

# マップマッチングを用いた移動状況の可視化に基づく人流解析 Pedestrian Flow Analysis based on Visualization of Movement Situation with Map-Matching

三島 嵩晃<sup>\*1</sup>  
TakaakiMishima

山下 晃弘<sup>\*2</sup>  
AkihiroYamashita

松林 勝志<sup>\*2</sup>  
KatsushiMatsubayashi

山下 倫央<sup>\*3</sup>  
TomohisaYamashita

<sup>\*1</sup> 東京工業高等専門学校  
機械情報システム工学科  
Advanced Course of Mechanical and  
Computer Systems Engineering,  
National Institute of Technology,  
Tokyo College

<sup>\*2</sup> 東京工業高等専門学校  
情報工学科  
Department of Computer Science,  
National Institute of Technology,  
Tokyo College

<sup>\*3</sup> 産業技術総合研究所  
人工知能研究センター  
Artificial Intelligence Research Center,  
National Institute of Advanced Industrial  
Science and Technology

Travel behavior surveys using GPS data were frequently informed to analyze the dynamics such as car traffic flow and travel destinations. Naturally, the pedestrian traffic analysis at crowded area is also important. However, it is difficult to grasp the moving speed and traffic jam of pedestrian flow accurately because the GPS technology allows low-accuracy positioning due to the noise or the multipath propagation. In this study, we deal with the situation that the routes of the pedestrians were preliminarily restricted such as returning home route at huge outdoor events. In this situation, the moving distance from the start point and the wait time due to the traffic jam are most important to understand the dynamics. Therefore, we propose one-dimensional adsorption method by applying the map-matching techniques. Additionally, we address an evaluation and validation of the proposed method with the dataset of Kanmon-Kaikyo firework festival.

## 1. はじめに

近年、スマートフォンやハンディ GPS ロガーを用いた行動調査が数多く行われている。しかし、従来は、比較的広範囲の都市間の移動や都市内の観光地間の移動を対象とした研究が多い[森田 2013] [川瀬 2012] [長尾 2015]。一方、本研究ではそれよりも範囲の狭い 1km 四方程度の範囲内で、交通規制等により帰宅動線が限定されている状況の移動を扱う。この状況では、帰宅動線の進行方向に対して計測対象者がどこで減速しているか、出発地点からどの程度前進しているかが重要である。ただし、GPS の二次元の位置座標から直接的に移動距離を算出すると、帰宅動線の進行方向に対して垂直方向への移動も含むため、総移動距離は帰宅動線長よりも長くなり、計測対象者がどの程度前進していたかを正確に把握することができない。

この問題を踏まえて、本論文では車載された GPS によって得られた位置情報から通過した道路ネットワーク上の経路を特定するマップマッチングを応用する。ハンディ GPS ロガーで測定された二次元の座標データをマップマッチングによって、目的地に対する進行状況を示す一次元表現に変換することで、出発地点から目的地に対してどの程度進んでいるかを把握することが容易となる。

本手法を用いた分析の対象として、関門海峡花火大会の打ち上げ終了後に、門司港会場から最寄り駅である JR 門司港駅まで徒歩で移動する来場者の移動を取り上げる。三つの帰宅動線における移動状況の推移に着目し、花火大会運営者によって行われた群集流動制御の影響を明らかにする。

## 2. マップマッチングの適用

GPS ロガーを用いて収集した緯度経度で表される二次元の位置情報を、あらかじめ定められた基準動線上の計測開始位置からの距離で表す一次元表現へ変換する。

図 1 に示されるように、基準動線をノードとリンクからなるネット

ワークとして表現する。GPS トラッキングデータの示す点を最も距離に近いリンクに対応させる。この点から基準動線上に引いた垂線と基準動線の交点が一次元表現に変換された位置となる。また、この点の位置は、基準動線上の出発地点からの距離で表される。

