

複数の統計データの融合による 都市内の人の移動行動推計と時点更新

日高 健¹・志賀 孝広²

¹株式会社豊田中央研究所 社会システム研究領域 (〒 480-1192 愛知県長久手市横道 41-1)
E-mail: hidaka@mosk.tytlabs.co.jp

²株式会社豊田中央研究所 社会システム研究領域 (〒 480-1192 愛知県長久手市横道 41-1)
E-mail: t-shiga@mosk.tytlabs.co.jp

公的機関によって公開されているオープンデータや市販の統計データを活用することで、個人情報保護を気にすることなく都市内の移動行動を推定する技術の開発を行っている。しかしながら、利用する統計データの調査年度によっては情報が古く、実態を十分に反映できない場合がある。そこで、本研究では他の公開データを用いて情報を更新する手法を提案する。提案手法を用いて実都市における滞在人口の推定を行い、携帯基地局の情報から得られる人口統計データと比較を行った結果、1日のどの時間帯に対しても精度良く滞在人口を推計できることが明らかになった。

Key Words: agent-based simulation, non-identifiable statistics, human mobility and activity

1. はじめに

近年、カーシェアリングやライドシェアリング、ライドソーシングなどの多様なモビリティサービスの普及に伴い、車を所有しない(利用する)選択肢が充実してきている。こうした新しいモビリティサービスを企画・設計する上では、人の移動行動の本質的な理解、すなわち、いつ、どこで、誰(どんな属性の人)が、何の目的で移動を行うかを理解することが重要である。

人の移動行動に関する研究は、交通計画の分野では四段階推計法やアクティビティベースドモデルを中心として長年に渡り数多くの研究が蓄積され、移動行動の理解に多大な貢献を果たしてきた^{1),2),3),4),5),6)}。こうした分析手法の多くはパーソントリップ調査などの大規模なアンケート調査に基づく詳細な移動記録を必要とするが、こうした大規模調査は時間的・金銭的なコストが大きいため、近年では地方都市などでは継続的な調査が困難な場合も多い。

一方で、GPSなどの測位技術の進展、スマートフォン等の様々なセンサーを搭載した端末の普及等に伴い、大量の位置情報に関するデータが収集できるようになった。さらに、計算機能力の発達、データマイニング手法の進展に相まってデータから人の移動行動の理解に迫る研究も盛んになっている^{7),8),9),10)}。しかしながら、個人の位置情報等のデータは極めて私的なデータであるため、個人情報保護の観点からその活用はまだまだ限定的であると言わざるを得ない。

こうしたなか、著者らは国勢調査や生活時間調査のような個人情報を一切含まない統計データに着目し、これらを統合することにより疑似的な人の移動行動データを生成する手法の開発を行っている¹¹⁾。公的機関が公開するオープンデータや市販の統計データのみを用いて移動行動を生成することから個人情報保護を気にすることがなく、また、使用するデータは基本的にどれも日本全国をカバーするデータであるため、全国どの自治体に関しても移動行動の生成が可能である。これにより、これまで金銭的・時間的コストの大きさから大規模な調査が困難であった自治体に対しても安価に、かつ簡便に移動行動データを提供することが可能となり、交通政策立案などに役立てることができると考えられる。

しかしながら、公的機関によって行われる大規模な統計調査の多くは5年おきなど比較的長いスパンで行われており、調査のタイミングによっては現状を上手く再現できない場合がある。例えば、商業統計データは平成29年2月末に最新版である平成26年商業統計の1kmメッシュデータが公開となったが¹²⁾、それまでは平成19年の調査が最新のものであり、これ以降に開店した商業施設は反映されていなかった。また別の問題として、受診・診療行為については、医療機関ごとの外来患者数を示す統計データがなく、医療機関の規模を推計することが困難であった。このように、移動目的ごとの魅力度に相当するデータの整備・更新が課題であった。そこで、本論文ではこうした移動目的ご



図-1: 移動行動生成モデルの概要

との魅力度をより更新頻度の高い別の公開データを手掛かりに算出し、更新する手法を新たに提案する。

本論文の構成は以下の通りである。まず、2. では、移動行動生成モデルの概要を述べる。3. で対象となる地域の選定について述べたあと、続く 4. において、本論文で提案する魅力度の算出、更新方法について述べる。5. では、携帯電話の基地局情報から得られるデータを用いて滞在人口の推定精度について評価を行い、6. では、生成した移動行動データを用いた分析の例について説明し、最後に 7. でまとめを行う。

2. 移動行動生成モデルの概要

提案する移動行動生成モデルは 3 つのステップにより移動行動の生成を行う (図-1)。移動行動生成モデルの詳細に関しては既報¹¹⁾に譲ることとして、以下では概略を述べる。

(1) 属性の付与

国勢調査の地域メッシュ統計に基づいて、居住地のメッシュと性別、年齢 (5 歳区分) を持つ疑似的な個人 (エージェント) の生成を行う。

(2) 行動の付与

総務省の社会生活基本調査¹³⁾ や NHK の国民生活時間調査¹⁴⁾ 等のいわゆる生活時間調査データに基づき、エージェントに 1 日の行動系列を付与する。生活時間調査データは主に 2 つのデータから構成される。1 つは、ある時刻において該当行為を行っている人の割合を指す「時間帯別行為者率」であり、もう 1 つは、1 日のなかで該当行為を 1 度でもした人の割合を指す「1 日の行為者率」である。しかしながら、行為間の遷移確率はデータからは与えられないため推定する必要がある。

そこで、著者らは行為間に 1 次のマルコフ性を仮定し、「時間帯別行為者率」を制約とした以下の (拡張された) エントロピー最大化問題として遷移確率を求める問題を定式化した¹¹⁾。

$$\text{Minimize } \sum_{i,j} (1 - \beta_i \delta_{ij}) a_{ij}^{(t)2} \quad (1a)$$

$$\text{subject to } \sum_i a_{ij}^{(t)} = 1, \quad (1b)$$

$$a_{ij}^{(t)} > 0 \quad \forall i, j, \quad (1c)$$

$$y_i^{(t+1)} - \sum_j a_{ij}^{(t)} y_j^{(t)} = 0. \quad (1d)$$

ここで、 β_i は同じ行為の続きやすさを制御するパラメータ、 $a_{ij}^{(t)}$ は時刻 t において行為 j を選んだ人が、時刻 $t+1$ において行為 i を選択する確率、 $y_i^{(t)}$ は時刻 t における行為 i の行為者率を表す。式 (1b) と (1c) は遷移確率行列が満たすべき性質を表しており、式 (1d) は各時間帯における行為者率を保証するための条件になっている。 β_i は「1 日の行為者率」と最も適合するように調整し、そのときの遷移確率行列が解として得られる。解として求められた遷移確率行列を用いることで、確率的に行動の系列を付与することができる。

