

人口流動統計データの 交通行動分析への活用に向けた一考察

渋川 剛史¹・森本 章倫²・池田 大造³・山下 伸⁴・吉田 幸平⁵

¹正会員 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: t.shibukawa@suou.waseda.jp/shibu@fukuyamaconsul.co.jp

²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

³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

⁴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

⁵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

これまで、様々な研究者により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）の検証や都市交通分野における活用に向けた検討が行われてきている。筆者らも宇都宮都市圏を対象に既存のパーソントリップ調査との比較検証を行い、いくつかの課題を指摘しつつ、高齢者の公共交通利用に着目した場合パーソントリップ調査に比べ信頼性の高いデータの取得がなされている点などの優位性を確認したところである。

本稿では、筆者らが指摘した課題に対する検証を進めるとともに人口流動統計データの更なる活用に向け、特定カテゴリーとして子育て世代に着目したデータの取得状況を分析し、人口流動統計データの優位性や活用に向けた留意点などを整理する。

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ており、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）」¹⁾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調査は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²⁾⁵⁾。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、より詳細な人の流動の把握が期待されている。

このような中で、携帯電話網の運用データを基にした人々の流動（OD）を表す「人口流動統計データ」の実用化に向けた研究⁶⁾¹⁰⁾が進められてきた、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24時間365日の任意時間帯で作成できることから、質・量ともに優れたデータとして都市交通計画への活用が期待されている。

本研究では既往研究¹⁰⁾で明らかにされた人口流動統計データの特性について更に検証・考察を加える。また、子育て世代に着目し、データの取得状況およびトリップ特性を比較することで、人口流動統計データの特性を評価し、都市交通計画分野での活用に向けた課題とその対

応について考察を行った。

「人口流動統計データ」により、これまでPT調査を実施しない限り把握できなかった人の流動を捉えることができるため、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して重要な役割を果たすことが期待できる。

2. 人口流動統計データの概要

(1) 人口流動統計の概要

本研究では、今井ら⁹⁾が要件定義した人口流動統計データを用いてPT調査データとの比較・考察を行う。

人口流動統計とは、NTTドコモの携帯電話網の運用データ（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）。

データ作成は、個人識別性の削除（非識別化処理）、人口の推計（集計処理）、少人数データの除去（秘匿処理）を経て行われている¹⁰⁾。この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。24時間365日における任意の日時、地域区分を指定した上でデータ作成ができることが特徴である。

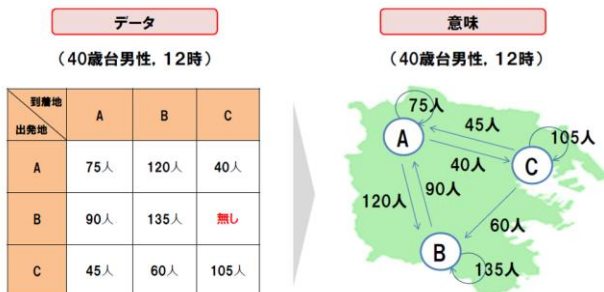


図-1 人口流動統計データのイメージ

(2) 人口流動統計の推計手法

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いる。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。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している。本研究で用いた人口流動統計の移動・滞留判定基準は1kmとする。1km以上離れた基地局で信号を受信した場合に移動と判定し、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する（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。

