

人流データの開発

建設DX成功の手がかりを探す

今井 龍一

携帯電話基地局の運用データを用いると、国内の人流を24時間365日にわたって推計・把握することができる。コロナ禍によって“人流データ”という言葉で多くの国民にも認知されるようになった。人流データは、用途が広く、私たちの生活の様々なところで活用されていることから、重要なデジタル社会資本であると言える。本稿は、建設機械施工とは異なる領域である人流データの代表例となる人口流動統計の内容を概観し、当該事業に係わる取り組みから建設DX（Digital Transformation）の成功の手がかりを考察する。

キーワード：携帯電話、人流データ、人口流動統計、OD量、移動経路・手段、建設DX

1. はじめに

2019年12月以降、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的大流行から私たちの生活は一変し、その日の感染者数と街の人流を確認する日々を送っていた。いまや「人流データ」は多くの国民に認知されているデジタル社会資本であると言える。人流データは、複数の民間事業者から提供されているが、国内最大と言える人流データは人口流動統計である。

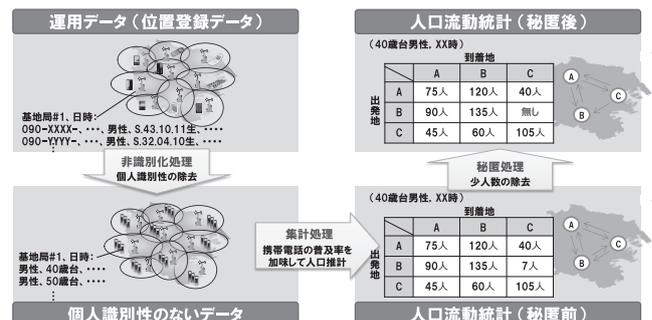
いまから約10年前の2011年夏、携帯電話基地局の運用データを用いて24時間365日取得可能な国内の交通流動の総量となる人口流動統計の議論が着手された。2014年には産官学の共同研究による人口流動統計の開発に本格着手、2018年に実用化…そしてコロナ禍を契機に、新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言による人口変動分析にも活用され、人流データという言葉として国民の日常生活にまで浸透するに至った。人口流動統計の開発に係わる活動成果は、科学技術分野の文部科学大臣表彰、日本オープンイノベーション大賞総務大臣賞および情報処理学会業績賞といった学術および産業振興の両方から大変光栄な賞も受賞した。

本稿は、建設機械施工とは、異なる領域である人流データの人口流動統計の内容を概観し、当該事業に係わる取り組みから建設DX（Digital Transformation）の成功の手がかりを考察する。

2. 携帯電話基地局の運用データに基づく人流データ

(1) 人流データ：人口流動統計の生成方法

人口流動統計^{1)~3)}は、携帯電話基地局の運用データ（携帯電話の約8,300万台のサンプル（法人契約を除いてプライバシーを保護した所在エリア情報：注GPSではない）を活用し、1km四方などのエリア間の人の移動実態を日本全域で24時間365日にわたり把握できる国内最大規模の人流データである。人口流動統計は、携帯電話サービスを提供するため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段階処理により生成される。具体的には、人口流動統計の生成に不要な個人識別性を運用データから除去する「非識別化処理」、ある日のある時間帯においてエリア間を流動する人口を推計する「集計処理」、推計人口のうち少ない人口を除去する「秘匿処理」を経て生成される（図—1）。集計



図—1 人口流動統計の生成処理

処理では携帯電話台数と住民基本台帳人口との比を拡大係数として母集団推計を行う。このような手順により統計情報として生成されるため、個人は特定できない。

人口流動統計の時間解像度は、携帯電話網において基地局エリアに所在する携帯電話を把握する頻度がおおよそ1時間ごとであることから、推計値の信頼性を確保するために1時間としている。また、継続的に24時間365日の人口流動統計を生成することができる。

空間解像度は、携帯電話網の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エリアでは基地局の設置密度が高いため、1kmメッシュなどの単位で推計ができる。一方、郊外などでは基地局の設置密度が低いため、市区町村の単位が目安となる。また、性別・年齢階層別・居住地別に分けた推計が可能で、年齢階層は15～79歳から選択できる。

