

# 人口流動統計の季節変動に着目した 近畿圏パーソントリップ調査データとの 比較分析

松島 敏和<sup>1</sup>・中矢 昌希<sup>1</sup>・田中 文彬<sup>1</sup>  
池田 大造<sup>2</sup>・永田 智大<sup>2</sup>・福手 亜弥<sup>2</sup>

<sup>1</sup>正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 計画系部門（〒533-0033 大阪市東淀川区東中島4-11-10）

E-mail: matsushima\_t@cfk.co.jp, nakaya\_m@cfk.co.jp, tanaka\_f@cfk.co.jp

<sup>2</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, nagatatom@nttdocomo.com, aya.fukute.wb@nttdocomo.com

人口流動統計は、NTTドコモの携帯電話網の基地局運用データに基づき作成される人々の移動実態を示す統計データであり、都市交通分野への利活用が期待されている。人口流動統計は、24時間365日いつでも作成できること、拡大係数が小さく人々の動きの総体を高い精度で把握できること、調査圏域外の居住者の移動が把握できることなどパーソントリップ調査データにはない特長を有している。

本稿では、365日取得可能という人口流動統計の特長を活かして、人口流動統計の季節変動に着目する。まず、人口流動統計による近畿圏のOD量の季節変動幅を把握し、その特性を考察する。次に、変動幅と近畿圏パーソントリップ調査データの相対誤差の範囲を比較することで、パーソントリップ調査の実施日を位置づけるとともに、両データの整合性について確認する。さらに、ここで得られた情報をもとに、PT調査データの時点更新を含めた人口流動統計の利活用方策について検討する。

**Key Words :** *person trip, mobile spatial dynamics, seasonal change, comparative analysis*

## 1. はじめに

人口流動統計は、NTTドコモの携帯電話網の基地局運用データに基づき作成される人々の移動実態を示す統計データであり、実態ベースで人の動きを把握できるビッグデータとしてその利活用が期待されている。人口流動統計の公共活用先として、都市交通分野を中心にこれまで議論されてきている（たとえば、今井ら(2016)<sup>1)</sup>）。都市圏内の人々の動きを把握するパーソントリップ調査（以下「PT」という。）に着目すると、人口流動統計を用いたPTデータの時点更新が有効な活用方法のひとつとして挙げられる。

人口流動統計は、人々の移動を実態としてモニタリングできる極めて重要なデータであるものの、現時点では移動手段や移動目的を把握することができないため、PTをそのまま代替するということはいできない。方や、人口流動統計は、24時間365日いつでも作成できること、拡大係数が小さく人の動きの全体像を高い精度で把握できること、調査圏域外の居住者の移動が把握できることなどPTデータにはない特長を有している（たとえば、

新階ら(2016)<sup>2)</sup>、中矢ら(2016)<sup>3)</sup>）。

都市圏で実施されるPTの頻度は最短でも10年に1度という状況で、PTデータの利用価値を維持することが難しいという課題がある。この課題に対して、携帯電話網の基地局運用データに基づき24時間365日のうち任意の日時で作成できる人口流動統計を組み合わせることによってPTデータを時点更新することが有効であると考えられる。

今井ら(2015)<sup>1)</sup>の既往研究では、静岡都市圏における人口流動統計とPTデータの両者の全体的な傾向の整合性が示されている。また、著者らの先行研究<sup>4)</sup>では、性別や年齢といった個人属性に着目した人口流動統計と第5回近畿圏パーソントリップ調査（以下「近畿PT」という。）のデータの比較分析によりその整合性を確認している。図-1は先行研究で示した人口流動統計と拡大母数を2015年住民基本台帳<sup>5)</sup>に更新した近畿PT<sup>4)</sup>の中ゾーン間OD量の散布図（10～15時台の例）である。4,600あまりのODペアがほぼ一直線上に配置されており、相関が大きいことがわかる。相関係数も0.985と極めて高い（他の時間帯も同様の傾向がある）。

