

# 大規模移動データの可視化システム

上山智士・秋山祐樹・柴崎亮介

## Visualization System for Mass Trip Data

Satoshi UEYAMA, Yuki AKIYAMA and Ryosuke SHIBASAKI

**Abstract:** Widespread of mobiles with GPS accelerates accumulation of person flow data. This research utilizes "Mobmap", a visualization and analysis system for mass trip data to visualize how disasters affect people flow. In addition, we show an example of analysis in combination with static GIS data.

**Keywords:** 可視化(Visualization), GPS, 地図(Map/Mapping)

### 1. はじめに

GPS を搭載した携帯電話が普及したことにより、大人数の移動軌跡を記録および収集することは実際に容易となった。しかし、従来の静的な地物を扱う GIS では、こうした移動データを活用した分析は難しい。従来型 GIS で移動データを利用する場合、ある時点でのスナップショットを抜き出して分析することになり、時系列を追っての分析には限界がある。大規模移動データの持つ価値を引き出すためには、時系列を追ってデータを俯瞰し、有意な情報を発見するための仕組みが必要である。本研究では、この目的のために「Mobmap」と呼ばれるシステムを開発している。本論文では、この Mobmap を利用した人流の可視化例を紹介する。また、従来型の静的な地理情報と組み合わせた分析の事例も紹介する。

### 2. 研究目的と背景

#### 2.1 移動軌跡の分析に関する研究

GPS から取得した移動軌跡を分析する研究例としては、鈴木による観光客の行動に関する研究がある（鈴木, 2011）。鈴木は、被験者のレンタカーに設置した GPS ロガーから収集したログを解析し、観光客の行動を分析している。その結果、観光客がどの都市に滞在し、どの都市間での移動が多いかといった情報を抽出し、都市間で連携した観光戦略への活用を提言している。

Yu らは、GeoLife と呼ばれる登録型のログ分析サービスを開発している (Yu et al. (2008))。GeoLife では、個人が手持ちの GPS ログをシステムに登録するとログが分析され、ログの検索や分析結果の閲覧といった「個人的な情報」に関する機能を利用できる。また、多数のログから人気のある場所や渋滞の状況などを分析した「公開情報」も提供している。

#### 2.2 大規模移動データ分析のためのシステム

従来の GPS ログを利用した研究では、研究者が選定した被験者やシステムの利用登録者といった特定の集団から収集した GPS ログを利用しておらず、ある都市全体といった巨大な集団の分析について未開の領域である。こうした巨大な集団について

上山智士 〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

東京大学（柏キャンパス）総合研究棟 435

Phone: 04-7136-4307

E-mail: uym@csis.u-tokyo.ac.jp

分析する場合、まずは集団の行動を観察し、どの地域のどの時間帯についてどのような分析を行うか方針を決める必要がある。本研究の目的は、大規模な移動データを可視化・俯瞰し、その後の詳細な分析に必要なデータの出力までを行うシステム Mobmap を開発し、その有用性を示す事である。

### 3. 災害時の人流可視化

本章では、Mobmap による人流データ可視化についての概略を述べ、続いて実際のデータを可視化した例を紹介する。

#### 3.1 Mobmap による軌跡データ可視化の概要

Mobmap は、多数の軌跡データを入力して同時に描画する事により、移動物の「群衆」を可視化する機能を有する。Mobmap は、プリセット(Preset)と呼ばれるファイルから軌跡データの入力元、マーカーの描画方法、ベースマップの範囲および対象期間といった設定を読み込みこれに従い結果を生成する。可視化結果は、動画生成ツールに入力可能な連続した画像として出力される。

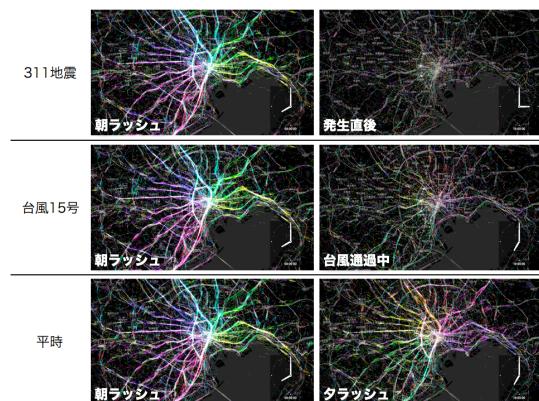


図-1 災害時の人流可視化結果

図1は、東北地方太平洋沖地震の当日(2011年3月11日)、台風15号の首都圏接近当日(同年9月21日)および災害等が無い平時(同年9月20日)それぞれの GPS ログ (株式会社ゼンリンデータコム「混

