

携帯電話基地局の運用データを用いた高速道路 利用トリップの推計手法に関する一考察

北川 大喜¹・関谷 浩孝²・池田 大造³・永田 智大⁴
福手 亜弥⁴・新階 寛恭⁵・今井 龍一⁶

¹非会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)
E-mail: kitagawa-924a@mlit.go.jp

²正会員 国土交通省 国土技術政策総合研究所 (〒305-0804 茨城県つくば市旭1)
E-mail: sekiya-h92tb@mlit.go.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非会員 株式会社NTTドコモ プラットフォームビジネス推進部
(〒100-6150 東京都千代田区永田町2-11-1)
E-mail: nagatatom@nttdocomo.com aya.fukute.wb@nttdocomo.com

⁵正会員 新潟市 (〒951-8550 新潟県新潟市中央区学校町通 1 番町602-1)
E-mail: h.shingai1494@city.niigata.lg.jp

⁶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

携帯電話基地局の運用データは、携帯電話の所在エリアを示すものであり、数年に1度の特定日を対象にした都市交通調査では把握出来ない経年変化や季節変動、曜日変動を把握できる可能性を秘めている。一方で、人の移動手段を直接把握することはできない。

本研究は、携帯電話基地局の運用データから高速道路利用トリップを推計する手法を試行した。トリップ中の最高速度を用いた最高速度判定及び高速道路沿線から一定距離以内にある基地局を用いた沿線周辺通過判定では、それぞれ他の交通機関を利用するトリップ、国道を通る自動車や在来線を利用するトリップを高速道路利用トリップと誤判定する可能性があることを確認した。誤判定を低減するために、最高速度判定と沿線周辺通過判定のどちらも実施する手法を用いて、高速道路と新幹線が並走する区間の基地局を除外して判定したところ、推計精度を向上できる可能性が明らかになった。

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

1. はじめに

近年、少子高齢化、地域活性化などの多様なニーズに対応した都市交通計画が求められている。多様なニーズに応えるためには、都市活動の実態を真に把握することが重要であり、我が国では、国勢調査、パーソントリップ調査（以下、「PT 調査」という。）や全国道路・街路交通情勢調査（以下、「道路交通センサス」という。）などが実施されている。これらの都市交通調査は特定の日を対象として数年に一度実施されており、都市圏などの都市交通計画に活用されている。PT 調査は、

アンケート調査により調査対象者の一日のトリップを対象として、発着地と発着時刻、トリップ目的や移動手段を記入する形式で実施される調査である¹ため、ある人の一日の動きを詳細に把握できる。また、道路交通センサスは、全国の道路状況、交通量、旅行速度、自動車運行の出発地・目的地、運行目的などを調査するもので、全国の道路と道路利用の実態を把握できる。

近年、携帯電話やカーナビゲーションシステムから取得される交通関連ビッグデータ（以下「動線データ」という。）の活用方策の研究や実用化が進められており²、人や車の移動実態の把握が可能となってきた。動線

データは、常時取得することにより、平休日や季節による変化だけでなく、交通事故や悪天候など、予測できない事象時の人や車の移動実態を把握することができる。

動線データの一つであるモバイル空間統計⁵⁾は、携帯電話基地局の運用データから作成される株式会社 NTT ドコモが提供する統計情報である。モバイル空間統計は、携帯電話約 7,500 万台（法人名義のデータなどを除去）を対象とし、個人情報及びプライバシーを保護する非識別処理、拡大処理、秘匿処理から成る 3 段階処理により作成される（図-1）我が国最大級の交通関連ビッグデータである。主な特長として、250~500m メッシュあるいは行政区単位、24 時間 365 日 1 時間単位、15~79 歳の年齢層・性別及び居住地などの属性単位の人口分布を作成できることが挙げられる。これまで東京都市圏など人口が集中している地域では 1km~500m メッシュの空間解像度において統計的信頼性があることが確認されている⁸⁾。モバイル空間統計を高度化させた人口流動統計では、いつ、どこからどこへ、どのような人が何人移動したかの情報を取得することができる⁹⁾。一方で携帯電話基地局の運用データが情報源であるため、移動の目的や移動の手段を直接把握することはできない。そこで齋藤ら¹⁰⁾、北川ら¹¹⁾は、特徴的な移動となる飛行機及び新幹線による移動手段判定手法を考案し、既存統計調査と比較評価し、携帯電話基地局の運用データから移動手段を把握できることを明らかにしてきた。

以上を踏まえ、本研究の目的を携帯電話基地局の運用データから作成されるモバイル空間統計の人口流動統計から直接高速道路利用トリップを推計する手法の考案とする。本研究では、高速道路利用トリップの推計の基礎的知見を得るために、携帯電話の移動速度・移動距離を大まかに算出ができる可能性の高い都道府県を越える長距離スケールのトリップに焦点を当て、試行・分析を通じて高速道路利用トリップか否かを推計する手法を提案する。