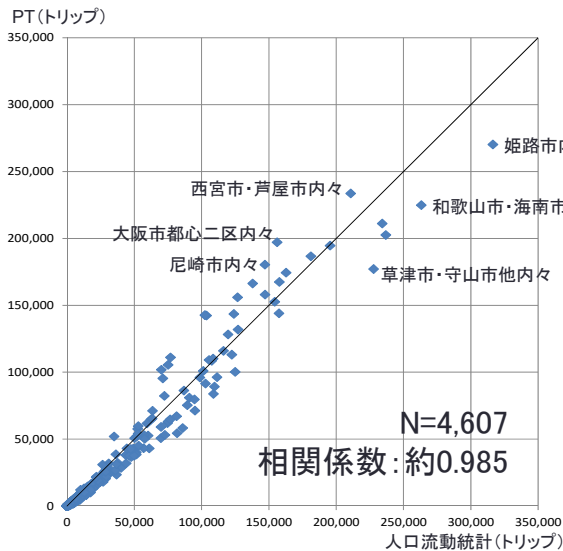


図-1 中ゾーン間OD量の相関 (10～15時台)

本稿では、365日取得可能という人口流動統計の特長を活かして、人口流動統計の季節変動に着目して近畿PTとの比較分析を実施する。人口流動統計の季節変動の中で、秋の1日に実施されるPTを位置づけることで、PTの時点更新を主軸とする人口流動統計の利活用方策を検討する上で重要な知見が得られると考える。

まず、人口流動統計による近畿圏のOD量の季節変動幅を把握し、その特性を考察する。次に、変動幅と近畿圏パーソントリップ調査データの相対誤差の範囲を比較することで、パーソントリップ調査の実施日を位置づけるとともに、両データの整合性について確認する。さらに、ここで得られた情報をもとに、PTデータの時点更新を含めた人口流動統計の利活用方策について検討する。

## 2. 人口流動統計の概要

### (1) 人口流動統計の作成処理

携帯電話網ではいつでもどこにいても着信できるように、基地局の電波到達範囲（セル）毎に所在する携帯電話を周期的に把握している。携帯電話が所在する基地局の位置データなどを運用データと呼び、人口流動統計はこの運用データに基づき、携帯電話利用者の個人情報およびプライバシーを保護する3段階処理により作成される。3段階処理は、運用データから統計の作成に不要な個人識別性を除去する「非識別化処理」、エリア間を流動する人口およびトリップを推計する「集計処理」、推計された値のうち少ない人口およびトリップを除去する「秘匿処理」から構成される（図-2）。

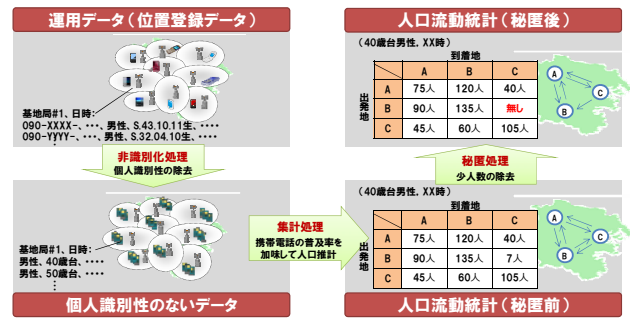


図-2 人口流動統計の作成処理

### (2) 人口流動統計のデータ概要

人口流動統計（OD量）は、1日もしくは時間帯（例：6時～9時）に発生したトリップ数を推計したものである。基地局セルで信号が観測された場合、その基地局セルの中心の位置座標を参照し、次に観測された信号の位置座標と比較して移動距離を算出する。移動距離が所定の条件を満たした場合（本研究で用いた条件は1km以上）に移動と判定し、移動中の携帯電話の台数を拡大した上で集計することによりトリップ数が求められる（図-3）。

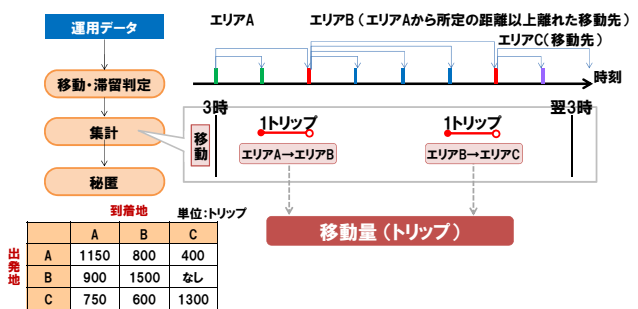


図-3 OD量の推計手法

### (3) 人口流動統計の特長

人口流動統計では、NTTドコモの携帯電話台数と住民基本台帳人口<sup>9)</sup>との比を拡大係数として用いている。NTTドコモの携帯電話利用者は約7,000万（このうち、法人名義のデータなどを除いて推計が行われる）と多いことから、他の統計と比較して拡大係数が小さく、人々の動きの全体像を高い精度で把握できることが特長である。さらに、継続的に24時間365日のデータ作成が可能であり、調査圏域外の居住者を調査対象にできるため、従来の統計調査では捉えられていない移動実態を明らかにすることが期待される。

