

携帯電話基地局の運用データを用いた 長距離移動手段の推計手法に関する一考察

北川 大喜¹・関谷 浩孝²・糸氏 敏郎³・池田 大造⁴・
永田 智大⁵・福手 亜弥⁶・新階 寛恭⁷・今井 龍一⁸

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-d924a@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 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: itouji-t86ps@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

⁵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

⁶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 (同上)
E-mail: aya.fukute.wb@nttdocomo.com

⁷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

⁸正会員 東京都市大学准教授 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を基にした人の移動に関する統計情報は 24 時間 365 日生成することができる。そのため、人々の移動の経年変化や季節変動を把握できる可能性を秘めている。一方、この統計情報からは、移動の目的や移動手段を直接把握できない課題がある。

本研究は、この統計情報の作成過程において長距離移動手段を利用したトリップか否かを推計する手法を試行した。複数のケースに基づく分析の結果、飛行機利用トリップ推計は電源断・移動速度判定、空港周辺基地局判定を組合わせた判定手法、新幹線利用トリップ推計は新幹線の沿線から半径 5km 以内に所在する携帯電話基地局を用いた沿線周辺通過判定手法が既存統計調査と最も近い傾向を示すことが明らかになった。

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、都市活動を真に把握することが重要であり、都市活動を把握する方法として、都市交通調査がある。我が国の既存の都市交通調査として、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。）などが実施されており、これらの調査から得られる統計資料が都市交通計画に活用されている。統計資料を作成するための調査は数年に一度実施されており、特定の日を対象としている。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ている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・目的地および運行目的などを調査したもので、全国の道路と道路利用の実態を把握できる。

一方、昨今の情報通信技術の進展により、携帯電話やカーナビゲーションシステムから生成される人や車の移動実態が把握できる交通関連ビッグデータ（以下「動線データ」という。）に係わる様々な活用方策の研究や実用化が進められている²⁴⁾。この研究や実用化の促進により、動線データから人や車の移動情報の常時取得が可能となった。常時取得が可能になったことにより、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。

動線データのうち、携帯電話基地局の運用データを基に生成されるモバイル空間統計²⁵⁾は、250～500mメッシュあるいは行政区単位、1時間単位、15～79歳の年齢階層・性別および居住地などの属性単位で人口分布を明らかにすることができる。また、個人情報およびプライバシーを保護するため、個人がどこからどこへ移動したかの流動までは明らかにできないものの、携帯電話約7,600万台（そのうち、法人名義のデータなどを除去）の運用データを基にした、24時間365日生成可能な我が国最大規模の交通関連ビッグデータである。通常行政区単位や10km四方のメッシュ単位、東京近郊の平野部など人口が集中している地域では1km～500m四方のメッシュ単位においても統計的信頼性があることが確認されている⁹⁾。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を基にすると、移動の目的や手段を直接把握できない。移動手段別の人口流動統計の値を推計できれば、国内最大規模のサンプルデータに基づく実態に即した新たな移動手段別OD量を把握できる可能性がある。とくに長距離移動手段のOD量が把握できると、例えば飛行機の路線計画、新幹線の開業の効果検証などに利用できると考えられる。

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を基にした人の移動に関する統計情報を作成する過程で直接移動手段を推計する手法の考案とする。本研究では、移動手段推計の基礎的知見を得るために、実際の移動速度・移動距離の大まかな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・分析を通じて飛行機および新幹線を利用した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概要および推計手法を示し、第3章で移動手段の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飛行機および新

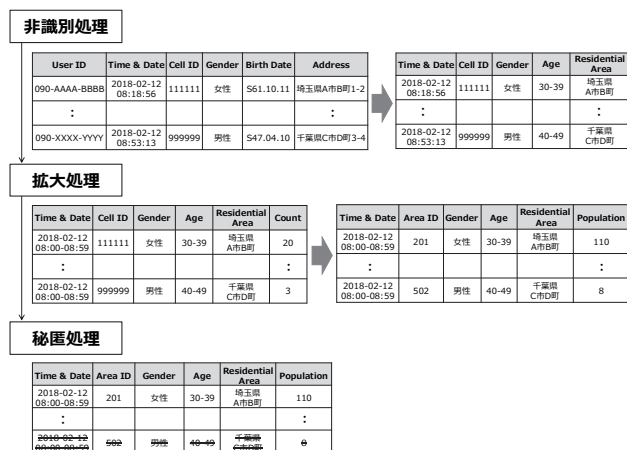


図-1 人口流動統計の生成手法

幹線を利用したトリップか否か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章で起終点エリアごとの傾向分析とその結果を示す。第7章では、飛行機と新幹線利用トリップを段階的に推計する手法を提示し、その推計結果を示す。第8章では、考察と課題を整理し、第9章にて総括する。

2. 人口流動統計の特性

(1) 概要

人口流動統計は、モバイル空間統計の一つであり、人々がどこからどこへ流動したかを表すOD量の統計情報である。図-1のように、運用データから人口流動統計を生成するにあたり、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（非識別化処理、集計処理、秘匿処理）を用いて生成されるため、個人を特定することはできない⁹⁾。なお、集計処理では、出発地と到着地ごとにトリップを集計し、携帯電話台数から日本全国の人口に拡大する。

人口流動統計の集計ゾーンの細かさは、携帯電話基地局の設置密度に依存する。都市部などの人が多く集まる地域では、この基地局の設置密度が高いため、PT調査の中ゾーン～小ゾーン、道路交通センサスのBゾーンに相当するゾーン単位での推計ができると考えられる。一方、郊外などではこの基地局の設置密度が低いため、ゾーン単位は市区町村とするのが一つの目安となる。

(2) OD量の推計手法

携帯電話基地局の位置データとして周期的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この基地局の電波到達範囲（以下、「基地局セル」という。）内で信号を観測した

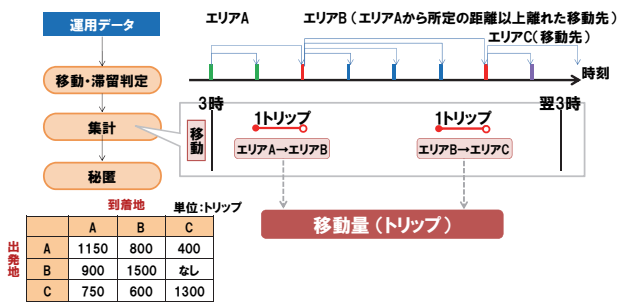


図2 人口流動統計のOD量の推計手法

場合、その基地局セルの中心の位置座標を参照し、次に信号を観測した基地局セルの中心の位置座標を基に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、指定時間内に行われた移動量を示す OD 量として、移動した携帯電話の台数に基づき人口に拡大することで指定時間内に行われた移動量の総計を算出する。OD 量の推計手法では、滞留から移動へ切り替わる際に滞留した地点を出発地、移動から滞留へ切り替わる際に滞留した地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、佐々木ら¹⁰⁾の研究、野口ら¹¹⁾の研究、松島ら¹²⁾の研究、遠藤ら¹³⁾の研究、古川ら¹⁴⁾の研究、青木ら¹⁵⁾の研究、Quら¹⁶⁾の研究がある。佐々木らは、「混雑統計®」を用いて、移動距離や移動経路より交通モード判定、移動速度や移動経路などより高速道路か一般道かを推計する手法を提案している。野口らは、「混雑統計®」を用いて、自宅出発直後の利用手段 (徒歩、自転車、自動車) を移動速度で推計する手法を提案している。松島らは、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、加速度の波形が移動手段の特徴に合致するか否かや右左折の仕方、ネットワークとの整合性により移動手段を判別する手法を開発した。遠藤らは、教師あり学習を用いて GPS ログから軌跡画像を生成し、軌跡

