

集計 OD 表の異同計測手法の開発

塚井 誠人¹

¹正会員 広島大学准教授 先進理工系科学研究科 (〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1)

E-mail: mtukai@hiroshima-u.ac.jp

幹線旅客純流動調査は 1990 年以来 6 回にわたって実施されており、得られた OD 表は、国土政策を立案する上で貴重な情報を提案しているが、調査手法自体の変更も繰り返されてきた。この研究は、著者らが提案するナップサック問題を応用した数理モデルを用いて、時点間の需要の違いを明らかにする。そのうえで明らかになった需要の違いが、主に交通ネットワーク整備によるものか、調査手法の違いによるものかを検討し、携帯電話による OD 調査など、新たな交通調査手法による代替可能性について検討する。

Key Words: *Mobile spatial statistics, Daytime / nighttime population ratio, Geodesic distance*

1. はじめに

都市間旅客流動が把握できるデータは、これまで国土交通省が実施する全国幹線旅客純流動調査(以下、NPTS)に限られていた。NPTS は 5 年に 1 度、秋に行われるアンケート調査によって旅客の真の発着地情報を収集し、交通事業者から収集した総流動データに合わせるように乗り継ぎ処理を行い、個票データに拡大係数を付与して作成される。当初は平日 1 日の流動集計に留まっていたが、2005 年より休日の流動が調査されるようになり、これらを合わせた年間の流動が集計されるようになった。NPTS から得られる純流動は、整備新幹線や新空港整備といった大規模な幹線交通整備が交通需要に及ぼす影響の検証に用いられるなど、主に幹線交通網計画に必須のデータとして、大きな役割を果たしてきた。

他方で近年では携帯電話やカーナビゲーションシステムの移動記録から、人や自動車の移動実態を把握できる交通関連ビッグデータが注目されている。これらは連続的に観測されるため、特定の調査日ばかりでなく任意の 1 日の交通需要が把握できる。それらのうち、個人が所有する携帯電話位置情報を用いたモバイル空間統計(以下、MOSS)は速報性に優れ、多時点の観測が容易である。この利点を活かし、都市間純流動の季節変動や幹線交通機関の開業前後の純流動の分析²⁾などが進められている。

大規模な交通需要データが連続的に入手できるようになったことにより、新たな課題が生じている。すなわち、同一手法で計測された OD 需要の計測間隔の設定問題や、異なる手法で観測された OD 需要の異同判定問題である。ここで前者について、OD 需要に大きな異同がない場合は、調査をする価値が低いと考えると、結局この課題は、

OD 需要の異同を簡易に判定する手法があれば、解決の見込みが立つと思われる。

本研究では、集計 OD 表を比較する手法として、著者らが提案するナップサック問題に基づく数理モデルを用いる。同モデルを過去に収集された NPTS データに適用することで、経年的な流動変化の特徴を明らかにする。この検証により、また最新の純流動調査である 2015 年については、MOSS と 2015 年の NPTS を比較することで、両データの特徴の違いについても考察する。

2. 既往研究

本節では、主にモバイル空間統計を用いた既往研究について整理する。清家ら³⁾はモバイル空間統計を用いて、概ね 1~2 万人程度の都市内のコミュニティエリアを対象に、時間単位で滞在人口の推計を行った。MOSS による推計人口と、従来調査で公表されている人口とを比較して、MOSS の信頼性を検証し、都市内流動における MOSS の信頼性の高さを明らかにした。菊池ら⁴⁾は、2015 年の PT 調査結果から交通量を推定した。MOSS の観測値を用いた補正を行ったところ、PT 調査の実績値の再現性が向上した。

都市間流動に MOSS を活用した研究として、高橋ら⁵⁾や鈴木ら⁶⁾の研究があげられる。高橋ら⁴⁾は北海道新幹線の開業効果を明らかにするために、開業前後の来訪者の変化を考察した。MOSS を利用することで、平休日別、昼間、夜間別など細かな時間単位での分析が可能となった。課題として、個人属性の影響や来訪目的を考慮できなかったことを指摘した。鈴木ら⁵⁾は MOSS の課題であ