人口流動統計の時間解像度は1時間であり、空間解像度は基地局設置密度に依存する。中矢ら(2016)<sup>3)</sup>は人口流動統計の時間解像度に着目し、1時間に満たない滞在が含まれるトリップの場合、人口流動統計を推計する過程で複数トリップが統合される可能性に言及している。新階ら(2016)<sup>2)</sup>は空間解像度に着目し、市区間トリップは概ねPT調査と整合するものの、小ゾーンやそれよりも小

さい空間解像度においては PT 調査と異なる特性を示し、改善の余地があるとしている。これらの既往研究が示すように、用途に応じて時間解像度、空間解像度を選択できる柔軟性を活かしながら、データの特性を見極めた上で人口流動統計を活用することが求められる。

### 3. 人口流動統計の季節変動

#### (1) 分析に用いるデータと分析方法

人口流動統計の季節変動をみるため四季のデータを用いる。データ時期は、表-1 に示すように四半期ごとの代表日として平日 3 日間を選定した。選定基準として、月金、五十日、祝日前後、大阪市における降水日を対象外とし、設定している。拡大係数を算出するために用いた住民基本台帳は、いずれも 2015 年 1 月の夜間人口である。

分析対象地域は近畿全域である。対象者は近畿全域におけるNTTドコモの携帯電話（スマートフォン含む）の利用者であり、実際には法人名義の携帯電話などは対象外となるが、大まかには抽出率は約55%と考えることができる。被験者の対象年齢は、15歳～74歳である。

分析方法は、OD量の単純集計により季節変動を確認する。その際、ゾーン内々トリップと内外・外内トリップでは、特性が異なる（内々トリップは、ODペアが少なくOD量が多く、内外・外内トリップはその逆の傾向がある）ため両者を区別して季節変動を把握する。

表-1 分析に用いるデータ（人口流動統計）

| データ時期       | 日付                    |
|-------------|-----------------------|
| 2015年10月（秋） | 2015年10月13日（火）～15日（木） |
| 2016年1月（冬）  | 2016年1月19日（火）～21日（木）  |
| 2016年4月（春）  | 2016年4月19日（火）～21日（木）  |
| 2016年7月（夏）  | 2016年7月5日（火）～7日（木）    |

表-2 分析の条件

| 項目       | 内容                  |
|----------|---------------------|
| 調査範囲     | 近畿2府4県全域            |
| 調査対象者    | 域内居住者に限定            |
| 年齢階層     | 15歳～74歳の5歳階級        |
| 対象ゾーンサイズ | 中ゾーン（近畿2府4県で104ゾーン） |

#### (2) 分析結果とその考察

図4～図6に人口流動統計のOD量の季節変動（それぞれ、総量、中ゾーン内々トリップ、中ゾーン内外・外内トリップ）を示す。いずれも、冬季（2016年1月）にやや少なくなる傾向があるものの、大きな変動はみられない。OD量は冬季を除いて年平均との差異が小さいことから、平日に関しては、秋の1日に実施されるPT調査の実施時期の妥当性を裏付けるものであると認識される。

ここで、季節変動の「変動幅」を四季のOD量の最大・最小の差と定義すると、5,253千トリップ/3日で、年間の平均値125,452千トリップ/3日に対する変動幅の割合は、4.2%である。

次に携帯電話利用者の性別、年齢の属性に着目する。

図-7～図-9に人口流動統計のOD量の季節変動の性別構成（それぞれ、総量、中ゾーン内々トリップ、中ゾーン内外・外内トリップ）、図10に年齢階層別の人口流動統計のOD量の季節変動を示す。性別構成では、内々トリップは女性が多く、内外・外内トリップでは男性が多い傾向があるものの、季節変動はみられない。年齢階層別のOD量についても、季節変動はみられなかった。

