

パーソントリップデータを用いた移動モデルの構築と評価

町田 樹† 荒井 大輔†† 大岸 智彦†† 峰野 博史†††

† 静岡大学情報学部 †† 株式会社 KDDI 研究所 ††† 静岡大学情報学研究科

1 はじめに

スマートフォン等の急速な普及や無線通信機器の小型化、省電力化によって、様々なモノに通信機能を付与することで新たなサービスを創出する IoT (Internet of Things) や M2M (Machine to Machine) が注目されている。このような通信機能を保持した機器の増加が通信インフラにどのような影響を与えるかを分析し、過不足の無い設備投資をすることが、IoT や M2M 実現の課題の一つと言える。

本研究では、ネットワークシミュレーションを用いて通信インフラへの影響を調査するために必要な移動機器の移動モデル設定に関してパーソントリップ調査データ[1] (以降, PT データ) を用いる手法を提案する。本手法で得られたシミュレーション結果と他の統計データとを比較することで, PT データから作成した移動モデルの再現率の評価を行う。

2 関連研究

移動モデル構築に関して統計データを用いる手法が挙げられる。統計データの代表例として NTT DOCOMO の提供するモバイル空間統計[2]と東京都市圏交通計画協議会の提供する PT データがある。統計データはプライバシーなどの観点より個人が特定されないよう、空間的にある程度大きな粒度 (夜間人口が 15 千人を目安とするエリア) で作成されている。しかし, 移動機器 1 台当たりのトラフィック量の増大を背景に, 空間的に小さな基地局エリアを多数設置するのが一般的となりつつあるため, これらの統計データそのままでは十分な粒度のデータを得ることができず, 通信インフラの調査には活用できない。そこで本研究では PT データを用いて, 移動機器 1 台毎 (1 人毎) の移動を正確にシミュレートする移動モデルの作成を目的とする。

3 PT データを用いた移動モデル構築

3.1 PT データ

PT データとは「人の動き」を調べるために東京都市圏の約 2% (73 万人) に対して実施されたアンケートを集計したものである。PT データの粒度には小ゾーン (夜間人口が 15 千人を目安とするエリア) や計基 (小ゾーンを複数集めたエリア) などがある。PT データで扱われる単位 (トリップ) は出発地から目的地までの移動を示す。PT データには時間帯, 目的種類, 交通手段, 目的地それぞれをキーとしてトリップを集計したデータがある。本研究では PT データ (平成 20 年実施) の「c-2 ゾーン別目的種類別発着時間別発生集中量、計基」(以降, PT データ(a)), 「d-1 目的種類別代表交通手段別 OD 表、計基」(以降, PT データ(b)), 「c-1 ゾーン別目的種類別代表交通手段別発生集中量、小ゾーン」(以降, PT データ(c)) の 3 つのファイルを利用する。

3.2 移動モデル構築の概要

図 1 に移動モデル構築手順を示す。PT データ(b)は計基で集計されているため, 図 1 に示すように計基間の移動モデル構築後, 小ゾーンへ分配する構築方法を用いる。構築された移動モデルを用いることで出発地から目的地へ時間別, 交通手段別, 目的種類別に何人移動するのか算出可能となる。図 1 の詳細を 3.3~3.5 節で示す。

Modeling and Evaluation of Mobility Model Using Person Trip Data

Tatsuki Machida†, Daisuke Arai††, Tomohiko Ogishi†††
Hiroshi Mineno†††

† Faculty of Informatics, Shizuoka University

†† KDDI R&D Laboratories

††† Graduate school of Informatics, Shizuoka University

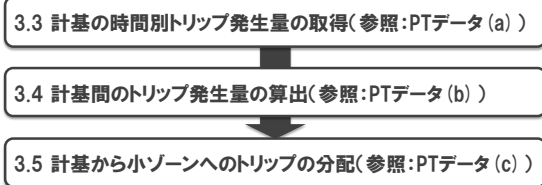


図 1 PT データを用いた移動モデル構築手順

3.3 計基の時間別トリップ発生量の取得

式(1)の被乗数となる計基の時間別目的種類別トリップ発生量 $T_{purpose}$ を PT データ(a)から取得する。表 1 に PT データ(a)の一例を示す。時間別目的種類別トリップ発生量 $T_{purpose}$ の例は表 1 の①となる。

