

# 人口流動統計データによる PT 調査の 小サンプルデータの補完に関する一考察

渋川 剛史<sup>1</sup>・森本 章倫<sup>2</sup>・池田 大造<sup>3</sup>・山下 伸<sup>4</sup>・吉田 幸平<sup>5</sup>

<sup>1</sup>正会員 株式会社福山コンサルタント (〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-21)

E-mail:shibu@fukuyamaconsul.co.jp

<sup>2</sup>正会員 早稲田大学 理工学術院 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail:akinori@waseda.jp

<sup>3</sup>非会員 株式会社 NTT ドコモ 先進技術研究所 (〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘 3-6)

E-mail:ikedad@nttdocomo.com

<sup>4</sup>学生会員 早稲田大学大学院 創造理工学研究科建設工学専攻 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)

E-mail:sin-7397@toki.waseda.jp

<sup>5</sup>非会員 株式会社福山コンサルタント (〒112-0004 東京都文京区後楽 2-3-21)

E-mail:k.yoshida@fukuyamaconsul.co.jp

パーソントリップ調査は、都市圏全体において統計的に有意なサンプルを抽出して調査を実施し、全体の動きを把握しているが、地方部の路線バス利用者など全体に占める割合が小さなカテゴリーに含まれる動きは補足精度が低くなっている。

しかしながら今後更に進展する少子高齢社会における都市交通計画の検討を行う上では、これらの絶対量が小規模なカテゴリーに該当する人々の動きを的確にとらえることが重要と考えられる。

このような中で、人口の約半数の動きを補足することができる携帯電話網の運用データを基にした流動データ（人口流動統計データ）が開発され、より精度の高い人流が補足できるようになってきている。このデータは目的や手段が把握できない等の課題があるものの、パーソントリップ調査データの課題を補完するのに非常に有効なデータと考えられる。

本稿では、人口流動統計データの高い精度をパーソントリップ調査データへ反映することを視野に小規模カテゴリーの移動に着目して補足状況やトリップ特性を評価した。

**Key Words :** *urban transportation planning, person trip survey, mobile spatial dynamics, small sample data*

## 1. はじめに

超高齢社会の進展が著しい我が国では、より利便性の高い交通手段の導入や都市構造の見直しなど様々な施策の立案が求められ、この検討に活用できる人の動きの分析が可能なパーソントリップ調査（以下、「PT 調査」とする。）の重要性がますます高まっている。PT 調査は「総合都市交通体系調査の手引き（案）」<sup>1)</sup>では、概ね 10 年ごとに実施することを推奨しているが、調査主体である地方自治体の財政事情の悪化などに伴い、地方都市圏を中心に継続的な実施がなされていない状況である。

また、PT 調査においても統計的に有意なサンプル数を確保している状況ではあるが、自動車分担率の高い地

方都市圏では、わずか数%の分担率である公共交通の利用実態を十分に把握できているともいえない状況と考えられる。

一方、情報通信技術の進展に伴い、携帯電話やカーナビゲーション、交通系 IC カードなどの情報を活用することで、より多くの人の動きを 24 時間、365 日把握することが可能となってきた<sup>2)5)</sup>。情報毎にデータの特性や利用の制約等があるものの、これら交通関連ビッグデータと PT 調査データ等を含む既存の交通関連統計データを組み合わせることで、より詳細な人の動きの把握が期待されている。

このような中で、携帯電話網を活用した人々の動き（OD）の把握が可能な「人口流動統計データ」の実用化に向けた研究<sup>6)</sup>が進められてきており、大量サンプル

(全国約 7,000 万人のうち、法人名義のデータなどを除く)の流動に関する統計情報を 365 日・24 時間の任意時間帯で作成が可能となるなどの質・量ともに優れたデータの都市交通計画への活用が期待されている。

本研究の目的は、都市交通計画への活用が大きく期待され、実用化に向けて研究が進められている「人口流動統計データ」について、その特性や優位性、又は課題に着眼し、PT 調査データと比較・検証を行い、今後の活用可能性を考察することである。

「人口流動統計データ」により、これまで PT 調査を実施しないと把握できない人の動きを把握することが可能になるため、人口減少や高齢化の進展が著しく、早期の都市交通施策の検討・導入が急がれる地方中小都市に対する重要な役割を果たすことも期待できる。

## 2. 人口流動統計データの概要

### (1) 人口流動統計の概要

本研究で用いる人口流動統計は今井ら<sup>9)</sup>が要件定義したデータを基に比較・整理を行った。

人口流動統計とは、NTT ドコモの携帯電話網運用データ(全国の利用者約 7,000 万人のうち、法人名義のデータなどを除く)に基づき、移動・滞留判定を行うことで作成される人口の流動(OD)を示す統計情報である。(図-1)

データ作成処理は、個人を識別するデータの削除(非識別化処理)、人口の推計(集計処理)、推計された人口から少数データデータの除去(秘匿処理)を経て行われている。

このような3段階処理により、複数時間帯に跨る移動量を示す OD 量と、時間帯別の移動人口・滞留人口の推計が可能となる。定義されたデータ要件の範囲内で、24 時間 365 日のうちの任意の日時指定、任意の地域区分によるデータ作成が可能であることが特徴である。

