

携帯電話ネットワークの仕組みを使用して作成されるビッグデータを用いた移動手段の推計手法

北川大喜・関谷浩孝・糸氏敏郎

1. はじめに

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、人や車の移動実態の常時取得が可能な交通関連ビッグデータの重要性が着目されており、交通計画や防災計画などへの活用方策や実用化に関する研究が進められている。

この交通関連ビッグデータの一つである、携帯電話ネットワークの仕組みを使用して作成されるビッグデータは、平成26年時点で、ある時間のあるエリアにいる人の数（10時台A市に15,000人、11時台A市に20,000人など）を示すのみであった。以上より、国土交通省国土技術政策総合研究所は、このビッグデータを交通計画へ適用することなどを目的に、平成26年7月から平成29年9月まで共同研究を行った。この共同研究は、平成26年時点でこのビッグデータを提供可能な唯一の事業者であった株式会社NTTドコモ及び人の移動を扱った研究実績¹⁾が豊富である東京大学と行った。このビッグデータについて、この共同研究にて以下の統計情報の開発及び推計手法を提案した。

- ・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示す統計情報²⁾（以下「移動統計情報」という。）の開発
- ・通過エリアを推計する手法の提案
- ・移動手段を推計する手法の提案
- ・移動目的を推計する手法³⁾の提案

本報文では、この成果の一つである移動手段を推計する手法を紹介する。

2. 共同研究で利用したビッグデータとは

この共同研究は、携帯電話ネットワークの仕組みを使用して作成されるビッグデータとして、株式会社NTTドコモの統計情報⁴⁾を利用した。

この統計情報は、GPSなどのデータに比べ、

一人一人の詳細な移動は把握できないものの、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）を基データとしている我が国最大規模の交通関連ビッグデータである。この統計情報は、携帯電話利用者の個人情報やプライバシーを保護するため、また携帯電話台数から日本全国の人口に拡大するための3段階処理（非識別化处理、集計処理及び秘匿処理）により作成されている。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日の1時間単位、15～79歳の年齢階層・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。これまで東京都区部など人口が集中している地域では、500mメッシュ程度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⁵⁾。

3. 個々のトリップの推計手法

携帯電話から発信される信号により、携帯電話所有者がどの基地局セル内にいるのかを把握する事が出来る。上記の信号が観測される条件は、以下の2種類である。

- A：図-1の左図のように、予め設定されている基地局セルグループ内でおよそ1時間経過した場合。
- B：図-1の右図のように、異なる基地局セルグループに移動した場合。例えば携帯電話所有者が基地局セルGから基地局セルグループ2の一部である基地局セルaへ移動した場合。

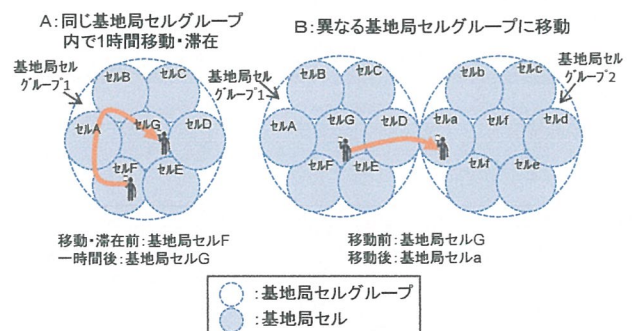


図-1 信号が観測される条件

An Estimation Method of Transportation Means with Big Data Created Using The Base Stations Network for Mobile Phones

基地局セルが信号を観測した時の携帯電話所有者の位置は、その基地局セルの中心とする。また、移動距離は、その中心の位置座標と、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推計される。

上記の移動距離から携帯電話所有者が「移動」しているか「滞留」しているかを判定する。図-2のように、上記の移動距離が1km以上の場合に「移動」と判定し、1km未満の場合に「滞留」と判定する。

株式会社NTTドコモの移動統計情報（以下「人口流動統計」という。）は、上記の移動・滞留及び、3段階処理に基づき推計されたトリップ数の総数を示している。トリップ数は、図-2の右図のように、滞留から移動へ切り替わる際に滞留したエリアを出発地、移動から滞留へ切り替わる際に滞留したエリアを到着地として推計される。

4. 移動手段を推計する手法

3.にて示した信号を観測した基地局セルの中心の位置座標を複数回取得することでおおよその移動経路を把握し、その移動経路から移動手段を推計できると考えられる。しかし、この位置座標による移動経路だけでは移動経路が似ているトリップ（新幹線を利用したトリップと高速道路を利用したトリップなど）の移動手段の判別が困難である。そのため、上記の移動経路の他に、移動速度や移動距離を考慮することで、移動手段を推計する手法を提案した。対象とする移動手段は、観測される信号の数が多いため、推計しやすいと考えられる長距離移動手段、即ち飛行機、新幹線及び高速道路とした。飛行機を利用したトリップか否かを推計（以下「飛行機推計」という。）する手法として、図-3に示す、A「電源断・移動速度判定」及びB「空港周辺基地局判定」を提案する。