本稿は、第 2 章で人口流動統計の推計手法を示し、第 3 章で移動手段推計手法に関する既往研究を示す。第 4 章で人口流動統計を用いて高速道路利用トリップを推計する手法を示す。第 5 章で移動手段推計結果と既存統計調査とを比較し、第 6 章で出発・到着エリアごとの傾向分析とその結果を示す。第 7 章では、移動手段の推計手法の改善手法を提案し、その結果を示す。第 8 章では、考察と課題を整理し、第 9 章にて総括する。

2. 人口流動統計の推計手法

携帯電話基地局の運用データに含まれる基地局で周期的

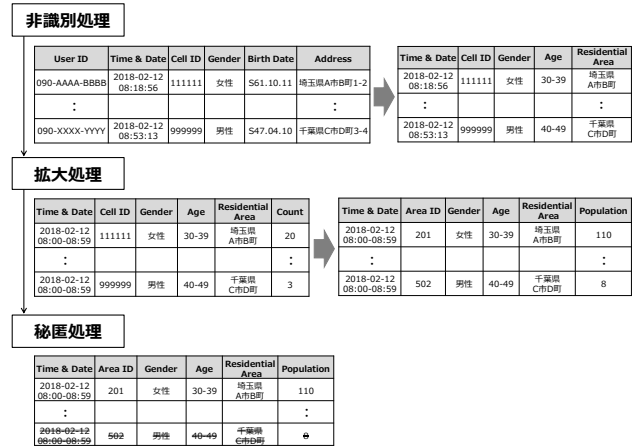


図-1 人口流動統計の生成手法

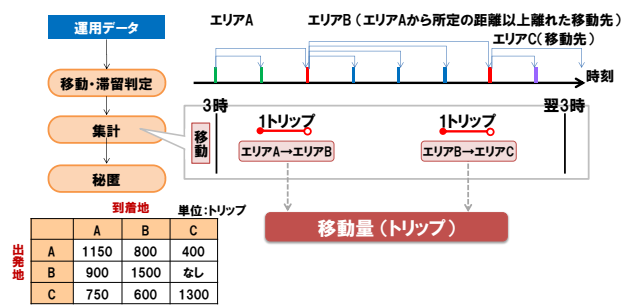


図-2 人口流動統計のOD量の推計手法

に観測される信号は、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。携帯電話が所在する基地局の電波到達範囲（以下、「基地局セル」という。）で信号を観測した場合、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に移動と判定することで、移動中の携帯電話の台数の集計が可能となる。一方、所定の移動距離を超えて移動せずに1時間以上滞在したことをもって滞留中と判定する。このように携帯電話の移動・滞留判定を行うことにより、地域間を流動する人口の推計が可能となる。

人口流動統計では、移動した携帯電話の台数に基づき指定時間内に行われた OD 量の総計を算出することができる。OD 量の推計手法では、滞留から移動へ切り替わる際の元の起点を出発地、移動から滞留へ切り替わる際の起点を到着地として抽出する。OD 量は、PT 調査や道路交通センサスで推計されるトリップに該当する統計量であり、単位はトリップとなる（図-2）。

3. 交通関連ビッグデータを用いた移動手段の推計手法に関する既往研究と本研究の位置付け

(1) 既往研究

動線データの移動手段を推計する手法として、様々な既往研究がある。佐々木ら¹²⁾、野口ら¹³⁾は、「混雑統計⑧」を用いて、移動手段の判定ロジックを提案した。松島ら¹⁴⁾は、プローブパーソン調査の高度化を目指して、スマートフォンの GPS や加速度センサにより取得される移動履歴データから移動手段を判別する手法を開発した。遠藤ら¹⁵⁾は、教師あり学習を用いて GPS ログに対する移動手段推定システム処理を提案、評価分析した。古川ら¹⁶⁾は、加速度センサから、機械学習アルゴリズムを用いて移動手段を判定するシステム「BORO」を提案した。青木ら¹⁷⁾は、GPS による位置情報と歩数計で取得できる歩行状態情報を利用し、GPS 未計測区間を含め移動手段を判定する手法を提案した。Qu ら¹⁸⁾は、CDR (Call Detail Record)を利用して、移動速度及び交通網情報からロジットモデルを用いて移動手段を推計した。このほかにも、動線データを用いた移動手段を推計する手法に関する研究は数多く行われている¹⁹⁾²⁰⁾。