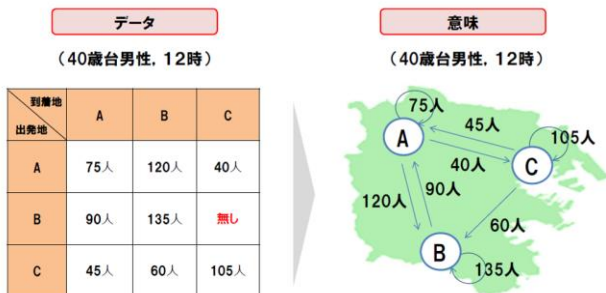


図-1 人口流動統計データのイメージ

### (2) 推計手法

携帯電話網ではいつでも着信できるように、基地局に

おいて一定時間(およそ1時間)毎に携帯電話が所在する基地局エリア(以下、「セル」という。)を周期的に把握しており、この仕組みを活用することで人口流動統計が作成される。

しかしながら、基地局で観測される信号は必ずしも人々の移動に伴い発生するものではないため、観測される信号から移動を判定することが必要となる。今回用いた人口流動統計は、移動・滞留判定基準として 1km 以上離れた基地局で信号を受信した場合を移動として扱い、1km を超えて移動せず 1 時間以上滞在した場合に滞留と判定している。(図-2)

このため、人口流動統計データには 1km 未満のトリップは必然的に存在しないことになる。

移動・滞留判定処理の後、NTT ドコモの携帯電話台数と住民基本台帳人口との比を拡大係数として、拡大処理が行われる。

なお、拡大係数は地域や時間帯毎に NTT ドコモの普及率や携帯電話の在圏状況、性・年齢等の人口構成が異なるため、居住地別に性・年齢・時間帯ごとに設定される。

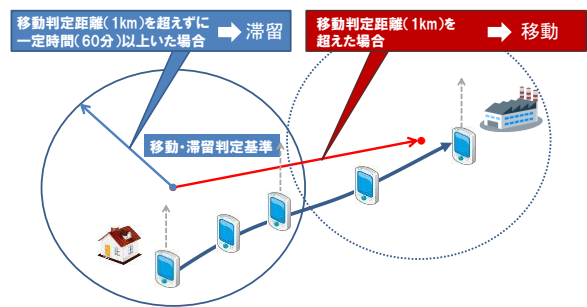


図-2 移動・滞留の判定イメージ

## 3. 宇都宮都市圏を対象としたデータの比較

平成31年のLRT導入を見据えて公共交通網の見直しを検討している宇都宮都市圏を対象にPT調査データと人口流動統計データの比較検証を行う。比較検証に用いる人口流動統計は、NTTドコモにてモバイル空間統計ガイドライン<sup>7)</sup>に準拠し、作成されたものである。

なお、宇都宮都市圏では平成 26 年 5 月に PT 調査を実施しており、この調査結果と平成 27 年 10 月の人口流動統計データを比較した。

### (1) 宇都宮都市圏の概要

宇都宮都市圏は栃木県の中部に位置する 14 市町で構成される都市圏であり、都市圏内ゾーン(計画基本ゾーン)126 が設定されている。このうち宇都宮市中心部に設定されている面積の非常に小さい(1.0km<sup>2</sup>を大きく下

回る) ゾーンを集約し、概ね 1.0km<sup>2</sup>を確保できるゾーンングとした。



図-3 宇都宮都市圏の概要

っているものと想定され、人口規模が小さく、サンプル数が小さくなる自治体ではこの影響により差が大きくなる傾向があると考えられる。

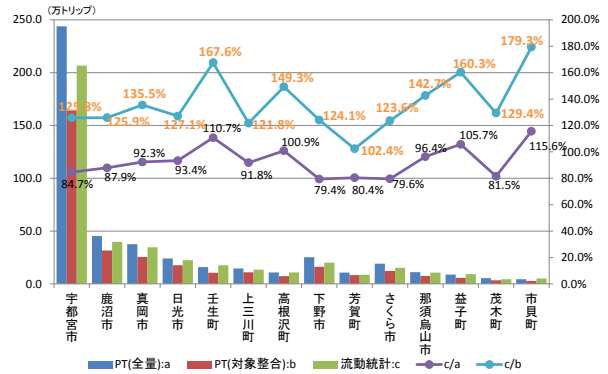


図-4 宇都宮都市圏大ゾーン別発生集中量の比較

(2) 発生集中量の比較

a) 比較を行うための各データの調整

人口流動統計データと PT 調査データの比較を行うため、両データの制約条件に合わせて人口流動統計データ、PT 調査データそれぞれの調整を行い、同一条件となるデータセットを作成した。(表-1)

人口流動統計として、1 日 OD 量および朝時間帯 (6 時台~9 時台) の OD 量を用いた。

表-1 各データの調整内容

データ	項目	調整内容	調整手法
PT	年齢	年齢の整合	15歳未満及び75歳以上のトリップを削除
PT	移動距離	1km未満トリップの削除	小ゾーン内々及び小ゾーン間(直線)1km未満トリップを削除
モバイル	居住地	域外居住者の削除	域外居住者のトリップを削除

※: PTデータはマスターデータから生成したデータ  
 ※: 人口流動統計データ(モバイル)は、計画基本ゾーン単位のデータ(大ゾーン比較はこのデータを集約したもの)  
 ※: 人口流動統計データは、15~74歳のデータ

b) 大ゾーン (市町) 単位の比較

大ゾーン単位の 1 日当たり発生集中量を比較した場合、人口流動統計データが PT 調査データに比べ 2%~79% 多い傾向となった。最も発生集中量が多い宇都宮市では約 25% (約 40 万 TE) 多くなった。(図-4, 図-5) 差のばらつきについては、宇都宮市や鹿沼市、日光市、下野市、さくら市など比較的人口規模の大きい都市では概ね 25%程度人口流動統計が大きい値を示した。一方で人口が 4 万人を下回る町では、40%~80%程度人口流動統計の値が大きい結果となった。ただし、人口規模は 4 万人未満であるがサンプル率の高い芳賀町の整合率は高くなっている。(表-2)

