

人の流れによる時間帯別人口と購買確率の関係性についての研究

島崎 康信¹・関本 義秀²・柴崎 亮介³

¹非会員 株式会社パスコ (〒153-0043 東京都目黒区東山1-1-2)

E-mail: yiaksa9955@pasco.co.jp

²正会員 東京大学 空間情報科学研究センター (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5 総合研究棟)

E-mail: sekimoto@ccsis.u-tokyo.ac.jp

³正会員 東京大学 空間情報科学研究センター (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5 総合研究棟)

近年、防災・マーケティング・交通計画等の様々な局面で、人々の流動性の把握の必要性が高まってきている。人の流れに関するデータを用いたエリアマーケティングへの応用として、本稿では、人の流れの断面データである時間帯別人口と購買確率がどのような関係にあるのかをリニアミキシングモデルを用いて検討を行う。

時間帯別人口データには、東京都市圏交通協議会の平成10年度東京都市圏パーソントリップ調査を用い、東京大学 空間情報科学研究センターの動線解析プラットフォームを利用して集計を行う。購買結果のデータには、平成11年度商業統計1kmメッシュを用いる。

Key Words : *person flow, person trip survey, purchase probability, linear mixing mode*

1. はじめに

近年、防災・マーケティング・交通計画等の様々な局面で、「人の流れ」の把握の必要性が高まってきている。エリアマーケティングの分野でも、個人の位置情報や行動履歴を元に趣味・趣向を分析して、レコメンデーションを行うといった研究・活用が注目を浴びている。

ある通信キャリアは2009年11月に、携帯電話のGPS測位を定期的に行うことにより、ユーザーの現在位置・時間に連動した情報配信サービスを開始した。

近い将来には、駅の改札利用時刻や、携帯電話ユーザーの位置情報等のデータが、ユーザー自身の利便性向上のためだけでなく、動的な統計情報として流通するようになり、店舗立地・販売促進等のマーケティング活動も、大きく変化することが予想される。

しかし現状において、エリアマーケティングに利用されている主要な統計情報は、国勢調査・商業統計・事業所統計等の更新頻度が数年となるような静的な情報に負うところが大きく、人の流れを活用した動的情報の分析事例は少ない。PT調査データと統計データを比較した研究事例としては、国勢調査、交通センサスとの関係を比較検証した事例¹⁾や、滞在時間と商業統計との関係を研究した事例²⁾はある。

店舗立地・販売促進等のマーケティング活動を効率的に行うには、時間帯別人口や、平日・休日別人口の把握や、その購買確率の時間変化が有効であると考えられる。しかし、現時点において、そのような分析に有効であり、質的・量的に整理された統計情報を入手することは困難である。

そこで本稿では、東京都市圏交通協議会の平成10年度東京都市圏パーソントリップ（以下、PT）調査のマスターデータを使用し、東京大学 空間情報科学研究センターの動線解析プラットフォームを利用して、人の流れの断面データである時間帯別人口を集計した。この時間帯別人口に対して、その時間帯における購買確率をリニアミキシングモデルを用いて推定し、時間帯別人口と購買確率の関係性を分析する。購買結果データには、平成11年度商業統計調査の年間商品販売額1kmメッシュを用いる。この分析を通して、時間帯別人口等の動的な統計情報の有効性を検討していく。

2. 分析モデル

本稿で用いるリニアミキシングモデルの基本的な考え方は、リモートセンシング分野における衛星画像のピク

セル内の構成要素の割合を推定する方法と類似している。^{3) 4)}

任意の時間帯におけるメッシュの推定人口は、動線解析プラットフォームにより集計できるので、1人あたりの購買単価 t 、平日の日数 d 、購買確率 p を乗算し、全ての時間帯で加算すれば、購買結果である商品販売額になることをモデル化した。

各時間帯の推定人口 x_i について、購買確率 p は0から1の間で変化するので、購買確率 p を連続的に変化させ、その条件下における誤差金額 e を算出する。

また、平日の購買確率と休日の購買確率は大きく異なることが推測される。しかし、平成10年度東京都市圏PT調査では平日の1日間を調査対象としているので、動線解析プラットフォームで取得可能な時間帯別の推定人口も平日に限られる。このため、本モデルでは、商品販売額に平日の購買確率 b を乗じることとし、平日の購買確率 b も連続的に変化させるようにした。つまり、購買確率 p と平日の購買確率 b を同時に連続的に変化させ、その条件下における誤差金額 e の二乗が最小になる購買確率 p と平日の購買確率 b の値を本モデルの最適解として採用する。

