

携帯電話網の運用データに基づく 人口流動統計におけるトリップデータ取得精度 の向上に関する研究

石井 良治¹・新階 寛恭²・関谷 浩孝³・池田 大造⁴・永田 智大⁴・
森尾 淳⁵・柴崎 亮介⁶・関本 義秀⁶・今井 龍一⁷

¹正会員 一般財団法人計量計画研究所 都市・地域計画研究室 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)
E-mail: rishii@ibs.or.jp

²正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 都市施設研究室 (〒305-0802 茨城県つくば市立原1)
E-mail: shingai-h86ax@mlit.go.jp

³正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本情報基盤研究室 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)
E-mail: sekiya-h92tb@mlit.go.jp

⁴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

⁵正会員 一般財団法人計量計画研究所 道路・経済社会研究室 (〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2-9)
E-mail: jmorio@ibs.or.jp

⁶正会員 東京大学 空間情報科学研究センター／生産技術研究所 (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)
E-mail: shiba@csis.u-tokyo.ac.jp, sekimoto@iis.u-tokyo.ac.jp

⁷正会員 東京都市大学 工学部 都市工学科 (〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1)
E-mail: imair@tcu.ac.jp

筆者らは、携帯電話網の運用データを元に得られる、人の流動を把握できる交通関連ビッグデータである人口流動統計の仕様や有用性に関する研究を行っている。この人口流動統計により、大量かつ回答バイアスのない、全国かつモードを問わない24時間365日の人々の移動情報を比較的速やかに捉えることができる。これらの信頼性、不偏性、網羅性、継続性、即時性等の特長は、パーソントリップ調査等に代表される従来のアンケート方式を中心としたデータ収集分析手法の課題解決に寄与する可能性がある。既存研究より、市区町村レベル等の広域的な移動量に関しては、概ね正確に把握されていることが確認されてきたが、現在の携帯電話網の運用データの空間解像度や時間解像度の限界ゆえに、運用データを元に推定される人口流動統計におけるトリップデータの取得精度には一部に不確実性があり、より詳細な移動の把握には留意が必要な可能性がある。

本研究では、都市交通分野での人口流動統計の活用上の留意点を明らかにするために、PT調査と人口流動統計の詳細なゾーン単位や時間帯別のOD量の比較を行い、人口流動統計の捕捉性すなわちトリップデータの取得精度について不確実要因の解明に向けた検証を行った。

Key Words : urban transportation planning, mobile base station, mobile spatial dynamics, person trip survey

1. はじめに

近年、情報通信技術 (ICT) の進展により、情報通信網を通じて各種活動の結果がデータとして蓄積されてきている。これら交通関連ビッグデータと呼ばれるデータから、人の活動や移動の実態を捉え、都市交通に関わる各種施策検討に活用しようという動きが活発化してきている¹⁾²⁾。

筆者らは、交通関連ビッグデータのうち、携帯電話保有者約7,000万人への情報通信サービスの提供に伴う運用データ (法人名義のデータなどを除去) から、人の流動を把握できる人口流動統計を推計する手法の研究に取り組んできた³⁾。人口流動統計を用いると、24時間365日の全国の人の流動を捉えることが可能となるため、都市交通調査・分析・予測・計画手法への活用が期待される。既往研究⁴⁾では、人口流動統計のデータ取得精度の検

証を行い、市区町村間レベルでは比較的精度が高くトリップを捉えられていることを確認している。また、小ゾーンレベルや都心部におけるデータの現れ方を検証し、マイクロレベルにおいてより正確に交通実態を捉えるため人口流動統計の推計手法の改善の方向性を示している。

また、中矢ら⁵⁾は、人口流動統計の時間解像度に着目した検討を行っており、短距離トリップを除けばパーソントリップ調査（以下、PT調査という）で捉えられている移動量が概ね捉えられていることを確認した一方で、滞在時間が1時間に満たない場合には複数トリップが統合される可能性を指摘している。渋川ら⁶⁾は、高齢者の移動に着目した人口流動統計の検証を行っており、立ち寄り交通等の、PT調査では記載が省かれる傾向のあるトリップが、人口流動統計では捕捉できている可能性を指摘している。

以上のように、様々な観点から人口流動統計の精度検証等が進められ、市区町村レベル等の広域的な移動量に関しては一定程度の捕捉性があることが確認されてきた。しかし、現在の携帯電話網の運用データの空間解像度や時間解像度の限界ゆえに、運用データを元に推計される人口流動統計におけるトリップデータの取得精度（捕捉性）には一部に不確実性があるため、より詳細なゾーン単位での流動の把握や、時間帯別や属性別等の詳細な項目別の移動の把握に際しては課題がある可能性がある。都市交通分野の中でも、観光等のような広域的な流動が必要な場合や、都心交通等のように詳細な流動が求められる場合もあり、各場面における活用方法及びデータ活用上の留意点が明らかにされることが望ましい。

そのため、本研究の目的を人口流動統計におけるトリップデータ取得精度の不確実要因の解明に向けた検証とした。都市交通分野での人口流動統計の活用上の留意点を明らかにするために、PT調査と人口流動統計の詳細なゾーン単位や時間帯別のOD量の比較を行い、その捕捉性と乖離要因を考察する。

2. 人口流動統計の概要とデータの特徴

(1) 人口流動統計の概要及び推計方法

音声電話・データ通信サービスを提供する携帯電話網では、ある基地局の電波到達範囲（以下、「セル」という）内に所在する端末の存在確認を位置登録と呼ばれる手順（以下、「位置登録」という。）により基地局側で周期的に（概ね1時間に一度）把握している。この位置登録により把握している運用データを元に、統計に不要な個人識別性を運用データから除去する「非識別化处理」、流動人口を推計する「集計処理」、推計人口のうちある一定の値以下の少数を除去する「秘匿処理」の3段階処理を経て端末保有者の個人情報およびプライバシーを保護した人口流動統計が生成される⁷⁾。