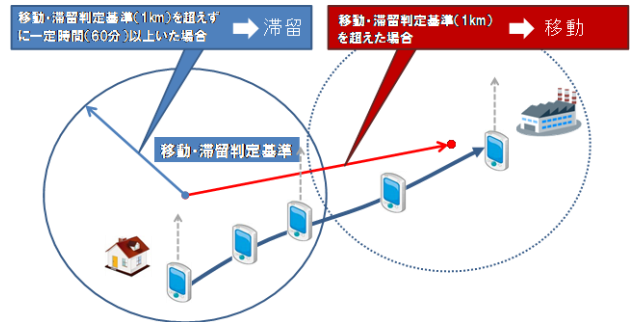


図-2 移動・滞留の判定イメージ

3. 宇都宮都市圏を対象としたデータの比較

(1) これまでの比較・検証の結果と課題

宇都宮都市圏における人口流動統計データとPT調査データの比較において、既往研究¹⁰⁾にて示された考察・知見は以下のとおりである。

- 発生集中量については計画基本ゾーンレベルのゾーンニングでも信頼性が確保されている。
- 発生集中量は概ね人口流動統計データが多い傾向であり、PT調査で把握できていない交通行動が把握されているものと想定される。
- ただし、年齢層等の属性区分を行うと若年層（20歳未満）を中心に信頼性が低下する等、データのカテゴリー区分の細分化による秘匿処理の影響が顕在化するため、地域区分（ゾーンニング）の調整が課題となる。
- また、ゾーン間トリップ数では人口流動統計がPT調査に比べて少ない傾向にあり、短時間滞在トリップの取り扱いが影響している可能性が想定される。

上記の点を踏まえ、地域解像度に着目しながらトリップ数の変動について検証を行った。

なお、本稿で用いる宇都宮都市圏のデータ概要を以下に示す。

【PT調査データ】

- 平成26年度に実施された「県央広域都市圏生活行動実態調査」のマスターデータを用いて、人口流動統計の推計方法に整合させるため下記の条件下で比較用データを作成。

- ・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距離1km未満）
 - ・15歳未満及び75歳以上データの削除
 - ・発着地不明データの削除
（不明データは全トリップの約15%）
- 【人口流動統計データ】
- ・集計対象日は平成27年10月1日（木）
 - ・以下の3種類の地域解像度
- ①大ゾーン、②中ゾーン、③計画基本ゾーン
- ・性・年齢（5歳階級）区分されたデータ
（属性区分なしデータは集約して作成）

(2) 地域解像度の違いによるトリップ数の変化

宇都宮都市圏のうち、PT調査でサンプル率の高い宇都宮市（人口約52万人）と芳賀町（人口約1.5万人）を対象に地域解像度の変更によるトリップ数の差異を検証した。検証にあたっては各市町の発生量，集中量および各市町内々，発着それぞれのトリップ数についてPT調査データと比較した。

a) 属性を区分しない場合の比較

発生量，集中量は，地域解像度が小さくなるに従いトリップ数の減少がみられるが，計画基本ゾーンレベルでは人口流動統計が PT 調査に比べ多い，または同程度の水準となっている（図-3，図-4）。市町内々，発着のトリップ数の内訳を比較した場合，地域解像度に関わらず内々交通割合の高い宇都宮市では人口流動統計の内々交通の割合が PT 調査に比較し 12~13%多く，内々交通割合の低い芳賀町では PT 調査に比べ 20~24%内々交通の割合が高い結果となった（図-5，図-6）。