人口流動統計を用いた移動手段の推計手法として、今井ら²¹⁾は、人口流動統計と PT 調査結果に基づく自動車トリップ換算係数、PT 調査結果に営業用車などのトリップを加味した自動車トリップ換算係数、GPS データに基づく自動車トリップ換算係数それぞれ 3 ケースを用いて自動車 OD 量を推計する手法を提示した。また、新階ら²²⁾は、人口流動統計と WEB アンケート調査結果を利用し、移動目的別や交通手段別の OD 量を生成している。

(2) 本研究の位置付け

GPS などのセンサデータを用いて移動手段を推計する手法に関する既存研究は、本研究で扱う携帯電話基地局の運用データと異なり、扱うデータの時間間隔が短く 1 トリップごとの推計精度は高くなる。しかし、PT 調査のような広域での移動手段ごとの統計値を求める際、母集団推計に用いる標本数が少ないことが想定される。

人口流動統計を用いて移動手段を推計する手法に関する既存研究は、既存調査やアンケート結果を用いて手段別の割合を求める方法があり、該当する既存調査の存在、もしくは事前調査の実施が必要となる。

本研究は、人口流動統計の元となる携帯電話基地局の運用データを用いて、一つ一つのトリップが特定の手段で移動しているか否かを推計し、トリップ数を推計する手法を提案する。この手法を実施することで、国内最大級のサンプルデータを利用した、より実態に合った新たな移動手段別の OD 量を把握することができる。齋藤らは飛行機利用トリップの推計手法、北川らは新幹線利用トリップの推計手法を提案したが、本研究では高速道路利用トリップの推計手法を提案する。

4. 移動手段の推計手法

本章では、人口流動統計を用いて高速道路利用トリップを推計する手法を示す。

運用データに含まれる携帯電話の在圏情報は、携帯電話の位置登録処理によって取得される。位置登録処理は、いつでもどこにいても電話やメールができるように、携帯電話が在圏した基地局セルを把握するために実施される。位置登録は所在する基地局セルグループが変更になった場合、もしくはおよそ 1 時間ごとに行われる(図-3)ため、長い距離を移動した携帯電話は観測される回数が多くなるという性質をもつ。そのため、高速道路利用トリップのような長距離の移動であれば移動手段可能と考えられる。

高速道路を利用中の自動車の最高速度は、長距離移動手段の中で特徴があるため、トリップ中の最高速度から、高速道路利用トリップを推計(以下、「高速道路推計」という。)可能と考えられる。また、高速道路を利用する場合、高速道路の沿線上を必ず通過するため、位置登録処理に伴い観測された信号が連続して高速道路の沿線上の基地局セル内であるか確認することで、高速道路推計可能と考えられる。そこで、これらの 2 つの判定条件を用いて、高速道路推計手法を考案する。

(1) 最高速度判定

最高速度判定は、最高速度がある条件を満たした場合に高速道路利用トリップと判定する。ここで最高速度は、外れ値を考慮しトリップ中に観測された連続する 2 つの信号の時刻の差と距離をもとに算出された移動速度の 90% 未満値とした。本研究では、最高速度が 80km/h 以上 180km/h 未満であれば高速道路利用トリップと判定する(図-4)。

(2) 沿線周辺通過判定

国土数値情報ダウンロードサービス²⁴⁾より得られる高速道路沿線の一定距離内にある基地局(以下、「高速道路

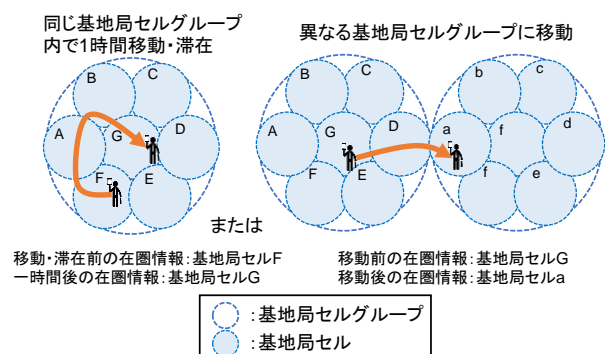


図-3 位置登録処理を行う条件

基地局」という。)を選定する(図-5)。トリップ中に基地局セルグループを跨いだ際に観測された信号が3回連続で高速道路基地局内にある場合に、高速道路を利用したトリップと判定する。なお、上記の手法では、高速道路の一定距離内に新幹線が並走している区間にて新幹線利用トリップを高速道路利用トリップと誤判定する可能性がある。そのため、高速道路基地局から新幹線沿線の一定距離内にある基地局(以下、「新幹線基地局」という。)と重なる部分を除外することで(以下、「新幹線除外あり」という。)推計精度が向上するか、除外しない場合(以下、「新幹線除外なし」という。)と比較し、その有用性を検証する。また、本研究では、高速道路基地局や新幹線基地局であると判定する距離として、沿線からの距離が5km以内及び3km以内の2種類を用いる。