上記のことから、人口流動統計のOD量の季節変動は大きくなく、属性別でも安定していることがわかる。

（千トリップ/3日）

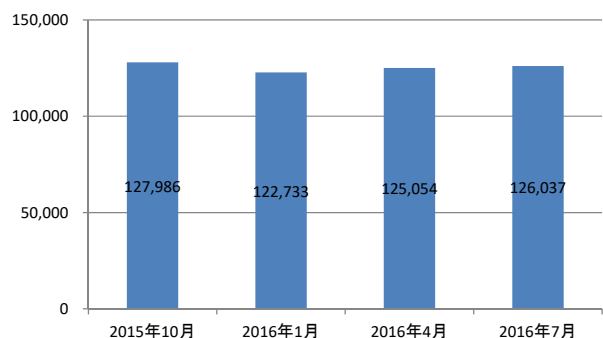


図-4 人口流動統計のOD量の季節変動（3日間）

（千トリップ/3日）

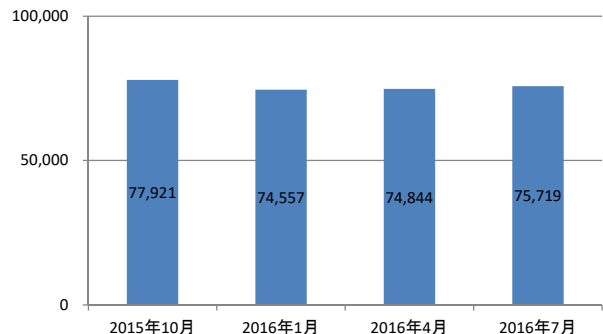


図-5 人口流動統計のOD量の季節変動（3日間）  
中ゾーン内々トリップ

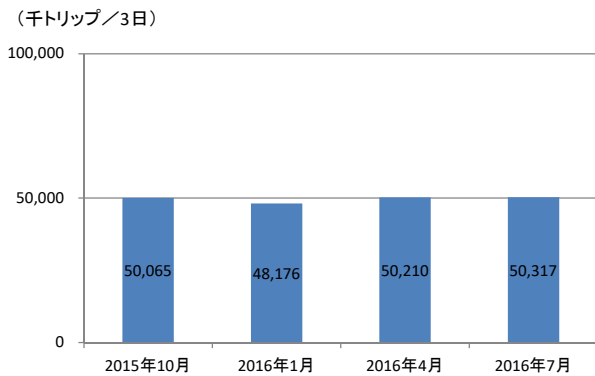


図-6 人口流動統計のOD量の季節変動 (3日間)  
中ゾーン内外・外内トリップ

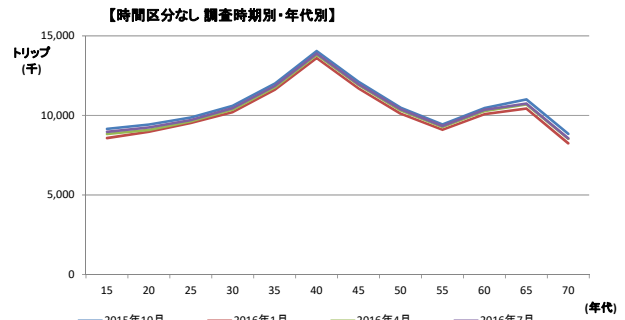


図-10 人口流動統計のOD量の季節変動 (3日間)  
年齢階層別

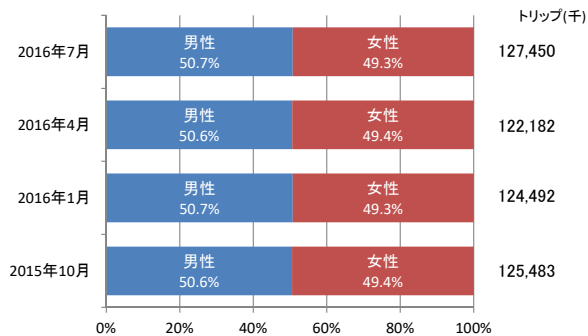


図-7 人口流動統計のOD量の季節変動 (3日間)  
性別構成

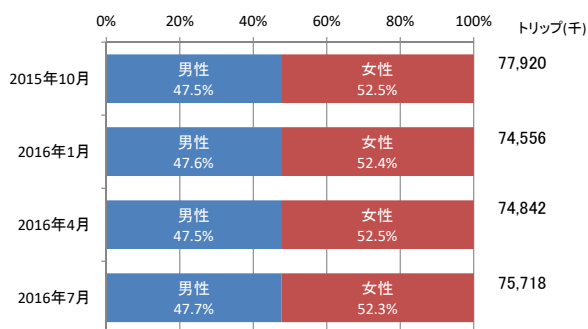


図-8 人口流動統計のOD量の季節変動 (3日間)  
性別構成, 内々トリップ

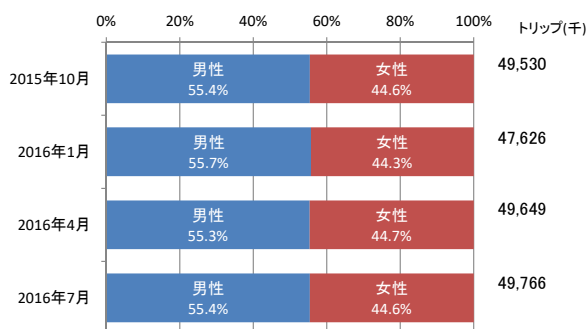


図-9 人口流動統計のOD量の季節変動 (3日間)  
性別構成, 内外・外内トリップ

#### 4. 人口流動統計の季節変動と近畿 PT の比較

##### (1) 分析に用いるデータと分析方法

前章で確認した人口流動統計のOD量の季節変動と近畿PTを比較する。

人口流動統計 (OD量) と近畿PTの比較分析の条件は表-2のとおりである。2010年に調査が実施された近畿PTの拡大母数を人口流動統計と整合させるため、近畿PTデータの拡大母数を、2010年10月の国勢調査<sup>3)</sup>から2015年1月の住民基本台帳<sup>3)</sup>の夜間人口に更新した近畿PT拡大係数更新データ<sup>4)</sup> (以下「近畿PT(2015)」という。)を用いる。

分析方法は、OD量の単純集計により人口流動統計の季節変動と近畿PT(2015)を比較するとともに、人口流動統計の中ゾーン別の変動幅に着目して、近畿PT(2015)の相対誤差と比較する。比較のため、3日間の人口流動統計を3で除した1日あたりのOD量で議論する。

