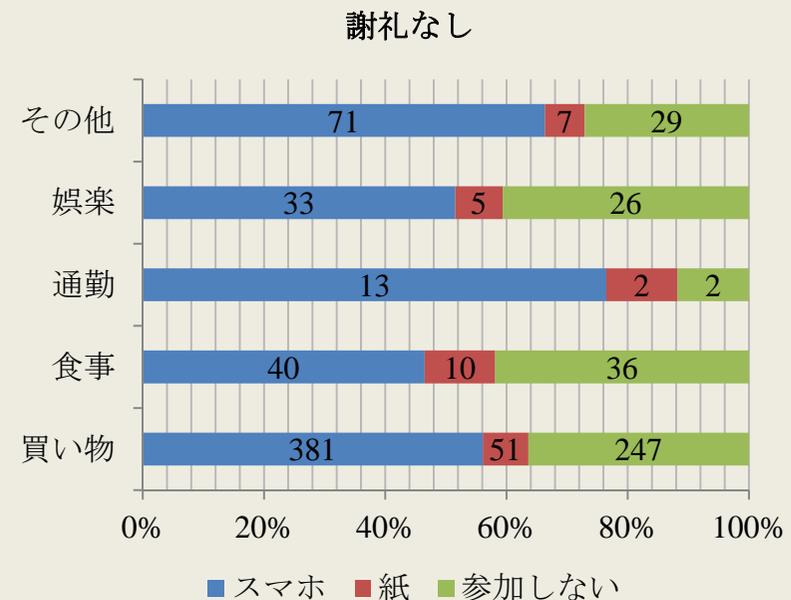
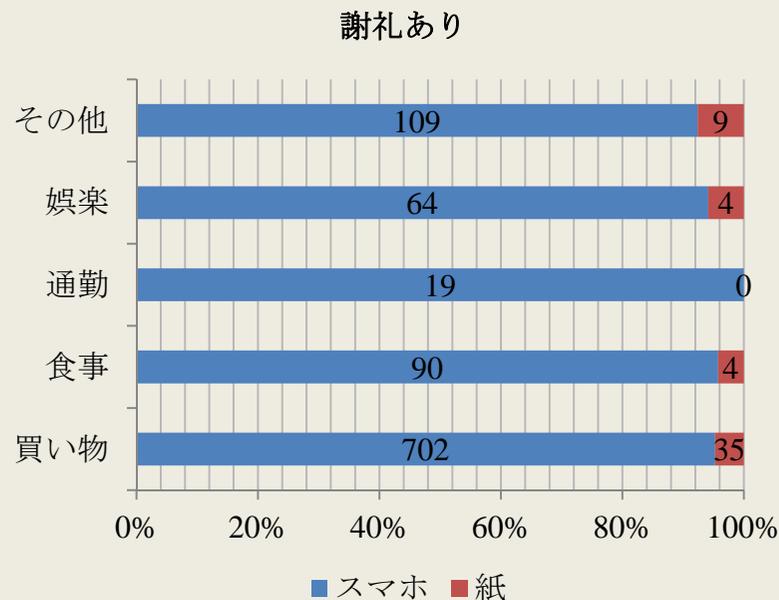
■ ポスター等の影響は市内が強く、遠隔地に薄い



## □ 来街目的

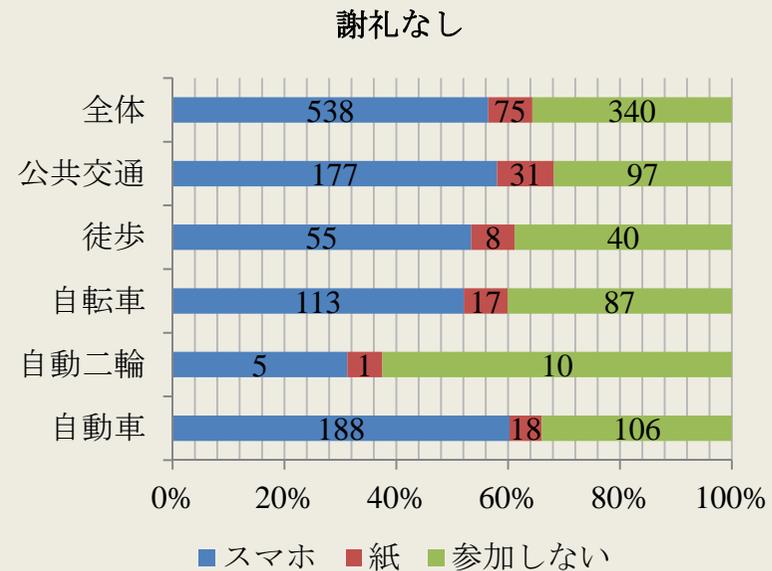
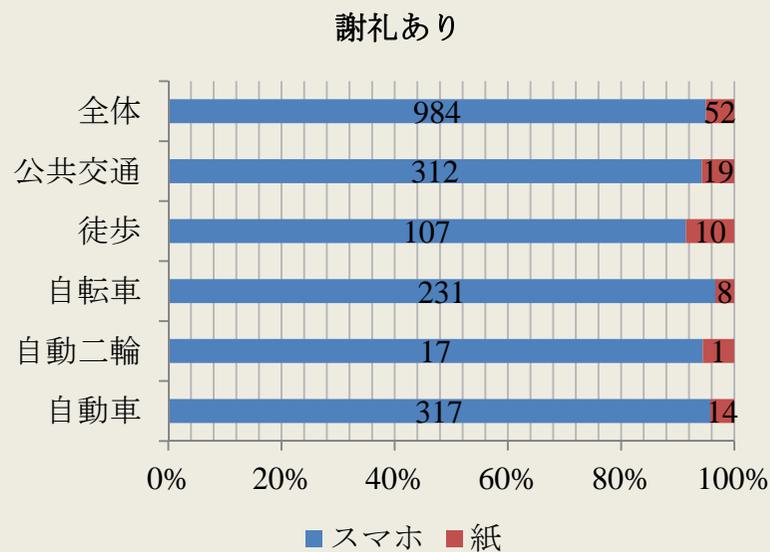
■ 謝礼ありの場合来街目的は有意差はない