(3) 高速道路トリップの推計手法のケース設定

最高速度判定、沿線周辺通過判定を用いた高速道路推計手法の特性を把握するため、以下の3ケース(図-6)にて高速道路推計する。

- <ケース1>A「最高速度判定」
- <ケース2>B「沿線周辺通過判定」
- <ケース3>A「最高速度判定」及び
B「沿線周辺通過判定」

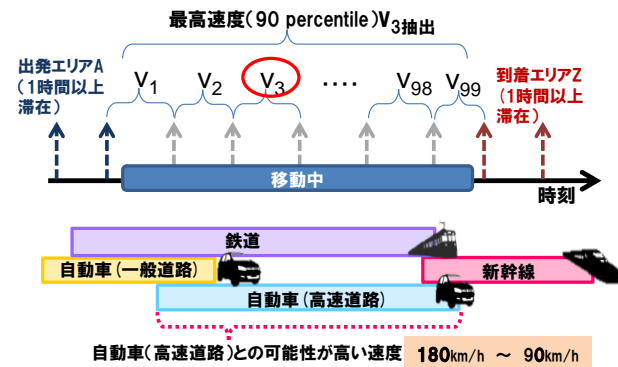


図-4 A「最高速度判定」

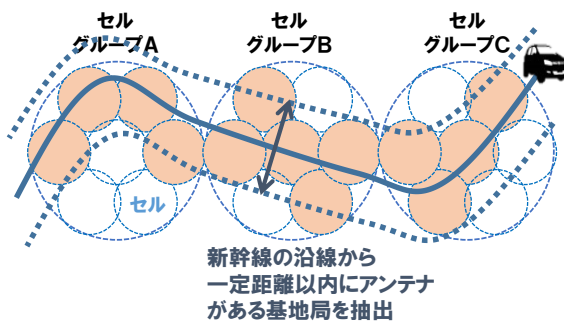


図-5 B「沿線周辺通過判定」

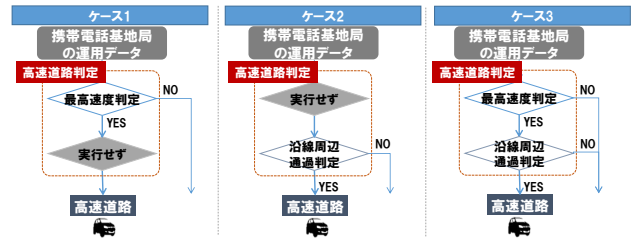


図-6 高速道路を利用したトリップか否かを推計する手法のケース設定

5. 移動手段の推計手法

表-1の条件を元に作成した高速道路を利用した自動車台数(以下、「高速道路利用自動車トリップ」という。)のOD量データと、平成22年度の道路交通センサスの県間流動とを比較する。高速道路利用自動車トリップは、第4章の推計手法により求めた高速道路利用トリップから、平成22年度の道路交通センサスに記載してある乗用車の平均輸送人数で割ることで求めた。

ケース1の場合、ルートや最高速度で走行する区間によっては、新幹線や特急列車を利用して移動した場合など、他の手段で移動したトリップを高速道路利用トリップと誤判定する可能性が存在する。ケース2の場合、高速道路に並行した国道を通る自動車や在来線によるトリップを高速道路利用トリップと誤判定する可能性が存在する。そのため、ケース3、即ちA「最高速度判定」及びB「沿線周辺通過判定」どちらも実施する推計手法が、高速道路で移動した可能性が最も高いと考えられる。

高速道路基地局範囲・ケースごとの高速道路利用自動車トリップの推計結果と平成22年度の道路交通センサスとの比較結果(出発・到着エリアそれぞれの差の絶対値の合計及び相関係数)を表-2に示す。新幹線除外なしの場合を除き、どの場合でも相関係数は0.75以上となり、道路交通センサスとの高い相関性が示された。

対象エリアそれぞれの道路交通センサスの値との差の

表-1 高速道路利用自動車トリップ作成条件

条件	対象
出発・到着エリア	茨城県～群馬県・新潟県・長野県・岐阜県間 栃木県～新潟県・長野県・岐阜県間 群馬県～岐阜県間 埼玉県～新潟県間 東京都～新潟県間
時間解像度	1日(平成27年10月18日(日))
高速道路基地局	新幹線除外なし、除外あり
新幹線・高速道路基地局範囲	3km, 5km
平均輸送人数	1.30人台

