

移動データからのグループダイナミクスの分析

Group dynamics from railway trip data

浅谷 公威^{*1} 大知 正直^{*1} 森 純一郎^{*1} 坂田 一郎^{*1}
 Kimitake Asatani Masanao Ochi Junichiro Mori Ichiro Sakata

^{*1}東京大学工学系研究科技術経営戦略学専攻

Graduate School of Technology Management for Innovation, The University of Tokyo

Behavior of the human group is different from the sum of that of each individual. The purpose of this paper is to understand the group dynamics from the railway trip data of major metropolitan areas. The data contains large amount of daily and unsteady behavior such as commuting, shopping, sightseeing and so on. From the data, we extracted the groups composed of persons who move regularly at the same time, and observed the movement pattern of group. As a result, we found that group behavior differs according to the number of persons belonging to. 2-persons group travel many kind of place compared to 1 person, even though they take train in a relatively short time and do not transit frequently. However, as number of member increases, so the traveling distance and frequency of transit increase and the the diverse of destination increases. Additionally, the group behavior is differ from attributes of members (i.e. couple, friend). From these result, we conclude that group is cost-sensitive and prefers well-planned trips compared to individual. These result provide an indication for marketing of commercial facility and tourism policy.

1. はじめに

現在、Twitter、鉄道、携帯電話、不動産のデータなどの人間の移動データが蓄積されており、都市計画やマーケティングに活用されている。特に、観光地や商業施設へは多くが2人以上のグループで移動するため、グループの移動の特性の把握はその計画への重要なインプットとなる。本研究では、大都市圏の鉄道の移動データより2人以上のグループを抽出することでグループの行動パターンを明らかにする事である。

また、近年では孤独であることと生活の幸福度が逆の相関があることが様々な研究から裏付けられている [Helliwell 13]。また、世界的に見て日本人は孤独を感じてい人が多い(特に男性において)という調査結果もある [OECD 07]。大都市圏の生活に欠かせない鉄道の移動データは多くの人の生活の多くの部分を網羅しており、どのような人がグループで行動しやすいかを観察することは社会構造の理解の上でも重要な知見となりうる。

グループの行動は明示的な議論もしくは暗黙の了解のもとで決定され、そのメカニズムは複雑である。また、行動をとる相手の性質や人数によってグループの行動は異なる。本研究では移動という観点から、グループの人数やグループの構成員の性質(男女や年代)が行動に与える影響を考察する。

分析には、日本にある大都市圏の鉄道の移動データを使用した。その都市圏に住む人間は移動の多くの割合に鉄道を使っており、その移動履歴は多くの人間のインタラクションを含んでいる。その移動履歴から定期的に同時に移動するグループを抽出し、人間が2人以上のグループで移動するときの行動パターンを観察した。

2. 関連研究

複数の人間のインタラクションに着目した移動に関する先行研究として、男女間の分析や [Mottiar 04] などがあげられる。

連絡先: 氏名, 所属, 住所, 電話番号, Fax 番号, 電子メールアドレスなど

しかし、大量のデータから日常的ない行動は十分に分析されていない。

鉄道や携帯電話のGPSにより収集された移動データは、都市計画や行動予測などの目的で様々な分析に利用されている。その代表的なものとしてロンドンの鉄道の移動データから都市の複数中心性をもった構造を明らかにしたものや [Roth 11]、人の移動先を予測する研究 [Wang 15] も行われている。また、日本における鉄道の移動データを用いた様々な研究が行われている。 [Itoh 14, Yokoyama 14]。

3. データセット

日本の大都市圏の鉄道の乗り降りのデータを分析に利用した。この都市圏では多くの人が移動に鉄道を使っており、その多くの割合でICカードが移動に使われている。そのICカードのデータを収集し、2013年4月~2014年3月までの1年分のデータ(697万人の7億2800万件)を分析対象とした。このデータは事業者側によるデータの匿名化が行われており個人情報に復元できない状態となっている。また、そのデータの数割には10代刻みの年代及び男女の性別のラベルが付与されている。

4. グループの検出

移動データは697万人のデータを含んでおり、そこには約 24×10^{12} 通りの潜在的に可能な2人のグループが存在する。そのため、全ての組み合わせを詳細に観察することは計算量の限界がある。また、本研究ではグループの行動の観察が目的であるため、グループに検出漏れがあることよりも、検出したグループが確実にグループであることを重視した。