■ 謝礼なしの場合は来街目的が影響していると判断された



## 交通手段

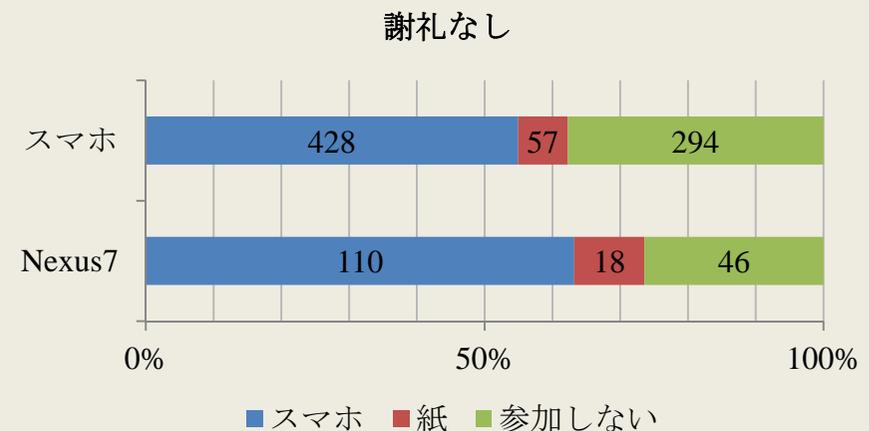
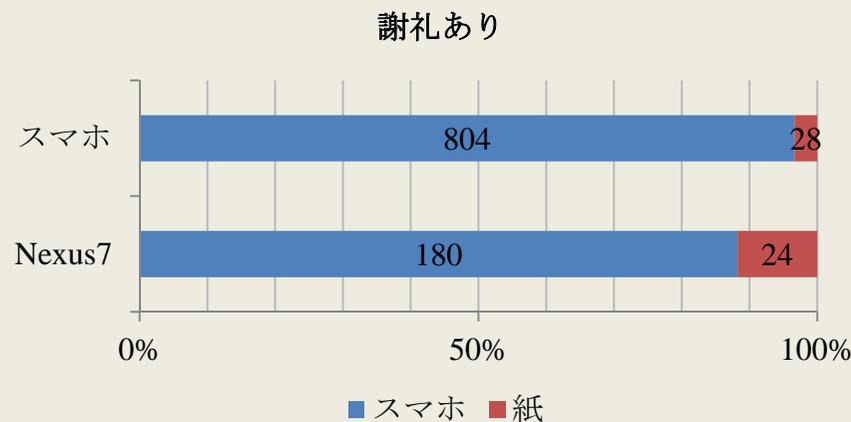
- 謝礼ありの場合は有意な影響は見られなかった
- 謝礼なしの場合は調査参加に対する影響の差が認められた