基地局と端末間で行われている位置登録はあくまで端末の定期的な存在確認のためであり、GPSを用いて取得した人の移動履歴とは用途や特性が異なることから、限られた位置登録から移動・滞留の判定が必要となる。

移動・滞留の判定手法は次のとおりである⁴⁾（図-1）。ある時点（集計対象とする期間の最初の時点）で端末から位置登録が行われた基地局のカバーするセルの図心位置を起点に設定する。その後、位置登録が行われた基地局のカバーするセル図心位置と起点との距離が一定の条件（今回は1kmとする）を満たす場合に、その一つ前に位置登録が行われた時点から今回位置登録が行われた時点までを「移動」と判定する。その際、条件を満たすこととなったセル図心位置を次の起点とする。その後も同様の判定を続け、条件を満たさなくなった場合に「滞留」と判定する。その際、起点は移らないものとする。

移動・滞留の判定からOD量を集計する際には、滞留から移動へと切り替わる際のものとの起点を出発地、移動から滞留へと切り替わる際の起点を到着地としてトリップを抽出する。抽出されたトリップをゾーンやメッシュ等の集計単位に応じてOD毎に集計し推計したものをOD量とする。

(2) 人口流動統計の特徴

前述の推計方法により生成される人口流動統計のデータと、PT調査の調査項目の比較を表-1に示す。PT調査では移動目的や交通手段等の移動実態を詳細に把握できる。また、トリップデータの時間解像度は分単位であり、空間解像度も町丁目単位等で把握されているケースも多い。しかし標本調査の抽出率が低いいため、細かい時間解像度や空間解像度でOD量等を集計する場合等は信頼性の考慮が必要になる。

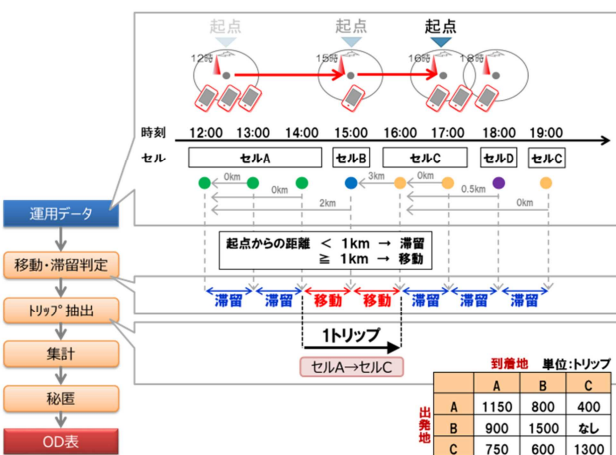


図-1 移動・滞留判定およびトリップ抽出の方法

表-1 PT調査と人口流動統計の比較

項目	PT調査	人口流動統計
調査対象	都市圏内居住者 (標本として数%を抽出)	(株)NTT ドコモの携帯電話 所有者 (法人名義除く)
調査日	特定の1日	限定なし(365日いつでも)
調査頻度	概ね10年に1度	毎日可能
調査地域	都市圏	日本全国
属性	性別・年齢別・居住地別	性別・年齢別・居住地別
時間解像度	分単位	概ね時間単位
空間解像度	中ゾーン (最小は夜間人口約1万5千人を目安とした小ゾーン)	電波到達範囲, 基地局密度や電波伝搬環境に依存 (都市部では小ゾーン程度)
移動目的	大まかな目的	一部推計可能 ※
移動手段	交通手段, 経路	一部推計可能 ※

※推計手法等の技術開発が行われている

一方、人口流動統計では約7,000万人のサンプルからOD量を生成するため、高い信頼性で時間帯別、属性別に広域にわたる移動実態を捉えることが期待される。また調査日や調査頻度を自由に設定できるため、継続的な移動実態の推移の把握も可能である。ただし、把握可能な時間間隔は概ね1時間程度の時間解像度であり、また空間解像度は基地局密度等に依存するため、従来のPT調査等で把握されてきたトリップと同様のトリップを把握するためには、生成手法を含め多くの課題がある。

(3) 人口流動統計の捕捉性に関する不確実性の要因

既往研究⁴⁾において、熊本都市圏および東京都市圏でのPT調査によるトリップデータ (以下、PTデータという) と人口流動統計との比較等により、以下のような不確実性の要因の可能性があることを把握している。

①トリップ間の滞在時間が1時間未満の複数のトリップがある場合、人口流動統計では途中の滞留判定が発生せず連続する1つのトリップとして連結して抽出され、起点または終点が異なる別のトリップや内々トリップとして集計されることがありうる (図-2)。このとき、出発地側であることが多い郊外部等のゾーン内々ではトリップが実際より多く推計される一方、滞在地側であることが多い都心中心部関連の内々ではトリップが実際より少なく推計されることが想定される。実際、既往研究⁴⁾では、都心中心部の内々の人口流動統計はPTデータの半数に満たず、一方、郊外部関連のトリップに関しては人口流動統計がPTデータと比較して過大となっている。

②セルの大きさに対してゾーンの大きさが十分に大きくない場合、本来の着地ゾーンに隣接する別ゾーンに近いまたは別ゾーン側にある基地局と通信が行われる割合が多くなり、本来は内々となるトリップが別ゾーンを着地とする内々以外のトリップとなることや、逆に内々以外トリップが内々トリップになるようなことがありうる (図-3)。既往研究⁴⁾では東京都市圏内の複数地区で複