表-2 人口流動統計（高速道路利用自動車トリップ）と道路交通センサスの比較

出発 エリア	到着 エリア	道路交通 センサス	ケース1	新幹線除外なし				新幹線除外あり			
				周辺基地局範囲 3km		周辺基地局範囲 5km		周辺基地局範囲 3km		周辺基地局範囲 5km	
				ケース2	ケース3	ケース2	ケース3	ケース2	ケース3	ケース2	ケース3
茨城県	群馬県	1,518	1,587	2,640	1,509	3,080	1,562	2,530	1,484	2,936	1,506
茨城県	新潟県	428	623	980	598	1,039	606	869	562	924	581
茨城県	長野県	562	511	820	491	907	502	758	452	838	469
茨城県	岐阜県	146	127	265	126	265	120	233	121	253	116
栃木県	新潟県	532	573	932	518	1,026	572	800	474	827	473
栃木県	長野県	625	514	898	461	1,048	490	890	439	970	441
栃木県	岐阜県	82	184	371	170	386	175	326	166	326	171
群馬県	茨城県	1,503	1,438	2,572	1,326	2,900	1,369	2,479	1,289	2,742	1,331
群馬県	岐阜県	205	231	415	221	439	217	404	207	404	214
埼玉県	新潟県	2,231	2,531	3,938	2,197	4,525	2,412	2,609	1,813	2,442	1,717
東京都	新潟県	1,641	4,259	10,622	4,186	11,200	4,235	3,909	2,534	3,700	2,442
新潟県	茨城県	291	618	920	612	965	598	820	558	866	585
新潟県	栃木県	451	480	725	433	823	458	633	418	633	411
新潟県	埼玉県	2,233	2,462	3,771	2,131	4,316	2,332	2,692	1,774	2,517	1,649
新潟県	東京都	1,507	4,794	11,345	4,721	11,728	4,746	4,560	2,751	4,114	2,622
長野県	茨城県	403	604	974	561	1,054	592	910	528	975	560
長野県	栃木県	567	699	1,234	639	1,334	661	1,219	634	1,276	626
岐阜県	茨城県	107	118	262	113	260	112	227	115	240	106
岐阜県	栃木県	147	203	312	198	310	191	263	191	270	199
岐阜県	群馬県	265	333	439	290	460	295	405	289	403	280
合計		15,444	22,889	44,435	21,501	48,065	22,245	27,536	16,799	27,656	16,499
道路交通センサスの 値との差の絶対値の 合計		-	7,937	28,991	7,275	32,621	7,511	12,092	4,429	12,212	4,433
道路交通センサスと の相関係数		-	0.7980	0.6751	0.7631	0.7043	0.7865	0.8642	0.8783	0.8720	0.8762

絶対値の合計（表-2の下から2段目に記載）を比較すると、新幹線除外あり，新幹線・高速道路基地局範囲を5kmとしたケース3が最も小さい値，すなわち道路交通センサスと最も近い値になることがわかった。

6. 出発・到着エリアごとの傾向分析結果

表-1の条件を元に生成したデータを用いて，出発・到着エリアによる差異を高速道路推計手法のケースごとに分析する。ここで，比較条件は表-3に示す内容とした。

図-7よりケース3に対するケース1の高速道路利用自動車トリップ数の割合をみると，東京都～新潟県間，埼玉県～新潟県間において，ケース1の高速道路利用自動車トリップ数がケース3より大きくなることがわかった。理由としては，上越新幹線のルートでは，本研究の最高速度の求め方で180km/h未満となり，新幹線利用トリップを高速道路利用トリップと誤判定したことが考えられ

る。また，図-7及び図-8よりケース3に対するケース2の高速道路利用自動車トリップ数の割合をみると，いずれもケース2の新幹線利用のトリップ数がケース3より大きくなることがわかった。理由としては，高速道路に並行している国道を通る自動車や在来線利用トリップを高速道路利用トリップと誤判定したことが考えられる。以上より，A「最高速度判定」及びB「沿線周辺通過判定」

表-3 ケースごとの傾向分析の固定条件

条件	ケース分析
出発・到着エリア	茨城県～群馬県・新潟県・長野県・岐阜県間 栃木県～新潟県・長野県・岐阜県間 群馬県～岐阜県間 埼玉県～新潟県間 東京都～新潟県間
時間解像度	1日
高速道路基地局	新幹線除外あり
新幹線・高速道路 基地局範囲	5km

