

甲府市「小グループ自主的取組支援事業

WI-FIパケットセンサによる 中心街及び駅周辺の訪問者流動観測

成果報告

研究グループ

代表: 豊木 博泰 (山梨大学工学部電気電子工学科, 055-220-8192)

渡辺 喜道 (山梨大学工学部コンピュータ理工学科)

武藤 慎一 (山梨大学工学部土木環境工学科)

土屋 治彦 (山梨大学客員教授, 2018)

越石 寛 (甲府商工会議所)

研究協力者

並木 純、玉田 拓、亀田 凌佑(2018)

(山梨大学大学院 修士課程工学専攻 電気電子工学コース)

研究成果公開URL <http://8tops.yamanashi.ac.jp/kofu/>

本報告書の全部または一部を複製したい場合は研究代表者にご連絡ください。本研究成果のWeb公開ページから得られた情報につきましては引用元を明示いただければ利用の制限はありません。



2020年3月

Wi-Fiパケットセンサによる中心街及び駅周辺の訪問者流動観測

成果報告

1.	はじめに	02
2.	Wi-Fiセンサの作製、設置及び稼働状況	02
3.	観測アドレス数からみた「賑わい度」	03
4.	エリアごとの時間変化の特徴	12
4.1.	甲府駅周辺	12
4.2.	丸の内エリア	13
4.3.	中央エリア	15
4.4.	朝日町エリア	19
5.	地点間流動の状況	20
5.1.	甲府駅周辺の流動	20
5.2.	舞鶴通り、城東通りの流動	20
5.3.	銀座通り・春日通りの流動	21
5.4.	オリンピック通りと周辺地点との関係	21
6.	移動手段及び移動時間に関する分析例	22
7.	附録	24
7.1.	情報提供Webページの紹介	24
7.2.	データ処理及び歩行量実数推定に関する研究発表スライド	25

1. はじめに

家庭のWi-Fiルーターや街中のWi-Fiアクセスポイントが増加する中、スマートフォンのWi-Fi機能を常時オンしたままで移動するユーザの割合が高くなっている。そのような状況をとらえ、スマートフォンがアクセスポイントを検出するために発する信号(プローブパケット)をキャッチして訪問者数や人の流動を分析する研究が盛んにおこなわれるようになった。

本研究グループは、昨年度から甲府市の小グループ自主的取組支援事業の採択課題として、甲府市中心街にWi-Fiパケットセンサを設置し訪問者の流動解析をおこなってきた。前年度に設置したセンサのほとんどを継続稼働させるとともに、今年度は新たに駅周辺の5カ所と中央地区の2カ所に設置して調査を行った。

昨年度のデータも含め、約1年半のデータに関する分析を行った結果を報告する。本報告はデータ集として、今後のまちづくり、観光振興計画などに活用されることを目的としているので、システムの技術的な事柄や分析の数理的、情報技術手法については附録にてその概要を述べることにし、おもにデータの集計結果のみを掲載する。附録のスライドでは、目視による歩行量や車両通行量データとWi-Fi計測データを機械学習させて、Wi-Fiデータから歩行者、車両通行量を推定する手法についても紹介する。その手法による全期間の歩行者推定数の計算は可能であるが、精度向上に向けた研究は途上にあるため、データ提供は今後Webサイトにて公開することとしたい。

2. Wi-Fiセンサの作製、設置及び稼働状況

センサは、昨年度作成したシステムと同様のシングルボードコンピュータRaspberry Pi 3Bに、サーバとの通信機器を装着し、本研究グループが作成した筐体にACアダプタとともに格納した。今年度からは屋外への設置も考慮し、筐体には防水性の高いものを使用した。

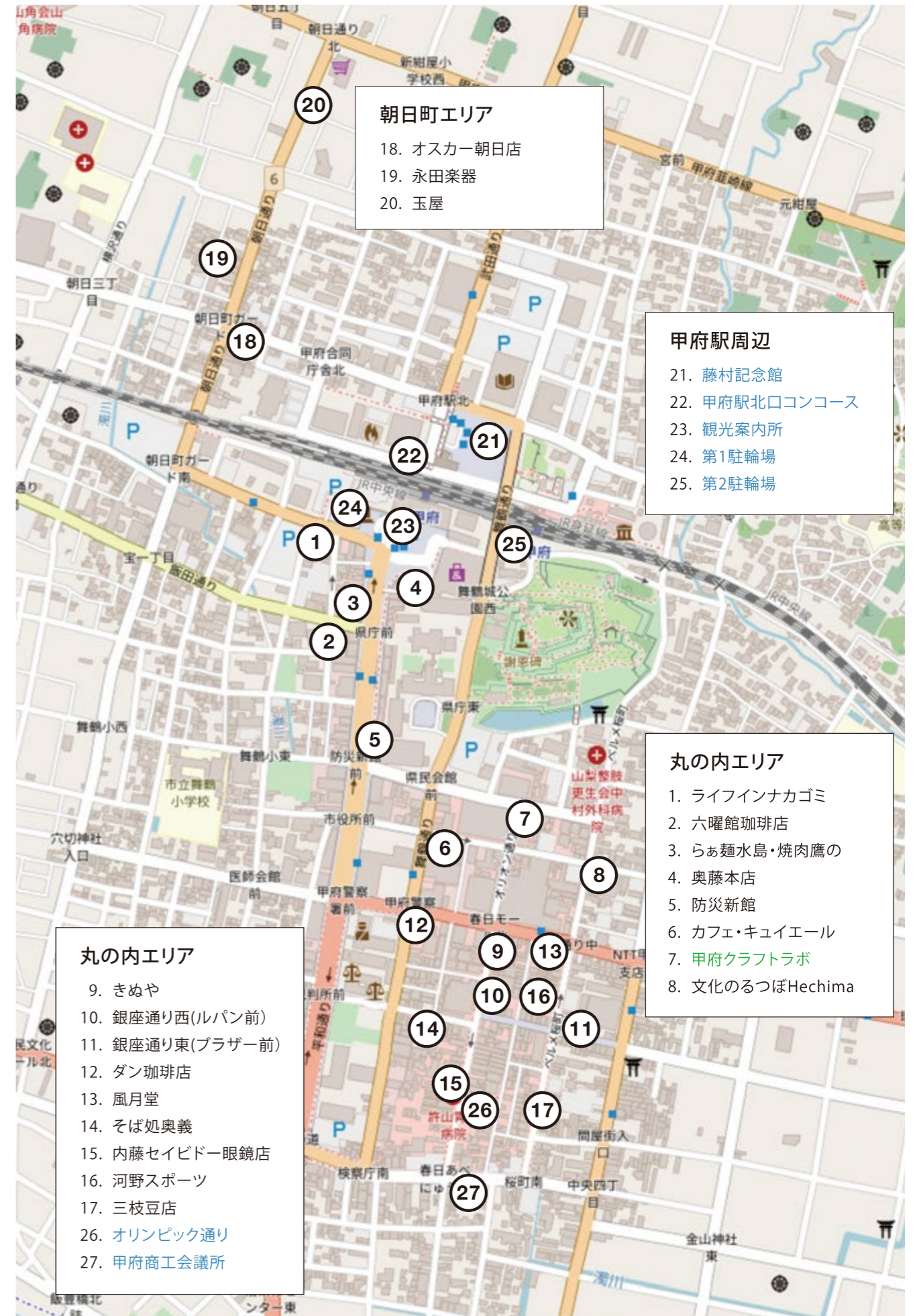
また、昨年度は、Wi-Fiパケット検出のためのUSB接続dongleを装着したのに対し、最近、Raspberry PiオンボードのWi-Fiチップを検出に利用できるデバイスドライバが開発されたので、今年度はそれを利用することとした。以下はセンサの写真である。



センサは図 2-1に示す店舗等に設置した。図中、緑字の箇所は2019年3月まで、青字の箇所は2020年8月から9月にかけて設置した。

瞬間的な停電があった際の再起動に失敗した事例が数例あったが、ハードウェアの故障はなく、昨年度設置のセンサも含め安定稼働している。電源供給が安定していれば数年は継続計測が可能と考えている。

センサとサーバの接続方法の詳細については附録の研究報告をご覧ください。



3. 観測アドレス数からみた「賑わい度」

Wi-Fiセンサの観測データには、周辺の歩行者が保持する携帯端末からのパケットのほか、屋内の滞在者が保持する携帯端末、家庭内アクセスポイントなどの固定端末、並びに通行車両の車載器や乗客の端末からのパケットも含まれるため、単純に路上歩行者の数を表すというよりは、それらを含めた設置ポイント周辺の人の多さを表す指標であり「賑わい度」と呼ぶのがふさわしい。本節と次節では、このWi-Fiアドレス数の変化を地点、期間ごとに集計したデータを示す。

【2018年9月】

- 甲府駅南の平和通り沿いでは、甲府開府500年「カウントダウンイベント100日前」が行われた9月23日に大きなピークがみられる。
- 銀座通りと春日モールでは週末に賑わいがみられる。
- 朝日町ガード北(オスカークリーニング店)付近では、高校生の通学が多いため日曜日に落ち込みがみられる。