(3) 目的地の付与

最後に、1 日の滞在场所 (目的地) の付与について説明を行う。移動は行動が変化するときが発生すると仮定し、行動が変化した際には Wilson のエントロピーモデル¹⁵⁾を用いて目的地を選択する。目的地の選択確率は、

$$P \left(\text{pos}^{(t+1)} = m \mid \text{act}^{(t+1)} = i \neq j, \text{pos}^{(t)} = l \right) = \frac{A_l B_m O_l D_m e^{-\gamma c_{lm}}}{\sum_{m'} A_l B_{m'} O_l D_{m'} e^{-\gamma c_{lm'}}}. \quad (2)$$

と表すことができる。ここで、 $\text{pos}^{(t)}$ は時刻 t における位置、 $\text{act}^{(t)}$ は時刻 t における行動、 O_l はメッシュ l における発生量、 D_m はメッシュ m における集中量、 c_{lm} は lm 間の距離、 A_l, B_m, γ はパラメータを表す。このモデルでは、あるメッシュ間の移動量は、発生量 (移動需要) と集中量 (魅力度) にそれぞれ比例し、また距離が近いほど移動量が大きくなることを表す。

本論文では、この目的別の魅力度の算出方法について提案を行う。詳しい方法については、4. で述べる。

3. 対象地域の選定

対象地域の選定の条件として以下の 2 つの条件により選定を行った。

1. 移動が対象範囲内で比較的閉じていること
2. 平成 19 年以降に大規模な商業施設等が開店していること

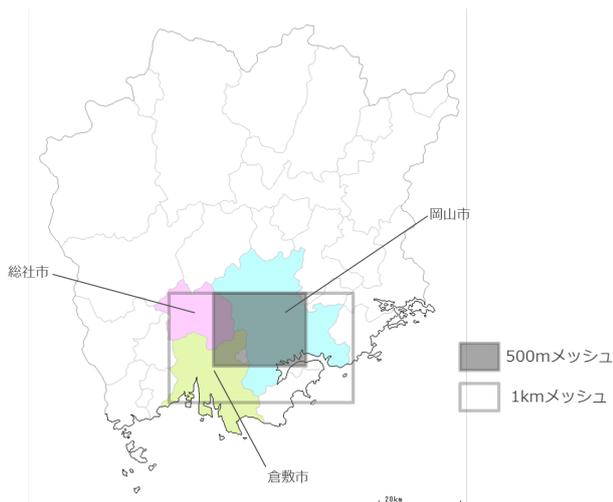


図-2: 対象地域 (CraftMap¹⁷) をもとに作成

1つ目の条件は現状のモデルが対象範囲外への移動を陽に扱うことができないための条件であり、また、2つ目の条件は提案する手法によって移動の変化を捉えることができるかを確認するための条件となっている。

条件を満たす地域として岡山市を選定した。岡山市は岡山県の県庁所在地で人口約 70 万人、2009 年には政令指定都市に指定されている。また、その南側を瀬戸内海、北側を中国山地に囲まれており、多くの移動を東西に制限された地域でもある。岡山市中心部には平成 26 年末 (2014 年末) にイオンが西日本最大規模の旗艦店と位置付ける「イオンモール岡山」が開店している¹⁶⁾。

図-2 に対象とする地域を示す。都市雇用圏図¹⁸⁾を参考に近隣の倉敷市、総社市を含む範囲で対象地域を設定した。対象地域は標準地域メッシュの 2 次メッシュ区画で 12 区画分、東西約 40km、南北約 30km の約 1,200km² となった。

対象地域内の総人口は約 125 万人、うち対象とする 15-79 歳人口は約 98 万人となった¹⁾。計算時間の削減のため、メッシュサイズは中心部の 20km 四方のみを 4 次メッシュ (500m メッシュ) とし、その他のエリアを 3 次メッシュ (1km メッシュ) とした。メッシュの数は合計で 2,400 となった。

4. 適用方法

本章では、移動の対象とする 4 つの目的 (仕事/学業/買物/受診・診療) について魅力度の算出方法を説明する。

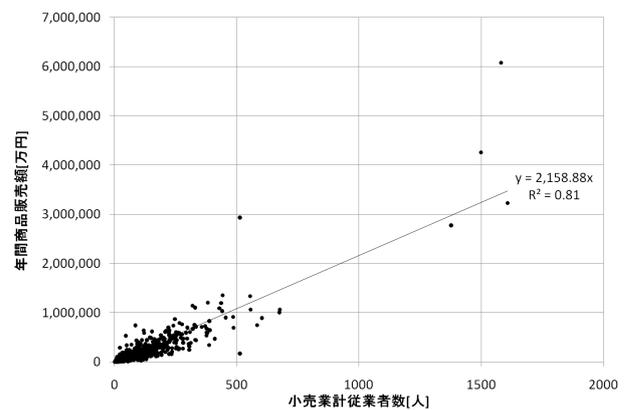


図-3: 小売業計従業者数と年間商品販売額の関係

(1) 仕事の魅力度

仕事の魅力度は、平成 26 年経済センサス 500m メッシュデータの全産業従業者数をそのまま用いた¹⁹⁾。

(2) 学業の魅力度

学業の魅力度には、学校ポイントデータ²⁰⁾に収録されている緯度経度をメッシュごとに集計した生徒数を用いた。ただし、学校ポイントデータに収録されている生徒数は全ての学校の生徒数を網羅しておらず、また大学に関しては生徒数ではなく入学定員が収録されているため、各学校の HP を参考に生徒数の情報を収集した。専修学校については生徒数が記載されていない学校がないため、入学定員 × 履修年数により算出した。表-1 に校態別の生徒数の算出方法についてにまとめる。