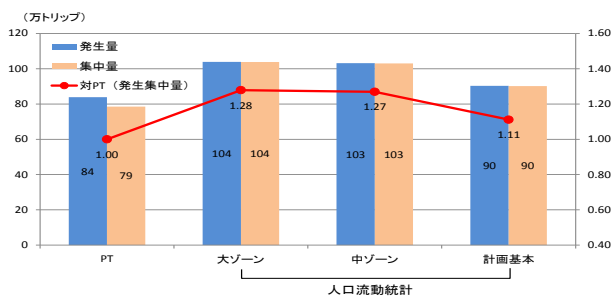


図-3 発生量・集中量の地域解像度による差異（宇都宮市）

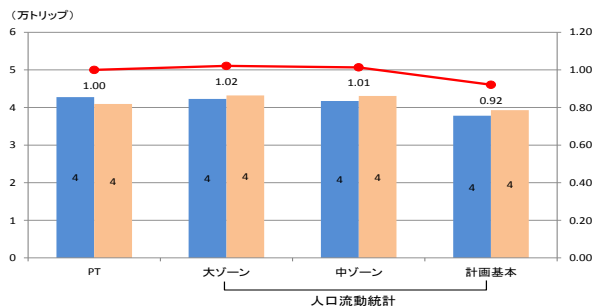


図-4 発生量・集中量の地域解像度による差異（芳賀町）

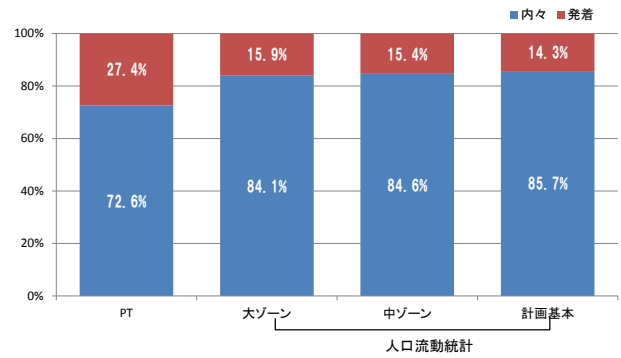


図-5 市内々・発着交通の地域解像度の違いによる内訳差異（宇都宮市）

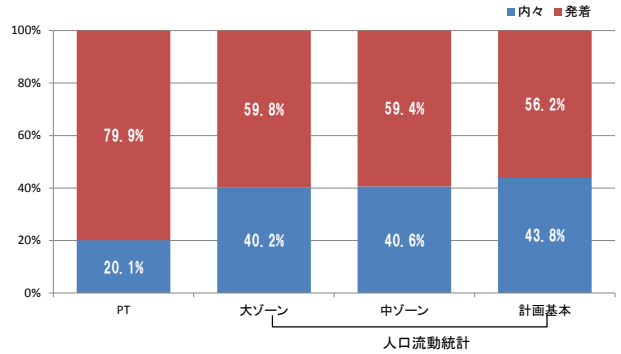


図-6 町内々・発着交通の地域解像度の違いによる内訳差異（芳賀町）

b) 年齢階層別に区分した場合の比較

つぎに，宇都宮市を対象に地域解像度の違いによる年齢階層別のトリップ数の差異を分析した（図-7~図-9）。とくに，地域解像度の変更に伴い取得される 20 歳未満のトリップ数の差異が大きい結果となった。地域解像度が大きい場合，人口流動統計は PT 調査に比べて非常に多くトリップを捉えている（約 1.5 倍）が，地域解像度を小さくすると人口流動統計のトリップ数は PT 調査を下回った。

一方，高齢層（65 歳以上）のトリップ数は地域解像度の影響をあまり受けておらず，ボリュームの大きい生産年齢（20~64 歳）は概ね全年齢（属性区分なし）と同様の変動となっている。これらの結果から，とくに 20 歳未満のトリップ数が地域解像度の影響を受けやすいと考えられる。

また，20 歳未満の市町内々・発着交通の内訳では，属性区分なしに比べ市町内々交通が多く，発着交通が少なくなる傾向となっており，地域解像度の影響がより顕在化する。その他の年齢層は 20 歳未満に比べ地域解像度の影響は小さくなるが，若い世代ほど地域解像度を中ゾーンレベルから計画基本ゾーンレベルに小さくした場合のトリップ数の減少幅が大きくなる傾向となる。要因としては，若い世代ほど活動量が多く，トリップの種類も多様になることから，地域解像度の影響を受けやすくなることが考えられる。

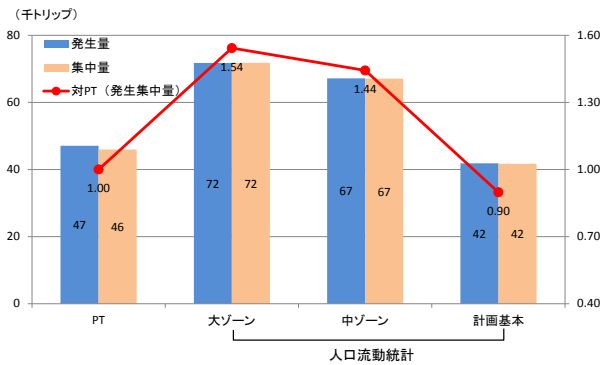


図-7 15-19歳の発生量・集中量の地域解像度による差異 (宇都宮市)