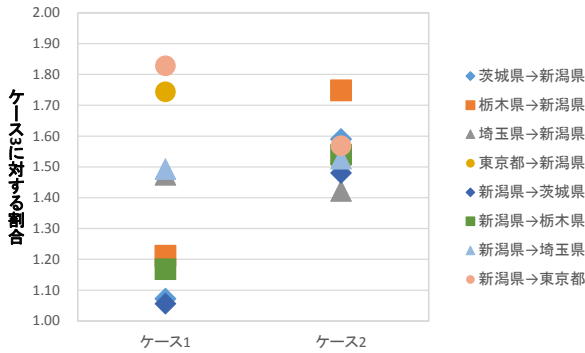


図-7 新潟県・新潟県以外間のケース3に対するケース1、ケース2の高速道路利用自動車トリップ数の割合

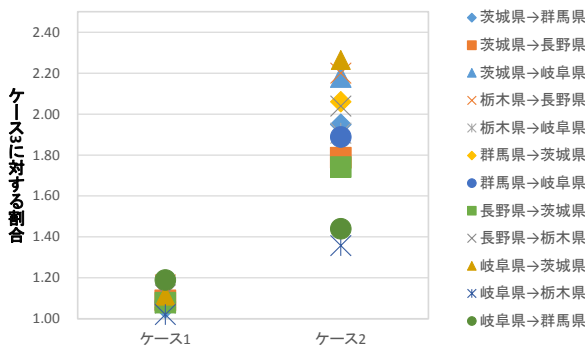


図-8 新潟県以外・新潟県以外間のケース3に対するケース1、ケース2の高速道路利用自動車トリップ数の割合

どちらも実施すると、新幹線利用のトリップなどその他のトリップを新幹線利用のトリップと誤判定する可能性を低減できることが確認された。

なお、図-7及び図-8よりケース3に対するケース1の高速道路利用自動車トリップ数の割合をみると、東京都～新潟県間、埼玉県～新潟県間を除き、いずれもケース3に対するケース2の割合よりも小さいことが分かった。理由としては、出発・到着エリアを直接結ぶ移動手段に新幹線や特急列車はなく、最高速度が80km/h以上

180km/h未満である移動手段は高速道路利用トリップが大半であったことが考えられる。

7. 移動手段の推計手法の改善

本章では、第5章及び第6章の結果を参考に第4章で提示した高速道路利用トリップの推計手法の改善手法を提案する。本研究では、2つの推計手法のうち、B「沿線周辺通過判定」の改善手法を提案する。

B「沿線周辺通過判定」の場合、高速道路に並行した国道を通る自動車や鉄道によるトリップも高速道路利用トリップと判定してしまう可能性がある。特に県庁所在地は、高速道路や新幹線以外にも在来線や国道など様々な移動手段が存在するため、高速道路と並行した移動手段がある可能性が高い。さらに、出発地から新幹線の乗車駅や新幹線の降車駅から到着地までの移動が高速道路と並行していた可能性がある。

以上より、B「沿線周辺通過判定」に「高速道路基地局から、出発エリア・到着エリアの高速道路基地局を除外」の条件を追加することを改善案として提案する。具体的には、東京都～新潟県間のトリップにおいてB「沿線周辺通過判定」を実施する場合、第4章の推計手法では東京都・新潟県内の高速道路基地局も含めていたが、ここでは、出発・到着エリアとなる東京都・新潟県を除く高速道路基地局を対象とする。表-2において、最も道路交通センサスの自動車台数と差が大きい東京都～新潟県間でこの改善案を用いて推計し直した高速道路基地局範囲・ケースごとのデータと平成22年度の道路交通センサスのデータ及び出発・到着エリアそれぞれの差の絶対値の合計を表-4に示す。

どのケースにおいても第4章の推計手法（以下、「改善前」という。）と比べ、道路交通センサスの値との差の絶対値の合計は全ケース平均で56.2%減少、最大

表-4 東京都～新潟県間の人口流動統計（高速道路利用自動車トリップ）と道路交通センサスの比較

改善前・改善案	出発エリア	到着エリア	道路交通センサス	ケース1	新幹線除外なし				新幹線除外あり			
					周辺基地局範囲 3km		周辺基地局範囲 5km		周辺基地局範囲 3km		周辺基地局範囲 5km	
					ケース2	ケース3	ケース2	ケース3	ケース2	ケース3	ケース2	ケース3
改善前	東京都	新潟県	1,641	4,259	10,622	4,186	11,200	4,235	3,909	2,534	3,700	2,442
	新潟県	東京都	1,507	4,794	11,345	4,721	11,728	4,746	4,560	2,751	4,114	2,622
改善案	東京都	新潟県	1,641	4,259	4,694	3,083	6,139	3,583	2,184	1,879	2,264	1,900
	新潟県	東京都	1,507	4,794	5,668	3,377	6,506	3,748	2,145	1,714	1,842	1,473
改善前	道路交通センサスの値との差の絶対値の合計		-	5,905	18,819	5,759	19,780	5,833	5,321	2,137	4,666	1,916
改善案	道路交通センサスの値との差の絶対値の合計		-	5,905	7,214	3,312	9,497	4,183	1,181	445	958	293
差の絶対値の合計の減少率			-	0.0%	61.7%	42.5%	52.0%	28.3%	77.8%	79.2%	79.5%	84.7%