このような特長を持つ人口流動統計は、時間解像度・空間解像度や分析に用いる属性などの推計項目を用途に応じて決定できるため、多様な用途に対して柔軟に対応することができる。また、人口流動統計は、交通総量に加え、広域の移動経路、移動手段（飛行機、新幹線、高速道路の利用トリップ数）の推計も可能となっている。現在、行政機関や民間企業において交通に係わる統計調査、まちづくり、交通計画、防災計画、観光分野やマーケティングなど、さらに2019年以降は新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言による人口変動分析で活用されている。

(2) OD量(出発地・到着地)の推計

携帯電話網の基地局で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、運用データから人の移動を判定することが必要となる。携帯電話網の運用データは携帯電話が所在する基地局の電波到達範囲を示しており、携帯電話の位置登録処理によって基地局にて生成される。位置登録処理は位置登録エリア外に移動した場合、もしくはおおよそ1時間ごとに行われる(図-2)。位置登録信号が発生した基

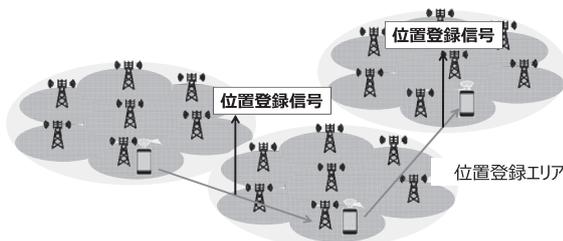


図-2 位置登録処理

地局では、その位置座標を参照し、次に観測された信号の位置座標を用いて移動距離を算出する。移動距離が所定の条件(1kmとしている)を満たした場合に移動と判定することで、移動している携帯電話の台数の集計が可能となる(図-3)。位置登録処理の頻度が凡そ1時間ごとなので、1時間以上同じ基地局エリア配下に所在したことをもって滞留中と判定する。そして、滞留から移動へ切り替わる際に滞留した地点を出発エリア、移動から滞留へ切り替わる際に滞留した地点を到着エリアとして抽出する。このように携帯電話の移動・滞留を判定することにより、エリア間の人口流動を推計する。OD量は、移動した携帯電話の台数に基づき複数時間帯に跨る移動量の総計を算出する。OD量は、パーソントリップ調査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-4)。

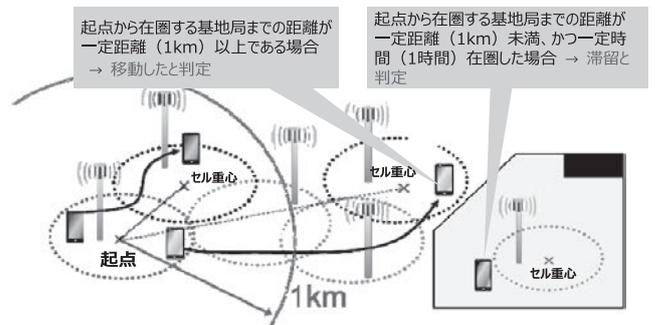


図-3 移動滞留判定

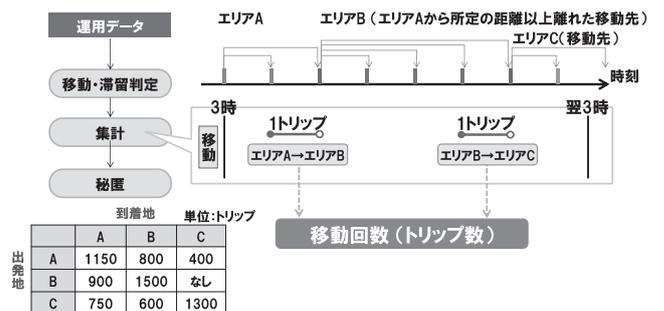
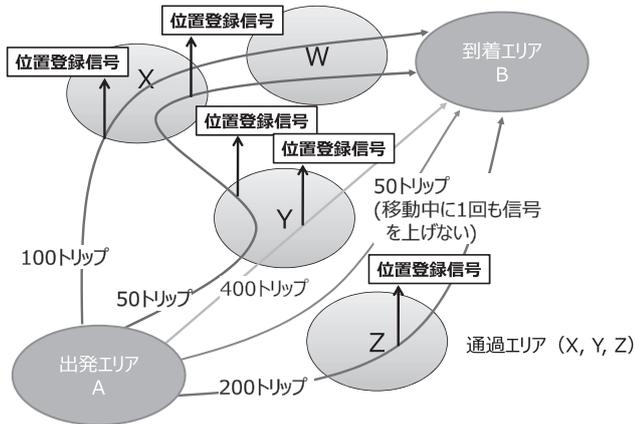