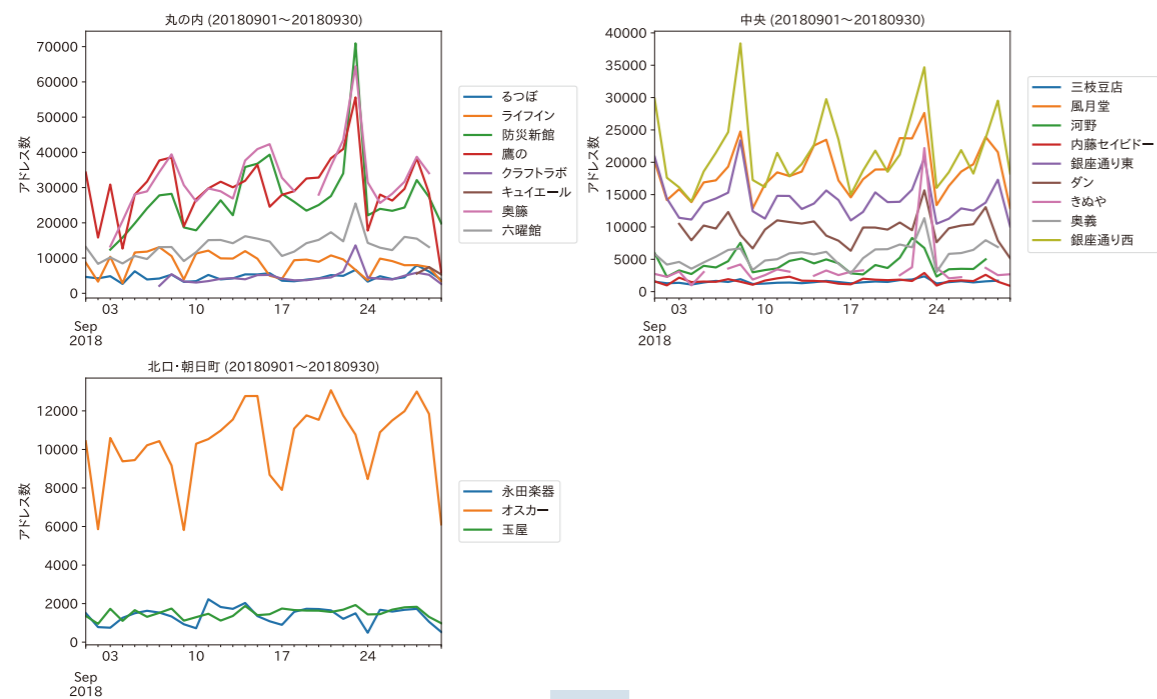


図 3-1

【2018年10月】

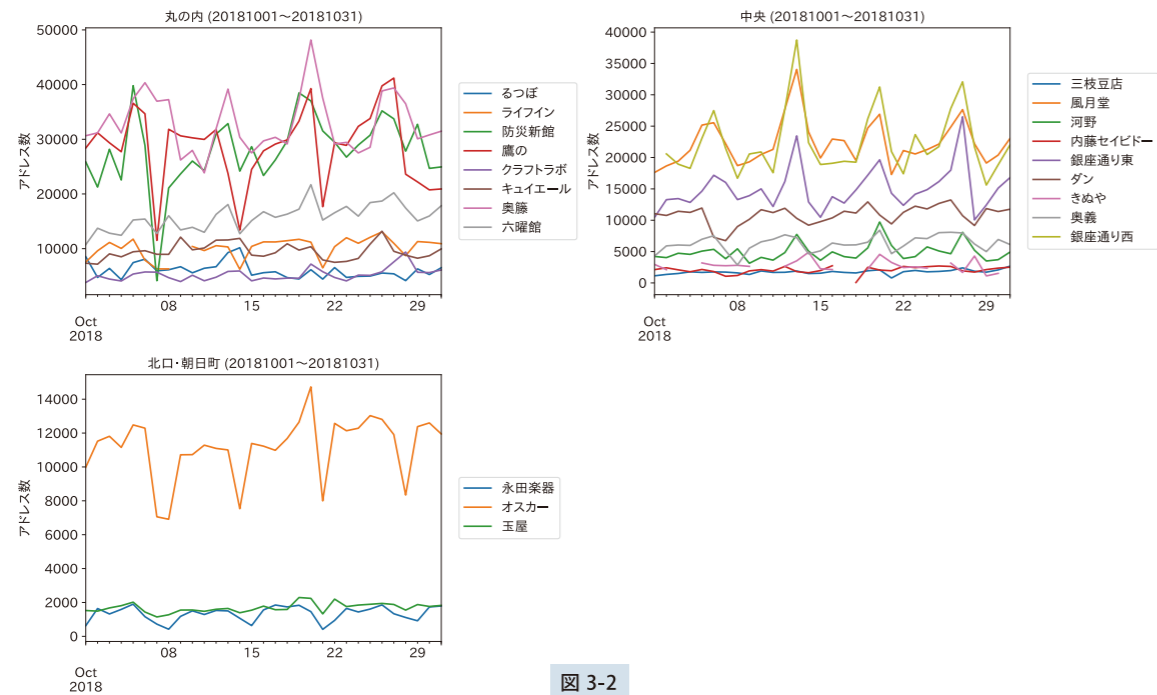


図 3-2

【2018年11月】

- えびす講祭りが行われた23日には朝日町や銀座通りで賑わったことがわかる。

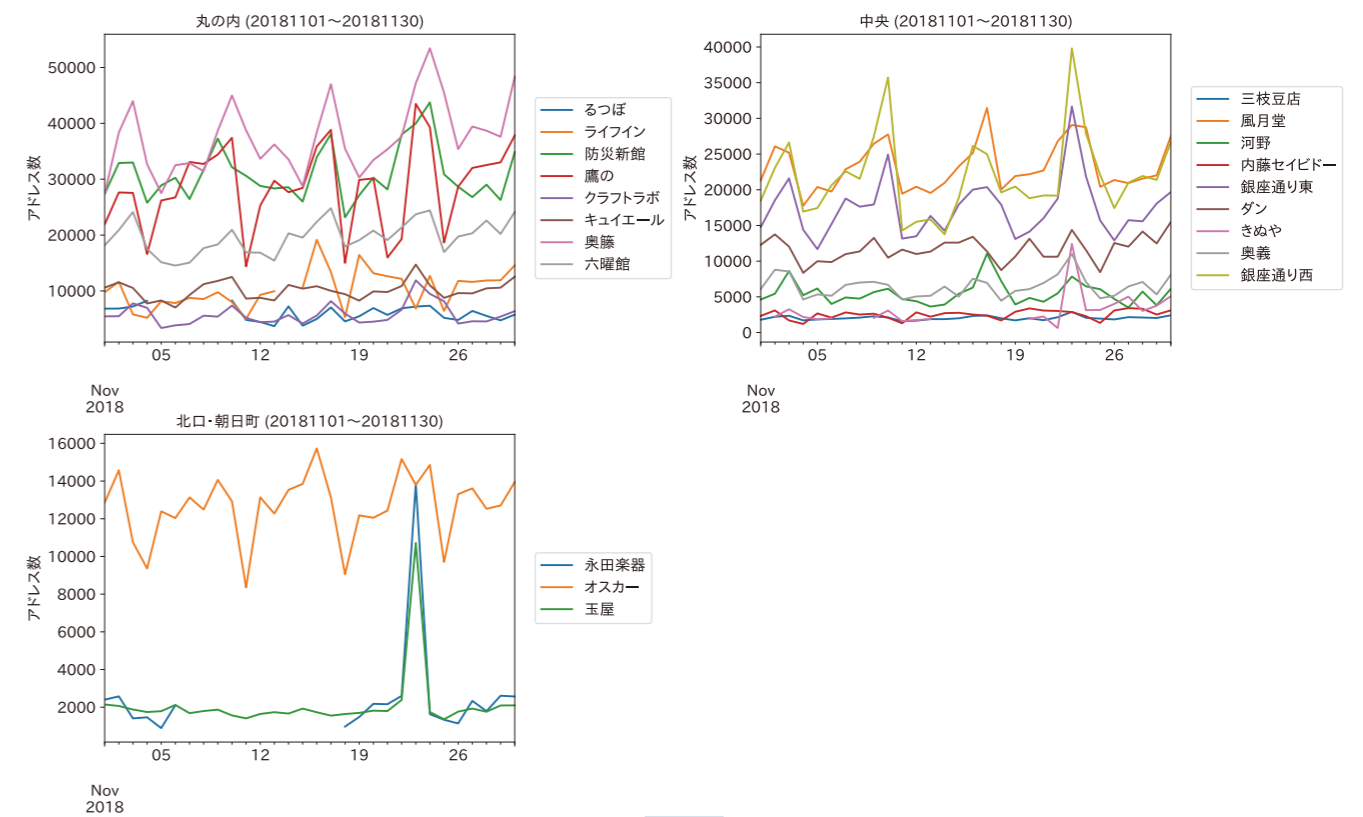


図 3-3

【2018年12月】

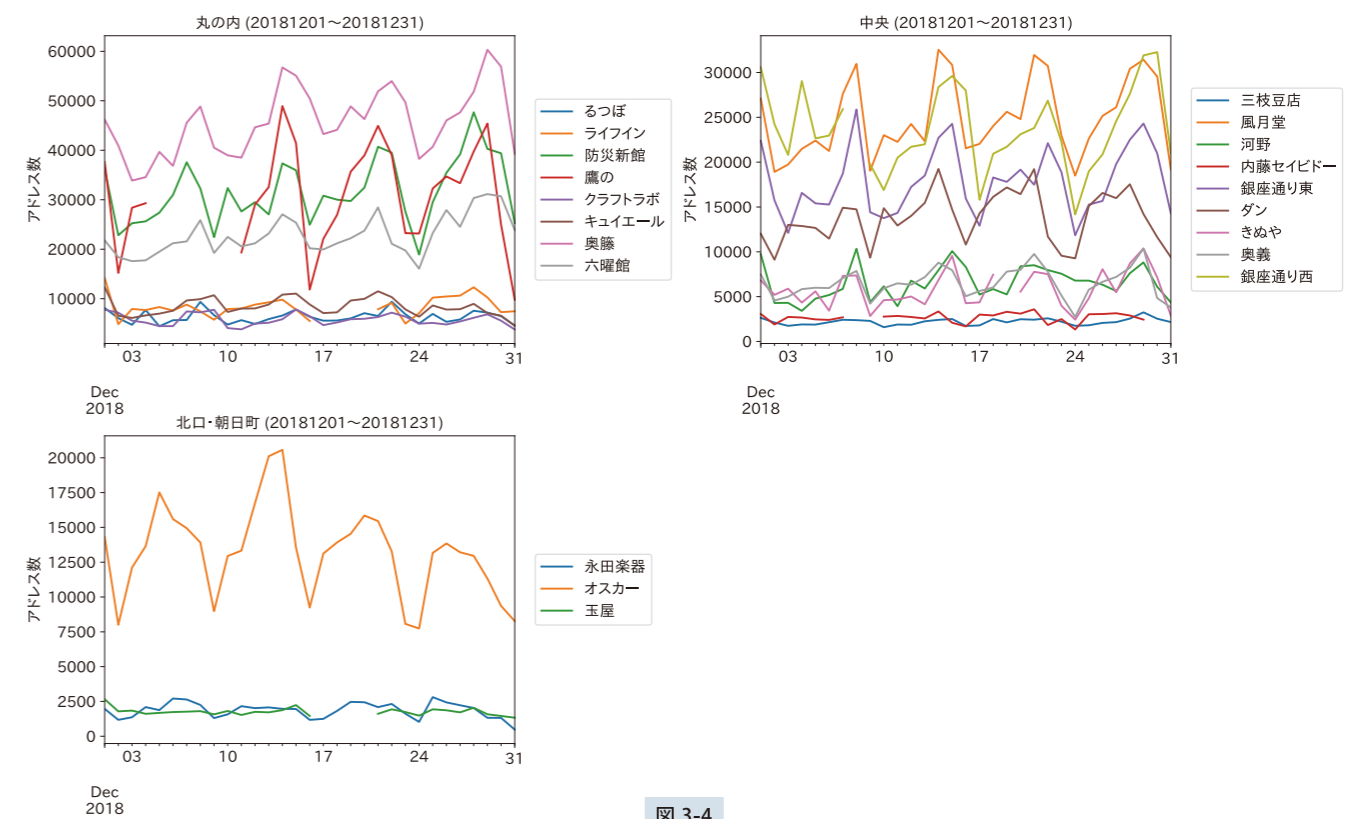


図 3-4

【2019年1月】

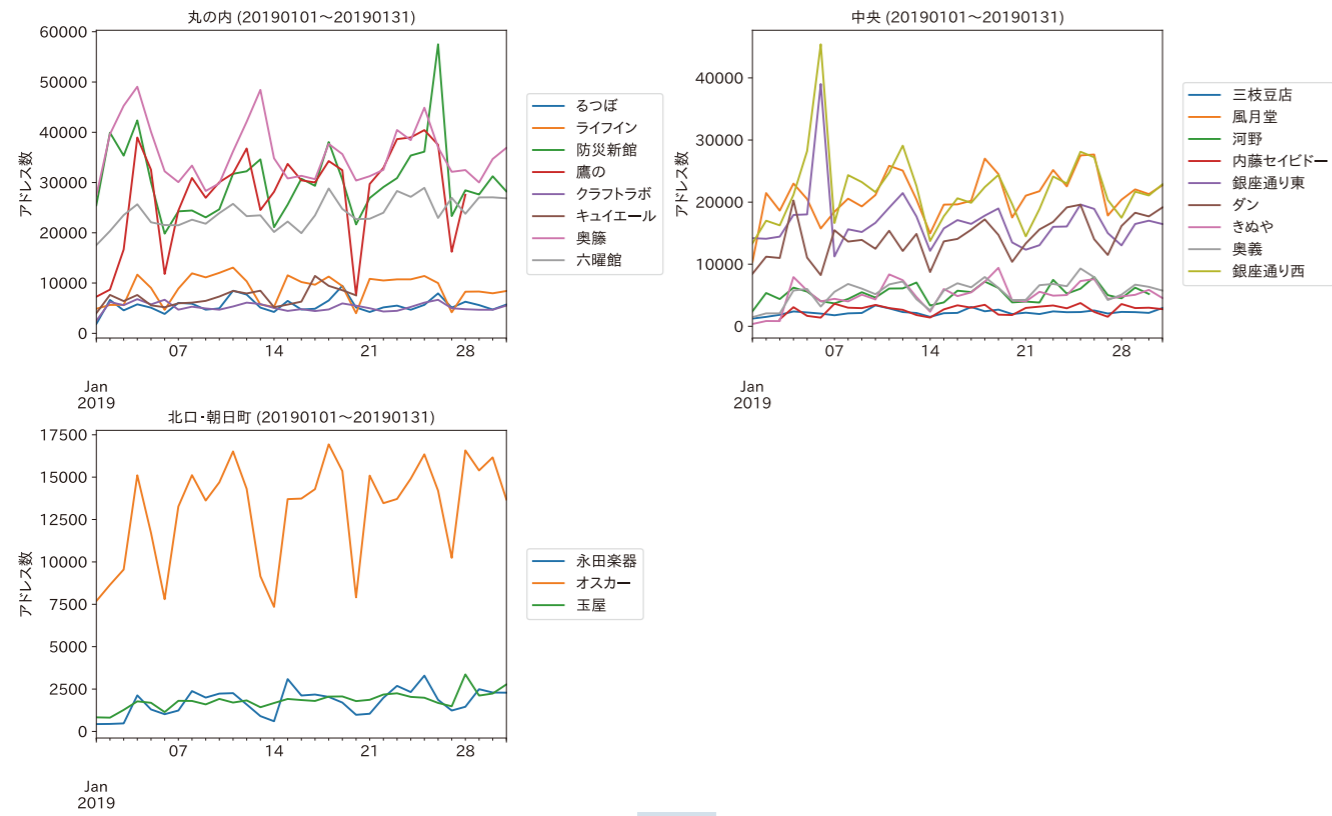


図 3-5

【2019年3月】

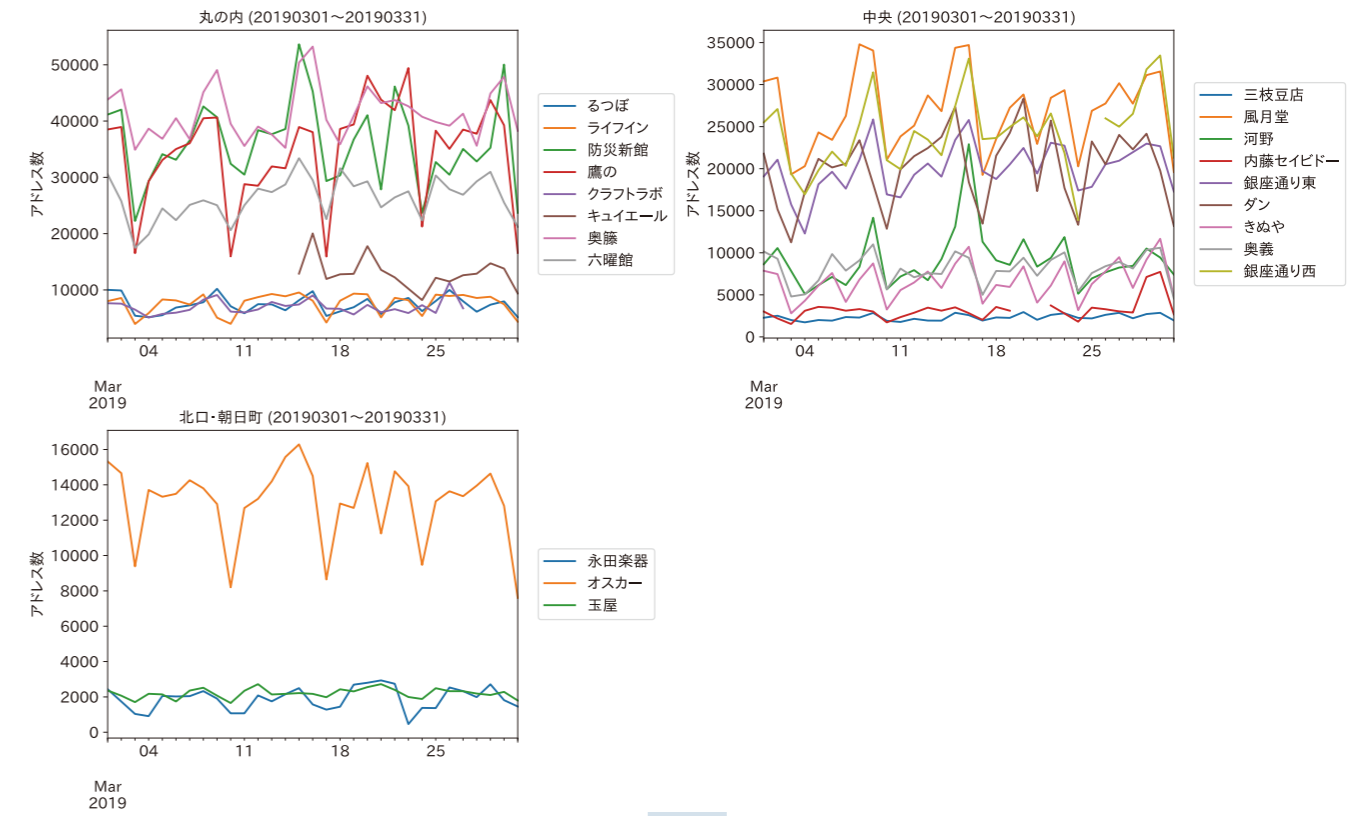


図 3-7

【2019年2月】

- 中央地区では節分祭に賑わったことがわかる(他の月とは縦軸のスケールが異なっていることに注意してほしい)。

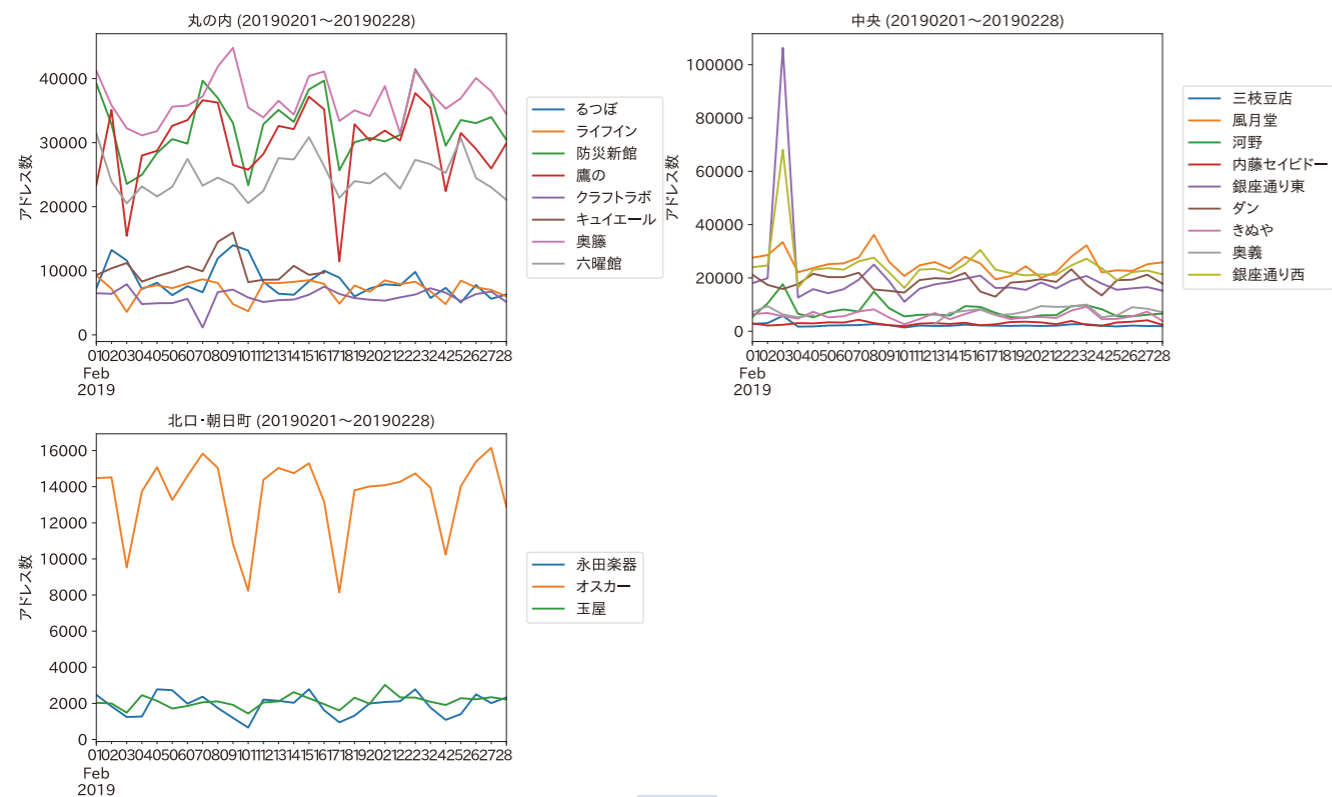


図 3-6

【2019年4月】

- 4月6日の信玄公まつりでは、丸の内、中央地域には多くの人が集まった。
- 4月13日は、甲府中央商店街第2土曜日 こどもマルシェが「かすがもーる」で開催された。
- 朝日町では4月21日にはハナミズキまつりによる賑わいがみられた。

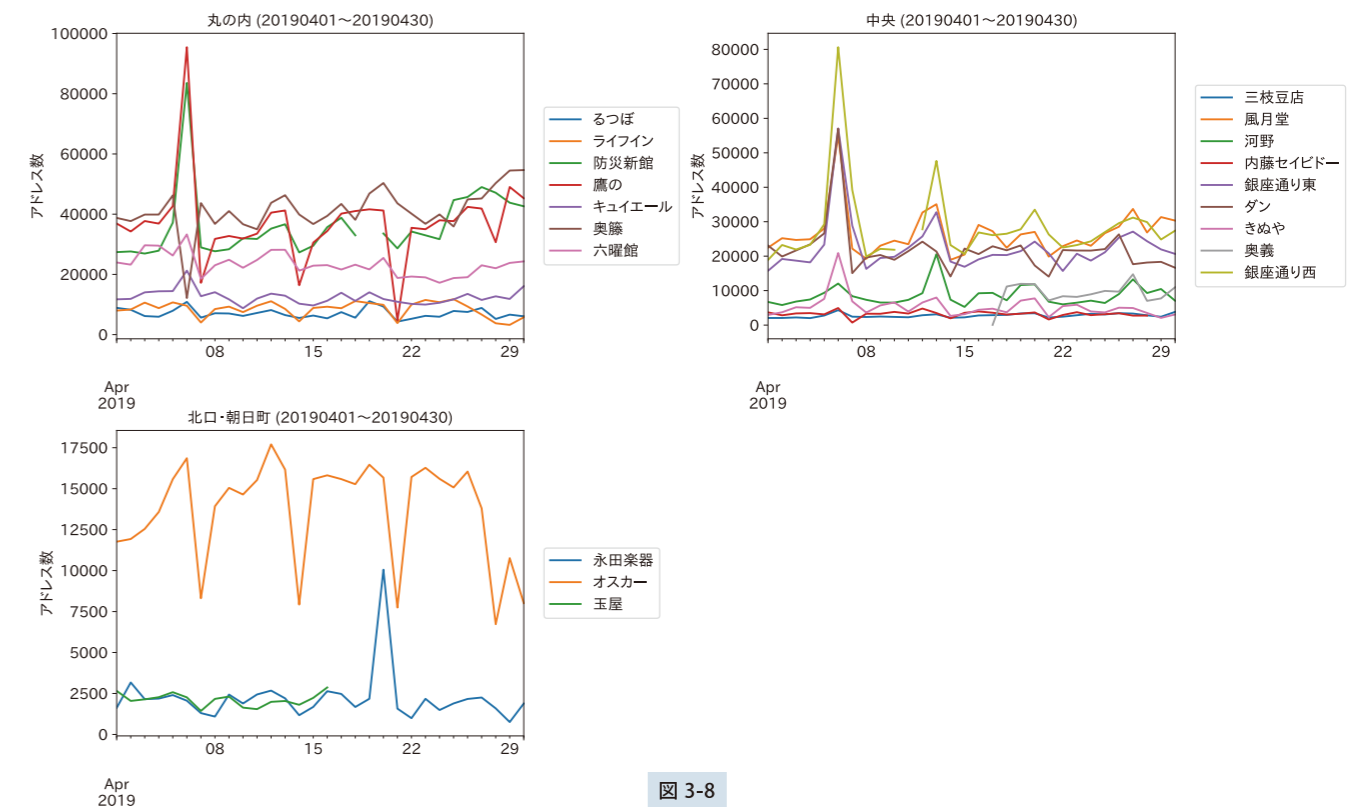


図 3-8

【2019年5月】

● 5月11日は甲府中央商店街第2土曜日@かすがモールと山梨県木造住宅フェア@銀座通りで中央地区がにぎわった。

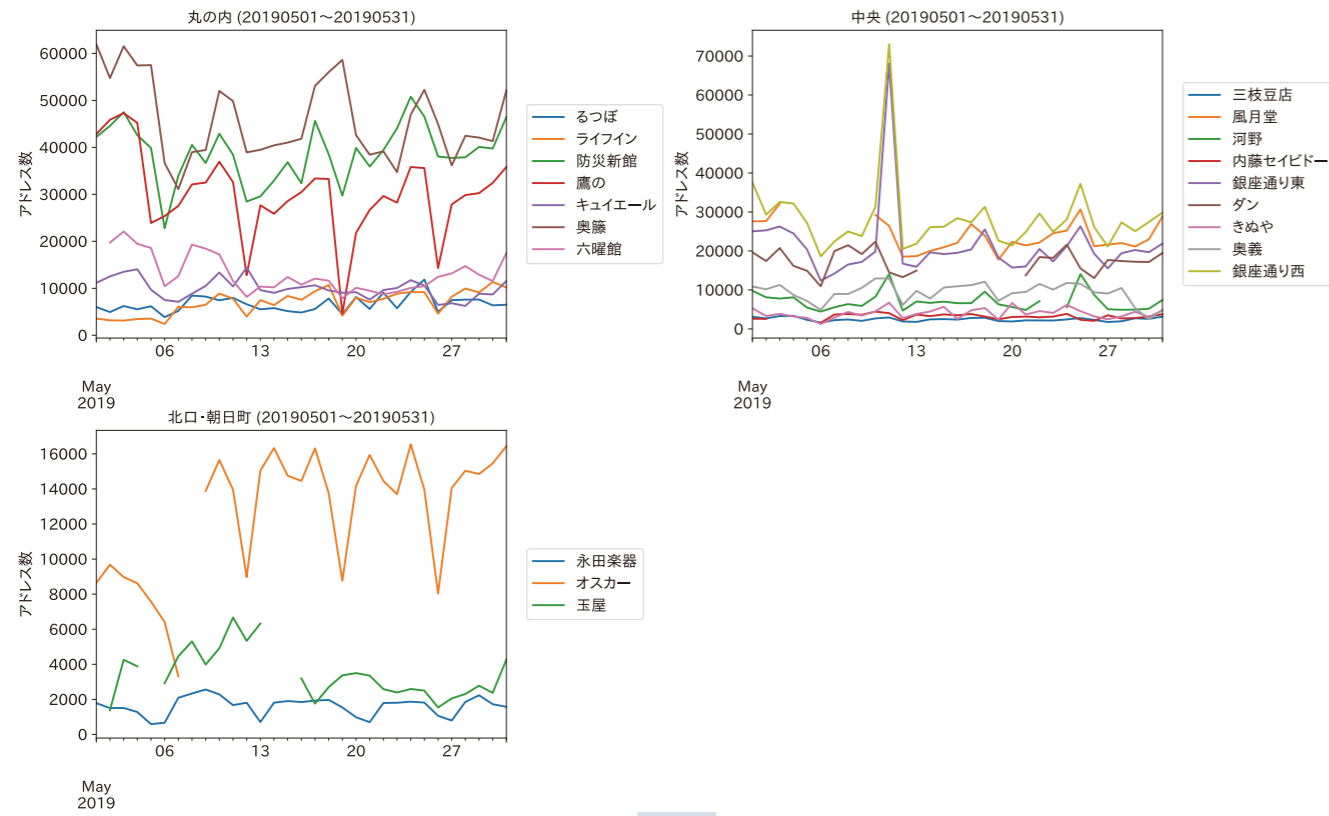


図 3-9

【2019年6月】

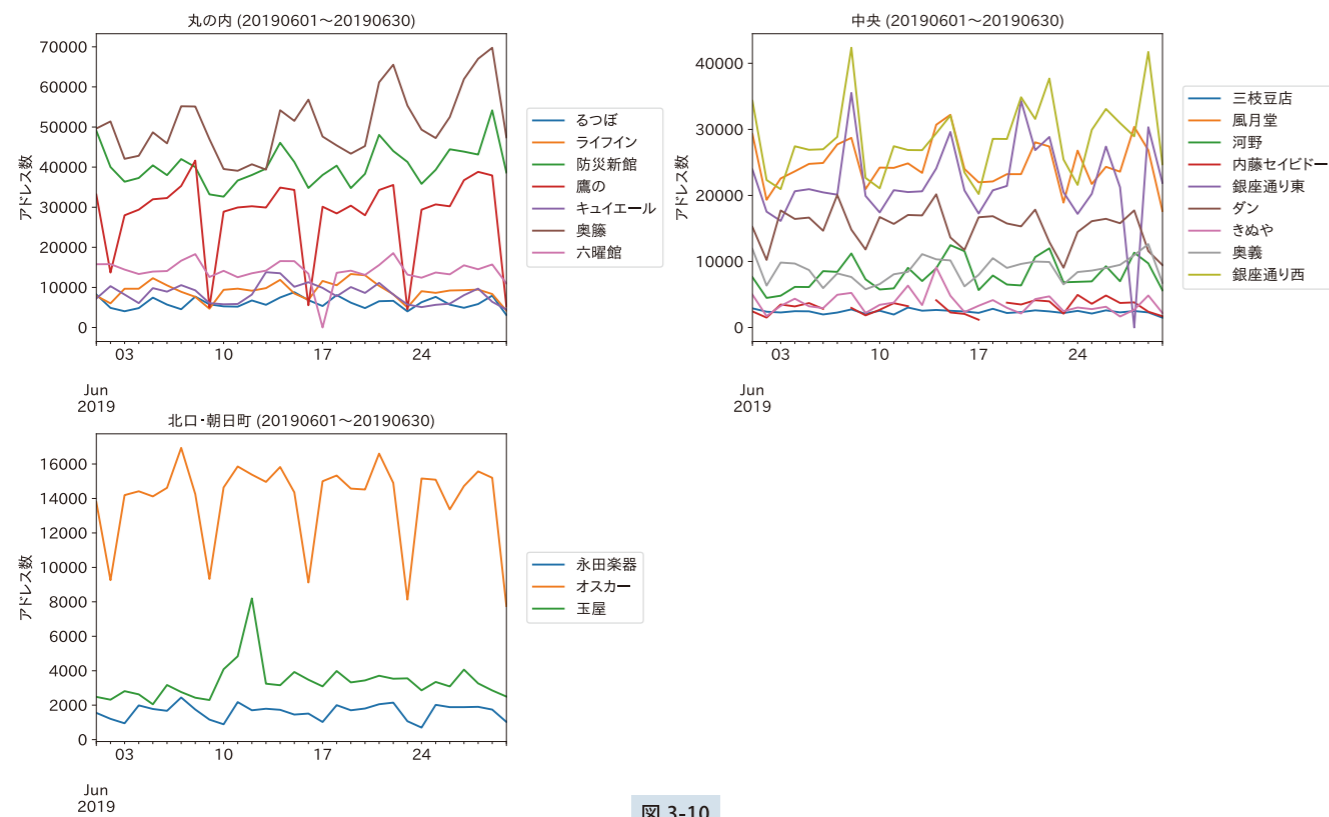


図 3-10

【2019年7月】

● 銀座通りでは7月6日の七夕祭りでは大変な賑わいがあった。(他の月とは縦軸の目盛りが異なっていることに注目してほしい。)