画像から特徴抽出して推計する移動手段推定システム処理を提案、評価分析した。古川らは、加速度センサから7種類の移動手段別の3軸加速度データを取得し、特徴量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。青木らは、GPS未計測区間を線形補完し、その区間の平均速度を推計して移動手段を判定する手法を提案した。Quらは、CDR (Call Detail Record) を利用して、移動手段を移動速度および交通網情報からロジットモデルを用いて分析した。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¹⁷⁾¹⁹⁾。

人口流動統計を用いて移動手段を推計する手法として、今井らの研究²⁰⁾、新階らの研究²¹⁾がある。今井らは、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パターンから、自動車OD量を推計する手法を提示した。新階らは、人口流動統計とWEBアンケート調査結果を利用し、移動目的別や移動手段別のOD量を生成している。

(2) 本研究の位置付け

動線データの移動手段を推計する手法に関する既往研究は、一つ一つのトリップにおける移動速度や移動経路などから移動手段を推計する手法を提案している。しかし、人口流動統計の既往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であり、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、既往研究では実施されていない人口流動統計を用いて、一つ一つのトリップが特定の移動手段を利用したかどうかを移動速度や移動経路を用いて推計し、トリップ数を推計する手法を提案する。この手法を適用すると、国内最大規模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。

4. 移動手段の推計手法

本章では、人口流動統計を用いて飛行機および新幹線を利用したトリップか否か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位置データ (在圏する基地局セル) 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、携帯電話が在圏する基地局セルを把握するために実施される。位置登録処理は複数の基地局セルから構成される基地局セルグループ外に移動した場合、もしくはおよそ1時間ごとに行われる (図3)。

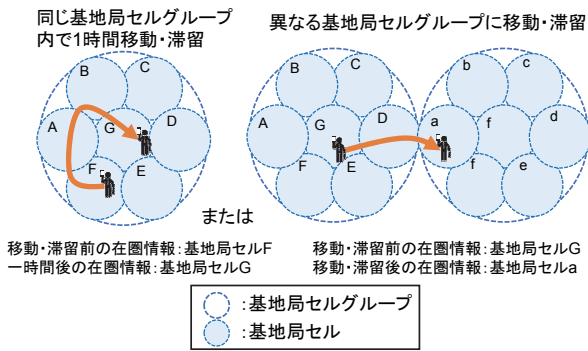


図-3 位置登録処理を行う条件

位置登録処理が行なわれた後に、所在した基地局セルと過去に所在した基地局セルとの移動距離を算出し、所定のしきい値（本研究では 1km）を超えた場合に移動と判定する。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性質をもつため、長距離の移動であれば移動手段を推計できる可能性が高いと考えられる。以上のことから、本研究では長距離移動の代表的な移動手段として、飛行機および新幹線を対象とした。

(1) 飛行機トリップの推計手法

携帯電話網の仕組み上、飛行機は電波が到達できる距離を超えた上空を飛行するため、携帯電話網では観測されない時間帯が発生する。携帯電話が観測されない時間帯に長距離を移動した事象を捉えることができれば、飛行機を利用したトリップか否かの推計（以下、「飛行機推計」という。）ができる可能性がある。また、飛行機は長距離移動手段の中でも移動速度が最も速い特徴があるため、携帯電話が観測されない時間帯と、移動距離から移動速度を求めることで、移動速度の大きさから飛行機推計できる可能性がある。さらに、飛行機を利用する場合、空港を経由するため、観測された基地局セルが空港周辺であることが特定できれば、飛行機推計ができる可能性がある。そこで本研究は、これらの2つの判定条件を用いた飛行機推計手法を考案する。

a) 電源断・移動速度判定

電源断の概要を図-4 に示す。携帯電話網では、前述したとおり電波が到達できる範囲内で移動した場合、少なくとも1時間ごとに位置登録処理に伴う信号が観測される。一方、電波が到達しない上空では、1時間以上にわたり信号が観測されない事象が発生する。この事象を「上空電源断」と呼ぶ。2つの信号の観測時刻差が1時間以上である場合、電波が到達できない範囲を移動していた可能性が高い。これより、「上空電源断」の事象から飛行機を利用したトリップか否かを判定できると考えられる。また、上空電源断の一つ前に信号が観測された時刻と、上空電源断後に信号が再び観測された時刻の差およびその観測地点間の距離から求めた移動速度から、

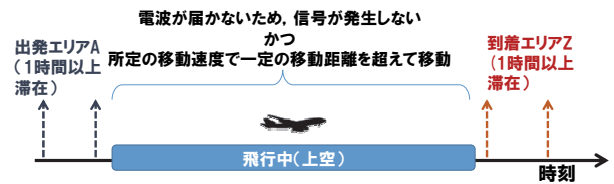


図-4 電源断の概要

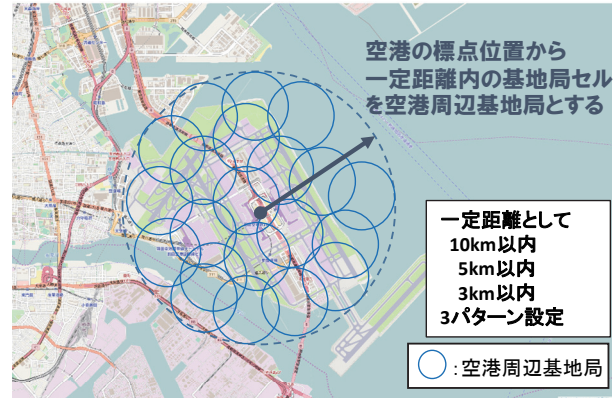


図-5 空港と空港周辺の基地局

飛行機を利用したトリップか否かを判定できると考えられる。しかし、学校や劇場などで携帯電話の電源を切る事象を誤って飛行機を利用したトリップと判定しないように、一定の距離移動していることを条件に加えなければならない。飛行機を利用しないと考えられる通勤・通学圏は、大都市センサスや国勢調査などにより、大都市圏ではおおむね 50km 圏内と考えることができる。以上の3点から、観測された2つの信号間の時刻の差が1時間以上かつその距離が 50km 以上かつ先で述べた移動速度が他の移動手段では出せないと考えられる 350km/h 以上（ここで新幹線利用トリップが飛行機利用トリップと誤判定する可能性を低減するため、新幹線の最高速度を考慮。また、新幹線は区間により最高速度が 320km/h に達する可能性があるため、10%のマージンを考慮。）であったトリップを飛行機を利用したトリップと判定する。なお、飛行機を利用したトリップは、飛行機による移動が1時間未満の場合も考えられる。この場合、飛行機による移動が短時間（以下、「短時間飛行」という。）と想定されるため、携帯電話の電源を切っている時間のうち、飛行機が離陸してから着陸するまでの時間の割合が、短時間飛行以外の飛行機による移動より少ない。そのため、先に述べた移動速度は、350km/h 未満になる可能性が高い。例えば、福岡空港から天草空港区間のように、空港間の移動距離が 120km 程度で飛行時間が 40 分の航路では、移動速度が 300km/h 未満になるため判定対象からはずれてしまう。日本全国の航路のうち一部の離島間をのぞくと、飛行時間が 30 分以上、移動距離が 100km 以上の航路が大半を占める。以上より、2つの信号間が30分以上かつ100km以上移動したトリップも短時間飛