交通手段別調査参加意識

## □ 端末別

- 謝礼ありの場合貸出の方が協力度が低く、謝礼なしでは高いという結果が出た
- 謝礼なしの場合はタブレット端末の方が参加割合が高くなる



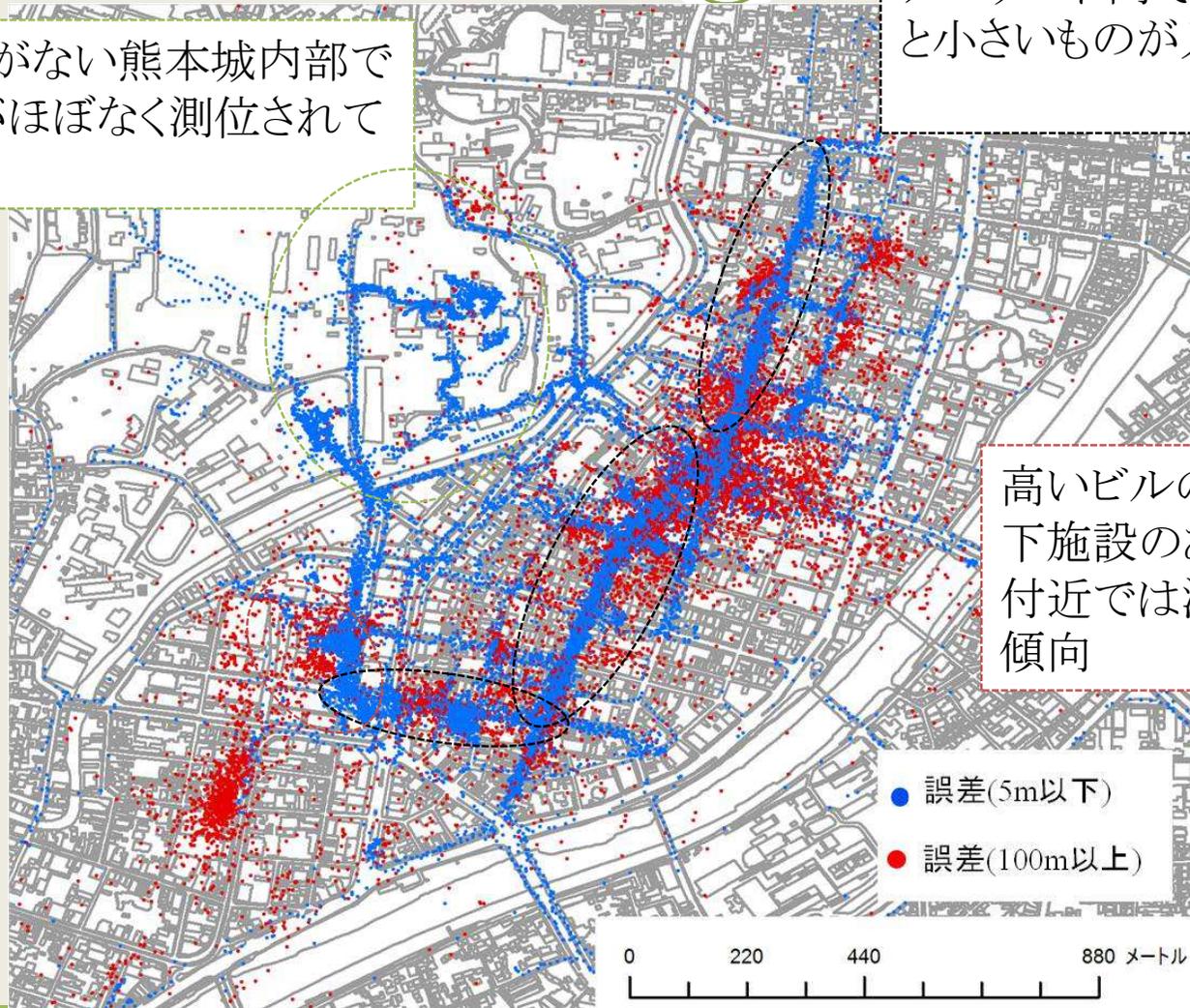
端末別調査参加意識

# PPデータ基礎分析

## ● 測位誤差の分析

遮るものがない熊本城内部では誤差がほぼなく測位されている

アーケード内では誤差が大きいものと小さいものが入り混じっている

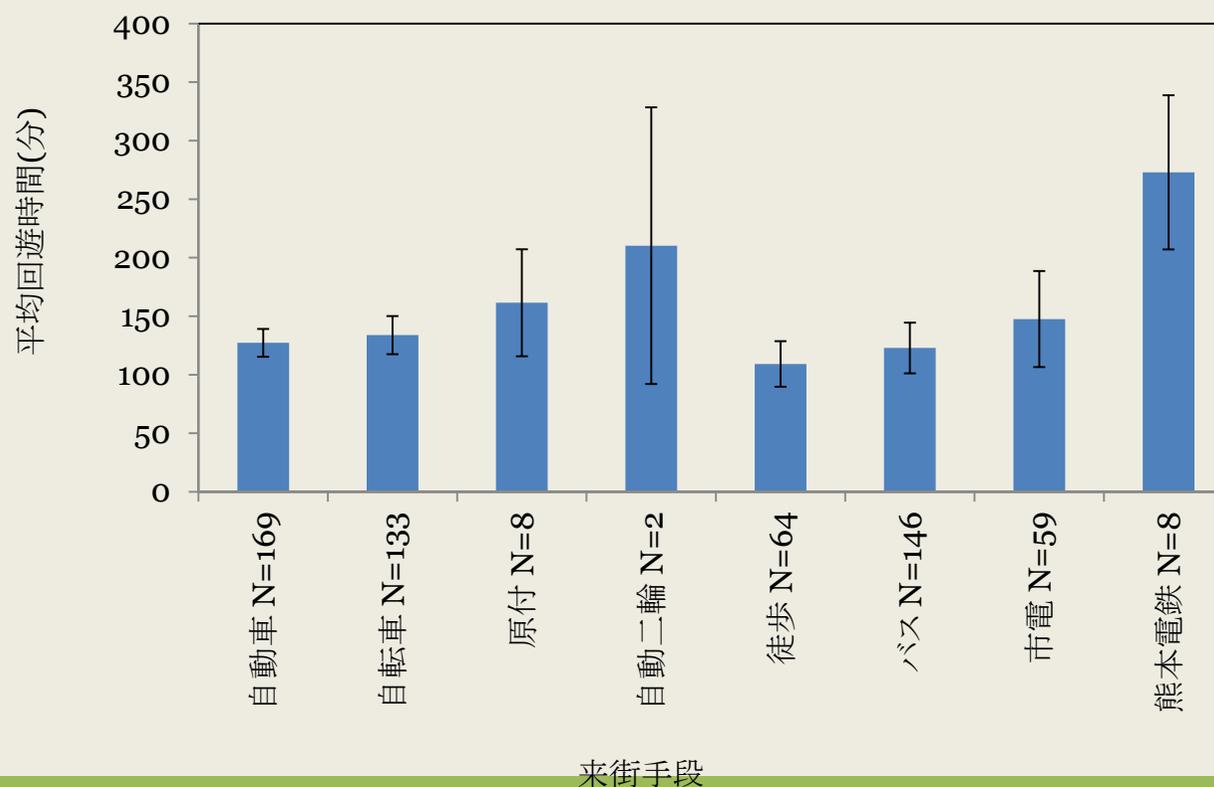


測位誤差別観測点

## □ 来街交通手段別回遊時間

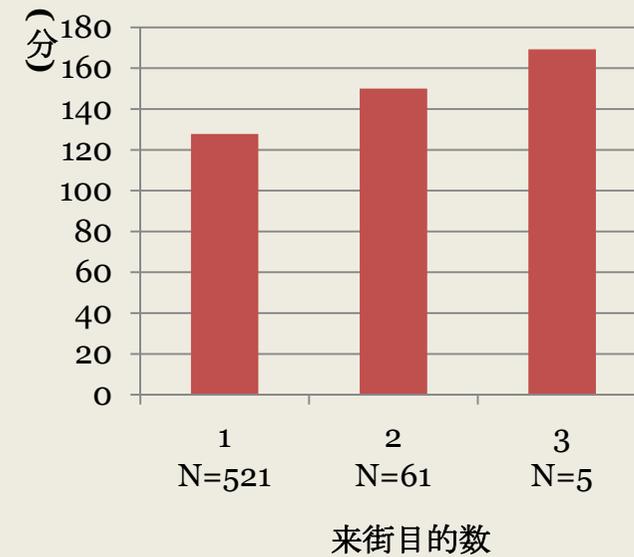
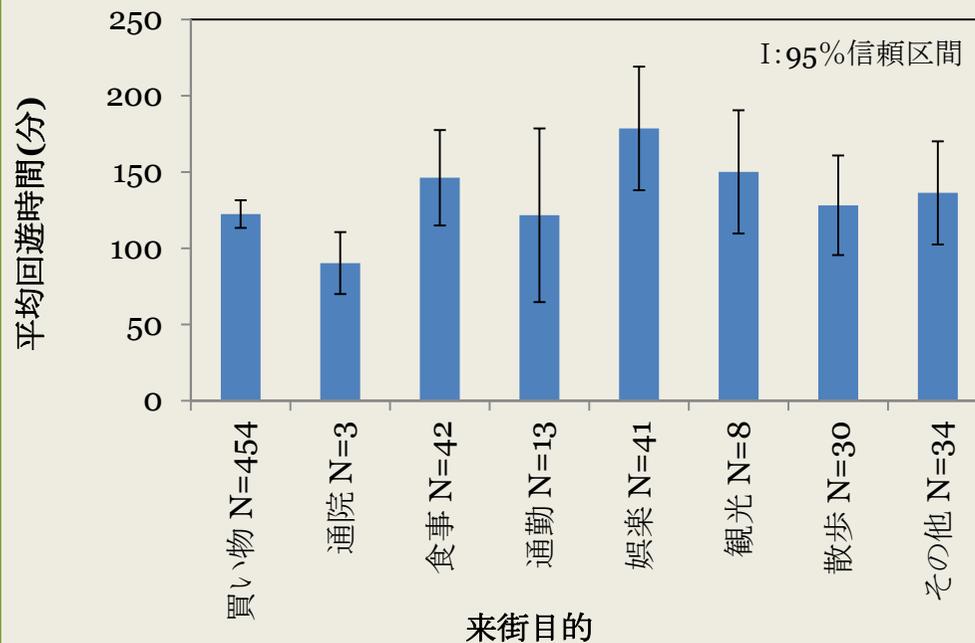
■ 熊本電鉄を用いた回遊時間が長い