PT 調査はアンケートでのトリップ把握のため、すべてのトリップを把握できていない可能性が否定できないことから、携帯電話により取得されるトリップが多くな

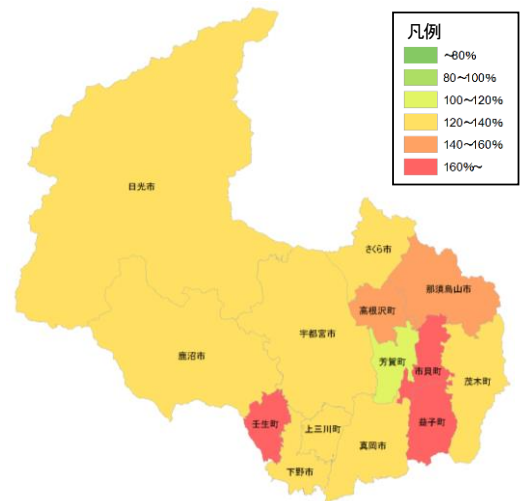


図-5 宇都宮都市圏大ゾーン別発生集中量の比較 (人口流動統計/PT 調査)

市町村名	人口	サンプル率	必要サンプル率	人口流動統計 / PT 調査
宇都宮市	518,761	26.3%	9.41%	125.8%
鹿沼市	98,384	11.6%	4.14%	125.9%
真岡市	79,579	10.7%	4.14%	135.5%
日光市	83,446	—	4.14%	127.1%
壬生町	39,944	12.0%	4.14%	167.6%
上三川町	31,055	13.3%	4.14%	121.8%
高根沢町	29,656	13.3%	4.14%	149.3%
下野市	59,444	11.2%	4.14%	124.1%
芳賀町	15,201	28.2%	9.41%	102.4%
さくら市	44,916	5.5%	1.97%	123.6%
那須烏山市	27,012	7.3%	1.97%	142.7%
益子町	23,299	4.9%	1.97%	160.3%
茂木町	13,188	6.9%	1.97%	129.4%
市貝町	11,724	6.0%	1.97%	179.3%

※: 日光市は対象地域が一部のためサンプル率は非表示としている  
 ※: サンプル率は今回集計値

表-2 宇都宮都市圏の人口規模とサンプル率

つぎに年齢階層別の比較を行った。年齢階層は、20 歳未満 (15~19 歳), 20~64 歳, 65 歳以上 (65 歳~74

歳)の3区分とした。人口流動統計は、5歳階層区分のデータであるため、3区分に集計した上でPT調査データと比較した。比較結果では、全年齢(15~74歳)に比べて差が大きくなり、特に20歳未満(15~19歳)で差が大きくなった。(図-4~図-9)

これは、5歳階層ごとの人口流動統計データでは推計対象となる人口が小さくなるため、計画基本ゾーンレベルでは秘匿処理されるODの組合せが多いことが影響していると考えられる。

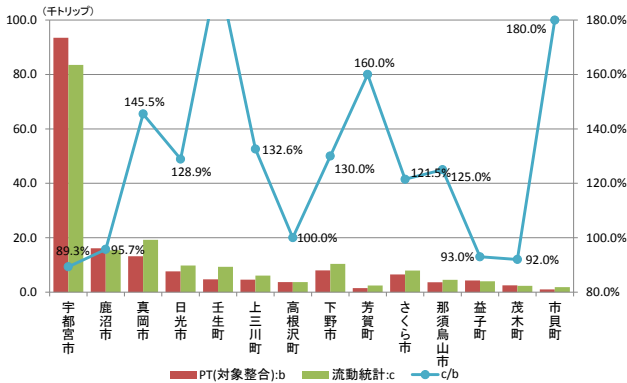


図-6 宇都宮都市圏内市町村別発生集中量の比較 (15~19歳)

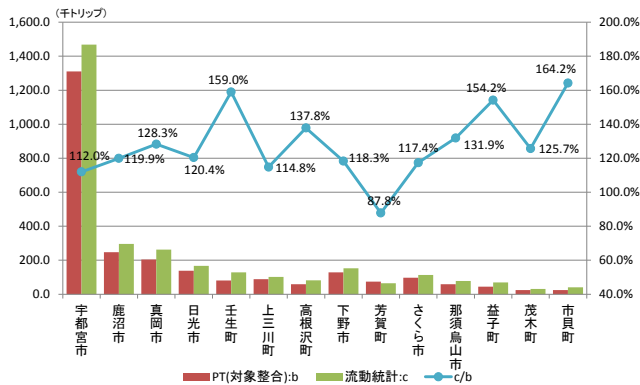


図-7 宇都宮都市圏内市町村別発生集中量の比較 (20~64歳)