で 84.7%減少しており、改善案によって高速道路利用トリップと誤判定していたトリップを低減できる可能性があることが示された。

8. 考察と課題

本章では、第4章～第7章から得られた知見及び課題を整理する。本研究は、携帯電話基地局の運用データに基づいて長距離を移動した携帯電話は観測される回数が多くなることに着目して、長距離を移動した高速道路利用トリップを推計する手法を考案した。A「最高速度判定」、B「沿線周辺通過判定」から高速道路利用トリップを推計し、既存統計調査と比較分析をしたところ、以下の知見が得られた。

- ・A「最高速度判定」では、ルートや最高速度で走行する区間によって、新幹線や特急列車など、他の手段で移動したトリップを高速道路利用トリップと誤判定する可能性がある。
- ・B「沿線周辺通過判定」では、高速道路に並行した国道を通る自動車や在来線を利用するトリップを高速道路利用トリップと誤判定する可能性がある。
- ・A「最高速度判定」とB「沿線周辺通過判定」のどちらも実施することで、誤判定していたトリップを低減できる。
- ・高速道路基地局から、出発エリア・到着エリアとなる県内の高速道路基地局を除外すると、高速道路利用トリップと誤判定していたトリップを低減できる可能性がある。
- ・上記4項目の結果を踏まえ、A「最高速度判定」とB「沿線周辺通過判定（新幹線除外ありとし、新幹線・高速道路基地局範囲を5kmと設定。）」を組合せた判定手法が道路交通センサスと近い傾向を示した。

これらの知見を踏まえて、移動手段の推計手法の研究をさらに進める上での課題を取り上げる。1点目として、中・短距離の移動手段の推計手法の考案が挙げられる。本研究は、長距離の高速道路利用トリップを対象としたが、より推計難易度の高いと考えられる在来線や自転車、徒歩などの携帯電話が観測される回数が少ない中・短距離の移動手段の推計手法の考案が今後の課題となる。

2点目として、比較対象データの条件の整合が挙げられる。今回の比較に使用した道路交通センサスは、平成22年度のデータであり、人口流動統計と5年以上もの乖離がある。そのため、最新の都道府県別高速道路利用自動車トリップ数を示す都市交通調査が公開された際に、再度比較する必要がある。

3点目として、個々のトリップを対象とした実際の移動手段との比較検証が挙げられる。本研究では、既存調

査と差の絶対値の合計が最も小さい推計手法を基に傾向分析を実施した。個々のトリップを対象とした実際の移動手段との比較検証により、推計手法毎の誤判定の要因が明らかになると考えられる。

9. おわりに

本研究では、人口流動統計による移動手段推計の基礎的知見を得るために、都道府県を越える長距離スケールのトリップに焦点を当て、試行・分析を通じて高速道路利用トリップを推計する手法を考案した。最初にA「最高速度判定」とB「沿線周辺通過判定」を組み合わせ、高速道路利用トリップを判定する手法を提案した。次に、求めたODペアごとの自動車トリップ数と、既存調査の自動車トリップ数とを比較分析した。分析結果より、高速道路推計は、A「最高速度判定」かつB「沿線周辺通過判定」（新幹線除外あり、周辺基地局範囲5km）を実施するケース3が既存調査と近い傾向を示し、誤判定を低減できる可能性があることを明らかにした。最後に、上記の結果を踏まえ、B「沿線周辺通過判定」に「高速道路基地局から、出発エリア・到着エリアとなる県内の高速道路基地局を除外」の条件を追加すると、推計精度をより高めることができる可能性が示された。本研究の成果により、人口流動統計を利用して、移動手段を推計するための基礎的知見を得ることができた。これにより、国内最大級のサンプルデータを利用した、より実態に合った新たな移動手段別OD量を作成できる可能性が明らかになった。

今後は、個々のトリップを対象とした実際の移動手段との比較検証、国道を通る自動車や自転車、徒歩のような中・短距離の移動手段の推計手法を考案していく。

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矢野達也氏には資料収集、関係者間調整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) 東京都市圏交通計画協議会「パーソントリップ調査」, <<http://www.tokyo-pt.jp/person/index.html>>, (入手 2018.4)
- 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, No.279, 2012.
- 3) 門間俊幸, 橋本浩良, 松本俊輔, 水木智英, 上坂克