3.4 計基間のトリップ発生量の算出

計基間のトリップ発生量の算出は式(1)を利用し, 計基間の時間別目的種類別交通手段別トリップ発生量 $Trip$ を算出する。式(1)では PT データ(b)より目的種類別のトリップ発生量 O_{sum} の内の目的地へ移動する交通手段別トリップ発生量 O の割合を求め, $T_{purpose}$ との積をとることで計基間の時間別目的種類別交通手段別トリップ発生量 $Trip$ を算出する。表 2 に PT データ(b)の一例を示す。目的種類別のトリップ発生量 O_{sum} の例は表 2 の②, 目的地への交通手段別トリップ発生量 O の例は表 2 の③となる。

$$Trip = T_{purpose} \times \frac{O}{O_{sum}} \quad (1)$$

3.5 計基から小ゾーンへのトリップの分配

計基から小ゾーンへのトリップの分配は式(2)を利用し, 小ゾーン間の時間別目的種類別交通手段別トリップ発生量 $Trip_{small}$ を算出する。式(2)では PT データ(c)より計基の目的種類別交通手段別発生量 P と小ゾーンの目的種類別交通手段別発生量 P_{small} を取得し, 小ゾーンごとのトリップ発生量の割合を求め, $Trip$ との積を取ることで小ゾーン間の目的種類別交通手段別トリップ発生量 $Trip_{small}$ を算出する。表 3 に PT データ(c)の一例を示す。計基の目的種類別交通手段別発生量 P の例は表 3 の④, 小ゾーンの目的種類別交通手段別発生量 P_{small} の例は表 3 の⑤となる。

$$Trip_{small} = Trip \times \frac{P_{small}}{P} \quad (2)$$

表 1 PT データ(a)の一例

地域	時刻	発生量(トリップ数)				計
		自宅-勤務	帰宅	私事	...	
:0411	7時台 ①	12,455	86	200	...	18,685
:0411	8時台	15,341	236	798	...	22,624
:	:	:	:	:	:	:

表 2 PT データ(b)の一例

目的種類	発ゾーン	着ゾーン	鉄道	徒歩	...	計
自宅-勤務	:0411	:0233 ③	1172	301	...	2244
自宅-勤務	:0411	:0234	304	233	...	669
:	:	:	:	:	:	:
自宅-勤務	:0411	:8888:全計	32582	2969	... ②	42188

表 3 PT データ(c)の一例

地域	目的種類	④鉄道	徒歩	...	計
:04110	自宅-勤務	13584	1197	...	17587
:04111	自宅-勤務	⑤9436	647	...	11522
:04112	自宅-勤務	9562	1125	...	13079

4 評価

4.1 実験内容

移動モデルに基づくシミュレーション結果と、PT データとは異なる統計データとを比較し、移動モデルの再現率（シミュレーション結果と異なる統計データとの一致率）を検証する。比較対象としてオープンデータである JR 各駅の 1 日分の平均乗車人数 [3] を利用する。JR の乗車人数は PT 調査が行われた年と同じ年の 2008 年の統計を利用する。PT データには、乗車人数の情報は含まれず、本提案モデルにより人の移動を計算し JR の乗車人数を求めた。この結果と JR が提供する平均乗車人数を比較することで、再現率を求める。

4.2 実験方法

3 章でモデル化した小ゾーン間のトリップ発生量から移動機器 1 台毎（1 人毎）の移動をシミュレーションする。図 2 にシミュレーション実施手順を示し、シミュレーションを行う中野エリアのイメージを図 3 に小金井エリアのイメージを図 4 に示す。シミュレーションを行う環境には交通シミュレータである Scenargie[4] を利用し、シミュレーションで扱う GIS データはオープンデータである Open Street Map[5] のデータを利用する。図 2 のシミュレーション実施手順について詳細を示す。(A)ではシミュレーションを行うエリアを決定し、図 3 のように PT データで定義されている小ゾーンに分割し、電車の時刻表を作成する。(B)ではエリア外へのトリップとエリア外からのトリップを再現するために、図 3 のように方向別にエリア外の発着点を作成する。(C)では出発地から目的地にいつ、どのように移動するか定義する行動設定ファイルを作成する。(D)では、小ゾーンから発着点までのトリップ発生量を集計する。まず 3 章で提案した手法を用いて出発地となる小ゾーンから他の各目的地となる小ゾーンへの発生量を算出する。次に出発する方向別の各小ゾーンへの発生量を足し合わせ、方向別のトリップ発生量 N を求める。(E)では移動機器 1 台毎のシミュレーションを行い、各駅の乗車人数を集計する。

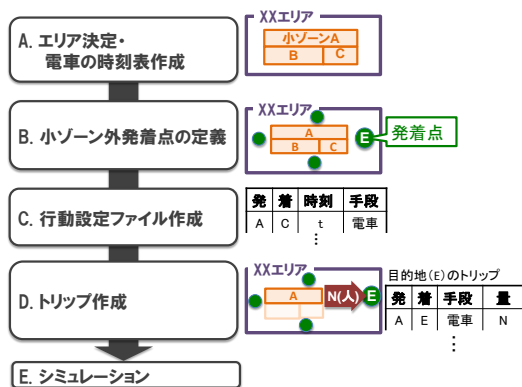


図 2 シミュレーション手順

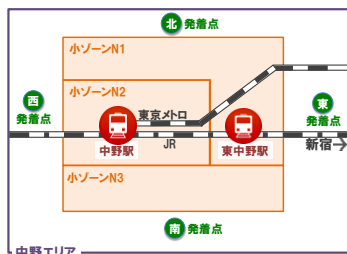


図 3 中野エリアのイメージ図

4.3 実験結果・考察

乗り換えの中継駅や観光地となる渋谷区と、隣接駅の少ない中野区と小金井市のシミュレーションを行った。シミュレーションを行った渋谷エリアのイメージを図 4、小金井エリアのイメージを図 5 に示す。表 4 に実際の JR 各駅の乗車人数とシミュレーションにより得られた JR 各駅の乗車人数と再現率を示し、JR と