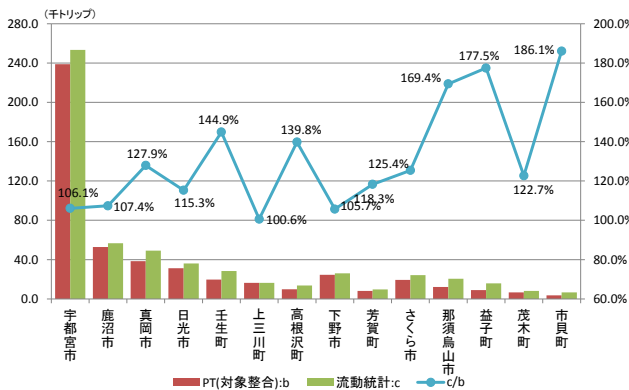


図-8 宇都宮都市圏内市町村別発生集中量の比較 (65~74歳)

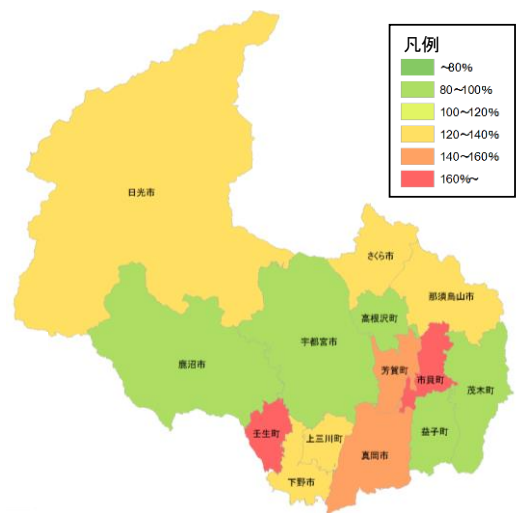


図-9 宇都宮都市圏内市町村別発生集中量の比較 (人口流動統計/PT調査, 15~19歳)

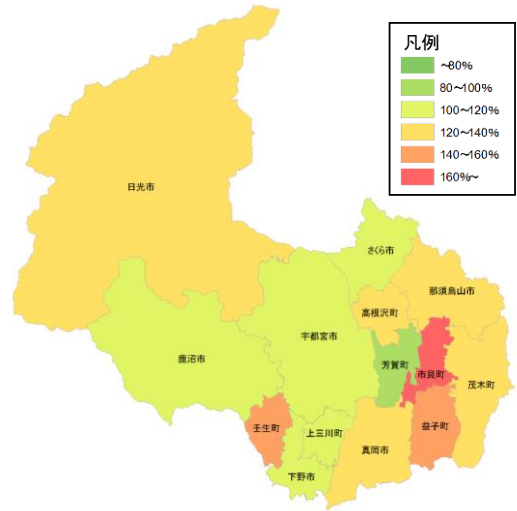


図-10 宇都宮都市圏内市町村別発生集中量の比較 (人口流動統計/PT調査, 20~64歳)

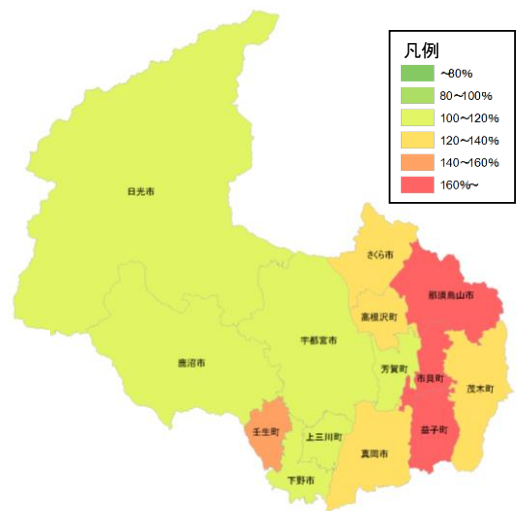


図-11 宇都宮都市圏内市町村別発生集中量の比較 (人口流動統計/PT調査, 65~74歳)



また、朝時間帯（6 時台～9 時台）で比較を行った場合は、芳賀町を除き人口流動統計データのトリップ数が多くなった。（図-12、図-13）

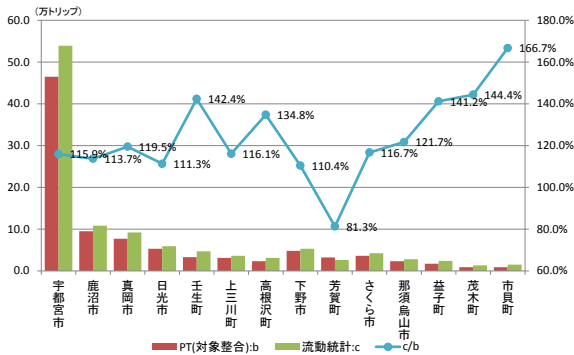


図-12 宇都宮都市圏内市町村別発生集中量の比較 (6～9時台)

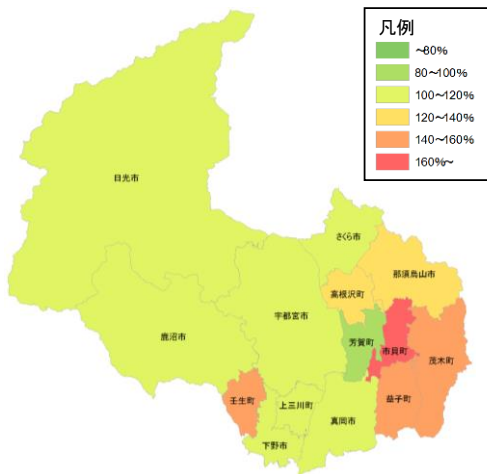


図-13 宇都宮都市圏内市町村別発生集中量の比較 (人口流動統計/PT調査, 6～9時台)

c) 計画基本ゾーン単位の比較

計画基本ゾーンごとの発生集中量（年齢・時間区分なし）を人口流動統計データと PT 調査データで比較した場合、両データの相関は高く（相関係数：0.935），整合性は高い。（図-14）