(3) 買物の魅力度

買物の魅力度には、商業統計から得られる小売業の年間商品販売額を用いた。ただし、メッシュ内の小売事業所数が 2 店舗以下の場合、販売額は秘匿されるため、秘匿のされていない項目である小売業計従業者数と年間商品販売額の関係を用いて、秘匿されているメッシュの年間販売額を推定した。図-3 に小売業計従業者数と年間商品販売額の関係を示す。ここでは、単純な線形関係を仮定し、得られた回帰式を用いて秘匿されているメッシュの販売額を推定した。

しかしながら、冒頭にも述べたように商業統計は H19 年 (2007 年) のデータであるため、最近の実情が反映されていない。前述のように岡山市中心部には「イオンモール岡山店」が開店し、これにより周囲の買物の人流れは大きく変わったと考えられる。これを反映するため、商業統計の調査日である 2007 年 6 月 1 日以降に大規模店舗立地法に基づいて届出のあった大規模店舗 (店舗面積が 1,000m² 以上) について岡山県、岡山市、倉敷市の各 HP に公開されている届出情報を取

表-1: 校態別の生徒数算出方法

| 校態区分 | 対象 | 県内の数 | 生徒数の算出方法 |
|----------|----|----------|-------------|
| 大学 | ○ | 52 (学部別) | 各校の HP より抽出 |
| 大学院 | ○ | 14 | 各校の HP より抽出 |
| 短期大学 | ○ | 23 (学科別) | 各校の HP より抽出 |
| 高等専門学校 | ○ | 4 (学科別) | 各校の HP より抽出 |
| 高等学校 | ○ | 89 | ポイントデータより抽出 |
| 高等学校通信課程 | | 3 | |
| 中等教育学校 | ○ | 2 | 生徒数 ÷ 2 |
| 中学校 | | 172 | |
| 小学校 | | 419 | |
| 幼稚園 | | 330 | |
| 盲学校 | | 1 | |
| 聾学校 | | 1 | |
| 養護学校 | | 13 | |
| 各種学校 | | 15 | |
| 専修学校 | ○ | 49 | 募集定員 × 履修年数 |

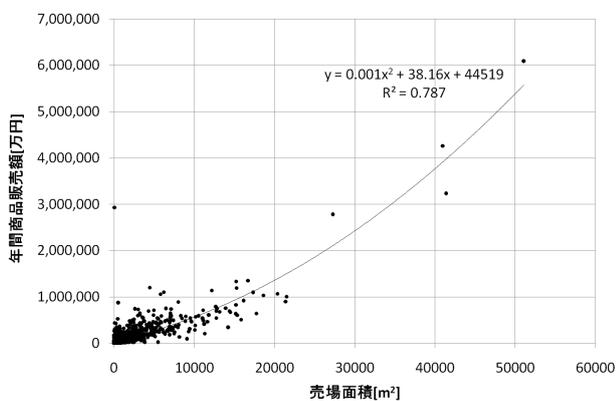


図-4: 売場面積と年間商品販売額の関係

集した^{21),22),23)}。次に、予め商業統計から売場面積と年間販売額の回帰式を求めておき、この回帰式をもとに新規店舗の年間販売額の推計を行った(図-4)²⁾。この販売額を商業統計から得られるメッシュ別の販売額と足し合わせることで現在の販売額を算出し、買物の魅力度とした。

(4) 受診・診療の魅力度

医療機関のポイントデータは国土交通省の国土数値情報ダウンロードサービスより入手可能である²⁴⁾。しかしながら、ポイントデータから作成される魅力度はメッシュ内の医療機関数であり、医療機関の規模を考慮できるものとはなっていない。一方で、厚生労働省地方厚生局が公開している保険医療機関・保健薬局のコード内容別医療機関一覧表²⁵⁾からは常勤医師数・非常勤医師数等の情報を収集できる。そこで、常勤医師

数を足掛かりに1日の平均外来患者数の推定を行った。まず、厚生労働省病院報告²⁶⁾から病床規模別にみた1病院当たりの常勤換算医師数のデータから病床規模と常勤換算医師数を対応づけ、さらに外来患者延数、病院の種類、病床規模のデータから外来患者と病床規模を対応づけることで常勤換算医師数と平均外来患者数を対応づけた(図-5)。求められた常勤換算医師数と平均外来患者数の関係を図-6に示す。この結果から、常勤換算医師数1人であれば約34人の外来患者数という関係が得られた。

国土数値情報と中国四国厚生局管内の医療機関一覧表の名寄せ作業によって約85%の病院・診療所において常勤医師数を取得することができた。残りの約15%の病院・診療所に関しては一律30人の外来患者数とした。また、歯科医院に関しては一律20人の外来患者数とした。

外来患者数の推計の妥当性を検証するため、岡山医師研修支援機構HPの登録医療機関²⁷⁾に平均外来患者数の記載のあった39件に関して推計値との比較を行った(図-7)。推計値が実績に比べて約3割過少に推計されている理由として、常勤換算医師数ではなく、常勤医師数を用いて推計を行っているためであると考えられる。常勤換算医師数を求めるには非常勤医師数を常勤医師数に換算する必要があるが、今回魅力度として用いる分には相対的な値が意味を持つため、常勤医師数から推定した平均外来患者数を魅力度として用いることとする。

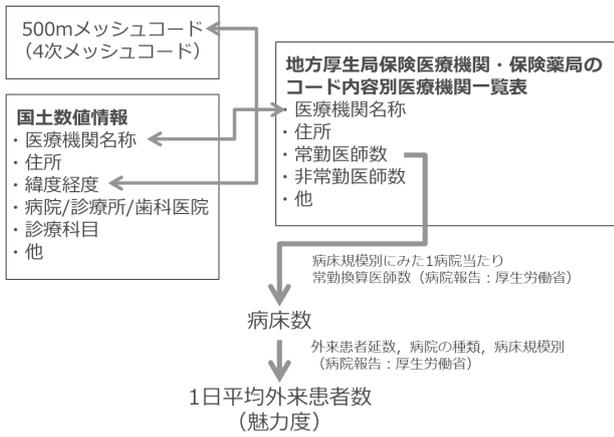


図-5: 受診・診療の魅力度算出の考え方

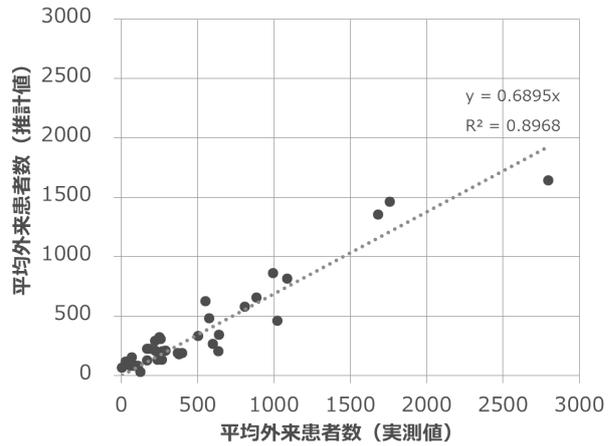


図-7: 平均外来患者数の実績値と推計値の比較

(実績値は岡山医師研修支援機構 HP より²⁷⁾)