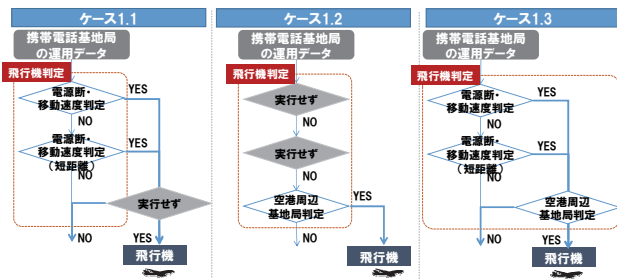


図6 飛行機推計手法のケース設定

行として飛行機を利用したトリップと判定する。

b) 空港周辺基地局判定

国土数値情報ダウンロードサービス²⁾より得られる空港を示す標点位置を中心に、一定距離以内にある基地局(以下、「空港周辺基地局」という。)を選定する(図-5)。信号を出発側の空港周辺基地局、到着側の空港周辺基地局の順に連続して観測された場合に、飛行機利用トリップと判定する。ここで、空港の評点位置からの距離を検討するためには携帯電話基地局の設置密度を考慮する必要がある。この基地局の設置間隔は約500m~数kmなので、空港に1時間以上滞在した場合は空港の評点位置から半径3km以内で観測できる。一方、出発空港および到着空港に1時間滞在せず空港周辺の交通機関で移動中の携帯電話を観測するため、また空港に隣接している新幹線駅の影響を把握するために、半径5kmおよび10kmとした判定も行う。これらの理由により、本研究では、空港周辺基地局であると判定する距離として、半径10km、半径5kmおよび半径3kmの3種類を用いる。

c) 飛行機推計手法のケース設定

電源断判定、移動速度判定および空港周辺基地局判定を用いた飛行機推計手法の特性を把握するため、以下の3ケース(図-6)にて飛行機推計する。

<ケース 1.1>A「電源断・移動速度判定」

<ケース 1.2>B「空港周辺基地局判定」

<ケース 1.3>A「電源断・移動速度判定」およびB「空港周辺基地局判定」

(2) 新幹線トリップの推計手法

新幹線の最高速度は、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、新幹線を利用したトリップか否かを推計(以下、「新幹線推計」という。)できる可能性がある。また、新幹線を利用する場合、新幹線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新幹線の沿線上である場合、新幹線推計できる可能性がある。そこで本研究は、これらの2つの判定条件を用いて、新幹線推計手法を考案する。

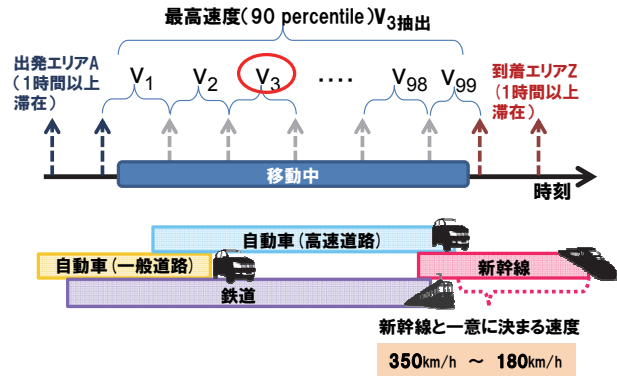


図7 最高速度判定

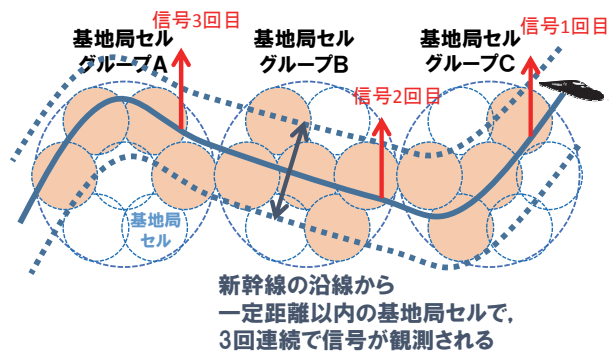


図8 沿線周辺通過判定

a) 最高速度判定

最高速度判定は、最高速度がある範囲内の場合に新幹線トリップと判定する。最高速度は、トリップ中の位置登録処理に伴う信号が観測された連続2点間の時刻差と距離とを基に算出された移動速度のうち、90%タイル値とした。ここで、高速道路利用トリップを新幹線利用トリップと誤判定する可能性を低減するため、高速道路の制限速度および速度超過に着目する。高速道路の制限速度が110km/hに引き上げられた区間があること、50km/h以上の速度超過のときに基礎点と反則金が最大になることを鑑み、10%のマージンを考慮して180km/h以上であれば新幹線利用トリップの可能性が高いと考えられる。また、前述したように新幹線は区間により最高速度が320km/hに達する可能性があるため、10%のマージンを考慮すると350km/hとなる。以上の理由により、本研究では、最高速度が180km/h以上350km/h未満であれば新幹線利用トリップと判定する(図-7)。

b) 沿線周辺通過判定

国土数値情報ダウンロードサービス²⁾より得られる新幹線沿線の一定距離以内にある基地局(以下、「新幹線基地局」という。)を選定する(図-8)。トリップ中に観測された信号が3回連続で新幹線基地局である場合に、新幹線利用トリップと判定する。ここで、3回にした理由は、新幹線沿線の住民の自宅周辺への外出を新幹線利

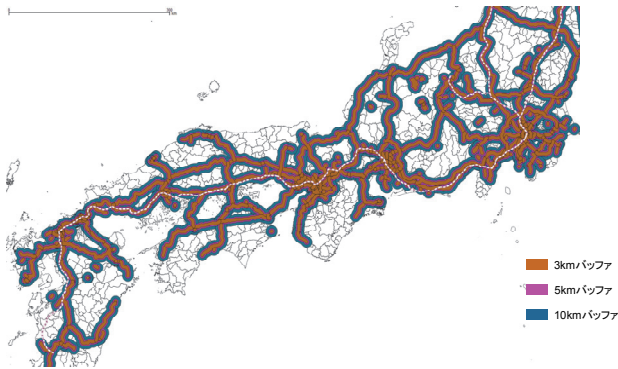


図-9 高速道路沿線

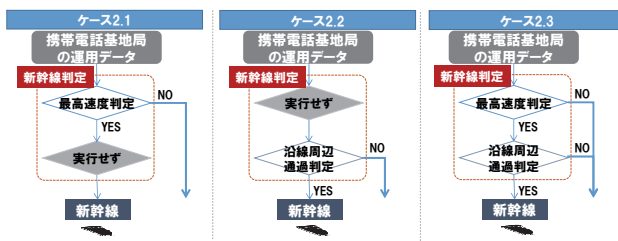


図-10 新幹線推計手法のケース設定

用トリップと誤判定する可能性を低減させるためである。例えば、新幹線沿線の住民が自宅周辺に外出した場合は1回、もしくは往復時に2回観測される可能性があるため、3回とすることでこれらのトリップが観測される可能性を低減できる。なお、新幹線基地局は、新幹線の全沿線のうち高速道路沿線の一定距離以内にある基地局（以下、「高速道路基地局」という。）と重なる部分（図-9）を除外した場合（以下、「高速除外有り」という。）、新幹線沿線全体の場合（以下、「高速除外なし」という。）の2種類を作成して判定する。また、本研究では、新幹線基地局や高速道路基地局であると判定する沿線からの距離として、5km以内および3km以内の2種類を用いる。5km以内は、高速道路を走行中に休憩地として高速道路に隣接していない道の駅（道の駅もつくる新城、道の駅ソーネ周南など）を利用したときに信号が観測される可能性を考慮して設定した。また、3km以内は、山間部周辺の高速道路の場合、基地局セルが半径1km以上である可能性を考慮し、高速道路を走行していれば信号が観測されるよう設定した。