また本稿では、商業統計と全国消費実態調査データの集計単位を合わせるため、1ヶ月あたりの商品販売額と購買単価に換算して分析を行った。

$$b \cdot r = \sum_{i=1}^n (p_i \cdot t \cdot d \cdot x_i) + e \quad (1a)$$

$$F = e^2 = \left(b \cdot r - \sum_{i=1}^n (p_i \cdot t \cdot d \cdot x_i) \right)^2 \quad (1b)$$

- b: 平日の購買確率 ($0 \leq b \leq 1$)
- r: 商業統計における1ヶ月当りの商品販売額[万円]
- i: 時間帯の種別 ($i=1,2,3 \dots$)
- p: 時間帯 i における購買確率 ($0 \leq p \leq 1$)
- t: 1人当りの購買単価[万円]
- d: 平日の日数 (20日を設定)
- x_i : 時間帯 i における推定人口 (生産年齢人口)
- e: 誤差金額[万円]

時間帯の種別 i を細かくしたり、推定人口 x_i を性別・年齢階級別の属性別にするすることで、より精度の高い分析が可能と考えられるが、同時に本モデルでの計算量が級数的に増加してしまう。そこで本稿では、時間帯については、店舗の営業時間を考慮して、10:30, 12:00, 13:30, 15:00, 16:30, 18:00, 19:30の7つの時間帯に絞込むことにする。また、推定人口を属性別に分類することはせず、15歳以上65歳未満の生産年齢人口を対象にした。

3. 動線解析プラットフォーム

災害事象への迅速な対応や、移動の円滑化による経済活性化等の人の位置情報に関するニーズが増加している背景を踏まえて、東京大学 空間情報科学研究センターでは、人の流れに関するデータの分析・応用研究を進めるため、「人の流れプロジェクト」を2008年に立ち上げた。そして、人の位置情報に関する非集計データを時空間内挿し、任意の時間における位置情報を推定する動線解析プラットフォームのサービスを2008年7月に開始した。⁵⁾

動線解析プラットフォームでは、データ処理を共通化したWebAPIが提供されている。道路や鉄道のネットワークや時刻表に合わせてマッチングや最短経路の推定等を行い、位置情報を緯度経度で取得可能な時空間データクリーニング用のAPIや、蓄積データの検索・提供用のAPIがある。

現在、平成10年東京都市圏(東京都市圏交通計画協議会)、平成18年道央都市圏(札幌市市民まちづくり局)、平成17年北部九州都市圏(九州地方整備局)、平成13年中京都市圏(中部地方整備局)、平成12年京阪神都市圏(近畿地方整備局)のパーソントリップ調査データの利用が可能である。

1人あたりの調査票ベースでは、居住地、通勤・通学地、経路駅等が得られているが、連続的な移動データが分かる訳ではないので、各トリップ単位の起終点に対して、最短経路ベースかつ、鉄道や道路ネットワークに沿った形で、1分間隔で時空間内挿している。具体的な処理フローは、図-1の通りである。⁶⁾