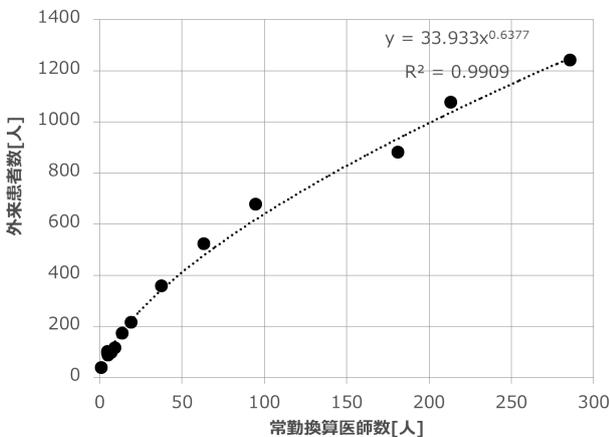


図-6: 常勤換算医師数と平均外来患者数の関係

表-2: 校態別の生徒数算出方法

| | |
|-------|------------|
| 対象区域 | 岡山市全域 |
| 期間 | 2015年4月の平日 |
| 曜日 | 平日 |
| 時間帯 | 6-21時の1時間毎 |
| 年代 | 10歳階 |
| 空間分解能 | 1km |

推定ができていることが分かる。ただ、一部のメッシュにおいて過大に推定されている様子が見て取れる。過大推定が起きているメッシュの位置を調べたところ、岡山駅周辺の数箇所のメッシュと岡山大学を含むメッシュであることが分かった。まず、岡山駅周辺に関して、滞在者の移動目的の内訳を調べたところ仕事目的の人が多かった。このことから考えられる原因としては、魅力度の指標である経済センサスの全従業員数がパートタイマーなどの短時間労働者を含んでいるにも関わらず、仕事の魅力度としては他の正社員と同様に扱われているために、中心部のサービス業の多い地域において魅力度が過大に評価されているという可能性である。また、岡山大学を含むメッシュに関しては隣接メッシュの滞在者数が過少に推定されており、魅力度の按分が上手くいっていないことが原因と考えられる。これらのメッシュに関しては魅力度を調整することでさらに推定値をモバイル空間統計に近づけることが可能である。

5. 滞在人口を用いた評価

(1) 評価データの概要

滞在人口の評価には、NTTdocomo が販売を行っているモバイル空間統計を用意した²⁸⁾。モバイル空間統計はNTTdocomoの携帯ネットワークの仕組みを使用して作成される人口統計情報で、docomoのユーザ約6,500万人の所在する基地局の情報を用いることから比較的高い信頼性を持つ滞在人口を提供することが出来る。

今回の評価にあたっては、岡山市全域のデータを入手した。データの諸元については表-2に示す通りである。

(2) 滞在人口分布の比較

図-8に3時間ごとの滞在人口の分布を示す。滞在人口の空間分布はどの時間帯に対しても良い再現ができていることが分かる。また、滞在人口の比較の散布図を図-9に示す。こちらもどの時間帯を見ても概ね良い