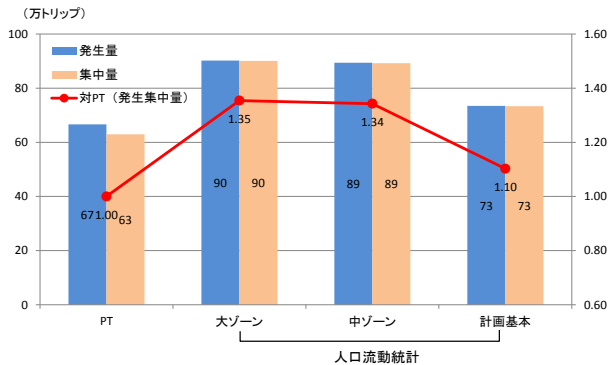


図-8 20-64歳の発生量・集中量の地域解像度による差異 (宇都宮市)

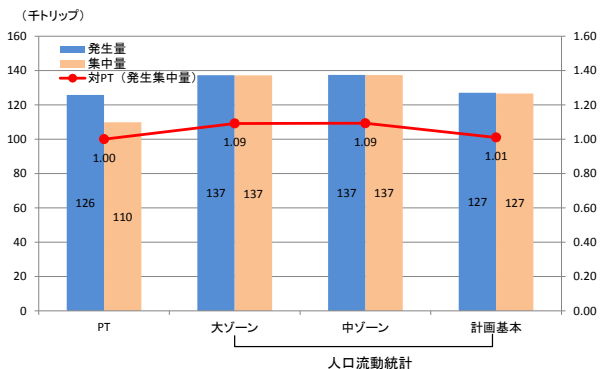


図-9 65-74歳の発生量・集中量の地域解像度による差異 (宇都宮市)

ここまでの整理から、人口流動統計データを用いて交通行動分析を行うにあたっては、年齢層や地域解像度に加えて、移動・滞留判定処理における目的地の判定方法に留意する必要があると考える。

2章に記載しているように、人口流動統計の作成処理において、出発地から1km以上移動した先で位置(所在する基地局エリア)が確認された場合に移動と判定され、さらに同一の地点でもう一度位置確認された(1時間以上滞在)場合に目的地(滞在地点)が決定される。

仮に、移動判定された後に次の滞在地点が決定されないうちに、出発地(自宅など)に戻った場合、このトリップは出発地の内々交通と判定される。このような判定処理のため、人口流動統計の内々交通がPT調査に比較

して多くなると考えられる⁷⁾。

実際に、宇都宮都市圏の交通行動を確認すると、表-1に示すとおり、37%が60分未満の滞在後に次の移動を行っている。

表-1 宇都宮都市圏のトリップ間滞在時間内訳

	全サンプル	15~20歳未満	20~25歳未満	25~50歳未満	50~65歳未満	65~75歳未満
10分未満	8.8%	2.0%	4.1%	11.2%	7.8%	10.0%
30分未満	14.0%	3.3%	9.2%	14.7%	15.1%	17.1%
60分未満	14.2%	4.0%	7.0%	12.2%	16.3%	19.9%
60分以上	63.0%	90.6%	79.7%	62.0%	60.9%	53.0%

短時間滞在のために本来の目的地が判別されずに地域間交通が内々交通となるトリップについては、下記に示す改善方法が有効と考えられる(図-10参照)。

- ① 移動判定前の最終滞在地点(図-10のA地点)から最遠地点(図-10の位置登録1)を目的地と判別する。
- ② 人口流動統計の現在エリア(経由地)の推計方法⁷⁾を拡張し、図-10における位置登録1および位置登録2が観測された地点を現在エリアとして出力した上で、現在エリアが出発・到着エリアと同一ゾーンかの判別を行う。