■ 徒歩による回遊時間は短い



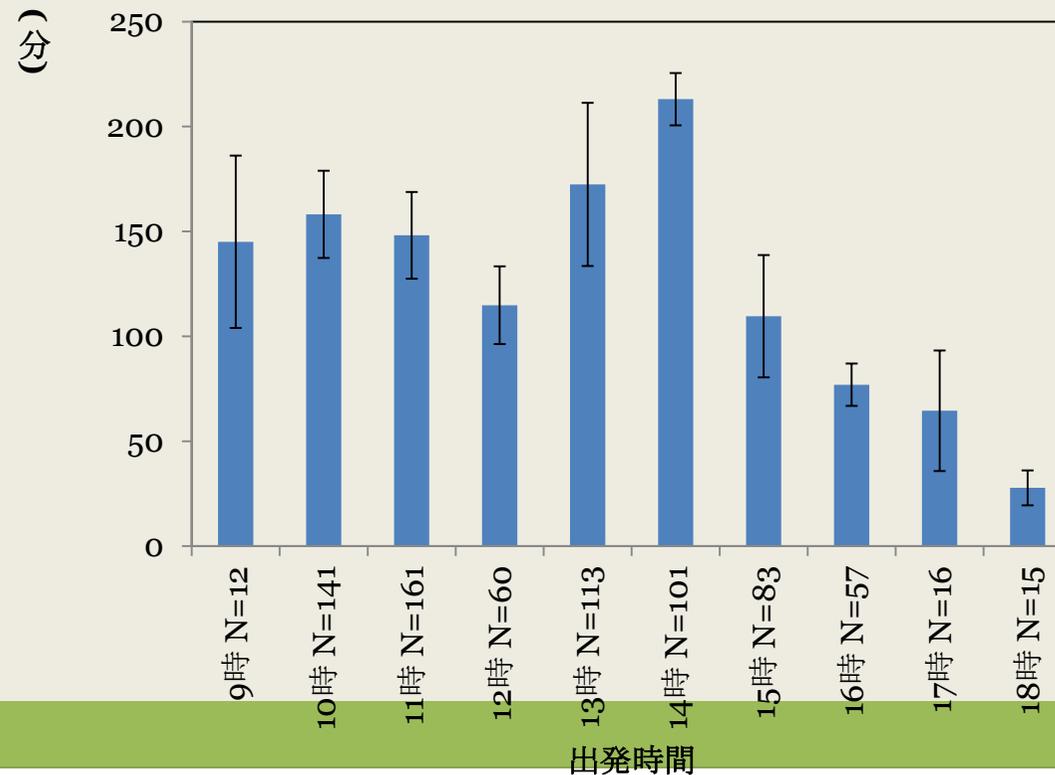
## 目的別回遊時間と来街目的数

- 食事や観光等の目的では回遊時間が長くなる傾向
- 来街目的数が多くなるほど回遊時間は長くなる



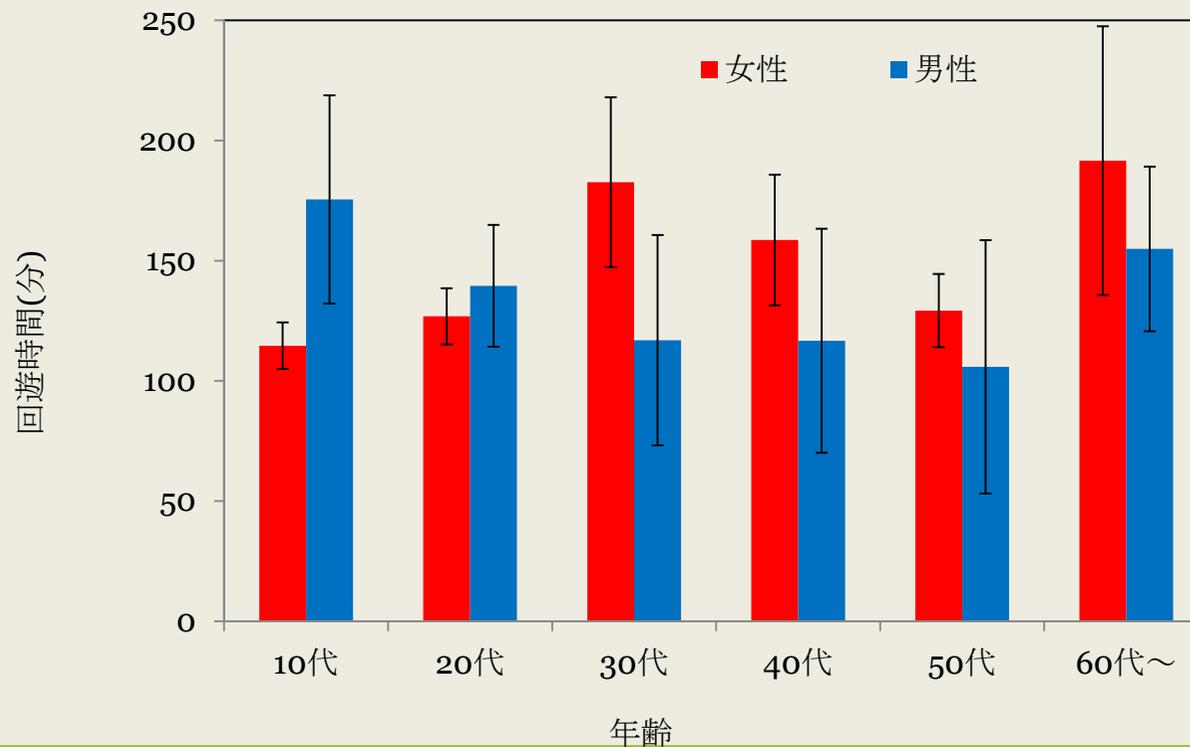
## ■ 出発時間別回遊時間

- 14時頃出発した人の滞在時間が長くなっている
- 午後以降が短くなっている原因としてポートの開設が7時までとなっていたことが考えられる



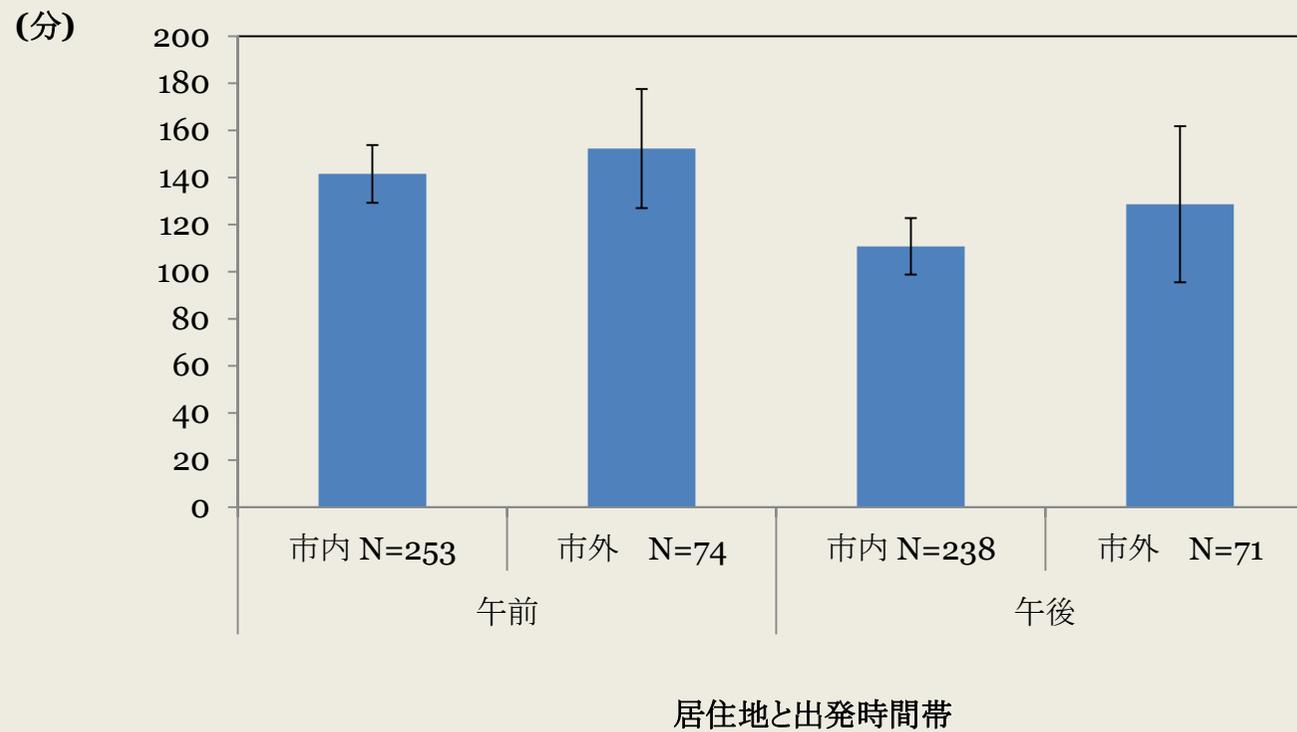
## ■ 性年齢別の回遊時間

- 10代、20代では男性の方が回遊時間が長い傾向
- 30代以上では女性の方が回遊時間が長くなる傾向



## □ 居住地別

### ■ 市街から来た人の方が回遊時間が長くなる傾向



## スマホ調査の特徴

	紙調査	PP調査	スマホPP調査
参加者の負担	大	小	小
調査費用	大	中	小
実施形態	行動記録を紙に記入	レンタルした機器で調査実施	個人の端末で調査実施
経路情報	取得不可	取得可能	取得可能
調査期間	短期間	長期間も可能	長期間も可能