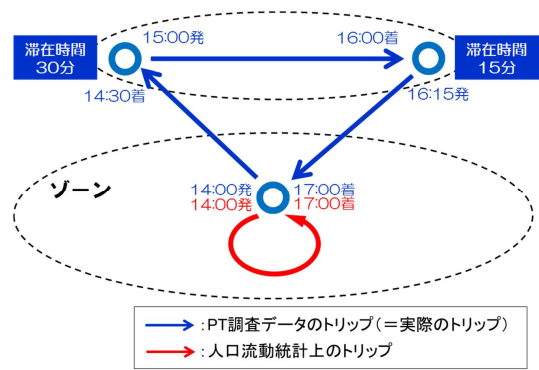


図-2 短時間滞在によるPT調査と人口流動統計の集計の違い

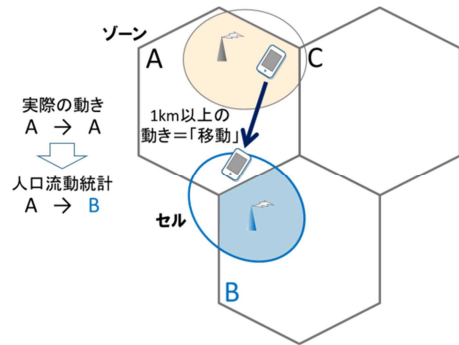


図-3 隣接する別ゾーンに配分される場合のイメージ

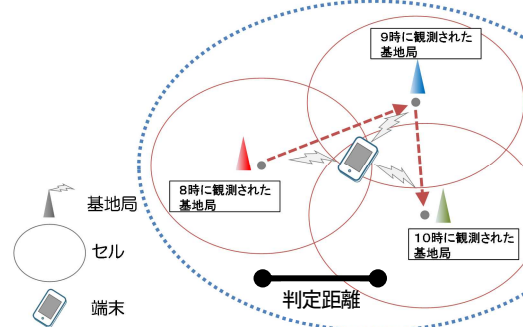


図-4 通信される基地局の変更による移動の誤判定イメージ
数の携帯端末を用いて人口流動統計の位置推定精度を検証した結果、実際に端末の位置したメッシュの隣接メッシュにもODが配分される現象が確認されており、基地局セルからメッシュやゾーン等の集計単位にODを按分する際に上記の現象が生じていることが分かっている。

③携帯電話網の安定的な運用のため、セルすなわち各基地局の電波到達範囲は一定の重なりが設けられることが想定される。携帯電話網は電波状況がある所定の条件下になった場合に通信の品質確保・継続を目的に、より電波状況が良好な基地局に変更される場合がある。その結果、携帯端末が狭い範囲で滞在していた状態にあっても通信される基地局が変更されることにより、実態と異なる移動判定が生じる可能性がある (図-4)。

④このほか、統計値が少なくなる場合の秘匿処理の影響も想定される。

本研究では、これらの人口流動統計の課題を踏まえ、PTデータと人口流動統計の比較を通じて、トリップデータ取得精度 (捕捉性) の不確実要因を解明する。

3. 人口流動統計の捕捉性の検証

本章では、PTデータと人口流動統計とをカテゴリ別に比較することにより、人口流動統計のトリップデータ取得精度（捕捉性）の検証を行う。特に前述した要因のうち①の1時間未満滞在では滞留判定が発生せず連続する1つのトリップとして結合されてしまう課題を踏まえて、1時間未満滞在をはさむPTデータを結合して集計し比較することにより、1時間未満滞在の結合が影響するカテゴリやその影響量を分析する。またあわせて、それ以外の要因による影響の程度も分析する。具体的には、PTデータの1時間未満滞在トリップを結合処理した上で、時間帯やトリップ長、ゾーンの空間分布等別のトリップ数の乖離を比較検証し、トリップデータ取得精度（捕捉性）の不確実要因と影響度合いを明らかにする。

(1) 比較の条件

PTデータには平成24年の熊本都市圏のデータを使用した。PTデータと人口流動統計データを比較するにあたり、PTデータの短時間滞在トリップを結合する処理を行った。具体的には、あるトリップ（i）の到着時刻から次のトリップ（ii）の出発時刻までの時間が1時間未満の場合、それらのトリップ（iとii）を結合し、トリップiの出発地からトリップiiの目的地までのトリップとした。さらに次のトリップ（iii）の出発時刻までの時間が1時間未満の場合は、同様に結合し、トリップiの出発地からトリップiiiの目的地までのトリップとした。また、PTデータからは1km未満のトリップを除いた。

人口流動統計は2015年10月20日（火）における時間帯

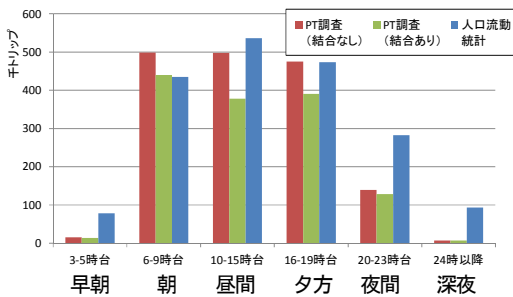


図5 時間帯別のトリップ数の比較

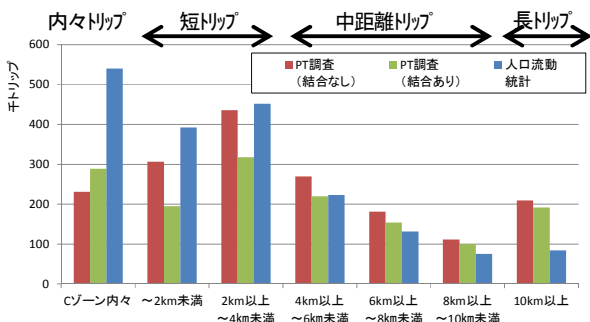


図6 トリップ長区別のトリップ数の比較

別のCゾーン間OD量を使用した。

比較においては、熊本都市圏内の居住者のデータのみを使用し、PT調査範囲内のOD量のみを対象とした。年齢は15～79歳のデータのみを使用した。

(2) 時間帯別のトリップ数の比較

PTデータの1時間未満滞在を結合しないトリップ（以下、結合なしトリップという）、PTデータの1時間未満滞在を結合したトリップ（以下、結合ありトリップという）および人口流動統計のトリップ数を時間帯別に比較する（図-5）。