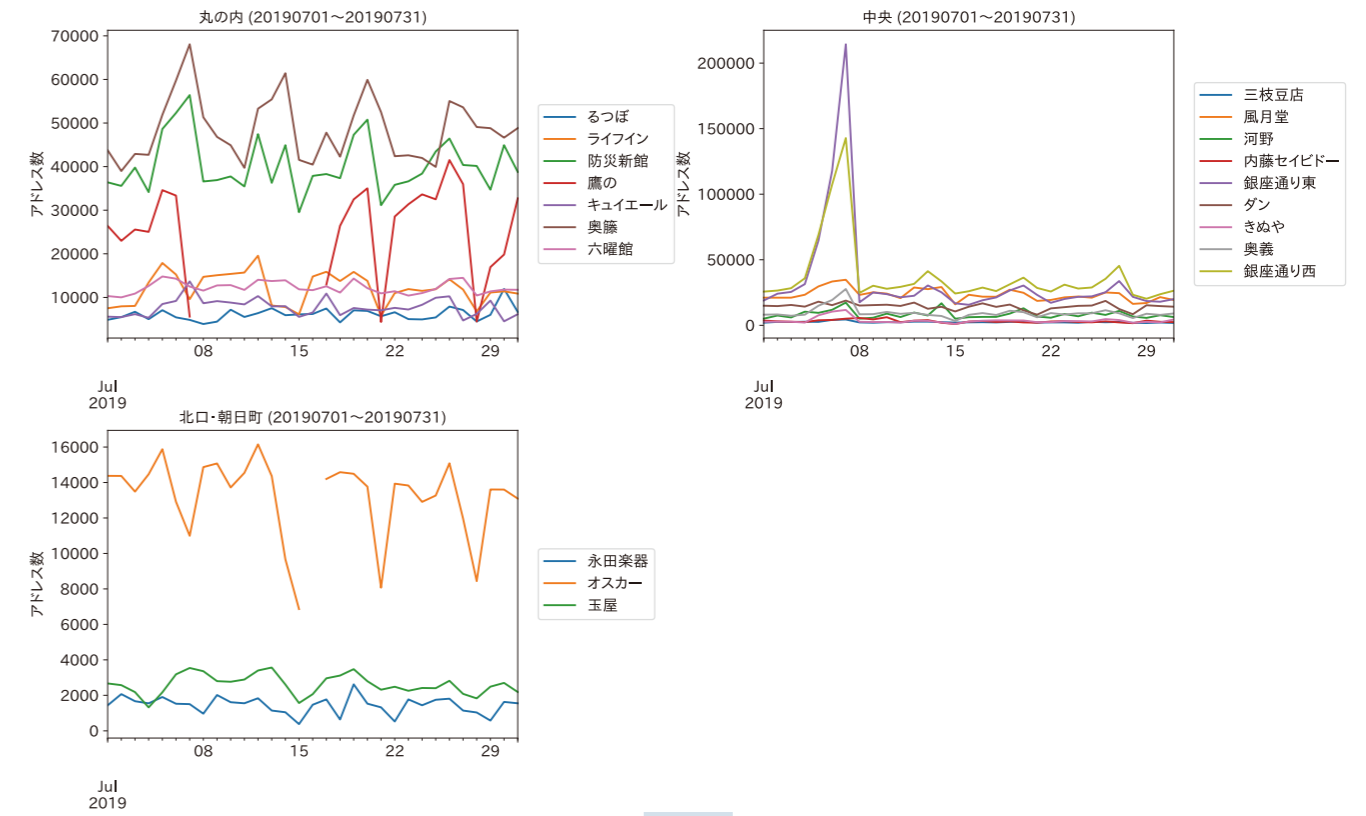


図 3-11

【2019年8月】

● この月より、甲府駅周辺の5カ所に新たにセンサを設置し観測を開始した。
 ● 8月11日の「浴衣・和服de小江戸夏祭り」には銀座通りでの賑わいがみられた。

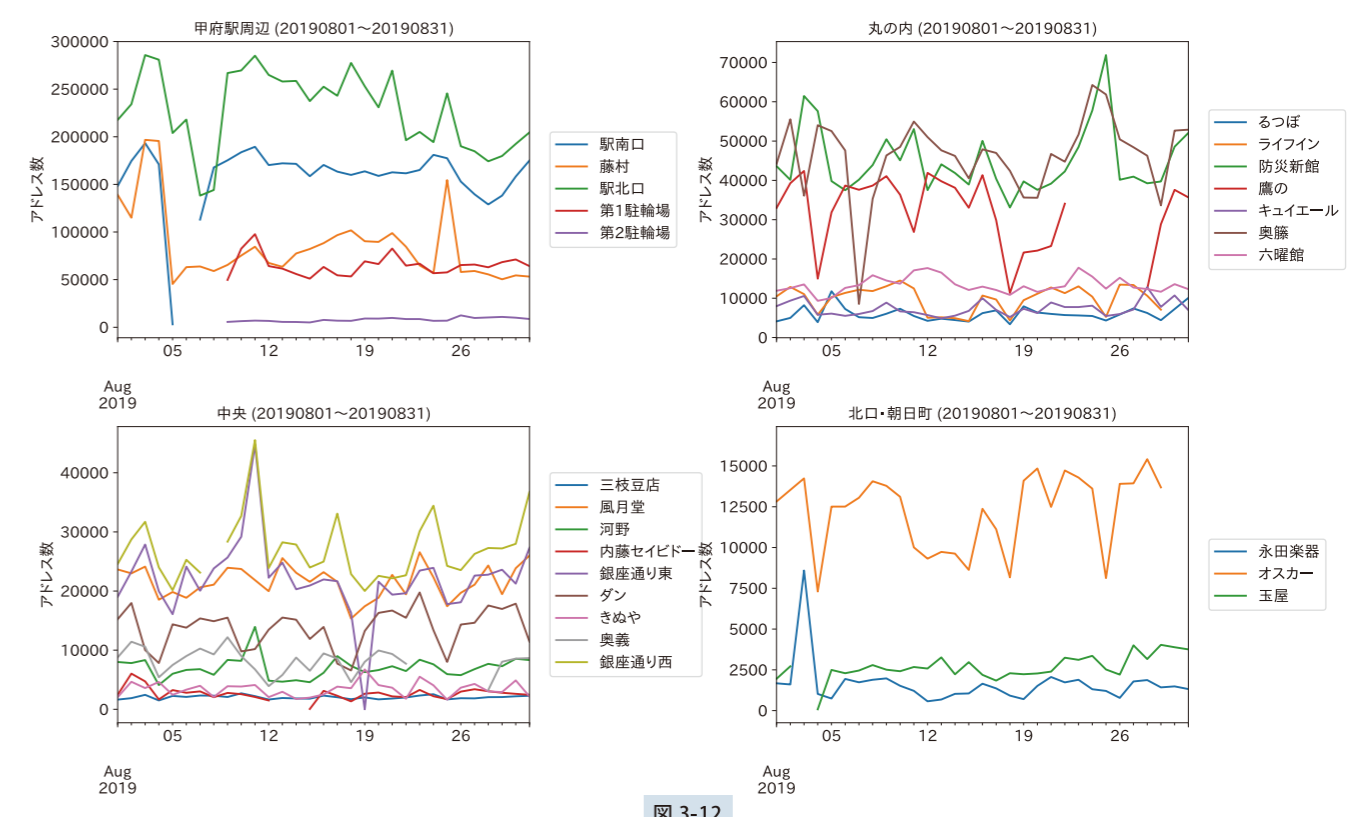


図 3-12

【2019年9月】

● 9月14日は甲府中央商店街第2土曜日・こどもマルシェ@かすがもーる、まちなかピアガーデン@銀座通りでにぎわった。

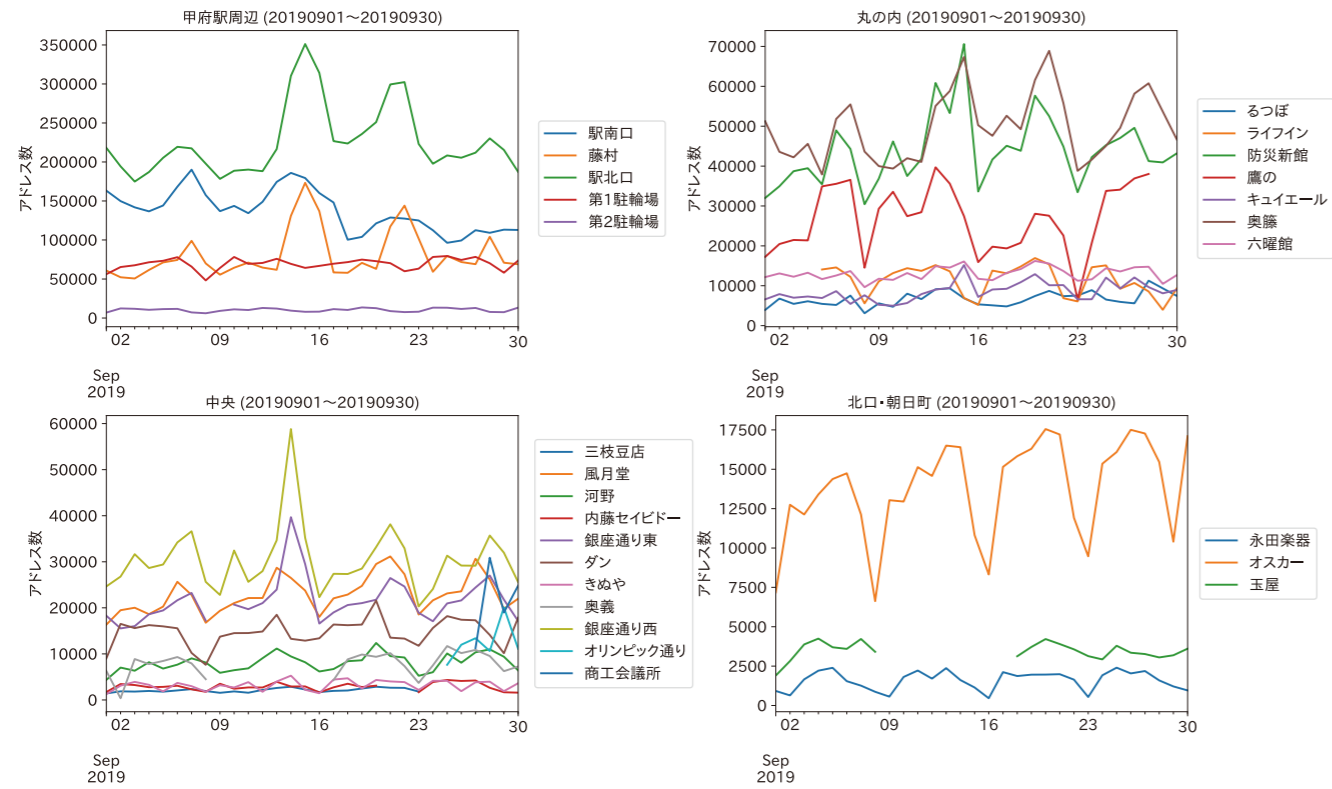


図 3-13

【2019年11月】

● 11月3日～4日は北口よっちゃばれ広場で「山梨らーめんグランプリ」が開かれた。
● 例年23日のえびす講では、朝日町、中央地区では賑わいがみられた。

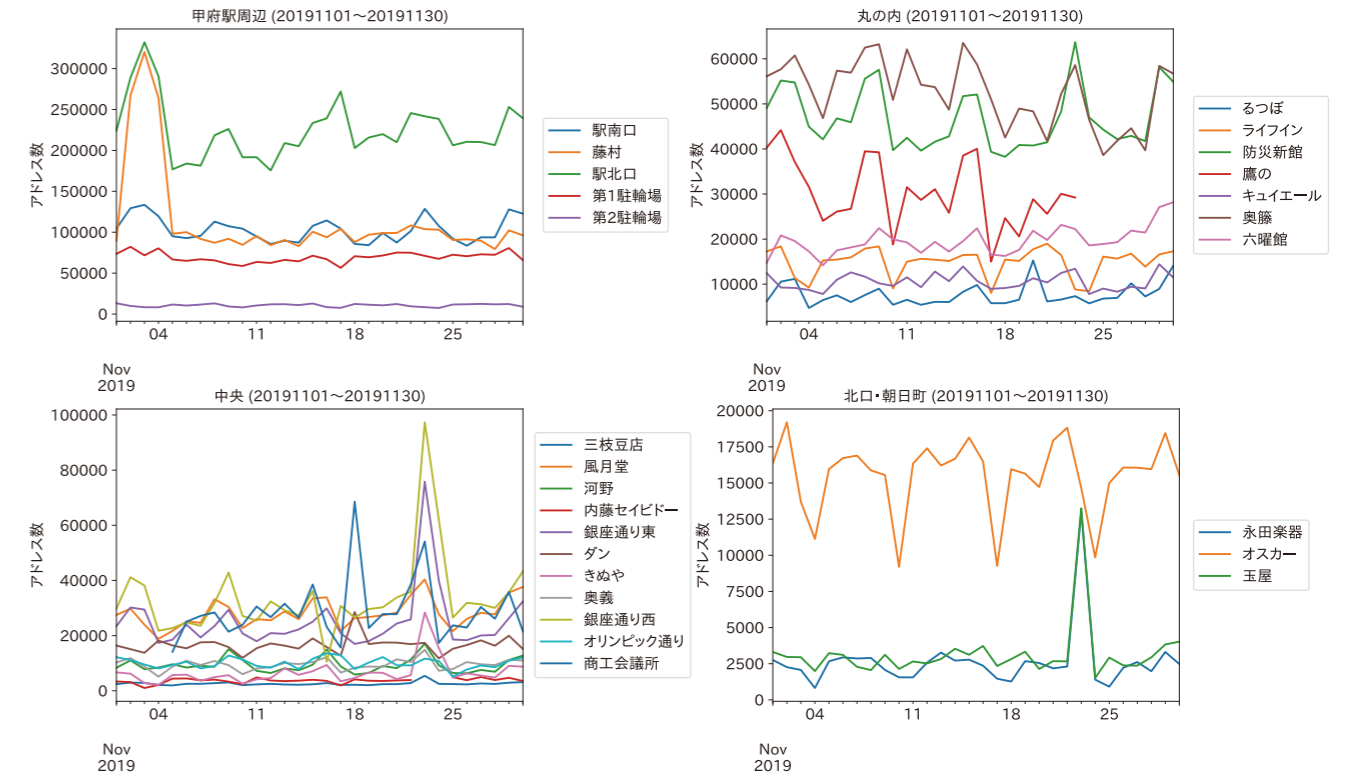


図 3-15

【2019年10月】

● 台風19号による公共交通機関の運休があった10月12日、13日に大きな落ち込みがみられる。



図 3-14

【2019年12月】

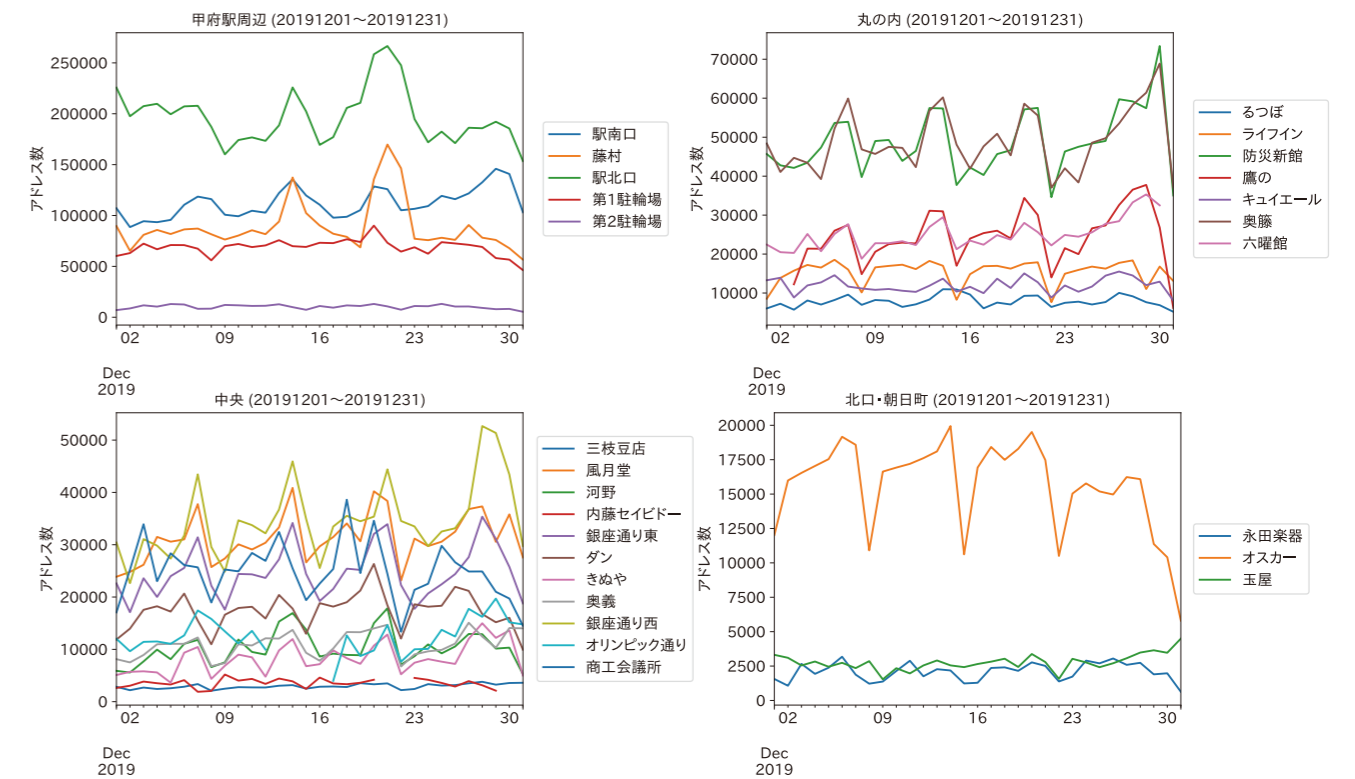


図 3-16

4. エリアごとの時間変化の特徴

4.1 甲府駅周辺

- 甲府駅南口の訪問者数をみると、10月以降は8月、9月に比べて明らかに減っている。これは山交百貨店閉店に伴い南口広場訪問者が減少したことを表していると考えられる。ランダムアドレスを含むデータであるので、数というより訪問者の広場滞在時間が短くなっていることの影響もある。
- 隣接する第2駐輪場にはそのような変化は見られない。駐輪場の訪問者が8月に少ないのは学校の夏休みの影響であると考えられる。
- 駅北口コンコースと藤村記念館の変動は類似であるが、後者でのバケット捕捉数は、北口広場での催し物の多寡に強く依存する。2019年の8月以降では11月が特に多かった。これは、「山梨らーめんグランプリ」などの催し物が多かったための増加とみられる。10月がもっとも少ないのは台風来襲前後の訪問者が少なかった影響であると推定される。

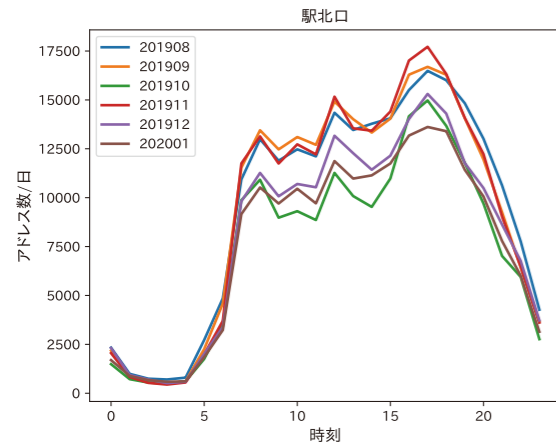


図 4-1 甲府駅北口コンコース

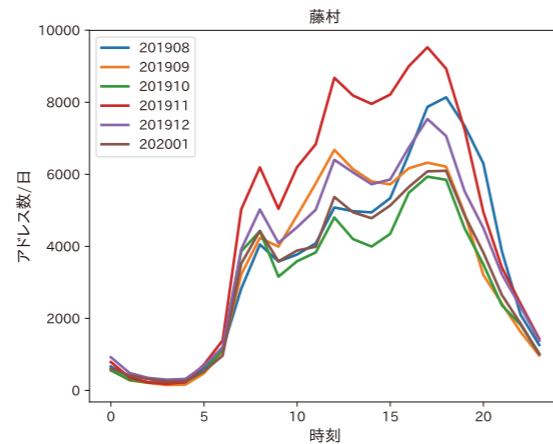


図 4-2 藤村記念館(甲府駅北口)

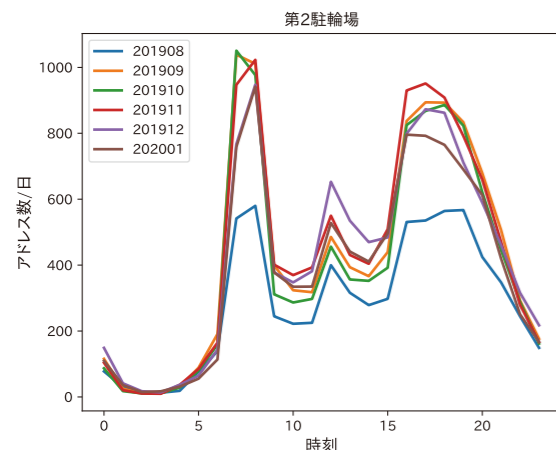


図 4-3 甲府駅南口(東)第2駐輪場

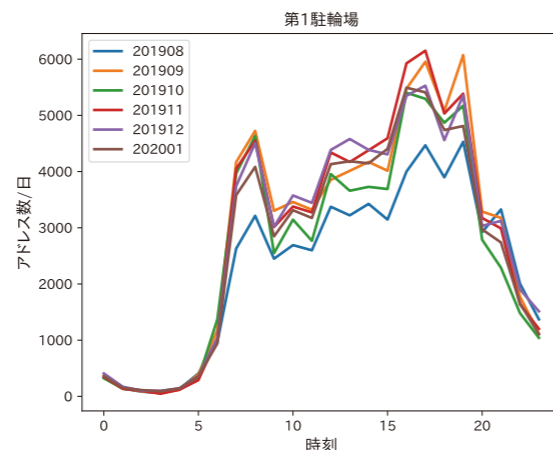


図 4-4 甲府駅南口(西)第1駐輪場

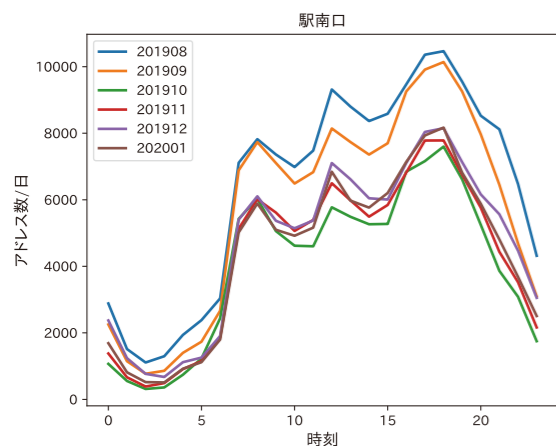


図 4-5 甲府駅南口・観光案内所

4.2 丸の内エリア

- 駅南口の平和通りでは、朝の通勤時間帯のピークが東側(奥藤、防災新館)ではみられるが、西側(鷹の)ではピークが小さい。ただし、飯田通り側(六曜館)では東側と同様のピークがみられる。
- 六曜館周辺は5月~10月は比較的少なく、11月~4月が多い。これは他の地点とは異なった特徴である。

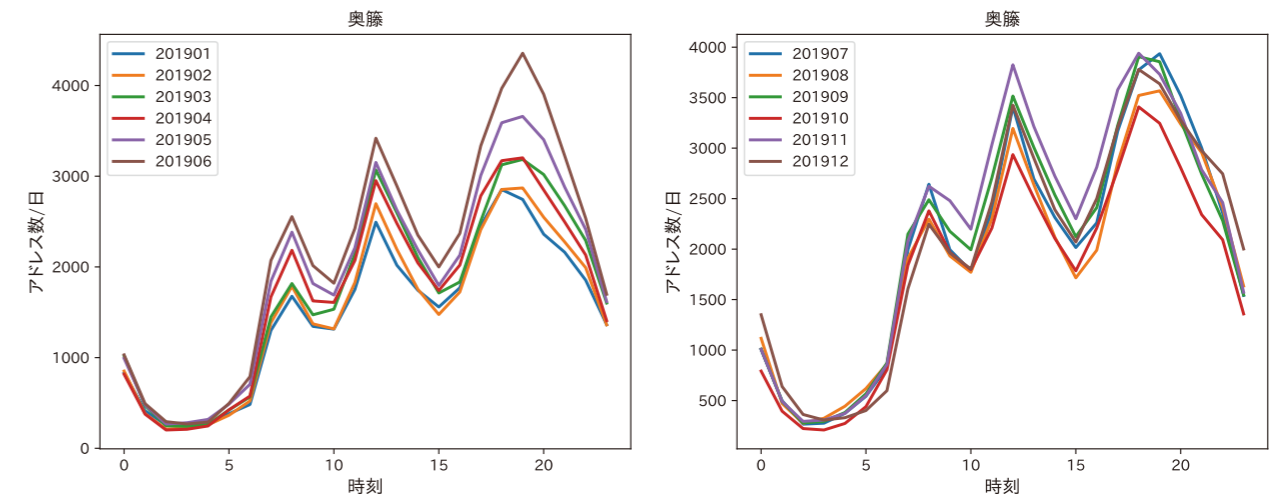


図 4-6 奥藤本店前(甲府駅南口・平和通り東側)

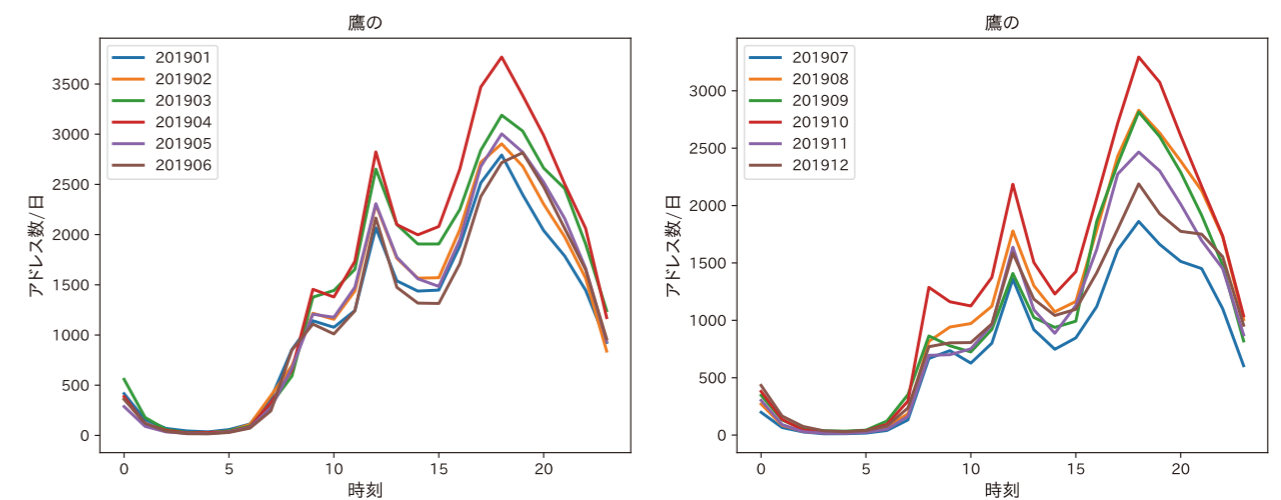


図 4-7 焼肉鷹の前(甲府駅南口・平和通り西側)