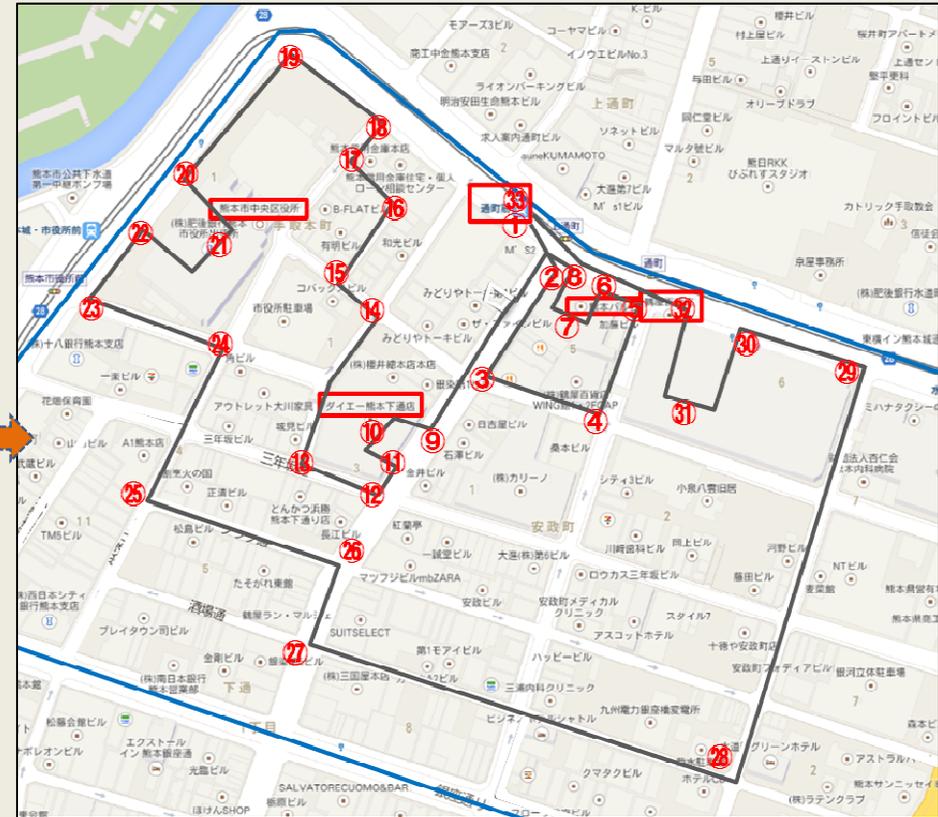
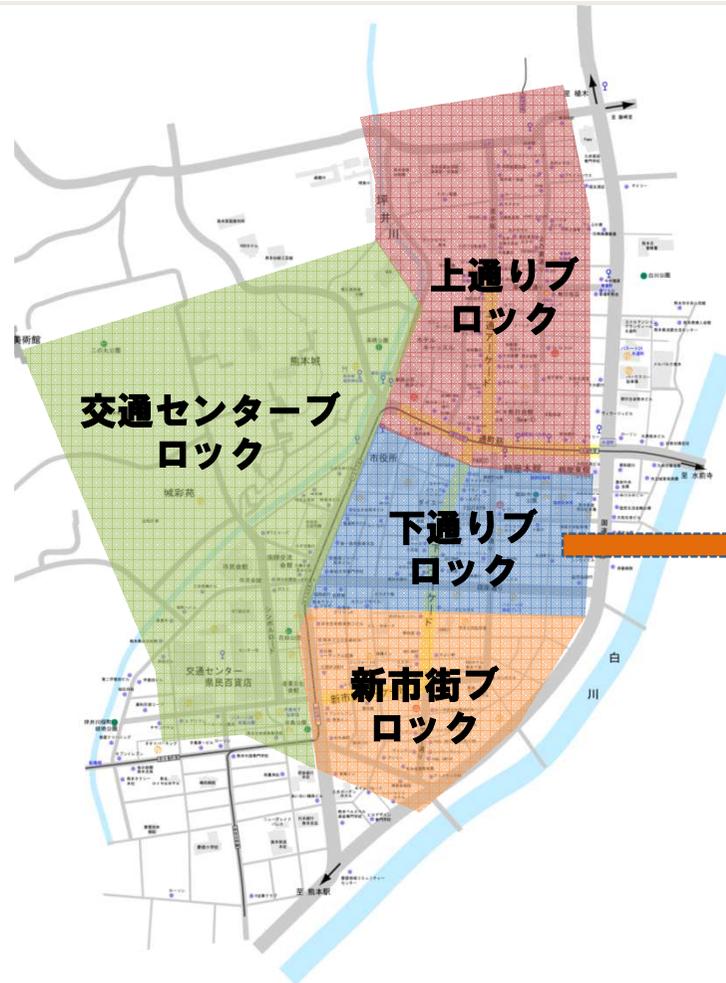
- 他の調査と比べ負担やコストが小さい
- 個人の端末を用いるため、長期間でも実施可能

# 真値調査について



- スマクマを用いて取得したデータと実際の行動を比較
  - 測位が中断されている点
  - 加速度情報について
- 通るルートと時刻を予め設定、調査時にアプリで記録
- 時刻を正確に把握するためストップウォッチでラップタイムを取得し、紙に記録

# 調査対象地とルートの例



# 調査デバイス



- 各調査ポイントでiPhone 及び Android端末を一名ずつ
- タブレット端末Nexus7(計24台、ポイント6台ずつ)  
を**手持ちの状態**と**鞆、紙袋の中**にいた状態で分別
- 加速度の取得の検証として上記の状態では2台の端末を  
テープで固定し計測

## ◎データの有無

データなしは位置情報データ  
欠損のもの

青色で示している部分が加  
速度データが取得できていな  
いと思われるもの

データが正確にとれていない  
原因の検証をする

データなし					
機種	ID	端末番号	ブロック	状態	担当
Nexus7	250802	No.18	下通り	リュクサック	佐藤
	250794	No.15	新市街	手持ち	富士
	250799	No.1	上通り	手持ち	照屋
	250790	No.8	新市街	リュック	濱澤
	250806	No.24	交通センタ	紙袋	井村
	250807	No.7	新市街	紙袋	濱澤
データあり					
機種	ID	端末番号	ブロック	状態	担当
Nexus7	250795	No.6	下通り	リュック	佐藤
	250810	No.19	下通り	紙袋	佐藤
	250800	No.20	下通り	紙袋	佐藤
	250809	No.16	下通り	手持ち	中嶋
	250788	No.17	下通り	手持ち	中嶋
iPhone	250845		下通り		佐藤
Android	250782		下通り		中嶋
Nexus7	250801	No.4	上通り	リュック	奈須
	250805	No.5	上通り	リュック	奈須
	250798	No.12	上通り	紙袋	奈須
	250804	No.11	上通り	紙袋	奈須
	250811	No.2	上通り	手持ち	照屋
Android	250785		上通り		奈須
iPhone	250843		上通り		照屋
Nexus7	250789	No.10	新市街	リュック	濱澤
	250992	No.9	新市街	紙袋	濱澤
	250803	No.14	新市街	手持ち	富士
iPhone	250840		新市街		富士
Android	250820		新市街		濱澤
Nexus7	250793	No.13	交通センタ	ショルダー	井村
	250791	No.25	交通センタ	ショルダー	井村
	250808	No.23	交通センタ	紙袋	井村
	250787	No.21	交通センタ	手持ち	河岡
	250796	No.22	交通センタ	手持ち	河岡
iPhone	250841		交通センター		河岡
Android	250844		交通センター		井村