2人のグループの検出は、2人のグループは同じ駅で乗り同じ駅で降りるという行動を定期的に行っているという仮定に基づいて行った。しかし、たまたま同時刻に同じ駅で乗り同じ駅で降りるユーザーも存在する。例えば、特に朝の時刻の通勤客などである。そのようなユーザーを2人のグループとして検出しないために、異なる駅の組み合わせ(乗降の順は問わない)に

において同時刻同駅乗降の履歴があるユーザーを2人のグループとして検出した。具体的には、本研究では、ある2人の移動履歴を観察し、「同時刻かつ同駅からの乗車および乗降」が1年間に2種類以上ある場合を2人のグループであると認識した。

実験に用いたデータセットは分単位でユーザーの行動を記録している。計算時間の問題から、2人のグループの検出の際に分単位を同時刻とした。そのため、2人のグループが改札をくぐる際に分を跨いだ場合は2人のグループとして検出されない。しかし、同時に移動する人は概数秒以内に改札をくぐっていると考えられるため、そのようなロスは少ないと考えられる。

5. 結果

以上の検知手法によって延 35 万人のユーザーが定期的に移動をともしする相手がいると検知された。その 35 万人は他のユーザーよりも年間の移動回数が多いなど他のユーザーとは異なる特徴を持っているが、本研究では普段の行動とグループになった時の行動の差異を観察するため、その 35 万人のユーザーの行動のみを分析対象とした。

5.1 年代・性別別のグループ移動率

はじめに、年代や性別別に2人以上のグループで行動している割合を測定した。図1は、男女別年齢別の移動回数のうち、1人以上で移動している割合をプロットしたものである。

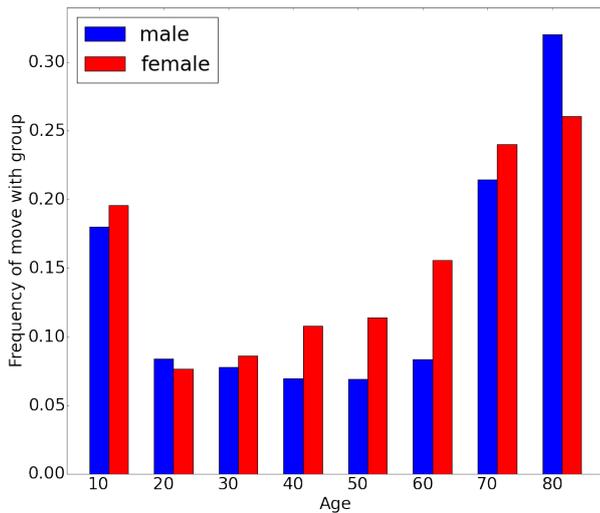


図 1: 年代別のグループ移動率

この図より、20代は男女ともに一人で移動することが最も多いが、女性では30代から男性では60代から年齢が増すに連れ定常的な相手と行動をともしすることが多いことが分かった。また10代は定常的に相手と行動をすることが多い。この結果は、多様な行動を行う20代では最も一人での移動が多く、仕事の移動が多い男性は30,40,50代でも一人での移動が多いという事実を反映していると考えられる。

5.2 移動時間と社局乗換頻度

検出した35万人のユーザーの各移動のうち、降車時に自身を含めたn名と同時に行動している移動を“n persons”の移動と定義した。また、“2 persons”の移動のうち同年代かつ異性と行動している集合を“2(couple)”とした。それらの集合別に移動時間および社局乗換頻度を図2にプロットした。対象とした都市圏では複数の社局が鉄道路線を運営しており、社局乗