c) 新幹線トリップの推計手法のケース設定

0 最高速度判定、沿線周辺通過判定を用いた新幹線推計手法の特性を把握するため、以下の3ケース（図-10）にて新幹線推計する。

<ケース 2.1>C「最高速度判定」

<ケース 2.2>D「沿線周辺通過判定」

<ケース 2.3>C「最高速度判定」およびD「沿線周辺通過判定」

表-1 飛行機利用 OD 量データ作成条件

条件	対象
起終点エリア	・5都道府県（内々トリップを除く） （東京/大阪/福岡/熊本/鹿児島）
時間解像度	・1日（平成27年10月18日（日））
空港周辺基地局範囲	・半径3km, 5km, 10km

5. 既存統計調査との比較分析結果

(1) 飛行機利用トリップの比較結果

表-1の条件を元に作成した飛行機利用 OD 量データと、既存統計調査の県間 OD 量を比較する。既存統計調査は、飛行機を利用した県間 OD 量がわかる平成22年全国幹線旅客純流動調査（以下、「純流動調査」という。）とした。なお、ケース 1.1 の場合、電源を切ったまま自動車で100km以上移動した場合のように、短距離の飛行機判定において他の移動手段と誤判定される可能性が存在する。一方で、空港周辺基地局判定のみを実施するケース 1.2 の場合、品川駅から福岡駅まで新幹線で移動した場合のように、空港周辺のターミナル駅間の移動が他の移動手段によるトリップと誤判定される可能性が存在する。そのため、ケース 1.3、すなわち A「電源断・移動速度判定」と B「空港周辺基地局判定」全て実施する推計手法が、飛行機で移動した可能性が最も高いと考えられる。

空港周辺基地局範囲・ケースごとのデータと純流動調査の相関係数を表-2に示す。結果的に、どの場合においても相関係数は0.9000以上となり、純流動調査との高い相関性が示された。

対象エリアそれぞれの純流動調査の値との差の絶対値の合計（表-2の下から2段目に記載）を比較すると、空港周辺基地局10kmのケース1.3が最も小さい値、すなわち純流動調査と最も近い値になることがわかった。

(2) 新幹線利用トリップの比較結果

表-3の条件を元に作成した新幹線利用 OD 量データと、既存統計調査の県間 OD 量を比較する。既存統計調査は、新幹線を利用した県間 OD 量がわかる平成27年度幹線旅客流動実態調査とした。

ケース 2.1 の場合、携帯電話の電源を入れたまま飛行機にて移動中に電波が届く航路区間で信号が観測された場合など、新幹線を利用していないトリップを新幹線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 2.3、すなわち C「最高速度判定」、D「沿線周辺通過判定」どちらも実施する推計手法もしくはケース 2.2、すなわち D「沿線周辺通過判定」のみ実施する推計手法

表-2 人口流動統計（飛行機利用 OD 量）と純流動調査の比較

(トリップ数/日)

出発 エリア	到着 エリア	純流動調査	ケース1.1	空港周辺基地局 3km		空港周辺基地局 5km		空港周辺基地局 10km	
				ケース1.2	ケース 1.3	ケース1.2	ケース 1.3	ケース1.2	ケース 1.3
東京都	大阪府	3,707	4,665	2,688	2,684	2,923	2,913	3,628	3,287
東京都	福岡県	7,576	8,787	6,140	6,140	6,673	6,673	7,022	6,988
東京都	熊本県	1,935	2,180	1,390	1,390	1,591	1,591	1,707	1,701
東京都	鹿児島県	1,944	2,361	1,473	1,473	1,596	1,596	1,723	1,721
大阪府	東京都	3,442	3,971	2,114	2,110	2,358	2,355	2,893	2,657
大阪府	福岡県	555	1,408	741	734	787	775	1,623	1,001
大阪府	熊本県	522	452	292	292	312	309	397	354
大阪府	鹿児島県	863	917	598	598	664	662	749	719
福岡県	東京都	6,429	7,532	5,104	5,101	5,726	5,723	6,287	5,939
福岡県	大阪府	537	1,439	844	831	879	857	4,013	1,155
福岡県	熊本県	0	45	0	0	0	0	23	0
福岡県	鹿児島県	153	272	79	79	81	81	100	95
熊本県	東京都	1,732	1,615	956	956	1,136	1,136	1,228	1,203
熊本県	大阪府	767	449	270	270	302	298	741	365
熊本県	福岡県	1	85	0	0	0	0	43	0
熊本県	鹿児島県	18	63	0	0	0	0	0	0
鹿児島県	東京都	1,775	1,942	1,155	1,155	1,310	1,310	1,402	1,393
鹿児島県	大阪府	890	934	505	503	556	552	852	609
鹿児島県	福岡県	110	293	73	73	117	103	129	110
鹿児島県	熊本県	24	56	0	0	0	0	0	0
合計		32,980	39,466	24,422	24,389	27,011	26,934	34,560	29,297
純流動調査の値との差の 絶対値の合計		-	7,496	9,544	9,537	7,131	7,126	7,676	5,811
純流動調査との相関係数		-	0.9924	0.9906	0.9907	0.9919	0.9921	0.9154	0.9911

による推計されたトリップが、他のケースと比べて新幹線を利用した可能性が高いと考えられる。

新幹線基地局範囲・ケースごとのデータと幹線旅客流動実態調査の相関係数を表-4 に示す。表-4 をみると、高速除外有りのケースについて、周辺基地局範囲を広くすると、逆に全 OD ペアにて減少していることがわかる。この現象は、周辺基地局範囲が広がると、高速道路基地局除外前の新幹線基地局が高速道路基地局と重なることで除外される範囲が広くなり、結果的に新幹線基地局が少なくなったためと考えられる。

幹線旅客流動実態調査との相関係数をみると、どの場合においても 0.8000 以上となり、幹線旅客流動実態調査との高い相関性が示された。

対象エリアそれぞれの幹線旅客流動実態調査の値との差の絶対値の合計（表-4 下から 2 段目に記載）を比較すると、高速除外有りとし、新幹線・高速道路基地局範囲を 5km としたケース 2.2 が最も小さい値、すなわち幹線旅客流動実態調査と最も近い値になることがわかった。

表-3 新幹線利用 OD 量データ作成条件

条件	対象
起終点エリア	5 都道府県（内々トリップを除く） （東京/大阪/福岡/熊本/鹿児島）
時間解像度	1 日（平成 27 年 10 月 18 日（日））
新幹線基地局	高速除外なし、除外あり
新幹線・高速道路 基地局範囲	3km, 5km

