

# センサからの行動ログを用いた訪問場所の推定

池田 彩乃      藤田 悟

法政大学情報科学部デジタルメディア学科

## 1. まえがき

近年、センサを利用したライフログと呼ばれるサービスが普及し始めている。ライフログのサービスを利用すると、例えば、位置情報から一日の運動の様子を知り、生活習慣の見直しをすることや、音楽再生記録や web 閲覧履歴からユーザの嗜好を分析し、情報の推薦を受けることができるようになる。現在ライフログとして普及しているサービスでは、GPS を使用した位置情報の記録や、「歩く」「走る」「電車に乗っている」等の基本的な生活行動を記録するものが主流である。しかし、行動の意味的側面を記録するサービスはほとんど知られていない。本研究では、ユーザの基本動作や位置情報の記録に加えて、行動が行われる場所や行動の対象といった意味的なコンテキスト情報の記録に取り組む。コンテキスト情報とは、ユーザを取り巻く環境を示す情報である。例えば、同じ「買い物をする」という行動であっても場所が違う場合は行動の意味合いが変わってくる。

## 2. 行動場所推定手法の提案

本研究では、携帯端末の加速度センサを使用して、基本動作が行われた場所を推定する手法を提案する。本論で定義する「場所」とは、GPS 等の位置情報とは異なり、「スーパーマーケット」の様な場所の種類であるとする。

場所推定には、場所毎に表れる特徴的な行動を利用する。行動を記録した加速度データからテスト時の行動の頻度を調べ、事前情報を参考に行動場所の推定を行う。

識別対象とする場所は、ショッピングモールでよく見られる店舗の種類を考慮し、「スーパーマーケット」「書店」「洋服店」「コンビニエンスストア」の4箇所とした。基準データで取得する識別対象とする行動は、それぞれの場所で発生する可能性の高い行動を考慮し、「歩く」「立っている」「カート」「扉を開ける」「棚から物を取る(上)」「棚から物を取る(中)」「棚から物を取る(下)」「ページをめくる」「服を広げる」「掛かっている服をずらして見る」の10種類とした。

### 2.1. DTW を拡張した行動推定

提案手法では、単一行動を認識する手法としてDTW(ダイナミックタイムワーピング, Dynamic Time Warping)距離を採用した。DTW は、動的計画法を用いて時間軸方向にデータ長を変化させながら、2つのデータ系列間の距離を最小化するアルゴリズムである。図1のように、比較したい2つのデータ系列を横軸と縦軸に並べ、各点の距離を順に計算して距離行列を求める。セル  $f(i, j)$  の距離の差を  $d(x_i, y_j)$  とすると、セル  $f(i, j)$  の値は式(1)で表現できる。

$$f(i, j) = d(x_i, y_j) + \min \begin{cases} f(i-1, j) \\ f(i, j-1) \\ f(i-1, j-1) \end{cases} \quad (1)$$

出田らはDTWを用いてジェスチャの認識を行った[1]。本方式では、比較したいデータの開始点が明確でないため、DTWをさらに拡張する必要がある。すなわち、始点が定

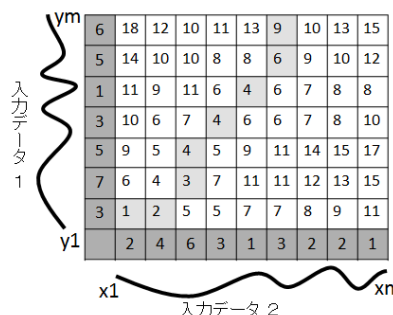


図1 DTWの距離行列。

まらないデータを基準データとDTW法を用いてマッチングさせ、最適マッチングポイントが見つかった後に、今度はその右上の点から左下に向かって逆方向のDTWを行う。このときに、最適マッチングポイントが開始点より右方向に現れた場合はこのDTW距離は最初に見つかったDTW距離よりも短くなる。以下、このDTWを拡張した方法による距離を拡張DTW距離と呼ぶ。

次に、このDTWの結果を用いて行動を決定する方法について説明する。まず行動  $i$  を  $act_i$  と定義する。次に  $act_i$  に対する基準データの集合を  $ref(act_i)$  と定義する。  $act_i$  に  $m$  個の基準データが存在するとき、  $ref(act_i) = \{r_{i0}, \dots, r_{im}\}$  となる。