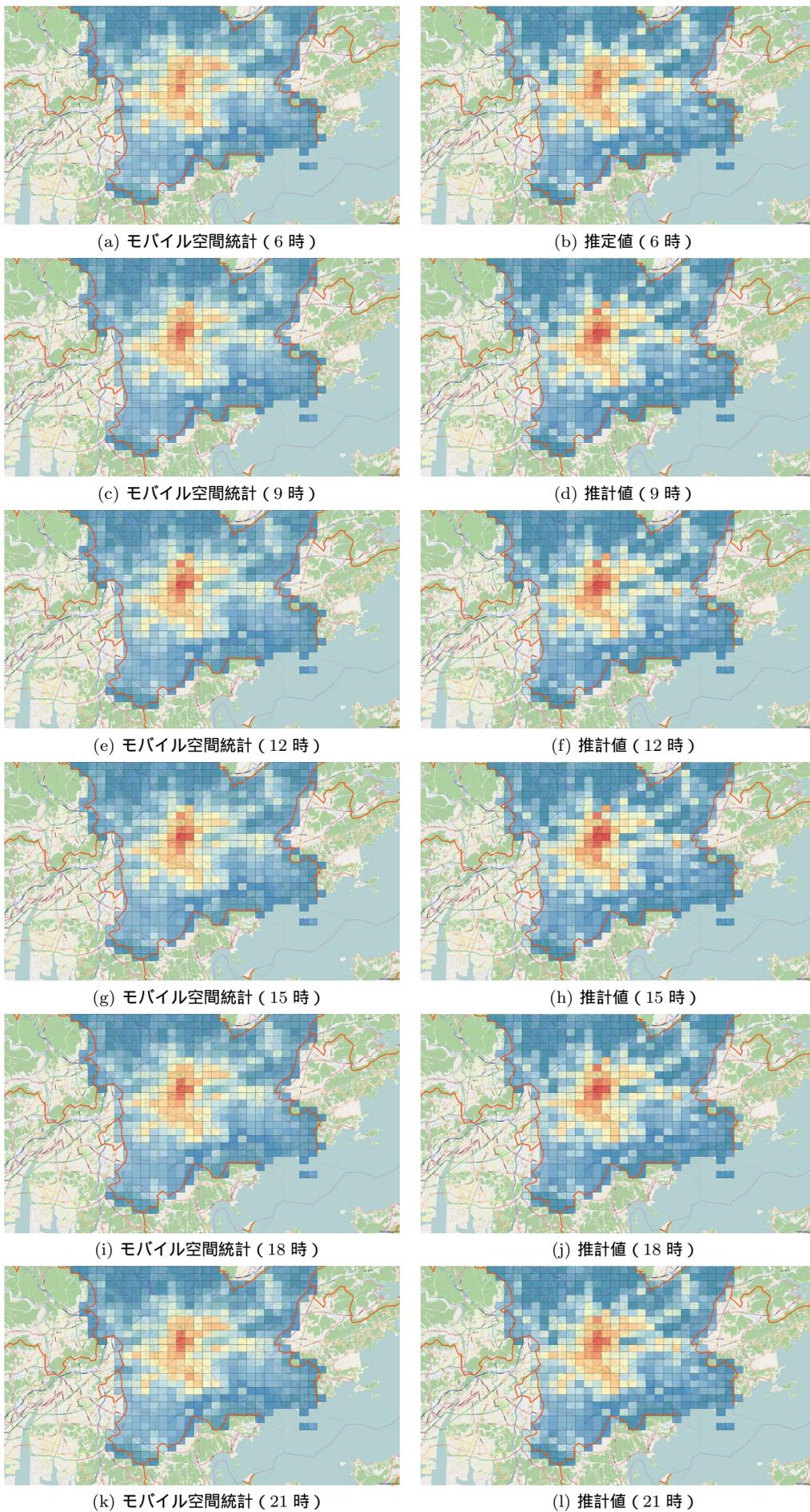


図-8: 滞在人口の空間分布の比較

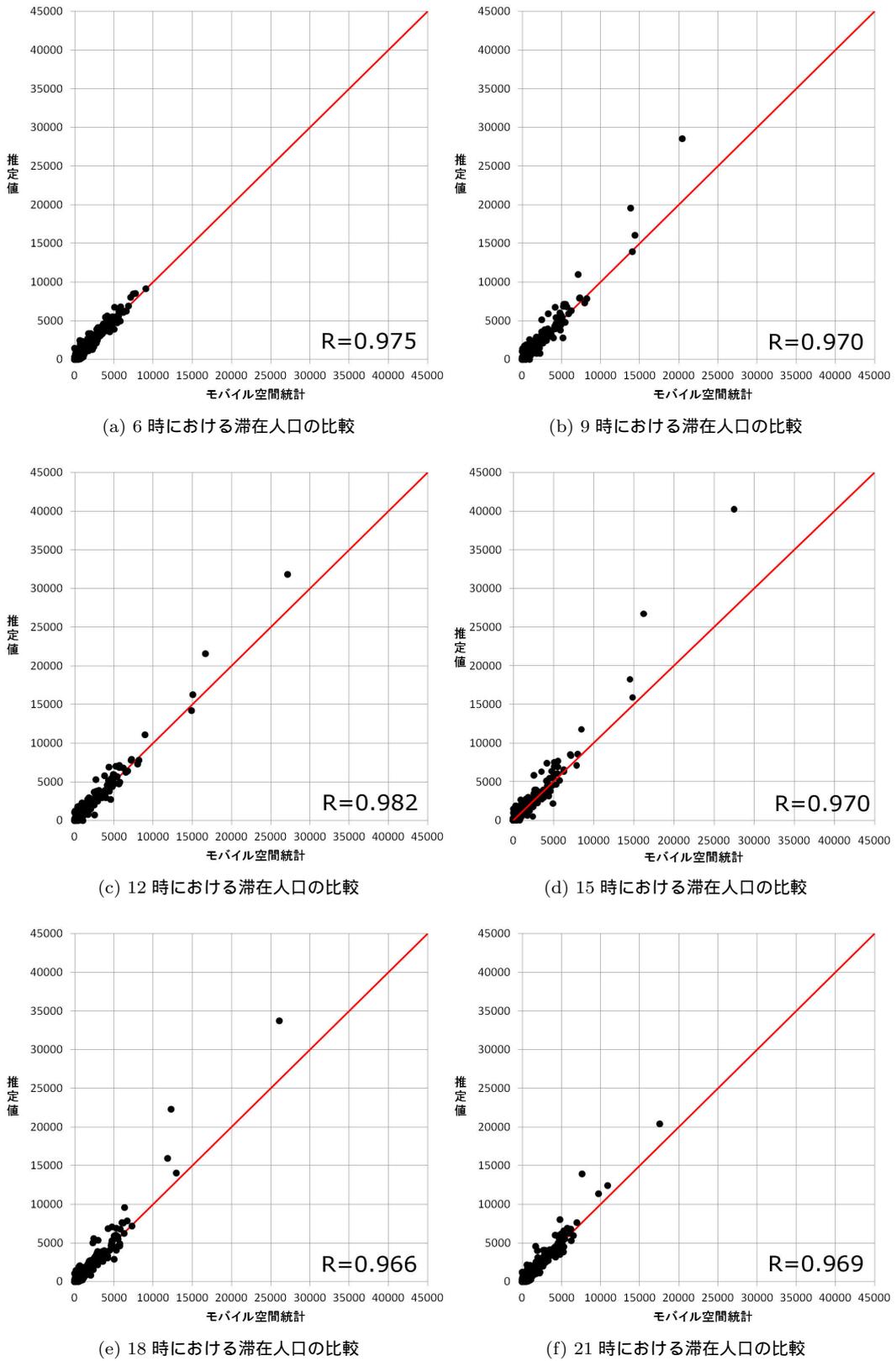


図-9: 滞在人口の比較

6. 移動行動分析の例

(1) 医療機関への通院圏域分析

岡山市における移動行動分析として、まず岡山市内の 3 医療機関（岡山大学病院，済生会病院，赤十字病院）の通院圏域の分析を例に挙げる．ここでは，目的が受診・診療になる直前に滞在したメッシュを集計し，通院圏域を求めた．結果を図-10 に示す．図より市の中心部に位置する岡山大学病院，済生会病院の通院圏域が似通っている様子が分かる．一方で，南側に位置する赤十字病院は南側を中心とした通院圏域を示している．