##### (2) 分析結果とその考察

図-11～図-13に人口流動統計のOD量の季節変動と近畿PT(2015)のOD量 (それぞれ、総量, 中ゾーン内々トリップ, 中ゾーン内外・外内トリップ), 表-3に人口流動統計のOD量の近畿PT (2015) に対する割合を示す。近畿PT(2015)に対して人口流動統計が、10%程度多いことがわかる。この差異の理由は、PTでは一定程度のトリップの記載漏れが考えられること、貨物車の業務トリップは対象外としていることなどが想定される。この結果は、今井ら(2016)<sup>1)</sup> が示した静岡中部都市圏の人口流動統計 (OD量) がPT調査に対して約109%であるとする分析結果と整合する。

表-4に人口流動統計の中ゾーン間OD量の変動幅を示す。これは、人口流動統計に出現した中ゾーン間ODペアの変動幅を合計したもので、全体のOD量の変動幅よりも大きな値となる。表-4から中ゾーン間OD量の変動幅の年平均日OD量に対する割合が6.3%であり、内外・

外内トリップが内々トリップよりも変動幅が大きいことがわかる。

都市圏PTでは、設定したカテゴリー数（基本ゾーン数×手段分類数×目的分類数）において、信頼区間95%で相対誤差20%以下の精度を担保できるように、調査票の回収目標が設定されている。

表-5は、近畿PT(2015)と人口流動統計の中ゾーン間ODにおける相対誤差の範囲を示したものである。ここでのカテゴリー数はそれぞれに出現するODペア数、近畿PT(2015)の抽出率は拡大係数付け替え前の近畿PTの抽出率3.38%、人口流動統計の抽出率は55%を想定している。信頼区間95%の相対誤差の範囲は近畿PT(2015)で29.7%、人口流動統計で5.2%である。

中ゾーン間ODに着目した場合、人口流動統計の季節変動幅に相対誤差の範囲を加えた範囲11.5%（6.3%+5.2%）はPTの相対誤差の範囲29.7%よりも小さい。これは、近畿PT(2015)と比較した際の、人口流動統計の総量の安定性を示しており、重要な知見であると認識する。このことから、PTデータの時点更新を考える上では、人口流動統計の総量を基本とすることで、人の移動実態をより反映したものにとできると考える。

