

# おもてなしのための足取りパターンによるユーザの歩行状態の推定 Estimating Traveler Status from Gait Pattern to Provide Proactive Hospitality

植村 喜弘†  
Yoshihiro Uemura

梶原 祐輔†  
Yusuke Kajiwara

島川 博光†  
Hiromitsu Shimakawa

## 1. はじめに

近年、おもてなしが注目されている。2009年の顧客に企業に対するロイヤリティに影響を与えるものを尋ねたアンケートでは、価格や品質を下げ、顧客サービスがもっとも重要視されている [1]。おもてなしとは、顧客が求めていることを求められる前に提供することである。しかしコストの面からおもてなしが提供されていない場合は多々ある。本稿では、おもてなし提供のために必要な複数の状態を定義し、足取りからそれらを把握するための手法を提案する。

## 2. 研究背景

### 2.1 おもてなしの現状とその問題点

タクシーでは、乗客が荷物を持っているさい、乗務員が預かりトランクへ入れる。一流ホテルでは、宿泊客の出身地に合わせて部屋の温度を調節する。このようなおもてなしは、事前に顧客の状態を把握することで実現されているが、実現場所は限られている。これは利用者に対するおもてなし要員の配置に多大なコストがかかるからである。したがって、低コストで顧客の状態を正確に把握するシステムが必要である。

### 2.2 既存研究と問題点

本稿では、おもてなしに必要な5種のユーザ状態として、荷物保持状態・疲労状態・不安状態・注目状態・急ぎ状態を考える。ここでは、このユーザ状態のうち、荷物所持及び疲労状態についての既存研究とその問題点を挙げる。池田らは、Laser Range Finder(以下、LRF)を複数設置して、人や荷物を3次元データ化し、複数の荷物を識別した [2]。米川らは、靴の中敷きに圧力センサを設置して、圧力変化から歩行時の疲労状態を検知している [3]。しかしこれらのセンサはユーザ状態に対する識別能力が低い。また、LRFは高額でコストパフォーマンスが悪い。したがって、低コストで複数のユーザ状態を正確に把握するシステムが必要である。

## 3. RFID を用いたユーザの状態推定手法

### 3.1 提案手法概要

本稿では、おもてなし提供の前段階として、足取りからおもてなし提供に必要なユーザの状態を推定する手法を提案する。2.2節で定義したユーザ状態のうち荷物保持状態・疲労状態に着目する。また、ユーザ状態推定手法の全体像を図1に示す。足の着地位置及びその時刻を入力とし、特徴量として3.4節で計算法を示す6次元の足取りベクトルを取得する。個々のユーザに対してこの足取りベクトルを学習する。識別するさいは、学習した情報をもとにユーザ状態を推定する。

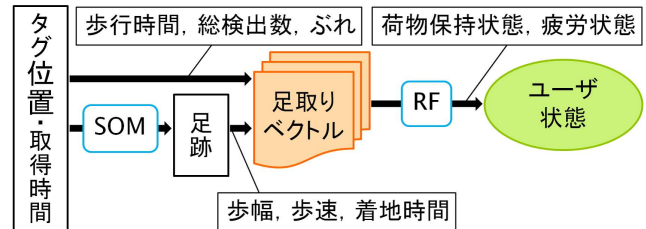


図 1: ユーザ状態推定手法の全体像



図 2: 床面に敷き詰められたタグ及びリーダ装着状況

### 3.2 RFID を用いた着地位置の検出

足の着地位置の検出に安価で配置の容易な RFID を用いる。RFIDとはリーダと固有 ID を持つタグによる近距離無線技術である。RFID を用いた位置検出は広く行われている。本手法では、図2のように床面に縦横ともに 50 mm ごとにタグを敷き詰め、ユーザの足部にリーダを装着して歩行する。このときリーダから検出されたタグの固有 ID を座標化し、これを位置データとする。また、この位置データが取得された時刻を時間データとする。

### 3.3 取得データのクラスタリング

リーダがタグに接近する方向によっては、一步の移動において複数のタグが読み込まれる。よって、一步ごとに位置データ・時間データは複数取得されてしまう。そのため、Self Organizing Maps(以下、SOM)を用いて、一步ごとのデータにクラスタリングする。SOMは入力データに応じて自動的にクラスタ数を決定するので、今回のような何歩歩いたか分からない場合であっても、クラスタリングが可能である。図3のような、SOMにより生成されたクラスタを足取りクラスタとする。

### 3.4 足取りの特徴量取得

一定区間内の位置データ・時間データから歩行時間・タグ総検出数・ぶれを算出する。歩行時間は時間データの最大値と最小値の差である。タグ総検出数は位置データの総数である。ぶれは進行方向における左右の移動を標準偏差で表したものである。また、足取りクラスタから歩幅・歩速・着地時間を算出する。歩幅は隣り合う足

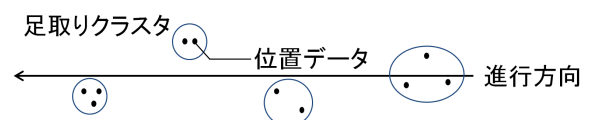


図 3: 足取りクラスタの検出

†立命館大学情報理工学部

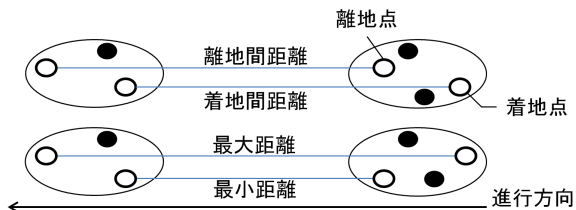


図 4: 最大距離及び最小距離

取りクラスタに対してクラスタ中心間距離と次に挙げる 4 つの距離を定義した。足取りクラスタ内で最小・最大の時間データを持つものを着地点・離地点とする。図 4 に示すように、着地点同士の距離を着地点間距離、離地点同士の距離を離地間距離とする。また、隣り合う足取りクラスタに対して着地点・離地点間の距離の最大値を最大距離、最小値を最小距離とする。