結合なしトリップに対して結合ありトリップは、日中の6時台-19時台でトリップ数が少なくなっている。特に、昼間（10-15時台）では著しく少なくなっている。

次に、結合ありトリップと人口流動統計とを比較する。朝（6-9時台）ではトリップ数がほぼ一致している。しかし、それ以外の時間帯では、人口流動統計が一樣に多くなっており、特に昼間（10-15時台）や夜間（20～23時台）では乖離が大きくなっている。また、深夜・早朝（24～5時台）では、PTデータがほとんどないにも関わらず、人口流動統計が生成されている。

(3) トリップ長区別のトリップ数の比較

結合なしトリップ、結合ありトリップおよび人口流動統計のトリップ数をトリップ長区別に比較する（図-6）。なおトリップ長はゾーン中心間の距離で算出した。

結合なしトリップに対して結合ありトリップは、内々トリップが多い。また、短距離（4km未満）トリップで大幅に少ない。中距離（4km～10km未満）トリップや長距離（10km以上）トリップではやや少ない程度である。

次に、結合ありトリップと人口流動統計とを比較する。Cゾーン内々トリップや短距離トリップでは人口流動統計が一樣に多くなっている。中距離トリップではほぼ一致している。一方、長距離トリップでは人口流動統計が著しく少なくなっている。

そこで、トリップ長別およびトリップ数ランク別にPTデータと人口流動統計のトリップ数を比較する（表-2）。人口流動統計では、トリップ数の少ないODペアに関しては秘匿により非表示となっていることが確認できる。一方、PTデータからは特に長距離（10km以上）トリップでトリップ数の少ないODペアが多数あることが確認できる。このことから、長距離トリップでは要因④（秘匿）の影響を強く受けていることが示唆される。なお、長距離で都心等へ来訪しているトリップに関しては、要因②（分散）すなわち着地側ゾーンでの按分処理によってさらにトリップ数が減少し、より秘匿が発生しやすい状況になっている可能性もある。