雑統計」より首都圏のデータを抽出)から生成した動画より代表的なフレームを抜き出したものである。次節ではこの詳細について述べる。

#### 3.2 灾害時の人流可視化結果

本節では図1に示した可視化結果について解説する。

- 朝ラッシュ時

朝ラッシュの様子は三日とも同様なのでまとめて説明する。朝ラッシュ時は、多くの人が電車で移動しているために、速い移動を表す長い尾が目立つ。尾の色に注目すると、都心の南側は北向きの移動を表す赤、西側は紫(東向き)、北側は水色(南向き)、東側は黄色(西向き)となっており、人々が都心に向かって移動している事が見て取れる。帰宅時間帯は当然この逆向きとなる事を留意されたい。

- タラッシュ時

平時のタラッシュでは、朝ラッシュ時と反対方向への流動が起きる。即ち、描画される尾の色は朝ラッシュ時の色相を反転させた状態となる。

- 地震発生直後

地震が発生すると列車が一斉に運行を停止するため、長い尾は消えて細かい点ばかりになる。夕方になると人々が歩いて郊外(平時のタラッシュと同じ方向)に移動している様子も見て取れた。

- 台風接近時

地震発生時とは違いくつかの路線は動いているが、やはり長い尾が減少し、運休している列車を見て取れる。

#### 4. 商圏の抽出

本章では、Mobmap を利用した分析の例として、商業施設がどの地域から客を呼び寄せているか、即ち商圏の抽出を紹介する。このようなデータを作成するための従来の手法としては、実際に対象地域でアンケートを採るという方法が典型的であるが、この方法では規模に限界がある。一方で移動軌跡から

機械的に抽出する方法であれば、広範囲で継続的にデータを作成可能である。

#### 4.1 抽出結果の概要

図 2 に抽出した商圈の例を示す。図 2 では、秋葉原駅南側の商業地区（図 3 に示す）を訪れたと思われる人の推定居住地がマゼンタ（赤紫色）の点で示されている。その他の青い点は、商業地区を訪問しなかった人の推定居住地である。図 2 からは、近隣の秋葉原や千葉方面から多く集客している様子が見て取れる。

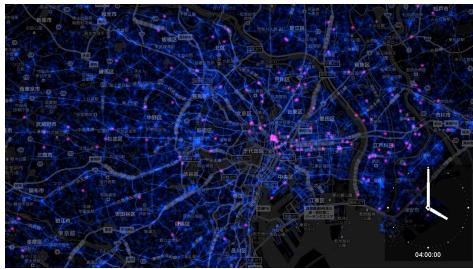


図-2 商圏抽出の結果



図-3 対象となる商業地区

#### 4.2 抽出処理

本研究では、ある商業地区に来訪した人々の居住地の分布を商圈としている。即ち商圈抽出とは、ある商業地区に滞在した人々を抽出し、それらの人々の居住地を推定することである。具体的には、軌跡データに含まれる各人について、商業集積統計が示す商業地区内に滞在しているかを判定する。ここで使用する商業集積統計とは、一定数以上の商店が集まり商店街を形成している地域を自動的に抽出したものである（秋山ほか, 2011; 秋山, 2011）。この処理を Mobmap により行う場合、図 4 のような流れ

となる。

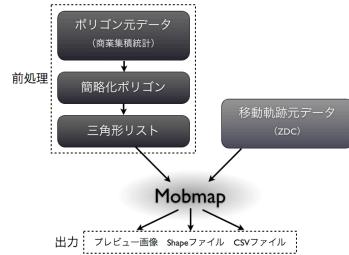


図-4 商圏抽出処理の流れ

まず、商業集積統計のデータを Mobmap に与える前にいくつかの前処理が必要であるため、これについて説明する。本研究においては、Mobmap の実装が複雑化することを防ぐため、事前にポリゴンを三角形の集合に分割し、三角形のリストを Mobmap に入力している。さらにこの前段階には、この三角形分割処理の失敗を防ぐために、ポリゴンの簡略化を行っている。