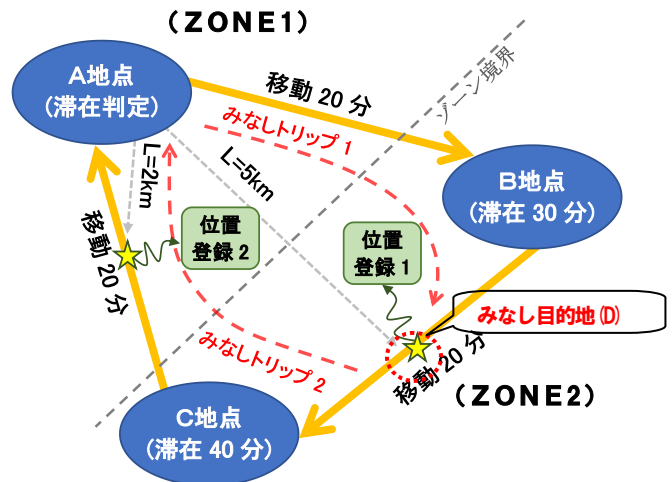


図-10 短時間滞在トリップの改善イメージ

これらの改善手法の検討に先立ち、内々交通となるトリップの総移動距離の分析を行った。ここで総移動距離とは、図-10においてA地点と位置登録1が観測された地点間、位置登録1が観測された地点と位置登録2が観測された地点間、および位置登録2が観測された地点とA地点間それぞれの直線距離の合計である。

内々トリップのうち、ゾーン境界を超える割合を簡易的に算出するため閾値を導入する。閾値は、宇都宮市の中ゾーン(9ゾーン)の平均ゾーン間距離(約7.6km)を参考に7kmとした。

内々トリップのうち総移動距離が閾値以上となる割合

を算出したところ、宇都宮市内トリップで 31.3%，芳賀町で 37.2%，都市圏全体で 32.3% となり、概ね 60 分未満滞在トリップの割合（37%）に近い値となった。この結果からも人口流動統計データでは、地域間トリップの多くが内々交通として処理されている可能性が高く、先に示した方法などによる目的地判定処理の改善が望まれる。

(3) 子育て世代に着目した人口流動統計データの取得状況の評価

a) PT 調査データに見る子育て世代の交通特性

子育て世代（本論では 20 代及び 30 代の女性とした）の交通特性を子供の有無（未就学児，小中学生，その他）別，子供有の女性については職業の有無で区分した上で，PT 調査データ（宇都宮市関連交通）を対象に分析を行った。

- 子育て世代の子供の有無状況に関する世帯構成は、最年少の子が未就学児の世帯が 4 割弱，小中学生の世帯が 1 割弱，子供がいない（未婚含む）世帯が半数強となっている（図-11）。なお、宇都宮市の同世代の世帯構成を国勢調査と比較すると概ね同程度の構成となっている。
- 子供の有無状況別の子育て世代就業状況では、未就学児がいる世帯では専業主婦が半数強を占めるが、小中学生世帯では専業主婦の割合が小さい（図-12）。
- これらの世帯特性別に交通特性として平均トリップ回数を比較すると職業の有無にかかわらず未就学児のいる世帯はトリップ回数が増える傾向となる。また、専業主婦に比べ職業のある女性の方がトリップ回数が多い。これは子供関連のトリップ（送迎など）に加え、仕事関連（通勤など）のトリップが発生するためと考えられる（図-13）。
- さらに、時間帯別のトリップ数では、職業のある女性は子供の有無にかかわらず朝時間帯（6～9 時台）・夕時間帯（16 時～19 時台）のトリップが多く、日中（10 時～15 時台）は少なくなる傾向であるのに対し、専業主婦は未就学児のいる女性のみ日中のトリップが多い。その他の女性は一日を通してトリップ数が少ない状況である（図-14～図-16）。

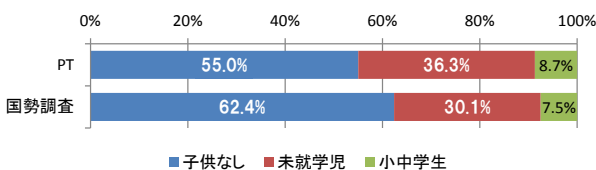


図-11 PT 調査と国勢調査(H22)の世帯構成比 (20代・30代女性と同居する最年少の子供世帯割合)