- ・測位の状況にほとんど差はない
- ・細い路地では測位されていない
- ・高層の建物内では測位されていない  
(特に地下に入→屋外に出るまで)
- ・実際の移動軌跡との差が大きい

機種・持ち歩き形態が同じ例  
(Nexus7/紙袋)

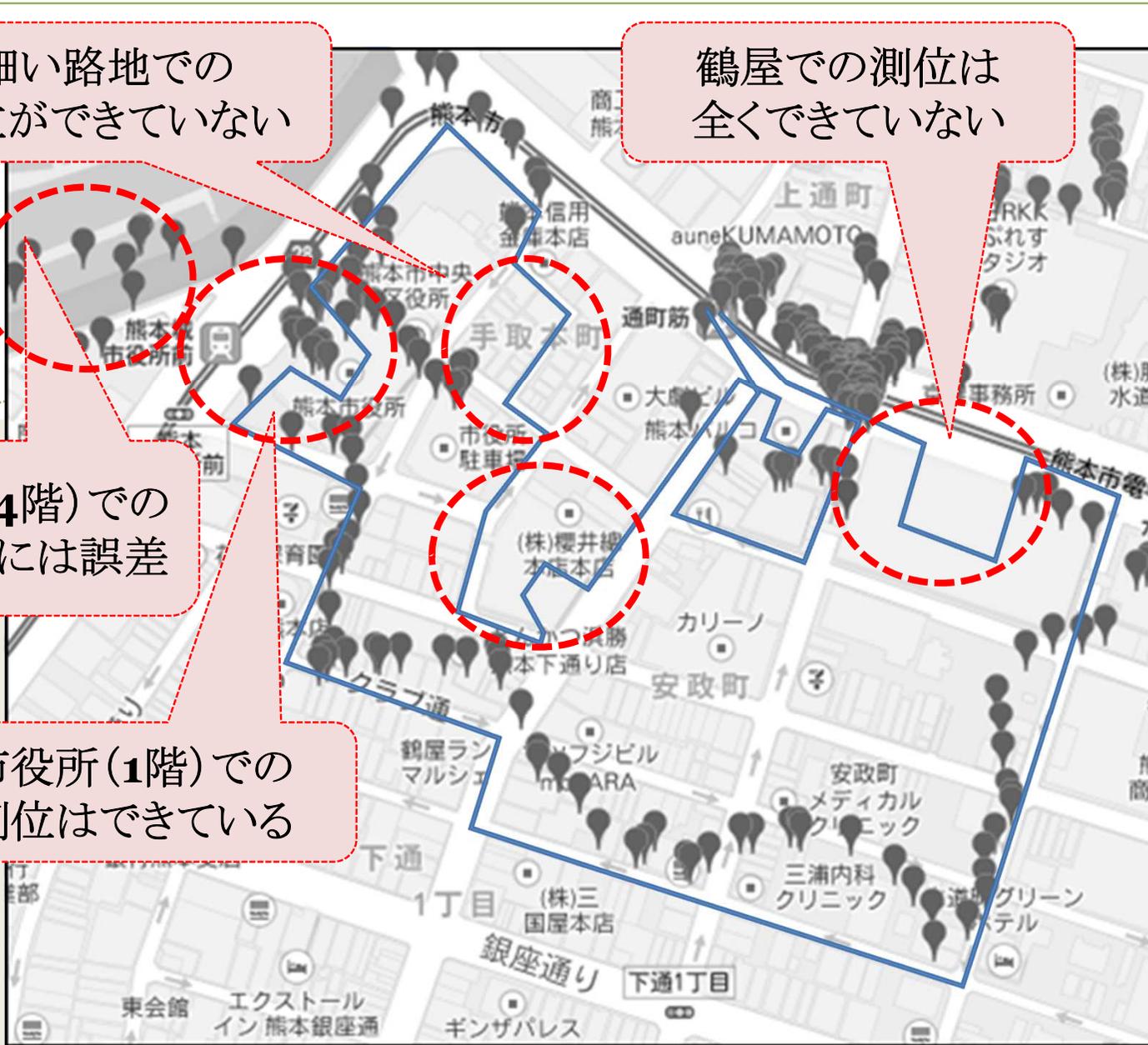


細い路地での測位ができていない

鶴屋での測位は全くできていない

市役所(14階)での測位場所には誤差

市役所(1階)での測位はできている



Nexus7 紙袋①



Nexus7 紙袋②

機種・持ち歩き形態が同じ例  
(Nexus7/手持ち)



- ・同じ機種・状態だが観測に大きな違い  
→ 端末の個体差



同じ機種で  
持ち歩き形態が違う例  
(Nexus7/リュックサック・紙袋)



- ・測位の状況にやや差がみられる
- ・細い路地では測位されていない
- ・高層の建物内では測位されていない  
(特に地下に入→屋外に出るまで)
- ・実際の移動軌跡との差が大きい





リュックサックに入れていた方の  
端末は測位されていない

紙袋に入れていた  
方の端末は  
測位されていない

Nexus7 紙袋②

+

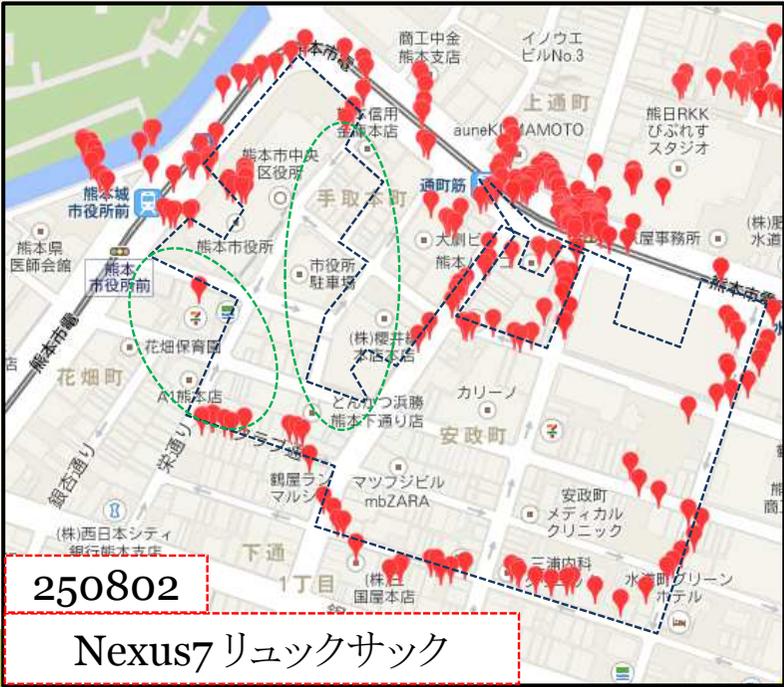
Nexus7 リュックサック

同じ機種で  
持ち歩き形態が違う例  
(Nexus7/  
手持ち・リュックサック・紙袋)