(2) 商業施設の商圈分析

続いて，2014 年 12 月 5 日に開店したイオンモール岡山の商圈を移動行動データから分析する．図-11 にイオンモール岡山の商圈を示す．図より岡山市内の主要地域をほぼカバーする広い商業エリアを持っていることが分かる．さらに，時間帯の違いを見るためにイオンモール岡山のあるメッシュに 10-12 時に到着した人と 17-21 時に到着した人の発生地点分布を比較する．特徴的なのは午前中に到着する人の方が広い範囲から来ているのに対して，夕方以降に到着する人は狭い範囲より来ているということである．この理由として，仕事の後に買物をする人が多いことによると考えられる．

7. まとめ

本稿では，人の移動行動推定技術を適用する際に問題であった魅力度の設定方法について新たな方法の提案を行った．また，手法を岡山市に適用し，その性能の評価を行った．

モバイル空間統計を用いた滞在人口の評価では，いずれの時間帯も精度の良い推定ができていたことが分かった．実際，豊田市での評価に比べて精度が高い理由として，岡山市の移動が対象範囲内で閉じていることも理由に挙げられるが，買物や受診・診療の魅力度の設定が上手く機能しているからだと考えられる．

また，本手法を用いた移動行動分析の例として，病院の通院圏域の分析や商業施設の商圈分析の例を示した．さらに時間帯別の分析によって，トリップ連関によってトリップ発生地点の違いの例を示した．

本手法は入手がしやすいデータを基に作成しているため，日本全国どこでも適用可能な手法であり，また，プライバシーを気にすることなく，いつ，どこで，誰が，何の目的で，移動を行うのかの分析を行うことができる．以上の理由からパーソントリップ調査などの大規模な調査に比べて，低コストかつ適用範囲の広い

手法であり，汎用性の高い手法であると言える．

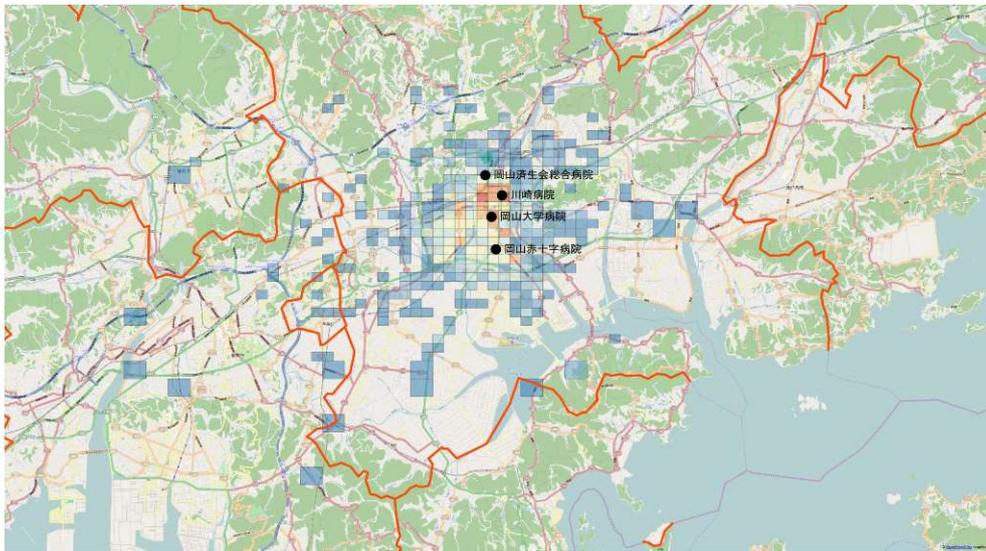
今後は，どこからどこへの程度の人が移動するのか（OD 交通量）についても検証を行い，モビリティサービスの設計に活かしていく．

注釈

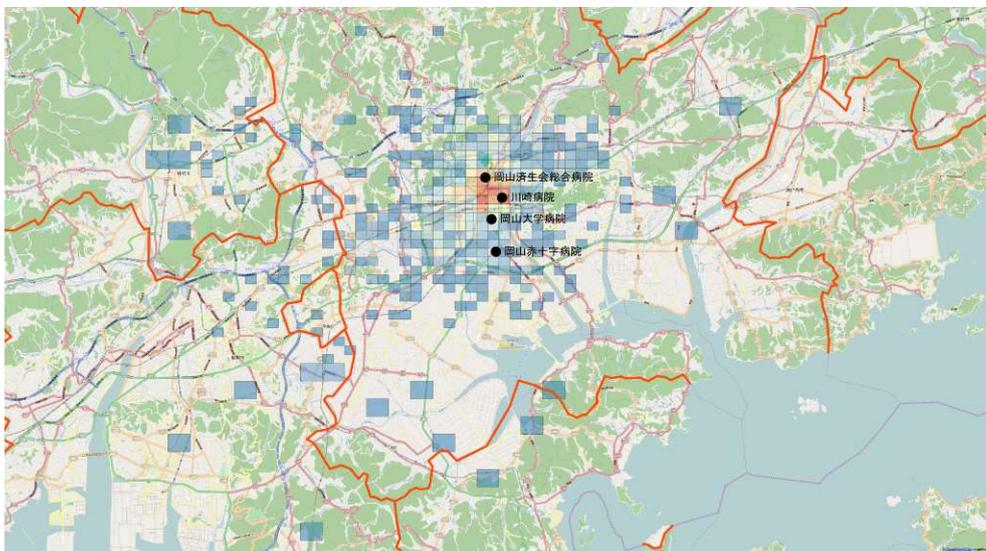
- ¹ 評価に用いるモバイル空間統計の対象年齢に合わせてデータ作成を行ったため
- ² 店舗面積は売場面積に加え，ショーウィンドーやサービス施設などを含むため過大推計となることが予想されるが，入手できるデータがないため店舗面積をそのまま用いた