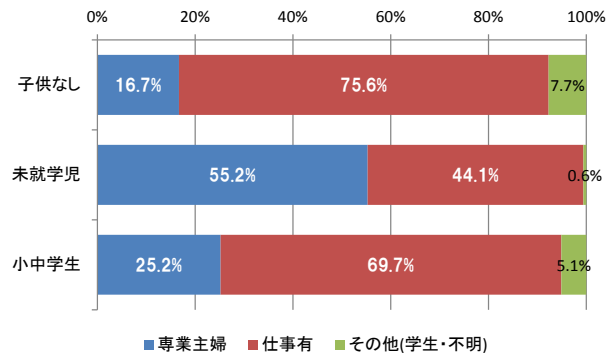


図-12 PT 調査における子供の有無と就業状況の構成比

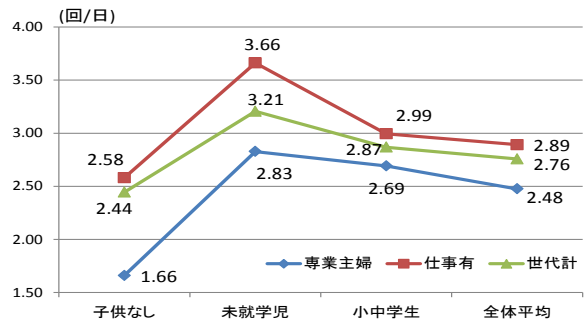


図-13 職業別子供の状況別平均トリップ回数

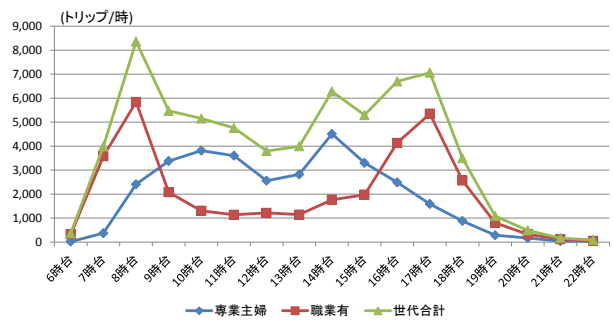


図-14 未就学児のいる子育て世代の時間帯別トリップ数

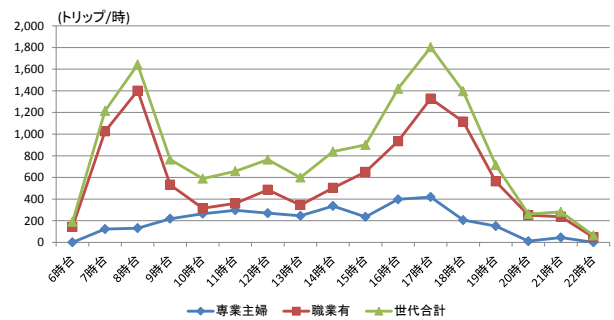


図-15 小中学生のいる子育て世代の時間帯別トリップ数

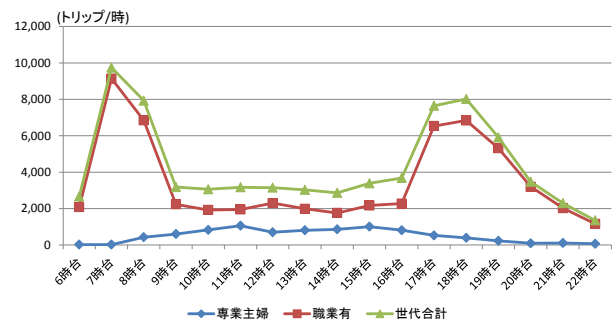


図-16 子供のいない子育て世代の時間帯別トリップ数

b) 人口流動統計データと PT 調査データの子育て世代の交通特性比較

人口流動統計データでは性・年齢以外の属性は居住エリアを除き不明のため、子育て世代に該当する属性として 20 代および 30 代の女性のデータを抽出し、トリップ数について PT 調査データと比較した。