表-6に人口流動統計の中ゾーン間OD量ランキングと季節変動幅を示す（表-4の変動幅は本表の各ODの変動幅を合算したものである）。

ランキング上位はすべて中ゾーン内々の流動となっており、人口流動統計の年平均OD量の傾向は近畿PT(2015)と概ね合致している。また、ランキング上位のODペアの人口流動統計の季節変動幅は、最大でも10%程度となっている。

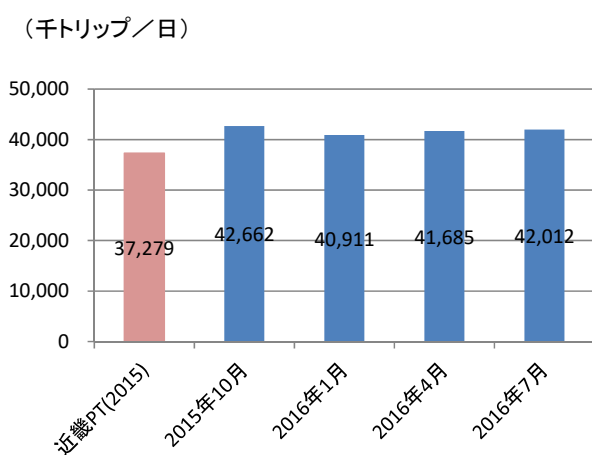


図-11 人口流動統計の季節変動と近畿PT (2015) 全体

(千トリップ/日)

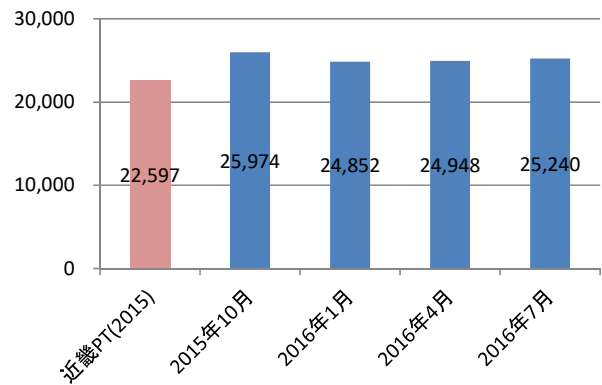


図-12 人口流動統計の季節変動と近畿PT (2015) 内々トリップ

(千トリップ/日)

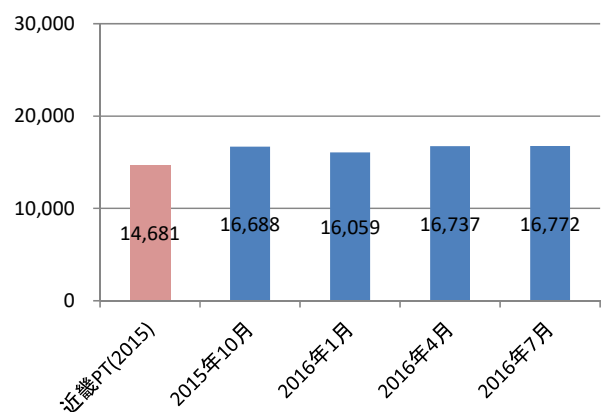


図-13 人口流動統計の季節変動と近畿PT (2015) 内外・外内トリップ

表-3 人口流動統計のOD量の近畿PT (2015) に対する割合

| 項目    | 2015年10月 | 2016年1月 | 2016年4月 | 2016年7月 |
|-------|----------|---------|---------|---------|
| 全体    | 114%     | 110%    | 112%    | 113%    |
| 内々    | 115%     | 110%    | 110%    | 112%    |
| 内外・外内 | 114%     | 109%    | 114%    | 114%    |

表-4 人口流動統計の中ゾーン間OD量の変動幅

| 項目    | 年平均日OD量 | 変動幅   | 変動幅の割合 |
|-------|---------|-------|--------|
| 全体    | 41,817  | 2,655 | 6.3%   |
| 内々    | 25,253  | 1,427 | 5.7%   |
| 内外・外内 | 16,564  | 1,228 | 7.4%   |

単位：千トリップ/日

表-5 中ゾーン間ODの相対誤差の範囲

| 項目               | 近畿PT (2015) | 人口流動統計 |
|------------------|-------------|--------|
| OD量 (千トリップ/日)    | 37,729      | 41,817 |
| カテゴリー数 (出現ODペア数) | 7,482       | 9,005  |
| 抽出率              | 3.38%       | 5.5%   |
| 相対誤差             | 14.8%       | 2.6%   |
| 相対誤差の範囲          | 29.7%       | 5.2%   |