6. 起終点エリアごとの傾向分析結果

(1) 飛行機トリップの傾向分析とその結果

表-1 の条件下で生成したデータを用いて、起終点エリアによる差異を飛行機推計手法のケースごとに分析する。空港周辺基地局範囲は、既存統計調査と最も近い値となった 10km 固定とした。また、起終点エリアの組合せは、東京都・大阪府間、東京都・九州地方間、大阪府・九州地方および地域内の移動である九州地方・九州地方間の 4 区間とした。ケース 1.3 のトリップ数に対する各ケースのトリップ数の割合を図-11～図-14 に示す。

表4 人口流動統計（新幹線利用 OD 量）と幹線旅客流動実態調査の比較

(トリップ数/日)

出発 エリア	到着 エリア	幹線旅客流 動実態調査	ケース 21	高速除外なし				高速除外有り			
				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 22	ケース 23	ケース 22	ケース 23	ケース 22	ケース 23	ケース 22	ケース 23
東京都	大阪府	14,105	14,179	18,928	14,107	20,258	14,148	14,368	13,945	14,254	13,865
東京都	福岡県	1,562	701	6,181	643	6,498	649	484	442	446	437
東京都	熊本県	74	74	694	24	786	27	121	0	83	0
東京都	鹿児島県	59	136	630	50	674	53	23	21	23	21
大阪府	東京都	14,190	13,680	18,932	13,618	19,819	13,650	13,947	13,454	13,818	13,347
大阪府	福岡県	4,233	4,854	6,161	4,772	6,351	4,788	4,757	4,669	4,103	4,024
大阪府	熊本県	1,220	686	846	681	988	686	702	673	662	635
大阪府	鹿児島県	499	349	485	334	719	343	328	320	318	318
福岡県	東京都	1,515	856	5,626	804	6,071	821	521	474	475	465
福岡県	大阪府	3,466	4,507	5,664	4,393	6,045	4,423	4,398	4,276	2,852	2,781
福岡県	熊本県	3,488	199	10,314	184	14,849	184	3,840	157	2,792	113
福岡県	鹿児島県	2,613	1,654	4,053	1,627	4,718	1,630	2,853	1,610	2,751	1,555
熊本県	東京都	91	137	959	104	1,038	104	115	59	86	54
熊本県	大阪府	818	563	711	537	934	550	533	514	464	457
熊本県	福岡県	3,036	238	12,033	227	20,250	228	4,517	214	3,193	134
熊本県	鹿児島県	1,797	325	1,382	258	1,585	261	1,154	216	1,065	180
鹿児島県	東京都	61	165	929	65	1,043	80	0	0	0	0
鹿児島県	大阪府	640	393	469	332	751	355	307	304	304	298
鹿児島県	福岡県	2,456	1,558	3,747	1,525	4,846	1,525	2,651	1,499	2,559	1,441
鹿児島県	熊本県	969	298	1,279	246	1,376	246	1,019	216	964	182
合計		56,892	45,552	100,023	44,531	119,599	44,751	56,638	43,063	51,212	40,307
幹線旅客流動実態調査の値との差の絶対値の合計		-	15,266	45,293	15,331	63,595	15,315	8,470	16,321	6,792	16,585
幹線旅客流動実態調査との相関係数		-	0.9699	0.9174	0.9709	0.8110	0.9707	0.9902	0.9711	0.9955	0.9752

ケース 1.3 に対するケース 1.1 のトリップ数の割合をみると、全ての分類において、飛行機利用のトリップ数が大きい値となることがわかった。とくに、九州地方・九州地方間の飛行機利用のトリップ数が著しく増加した。理由として、短距離飛行の場合、移動速度判定を実施しないことから、携帯電話の電源を切ったまま新幹線や高速道路を利用して移動した地域間・地域内トリップを飛行機利用のトリップと誤判定したためと考えられる。反面、図-15 に示すように、B「空港周辺基地局判定」において、飛行機を利用したトリップ中に、信号が空港周辺基地局にて観測されなかった場合に、実際は飛行機を利用したトリップを利用したトリップでないと誤判定していたためにケース 1.3 よりも少ない値になったと考えられる。また、ケース 1.3 に対するケース 1.2 のトリップ数の割合をみると、大阪府・福岡県間（図-13）が大きい値を示した。理由として、大阪府の伊丹空港と新大阪駅（図-16）、福岡県の福岡空港と博多駅（図-17）が

表-5 ケースごとの傾向分析の固定条件

条件	ケース分析
起終点 エリア	5都道府県（内々トリップを除く） （東京/大阪/福岡/熊本/鹿児島）
時間解像度	1日
新幹線基地局	新幹線の全沿線のうち高速道路基地局と重なる部分を除外
新幹線・高速道路 基地局範囲	5km

他の起終点エリアに比べて、空港と新幹線駅間の距離が近いこと、出発地側の空港周辺基地局にて信号を観測された後に携帯電話の電源を切り、新幹線で移動後、到着地側の空港周辺基地局にて電源を入れた後に信号が観測されたように、一部の新幹線利用のトリップを飛行機利用のトリップと誤判定をしたためと考えられる。