- 人口流動統計の子育て世代の平均トリップ回数は PT 調査データに比べ子育て世代の平均、および業務トリップが発生する職業のある女性のトリップ回数よりも多い。これは前節でも確認されたように人口流動統計は PT 調査データに比べトリップを詳細に把握できることが影響しているもの考えられる (図-17)。

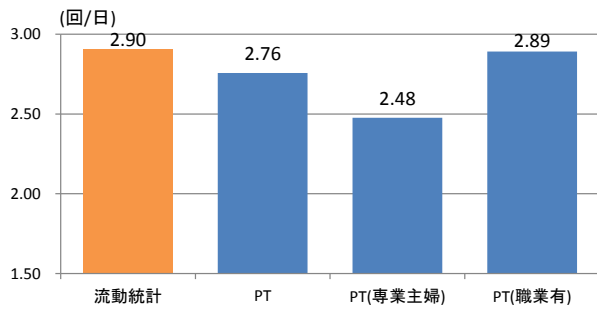


図-17 子育て世代の平均トリップ回数比較

- 時間帯別トリップ数を比較した結果、朝時間帯 (6~9 時台)・夕時間帯 (16~19 時台) のトリップ数は PT 調査データより少なく、日中 (10 時~15 時台) のトリップ数は多くなる傾向となった (図-18)。これより、人口流動統計は日中の行動が多い専業主婦層の行動を捉えていることが考えられる。一方、朝時間帯のトリップ数が少ない要因としては、送迎等の短時間トリップが把握できないためと考えられる。

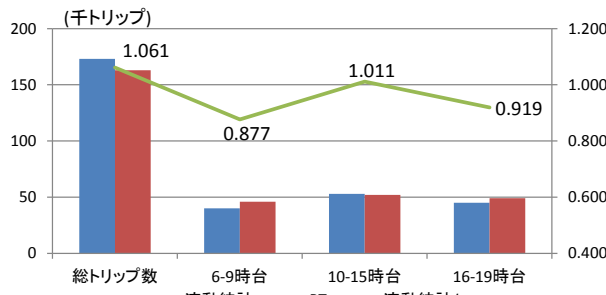


図-18 子育て世代の時間帯別トリップ数比較

- 地区別に時間帯ごとのトリップ数 (発生量) を比較した結果、都心部などの従業者が多い地区では人口流動統計のトリップ数が PT 調査データより少なくなる傾向であるが、郊外部 (住宅地など) では人口流動統計のトリップ数が多くなった。これより、人口流動統計では専業主婦の交通行動 (買い

物など) をより捉えることができる可能性が高い。主な買い物先の一つである都心部ではトリップ数が PT 調査より少ない結果となったが、先に述べた目的地判定処理が影響している可能性があるため、改善を加えることで実態により近づけることが期待される (図-19~図-22)。

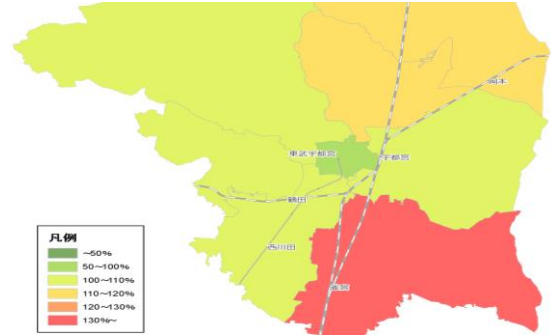


図-19 子育て世代の地域別トリップ数比較 (日)
(人口流動統計/PT 調査)

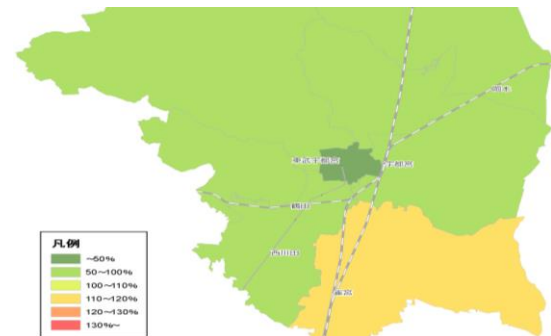


図-20 子育ての地域別世代トリップ数比較 (6~9 時台)
(人口流動統計/PT 調査)