換頻度それらの間をまたがった移動のことである。社局乗り換えには数分以上の徒歩の移動と、金銭的なコストが発生する。

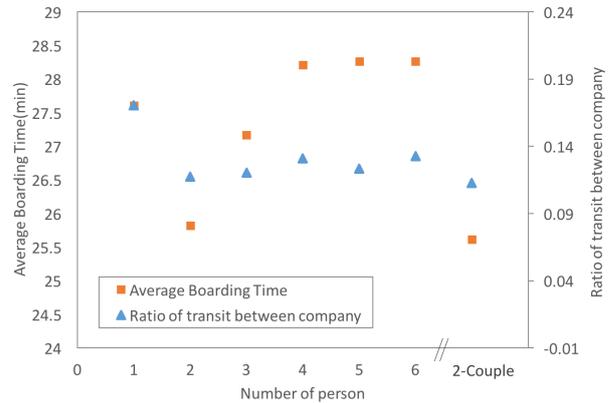


図 2: グループ別の移動時間と社局乗換頻度

図2より、2人での移動は1人での移動に比べ移動時間および社局乗換頻度ともに低い値となった。特に社局乗換頻度は低く、コストや時間のかかる“面倒”な行動は2人では避ける傾向があることが分かった。しかし、3,4...人と人数が増えるに連れ移動時間および社局乗換頻度の値は上昇している。このことより大人数での移動は目的ベースで決定されており、2人での移動に比べて程度の時間や費用のコストが行動に影響を与えないことが示唆される。また、図2の最右部の“2(couple)”では2人のグループ全体よりもさらに移動時間および社局乗換頻度ともに低い値となっている。このことより、同年代の男女のグループはコストの掛かる行動を忌避する傾向があることが示唆される。

5.3 移動パターンの分布

駅間の移動パターンを調べるため、1人および2人の移動のパターンの分布を調べた。移動経路(乗車駅・降車駅)の出現回数の頻度分布を図3にプロットした。x回の移動がある移動経路の全移動経路の中での出現頻度をyとし、xを横軸にyを縦軸にプロットしている。

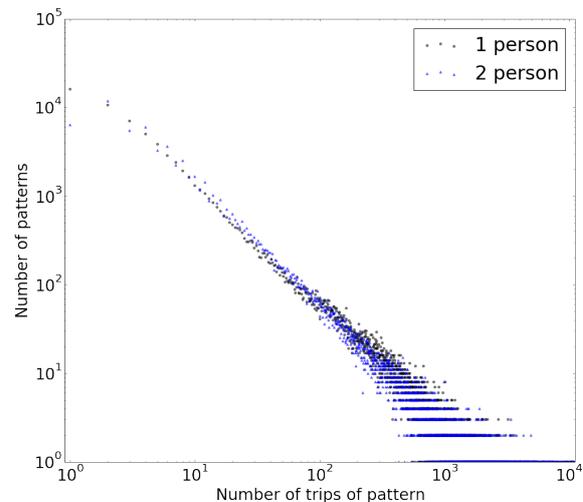


図 3: 移動パターンの頻度分布 (両対数)

両対数グラフである図3のプロットが直線となっているこ

とより、1人での移動および2人での移動パターンにべき乗則があることが分かった。このことは、移動が多い経路はさらに移動が多くなるというメカニズムで都市の機能が発展してきたと解釈できる。図3の右下部分で、多くの回数移動される移動経路の数が、一人での移動(黒の点)が2人での移動よりも多いことがみてとれる。つまり、一人での移動では移動回数の多い一部の移動経路に集中する傾向があるといえる。このように、1人と2人で移動パターンに差異があり、1人での移動ではある程度移動回数の多い一部の移動経路に集中する傾向があることが分かった。

さらに、駅別累積頻度分布を図4にプロットした。図4の横軸は駅を移動が多い順に並べたランクであり、縦軸は該当するランクまでの駅の乗降数の累積頻度を表している。

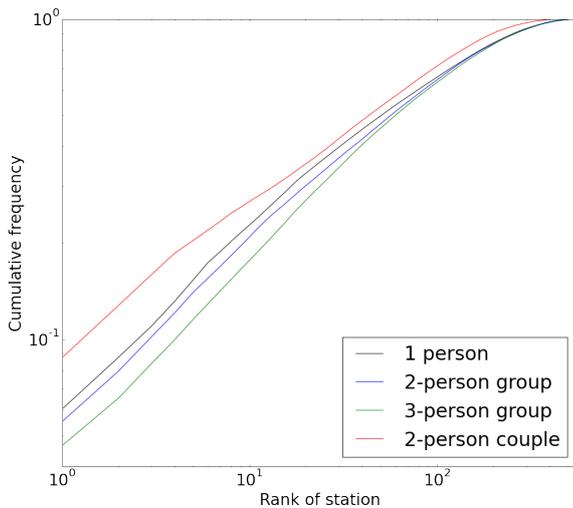


図4: 駅別累積頻度分布

図4の黒と青のラインより、1人の移動よりも2人の移動のほうが、移動数が多い特定の駅に移動が集中する傾向が低いことが分かる。従って、2人でのグループの移動は1人よりも移動先の駅の多様性が高いといえる。さらに、図4の緑のラインより、3人の移動はさらに移動先の多様性が高いことが分かる。しかし、同年代の男女2人の移動は特定の駅に集中することが分かった。