る旅行目的別の流動量を推計するために、NPTS の目的別宿泊先選択比率と MOSS の目的別宿泊先選択比率が等しいと仮定して、MOSS の全流動量と目的別流動量の和が等しくなるように旅行目的別の流動量を推計した。この研究では、MOSS からは膨大な得られる点を既存調査に対する利点としてあげ、既存の都市間交通調査と MOSS のようなビッグデータとを適切に融合することで、都市間流動の全体像把握できると述べている。

MOSS は、都市内流動では従来調査の補完、代替を目的として信頼性検証や補正方法の検討が行われている。一方で都市間流動においては、そのようなアプローチはあまり行われていない。

本研究では、集計 OD 表を比較する手法として、著者が提案するナップサック問題に基づく数理モデルを用いる。同モデルを過去に収集された NPTS データに適用することで、経年的な流動変化の特徴を明らかにする。この検証により、また最新の純流動調査である 2015 年については、MOSS と 2015 年の NPTS を比較することで、両データの特徴の違いについても考察する。

3. 基底挿入法

集計された OD 流動量を、従来調査で得られる共通部分と相違部分に分離する手法として、ナップサック問題を応用した数理問題を考える。

OD 流動量を N 行 1 列に並べた観測 OD ベクトル Z が、 N 行 K 列の既知の基底行列 W と K 行 1 列の未知重み U の積であらわされる基底ベクトルと、 N 行 1 列の剰余ベクトル A であらわされると考える。ここで W の各列は基底と呼ばれる既知ベクトルであり、 U 、 A の各成分はすべて正と仮定する。また定義より交通量 Z は正であり、 W の全成分も正とする。このとき変数間の関係は、以下のようにあらわされる。

$$Z = W \times U + A \quad (1)$$

式(1)を満たす解 U 、 A は無数にあるが、意味のある解として、基底ベクトルの最大化を考える。

そのような解は、 Z の全サンプル i について、 z_i を上回らない範囲で基底の最大の重み u_k を $\sum_k u_k$ の最大化によって求めるか、あるいは $\sum_i a_i$ の最小化によって求めることができる。ここで Z をより新しい OD 表か、あるいは MOSS データ、基底 W を過去の OD 表か、最も新しい OD 表と考えれば、上記の問題は、目標とする OD 表の中で、古い OD 表が占める基底成分を最大化する問題と考えることができる。この問題は、は次の制約条件(3)、

(4) を満足する非負値行列 U の要素を、式(2)の最大化問題の解として得ることを意味する。

$$\begin{aligned} & \max_u \sum_{k=1}^K u_k & (2) \\ \text{s.t.} & \sum_{k=1}^K (w_{ik} u_k) \leq z_i & (3) \\ & a_i \geq 0, \quad \forall i & (4) \\ & u_k \geq 0, \quad \forall k & (5) \end{aligned}$$

提案手法と Canh ら(2019)の手法の違いは、剰余ベクトル A の正値性にある。すなわち、Canh らの手法では、異なる調査データを行側に積み上げて配置した合成行列 X から、共通の基底を算出するために NMF を適用していた。しかし NMF は分解行列 W 、 H の各成分の正値性を保障するものの、 X の近似として得た WH と X の差である A の正値性は保証できない。これに対して提案手法は、 A の正値性をふまえて定式化したため、 Z に対して WU が占める割合を自然に算出できるという利点がある。

基底行列をどのように定義するかによって、この問題の性質は変わる。たとえば、MOSS を表現する基底としては、NPTS や国勢調査などが考えられ、どのような規定を用いるかによって、異なる解が得られる可能性がある。基底の選択の妥当性を比較するために、 Z の再現率 S を定義する。

$$S = \frac{\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K w_{ik} u_k}{\sum_{i=1}^I z_i} \quad (12)$$

4. データの概要

NPTS は、旅行中の旅行者に対してアンケートを配布、回収する調査形式である。本研究は NPTS の中から、ある都道府県 O に居住している人の、同一都道府県外 D を目的地とした旅行サンプルを分析対象とする。またサンプルを抽出する条件は、年齢を 15~79 歳まで、(ただしその不明者を除く)、旅行目的が仕事、観光あるいは私的とした。