ただし、各ゾーンの発生集中量は人口流動統計データが多くなる傾向である。（図-15）

これは、大ゾーン単位での比較と同様の傾向となっており、人口流動統計データは、PT 調査データで把握しにくい立ち寄りなどのトリップを捉えていることが要因と考えられる。ただし、短時間滞在である場合は複数トリップがまとめられる可能性があるため、留意が必要である。

一方、年齢階層（3 区分）で比較した場合は、大ゾーン単位同様に 15～19 歳の階層で相関係数は 0.763 と他の階層に比べ低い結果（図-16）となり、20～64 歳及び

65～74 歳の発生集中量の比較では、両データの相関は高く、どちらも 0.9 前後の相関係数となっている。（図-17、図-18）

ゾーン別発生集中量の比率では、各年代でゾーン面積が小さい都心部で人口流動統計データの発生集中量が少ない傾向である。これは人口流動統計データでは推計対象外となる 1km 未満の短距離トリップが多い可能性があること、都心部では短時間滞在のトリップが多い可能性があること、5 歳階級抽出を行ったことによる秘匿処理の影響によるものと考えられる。（図-19～図-21）

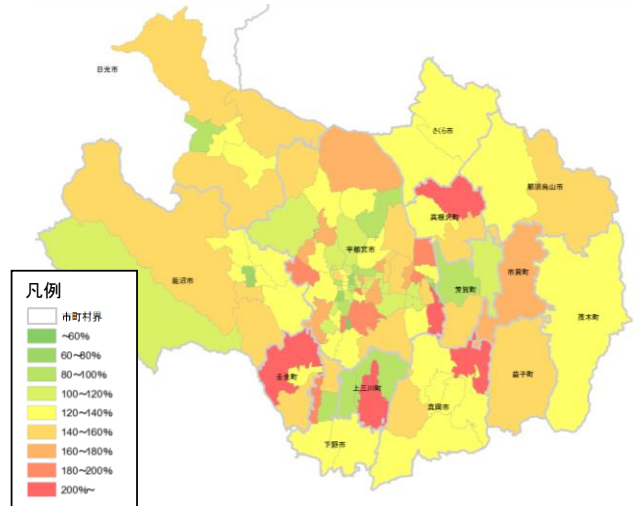


図-14 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較 (人口流動統計/PT調査)

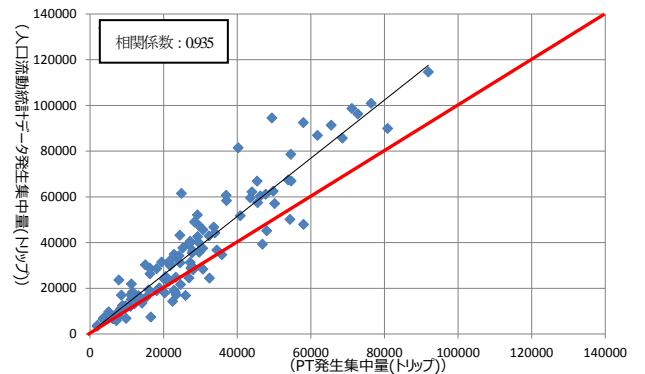


図-15 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較 (属性なし)

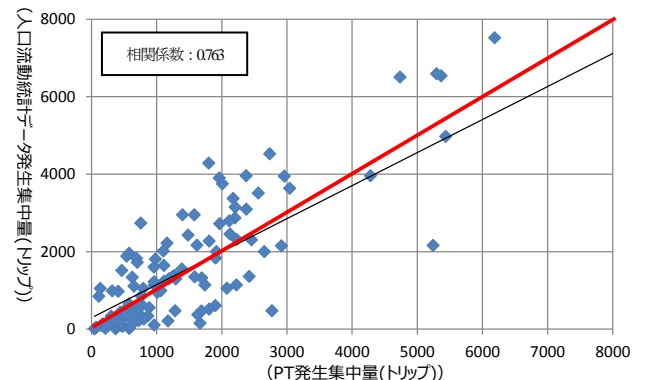


図-16 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較 (15～19歳)

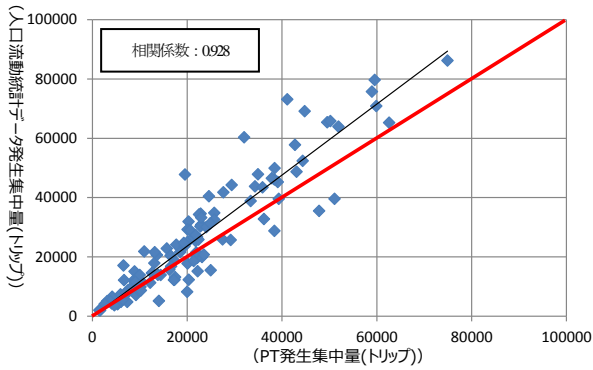


図-17 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較 (20~64歳)