6. 考察

以上の分析の結果、2人のグループは短時間で移動し社局乗換頻度が低いものの多様な場所に移動し、3人以上になると長時間かつ多様な場所に移動していることが分かった。

この結果より、2人のグループは移動時間や乗換のコストを忌避する傾向にあるといえる。その一方で、2人のグループは多様な場所への移動を行っていることより、非日常性を求めていると推測される。これらのことより、2人のグループは近い距離に非日常性を求めて移動していると考えられる。しかし、同年代の男女2人のグループでは同じような駅に集中して移動することが分かった。一方で、3人以上になると移動先は多様になるが移動距離は長くなることより、彼らは”目的ベースで”に行動することで多少の移動時間や乗換コストも許容していると言える。

また、年代・男女別の観察では20代や30代は鉄道移動の多くを1人で移動しており、年代が増えるに連れて特に女性では顕著に複数人数での移動が増えることが分かった。このよ

うな傾向は現状の年齢別男女別の社会的な役割から理解することが可能である。

7. 結論

本研究では大都市圏の移動データを用いて、人がグループで移動するときのダイナミクスを観察した。その結果、グループの人数や構成員の性別などで移動のパターンが大きく異なることが分かった。具体的には、2人のグループは短時間で乗換頻度が低いものの多様な場所に移動し、3人以上のグループは乗換コストや移動時間がかかっても多様な場所に移動することが分かった。

以上の結果は、グループでの移動が多い観光地のマーケティングや商業施設の運営の知見となりうる。例えば、マーケティング対象の観光地や商業施設から遠い駅では3人以上での移動を促進する広告が有効であるし、近い駅では2人のグループを誘致することも比較的容易であるといえる。

今後の課題として、グループ検出の精度の向上があげられる。また、グループになる人々の普段の行動とグループになった行動との関係性を観察することにより、移動に関する人の意思決定プロセスを明らかにしていく予定である。

参考文献

- [Helliwell 13] Helliwell, J. F. and Huang, H.: Comparing the happiness effects of real and on-line friends, *PloS one*, Vol. 8, No. 9, p. e72754 (2013)
- [Itoh 14] Itoh, M., Yokoyama, D., Toyoda, M., Tomita, Y., Kawamura, S., and Kitsuregawa, M.: Visual fusion of mega-city big data: an application to traffic and tweets data analysis of metro passengers, in *Big Data (Big Data)*, 2014 *IEEE International Conference on*, pp. 431–440 (2014)
- [Mottiar 04] Mottiar, Z. and Quinn, D.: Couple dynamics in household tourism decision making: Women as the gatekeepers?, *Journal of Vacation Marketing*, Vol. 10, No. 2, pp. 149–160 (2004)
- [OECD 07] OECD, : WOMEN AND MEN IN OECD COUNTRIES, <<http://www.oecd.org/std/37962502.pdf>> (2007)
- [Roth 11] Roth, C., Kang, S. M., Batty, M., and Barthélemy, M.: Structure of urban movements: polycentric activity and entangled hierarchical flows, *PloS one*, Vol. 6, No. 1, p. e15923 (2011)
- [Wang 15] Wang, Y., Yuan, N. J., Lian, D., Xu, L., Xie, X., Chen, E., and Rui, Y.: Regularity and Conformity: Location Prediction Using Heterogeneous Mobility Data, in *Proceedings of the 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pp. 1275–1284 (2015)
- [Yokoyama 14] Yokoyama, D., Itoh, M., Toyoda, M., Tomita, Y., Kawamura, S., and Kitsuregawa, M.: A framework for large-scale train trip record analysis and its application to passengers' flow prediction after train accidents, in *Advances in Knowledge Discovery and Data Mining*, pp. 533–544, Springer (2014)