歩速は算出した歩幅のうち、クラスタ中心間距離・着地間距離・離地間距離を対応する歩行時間で除算して算出する。着地時間は 1 クラスタ内の最大の時間データから最小の時間データを減算して算出する。以上の歩行時間・タグ総検出数・ぶれ・歩幅・歩速・着地時間を足取りベクトルと定義する。

### 3.5 足取りの学習及び識別

今回は足取りベクトルを Random Forest(以下、RF)を用いて学習、識別する。RF は樹木モデルを用いた集団学習手法で、説明変数が複数ある場合の解析に向いている。今回は 3.4 節で挙げた足取りベクトルを学習する。以降はこれを新しく得られた足取りベクトルと比較し、ユーザ状態を推定する。

## 4. ユーザ状態推定のための実験

歩行時の足取りの乱れによる、荷物所持状態及び疲労状態の推定を目的とし、実験した。被験者は運動習慣の無い 20 代男性 1 名。床面にタグを敷設して被験者の足部にリーダを装着し、USB ケーブルで計算機へ接続した。歩行区間は 10.0 m とし、前後 2.0 m を除く 6.0 m をタグ検出区間とした。以下の動作の各 10 回ずつを 1 周期とし、連続して 10 周期のデータを取得した。

- 荷物無し
- 両手に手荷物を 2.5kg ずつ、合計 5.0kg
- 荷物 5.0kg の入ったバックパックを背負う
- 両手に手荷物を 5.0kg ずつ、合計 10.0kg
- 荷物 10.0kg の入ったバックパックを背負う

加えて被験者は疲労を監督者へ伝えるように指示した。

### 4.1 荷物所持状態及び疲労状態の推定

入力データを 10 群に分割し、うち 9 群をトレーニングデータ、1 群をテストデータとして RF を用いて 10-fold Cross-validation する。その結果から算出する F 値で評価する。今回 RF において、荷物所持状態はぶれ及び歩幅、疲労状態は歩行時間以外の足取りベクトルを説明変数とした。これは表 1 に示す変数重要度を考慮しながら、複数回識別した結果に基づいている。荷物保持状態において F 値の平均を表 2 に示す。すべての動作に対し 1 ~ 100 回目を入力データとした場合、大半が荷物有に識別された。荷物無しの場合ともっとも運びづらい手荷物

表 1: 変数重要度上位 3 種

	荷物所持状態		
	最大距離	ぶれ	着地間距離
変数重要度	1.0667158	1.0603482	0.8589406
	疲労状態		
	中心間歩速	離地間歩速	着地間歩速
変数重要度	57.441105	40.594383	31.193727

表 2: 荷物所持状態識別結果

	全ての荷物	手荷物 10kg	手荷物 10kg
	1~100 回目	1~100 回目	1~10 回目
荷物無	0.114493	0.568594	0.809524
荷物有	0.876723	0.581198	0.789474

10kg を持っている場合に対し、1~100 回目を入力データとすると有意な結果を得られなかった。しかし、上記と同じ 2 種に対し、疲労の影響が少ない 1~10 回目を入力データとした場合、荷物の有無を識別できた。

疲労状態においては、被験者が疲労を訴えた 40 回目以前と 40 回目以降で識別した。右足では非疲労状態・疲労状態の F 値はそれぞれ 0.893401・0.930693 で、左足では 0.846154・0.901639 となった。これにより疲労状態を識別できていることが分かる。

### 4.2 考察

RF において入力に用いた足取りベクトルの数より、定義した足取りベクトルでは疲労状態が荷物保持状態より大きく表れていると言える。また、荷物保持状態の結果を比較すると、疲労の影響が少ないと考えられる 1~10 回目のみ識別できている。したがって、疲労が少ない場合はぶれ及び歩幅によりユーザの持ちにくいと感じる荷物保持状態を推定可能である。また、両手に同じ重さの荷物を持ったため、比較的バランスが取れ、識別が難しかったと考えられる。疲労において、変数重要度より歩速がもっともよく疲労を表している。また、識別結果より片足のみでの識別が可能であると考えられる。

## 5. おわりに

本稿では、おもてなし実現のためのユーザ状態のうち荷物所持状態・疲労状態を足取りから識別できるかを実験、評価した。実験では歩調とそれぞれの状態において関係性があることが分かった。今後は他のユーザ状態の推定方法を考察するとともに、おもてなしが必要な場面をより詳細化し、それに合った実験・検証を行う。

## 参考文献

- [1] 田中達雄:「おもてなし」の IT 革命, 東洋経済新報社, 2010
- [2] Tetsushi Ikeda, Yoshihiro Chigodo, Fumio Kishino, et al.: A Method to Recognize 3D Shapes of Moving Targets based on Integration of Inclined 2D Range Scans, IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2011, pp1237-1240.
- [3] Kenji Yonezawa, Takuro Yonezawa, Jin Nakazawa, et al.: FASH: Detecting Tiredness of Walking People Using Pressure Sensors, Mobile and Ubiquitous Systems: Networking & Services, 2009, pp1-6.