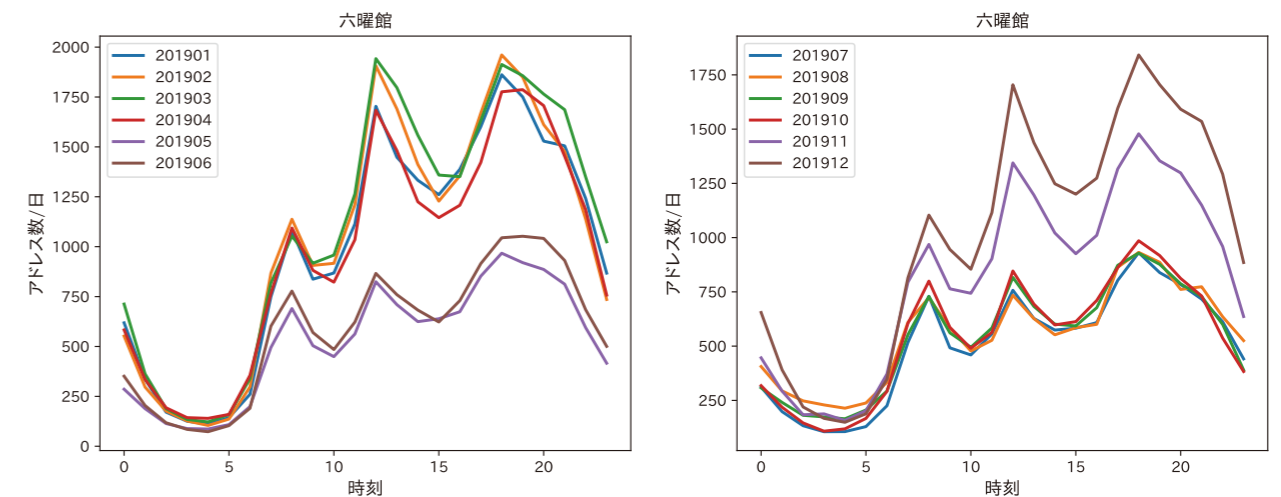


図 4-8 六曜館前(県庁前・飯田通り)

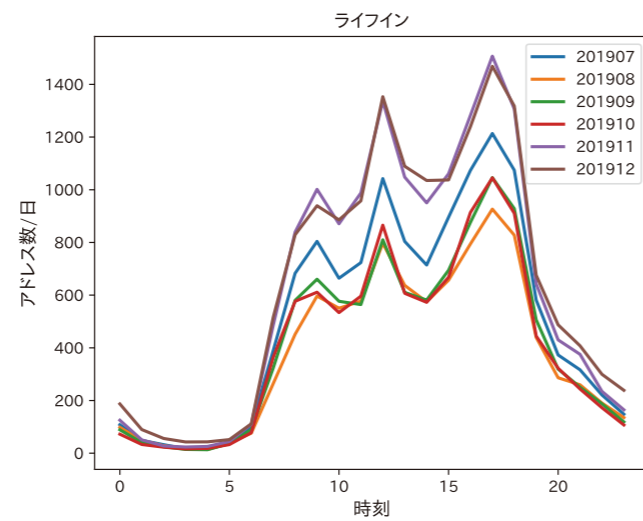
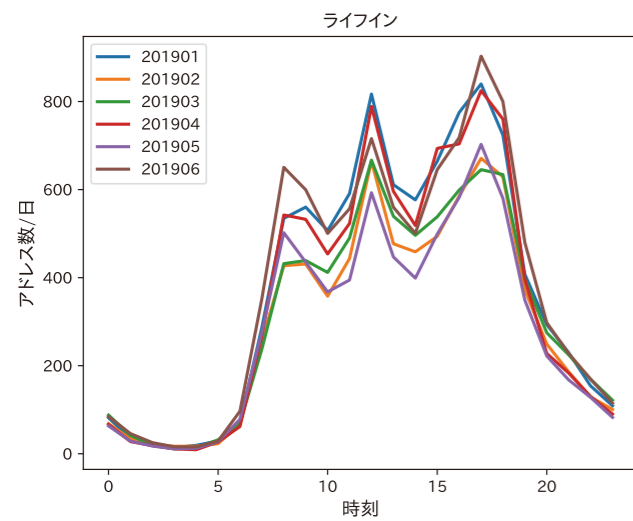


図 4-9 ライフインナカゴミ(甲府駅南口・西側)

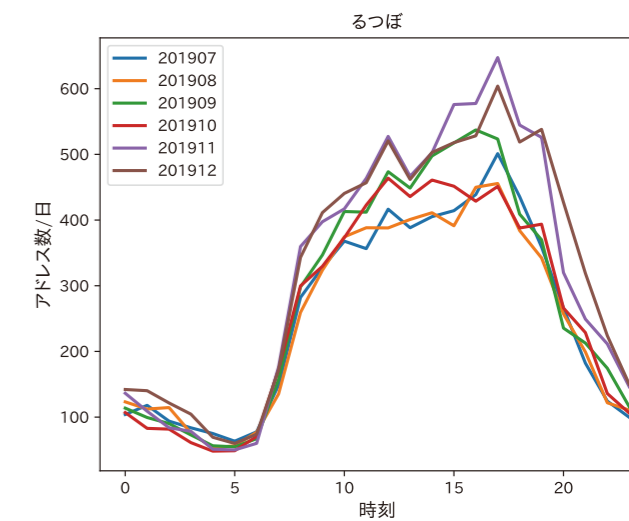
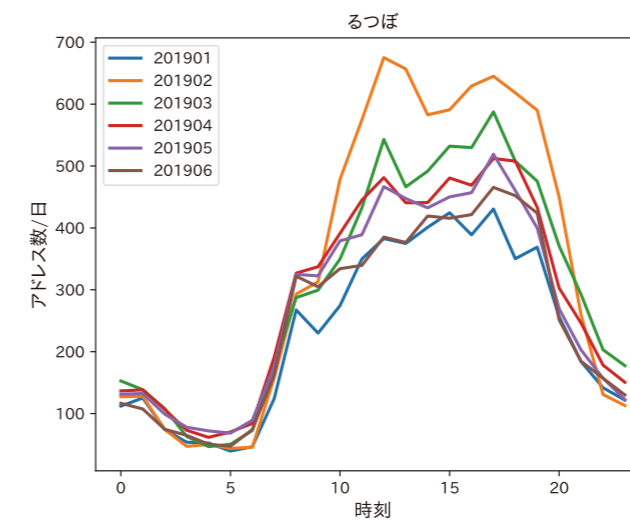


図 4-12 文化のるつぼ Hechima (紅梅通り・桜通り北交差点付近)

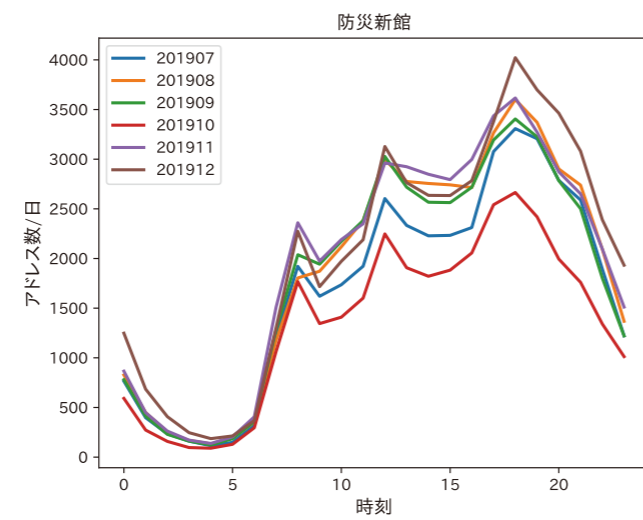
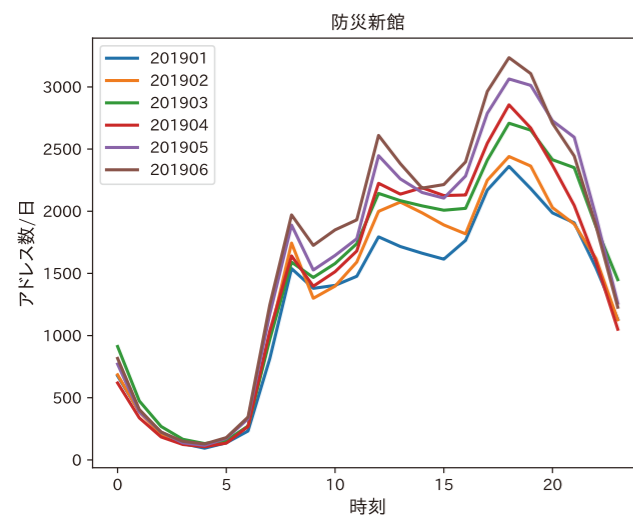


図 4-10 防災新館 南西角

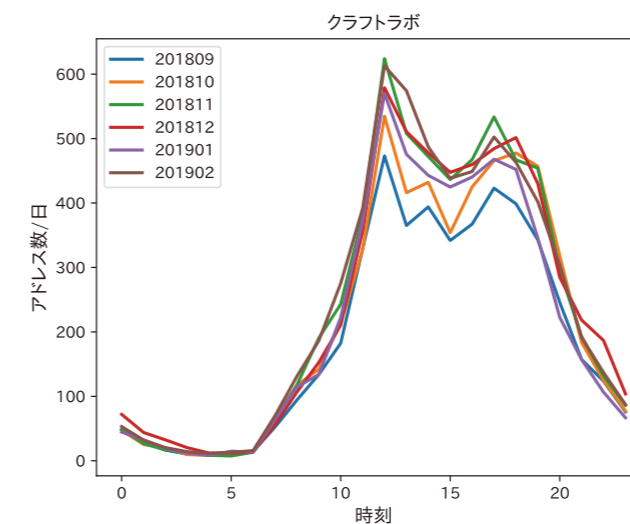


図 4-13 クラフトラボ(オリオンスクエア) 2018年度のみ

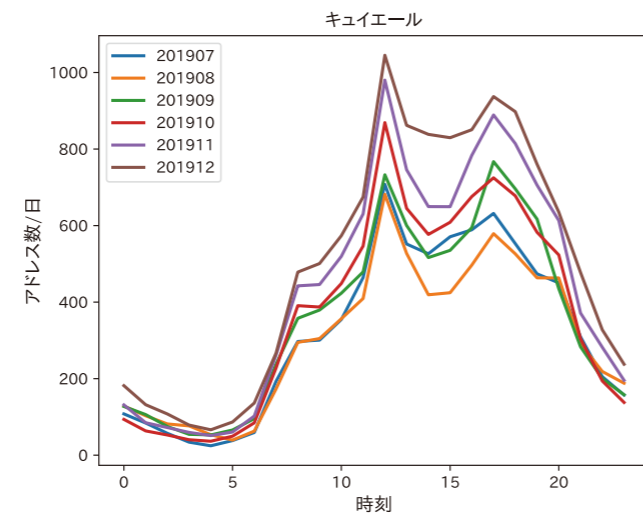
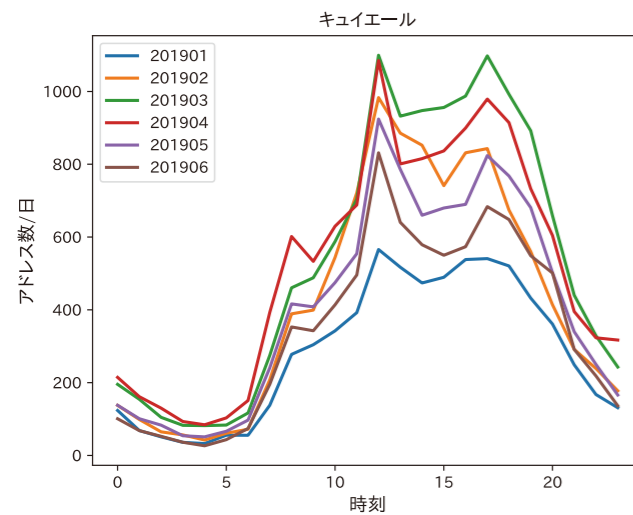


図 4-11 カフェ・キューエール (紅梅通り西)

4.3 中央エリア

● 紅梅通り(キューエール)では年末と年度替わり(3,4月)が多くなっている。

- 中央エリアは、全体として年度替わりシーズン(3,4月)と年末に賑わっていることがわかる。
- 城東通りでは朝、昼、夕方にピークがある。これは、歩行者ではなく自動車交通の多さを表している。
(後述の移動手段分析を参照していただきたい。)
- 東側(風月堂)付近は夜の賑わいもみられる。

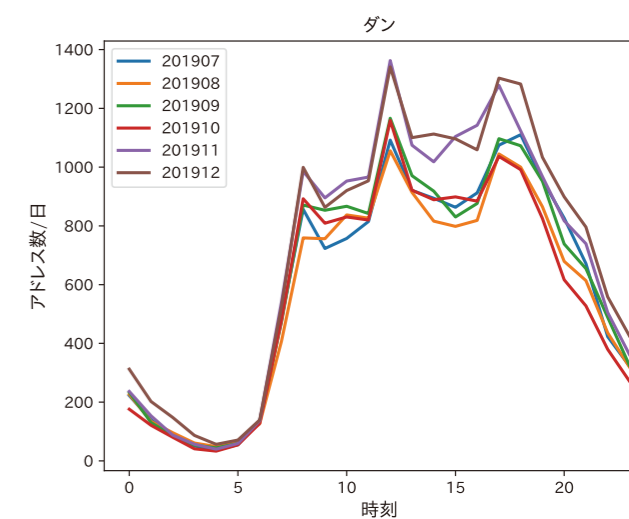
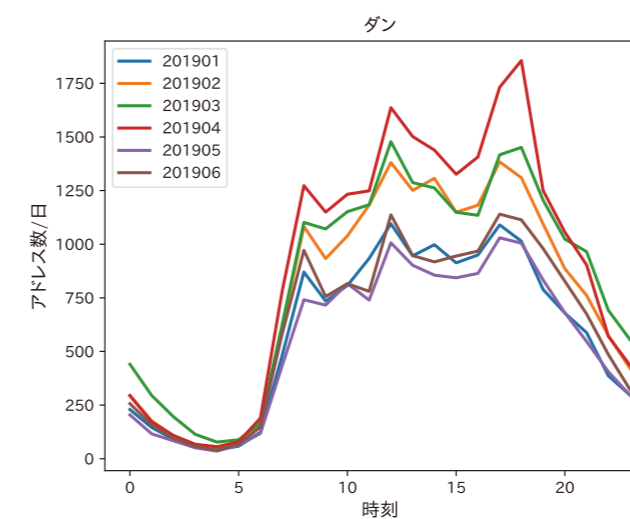


図 4-14 ダン珈琲店(甲府警察署東交差点角)

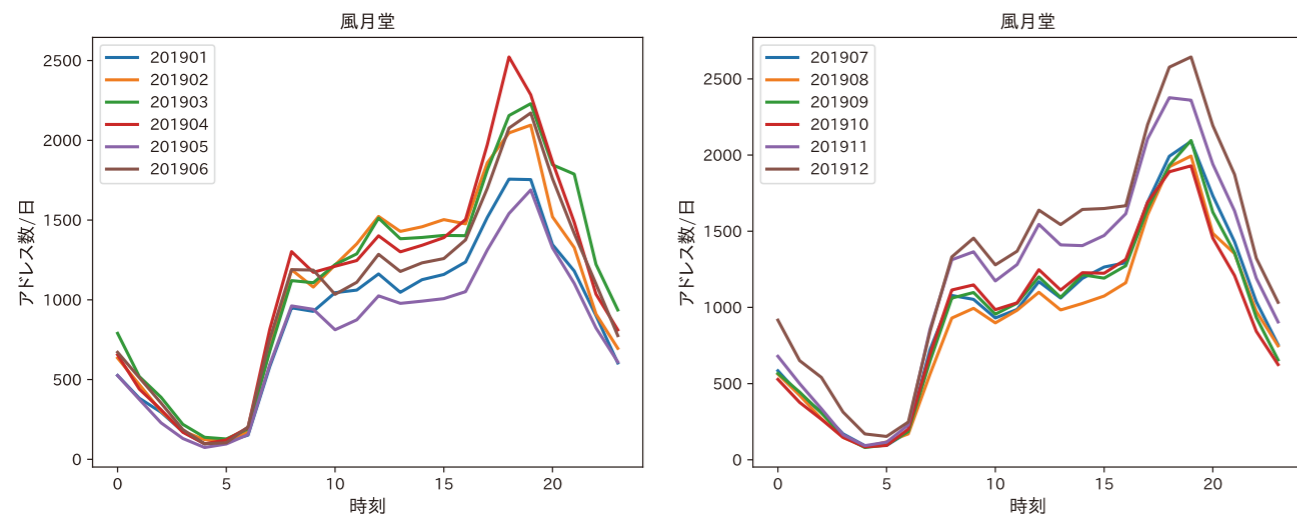


図 4-15 風月堂 (城東通り)

● 春日通り北部 (河野スポーツ、風月堂) では昼にも小さなピークがあるが、特に夕方の賑わいが顕著である。人だけではなく車の多さの反映も考えられる。深夜には、後述の中央エリアの中央部に比べて少なくなる。

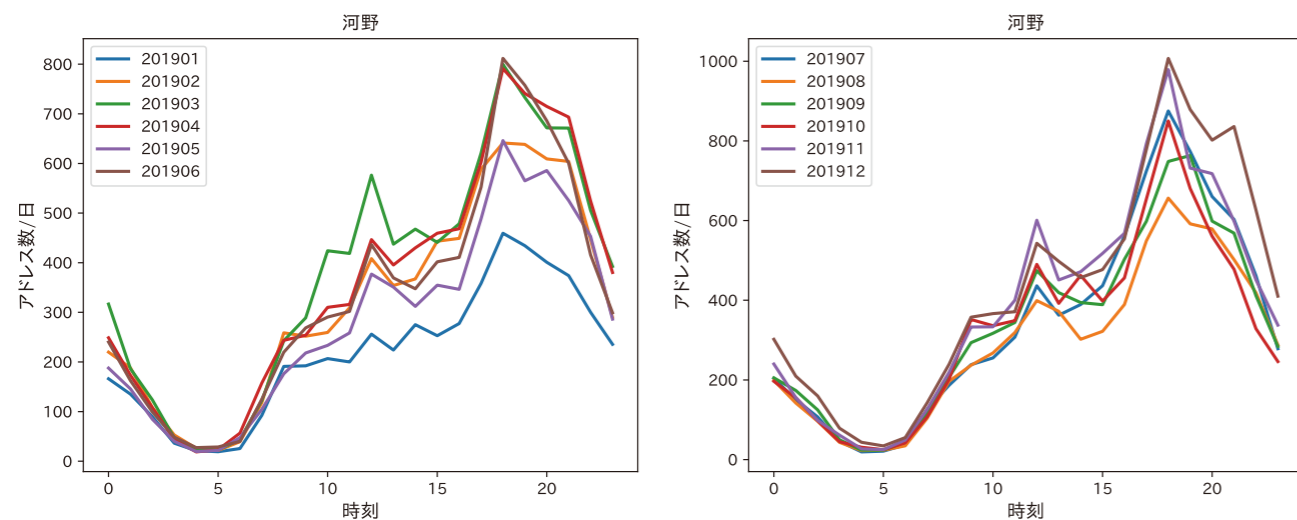


図 4-16 河野スポーツ前 (桜町通り中)

● 春日通り北部 (きぬや) 付近は20時以降0時にかけて賑わっていることがわかる。飲食店の多い他の地域と同様、3、4月と11、12月が特に賑わう。

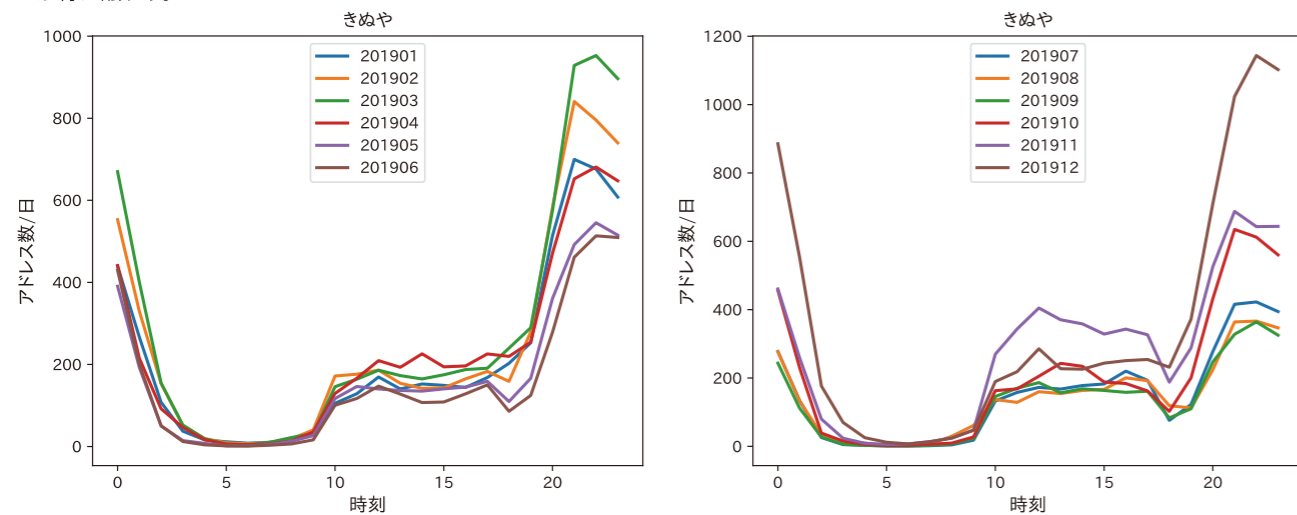


図 4-17 きぬや前 (春日通り北)

● 銀座通り東側 (ブラザー文具店)、西側 (ルパンザパール・ワイン酒場前、そば処奥義) は夜の賑わいが顕著である。これらの地点に設置したセンサは屋外にあるため、他のセンサより広い範囲のポケットを捕捉している可能性が高いことにも注意してほしい。

● 西側 (奥義) は昼食時にも人が多い。一方、東側では通勤時間帯にもピークがみられる。これは車の通行量を捕捉している可能性もある。

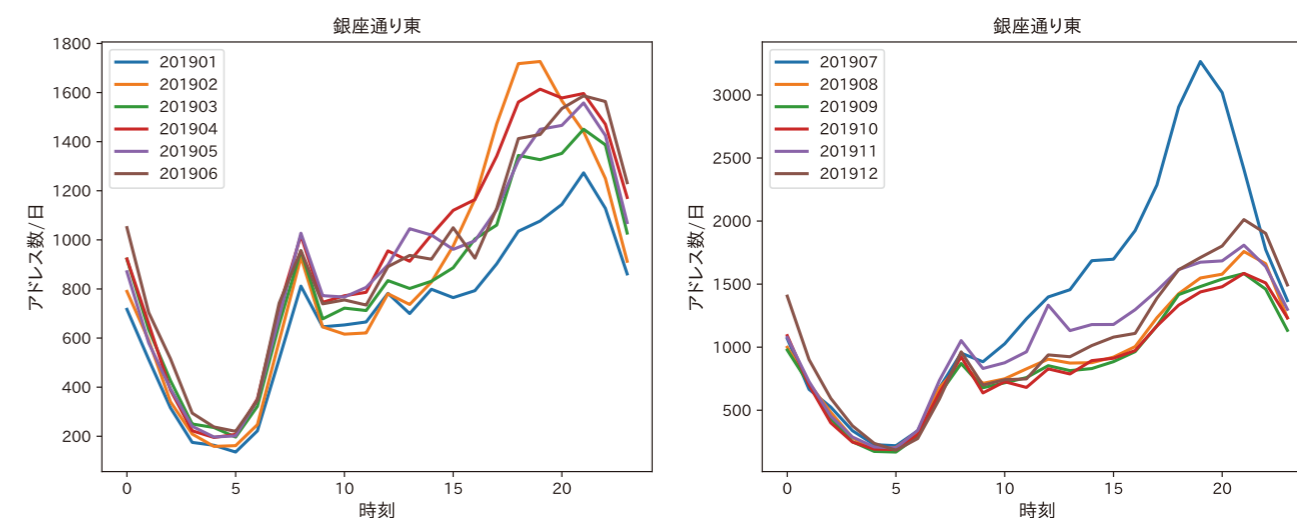


図 4-18 ブラザー文具店付近 (銀座通り東)