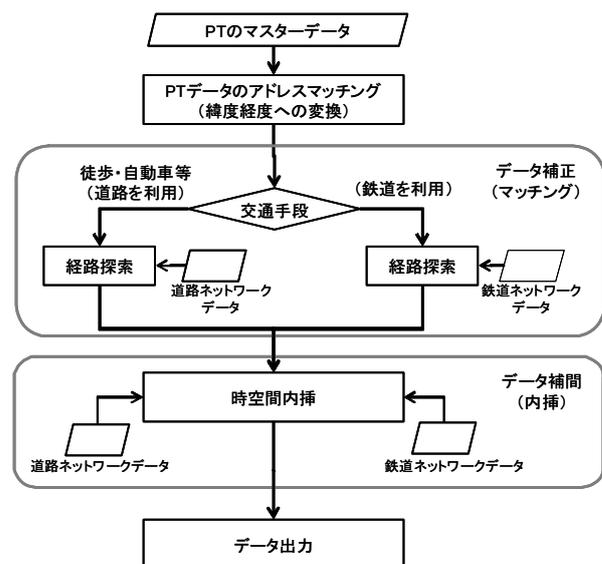


図-1: 動線解析プラットフォームを用いたパーソントリップ調査データの処理フロー

4. 分析データの処理

(1) パーソントリップ調査データ

平成10年東京都市圏PT調査データ（東京都市圏交通計画協議会）は、1998年10～12月の土・日・祭日及び月・金を除く平日の1日間を調査時点としている。都市圏全体の5歳以上の人口32,896,705人に対するPT調査の有効サンプル数は、883,044人なので、標本率は約2.68%となっている。

拡大係数について、別手法の提案もされているが⁷⁾、本稿においては、東京都市圏交通計画協議会の拡大係数⁸⁾を用いて全体人口を推定することにする。

動線解析プラットフォームによって、1分間隔で時空間内挿されたデータに対して、本稿では10:30, 12:00, 13:30, 15:00, 16:30, 18:00, 19:30の7つの時間帯のデータをWebAPIで取得し、生産年齢（15歳以上65歳未満）の人口を1kmメッシュで集計を行った。

(2) 商業統計調査データ

商業統計調査は、平成9年以降から5年毎に実施され、その中間年（本調査の2年後）に簡易調査が実施されている。本稿では、PT調査時点と最も近い平成11年商業統計調査データの年間商品販売額1kmメッシュを用いる。

商業統計調査のメッシュ集計データは、1メッシュ内の商店数が1または2の場合、年間商品販売額は秘匿される（単純秘匿）。また、秘匿された分類区分の数値が、他の未秘匿の数値から算出できる場合も、秘匿される（関連秘匿）。

本稿では、分析対象の品目を「書籍・文房具」とした。他の品目においても分析は可能であるが、本稿では性別・年齢階級別等の属性毎の詳細分析を行わない観点から性差・年齢差が出難いと思われる書籍を取上げた。

分析対象の1kmメッシュは、PT調査の時間帯別人口が7つの時間帯のいずれかが1人以上であり、商業統計で秘匿されていない東京都のエリアとした結果、657メッシュとなった。

(3) 全国消費実態調査データ

全国消費実態調査は、世帯を対象として、家計の収入・支出及び貯蓄・負債、耐久消費財、住宅・宅地などの家計資産を5年毎に調査している。本稿では、1世帯の支出を1人が代表して支出すると仮定して、1人当りの購買単価を設定した。

PT調査時点と最も近い平成11年全国消費実態調査において、3大都市圏平均の1世帯当りの「書籍・他の印刷物」の1ヶ月間の支出額は5,311円なので、1人当りの購買単価を5311円/月とした。

5. 結果と考察

本モデルで推定された書籍・文房具の平日の購買確率の地域分布を示したのが、図-2である。1ヶ月（30日間）の内、平日は20日と仮定したので、平日と休日の購買確率の差異が全くないと仮定すると、平日の購買確率は20/30（67%）となる。そのため図-2の中で、平日の購買確率が67%より高い地域は、平日の購買確率が高く、休日の購買確率が低い地域と推測できる。逆に、平日の購買確率が67%より低い地域は、平日の購買確率が低く、休日の購買確率が高い地域と推測できる。池袋駅、新宿東口近辺、渋谷駅等の休日の集客が多いと思われるメッシュでは、平日の購買確率が低く、休日の購買確率が高くなる傾向が読み取れる。また、休日に殆ど集客を見込めないような山手線内のオフィス街周辺では、平日の購買確率が高い傾向も読み取れる。

この事例のように平日のデータしか入手できない場合でも、平日と休日の購買確率の差異を推定できることは、本モデルの特徴である。しかし、平日と休日の購買確率の差異がそれほど大きくないと思われる郊外地域において、平日の購買確率が低いメッシュも見られ、推定値の詳細な検証が必要である。