表-6 人口流動統計の中ゾーン間OD量ランキングと季節変動幅（1日あたり）

|    | 発ゾーン      | 着ゾーン      | 2015年10月 | 2016年1月 | 2016年4月 | 2016年7月 | 年平均 | 変動幅 | 平均に対する<br>変動幅割合 | 近畿PT<br>(2015) |
|----|-----------|-----------|----------|---------|---------|---------|-----|-----|-----------------|----------------|
| 1  | 姫路市       | 姫路市       | 993      | 924     | 933     | 938     | 947 | 69  | 7.3%            | 819            |
| 2  | 和歌山市・海南市  | 和歌山市・海南市  | 814      | 792     | 798     | 807     | 802 | 22  | 2.7%            | 690            |
| 3  | 加古川市・高砂市他 | 加古川市・高砂市他 | 716      | 703     | 700     | 715     | 709 | 16  | 2.3%            | 581            |
| 4  | 奈良市他      | 奈良市他      | 738      | 693     | 699     | 699     | 707 | 45  | 6.4%            | 555            |
| 5  | 草津市・守山市他  | 草津市・守山市他  | 701      | 703     | 692     | 683     | 695 | 21  | 3.0%            | 551            |
| 6  | 西宮市・芦屋市   | 西宮市・芦屋市   | 656      | 633     | 645     | 632     | 641 | 24  | 3.8%            | 593            |
| 7  | 枚方市・交野市   | 枚方市・交野市   | 620      | 597     | 613     | 607     | 609 | 23  | 3.8%            | 490            |
| 8  | 東大阪市      | 東大阪市      | 583      | 558     | 546     | 547     | 559 | 37  | 6.5%            | 519            |
| 9  | 神戸市西部     | 神戸市西部     | 528      | 491     | 494     | 500     | 503 | 37  | 7.3%            | 427            |
| 10 | 伊丹市・宝塚市   | 伊丹市・宝塚市   | 521      | 473     | 463     | 470     | 482 | 58  | 11.9%           | 427            |
| 11 | 大津市       | 大津市       | 494      | 483     | 469     | 466     | 478 | 28  | 5.9%            | 409            |
| 12 | 高槻市・島本町   | 高槻市・島本町   | 464      | 456     | 464     | 469     | 463 | 14  | 2.9%            | 375            |
| 13 | 尼崎市       | 尼崎市       | 470      | 457     | 458     | 460     | 461 | 13  | 2.8%            | 509            |
| 14 | 吹田市・摂津市   | 吹田市・摂津市   | 467      | 451     | 450     | 446     | 453 | 21  | 4.7%            | 402            |
| 15 | 大阪市都心2区   | 大阪市都心2区   | 437      | 435     | 439     | 451     | 441 | 15  | 3.5%            | 481            |
| 16 | 大阪市南部     | 大阪市南部     | 410      | 406     | 418     | 420     | 413 | 14  | 3.4%            | 446            |
| 17 | 岸和田市・貝塚市  | 岸和田市・貝塚市  | 384      | 378     | 370     | 404     | 384 | 34  | 9.0%            | 310            |
| 18 | 八尾市・柏原市   | 八尾市・柏原市   | 400      | 369     | 372     | 372     | 378 | 31  | 8.2%            | 336            |
| 19 | 京都市都心部    | 京都市都心部    | 393      | 367     | 375     | 362     | 374 | 31  | 8.2%            | 406            |
| 20 | 京都市南部     | 京都市南部     | 378      | 365     | 366     | 358     | 367 | 20  | 5.4%            | 304            |

単位：千トリップ／日

## 5. 人口流動統計の利活用に向けて

### (1) PTデータの時点更新手法の提案

PTデータの時点更新の要件として、①総量の整合、②生成原単位の考慮、③都市開発の影響の反映の3点が重要であると著者らは考える<sup>4)</sup>。

人口流動統計の季節変動幅が近畿PTの相対誤差の範囲よりも小さいことから、人口流動統計のOD量の安定性は高く、両者のODの出現パターンの整合性が高いことから「人口流動統計のOD量を拡大母数としてODごとに拡大係数を付け替える」ことにより、PTデータの時点更新を実施することが考えられる。