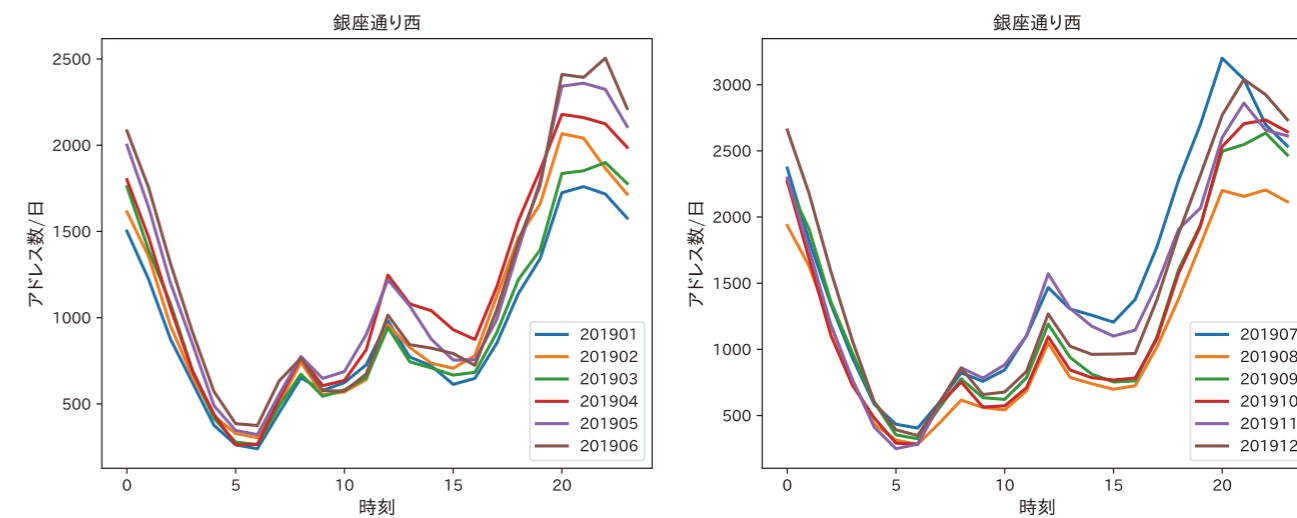


図 4-19 ルパンザパール・ワイン酒場付近 (銀座通り西)

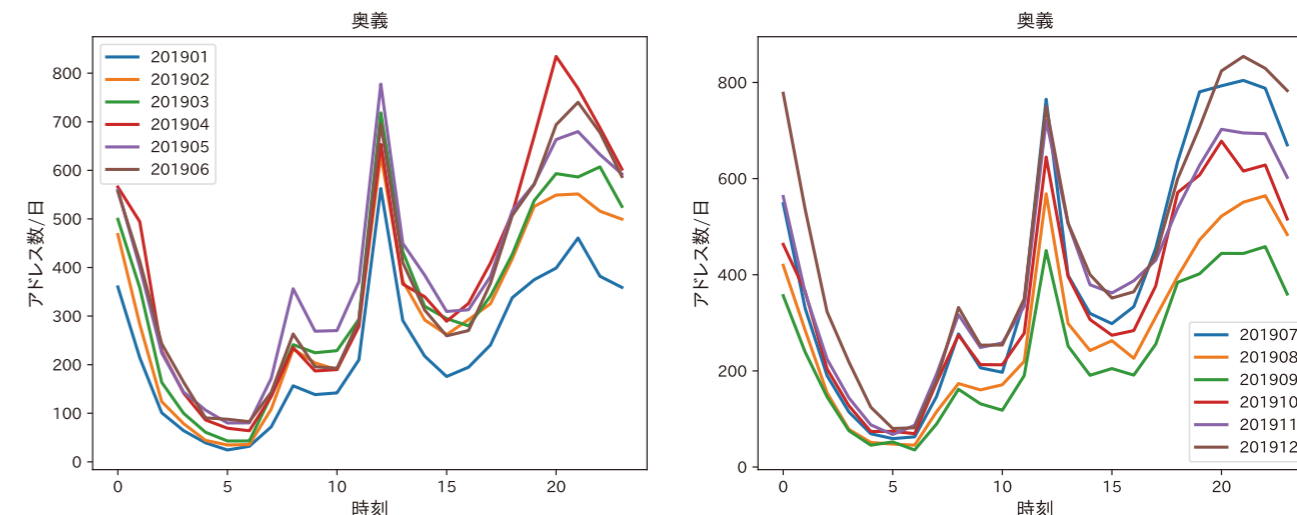


図 4-20 そば処奥義前 (中央一丁目)

- 春日通り南部(内藤セイビドー眼鏡店)、桜通り南部(三枝豆店)の人通りは他の地点に比べて少ない。春日通り南部の内藤セイビドー眼鏡店は、夜間・閉店時のパケット収集はないことに注意してほしい。
- 春日通りと裏春日通りをつなぐオリンピック通りでの観測を2020年9月より開始した。オリンピック通りは深夜に賑わう傾向が顕著であり賑わいは早朝まで続いていることがわかる。

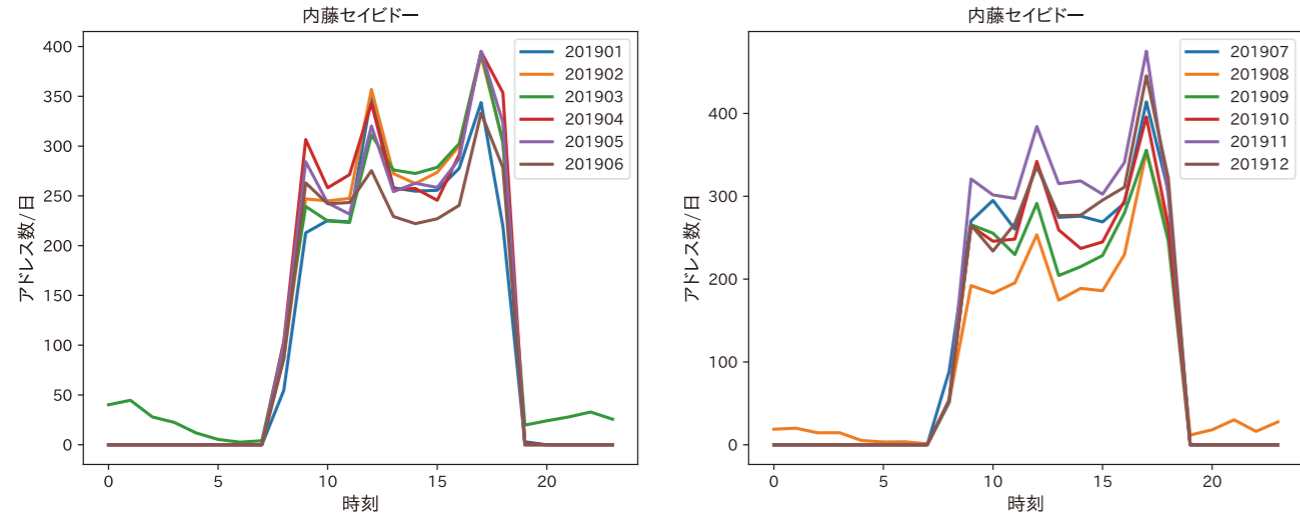


図 4-21 内藤セイビドー眼鏡店前(春日通り南)

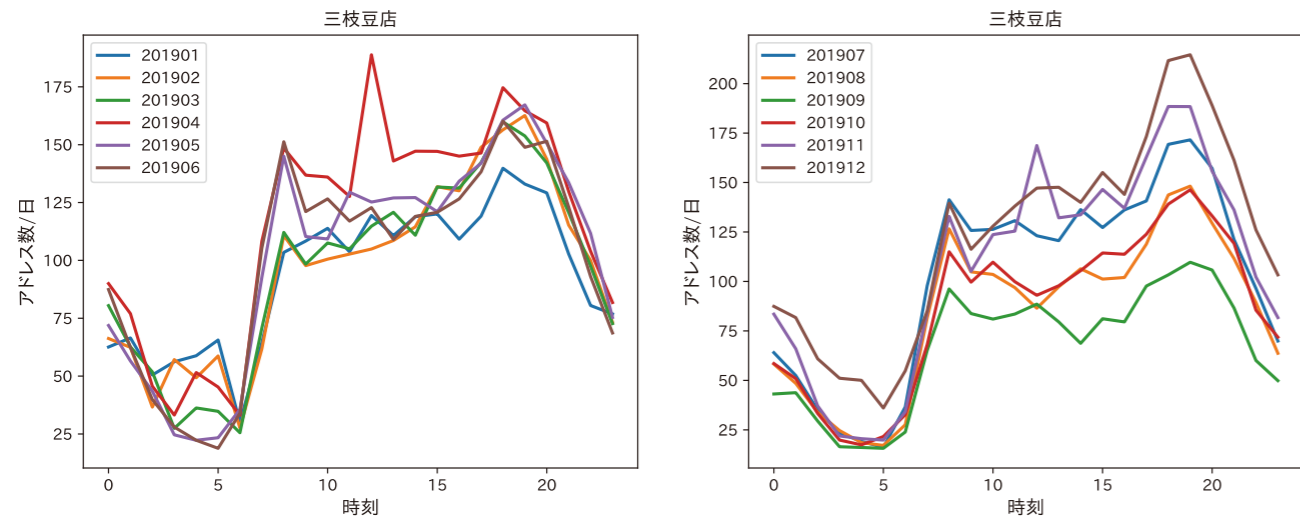


図 4-22 三枝豆店前(桜町通り南)

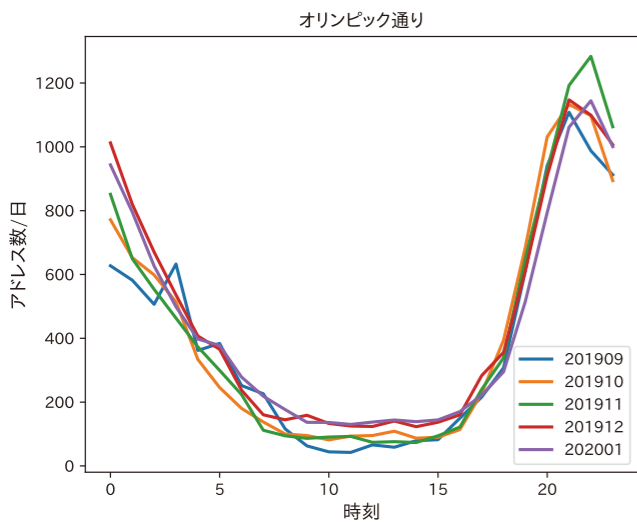


図 4-23 オリンピック通り

4.4 朝日町エリア

- やまなみ通り(オスカークリーニング店付近)での朝晩のピークは通学生のものと考えられる。
- 朝日町は祭りが催される日の賑わいが月別、時間別データにも反映されている。
- 20時以降は人通りがほとんどなくなっていることが見て取れる。

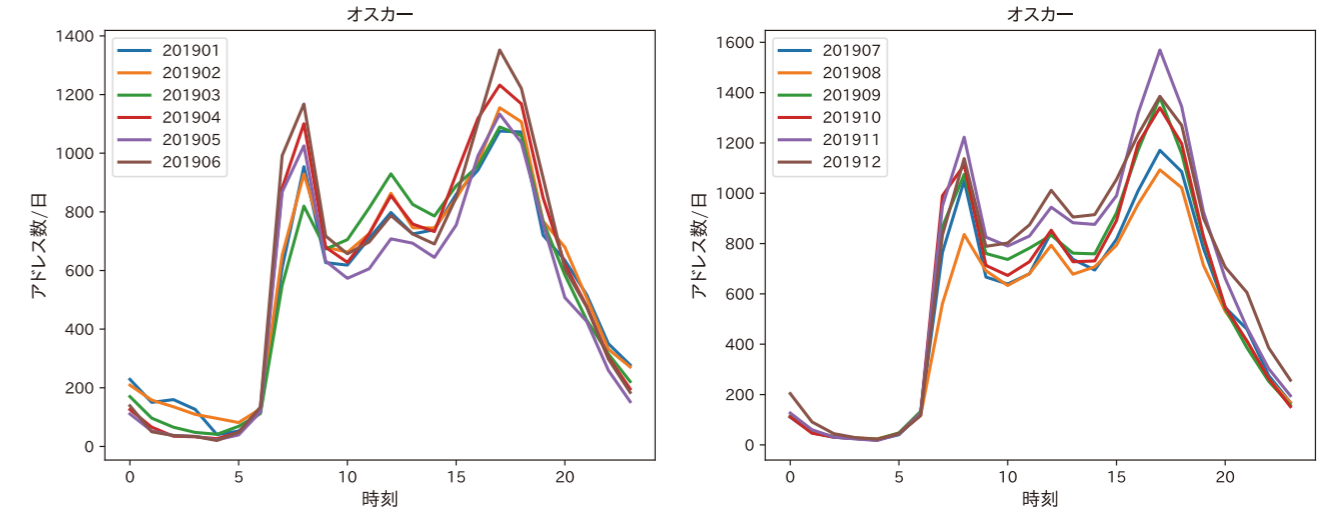


図 4-24 オスカー朝日店前(やまなみ通り・朝日通り交差点付近)

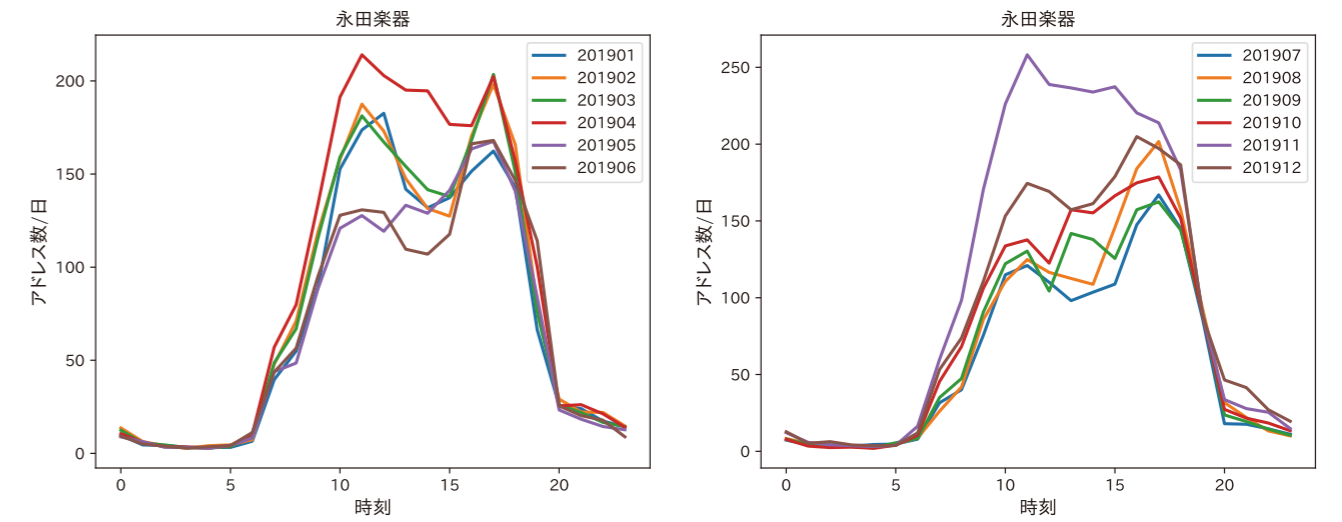


図 4-25 永田楽器前(朝日通り南)

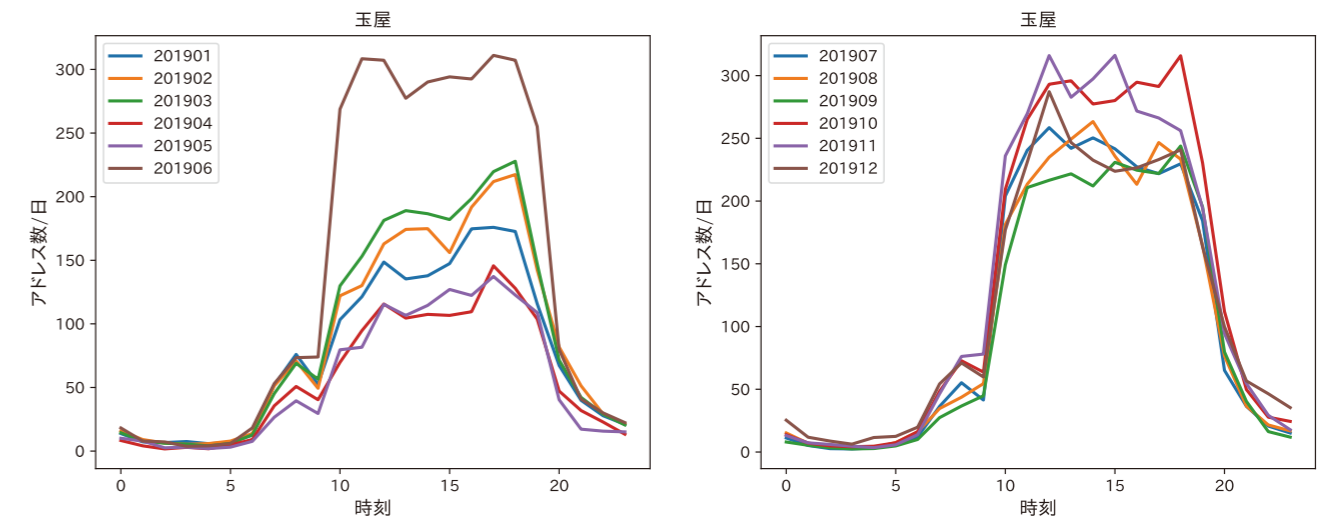


図 4-26 玉屋前(朝日通り北)

5. 地点間流動の状況

5.1 甲府駅周辺の流動

南北の流れに大きな差異はないが、朝は北から南への流れがわずかに多く、夕方は北への流れが多いという結果になっている。北口コンコースのセンサは改札口を通る人からのポケットも拾っているため、朝は改札を出る人が多く、夕方はその逆ということも表しているのかもしれない。

藤村記念館と北口コンコースの間の流れはどの時間帯もほぼ同等である。第1駐輪場と駅南口（観光案内所）とは捕捉範囲が重なっている。図に示した北口との間の流動データは、どちらが早く計測されたかによって区分しており、精度の良い分類とは言えない。駐輪場と北口（実際は駅改札口）の流れに見られる朝のピークは、駐輪場と改札口との間の通勤、通学客の流れを表していると考えられる。

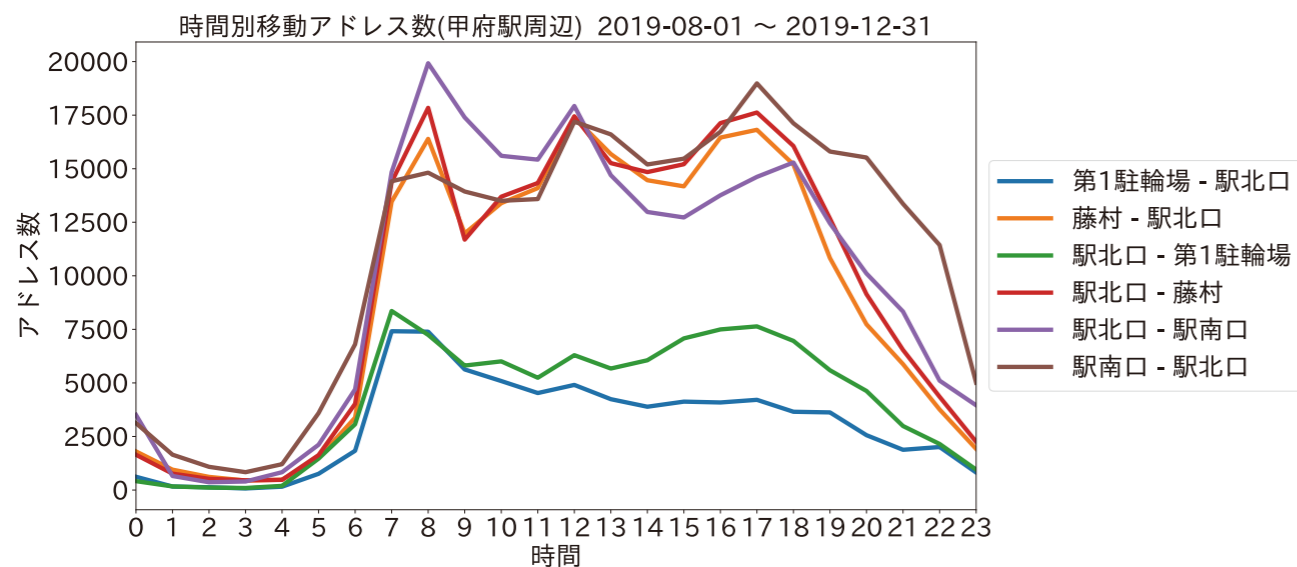


図 5-1

5.2 舞鶴通り、城東通りの流動

朝の通勤時間帯に鋭いピークがあり、夕方の帰宅時間帯には緩やかな山がみられる。ダン珈琲店（甲府警察署東交差点角）と防災新館の間の流れは双方向でほぼ同じであるが、城東通りの東西の流れは不均一であり、夜間を除いて西向きの流れがまさっている。この点については次節で詳細に検討する。

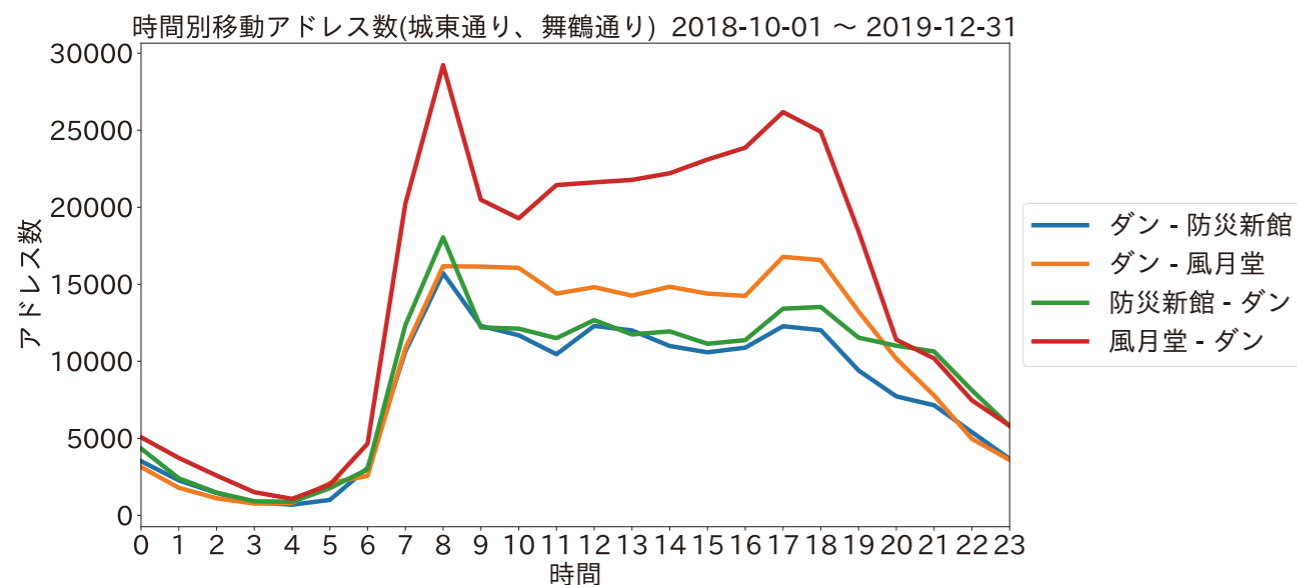


図 5-2

5.3 銀座通り・春日通りの流動

銀座通りと春日通りの交差点近く「ルパンザパール・ワイン酒場」前に設置したセンサ（「銀座通り西」）とその東西南北の地点との流動を図 5-3 に掲げる。南北に比べて東西の流れが多いことが見て取れる。また、アーケードが続く銀座通りの流量が多いこともわかる。（きぬや及びセイビドー眼鏡店設置のセンサは店シャッターの影響で閉店時間帯の捕捉率が低いことには注意してほしい。）