250788

Nexus7 手持ち①



250802

Nexus7 リュックサック



250810

Nexus7 紙袋②



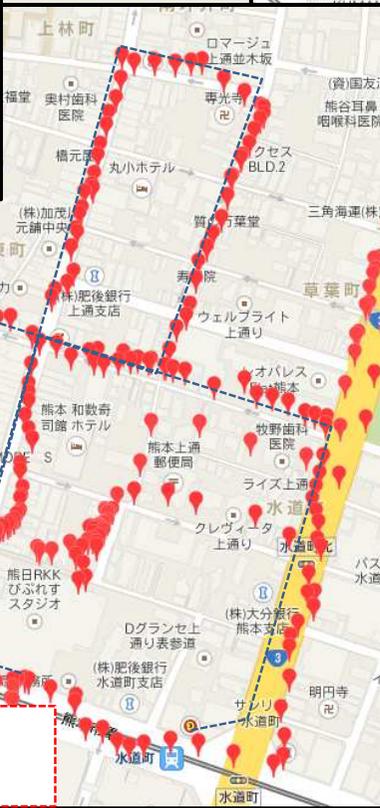
250798

紙袋



250785

スマホ Android



250811

手持ち



250801

リュックサック



## 機種が違う場合 スマートフォン(Android)



- 測位の状況に差がみられる  
(①:AQUOS PHONE 使用期間:1年8か月)  
(②:Xperia 使用期間:1年9か月)  
Androidバージョンはともに 4.0.4  
→条件はほぼ同じ、機種の違いや個体差
- 高層の建物内では測位されていない  
(特に地下に入→屋外に出るまで)





Android②やNexus7では測位されていない地点がAndroid①では測位されている

スマホ Android①

+

スマホ Android②

# 機種が違う場合 スマートフォン (AndroidとiPhone)



スマホ Android① 250781

- iPhoneは実際の移動軌跡に極めて近い
- 高層の建物内では測位されていない

	iPhone	Android
取得情報	緯度・経度 現在時刻	緯度・経度 現在時刻 交通手段 加速度
対応 OS	iOS 5.0 以降	Android 2.2 以降
位置情報更新設定	1回/100m	1回/10秒



スマホ iPhone 250845



ラップ	場所	実際の時間
1	通町筋電停	14:00:16
2		14:01:13
3		14:02:04
4		14:02:44
5		14:03:30
6	パルコ1階入	14:03:45
7	パルコ1階出	14:03:57
8	パルコ地下1階入	14:04:11
9	パルコ地下1階出	14:14:13
10	パルコ8階入	14:15:01
11	パルコ8階出	14:21:48
12	パルコ1階入	14:22:16
13	パルコ1階出	14:22:26
14	ダイエー1階入	14:24:59
15	ダイエー1階出	14:25:36
16	ダイエー地下1階入	14:26:01
17	ダイエー地下1階出	14:31:29
18	ダイエー6階入	14:33:27
19	休憩開始	14:34:26
20	休憩終了	14:43:01
21	ダイエー6階出	14:43:20
22	ダイエー1階入	14:45:01
23	ダイエー1階出	14:46:24
24		14:47:12
25		14:48:34
26		14:48:55
27		14:49:34
28		14:50:01
29		14:50:23
30		14:51:05
31	市役所1階入	14:52:47
32	休憩開始	14:53:09
33	休憩終了	14:58:55
34	市役所1階出	15:00:21
35	市役所14階入	15:01:21
36	市役所14階出	15:10:29
37	市役所1階入	15:10:53
38	市役所1階出	15:11:10
39		15:13:00

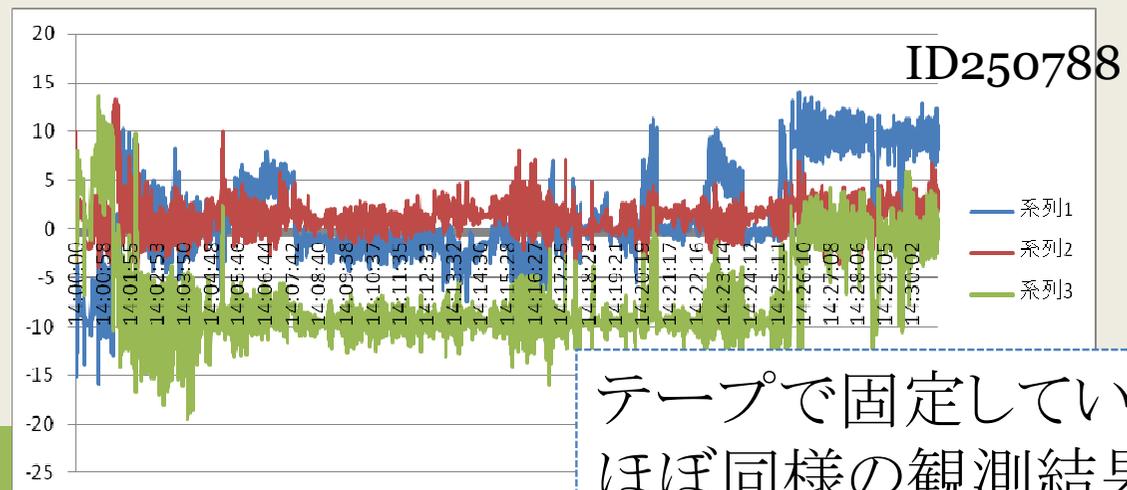
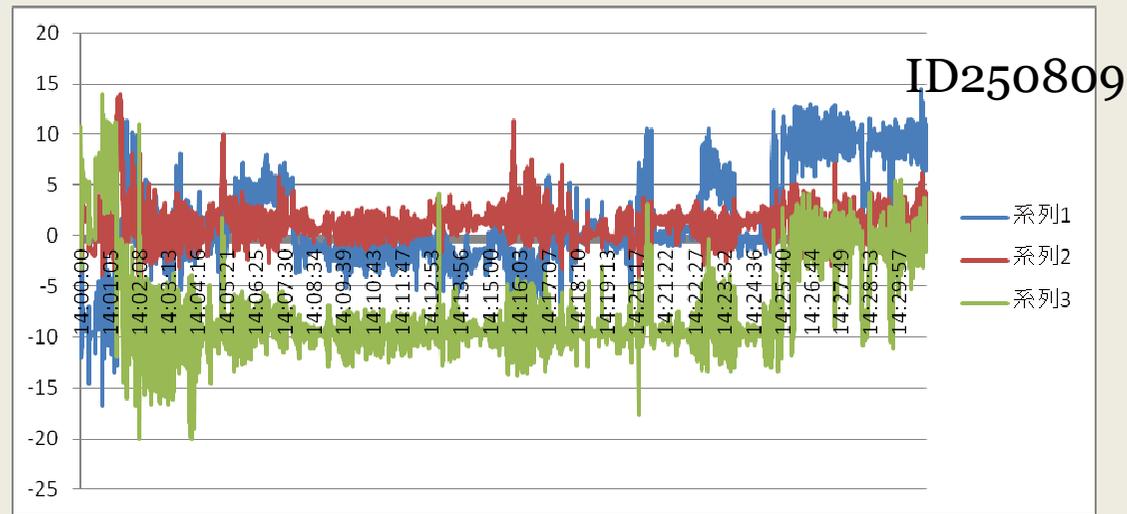