参考文献

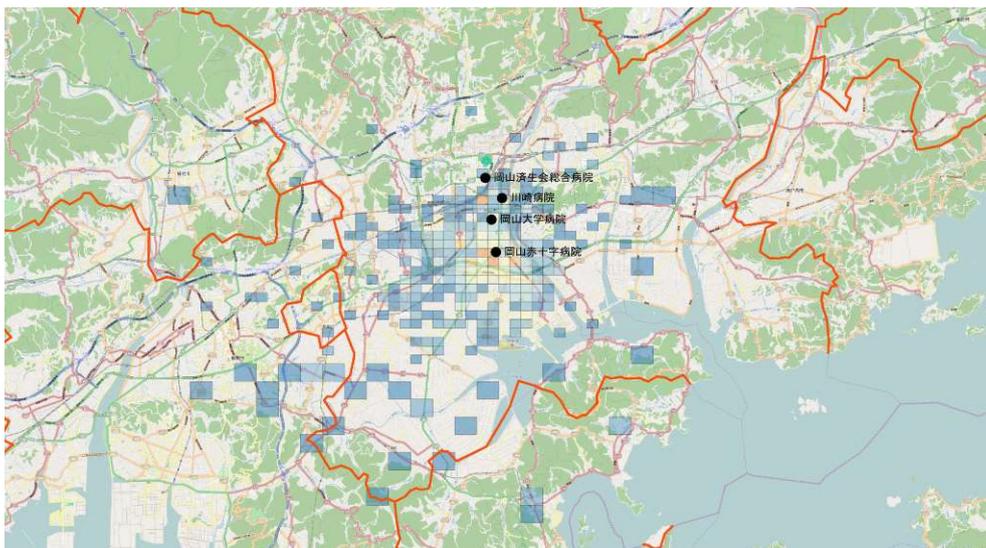
- 1) 藤井聡, 大塚祐一郎, 北村隆一, and 門間俊幸: 時間的空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築, 土木計画学研究・講演集, Vol. 14, pp. 643-652, 1997.
- 2) Ben-Akiva, M. and Bowman, J.: Activity based disaggregate travel demand model system with daily activity schedules, *Transportation Research Part A*, Vol.35, No.1, pp.1-28, 2000.
- 3) Bhat, C. R., Goulias, K. G., Pendyala, R. M., Paleti, R., Sidharthan, R., Schmitt, L., and Hu, H. H.: A household-level activity pattern generation model with an application for Southern California, *Transportation*, Vol.40, No.5, pp.1063-1086, 2013.
- 4) Miller, E. J. and Roorda, M. J.: A Prototype Model of Household Activity/Travel Scheduling, *Proceedings of the 82nd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, Washington D.C., 2003.
- 5) Arentze, T. A. and Timmermans, H. J.: A learning-based transportation oriented simulation system, *Transportation Research Part B: Methodological*, Vol.38, pp.613-633, 2004.
- 6) Recker, W. W.: The household activity pattern problem: General formulation and solution, *Transportation Research Part B*, Vol.29, No.1, pp.61-77, 1995.
- 7) Furlotti, B., Cintia, P., Renso, C., and Spinsanti, L.: Inferring human activities from GPS tracks, *Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing*, Chicago, 2013.
- 8) Hasan, S., Lafayette, W., and Ukkusuri, S. V.: Understanding Urban Human Activity and Mobility Patterns Using Large-scale Location-based Data from Online Social Media, *Proceedings of the 2nd ACM SIGKDD International Workshop on Urban Computing*, Chicago, 2013.
- 9) Wu, L., Zhi, Y., Sui, Z., and Liu, Y.: Intra-urban human mobility and activity transition: Evidence from social media check-in data, *PLoS ONE*, Vol.9, No.5, pp.1-13, 2014.
- 10) González, M. C., Hidalgo, C. a., and Barabási, A.-L.: Understanding individual human mobility patterns., *Nature*, Vol.453, No.June, pp.779-782, 2008.
- 11) 日高健, 大野宏司, and 志賀孝広: 集計データの統合による都市内の移動行動データ生成, 土木学会論文集 D3, Vol.72, No.4, pp.324-343, 2016.
- 12) 経済産業省: 平成 26 年商業統計メッシュデータ・ダウンロード, <http://www.meti.go.jp/statistics/>