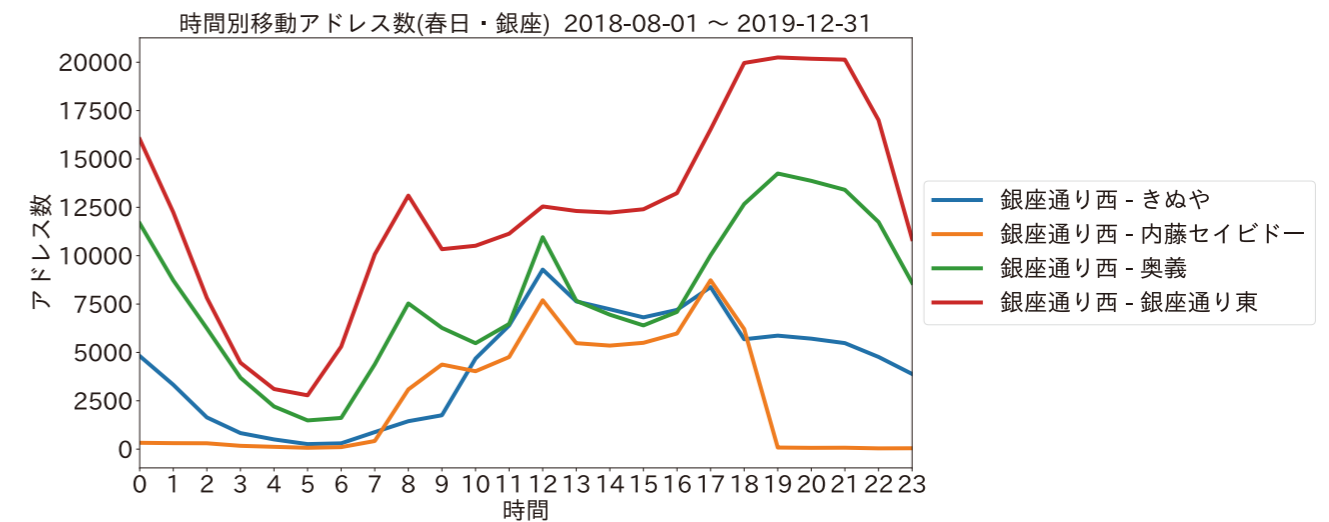


図 5-3

5.4 オリピック通りと周辺地点との関係

今年度新たに設けたオリピック通りとその周辺地点との流動を以下に示す。前節でみた訪問者数データでは20時ころから早朝にかけて賑わう様子がみられたが、移動数としては20時台と24時過ぎにピークがみられる。23時と0時の差異はデータ処理の問題に原因があるのか実態を反映しているのかは未検討である。

春日通り南側の商工会議所方面からの流れよりも銀座通りからの流れの方が多ことを示している。

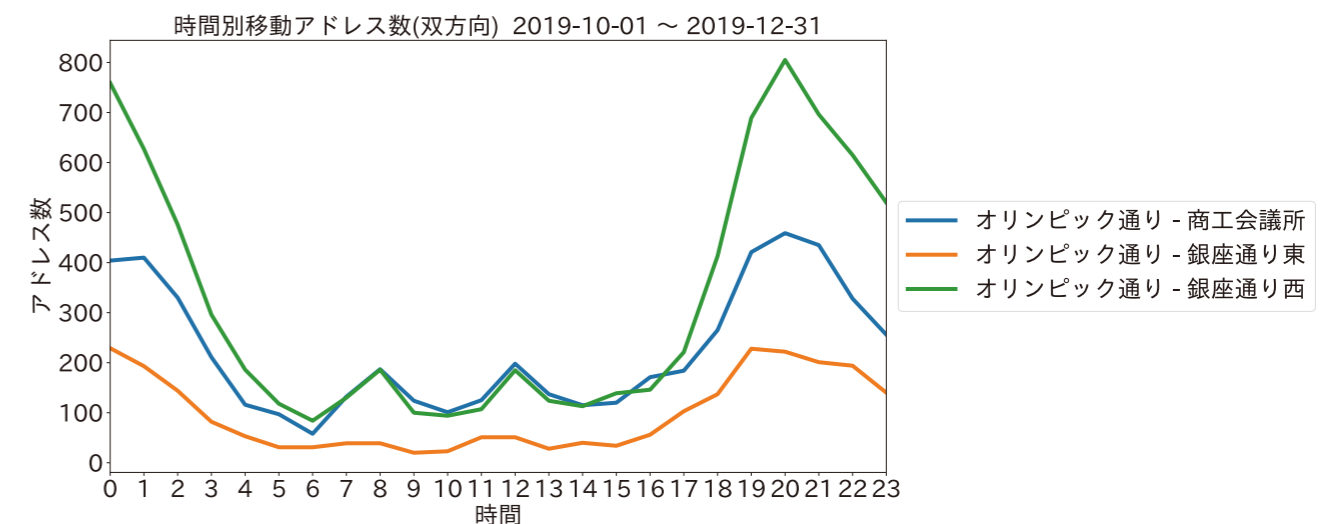


図 5-4

6. 移動手段及び移動時間に関する分析例

データの分析を通じて、自動車交通量の多い地点間のWi-Fiアドレスの流動には、車によるものが大部分であることが分かってきた。その一例として、城東通りにおける流動の分析について以下に述べる。Wi-Fiパケットから見た流動は、前節に示した通り、西向き流量がまさっている。これは自動車の通行量の非対称性を反映しているのであろうと推測できる。

歩行者の数については、毎年11月最終週に実施されている甲府市中心街歩行量調査より知ることができる。城東通りの歩行量調査ポイントは、風月堂前、古名屋ホテル前、武藤呉服店前の3カ所である。歩行量調査では、歩行者、自転車、原付バイクの通行量を西向き、東向きに分けて時間ごとの量として集計されている。一方、Wi-Fiパケットデータから読み取れるのは、風月堂とダン珈琲店（古名屋ホテルに隣接）との間の流れである。目視による調査では、風月堂前を通り過ぎた歩行者が古名屋ホテルへ直進するか、途中で右左折するかまではわからないが、ここでは比較対象として、風月堂前とその正面北側にある武藤呉服店前でのデータと合わせ東西の歩行量としてカウントした。2018年のデータを下に掲げる。金曜日(11/30)、土曜日(12/01)では夕方に歩行者が増えていることや、道路の北側、南側を合わせると東西の通行量はほぼ同じであることがわかる。このような変動は、Wi-Fiの流動データと明らかに異なる。

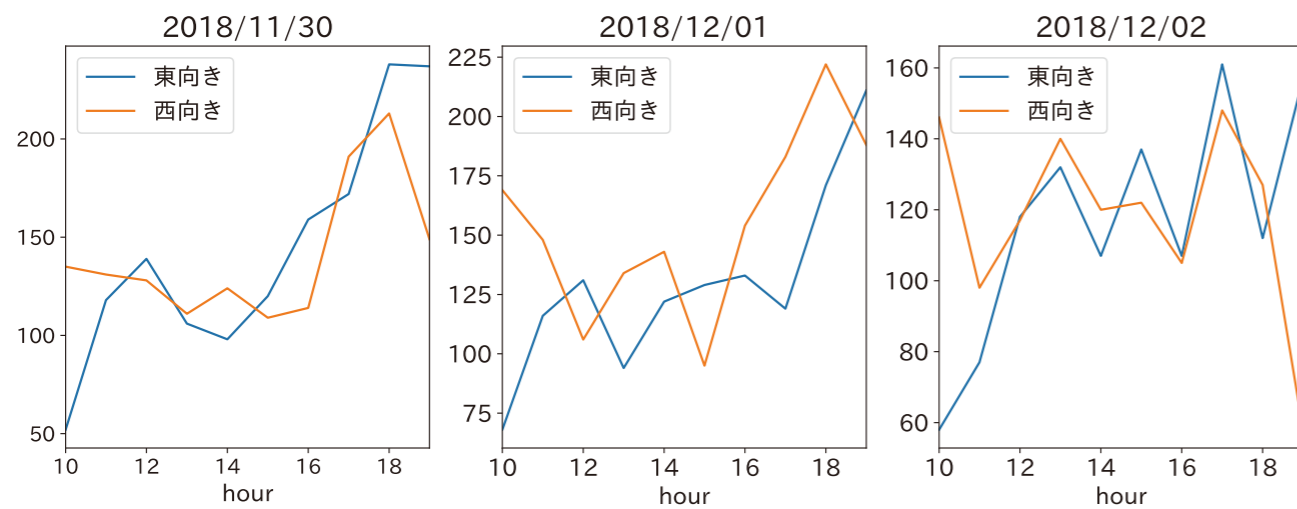


図 6-1

そこで今年度、歩行量調査に合わせて岡島百貨店東隣にて独自に自動車交通量の目視調査を行った(図6-2)。タブレットにより自動車の通過時刻を記録したので、分刻みの変化もみることができるが、ここでは、1時間単位のデータを図6-3に示す。11/29の測定データはデータ保存の際に逸失してしまったので、平日のデータとして12/3に再度調査した。



図 6-2 自動車交通量の目視調査の様子(タブレット用アプリをこの調査のために作成した。)

12/3のデータは、桜通り中交差点の東側での測定である。岡島前で測定した2日間は明らかに西向きの交通量が多く、Wi-Fiパケットの流動データ(図5-2)と符合するが、Wi-Fiデータにみられる朝晩のピークは自動車流量には表れていない。その原因は明確ではないが、朝晩は交通渋滞のために車の通過時間が長くなり、パケットの捕捉率が上がるのではないかと考えられる。参考のためにGoogleが提供する所要時間情報(Direction API)を利用して城東通りを通過するのにかかる時間を集計した結果を示す。年末年始や週末を含んだ平均値であるが、通勤時間帯には西向きの所要時間がながくなっていることがわかる。

目視による歩行量や自動車交通量は断面交通量であるのに対し、Wi-Fiセンサが検出する地点間の移動量である。城東通りの2地点の間には春日通りとの交差点などでの出入りがあるので、風月堂付近で観測された歩行者がダン珈琲店へ至るとは限らない。一方、車はほぼそのままダン珈琲店のある警察署東交差点までは流れるであろう。以上のことを勘案すると、Wi-Fiセンサで観測される上記2地点の移動量のほとんどは車の流量を表していると考えられる。このように、自動車交通が多い地点間のWi-Fi観測量は車による移動が主であると捉えるべきであろう。

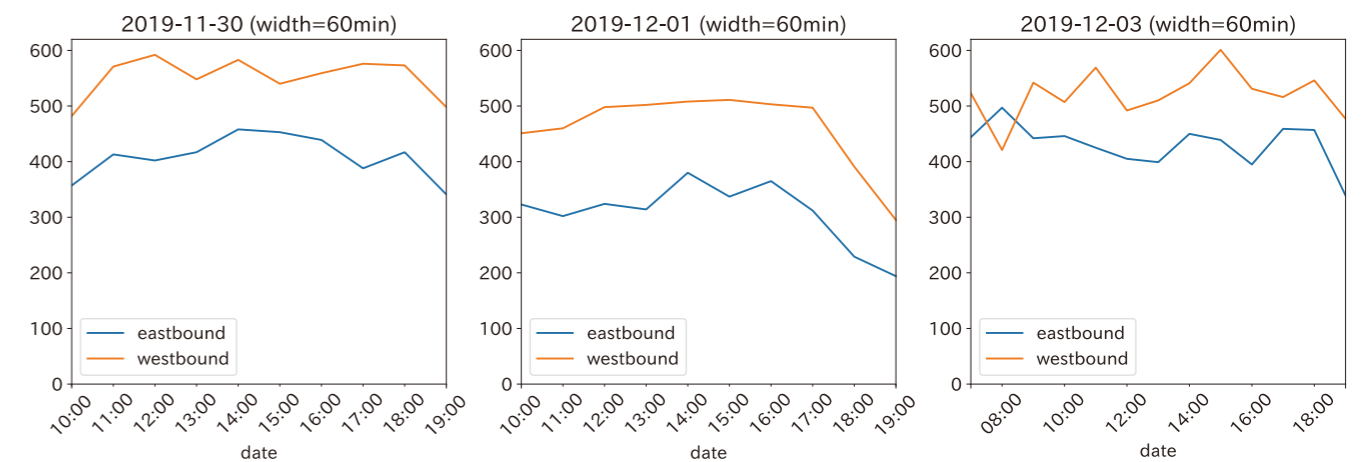


図 6-3 目視による自動車交通量(台数)

道路交通情報センターがオープンデータとしてWeb上に掲載している「断面交通量情報」によれば、春日モール北・西進出と桜通り中・東進出の交通量はほぼ同じで、後者の方が少し多くなっている。今回の目視調査は、その2地点の間で測定したものであり、特徴は異なっている。桜通りとの出入りの影響かとも推察されるが、相違の原因はわからない。

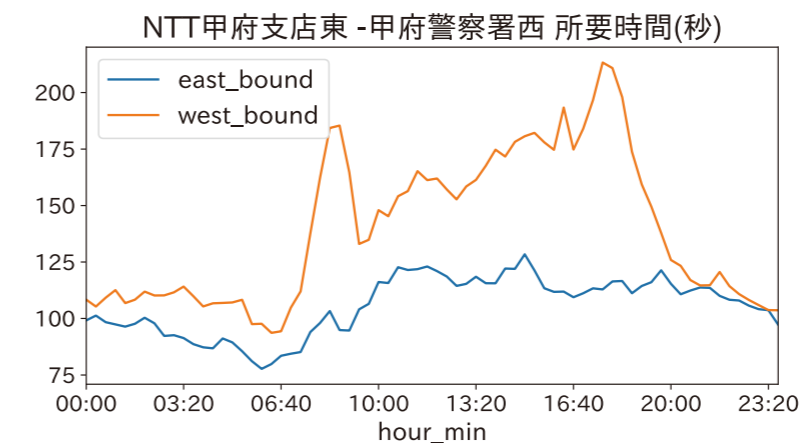


図 6-4 城東通りの所要時間 (Google Directions APIを利用して20分間隔で取得したデータを平均したもの。取得期間2019/12/23 ~ 2020/01/23)

7. 附録

7.1 情報提供Webページの紹介

前日までのデータについて、閲覧したい地点、期間を選択して表示することができます。

<https://8tops.yamanashi.ac.jp/kofu/>

地点ごとのアドレス観測量変化



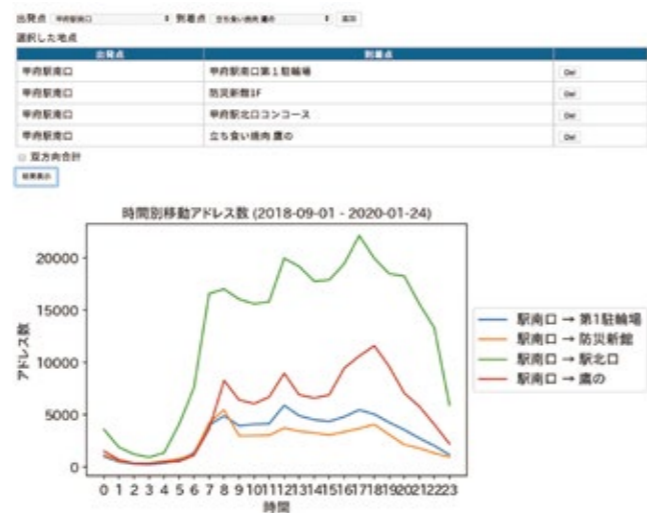
移動量のグラフ表示



移動量の地図上への表示



移動量の時間変化



7.2 データ処理及び歩行量実数推定に関する発表スライド

山梨大学大学院修士課程工学専攻電気電子工学コース
2019年度論文発表会スライド(抜粋)

Wi-Fiパケット観測による人や車の流動分析

豊木研究室
G18TE009 並木 純

Wi-Fiパケットセンシングを用いた群流研究の事例と本研究の目的

•Wi-Fi機能搭載の携帯端末が普及した2010年代初頭より、プローブパケット捕捉による群流調査の研究が流行

初期:大坂電気通信大学で卒業展示会での来場者の追跡(福崎雄生 et al.UBICOMP'14)

近年:京都市東山区での歩行者の実数推定(大田香織 et al.第57回土木計画学研究発表会)

•最近の課題

- ランダムMACアドレス利用端末への対応
- プライバシー保護への配慮
- 街づくり関係者への継続的な観測データの実用的な提供方法

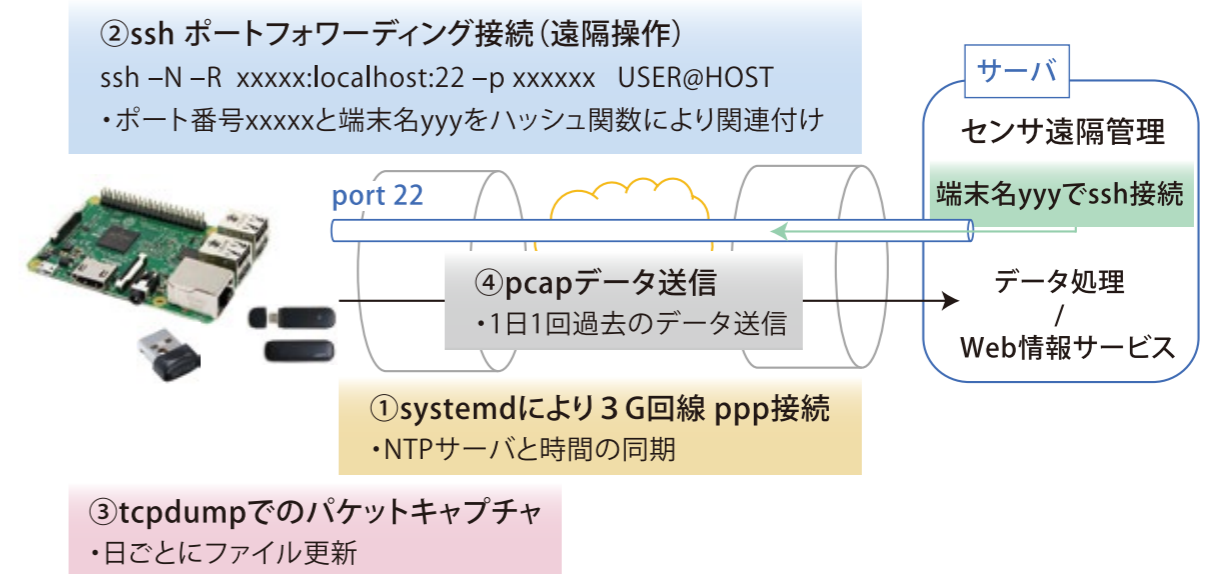


甲府市が継続的に行っている目視による歩行量調査地点付近にセンサを設置し、データ比較を行うとともに長期調査可能で実用的なセンサ・サービシステムを構築し市や街づくり関係者への情報提供

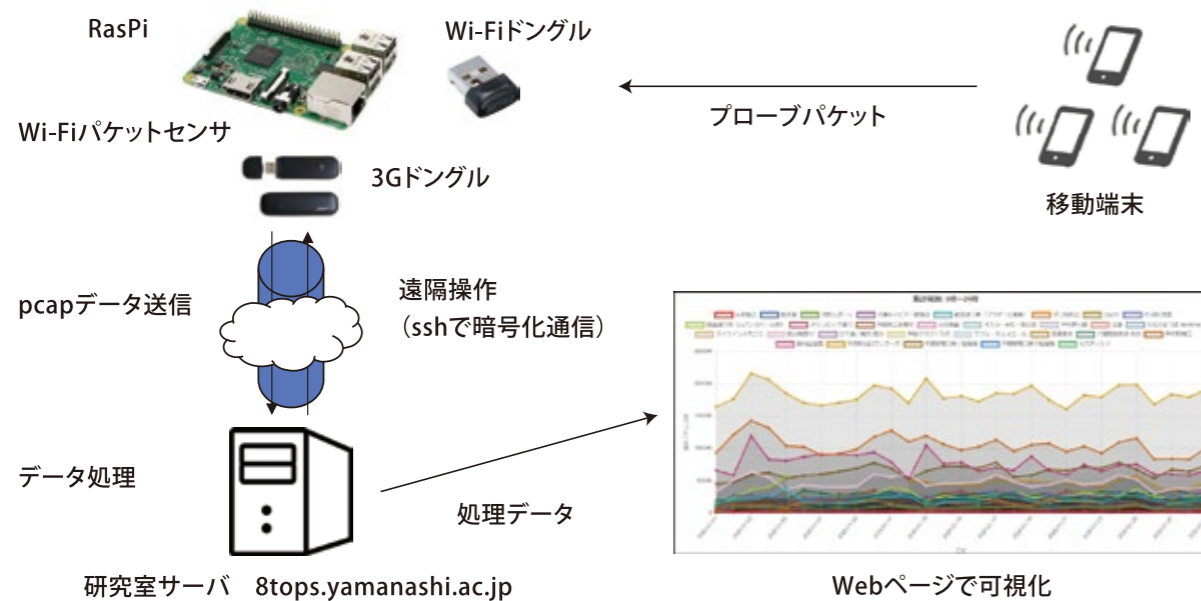
発表の流れ

- Wi-Fiパケットセンサとサーバシステム
- サーバ上のデータ処理の流れ
- 甲府市中心街における観測とデータの可視化
- 歩行者の実測値と推定値の比較による精度