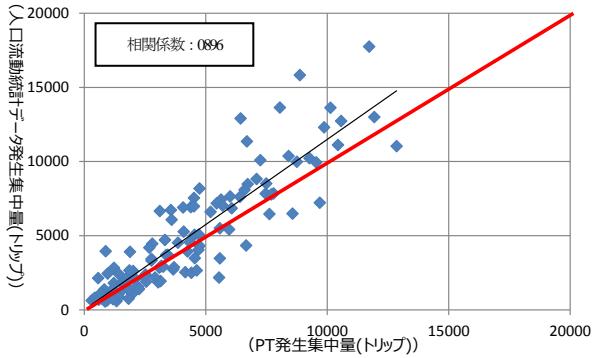


図-18 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較 (65~74歳)

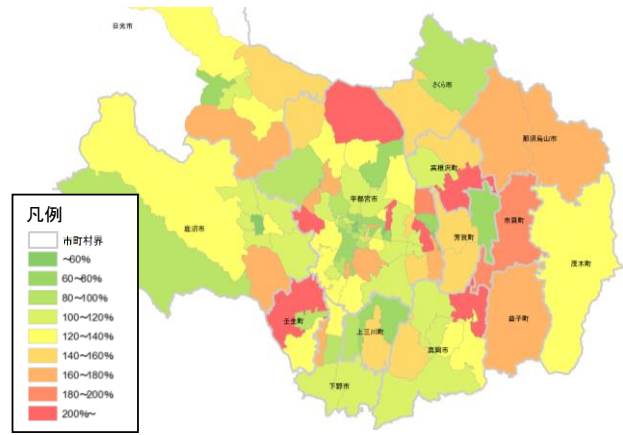


図-21 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較 (65~74歳)  
(人口流動統計/PT調査)

(3) ゾーン間需要 (OD量) の比較

a) OD量の比較

PT調査データにおけるゾーン間トリップのサンプルが多いトリップを対象にOD量を比較した結果、両者の相関係数は0.908と高い状況であるが、全体としてPTデータのOD量が多い傾向である。(図-22)

とくに、トリップ数が少ないゾーン間においてPT調査データと人口流動統計のOD量の差が大きくなった。

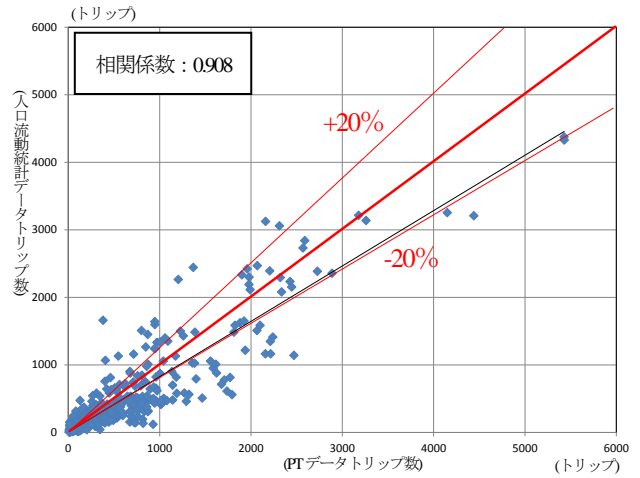


図-22 ゾーン間需要の比較

発生トリップ数が多いゾーンは工業系ゾーンとなっており(図-23, 表-3), PT調査では把握できない業務系トリップが人口流動統計データでは十分把握できている可能性が考えられる。

また、集中トリップ数が多いゾーンは大学が立地するゾーン等となっており、学生(最もサンプル率の低い年齢層)の行動といった、やはりPT調査では把握しにくい対象のトリップが人口流動統計で取得できていることに起因しているものと想定される。

一方で、トリップ数が少ないゾーンは、住宅地の隣接ゾーンである。(図-23, 表-4) これらの人口密集地域

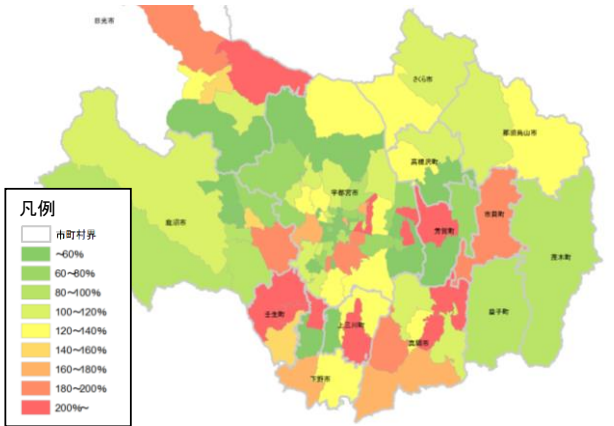


図-19 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較 (15~19歳)  
(人口流動統計/PT調査)

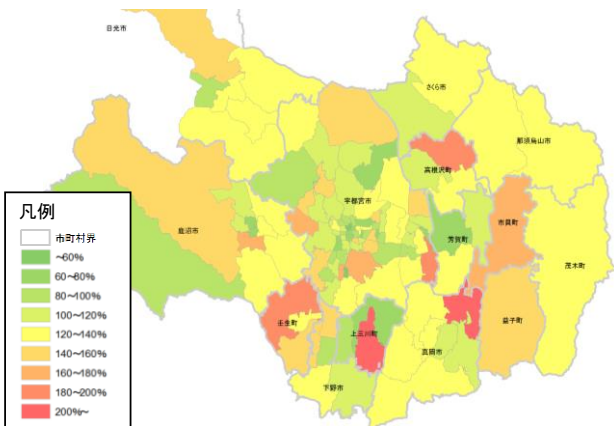


図-20 宇都宮都市圏ゾーン別発生集中量の比較 (20~64歳)  
(人口流動統計/PT調査)