(a) 岡山大学病院

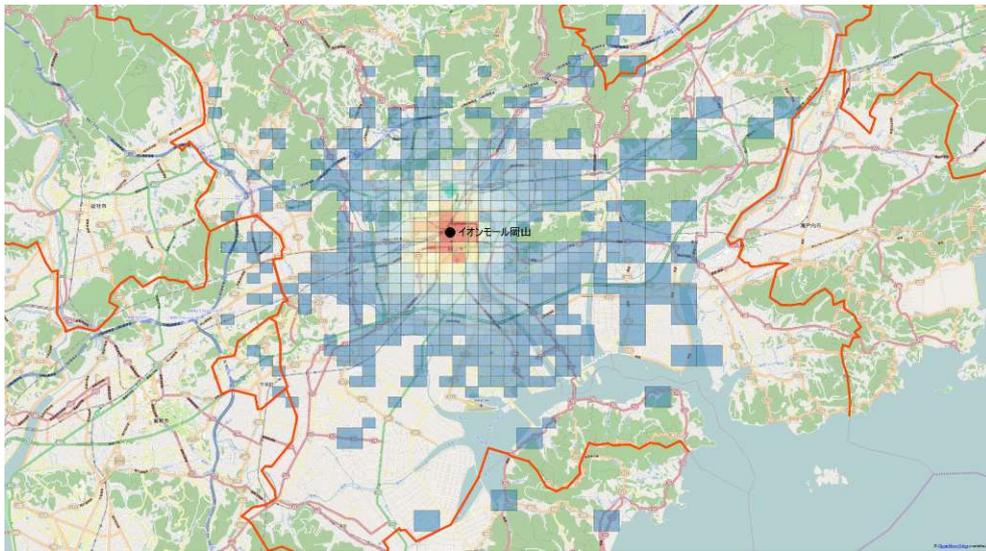


(b) 岡山済生会総合病院

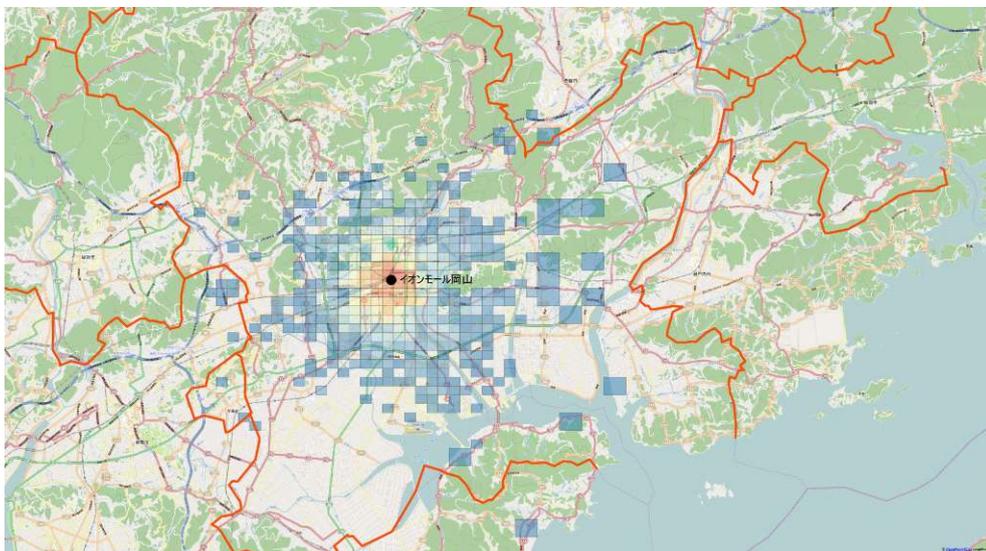


(c) 岡山赤十字病院

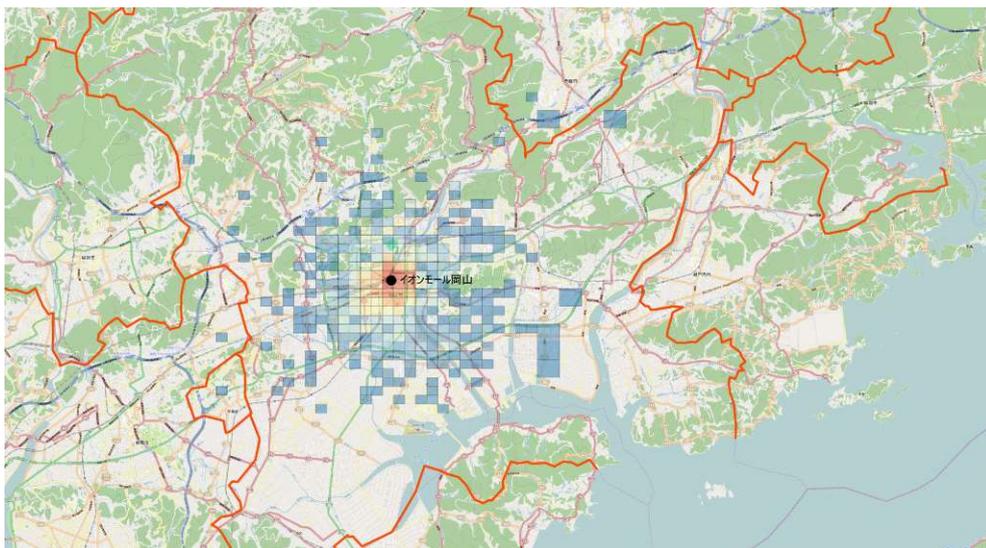
図-10: 推定された病院の通院圏域



(a) 全時間帯



(b) 10-12 時



(c) 17-21 時

図-11: 推定されたイオンモール岡山の商圈

- tyo/syogyo/mesh/download.html, 2017, 最終閲覧 2017.04.
- 13) 総務省統計局: 平成 23 年社会生活基本調査, <http://www.stat.go.jp/data/shakai/2011/index.htm>, 2012, 最終閲覧 2017.04.
 - 14) NHK 放送文化研究所: 2015 年 国民生活時間調査, http://www.nhk.or.jp/bunken/research/yoron/20160217_1.html, 2016, 最終閲覧 2017.04.
 - 15) Wilson, A. G.: A statistical theory of spatial distribution models, *Transportation Research*, Vol.1, No.3, pp.253-269, 1967.
 - 16) AEON: AEON NEWS RELEASE, <http://www.aeonmall.com/upload/1408682956.pdf>, 2014, 最終閲覧 2017.04.
 - 17) CraftMap: CraftMap HP, <http://www.craftmap.box-i.net/>, 2017, 最終閲覧 2017.04.
 - 18) 東京大学空間情報科学センター: Urban Employment Area, <http://www.csis.u-tokyo.ac.jp/UEA/index.htm>, 2010, 最終閲覧 2017.04.
 - 19) 総務省統計局: 平成 26 年経済センサス 基礎調査, <http://www.stat.go.jp/data/e-census/2014/index.htm>, 2014, 最終閲覧 2017.04.
 - 20) 株式会社ゼンリンジオインテリジェンス: 学校ポイントデータ, <http://www.zgi.co.jp/database/point/school.html>, 2016, 最終閲覧 2017.04.
 - 21) 岡山県: 大規模小売店舗の届出, <http://www.pref.okayama.jp/page/detail-44909.html>, 2015, 最終閲覧 2017.04.
 - 22) 岡山市: 大規模小売店舗立地法について, http://www.city.okayama.jp/keizai/sangyou/sangyou_00029.html, 2015, 最終閲覧 2017.04.
 - 23) 倉敷市: 大規模小売店舗立地法届出に関する情報, <http://www.city.kurashiki.okayama.jp/4118.htm>, 2015, 最終閲覧 2017.04.
 - 24) 国土交通省国土政策局国土情報課: 国土数値情報医療機関データ, http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-P04-v2_1.html, 2017, 最終閲覧 2017.04.
 - 25) 中国四国厚生局: 中国四国厚生局管内の保険医療機関・保険薬局のコード内容別医療機関一覧表, <http://kouseikyoku.mhlw.go.jp/chugokushikoku/chousaka/iryokikanshitei.html>, 2017, 最終閲覧 2017.04.
 - 26) 厚生労働省: 病院報告, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/80-1.html>, 2017, 最終閲覧 2017.04.
 - 27) NPO 法人岡山医師研修支援機構: 登録医療機関一覧, https://www.ishikenshuushien.com/institution_search.php, 2017, 最終閲覧 2017.04.
 - 28) NTTdocomo: モバイル空間統計に関する情報, https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/, 2017, 最終閲覧 2017.04.

(2017. 4. 28 受付)

AN APPROACH TO ESTIMATING AND UPDATING INTRA-URBAN HUMAN MOBILITY AND ACTIVITY DATA BY INTEGRATING MULTIPLE STATISTICS

Ken HIDAKA and Takahiro SHIGA