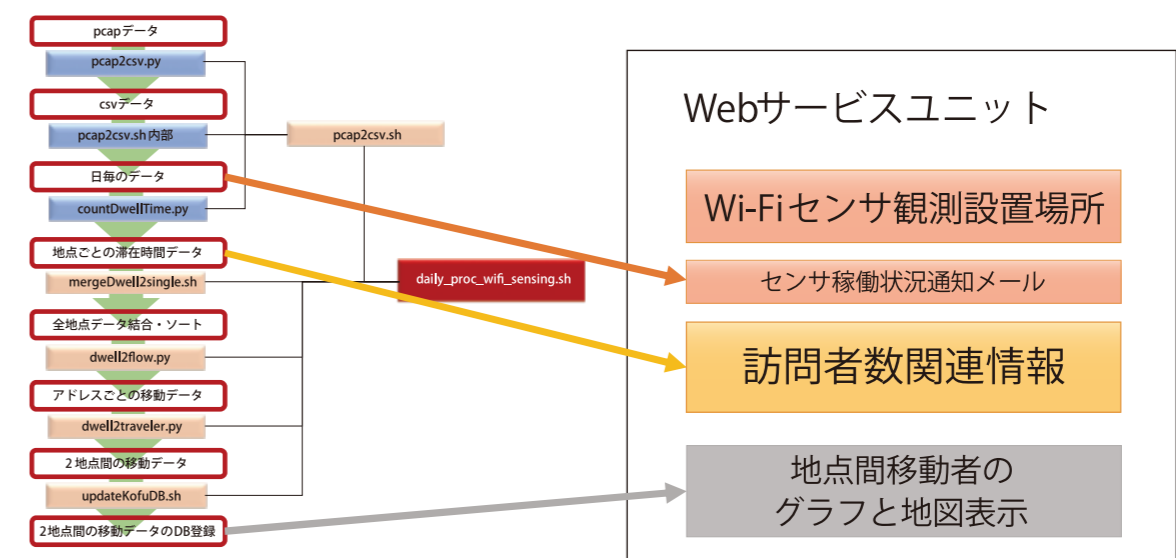
Wi-Fiパケットセンサ



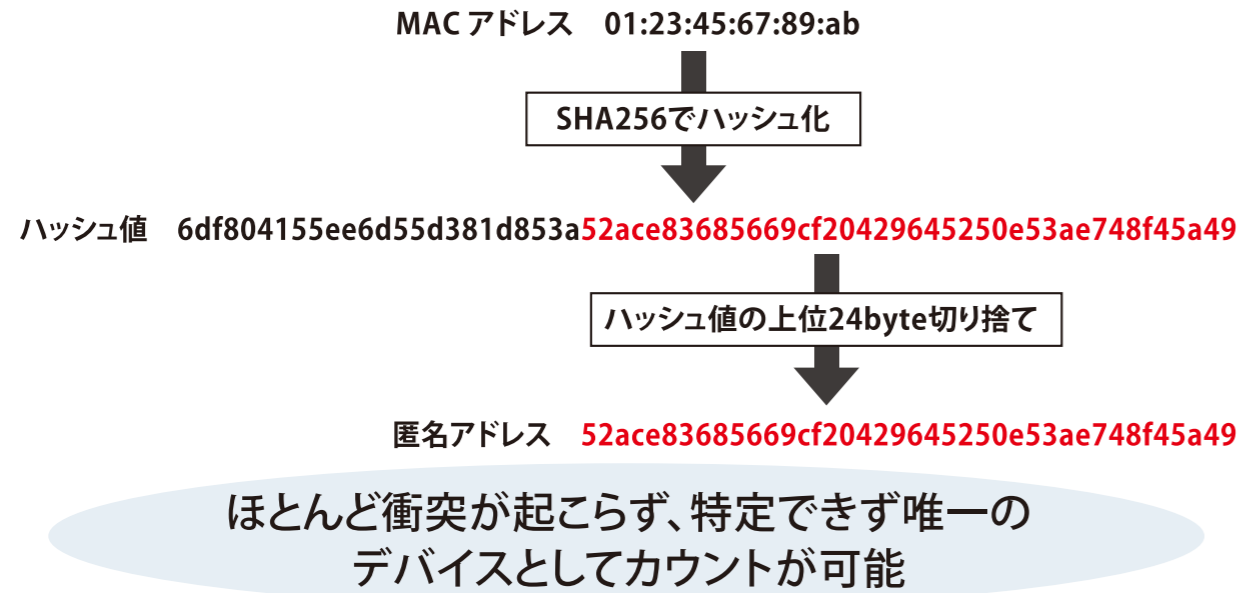
Wi-Fiパケットセンサとサーバシステム



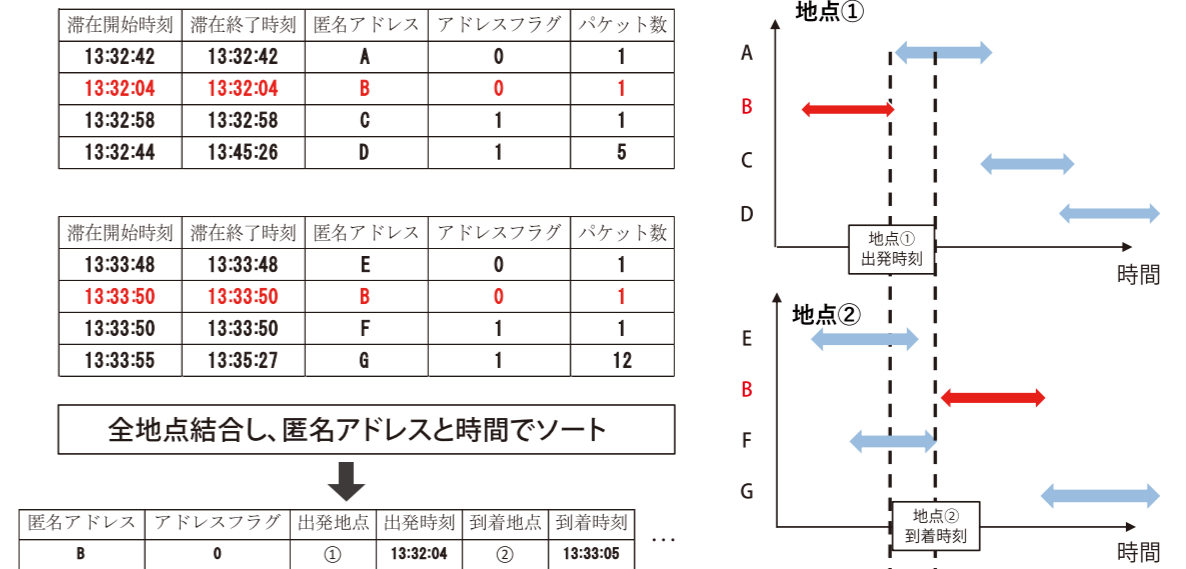
サーバでのデータ処理と可視化



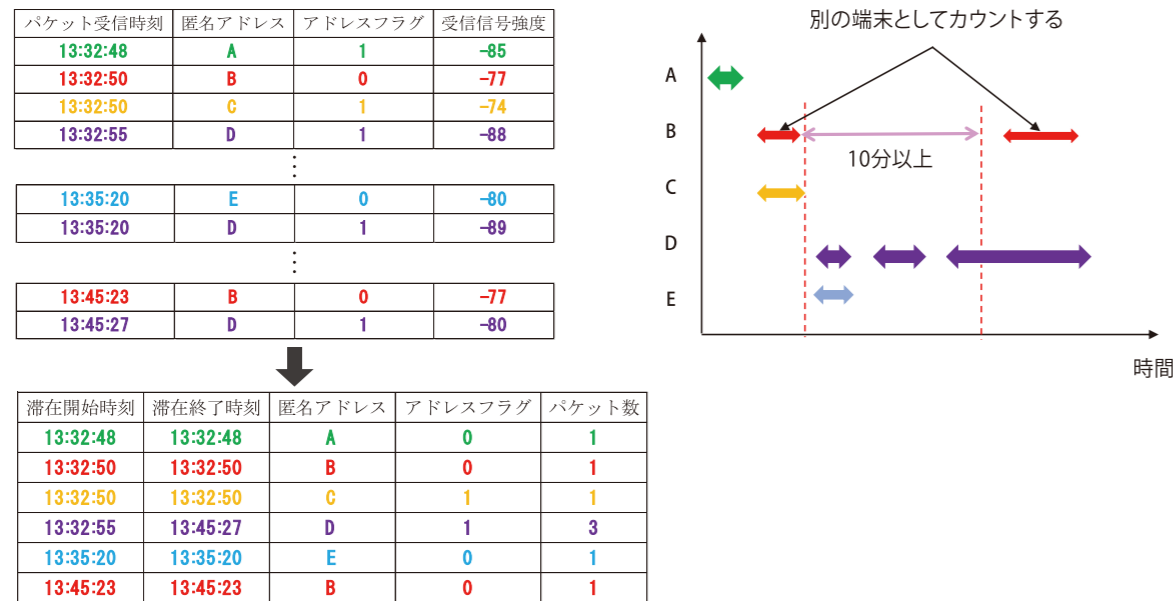
MACアドレスの匿名化



アドレスごとの移動データの抽出方法



地点ごとの滞在時間データの抽出方法



公開しているWebページ

Wi-Fiパケットデータによる甲府市中心街地訪問者分析

甲府市 小グループ自主的取組支援事業

歩行量調査を行っている
甲府市や甲府商工会議所の人と即時的なデータの共有

- Wi-Fiパケット観測機設置場所
- 訪問者数関連情報
- 地点間
- 地点間移動の時間変化

時間別移動アドレス数(双方向)

アドレス数

時間

そのほか 甲府市 河野スゴウ 内藤セイトー 三原正志

ルパンザバルフイン設備前

ライオンライオン

プラザ(文庫員)

オスカ-本社・明日店

六層階階階 本店

甲府駅前1F

甲府クラフトラボ

風月堂

美藤本店

文化のまっぴ Hechima

多摩川 本店

六層階階階 本店

タン咖啡店

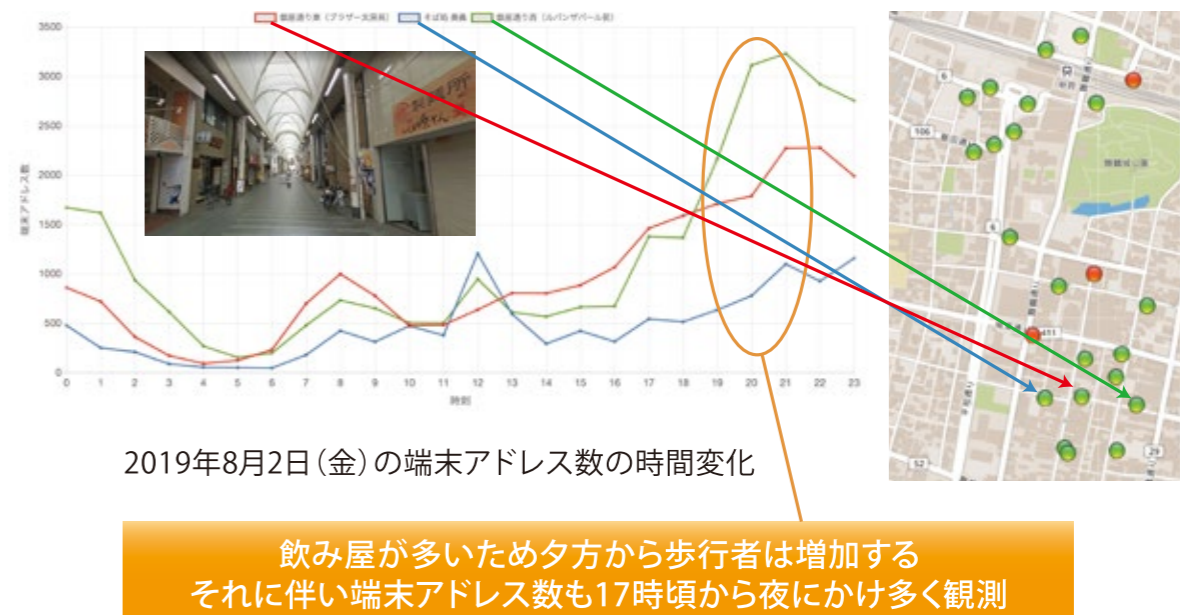
ルパンザバルフイン設備前

美藤本店

Wi-Fiパケット観測設置場所



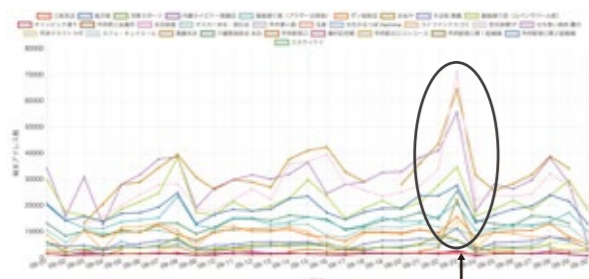
飲食店の多い銀座通り



訪問者数関連情報

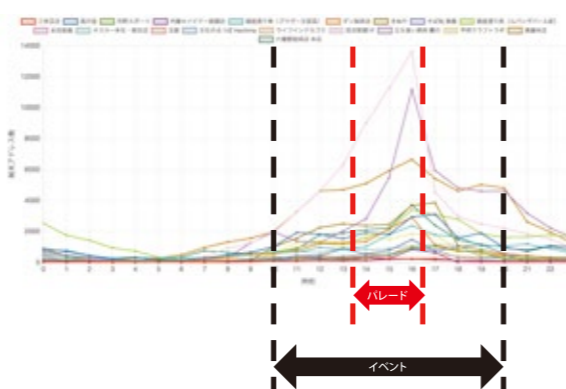
地点、時間、期間(日々)、アドレスの選択を行うことが可能

日毎のアドレス変化(2018年9月)

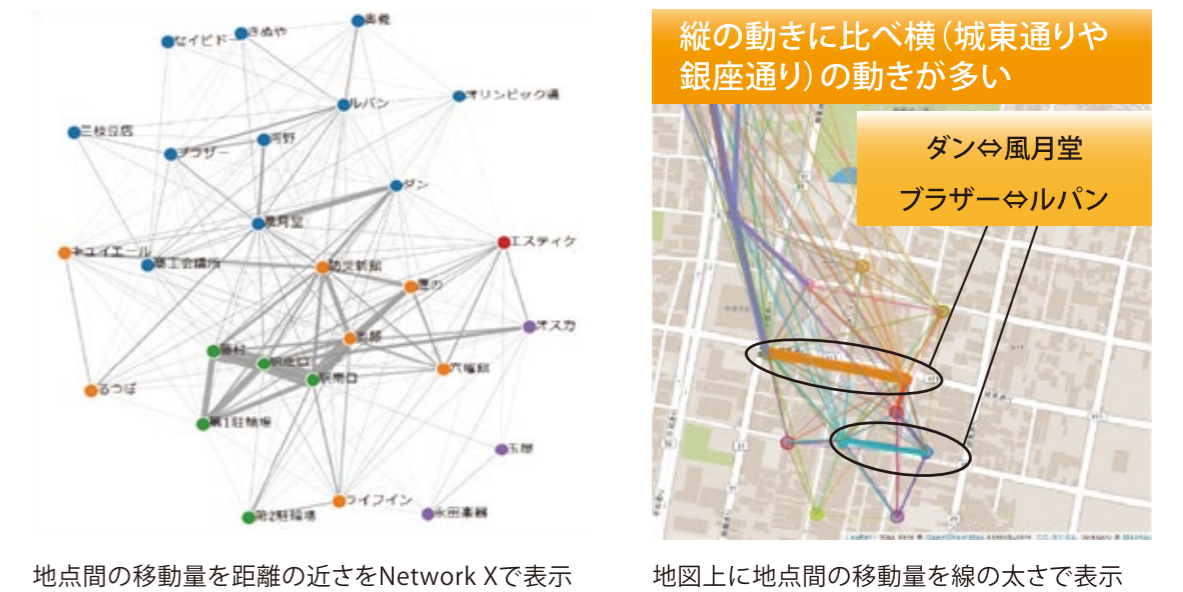


2018/9/23

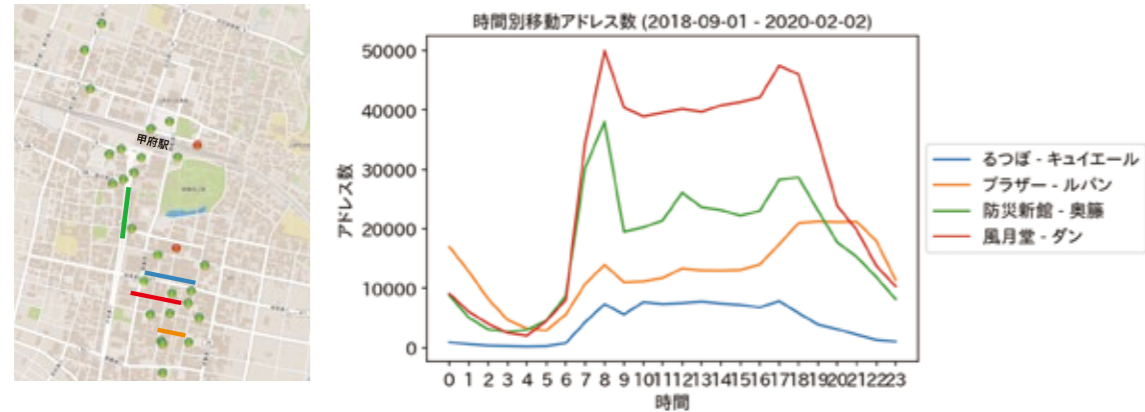
時間のアドレス変化(9月23日)



地点間流動データの可視化



地点間移動アドレスの時間変化

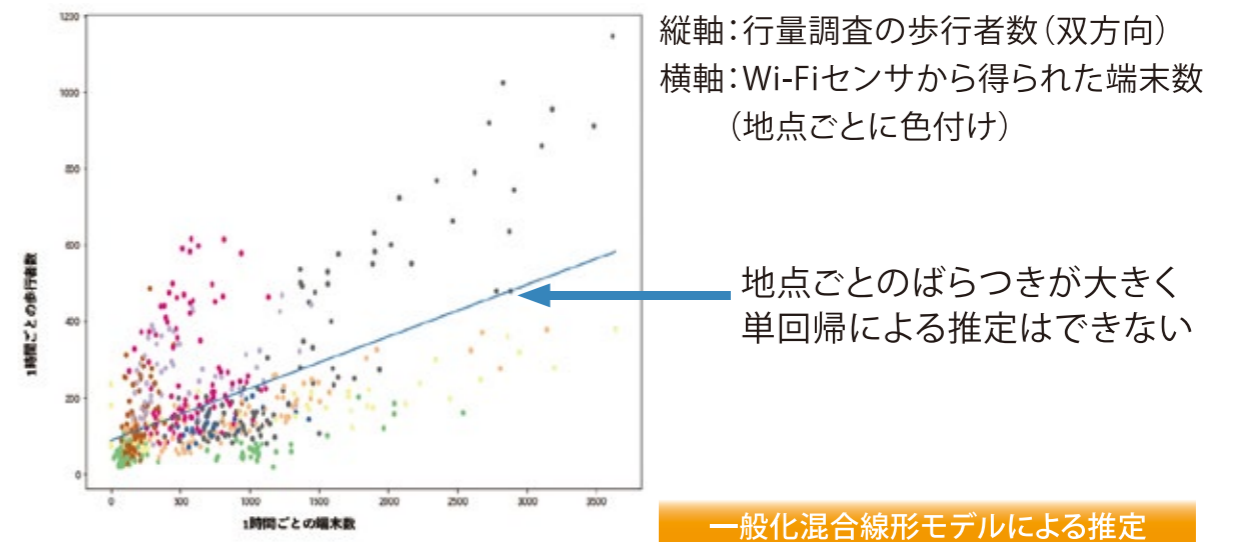


城東通りでは朝夕は通勤時間帯に多く観測

平和通りも朝夕は通勤時間帯に多く観測

銀座通りは夕方時間帯に多く観測

歩行量調査の実測値と端末数の比較



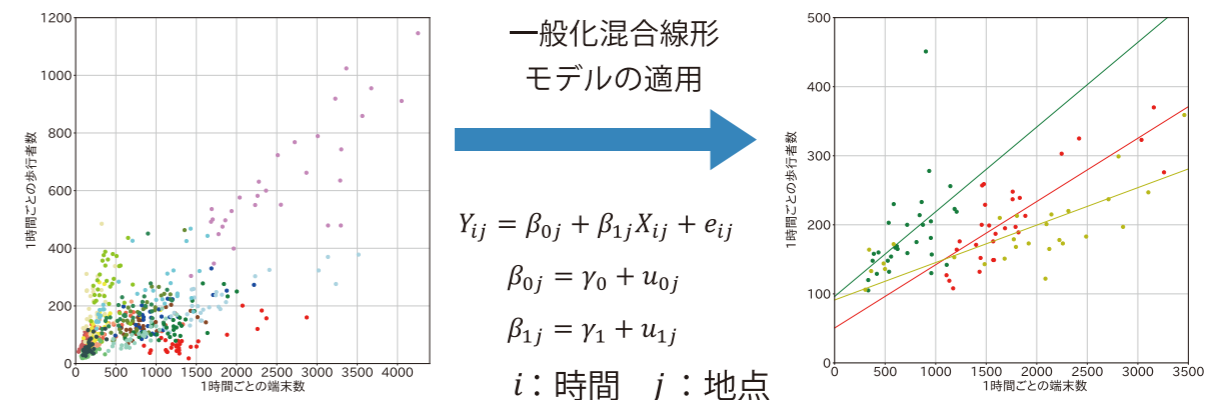
実測値: 甲府市歩行量調査データ



甲府市街地で毎年11月最終週の金・土・日曜日に21地点での目視による歩行量調査を実施
各地点の歩行者、自転車、原動機付自転車の数を方向別に調査

	北へ				南へ				合計
	歩行者	自転車	原付	計	歩行者	自転車	原付	計	
10:00~11:00	122	21		143	182	21		203	346
11:00~12:00	238	27		265	312	19		331	596
12:00~13:00	440	40		480	515	29		544	1,024
13:00~14:00	274	15		289	326	33		359	648
14:00~15:00	218	31		249	231	16		247	496
15:00~16:00	237	24		261	263	33		296	557
16:00~17:00	271	28		299	305	59		364	663
17:00~18:00	526	49		575	498	73		571	1,146
18:00~19:00	535	41		576	611	59		670	1,246
19:00~20:00	411	41		452	500	58		558	1,010
小計	3,272	317	0	3,589	3,743	400	0	4,143	7,732

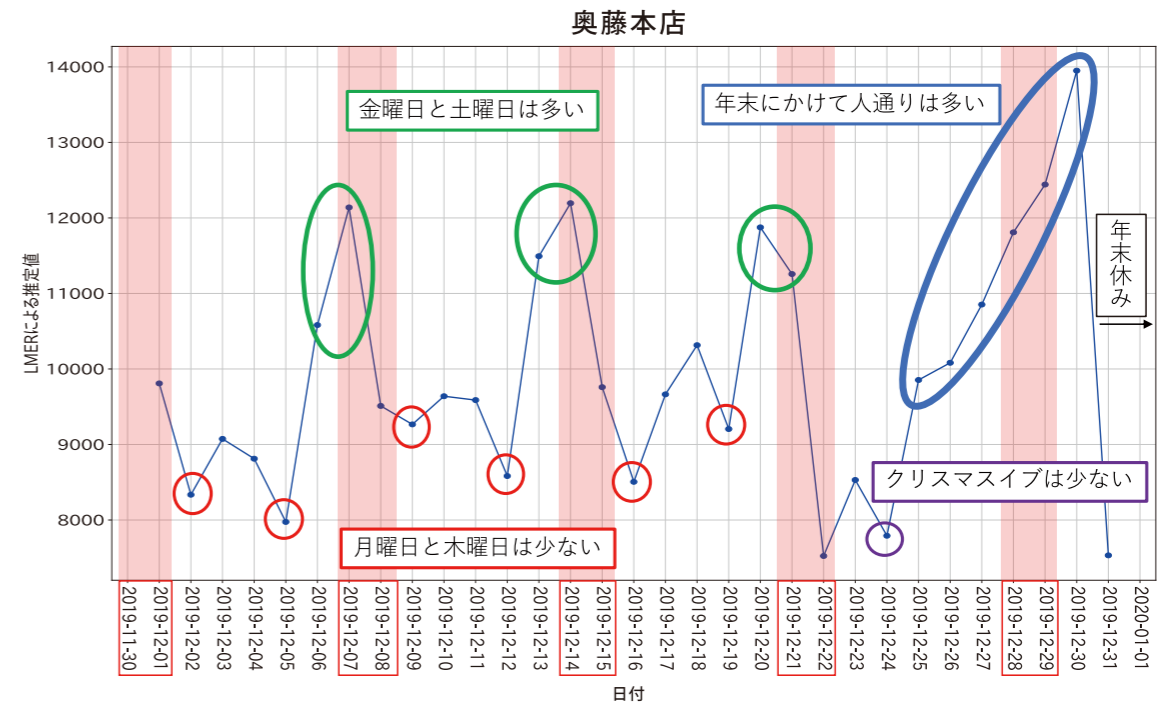
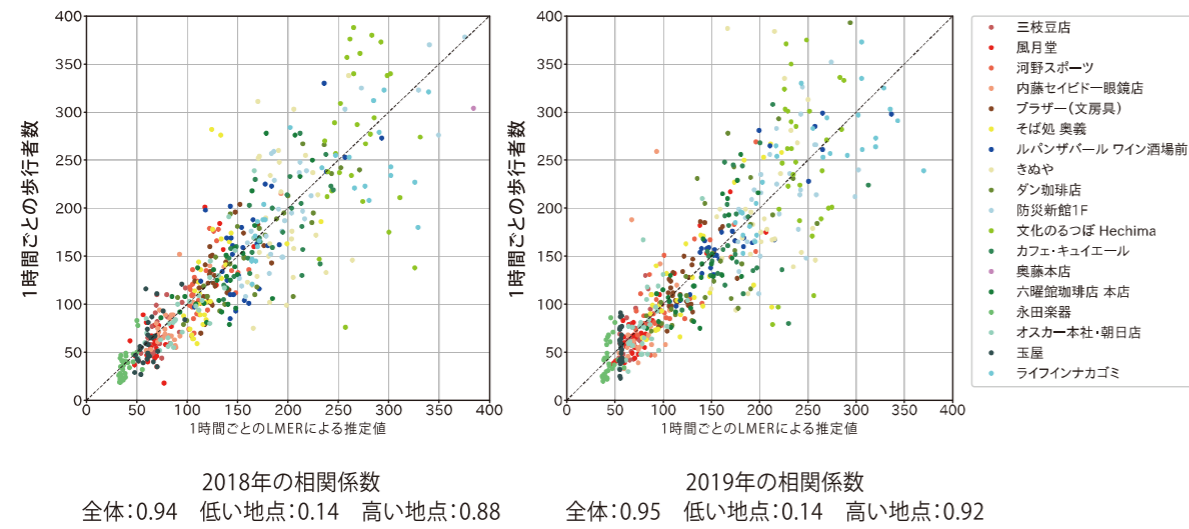
「平成29年度 甲府市中心市街地歩行量調査結果報告書」(甲府市)
(<https://www.city.kofu.yamanashi.jp/shoko/business/sangyo/shinko/documents/kekka.html>)