図-4 OD量の推計方法

(3) 移動経路の推計

出発エリアから到着エリアまでの移動経路がわかると、幹線道路などの利用実態や観光における周遊実態の把握などに活用できる。人口流動統計の集計過程において、携帯電話が長い距離もしくは長い時間かけて出発エリアから到着エリアまでに移動した場合は、位置登録信号が発生する可能性が高い。この特性を踏まえて移動経路を推計する手法を開発した。具体的には、人口流動統計を生成する過程で、位置登録信号が

発生したエリアを通過エリアとして出力する。すなわち、出発エリアから到着エリアまでに移動中に観測された位置登録信号をすべて抽出する(図一5)。出発エリアから到着エリアまでのトリップにおいて一つでも通過エリアが抽出できれば、通過エリアを地図情報と照合することで、移動経路を推計できる可能性が高い。



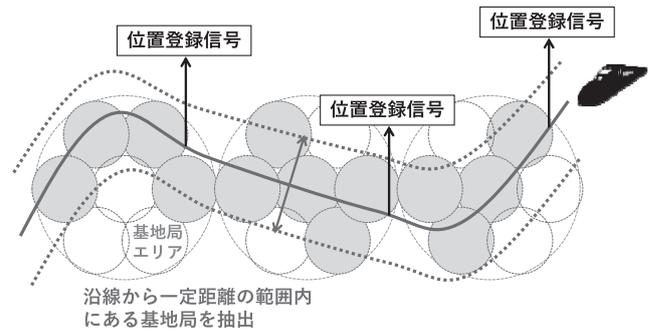
図一5 移動経路の推計手法

(4) 移動手段の推計

人口流動統計は携帯電話の位置登録の仕組みを用いて生成されるため、都道府県を越える長距離スケールのトリップであれば、実際の移動速度・移動距離の大きな算出ができる可能性が高い。そして、移動手段別の人口流動統計を把握することができれば、観光施設の検討や混雑対策、周遊実態の把握などに活用できる。この特性を踏まえて、移動手段を推計する手法を開発した。具体的には、飛行機、新幹線および自動車(高速道路)を利用したトリップを抽出する。

携帯電話の仕組み上、飛行機が飛行する上空には電波が届かないため、電源断の事象が発生する。この事象を捉えることができれば、飛行機の推計が可能である(電源断による判定)。さらに、新幹線や高速道路は決まったルートを通ることから、携帯電話の所在する基地局エリアを特定できれば、飛行機、新幹線、自動車(高速道路利用)を利用したトリップを推計できる可能性がある(基地局リストによる判定)。また、移動中の速度を捉えることができれば、どの手段で移動したか推計できる可能性がある(移動速度による判定)。

飛行機利用トリップの推計手法としては、まず、空港周辺にある基地局リスト判定を用いて飛行機利用トリップを推計した(図一6)。ここで、空港周辺の住宅エリアが含まれる可能性を極力排除するため、出発エリア、到着エリアそれぞれ空港の評点位置から一定



図一6 新幹線トリップの推計手法

距離内(3 km, 5 km, 10 kmを用いた)にある基地局を対象とした。平成22年全国幹線旅客純流動調査を用いて県間OD量を比較したところ、高い相関性が示され、空港から10 km範囲内の基地局判定が最も近い値になることがわかった。また、空港周辺基地局リスト判定だけでなく、電源断判定と移動速度判定をあわせて実施することにより、新幹線利用を飛行機利用と誤って判定するトリップ数を低減できる可能性が示された。