図-3から図-9は、平日の各時間帯（10:30, 12:00, 13:30, 15:00, 16:30, 18:00, 19:30）における書籍・文房具の購買確率の推定値の地域分布である。全体的に、10:30, 12:00の購買確率が低く、15:00以降に購買確率が高くなっていく傾向が読み取れ、平日の購買行動をある程度表現していると思われる。また、精度検証はできていないが、同じ時間帯でも池袋駅、新宿東口近辺、渋谷駅を比較すると購買確率の差異が見られ、街の性格を表現できる可能性を示唆している。しかし、購買確率の入力パラメータを0%から0.1%刻みで変化させたこともあり、購買確率が0%と推定されたメッシュも多く出現し、入力パラメータの細かさの問題も示唆された。

6. まとめと留意点

本稿では、時間帯別人口と商業統計にリニアミキシングモデルを適用することで、平日の購買確率、時間帯別の購買確率を推定するモデルを提案した。

本モデルによって推定された平日の購買確率、時間帯別の購買確率は、消費者の常識的な感覚と合う部分も多くあり、モデルの有効性を感じることができた。

しかしながら、推定された購買確率の精度を検証するには、客観的な実測データとの比較が必要である。比較可能な実測データの入手や、アンケート等による検証を検討していきたい。



図-2：平日の購買確率[%]（書籍・文房具）



図-3：10:30時点における購買確率[%]（書籍・文房具）



図-5：13:30時点における購買確率[%]（書籍・文房具）



図-4：12:00時点における購買確率[%]（書籍・文房具）



図-6：15:00時点における購買確率[%]（書籍・文房具）



図-7：16:30時点における購買確率[%]（書籍・文房具）



図-8：18:00時点における購買確率[%]（書籍・文房具）



図-9：19:30時点における購買確率[%]（書籍・文房具）

謝辞：東京都圏交通計画協議会から平成10年東京都圏パーソントリップ調査データの動線解析プラットフォームでの使用許可を頂いた。ここに記して謝意を申し上げます。

参考文献

- 1) 関本義秀, 薄井智貴, 島崎康信, 南佳孝, 柴崎亮介：パーソントリップデータを用いた時空間内挿処理と様々な統計データとの比較検証, 土木計画学研究・講演集, Vol. 41 (CD-ROM), 2010.
- 2) 島崎康信, 関本義秀, 柴崎亮介, 秋山祐樹：人の流れから算出される滞在時間と商業統計の関係性についての研究, 第18回地理情報システム学会講演論文集, Vol. 18, pp. 239-242, 2009.
- 3) Shimabukuro Y.E. and Smith J.A.: The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 29, pp.16-20, 1991.
- 4) Holben B.N. and Shimabukuro Y.E.: Linear mixing model applied to coarse spatial resolution data from multispectral satellite sensors, International Journal of Remote Sensing, 14, pp2231-2240, 1993.
- 5) 東京大学空間情報科学研究センター：人の流れプロジェクト, <http://pflow.csis.u-tokyo.ac.jp>, 最終アクセス日：2011年5月6日
- 6) 関本義秀, 菊地英一, 佐藤圭一, 秋山祐樹：パーソントリップデータを活用した人の流れの時空間的な詳細化, 第28回交通工学研究発表会論文報告集, pp197-200, 2008.
- 7) 花岡 和聖：焼きなまし法を用いたパーソントリップ調査データの拡大補正法に関する研究, 都市計画論文集Vol.41, pp.91-96, 2006.
- 8) 東京都圏交通計画協議会：平成10年 東京都圏パーソントリップ調査（総合都市交通体系調査）報告書－実態調査編一, 第5章データの拡大処理, 2001

A STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PURCHASE PROBABILITY AND THE TIME SLOT POPULATION BASED ON PERSON FLOW

Yasunobu SHIMAZAKI, Yoshihide SEKIMOTO and Ryosuke SHIBASAKI

Recently, the need of person flow analysis arises in various aspects (situation) such as disaster prevention, marketing, traffic planning. In this paper, we investigated about the relationship between the time slot population and the purchase probability utilizing linear mixing model, for the application of area marketing based on person flow data.

Tokyo metropolitan person trip survey in 1998 was utilized as a time slot population data. Commercial statistics (1 km mesh) in 1999 was applied as data of actual purchase. Data was summarized utilizing the People Flow Analysis Platform (PFLOW-AP) of the University of Tokyo.