これにより、トリップチェーンの分析などが実施不能となるものの、広域的にみて人の移動の実態に即した時点更新が可能になると考える。併せて、PTの課題である「誤差の大きさがゾーンの人口規模に依存する」という傾向を緩和することにもつながる。

### (2) 都市活動のモニタリング

中ゾーン間ODの内々トリップよりも内外・外内トリップの季節変動幅が大きいことから、ゾーンを跨ぐ流動のモニタリングに人口流動統計がより活かせるものと考ええる。例えば、今回対象外とした域外居住者のデータも含め、休日観光やマーケティングの観点から、広域的な観光施設や大規模商業施設を有する特定のゾーンに着目して、ODの分布や発生集中量の季節変動を詳らかにしていくことなどが考えられる。このような分析により、これまで把握できなかった特定地域に関するすべての交通モードでのピーク率やピーク時期などを把握できると考える。

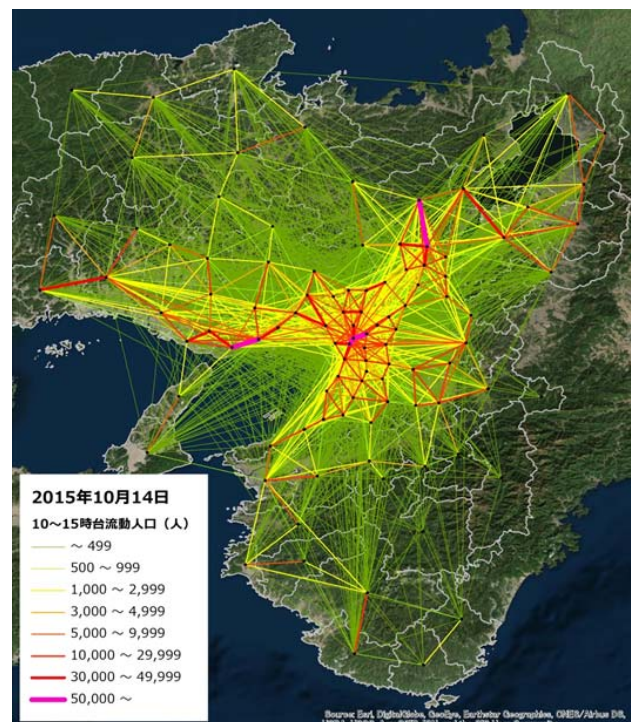


図-12 人口流動統計の中ゾーン間OD量の可視化の例

## 6. おわりに

本稿では、2015年10月～2016年7月の四半期ごとの人口流動統計のOD量の季節変動について明らかにし、近畿PTとの比較により人口流動統計の季節変動幅が近畿PTの相対誤差の範囲よりも小さいことを確認した。また、人口流動統計の安定性を踏まえて、PTデータの時点更新手法を提案した。

人口流動統計によりPTデータの時点更新を実施し、活用していくための汎用的な方法論を確立するために、

実事例による深化が必要である。今後は、提案手法の具体化と近畿PTデータの時点更新データの試作による確認（生成原単位、大規模開発の影響などの確認）が必要と考える。

**謝辞：**本研究の遂行にあたり、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、人口流動統計データの提供にて多大な協力を賜った。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 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，pp.1010-1021，第 52 回土木計画学研究発表会・講演集，2015.
- 2) 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，pp.2083-2094，第 53 回土木計画学研究発表会・講演集，2016.
- 3) 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～近畿圏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～，pp.2295-2103，第 53 回土木計画学研究発表会・講演集，2016.
- 4) 松島敏和・池田大造・田中文彬・中矢昌希・立川太一・永田智大・福手重弥：パーソントリップ調査の時点補正を見据えた人口流動統計と近畿圏パーソントリップ調査データの比較分析，pp.255-266，第 54 回土木計画学研究発表会・講演集，2016.
- 5) 総務省統計局：政府統計の総合窓口 (e-Stat)，<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/eStatTopPortal.do>

(2017.?? 受付)

## COMPARATIVE ANALYSIS OF MOBILE SPATIAL DYNAMICS AND KINKI AREA PERSON TRIP SURVEY DATA FOCUSING ON SEASONAL CHANGE OF MOBILE SPATIAL DYNAMICS

Toshikazu MATSUSHIMA, Masaki NAKAYA, Fumiaki TANAKA,  
Daizo IKEDA, Tomohiro NAGATA and Aya FUKUTE