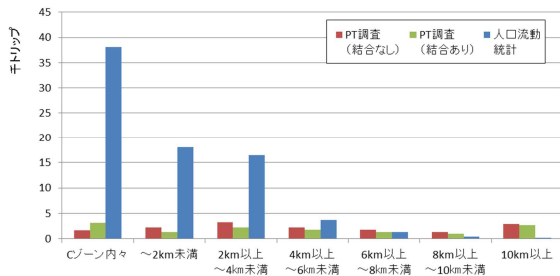


図-7 早朝（3-5時台）のトリップ長区分別トリップ数の比較

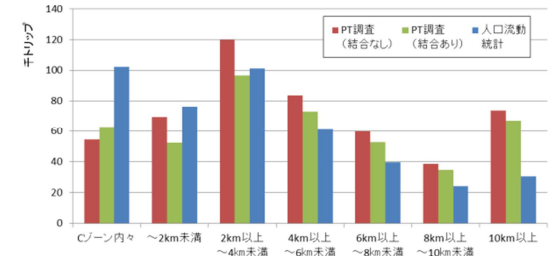


図-8 朝（6-9時台）のトリップ長区分別トリップ数の比較

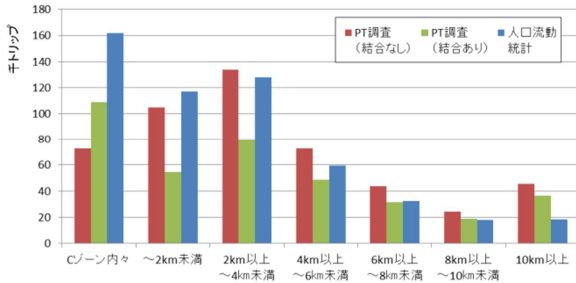


図-9 昼間（10-15時台）のトリップ長区分別トリップ数の比較

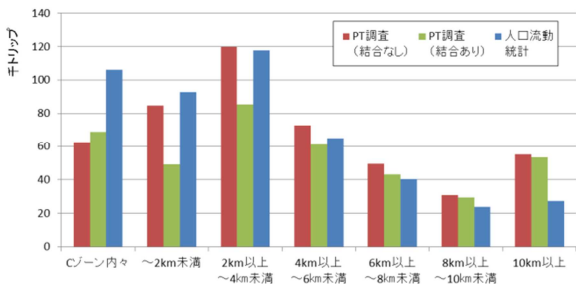


図-10 夕方（16-19時台）のトリップ長区分別トリップ数の比較

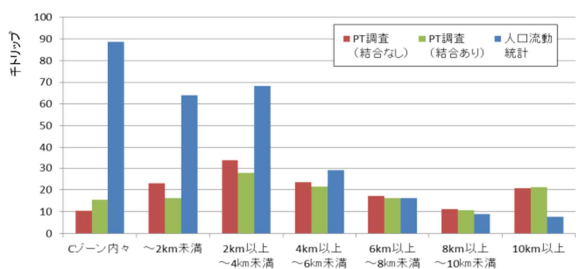


図-11 夜間（20-23時台）のトリップ長区分別トリップ数の比較

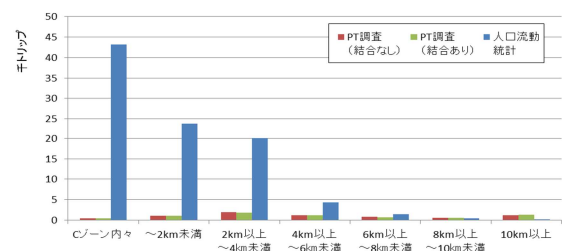


図-12 深夜（24-2時台）のトリップ長区分別トリップ数の比較

表-2 トリップ長別・トリップ数ランク別のトリップ数比較

	トリップ数ランク							総計	
	0	1~9	10~29	30~99	100~999	1000~9999	10000以上		
人口流動統計	内々	—	—	16	273	26,830	477,206	36,050	540,375
	~2km未満	—	—	1,308	13,610	258,239	118,947	0	392,104
	2km以上~4km未満	—	—	9,761	61,166	323,436	57,582	0	451,945
	4km以上~6km未満	—	—	20,427	77,298	122,948	2,241	0	222,914
	6km以上~8km未満	—	—	25,070	59,608	46,698	0	0	131,376
	8km以上~10km未満	—	—	23,323	37,320	15,153	0	0	75,796
	10km以上	—	—	43,340	35,709	5,405	0	0	84,454
合計	—	—	123,245	284,984	798,709	655,976	36,050	1,898,964	
PT調査	内々	0	0	0	195	54,039	234,841	0	289,075
	~2km未満	0	189	1,981	17,148	172,212	3,517	0	195,047
	2km以上~4km未満	0	986	9,850	69,938	226,298	10,472	0	317,544
	4km以上~6km未満	0	1,836	17,969	80,683	119,714	0	0	220,202
	6km以上~8km未満	0	2,679	22,722	69,339	59,379	0	0	154,119
	8km以上~10km未満	0	2,883	22,944	49,130	25,120	0	0	100,077
	10km以上	0	12,010	80,646	79,192	20,169	0	0	192,017
合計	0	20,583	156,112	365,625	676,931	248,830	0	1,468,081	
差分	内々	0	0	16	78	-27,209	242,365	36,050	251,300
	~2km未満	0	-189	-673	-3,538	86,027	115,430	0	197,057
	2km以上~4km未満	0	-986	-89	-8,772	97,138	47,110	0	134,401
	4km以上~6km未満	0	-1,836	2,458	-3,385	3,234	2,241	0	2,712
	6km以上~8km未満	0	-2,679	2,348	-9,731	-12,681	0	0	-22,743
	8km以上~10km未満	0	-2,883	379	-11,810	-9,967	0	0	-24,281
	10km以上	0	-12,010	-37,306	-43,483	-14,764	0	0	-107,563
合計	0	-20,583	-32,867	-80,641	121,778	407,146	36,050	430,883	

(4) 時間帯別・トリップ長区分別のトリップ数の比較

PTデータと人口流動統計との乖離要因を特定するため、結合ありトリップと人口流動統計との時間帯別・トリップ長区分別トリップ数を比較する（図-7～図-12）。

夜間・深夜・早朝（20-5時台）では、ほぼ内々および短距離（4km未満）トリップだけで人口流動統計が多くなっている。特に深夜・早朝（24~5時）において、PTデータのトリップがほとんど現れていないのとは対照的に、人口流動統計の内々・短距離トリップが多くなっている。その数は熊本都市圏で約4万トリップであるが、無視できないほど多く、また内々トリップであることから、一般的にPTのトリップとして記入されない動き（帰宅の一部や物流トリップ）だけで説明することは難しい。また、日中の時間帯（6-19時台）でも内々・短距離トリップでは一様に人口流動統計が多くなっている。

このように、時間帯によらず一定の傾向で短距離トリップが過大に生じている。このことは、個別の時間帯や属性等に起因するものではない構造的な原因、すなわちPT調査でも把握しきれていない短距離トリップが存在することや、要因③に挙げた、実際は比較的狭い範囲に滞在していた携帯端末に対し、通信品質の確保を目的に通信の行われる基地局が1km以上離れた基地局間で変更されることによって、実態とは異なる「移動」判定が生じる可能性も存在する。これらの複合的な要因により、トリップがPTデータと比較して過大に推計されるものと推察される。

これは、通勤・通学等により実際に「移動」する端末の割合が多くなり、動いていない端末が少なくなる朝（6-9時台）の時間帯で人口流動統計が過大になっていないことも整合する。

一方、人口流動統計が比較的少ないのは、朝（6-9時台）の中距離（4km~10km）トリップと、全時間帯の長距離（10km以上）トリップである。また特に朝の長距離トリップが過少となっているが、このことは、朝に多