新幹線利用トリップの推計手法としては、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を推計できる可能性がある。また、新幹線の沿線上を必ず通過するため、位置登録信号が連続して新幹線の沿線上発生した場合、新幹線利用トリップとして推計できる可能性がある。そこで、最高速度判定および新幹線沿線基地局リスト判定を組み合わせ、新幹線利用トリップを推計する。ここで、最高速度判定とは、移動中の最高速度がある範囲内(一例として、マージンも考慮し180 km/h以上350 km/h未満とした)の場合に新幹線利用トリップと判定する。新幹線から一定距離以内にある基地局を対象とした新幹線沿線基地局リストを用いてトリップ中に観測された信号が3回連続で基地局リストに含まれる場合に、新幹線利用トリップとして推計する。また、同様の手法を応用して、自動車(高速道路)利用トリップの推計も可能とした。

3. 建設DXの成功に向けた考察

元々は交通とは異なる目的で収集されていた携帯電話基地局の運用データに対して集計・加工することで人の動きを把握できる人流データに変態する。都市交通分野では、人口流動統計がDXの好事例のひとつと言える。いまや数千万もの人がGPS機能付きの携帯電話であるスマートフォンを保有しており、多様かつ莫大なデータが各事業者を集められて、多様なサービ

スの開発や高度化に役立てられている。スマートフォンは通信の運用データやGPS位置データなどを蓄積、都市の生活の中で利用している交通系ICカードは乗降駅・停留所や購買履歴の課金データなどを蓄積し、各事業目的に即して扱われている。このようないわゆるデジタル社会資本のデータの種類は多様化し、蓄積量も増加しているため、解決すべき課題は様々あるものの、組織分野横断的に賢く使っていける仕組みができると、様々な都市問題の解決や産業創出・高度化をもたらすはずである。

さて、ここから「建設DXとは？」を考察する。諸説があるかもしれないが、DXもCALS/EC、情報化施工、BIM・CIMやi-Constructionなど、これまでの情報化と本質的なところが同じであると著者は認識している。すなわち、DXとは賢い道具を賢く使い倒すなど、とにかく合理的に仕事ができる仕組みを作ること、そして、デジタルデータの活用という観点では、長年培われてきた経験知もうまく活かして、他の目的で収集されているデータを加工して組み合わせ取り込んで賢く使うことと理解している。そのDXをどのように進めるか？それは、先例、先入観や固定観念に捕らわれない意識改革が最も重要である。例えば、膨大な紙媒体の資料をスキャンしてデジタル化するようなことは早々に諦めてしまって、紙媒体の資料として代用できそうなデジタルデータを探す。用途を完全に満たす代用品は存在しないという認識の下、60～70点を満たすデジタルデータがあれば代用する。何があるかわからない不安・葛藤があってなかなか踏み込めないことが多いが、これくらい割り切って推進しても大事になるようなことって意外と少ない。つまり、事案によっては“大体・なんとなくでOK”という大らかな方針で取り組むことも一案となる。また、必ずしも道具を導入するだけではなく、自分達の仕事

のプロセスを見直すことや既存の制度の再設計も重要である。

4. おわりに

建設DXという言葉に対してつい構えてしまうかもしれないが、私たちは日常業務に課題認識を持って日々改善活動が続けており、そこにはICTを多用している。この一連の活動そのものがDXの推進である。本稿で紹介した人流データの人口流動統計の取り組みを教訓とするなら、完璧を求めすぎず、ときには60～70点の用途を満足する道具を取り入れる許容力をもつことが重要である。したがって、改めてどのように建設DXに取り組めばよいか？ではなく、我々が日々取り組んでいる改善活動の継続が最も重要なことといえる。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、東京大学、NTTドコモ：携帯電話基地局の運用データに基づく人の移動に関する統計情報の交通計画等への適用に関する共同研究、国土技術政策総合研究所資料、第1015号、2018年
- 2) NTTドコモ：国内最大規模の交通ビッグデータ「人口流動統計」を開発—ドコモ、国総研、東京大学による産官学共同開発—、報道発表資料、2018年
- 3) Imai, R., Ikeda, D., Shingai, H., Nagata, T., Shigetaka, K.: Origin-Destination Trips Generated from Operational Data of a Mobile Network for Urban Transportation Planning, *Journal of Urban Planning and Development*, American Society of Civil Engineers, Vol.147, No.1, 2021.

【筆者紹介】

今井 龍一 (いまい りゅういち)
法政大学
デザイン工学部 都市環境デザイン工学科
教授