続いて、三角形の集合に分割した商業集積統計と軌跡データを Mobmap に入力し、商業地区を訪れた人々の抽出を行う。この処理の概要を図 5 に示す。

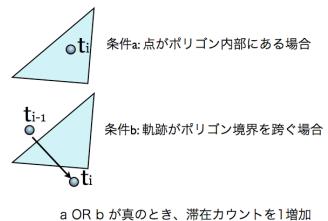


図-5 滞在判定処理

滞在判定処理では、まず人の位置を表す各点に「滞在カウント」を割り当て、これを 0 で初期化する。続いて一定の間隔で時刻を進めながら、点がポリゴンに包含されるか、あるいは移動の軌跡がポリゴンの境界と交差した場合に滞在カウントを 1 増加させる。対象期間を通じてこの処理を行い、滞在カウントが一定値以上であれば商業地区に滞在したと判定する。本研究では、時刻を進める間隔を

20秒、滞在カウントの閾値を9とした。この場合、180秒以上滞在すればその地区で買い物等をしたと判定する。

#### 4.3 自宅位置の推定

本節では、前節で抽出した人々の自宅位置を推定する処理について述べる。Mobmapは、他のツールでの加工や分析を行うために、図2に示した可視化画像に加えてCSVとShape形式でも集計結果を出力する。本節では出力されたCSVファイルを分析して自宅位置推定の妥当性について検証する。

自宅位置を推定する簡単な方法は、早朝であれば多くの人は自宅に居るであろうという仮定に基づき、午前4時時点の位置を採用する方法である。Mobmapには処理後に指定した時刻まで戻してから出力する機能があり、図2はこれをを利用して出したものである。この推定の妥当性を評価するために、同時出力されたCSVファイルを利用する。CSVファイルに出力された各点の位置からメッシュごとの密度を計算し、2005年の国勢調査メッシュデータと回帰分析を行う。即ち、国勢調査で人口密度が高い場所ほど推定自宅位置の密度も高くなっていることを期待する。尚、ここで使用したメッシュの大きさは1kmである。表1に結果を示す。

表-1 国勢調査との比較結果

	4時	12時	18時
相関係数 R	<b>0.9144</b>	0.5134	0.5238
決定係数 R^2	<b>0.8361</b>	0.2635	0.2743

期待通り、4時には他の時間帯(12時、18時)と比べ多くの人が家に滞在していることがわかる。軌跡データから4時時点の位置を抜き出して自宅位置として扱う事は妥当性があると言えよう。

#### 5. おわりに

本論文では、大量に蓄積されつつある移動軌跡デ

ータの活用例として、Mobmapによる可視化および分析の事例を紹介した。可視化によりデータの傾向を掴みつつ他のツールと連携した分析によって定量的な評価を行う事により、大量の軌跡データから迅速に有意な情報を引き出すことができる。今後は分析結果の精度を高める手法を開発し、それに対応した機能を実装することが必要であろう。

#### 謝辞

本研究は文部科学省のグリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス(GRENE)事業 環境情報分野「環境情報技術を用いたレジリエントな国土のデザイン」の一環として実施したものである。また本研究は株式会社ゼンリンとの共同研究によって実現した。GPSデータは株式会社ゼンリンデータコムよりご提供頂いた。ここに記して謝意を表したい。

#### 参考文献

- 鈴木恵二, 2011年, 「観光動向データの取得と分析 : はこだてまちナビとレンタカー観光のGPSログ解析」, 人工知能学会誌, 26(3), 248-255.
- Yu Zheng, Longhao Wang, Ruochi Zhang, Xing Xie and Wei-Ying Ma, 2008. GeoLife: Managing and Understanding Your Past Life over Maps. 9th International Conference on Mobile Data Management, 211-212.
- 秋山祐樹・仙石裕明・田村賢哉・柴崎亮介, 2011年, 「日本全土の商業統計ポリゴンデータの開発と商業集積地域ポリゴンデータの信頼性検証」, 第20回地理情報システム学会講演論文集(CD-ROM, F-2-3)
- 秋山祐樹, 2011年, 「商業集積統計の紹介」  
[http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/member/akiyama/ca\\_intro/ca\\_intro.html](http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/member/akiyama/ca_intro/ca_intro.html)