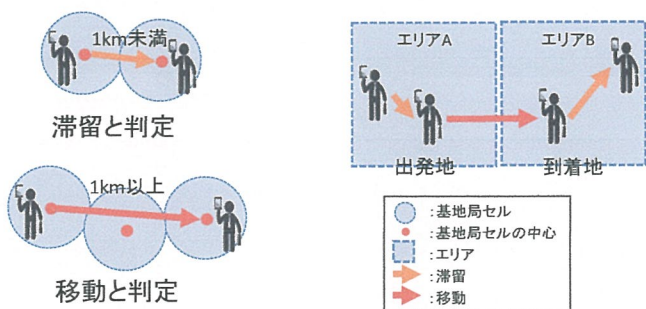


図-2 人口流動統計の移動・滞留及びトリップの推計手法

また、新幹線又は高速道路を利用したトリップか否かを推計（以下それぞれ「新幹線推計」、「高速道路推計」という。）する手法として、図-4に示す、C「最高速度判定」及びD「沿線周辺基地局判定」を提案する。それぞれの手法の詳細は以下の通りである。

A「電源断・移動速度判定」：飛行機は上空を移動するため、携帯電話からの信号が届かなくなる（電源断）。こういった「電源断」という事象

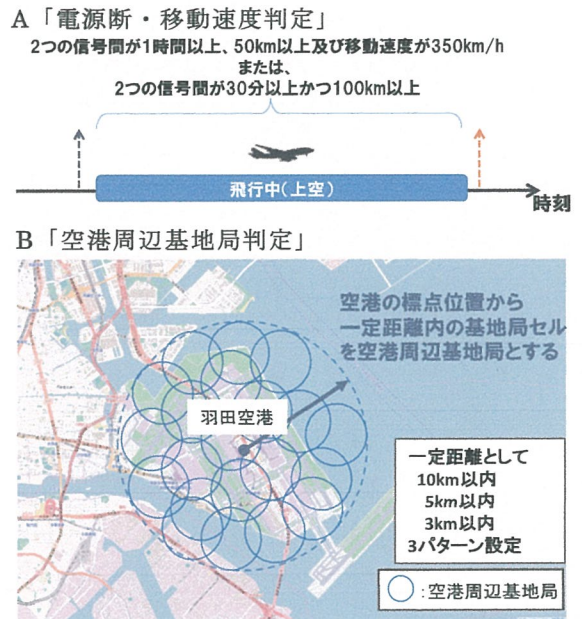
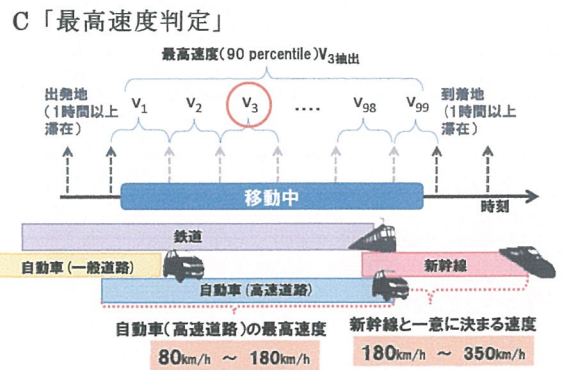


図-3 飛行機を利用したトリップか否かを推計する手法



D「沿線周辺基地局判定」

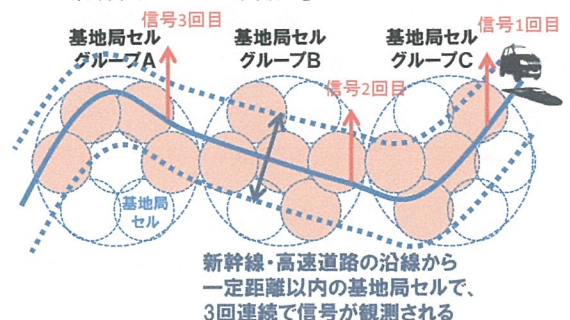


図-4 新幹線及び高速道路を利用したトリップか否かを推計する手法

より飛行機推計できると考えられる。また、電源断の直前に信号が観測された時刻と、電源断の直後に信号が再び観測された時刻の差及びそれらの観測地点間の距離から求めた移動速度から、飛行などで携帯電話の電源をOFFにするという事象を誤って飛行機を利用したトリップと推計しないようにしなければならない。以上の3点から、連続して観測された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。

B「空港周辺基地局判定」：空港を示す標点位置を中心に、一定距離内にある基地局セル（以下「空港周辺基地局」という。）を選定し、信号が発側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、「飛行機を利用したトリップ」と判定する。

C「最高速度判定」：トリップ中に連続して観測された2つの信号間の時刻の差と距離を基に移動速度を各信号間で算出する。それらの移動速度の90%タイル値（外れ値を考慮）が180km/h以上350km/h未満であれば「新幹線を利用したトリップ」、80km/h以上180km/h未満であれば「高速道路を利用したトリップ」と判定する。