では、買い物目的などによる短時間滞在のトリップ、もしくは短距離トリップが多く発生しており、人口流動統計の移動・滞留判定処理（1km 未満は移動判定しない等）では集計対象外としていることによるものと推察される。

表-3 人口流動統計データの OD 量が多いゾーンとその特性

ゾーンNo.	トリップ数が多いペア数		ゾーン特性 (主要立地施設等)
	発	着	
212	4	0	平出工業団地
215	0	3	宇都宮大学
801	0	3	済生会病院、県立宇都宮北高校

表-4 人口流動統計データの OD 量が少ないゾーンとその特性

ゾーンNo.	トリップ数が少ないペア数		ゾーン特性
	発	着	
702	1	5	文星芸大、宇都宮女子高、住宅地
503	3	2	住宅地、がんセンター
600	1	3	住宅地

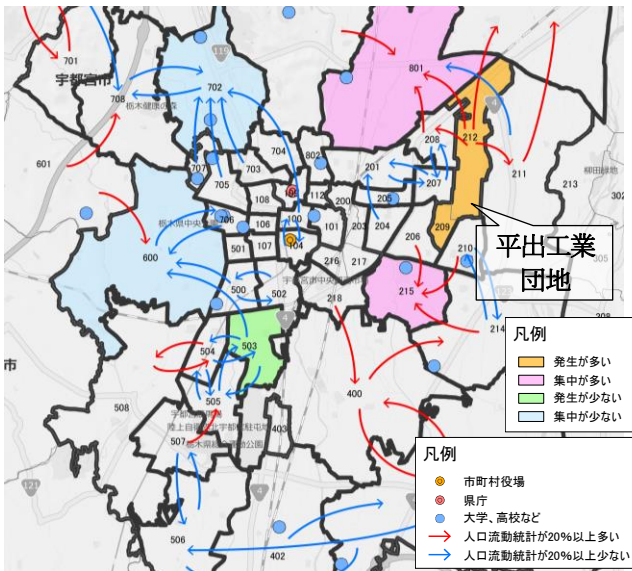


図-23 サンプルの多いゾーン間の需要比較

b) 小サンプルカテゴリーの比較

ゾーン間需要の比較に加え、PT 調査データで十分に把握できていない、小サンプルカテゴリーの比較として、路線バス利用の高齢者トリップに着目して検証を行った。

PT 調査 OD データを用いて 65 歳以上の年齢区分に限定し、宇都宮市内の代表交通手段が路線バスのトリップがあるゾーン間の需要（全手段）を抽出した。つぎに、PT 調査で抽出される OD と同一 OD を人口流動統計データから抽出し、ゾーン別発生量とゾーン人口を比較した（図-24）。この結果、人口流動統計は、PT 調査に比べゾーン人口との相関が高い傾向であることが確認された。

また、これらゾーン間需要を比較すると、人口流動統計のトリップ数が増える傾向であり（図-25）、高齢層のトリップが PT 調査よりも多く把握されていることが確認された。

これは、アンケート調査を主体とする PT 調査では、

立ち寄り交通等の移動が省かれて記載されている可能性が考えられ、人口流動統計は、高齢者の移動がより多く把握できている。

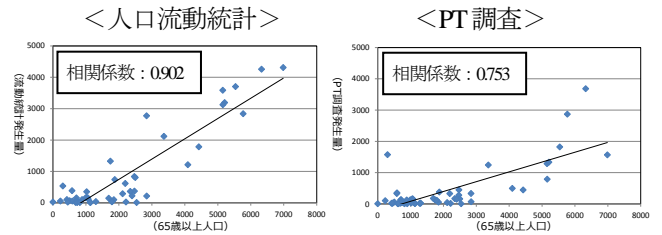


図-24 路線バストリップのあるゾーンの発生量と人口の比較（65～74 歳）

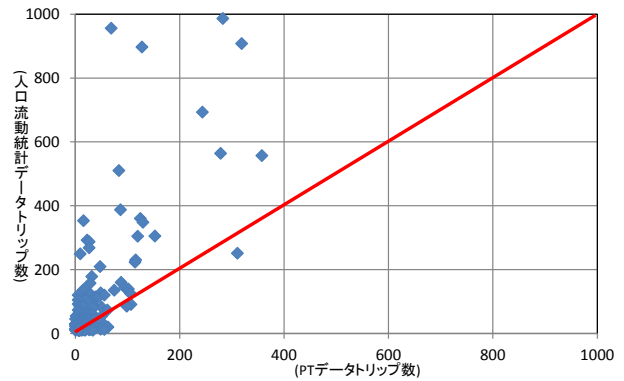


図-25 路線バストリップのあるゾーン間需要比較（65～74 歳）

また、抽出した両データの集中量差をゾーン別に比較した（図-26）。この結果、都心部の公共交通利用が集中するゾーンでは概ね整合が取れているが、郊外部のゾーンで人口流動統計の集中量が多くなっており、特に郊外部間の移動がより把握できている可能性が考えられる。一方で、路線バス利用者のお大半が買い物などの目的地において短時間しか滞在しない場合、人口流動統計では到着エリアが短時間滞在地点ではなく居住地などがある都心周辺部となっている可能性にも留意する必要がある。