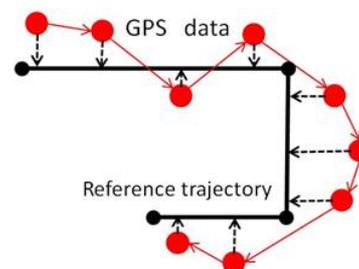


図 1 GPS データの基準動線を用いた一次元表現への変換

## 3. 実データへの適用

### 3.1 分析対象のデータ

本研究では、2015 年 8 月 13 日に開催された第 28 回関門海峡花火大会 門司側会場から帰宅する際の人の流れを測定したデータを分析の対象とする。花火大会では 19:50 から花火の打ち上げが始まり、20:40 に打ち上げ終了する。

収集した GPS トラッキングデータは、計測員が指定の開始位置から JR 門司港駅までのいずれかの帰宅動線を移動した時に、ハンディ GPS ロガーが緯度経度を 1 秒毎に記録したデータである。計測員が移動する帰宅動線の概要を図 2 に示す。計測員は 19:00 から 22:30 まで 15 分おきに指定の開始位置から出発する。移動中は周囲の来場者の動きに合わせて、無理な追い越しをせずに、目的地である JR 門司港駅に向かう。

### 3.2 適用結果

各帰宅動線を移動する GPS トラッキングデータに対して、基準動線を用いて一次元表現への変換をおこなう。利用する基準動線は当日の交通規制を踏まえて手動で設定した。毎秒の移

連絡先: 三島嵩晃, 東京工業高等専門学校機械情報システム工学科, 東京都八王子市栞田町 1220-2, 042-668-5111, mishima93\_tnct@yahoo.co.jp

動開始位置からの距離を計測員の位置情報とする。さらに、移動開始位置から目的地までの基準動線を長さ 10m のセグメントに分割して、各セグメントに滞在した時間を算出する。



図 2 関門海峡花火大会 門司側会場から JR 門司港駅への帰宅動線

図 3, 4 では GPS トラッキングデータから算出した各セグメントへの滞在時間を表すグラフを示している。これらのグラフにおいて横軸はセグメントの移動開始位置からの距離、縦軸はセグメントへの滞在時間である。

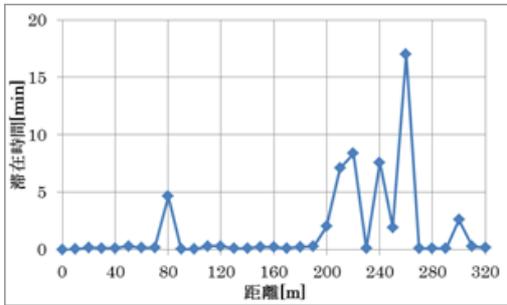


図 3 帰宅動線1を通過した計測員の各セグメントへの滞在時間 (19:00 移動開始)

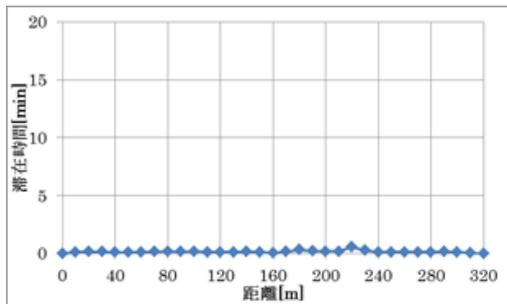


図 4 帰宅動線1を通過した計測員の各セグメントへの滞在時間 (21:00 移動開始)

図 3 は、計測員が 19:00 に開始位置から出発して帰宅動線 1 を通って門司港駅に到着するまでの 411 秒間の移動における各セグメントへの滞在時間を示している。JR 門司港駅付近にある目的地から出発地点から 220m の地点のセグメントに 35 秒間滞在しているが、その他のセグメントを 10 秒程度で通過している。このことから、周囲の混雑や警備会社が実施する推進帯による交通規制等の影響を受けていないことが分かる。