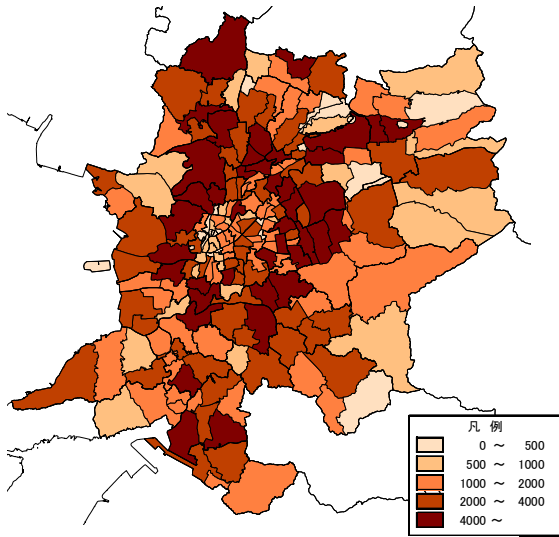


図-13 ゾーン別内々トリップ数【人口流動統計】

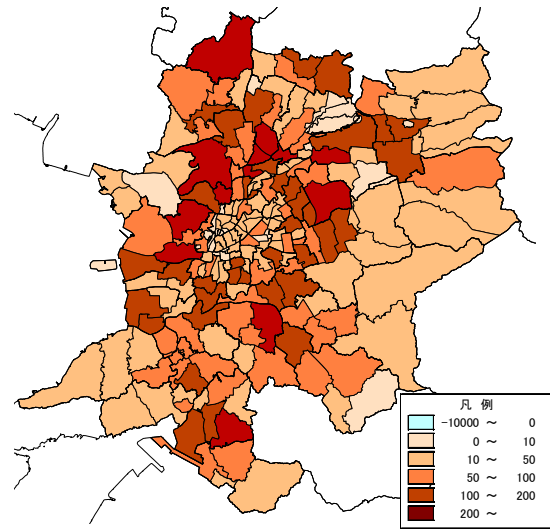


図-15 深夜 (24~2時台) の1時間あたり差分

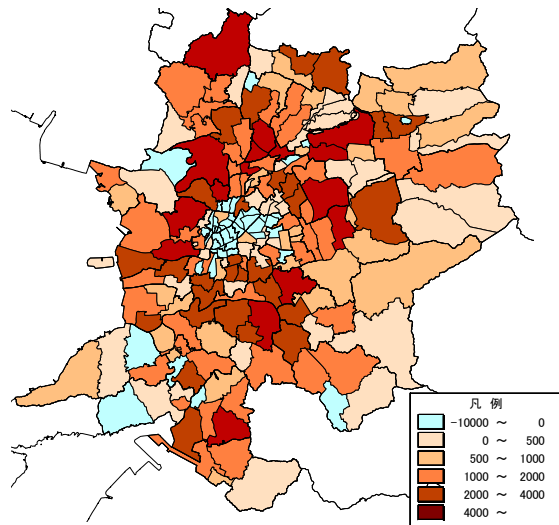


図-14 ゾーン別内々トリップ数【人口流動統計-PTデータ】

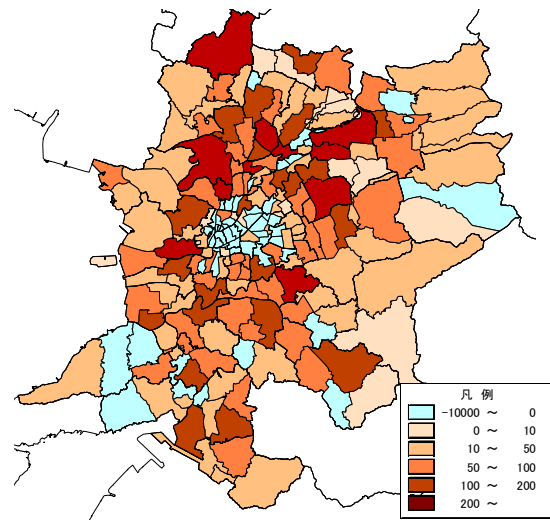


図-16 夕方 (16-19時台) の1時間あたり差分

い通勤が都心部に向かうものが多いことを考慮すると、前項で述べた、要因②（分散）および要因④（秘匿）の両方の影響が示唆されることと整合している。

(5) 空間分布に着目した内々トリップの比較

既往研究⁹⁾および前項によれば、深夜・早朝の時間帯（24～5時台）をはじめとして、内々トリップで人口流動統計が相対的に著しく多い傾向にある。そこで、内々トリップを対象に空間分布を確認することで地域特性の観点からも乖離要因を明らかにする（図-13、図-14）。

都心部においては人口流動統計が過少となっている。これは、要因①（連結）によりトリップ数が減っている可能性と、要因②（分散）によりトリップ数が減っている可能性を示唆している。後者については、内々トリップが隣接ゾーン間トリップとなってしまう場合と、逆に隣接ゾーン間トリップが内々トリップとなってしまう場合とがありうるが、ゾーンが土地利用上も一定のまとまりを持っていることを考慮すると、内々トリップが隣接

ゾーン間トリップとなる前者の方が多いと考えられる。

一方で、都心部の周辺の住宅地エリアでは、人口流動統計の方が多くなっている。比較的の出発地側であること、ゾーンが一定の大きさであること、さらに都心より基地局密度が低く基地局間距離も一定の距離以上あると考えられることから、要因②（分散）の影響よりは要因①（連結）による増、および要因③（基地局変更による移動判定）による内々トリップの過剰生成の可能性が高い。

また、さらにその縁辺部では、基地局の密度がより低くなることすなわちセルが大きくなることでセルどうしの重なり面積も相対的に小さくなり、1km以上離れた異なる基地局間で検出されるケースが減ると考えられることから、人口すなわちトリップが少ないこととあわせて要因①や要因③の影響も少なくなると考えられる。

(6) 時間帯別・空間分布別の内々トリップの比較

さらに時間帯別にPTデータと人口流動統計の内々のトリップ数を比較する（図-15、図-16）。なお、第4項



図-17 人口流動統計-PTデータ【2km未満】

までに用いた時間帯は区分によって時間数が異なるため（16-19時の4時間帯，24-2時台の3時間帯など）ここでは1時間あたりの換算トリップ数を用いて分析を行う。

都心部では、深夜は人口流動統計が過大になっているが、日中（夕方）は過少になっている。前項で述べた要因①（連結）と要因②（分散）に関連するトリップが日中の行動に多くみられるトリップと考えられることと整合している。一方、都心部の周辺の住宅地エリアおよびその縁辺部（郊外部）においては、一部のゾーンで違いがあるものの、日中（夕方）と深夜の両方で概ね同様に人口流動統計がPTデータより過大になっている。このことから、都心部以外では特に要因③（基地局変更による移動判定）の影響を受けている可能性が考えられる。