PT データのエリア別の乗車人数を表 5 に示す。表 5 で示す JR 乗車人数は図 3~5 の各エリアに含まれる JR 各駅の乗車人数の合計、PT データの鉄道乗車人数はエリア内のすべての駅の乗車人数の合計を示す。

シミュレーションで得られた表 4 の結果では、東小金井駅で最大 82% の再現率を示すことができた。しかしシミュレーションにより得られた JR 各駅の乗車人数よりも実際の JR 乗車人数の方が大きな値を示している。このようになる原因は、表 5 に示すエリア別の PT データの鉄道乗車人数よりも JR 乗車人数の方が大きい値となっているためである。表 5 のようになる原因として、PT データには含まれない用事や買い物などの不定期なトリップの存在が考えられる。また、表 4 の結果において、シミュレーションの結果と JR 乗車人数との差がもっとも大きい（再現率の低い）JR 渋谷駅は、東京メトロなど、複数の沿線が隣接しており、乗換駅としての利用が、本提案モデルでは表現できていないことが、再現率が低くなった原因として考えられる。また、中野駅の再現率が低くなった原因の解析については、今後の課題である。本研究の移動モデルによる各駅の乗車人数が全体的に JR 乗車人数と比較して小さくなる点については、利用した PT データの精査や、提案モデルで再現できていない部分の検討も今後、必要である。今後の検討によっては、計算対象のエリアの一般的な特徴（例えば乗換えによる通過が多い）をモデル化の際に考慮する必要がある。一方、統計データから移動機器 1 台毎（1 人毎）の移動を計算可能とする本提案モデルは、IoT や M2M 実現の課題解決につながると思われる。

表 4 JR の鉄道駅乗車人数の比較

	渋谷	中野	東中野	武蔵小金井	東小金井
(R)実際のJR乗車人数	425317	124645	39920	55413	28337
(S)シミュレーションにより得られたJR乗車人数	223850	70532	25342	41230	23355
再現率(S)/(R) [%]	53	57	63	74	82

表 5 エリア別の鉄道乗車人数の比較

	渋谷エリア	中野エリア	小金井エリア
JR乗車人数	625317	164565	83750
PTデータの鉄道乗車人数	463316	107566	73966

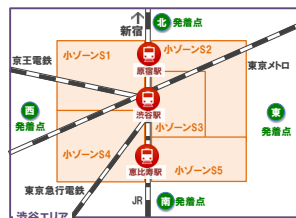


図 4 渋谷エリアのイメージ図

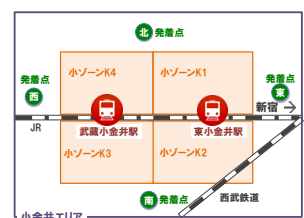


図 5 小金井エリアのイメージ図

5 おわりに

本研究では PT データを用いた移動モデル構築法を提案し、移動機器 1 台毎のシミュレーションにより得られた各駅での乗車人数を他の統計データと比較することで評価を行った。シミュレーション結果と実際の JR 乗車人数との比較では最大で 82% の再現率が確認できたが、PT データによるトリップの再現は実際のトリップよりも少なくなってしまうという課題が確認できた。

今後はトリップの再現率の課題を検討するとともに、提案した移動モデルを用いて交通シミュレーションとネットワークシミュレーションを行い通信インフラへの影響の調査やモバイルデータオフローディングの分析を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 東京都市圏交通計画協議会：“東京都市圏パーソントリップデータ-PT データの手引き-平成 24 年 6 月”
- [2] 岡島 一郎, ほか：“携帯電話ネットワークからの統計情報を活用した社会・産業の発展支援-モバイル空間統計の概要-,” NTT DOCOMO テクニカル・ジャーナル, Vol.20, No.3, pp.11-16, Oct. 2012
- [3] JR 東日本：各駅の乗車人員（2008 年度）：
<http://www.jreast.co.jp/passenger/2008.html> (2015/01/01)
- [4] Scenargie Simulator Home Page : <https://www.spacetime-eng.com/jp/> (2015/01/01)
- [5] Open Street Map Home Page : <https://www.openstreetmap.org> (2015/01/01)