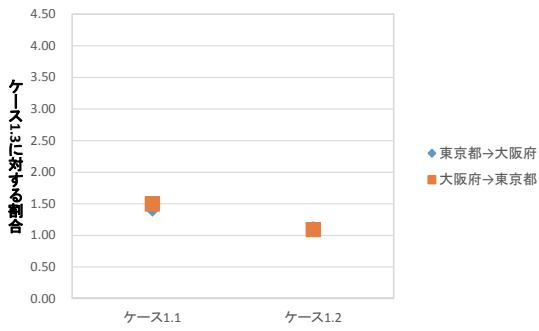


図-11 東京都・大阪府間のケース 1.3 に対するケース 1.1、ケース 1.2 の飛行機利用トリップ数の割合

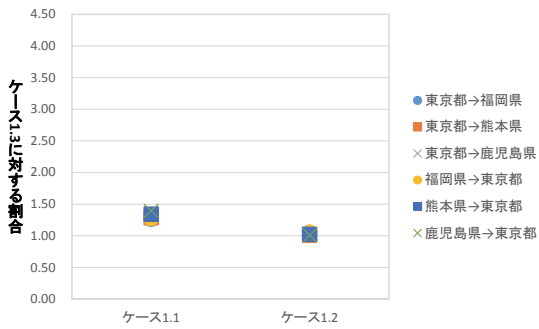


図-12 東京都・九州地方間のケース 1.3 に対するケース 1.1、ケース 1.2 の飛行機利用トリップ数の割合

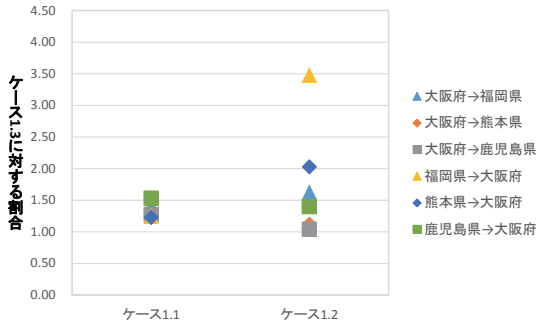


図-13 大阪府・九州地方間のケース 1.3 に対するケース 1.1、ケース 1.2 の飛行機利用トリップ数の割合

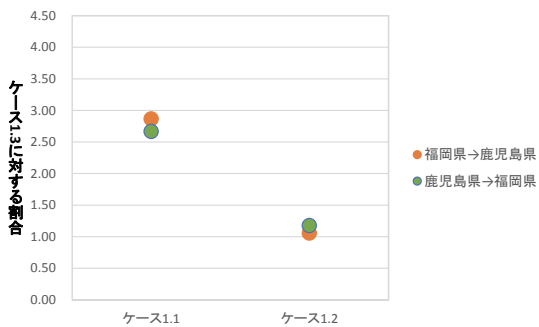


図-14 九州地方・九州地方間のケース 1.3 に対するケース 1.1、ケース 1.2 の飛行機利用トリップ数の割合

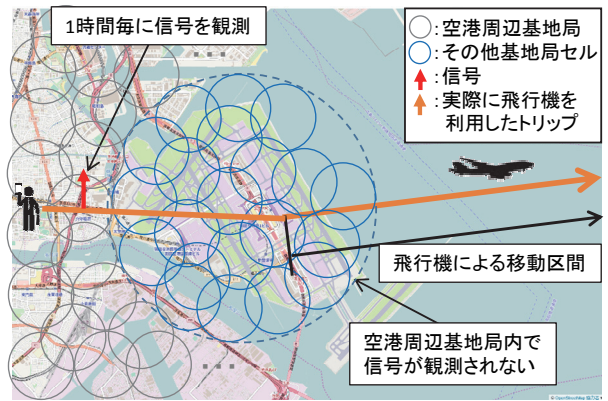


図-15 B「空港周辺基地局判定」を実施した時、空港周辺基地局内で信号が観測されず、飛行機を利用したトリップでないと誤判定する例

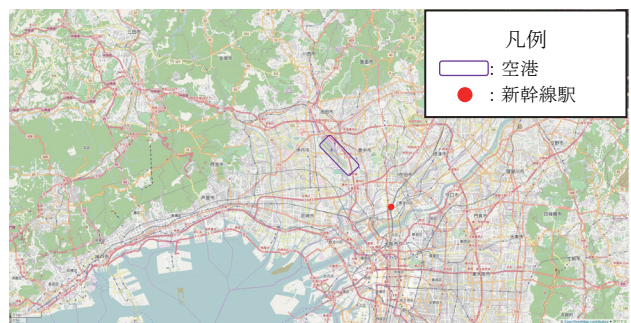


図-16 伊丹空港と新大阪駅位置図

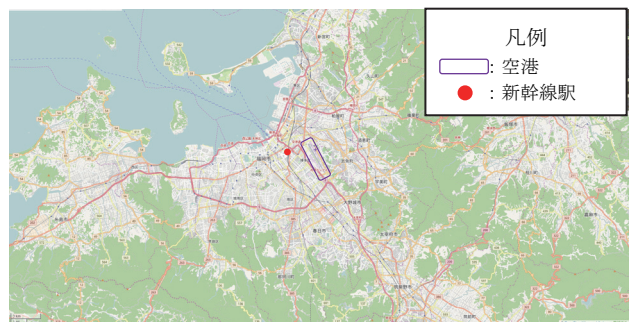


図-17 福岡空港と博多駅位置図

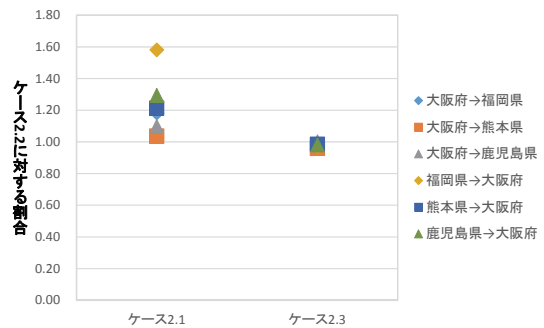


図-18 大阪府・九州地方間のケース 2.2 に対するケース 2.1、ケース 2.3 の新幹線利用トリップ数の割合

(2) 新幹線トリップの傾向分析結果

表-3 の条件を基に生成したデータを用いて、起終点

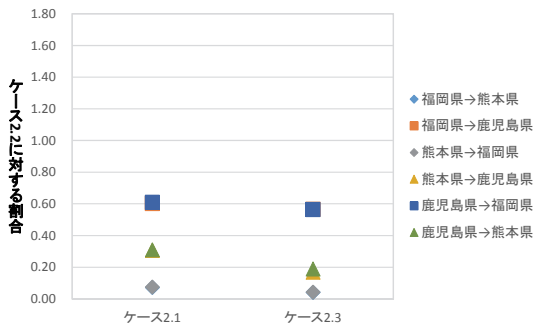


図-19 九州地方・九州地方間のケース 2.2 に対するケース 2.1、ケース 2.3 の新幹線利用トリップ数の割合

エリアによる差異を飛行機推計手法のケースごとに分析する。ここで、比較条件は既存統計調査と最も近い値となった表-5 に示す内容とした。起終点エリアの組み合わせは、東京都・大阪府間、東京都・九州地方間、大阪府・九州地方および地域内の移動である九州地方・九州地方間の4区間とした。

図-18 よりケース 2.2 に対するケース 2.1 のトリップ数の割合をみると、九州地方・九州地方間を除く全ての区間において、新幹線利用のトリップ数がより大きくなることがわかった。理由として、携帯電話の電源を入れたまま飛行機にて移動中に電波が届く航路区間で信号が観測された場合、その区間で最高速度となると、飛行機利用のトリップを新幹線利用のトリップと誤判定するためと考えられる。また、九州地方・九州地方間(図-19)を見ると、ケース 2.2 に対するケース 2.1、ケース 2.3 のトリップ数の割合がいずれも新幹線利用のトリップ数が小さくなることがわかった。理由として、九州地方の新幹線のルートでは、最高速度が 180km/h 未満であったためと考えられる。以上より、B「沿線周辺通過判定」のみ実施すると、新幹線利用のトリップを新幹線利用のトリップでないと誤判定する可能性を低減できることが示された。

7. 段階的な長距離移動手段の推計手法と結果

本章では、第 5 章、第 6 章の結果を踏まえ、長距離移動手段の段階的推計手法を示し、求めた新幹線利用 OD 量データと既存調査を比較する。

(1) 長距離移動手段の段階的推計手法

第 4 章で提示した飛行機推計手法および新幹線推計手法は他の移動手段と誤判定する可能性があるため、長距離移動手段を段階的に推計して誤判定の可能性を低減することを試行した。まず飛行機推計を実施し、飛行機を利用したトリップ、他の移動手段を利用したトリップと

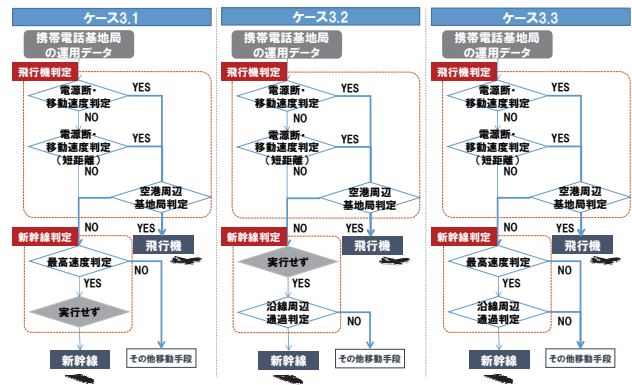


図-20 長距離移動手段の段階的推計手法のケース設定

分類する。つぎに、他の移動手段を利用したトリップに対して新幹線推計を実施し、新幹線を利用したトリップを抽出する。なお、飛行機推計は、実際は他の移動手段を利用したトリップにもかかわらず、飛行機を利用したトリップと判定されるのを防ぐために、飛行機を利用したと推計されたトリップは確実にそのトリップであると考えられる空港周辺基地局 3km のケース 1.3 を適用した。理由として、段階的推計手法では、新幹線推計の前処理にあたる飛行機推計において他の移動手段と誤判定する可能性を低減させることが重要と考えたためである。新幹線推計は、表-3 の条件の下、第 5 章と同じく、図-20 に示したケース 3.1~3.3 の 3 種類、ケース 3.2, 3.3 に対して、高速除外なし、高速除外有りそれぞれ 2 種類、周辺基地局範囲 3km, 5km でそれぞれ 2 種類の計 9 種類の条件により新幹線利用 OD 量を求め、幹線旅客流動実態調査と比較した。