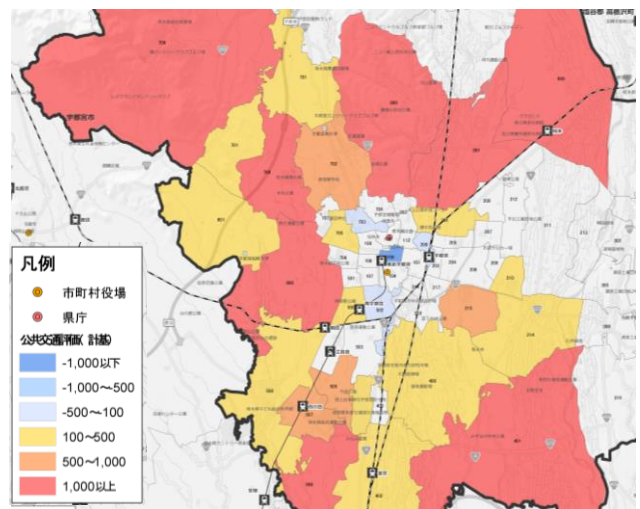


図-26 路線バストリップのある OD の集中量の比較（人口流動統計-PT 調査）



#### (4) 比較結果のまとめ

宇都宮都市圏を対象に、大ゾーン及び計画基本ゾーン単位における発生集中量、更に OD 量について、PT 調査データと人口流動統計データの比較を行った。

両データの非常に高い相関性が示す通り、人口流動統計データは、PT 調査で把握される人々の動きを十分にとらえていることが確認された。

更に、PT 調査で精度向上が求められる路線バス利用移動の精度向上の可能性について高齢層を対象とした路線バス利用のあるゾーン間需要の比較から、より多くの高齢者移動データの把握可能性が示唆された。

しかしながら、人口流動統計データには、データ生成過程における短距離トリップの除外、短時間滞在トリップの到着エリアの捉え方、ゾーニングや属性の細分化により秘匿処理において少人数データが集計対象から除外されるなどの特性があるため、以下に示すこれらの影響に留意した活用が求められる。

- ①短距離トリップ (1km 未満) の除外に伴う、ゾーン内々交通への影響
- ②短時間滞在トリップが到着エリアの捉え方に与える影響
- ③ゾーニング、性・年齢、時間区分など属性の細分化による秘匿処理の影響

今後これらの留意点を踏まえたデータの生成・補正を行うことができれば、より精度の高い人口流動統計情報として PT 調査の補完など都市交通分野での活用が進むことが期待される。

#### 4. 今後の課題

PT 調査データと人口流動統計データの比較から、両データの相関が高く相対的精度が確保されていると言えるが、実需要としては両データともに制約があることから、今回示した値が正確な数値ということとはできない。また、人口流動統計は属性やゾーニングなどの細分化の条件により秘匿処理の影響を受ける。このため先に示したデータ特性による影響を念頭に、以下の点等での検討・検証を行い、更に有用性を検証する必要があると考える。

- ・居住人口や学校生徒数、企業の従業者数など実需要（人数）との比較
- ・人口流動統計の特性を活かした、データ仕様改善（発生（又は集中）ゾーンの空間解像度拡大等）の検討

**謝辞：**本研究の遂行にあたり、NTT ドコモの永田智大氏、福手亜弥氏、ドコモ・インサイトマーケティングの小田原亨氏には人口流動統計の比較検証の作業にて多大な協力を賜った。福山コンサルタントの栄徳洋平氏、サーベイ・リサーチセンタの高野精久氏、ドコモ・インサイトマーケティングの渋谷大介氏、白川洋司氏には貴重な意見を賜った。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省都市・地域整備局都市計画課都市交通調査室：総合都市交通体系調査の手引き（案）,2007
- 2) 今井龍一、井星雄貴、中村俊之、森尾淳、牧村和彦、濱田俊一：交通系 IC カードから取得できる動線データの活用に向けた考察～全国の交通系 IC カード取扱事業者への実態調査から得た知見～、土木計画学研究・講演集、Vol.45、2012。
- 3) 牧村和彦、中村俊之、千葉尚、森尾淳、布施孝志：バス IC カードを用いた人の動き～交通計画への活用に向けた可能性と限界～、土木計画学研究・講演集、Vol.41、2010。
- 4) 仙石裕明、秋山祐樹、柴崎亮介：GPS 携帯電話のオートログを利用した商業集積地における回遊行動の分析、地理情報システム学会講演論文集、Vol.20、2011。
- 5) 岡島一郎、田中聡、寺田雅之、池田大造、永田智大：携帯電話ネットワークからの統計情報を活用した社会・産業の発展支援～モバイル空間統計の概要～、NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル、Vo.20、No.3、pp.6-10、2012
- 6) 今井龍一、藤岡啓太郎、新階寛恭、池田大造、永田智大、矢部努、重高浩一、橋本浩良、柴崎亮介、関本義秀：携帯電話網の運用データを用いた人口流動統計の都市交通分野への適用に関する研究、土木計画学研究・講演集、Vol.52、土木学会 2015
- 7) (株)NTT ドコモ：モバイル空間統計ガイドライン、<[https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile\\_spatial\\_statistics/guideline/](https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/guideline/)>、（入手 2016.4）

(2016.4.22 受付)

### A STUDY ON THE COMPLEMENT OF THE SMALL SAMPLE DATA OF THE PT-DATA BY MOBLE SPATIAL DYNAMICS

Takeshi SHIBUKAWA, Akinori MORIMOTO, Daizo IKEDA, Sin YAMASHITA and Kohei YOSHIDA