- ・屋内では観測場所に大幅なずれが生じやすい
- ・地下や1階、最上階など階数で観測のされやすさに大きな違いは生じていない

# 同じ条件下での加速度比較

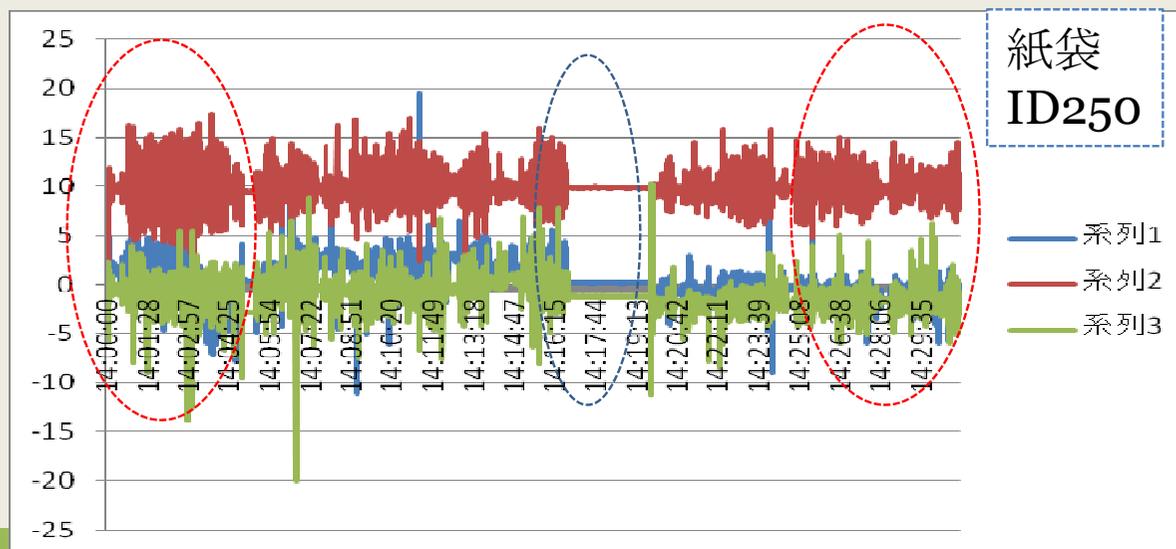
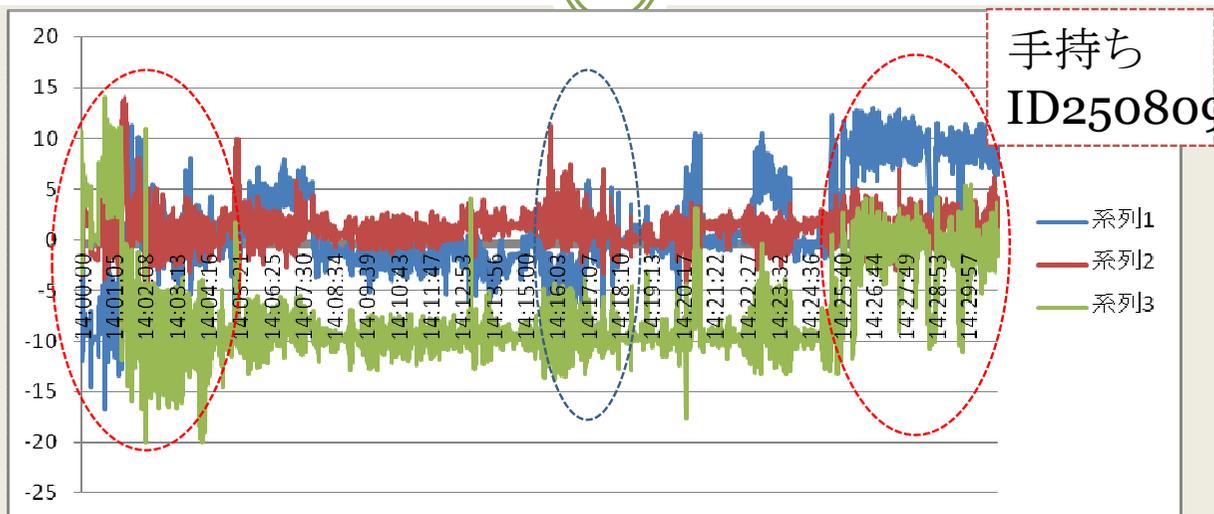


手に持った状態でのNexus7の加速度取得状況の比較



テープで固定していたこともあり、  
ほぼ同様の観測結果が得られた

# 手持ちと紙袋の比較



## 真値調査から



- データ取得できていないものについての確認
- 位置情報の機種別、状態などの傾向
- 端末による加速度の取れ方については差異ほぼない

# 修士論文にむけて



- 位置、加速度データを用いた移動滞在判別  
連続したPPデータから滞在地を判定  
トリップ単位で見れるように

機械学習についての勉強 (SVM, AdaBoost等)

- PP調査から回遊モデル  
スマくまで取得したデータを用いる  
桜町地区再開発事業と関連したモデル推定

# 桜町地区の再開発

- 熊本城の庭つづき「まちの大広間」をコンセプト



熊本市ホームページより引用



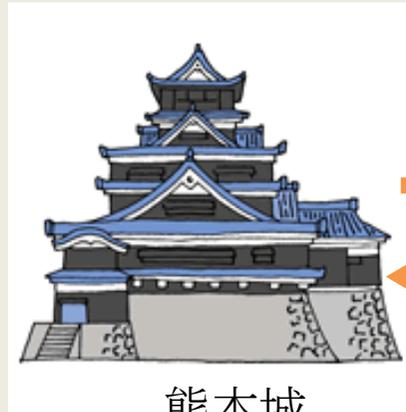
- 中心市街地全体の活性化や政令指定都市熊本市の拠点性を高める

# 熊本の中心地の現状





# 回遊性の向上...？



熊本城



中心地

地元の人	？	多
熊本城	多	？

- 地元の人プロムナード付近(熊本城方面)まで行くのか？
- 観光客は街中に来ているのか？

# 回遊モデルを考えるにあたって



- ① 観光客と地元の方の動きの違い？  
観光客は熊本城中心、地元の方は市街地に留まる  
(県外からの参加57サンプル)
- ② 歩行速度から空間の嗜好性について  
旅行速度が遅い → 気になるものがある  
速度が速い → 次の用事に専念
- ③ 熊本の街中という場所の特徴について  
城下町としての歴史、地元の方の愛着

## 回遊モデルを考えるにあたって



- ④ 出発した場所から目的地までの経路が選択について  
次の目的地へ行く際に、ウィンドウショッピングのような傾向が見られるか
- ⑤ 高齢者のまちなかの動き  
鶴屋と県民百貨店の立ち寄りに関する選択の違い等
- ⑥ 店舗の影響  
店の、大きさ種類等
- ⑦ 同行者の有無や市外在住といった項目

# 回遊調査での取得データ



取得データ
位置情報
加速度
年齢
性別
居住地
来街交通手段
乗り降り場(一部)
同行者
来街目的
謝礼に関するアンケート

## その他 研究室で取り組んでいること



- アプリ作成
- ランダムフォレストを用いた移動・滞在判別
- ブートストラップ法を用いたPT調査の信頼区間推定
- PT調査の拡大係数について
- PT・PP調査の参加者モデル
- PP調査のデータを用いた分析(時空間パス等)

## 参考文献



- 円山琢也  
「都市圏交通調査・分析・予測手法の先導的プラットフォームの構築と実装」
- 熊本市 2013  
「桜町・花畑周辺地区まちづくりマネジメント基本構想」
- 溝上章志 2012 土木学会論文集D3  
「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」