- <ケース 3.1>飛行機推計を実施後、飛行機を利用していないトリップに C「最高速度判定」
- <ケース 3.2>飛行機推計を実施後、飛行機を利用していないトリップに D「沿線周辺通過判定」
- <ケース 3.3>飛行機推計を実施後、飛行機を利用していないトリップに C「最高速度判定」および D「沿線周辺通過判定」

(2) 既存統計調査との比較分析とその結果

(1)の段階的推計手法で作成した新幹線利用 OD 量と、既存統計調査の県間 OD 量とを比較する。既存統計調査は、新幹線を利用した県間 OD 量がわかる平成 27 年度幹線旅客流動実態調査とした。ただし、この調査は、新幹線のほかに新幹線以外の移動手段の利用トリップが存在した場合でも、新幹線を利用したトリップとして扱われることに留意が必要である。

新幹線基地局範囲・ケースごとのデータと幹線旅客流動実態調査の相関係数を表-6 に示す。どの場合においても相関係数は 0.7500 以上となり、幹線旅客流動実態調

表-6 長距離移動手段の段階的推計手法による人口流動統計（新幹線利用 OD 量）と幹線旅客流動実態調査の比較

(トリップ数/日)

出発 エリア	到着 エリア	幹線旅客流動 実態調査	飛行機推計を実施										飛行機推計を 実施せず	
			ケース 31	高速除外なし				高速除外有り						
				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 32	ケース 33	ケース 32	ケース 33	ケース 32	ケース 33	ケース 32	ケース 33	ケース 22 (再掲)		
東京都	大阪府	14,105	14,169	17,969	14,101	18,531	14,142	14,351	13,941	14,248	13,862	14,254		
東京都	福岡県	1,562	674	2,262	623	2,345	628	459	442	440	437	446		
東京都	熊本県	74	72	264	24	302	27	39	0	26	0	83		
東京都	鹿児島県	59	115	266	43	285	46	19	19	21	19	23		
大阪府	東京都	14,190	13,673	17,775	13,612	18,313	13,643	13,939	13,451	13,811	13,344	13,818		
大阪府	福岡県	4,233	4,845	5,760	4,765	5,875	4,781	4,757	4,669	4,103	4,024	4,103		
大阪府	熊本県	1,220	686	783	681	855	686	687	673	650	635	662		
大阪府	鹿児島県	499	339	432	330	567	339	320	320	318	318	318		
福岡県	東京都	1,515	841	2,316	794	2,419	810	488	472	469	463	475		
福岡県	大阪府	3,466	4,499	5,327	4,391	5,541	4,421	4,396	4,276	2,852	2,781	2,852		
福岡県	熊本県	3,488	198	10,314	184	14,849	184	3,840	157	2,792	113	2,792		
福岡県	鹿児島県	2,613	1,648	4,030	1,627	4,695	1,630	2,844	1,610	2,751	1,555	2,751		
熊本県	東京都	91	135	413	103	456	103	72	58	60	53	86		
熊本県	大阪府	818	562	672	537	782	550	528	514	464	457	464		
熊本県	福岡県	3,036	237	12,033	227	20,250	228	4,514	214	3,193	134	3,193		
熊本県	鹿児島県	1,797	323	1,380	257	1,583	260	1,147	215	1,064	179	1,065		
鹿児島県	東京都	61	131	347	56	398	68	0	0	0	0	0		
鹿児島県	大阪府	640	375	423	327	540	345	307	304	302	298	304		
鹿児島県	福岡県	2,456	1,551	3,713	1,524	4,811	1,524	2,650	1,499	2,559	1,441	2,559		
鹿児島県	熊本県	969	296	1,275	246	1,372	246	1,019	216	963	182	964		
合計		56,892	45,552	45,369	87,754	44,452	104,769	44,661	56,376	43,050	51,086	51,212		
	幹線旅客流動実態調査の値との差の絶対値の合計	-	15,281	33,430	15,378	49,307	15,349	8,526	16,334	6,888	16,597	6,792		
	幹線旅客流動実態調査との相関係数	-	0.9701	0.9205	0.9709	0.7917	0.9707	0.9901	0.9711	0.9955	0.9752	0.9955		

査との高い相関性が示された。

対象エリアそれぞれの幹線旅客流動実態調査の値との差の絶対値の合計（表-6 下から 2 段目に記載）を比較すると、長距離移動の段階的推計手法を実施した中では、高速除外有り、新幹線・高速道路基地局範囲 5km としたケース 32 が最も小さい値、すなわち幹線旅客流動実態調査と最も近い値になることがわかった。また、飛行機推計を実施しない場合も含めると、飛行機推計を実施せず、同様の新幹線推計を実施したケース 22 が最も小さい値、すなわち幹線旅客流動実態調査と最も近い値になることがわかった。理由として、幹線旅客流動実態調査では、飛行機および新幹線どちらも使用したトリップは新幹線利用トリップとして数えるが、長距離移動の段階的推計手法では、飛行機を利用したトリップと判定されたためと考えられる。

第 4 章で提示した新幹線推計手法単体で実施した場合と比較した場合、ほぼすべてのケースにおいて段階的推計手法により相関係数がより高い値になることがわかった。理由として、新幹線推計手法単体では飛行機利用と誤判定していたトリップが、前段階で飛行機推計されるため、誤判定されるトリップが低減されることが考えられる。

8. 考察と課題

本章では、第 4 章～第 7 章から得られた知見および課題を以下のとおり整理する。

- ・ 飛行機推計手法の A「電源断・移動速度判定」では、短距離飛行の場合、移動速度判定を実施しないこと

から、携帯電話の電源を切って新幹線や高速道路を利用した短時間のトリップを飛行機利用のトリップと誤判定する可能性がある。

- 飛行機推計手法の B「空港周辺基地局判定」では、出発地側の空港周辺基地局にて信号が観測された後に携帯電話の電源を切り、その他の移動手段で移動後、到着地側の空港周辺基地局内にて電源を入れた後に信号が観測された場合、新幹線利用のトリップを飛行機利用のトリップと誤判定する可能性がある。
- 飛行機推計手法の B「空港周辺基地局判定」では、飛行機を利用したトリップ中に、信号が空港周辺基地局にて観測されなかったために、実際は飛行機を利用したトリップを利用したトリップでないと誤判定する可能性がある。
- 飛行機推計手法の A「電源断・移動速度判定」および B「空港周辺基地局判定」（空港周辺基地局範囲 10km）全ての飛行機推計手法を適用すると、純流動調査と最も近い値になる。
- 新幹線推計手法の C「最高速度判定」では、携帯電話の電源を入れたまま飛行機にて移動中に電波が届く航路区間で信号が観測されたために、実際は新幹線を利用したトリップを飛行機利用のトリップと誤判定する可能性がある。
- 新幹線推計手法の C「最高速度判定」では、新幹線のルートや最高速度で走行する区間によっては新幹線利用のトリップにもかかわらず新幹線利用のトリップでないと誤判定する可能性がある。
- 新幹線推計手法の D「沿線周辺通過判定」（高速除外有り、沿線周辺基地局 5km）のみ適用すると、幹線旅客流動実態調査と最も近い値になる。
- 段階的推計手法のほぼ全てのケースにおいて幹線旅客流動実態調査との相関係数がより高い値になっているため、誤判定されるトリップを低減することができる可能性がある。