(7) 短距離トリップの空間分布

要因③の基地局変更による移動判定が生じる際、それぞれの基地局が隣接する異なるゾーンにある場合には、内々以外トリップの短距離トリップとして抽出される可能性もある。また、要因②（分散）により短距離トリップとして集計される可能性もある。これら踏まえ、隣接ゾーン間トリップにおいて人口流動統計をがPTデータと比べて過大となっているODペアを確認する（図-17）。都心部およびその周辺部において過大になっていることが確認でき、前述の第5項、第6項とも整合している。

(8) 個別地区におけるトリップ数の比較

熊本市南区に位置する1980年代後半に開発された製造流通の拠点である流通団地を対象に分析する（図-18、図-19）。個別地区の着トリップに着目して比較すると、PTデータを結合することで、6km未満の中・短距離トリップで結合なしトリップに比べ結合ありトリップが減

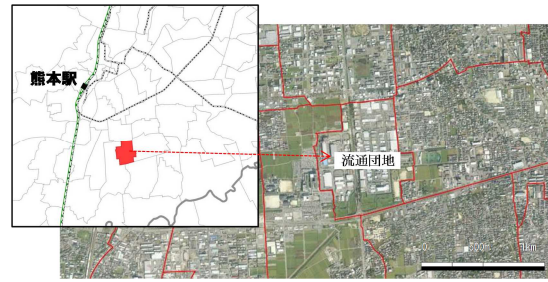


図-18 対象とする個別地区（流通団地）

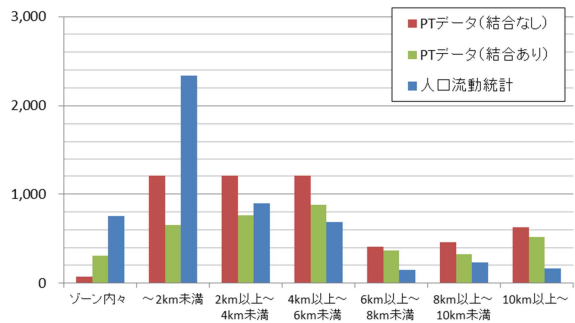


図-19 個別地区着トリップのトリップ長分布の比較

少していることが確認できる。また、結合ありデータと人口流動統計とを比較すると、4km以上では、人口流動統計が過少となっていることが確認できる。これは、長距離トリップになるにつれODペア毎のトリップ数が少なくなる傾向にあり、かつゾーンへの按分処理によってトリップ数が分散される、要因②（分散）および要因④（秘匿）の両方の影響が示唆されることと整合している。

4. 人口流動統計の乖離要因と改善・活用例

3章における分析結果から、トリップパターン別にPTデータと人口流動統計との乖離の要因について整理し、改善のための方策等に関してあらためて整理する。

(1) 乖離要因の整理

PTデータと人口流動統計との以下の4つの乖離要因、

- ①1時間未満滞在が滞留判定されないことによるトリップの連結
- ②基地局セルからゾーンへの按分処理におけるトリップの分散
- ③比較的狭い範囲に所在する端末で、電波伝搬状況等により通信基地局が1km以上離れた基地局間で変更されることによる移動判定
- ④少数トリップの秘匿処理

について、4章の分析結果から、トリップパターン毎に主に表-3のように乖離状況および要因が整理できる。

表-3 トリップパターン別の乖離要因

トリップパターン	乖離(※)	要因
都心中心部 内々	過少↓	①短時間滞在の連結により過少に ②ゾーンの按分処理により過少に
都心周辺部 住宅地内々	↑過大	①短時間滞在の連結により過大に ③基地局変更により過大に
縁辺部 住宅地内々	↑過大	①短時間滞在の連結により過大に ③基地局変更により過大に(ただし周辺部より基地局密度が低いため起きづらい)
都心周辺部・ 縁辺部⇄ 都心中心部	過少↓	①短時間滞在の連結により過少に ②ゾーンの按分処理により過少に ④秘匿処理により過少に(特に長距離トリップ)
個別地区 (工業団地等)	過少↓	②ゾーンの按分処理により過少に ④秘匿処理により過少に(特に長距離トリップ)

※人口流動統計がPTデータよりも多い場合には「過大」、少ない場合に「過少」と表記

(2) 乖離要因に対する改善案の提案

第1項の4つの乖離要因が都市圏の違いによらず一定の傾向がある場合、これを定量的に把握することで人口流動統計を一定程度補正することが可能となり、これによりデータ取得精度(捕捉性)を向上させることができる。

さらには、これらの要因分析を踏まえ、人口流動統計生成手法そのものを改良することにより、乖離自体の発生を減らせることから、乖離要因を解消するための改善案としてあらためて以下を再考する。

a) 1時間未満滞在のトリップ連結への対応

現在の人口流動統計は、概ね1時間ごとに滞留判定された基地局の情報を用いてOD量を生成しているが、移動判定されている途中の通信の情報も活用することが考えられる。具体的には例えば、移動途中で通信が行われた基地局の時刻と場所の情報を用いて基地局間の移動速度を算出することで、一定以上速度が低下している区間で追加的に滞留判定する。

b) ゾーンへの按分処理によるトリップの分散への対応

基地局セルからゾーンへの按分処理を面積だけで一律に行うのではなく、現況土地利用等、例えば夜間人口や従業員人口の密度等を考慮して按分するよう処理方法を改善する。

c) 通信基地局の変更に伴う過度な移動判定への対応

移動・滞留の判定距離を一律1kmとするのではなく、基地局密度等に応じて変化させる。今回、都心周辺部や郊外では判定距離が1kmでは過度な移動判定が発生している可能性があることから、例えば2km以上等に変更する。あわせて、都心部では基地局密度が高く基地局間距離も小さいことが想定されることから、判定距離を500m程度とすることで、これまで判定できなかったトリップも把握できるようになる。(図-20)