- 已：プローブデータ活用と道路交通分析の新たな展開，土木技術資料，Vol.53，No.10，pp.14-17，2011.
- 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，D-4-1，2011.
 - 5) (株) NTT ドコモ：モバイル空間統計に関する情報，<https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/>，(入手 2018.4)
 - 6) 小田原亨，永田智大：社会動態推定技術ーモバイル空間統計の推計技術と応用ー，電子情報通信学会誌，Vo.97，No.9，pp.806-811，2014.
 - 7) 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・産業の発展支援ーモバイル空間統計の概要ー，NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル，Vo.20，No.3，pp.6-10，2012.
 - 8) 新階寛恭，池田大造，永田智大，森尾淳，石井良治，今井龍一：携帯電話網運用データに基づく人口流動統計の空間解像度からみたトリップデータ取得精度に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.56，CD-ROM (No.72)，2017.
 - 9) 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，CD-ROM (No.142)，2015.
 - 10) 齋藤貴賢，北川大喜，今井龍一，池田大造，永田智大，関谷浩孝，新階寛恭，橋本浩良，福手亜弥，矢部努，廣川和希：携帯電話網の運用データに基づく人口流動統計を用いた交通手段の推計手法に関する一考察，土木計画学研究・講演集，Vol.55，CD-ROM (No.43-04)，2017.
 - 11) 北川大喜，関谷浩孝，糸氏敏郎，池田大造，永田智大，福手亜弥，新階寛恭，今井龍一：携帯電話網の運用データを用いた新幹線トリップの推計手法に関する一考察，土木計画学研究・講演集，Vol.56，CD-ROM (No.94)，2017.
 - 12) 佐々木卓，錦戸綾子，足立龍太郎，高山敏典：携帯電話の位置情報を活用した首都高の利用実態把握手法の研究，交通工学論文集，第 1 巻，第 2 巻 (特集号 B)，pp.B_1-B_9，2015.
 - 13) 野口和孝，中野裕之，岡本哲典，前田邦博：携帯電話 GPS 情報を活用した OD 集計に関する基礎的研究，交通工学研究発表会論文集，Vol.34，No.57，pp.345-348，2014.
 - 14) 松島敏和，橋本浩良，高宮進：スマートフォンによるプローブパーソン調査の高度化に向けた移動手段判別手法の開発，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.71，No.5，pp.L_547-L_558，2015.
 - 15) 遠藤結城，戸田浩之，小池義昌：移動手段推定のための表現学習を用いた GPS ログからの特徴抽出，情報処理学会論文誌データベース，Vol.8，No.3，pp.12-23，2015.
 - 16) 古川侑紀，西山勇毅，大越匡，中澤仁，高汐一紀，徳田英幸：加速度センサのみを用いた移動手段判定アルゴリズムの評価，研究報告モバイルコンピューティングとユビキタス通信 (MBL)，2014-MBL-70，No.43，pp.1-7，2014.
 - 17) 青木政勝，瀬古俊一，西野正彬，山田智広，武藤伸洋，阿部匡伸：GPS 未計測区間における移動手段判定手法の検討，情報処理学会研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI)，2008(110(2008-UBI-020))，pp.39-44，2008.
 - 18) Y. Qu, H. Gong, and P. Wang, "Transportation Mode Split With Mobile Phone Data" Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2015 IEEE 18th International Conference on. IEEE, pp.15-18, 2015.
 - 19) 矢部努，若井亮太，及川潤，北村清州，廣川和希，福沢綾乃，牧村和彦：生活行動調査の自動化に関する基礎的研究ープローブパーソンデータによる起終点と手段の自動判別手法の構築に向けてー，IBS Annual Report 2015，pp.39-46，2015.
 - 20) H. Ishizuka, N. Kobayashi, S. Muramatsu, C. Ono, "Classifying the Mode of Transportation using Cell Tower Alignments", 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI)，2015-MBL-74，No.57，pp.1-7，2015.
 - 21) H. Wang, F. Calabrese, G. Lorenzo and C. Ratti, "Transportation Mode Inference from Anonymized and Aggregated Mobile Phone Call Detail Records" Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2010 IEEE 13th International Conference on. IEEE, pp. 19-22, 2010.
 - 22) 今井龍一，池田大造，永田智大，福手亜弥，金田穂高，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との比較分析ー道路交通分野へのモバイル空間統計の適用可能性ー，土木計画学研究・講演集，Vol.53，CD-ROM (No.23-02)，2016.
 - 23) 新階寛恭，池田大造，小木戸渉，森尾淳，石井良治，今井龍一：携帯電話網運用データに基づく人口流動統計を用いた都市交通調査手法の拡充可能性の研究，土木計画学研究・講演集，Vol.54，CD-ROM (No.158)，pp.1148-1157，2016.
 - 24) 国土交通省：国土数値情報ダウンロードサービス，<<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>，(入手 2018.4)

(2018.4.27受付)

AN EXAMINATION ABOUT AN ESTIMATION METHOD FOR HIGHWAY OD TRIPS BASED ON THE OPERATIONAL DATA OF MOBILE BASE STATIONS

Daiki KITAGAWA, Hirotaka SEKIYA, Toshirou ITOUJI, Daizo IKEDA, Tomohiro NAGATA, Aya FUKUTE, Hiroyasu SHINGAI and Ryuichi IMAI