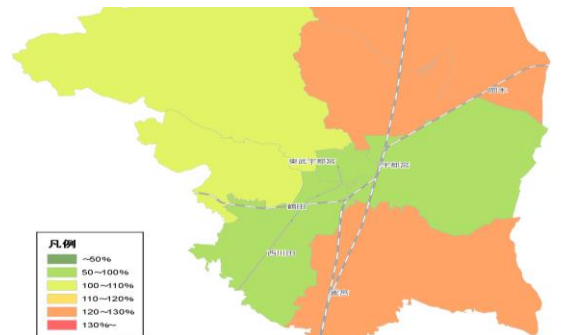


図-21 子育ての地域別世代トリップ数比較 (10~15 時台)
(人口流動統計/PT 調査)

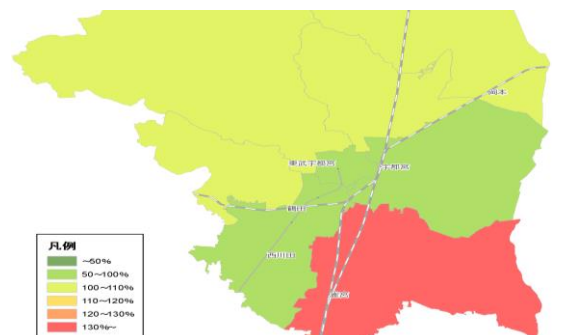


図-22 子育て世代の地域別トリップ数比較 (16~19 時台)
(人口流動統計/PT 調査)

5. まとめ

本論では人口流動統計データの活用に向け、宇都宮都市圏を対象に地域解像度の影響および特定の属性を抽出した場合のデータ特性について検証を行い、その優位点と課題を整理した。

人口流動統計データの活用可能性、および使用上の留意点として以下の点があげられる。今後、これらの点に留意しながら様々な地域における交通特性分析に人口流動統計データが活用されることが期待される。

- ・計画基本ゾーン程度の地域解像度においては十分なサンプルが確保できる。
- ・ただし、地域間トリップの把握については今後の改善による信頼性向上が期待される。
- ・とくに未成年層（20歳未満）のデータを用いる場合は、広範囲の地域解像度で分析することが必要である。
- ・その他の年代は、PT調査では捉えることができないトリップの把握が可能であり、上述した地域間トリップの信頼性向上がなされた場合、きめ細かい交通行動の把握や支援策の検討に活用することが期待される。

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, 2015.
- 7) 新階寛恭、今井龍一、池田大造、永田智大、森尾淳、矢部努、重高浩一、橋本浩良、柴崎亮介、関本義秀：携帯電話網運用データに基づく人口流動統計とパーソントリップ調査手法との比較による活用可能性に関する研究、土木計画学研究・講演集, Vol.53, 2016.
- 8) 中矢昌希、白水靖郎、松島敏和、田中文彬、立川太一、池田大造、永田智大、新階寛恭、今井龍一：都市交通分野における人口流動統計データの活用に向けた一考察～近畿パーソントリップ調査との比較によるデータの特長と課題に関する分析～、土木計画学研究・講演集, Vol.53, 2016.
- 9) 今井龍一、池田大造、永田智大、福手亜弥、金田徳高、重高浩一、鳥海大輔、廣川和希：携帯電話網の運用データを用いた人口流動統計から算出した自動車OD量と道路交通センサスとの比較分析—道路交通分野へのモバイル空間統計の適用可能性—、土木計画学研究・講演集, Vol.53, 2016
- 10) 渋谷剛史、森本章倫、池田大造、山下伸、吉田幸平：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、土木計画学研究・講演集, Vol.53, 2016.
- 11) (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/>, (入手 2016.4) .

(2016.7.31 受付)

A STUDY ON THE UTILIZATION OF MOBILE SPATIAL DYNAMICS IN TRAVEL BEHAVIOR ANALYSIS

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