これらの知見を踏まえて、移動手段別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点目は、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、長距離の飛行機および新幹線利用のトリップを対象とした。今後は、より推計難易度の高いと考えられる自動車や自転車、徒歩などの中・短距離の移動手段の推計手法の考案が課題となる。

2点目は、上記中・短距離の移動手段を含めた段階的推計手法の考案が挙げられる。本研究では、飛行機推計手法および新幹線推計手法を基に、長距離移動手段の段階的推計手法を考案した。そのため、中・短距離の移動手段の推計手法が考案された場合、前述した長距離移動の段階的推計後に中・短距離の移動手段を推計する全移動距離を対象とした段階的推計手法の考案が今後の課題

となる。

3点目は、新幹線や高速道路の新設への対応が挙げられる。本提案手法により新幹線トリップを推計するためには、新幹線沿線および高速道路沿線の基地局を抽出する必要がある。また、新幹線や高速道路が新設されたとき、新幹線沿線、または高速道路沿線の基地局設定をその都度変更する必要がある。将来的に、技術の向上により新幹線の最高速度は、350km/h を超える速度になる可能性も有るため、その都度最高速度を見直し、適宜変更する必要がある。

4点目は、比較対象データの条件の整合が挙げられる。飛行機利用のトリップ比較に使用した純流動調査は、都道府県・移動手段別にトリップ数がわかる都市交通調査であるものの、平成 22 年のデータであり、人口流動統計と 5 年以上もの乖離がある。さらに、純流動調査は通学・通勤目的のトリップをトリップ数に含めていない。また、新幹線利用のトリップ比較に使用した幹線旅客流動実態調査は、都道府県・移動手段別にトリップ数がわかるものの、新幹線のほかに新幹線以外の移動手段を利用した場合でも、新幹線を利用したトリップとして扱われる。反面、長距離移動手段の段階的推計では、手法により新幹線を利用したトリップと推計されたトリップには、飛行機と新幹線両方を利用したトリップが含まれていない。すなわち、段階的な長距離移動手段の推計手法は、代表交通機関別にトリップか否かを推計している。そのため、段階的な長距離移動手段の推計手法の際には、その推計手法の仕様に沿った既存調査を利用する必要がある。

5点目は、段階的推計手法の高度化が挙げられる。本研究では、短距離飛行の場合、A「電源断・移動速度判定」では、新幹線や高速道路を利用したトリップを飛行機利用のトリップと誤判定する可能性があることがわかった。その課題の対策として、短距離飛行と判定されたトリップに対しては、新幹線推計を実施し新幹線利用トリップと判定された場合は、新幹線利用のトリップとするように、段階的推計手法により求めたトリップ数を真値に合うように高度化する必要がある。

6点目は、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。既存調査と差の絶対値の合計が最も小さい推計手法も含め、推計手法毎にどのような誤判定するかを把握するためには、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を実施する必要がある。

7点目は、飛行機推計手法および新幹線推計手法で必要な移動距離や移動速度などの設定値を OD ペア毎に変更することが挙げられる。本研究では、上記の設定値を全国一律に同一の値を用いているが、本来は OD ペアに

よって新幹線の種類や、空港や新幹線駅の位置など条件が異なる。そのため、より実態に合った移動手段別 OD 量を求めるためにも、飛行機推計手法、新幹線推計手法に必要な設定値を OD ペア毎に変更する必要がある。

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・分析を通じて飛行機および新幹線を利用したトリップか否かを推計する手法を考案した。まず、上空電源断、移動速度、空港周辺基地局や新幹線基地局の情報を組み合わせて、飛行機利用トリップおよび新幹線利用トリップを判定する手法を提案した。次に、求めた OD ペア毎のトリップ数と、既存調査のトリップ数とを比較分析した。その結果、飛行機推計では、A「電源断・移動速度判定」および B「空港周辺基地局判定」（空港周辺基地局範囲 10km）全て実施するケース 13、新幹線推計では、D「沿線周辺通過判定」（高速除外有り、周辺基地局範囲 5km）のみ実施するケース 22 が既存調査と近い傾向が示された。最後に、飛行機推計、新幹線推計と順に実施する長距離移動手段の段階的推計手法を考案し、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、国内最大規模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、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：本稿の遂行にあたり、（株）NTT ドコモの渋谷大介氏、（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。

参考文献

- 1) 東京都圏交通計画協議会「パーソントリップ調査」<<http://www.tokyo-pt.jp/person/index.html>>（入手 2018.2.15）
- 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, CD-ROM, 2012.
- 3) 門間俊幸、橋本浩良、松本俊輔、水木智英、上坂克巳：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, 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 2018.2.15）
- 6) 小田原亨、永田智大：社会動態推定技術－モバイル空間統計の推計技術と応用－、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－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.
- 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, 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, 2015.
- 10) 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、Vol. 1, No. 2（特集号 B）, pp. B_1-B_9, 2015.
- 11) 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、第 34 回交通工学研究発表会論文集、Vol. 34, pp. 345-348, 2014.
- 12) 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. I_547-I_558, 2015.
- 13) 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.
- 14) 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.
- 15) 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）、Vol. 2008, No. 110, pp. 39-44, 2008.
- 16) Qu, Y., Gong, H. and Wang, P.: Transportation mode split with mobile phone data, 2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 285-289, 2015.
- 17) 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

る基礎的研究～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～, IBS Annual Report 2015, pp. 39-46, 2015.

- 18) Ishizuka, H., Kobayashi, N., Muramatsu, S. Ono, C.: 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.
- 19) Wang, H., Calabrese, F., Lorenzo, G. and Ratti, C.: Transportation mode inference from anonymized and aggregated mobile phone call detail records, *2010 IEEE 13th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp. 318-323, 2010.
- 20) 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, 2016.

- 21) 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, 2016.
- 22) 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 2018.2.15)

(2018. 2. 23 受付)

AN OBSERVATION ON ESTIMATION METHODS FOR THE MEANS OF LONG-DISTANCE TRANSPORTATIONS USING THE OPERATIONAL DATA OF THE BASE STATIONS FOR MOBILE PHONES

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

The statistic information, generated from the operational data of the base stations for mobile phones, allow us to capture the movement of people on a 24/7 basis. This makes it possible for us to grasp secular changes and seasonal variations of the movement. However, there is an issue on how to infer the purposes for the movement and the means of transportations.

This study has utilized a technique to infer the means of long-distance transportations including airplanes and Shinkansen (bullet trains) in the process of generating the statistics. As a result of the examinations to multiple cases, we have found that an estimation method, which consists of those for power-cutoff detection, the estimation for the speed of movements, and the stay detection method for base stations near airports, is effective for the estimation for airplane trips. Our stay detection method for base stations within a five-kilometer range from all Shinkansen lines have also showed the greatest consistency with the existing surveys.