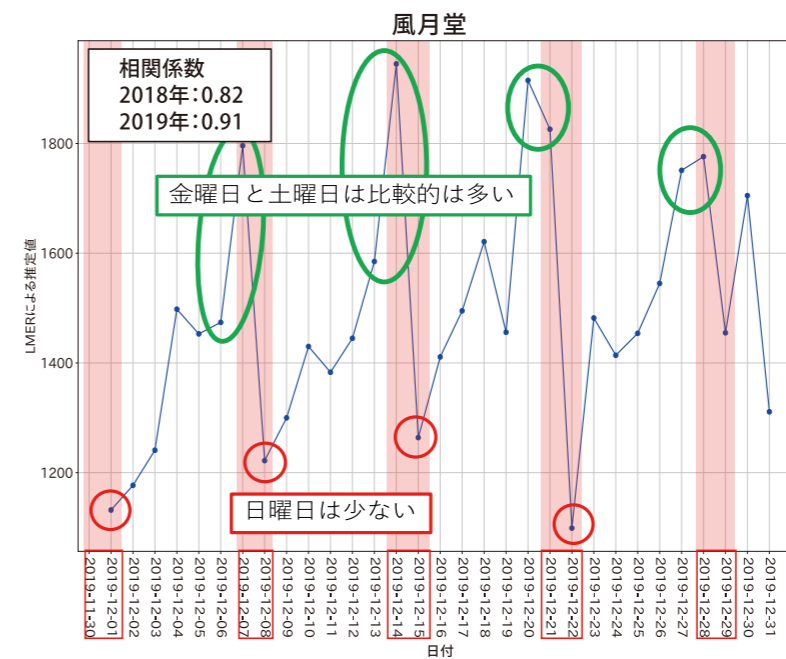
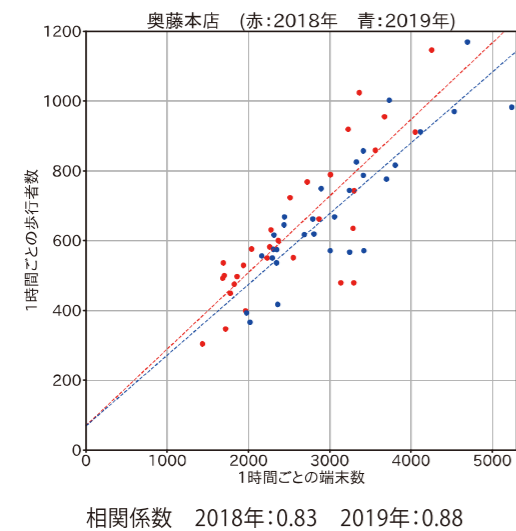
γ_0 : 全地点の固定効果の切片 u_{0j} : 地点ごとのランダム効果の切片
 γ_1 : 全地点の固定効果の傾き u_{1j} : 地点ごとのランダム効果の傾き

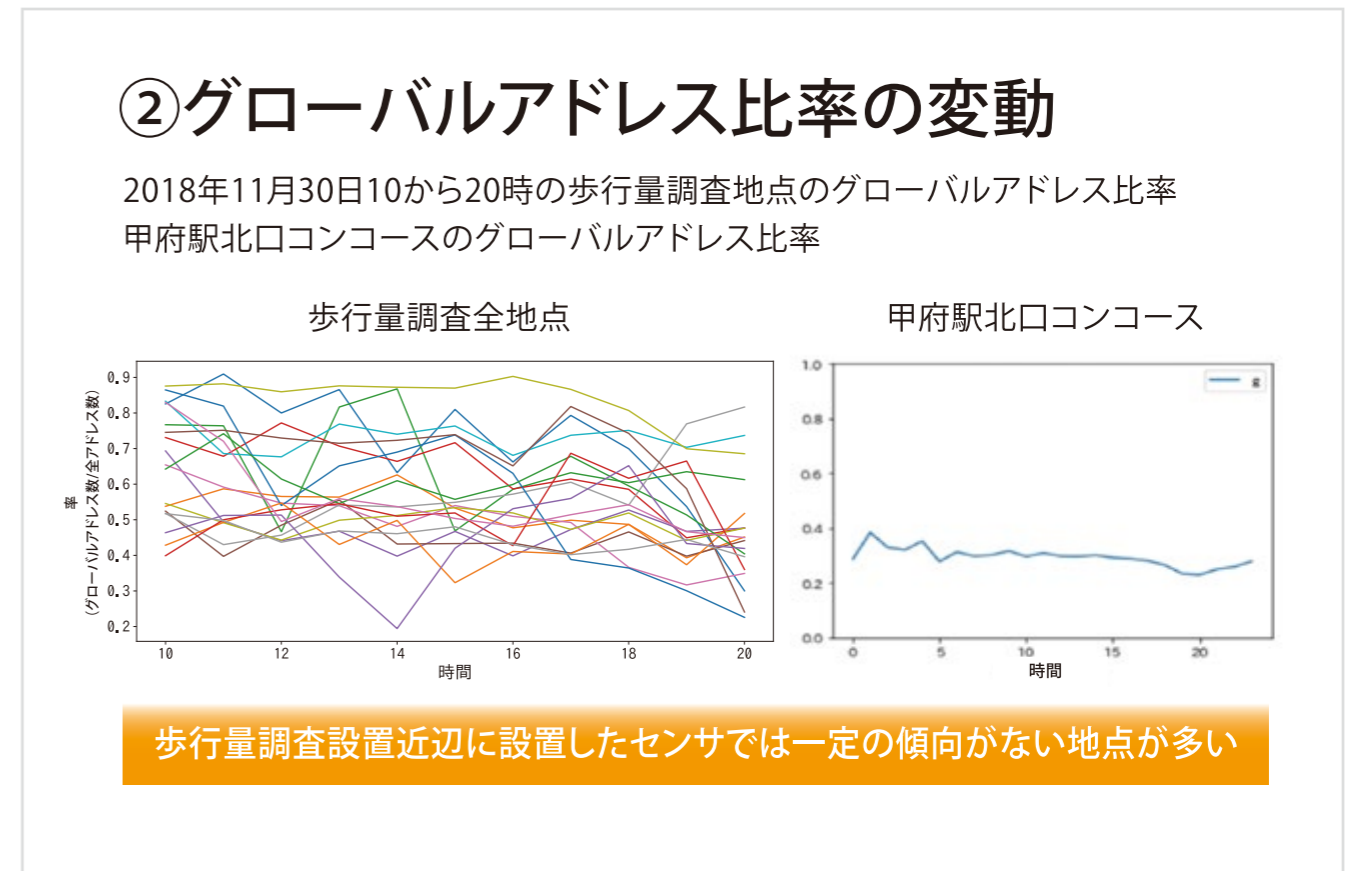
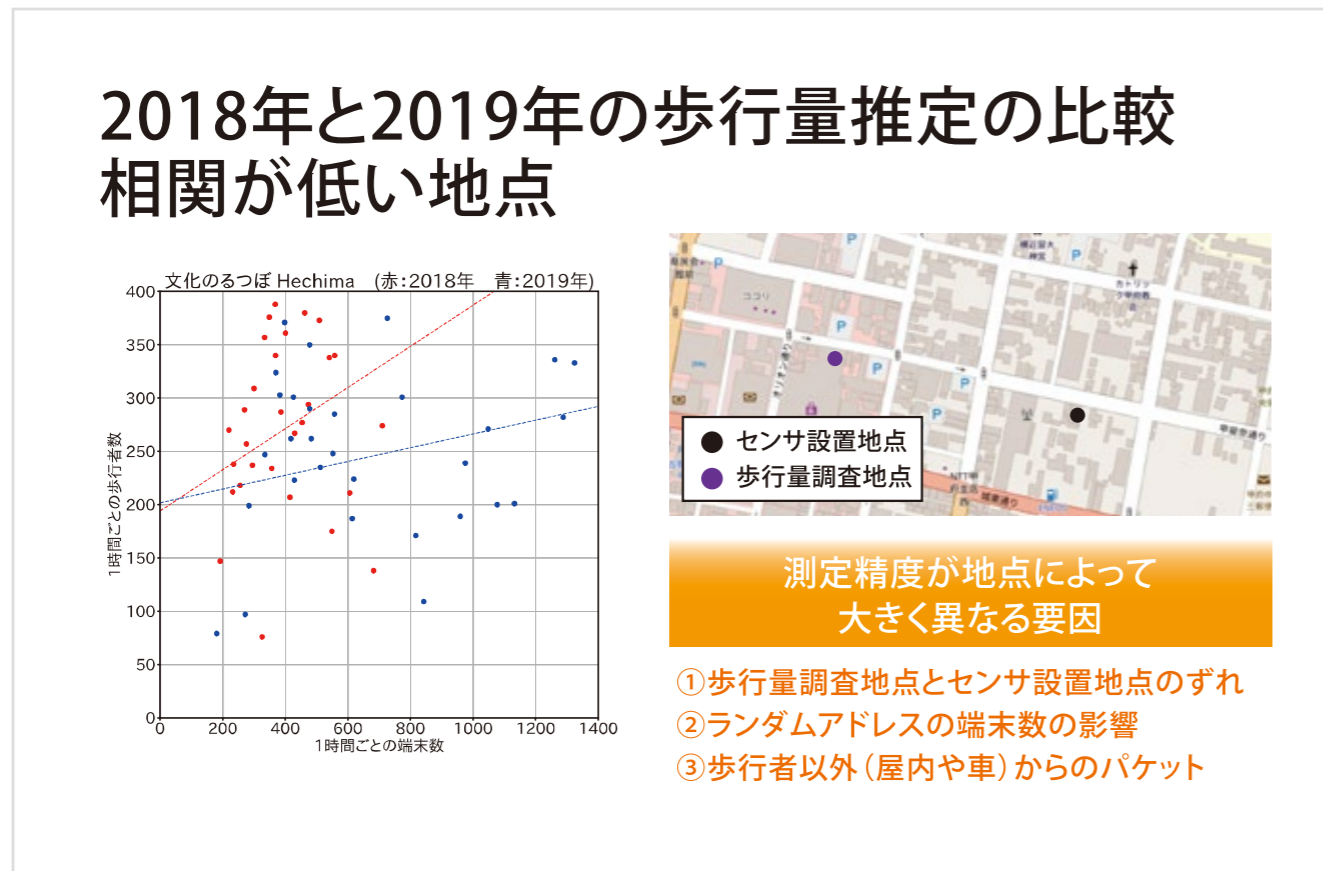
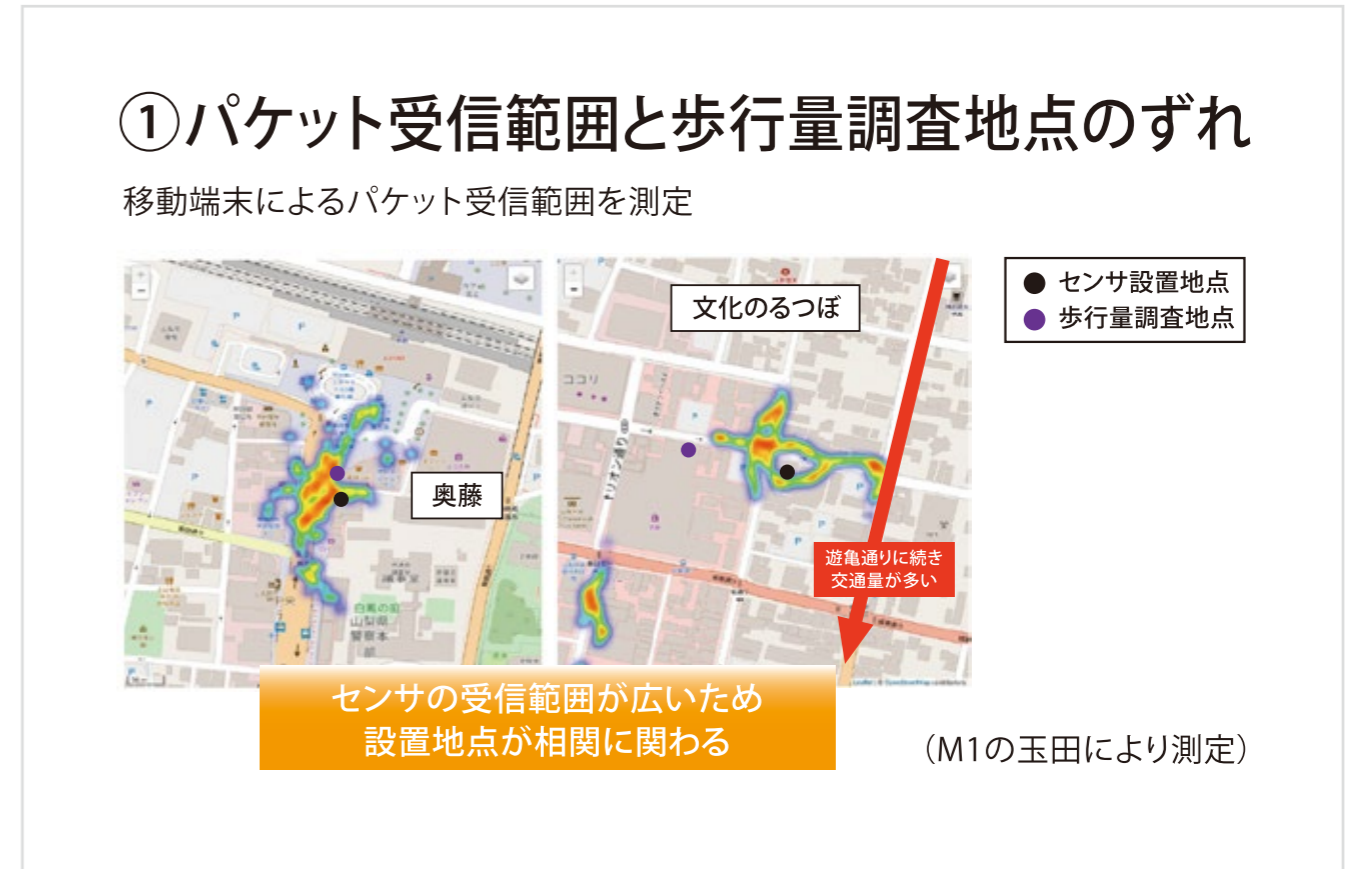
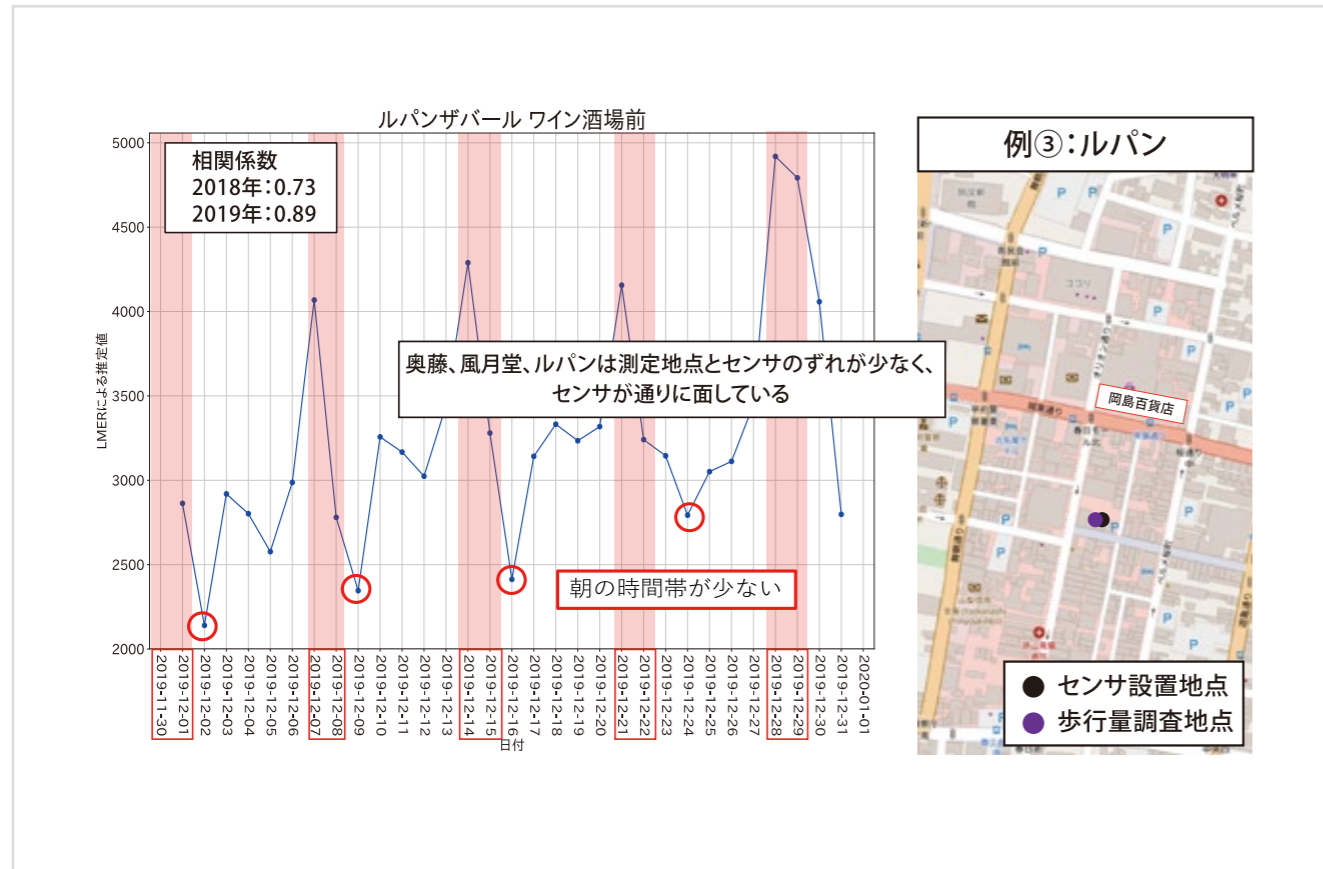
statsmodels(pythonモジュール)のmixedlmを利用(Rではlmer)
statsmodels.formula.api.mixedlm(pedestrian ~ device, data, groups = point, re_formula = ~ device).fit()

2018年と2019年の推定精度の差



2018年と2019年の歩行量推定の比較 相関が高い地点





ランダムアドレスを考慮した端末数の推定

全端末のプロブパケット発信間隔を τ と考える

$$P_a = n_g \frac{T}{\tau} + n_l \quad \frac{\tau}{T} = \frac{n_g}{P_a - n_l}$$

$$N = n_g + n_l \frac{\tau}{T}$$

$$N = n_g + n_l \frac{n_g}{P_a - n_l}$$

P_a : 全パケット数

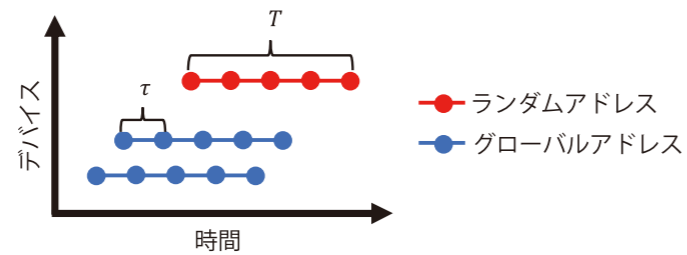
n_g : グローバルアドレス端末数/単位時間

n_l : ランダムアドレス端末数/単位時間

T : 平均滞在時間

τ : プロブパケット発信間隔

N : 端末数/単位時間

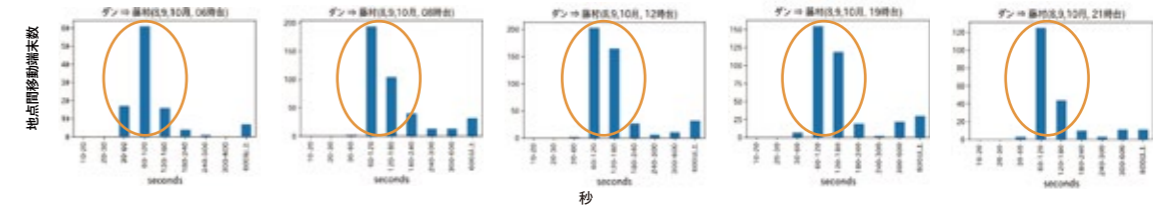


ランダムデバイスは毎回違うアドレスで
プロブパケットを発信

③車のパケットの分離地点間 移動端末の移動時間分布

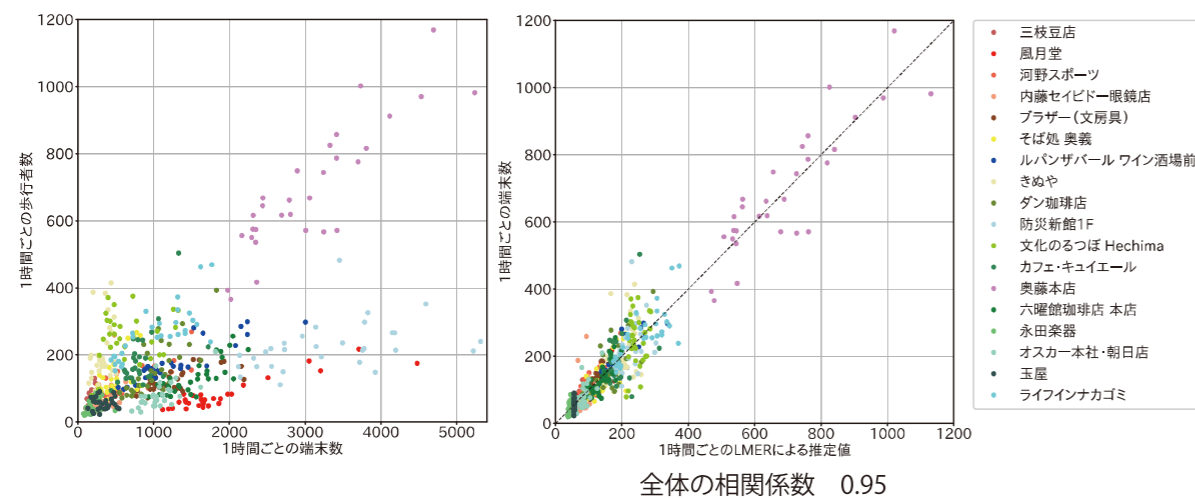
ダンと藤村記念館の距離は約700m⇒5km/hで
約8分歩行の速度は4~6km/h

2019/8/1~10/31
ダン⇒藤村記念館の地点間移動の移動時間分布



ほとんど車もしくは自転車と考えられる

ランダムアドレスを考慮した補正の効果



まとめ

・行ったこと

- ・Wi-Fiパケットセンサシステムの製作
- ・集計データを提供するWebサイトの構築
- ・一般混合線形モデルによる歩行者数の推定および実測値との比較
- ・歩行量調査値とのずれの検討

・今後の課題

- ・Webページでの歩行量の年間の推定値表示の公開
- ・歩行者と屋内の滞在者や車からのパケットの分離

謝辞

長期にわたってセンサ機器を設置させていただいた店舗等の皆様に深く感謝申し上げます。

また、甲府市中心街地歩行量調査を毎年実施されている山梨学院大学の伊東洋晃教授には調査報告の公表に先立ってデータを提供していただきました。感謝いたします。