MOSS は株式会社 NTT ドコモ(以下、ドコモ)契約者の携帯電話位置情報を随時収集し、携帯電話契約者の移動に関するデータを得る調査形式である。得られたサンプルは、契約者の個人属性が、契約者の居住地での国勢調査の個人属性構成と合致するように拡大処理される。本研究で用いた MOSS は人口流動統計と呼ばれるデータである。人口流動統計とは⁹⁾、ある 1 日の中で出発地から目的地へ何人移動したかを推計する統計である。移動人口の推計は、携帯電話の移動を特定条件によって 1 トリ

ップ(流動量が 1)と定義する。その定義とは、一定時間ごとに基地局に届く携帯電話の位置情報の変化から、基準となる距離をもとに移動と滞留を判定し、滞留から移動、さらに滞留へと切り替わることである。

第 6 回 NPTS は 2015 年秋に調査が実施されているため、2015 年 10 月 26 日から 30 日の 5 日間を MOSS のデータ作成期間とした。さらに得られたデータを、207 生活圏単位で、24 時間毎の流動量を 5 日間集計し、記録したデータからその平均を、1 日当たりの MOSS の純流動量とする。NPTS のサンプルと条件を一致させるため、居住地-目的地間の流動量を分析対象とする。

なお NPTS は都道府県を越える移動でも、通勤・通学目的は調査の対象外としている。一方 MOSS は移動目的を判別できないため、調査日に行われた全ての移動を記録する。そこで、2015 年の国勢調査によって公表されている、常在地別の従業地・通学地集計データを用いて、NPTS がカバーしていない通勤流動の特性を把握する。常在地から従業地への集計を 1 日当たりの居住地-目的地間の流動量とする。

NPTS と MOSS は、両調査の最も大きな違いと考えられる通勤・通学流動を国勢調査で補完したあとでも、調査形式、対象者、データ処理方法が異なることが理由で、流動量が異なる、目的地の選択比率が異なるなどの差異が存在する。日比野ら⁷⁾は複数主体による統計調査の調査結果の違いは、その違いの原因や、どのように補正し組み合わせるかといったことを明らかにすることを指摘した。提案モデルを用いることによって、日比野の指摘するデータ特性の違いを明らかにできる可能性がある。

5. 分析結果

分析結果は、当日報告する。

参考文献

- 1) 観光庁:旅行・観光消費動向調査, 2017
- 2) 清家剛, 三牧浩也, 原裕介, 小田原亨, 永田智大, 寺田雅之:まちづくり分野におけるモバイル空間統計の活用可能性に係る研究, 都市計画論文集, Vol.46, No.3, pp.451-456, 2011
- 3) 菊池雅彦, 岩館慶多, 羽藤英二, 茂木渉, 森尾淳:全国 PT 調査データと携帯電話基地局データを用いた地方都市での OD 表の実務的推計, 土木学会論文集 D3, Vol.74, No.5, pp.I_677-I_691, 2018
- 4) 高橋央亘, 浅田拓海, 有村幹治:北海道新幹線開業前後における函館エリア来訪者数の比較分析, 土木学会論文集 D3, Vol.74, No.5, pp.I_827-I_835, 2018
- 5) 鈴木新, 山口裕通, 福田大輔:データ融合による日別・旅行目的別都市間旅客流動量推計, 運輸政策研究, Vol.21, pp.48-59, 2019
- 6) 川上陸, Han-Dirk Schmocker:モバイル空間統計のデータ特性を考慮した OD 推計手法:京都観光地間流動におけるケーススタディ, 第 59 回土木計画学研究発表会・講演集, 114, 2019
- 7) 日比野直彦, 佐藤真理子, 森地茂:複数の観光統計の個票データ及び都市間交通データを用いた国内宿泊観光行動の時系列分析, 土木学会論文集 D3, Vol.69, No.5, pp.I_533-I_543, 2013

(Received September 30, 2020)

(Accepted ??????????, 2020)

FORMATTING JAPANESE MANUSCRIPT FOR JOURNALS OF JSCE

Makoto TSUKAI

Abstract