図 4 は、計測員が 21:00 に出発して帰宅動線1を通る 3,322 秒間の移動における各セグメントへの滞在時間を示している。出発地点から 200m-260m にある 7 つのセグメントに計 45 分滞在していたことから、JR 門司港駅付近で交通規制により留められていたことが分かる。

図 5 は、GPS トラッキングデータから算出した各セグメントへの滞在時間を、時間帯ごとに平均化し、各セグメントへの平均滞在時間として示したグラフである。これらのグラフにおいて横軸はセグメントの移動開始位置からの距離、縦軸はセグメントの滞在時間である。

図 5 の 3 つのグラフはそれぞれ、動線 1、動線 2、動線 3 のデータであり、各グラフにおいて、計測員が 19:00 台、20:00 台、21:00 台、22:00 台に出発した場合の平均滞在時間を示している。この図より、どの動線においてもゴール地点である門司港駅周辺で混雑が発生していることが読み取れる。これは、JR 門司港駅への入場規制のオペレーションが重要であることを示している。つまり、どの帰宅動線の来場者をどの程度駅に入場させるか、というオペレーションが所要時間の格差を生み出す可能性がある。各帰宅動線の通過人数やそれまでの待ち時間を考慮して、駅への入場の順序を決める必要がある。

図 5 の第 3 動線のグラフによれば、19:00 台では目立った混雑は発生しておらず、どのセグメントでも長時間の滞在はない。この時間帯は、目立った混雑はなく、交通規制等は実施されていなかったが、そのことがグラフからも読み取れる。一方で、花火大会終了直後の 21:00 台では JR 門司港駅付近で停止と移動を繰り返していることがグラフから読み取れる。この時間帯は、警備会社によって、推進帯による交通規制が実施されており、その影響をグラフからも読み取ることができる。

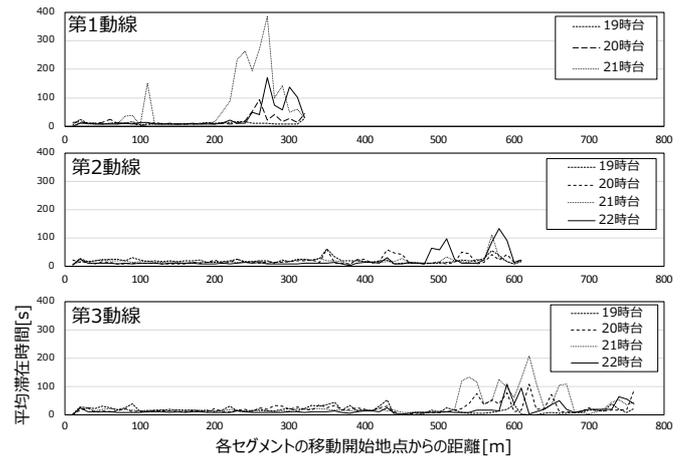


図 5 各帰宅動線上のセグメントにおける時間帯別平均滞在時間

#### 4. まとめ

本稿では、ハンディ GPS ロガーで測定された二次元の座標データをマップマッチングによって、目的地に対する進行状況を示す一次元表現に変換する手法を提案した。関門海峡花火大会 門司港会場から帰宅する人の流れを対象として測定した GPS トラッキングデータに適用して、帰宅動線上の挙動を分析した事例を示し、移動状況を確認した。

#### 参考文献

[森田 2013] 森田匡俊, 他: GPS データを用いた小学生の集団津波避難行動の分析, 愛知工業大学地域防災研究センター 年次報告, Vol.10, pp.34-38, 2013.  
 [川瀬 2012] 川瀬純也, 他: GPS ログを用いた観光行動推定方法の改善, 第 21 回地理情報システム学会学術研究発表大会 予稿集, 2012.  
 [長尾 2015] 長尾光悦, 他: GPS ログからの周遊型観光行動情報の抽出, 情報処理学会研究報告 知能と複雑系 (ICS), No.78, pp.23-28, 2005.