D「沿線周辺通過判定」：新幹線沿線・高速道路沿線の一定距離内にある基地局（以下それぞれ「新幹線基地局」、「高速道路基地局」という。）をそれぞれ選定する。トリップ中に受信した信号が3回連続で新幹線基地局内であった場合に「新幹線を利用したトリップ」、高速道路基地局内であった場合に「高速道路を利用したトリップ」と判定する。

5. 既存統計調査との比較分析

4.の判定手法を組合せて、以下のケース1.1～ケース1.3にて飛行機推計を、ケース2.1～ケース2.3にて新幹線推計及び高速道路推計を実施してトリップ数を求めた。そのトリップ数と、既存統計調査のトリップ数を比較した。なお、精度検証のために、空港周辺基地局判定について、空港周辺基地局範囲を3km、5km及び10kmの3種類設定した。同様の理由で、沿線周辺通過判定について、高速道路基地局や新幹線基地局であると選定

する沿線からの距離を3km以内及び5km以内の2種類設定した。

【飛行機推計手法】

<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」及び
B「空港周辺基地局判定」

【新幹線及び高速道路推計手法】

<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」及び
D「沿線周辺通過判定」

本報文では、ケース1.3、空港周辺基地局範囲10kmの飛行機推計手法で求めた飛行機を利用したトリップ数（以下「人口流動統計の値」という。）と、平成22年度全国幹線旅客純流動調査（以下「純流動調査」という。）のうち飛行機を利用したトリップ数（以下「純流動調査の値」という。）の比較結果を紹介する。なお、出発地・到着地を5都府県（東京都、大阪府、福岡県、熊本県及び鹿児島県）、人口流動統計の対象日を平成27年10月18日(日)に設定した。比較の結果を図-5に示す。

人口流動統計の値は、純流動調査の値に比べ、若干少ないものの、決定係数は0.9821となり、純流動調査の値と高い相関性があることを示した。即ち人口流動統計の値は、純流動調査の値と同様の傾向があることが示された。

6. まとめ

国土交通省国土技術政策総合研究所は、携帯電話ネットワークの仕組みを使用して作成される

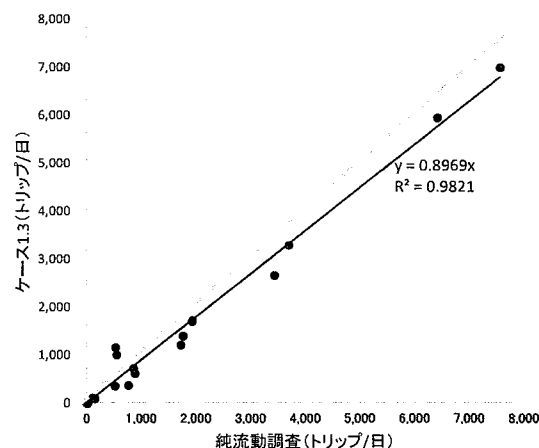


図-5 人口流動統計の値（ケース1.3、空港周辺基地局範囲10km）と、純流動調査の値の比較図

ビッグデータを交通計画などへ適用するために共同研究を実施した。本報文では、この共同研究の成果の一つである、移動手段を推計する手法を紹介した。対象とする移動手段は、移動速度や移動距離の特徴が捉えやすい長距離を移動する飛行機、新幹線及び高速道路とした。

次に、人口流動統計から上記の推計手法で求めた飛行機を利用したトリップ数と、純流動調査のうち飛行機を利用したトリップ数の比較分析を行った。その結果、人口流動統計の値は、純流動調査の値と同様の傾向があることを明らかにした。

この手法を利用することで、より実態に合った移動手段別のトリップ数を推計できる可能性がある。国内最大規模の交通関連ビッグデータに基づいたその推計結果が交通計画や都市計画の分野で、施策の立案や評価に利用されることを期待している。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、東京都市大学の今井龍一氏、株式会社NTTドコモの池田大造氏、永田智大氏、福手亜弥氏には、データ提供やご助言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) 金杉洋、関本義秀、黒川茂莉、渡邊孝文、村松茂樹、柴崎亮介：携帯電話基地局通信履歴に基づく人の移動行動の推定可能性に関する研究、地理情報システム学会研究発表大会、第 21 回、ROMBUNNO.F-4-4、2012
- 2) 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、No.142、pp.1010～1021、2015
- 3) 新階寛恭、池田大造、永田智大、森尾淳、石井良治、今井龍一：携帯電話網の運用データに基づく人口流動統計におけるトリップ目的推定手法に関する研究、土木計画学研究・講演集、Vol.55、No.43-04、2017
- 4) 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、Vol.97、No.9、pp.806～811、2014
- 5) 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、No.72、2017

北川大喜



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本情報基盤研究室 交流研究員
Daiki KITAGAWA

関谷浩孝



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本情報基盤研究室長、博士(工学)
Dr.Hiroataka SEKIYA

糸氏敏郎



国土交通省国土技術政策総合研究所社会資本マネジメント研究センター社会資本情報基盤研究室 主任研究員
Toshirou ITOUJI