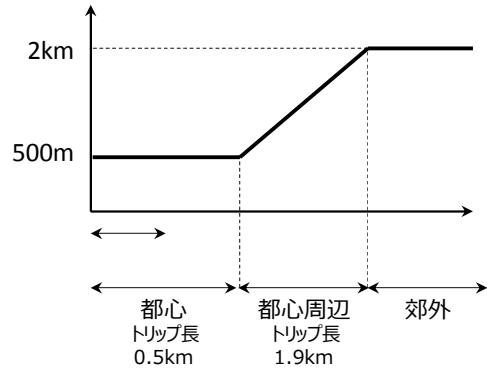


図-20 地域別に変化する移動・滞留判定距離のイメージ

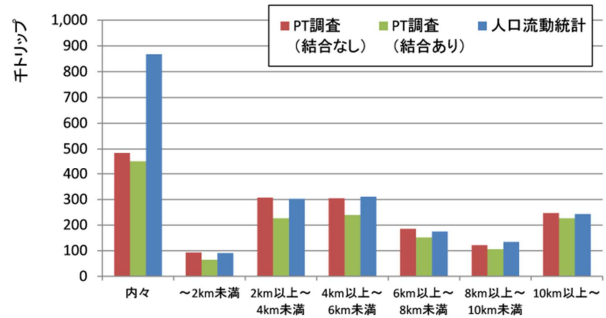


図-21 トリップ長分布の比較【Bゾーン】

d) 秘匿処理によるトリップ数減少への対応

複数日のデータをまとめて集計することや、起点と終点側のゾーンサイズを変更できるようにすることにより、ゾーンやカテゴリを細分化することによる秘匿の影響を低減することが考えられる。

(3) 人口流動統計の活用可能性の整理

第2項で示した改善案により、人口流動統計の生成段階でのデータ取得精度向上を図ることが考えられる。また、各乖離要因を定量的に把握することで、一定程度補正して活用していくことも考えられる。市区町村内の流動を把握することが可能となれば、地域の都市構造や公共交通の検討への活用が広がると想定される。

なお、現時点でも人口流動統計とPT調査データの乖離が少ない領域に関しては、積極的に活用を図っていくことも考えられる。例えば、要因②や③及び④に関しては集計ゾーンを大きくすることで改善する。Bゾーンレベルで集計された人口流動統計を用いてトリップ長別トリップ数を確認すると、内々トリップに関しては人口流動統計がPTデータに比べ過大ではあるが、他のトリップに関しては比較的整合がとれていることが分かる

(図-21)。交通計画における空間解像度に関する要求水準との兼ね合いもみながら、BゾーンレベルでのOD(内々トリップは除く)を当面活用していくことなども考えられる。例えば、観光等の施策検討のための性別や年齢別、居住地別の来訪者の把握や、広域連携を見据えた市区町村間の人の移動の把握に活用することが考えられる。

5. おわりに

本研究では、都市交通分野での人口流動統計の活用上の留意点を明らかにするために、PT調査と人口流動統計の詳細なゾーン単位や時間帯別のOD量の比較を行い、人口流動統計の捕捉性とトリップデータの取得精度の不確実要因の解明に向けた検証を行った。

その結果、4つの主な乖離要因、すなわち①1時間未満滞在をはさむトリップ連結、②ゾーンへの按分処理におけるトリップ分散、③通信基地局の変更による実態とは異なる移動判定、④トリップの秘匿処理、について時間帯等のカテゴリや地域特性との対応関係や乖離の影響度合いが把握できた。

人口流動統計の活用ニーズが高いことを考慮すると、各要因に対しての改善が望まれるとともに、現時点での活用可能な範囲を明確にしつつ、その活用の手順や留意点をとりまとめることが今後必要となる。

本研究および今後の研究の進展により、都市交通分野における効率的で効果的な調査・分析・予測・計画手法への改善、ひいては持続可能な社会の実現に寄与することを期待する。

謝辞：本研究の遂行にあたり、(株)ドコモ・インサイトマーケティングの渋谷大介氏には人口流動統計の生成および比較検証等の作業にて多大な協力を賜った。また国土技術政策総合研究所の吉田純土氏には資料収集、関係者間調整等の協力を頂いた。また、国土交通省都市計画調査室の菊池雅彦室長、井上直氏、岩館慶多氏には、貴重な示唆を頂いた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 今井龍一, 深田雅之, 重高浩一, 矢部努, 牧村和彦, 足立龍太郎: 多様な動線データの組合せ分析による都市交通計画への適用可能性に関する考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.48, 2013.
- 2) 今井龍一, 田嶋聡司, 矢部努, 塚田幸広, 重高浩一, 橋本浩良, 山王一郎, 石田東生: 動線データを活用した都市活動のモニタリングの持続的な運用に向けた取り組み, 土木計画学研究・講演集, Vol.51, 土木学会, 2015.
- 3) 今井龍一, 藤岡啓太郎, 新階寛恭, 池田大造, 永田智大, 矢部努, 重孝浩一, 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.
- 4) 新階寛恭, 今井龍一, 池田大造, 永田智大, 森尾淳, 矢部努, 重孝浩一, 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 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/>, (入手2017.4)
(2017.4.28 受付)

A STUDY ABOUT THE IMPROVEMENT POSSIBILITY OF PERSON-TRIP SURVEY TECHNIQUE WITH MOBILE SPATIAL DYNAMICS

Ryoji ISHII, Hiroyasu SHINGAI, Hirotaka SEKIYA, Daizo IKEDA,
Tomohiro NAGATA, Jun MORIO, Ryosuke SHIBASAKI,
Yoshihide SEKIMOTO and Ryuichi IMAI