基準データとテストデータのマッチングは次のように行う。まず、基準データをDBから1つずつ取り出し、拡張DTW距離を求める。  $V$  をテストデータ系列とし、  $V$  中の位置  $w$  から始まるサブ系列を  $v(w)$  と表す。  $V$  のウィンドウ  $v(w)$  とある基準データ系列  $r_{ij}$  の拡張DTW距離を  $dist(v(w), r_{ij})$  と表す。ここで位置  $w$  を順に大きくしながら基準データ系列  $r_{ij}$  と比較し、各  $w$  に対しての行動  $i$  の最適な推定結果を判定するための閾値を  $\theta$  として  $dist(v(w), r_{ij}) < \theta$  となる最初の  $w$  を求める。この  $w$  を始点としてウィンドウを分割し、次の  $w$  として  $w$  に  $r_{ij}$  とマッチした長さを加えたものを設定し、以下同じ動作を繰り返す。  $V$  のウィンドウの始点集合を  $W$  とすると、  $W = \{w_1, \dots, w_q\}$  となる。各  $w$  に対し、行動  $i$  の最適な推定結果を  $mindist_i$  とすると、次の式(2)で表される。

$$mindist_i = \min_{j=1, \dots, m} dist(v(w), r_{ij}) \quad (2)$$

次に、各行動の拡張DTW距離に基づく確信度  $conf(i, w)$  を次の式(3)で計算する。

$$conf(i, w) = \frac{1}{mindist(i, w)^{\alpha+1}} \quad (3)$$

式(5)中の  $\alpha$  は距離に対して確信度が0~1に万遍なく分布することを意図した定数である。本システムでは拡張DTW距離が100前後になることから、  $\alpha=0.01$  を用いる。

### 2.2. ベイズ推定を用いた場所推定

本研究ではある場所にいる状態と、そこでとる行動の間でベイズ推定を行う。すなわち確率集合を  $P$  として、訪問場所  $p_k$  で行動  $act_i$  が発生する確率  $P$  を  $P(p_k | act_i)$  で表し、

これに基づき場所を推定する。

各ウィンドウの場所推定には、ベイズ推定を用いる。各行動に対する  $P(p_k | act_i)$  は事前に計算しておく。そして3.2節で計算した各ウィンドウの確信度  $conf(i, w)$  を掛け合わせた値をウィンドウ  $w$  における行動  $i$  に基づく場所  $p_k$  の推定確率とする。さらに、ウィンドウ  $w$  における複数の推定行動  $i$  を加味し、ウィンドウ  $w$  における場所  $p_k$  の推定確率を式(4)で表現する。

$$prob(k, w) = \max_{i=1, \dots, m} conf(i, w) \cdot P(p_k | act_i) \quad (4)$$

最後に、全体の場所推定評価値は、各ウィンドウの場所推定結果を統合して式(5)で決定する。

$$h(k) = 1 - \prod_{i=1}^q (1 - prob(k, w_i)) \quad (5)$$

以上の手順により、テストデータの系列  $V$  に対して、場所  $k$  の評価値  $h(k)$  が求められた。全ての場所の候補  $k$  に対して  $h(k)$  を最大とする場所を最終的な場所推定結果とする。

### 3. 実験

提案手法の有効性を検証するため、加速度センサを使用して実験を行った。実験には、iSpA社のi'm Watchを使用した。被験者は20代の男性で、右手が利き手である。被験者の右手に携帯端末を装着し、データを計測した。

#### 3.1. 用いた基準データ・テストデータについて

収集するデータを各行動の判断基準となる基準データと、実験で場所推定の対象データとして使用するためのテストデータに分けて収集した。基準データは、著者がそれぞれの行動を指定し、実際に被験者が行動を行った時の加速度データを記録したものである。テストデータは被験者が各場所で自由に行動したときの加速度データを記録したものである。データは約3分間のデータで、記録時に被験者に著者が同行し、被験者の行動内容と行動が発生した時刻を詳細データとして記録した。

#### 3.2. 実験結果

場所推定に使用するデータとして、基準データは各行動につき10種類ずつのデータを使用し、テストデータには各場所につき1種類のデータを使用した。図2に、第3位までの行動推定結果を含めた場合の各行動を正しく推定した結果を示す。縦軸は第3位までの行動推定結果を含めた場合の再現率を表している。「ページをめくる」「歩く」等の行動は60%を超える再現率を示している。一方、「服を広げる」「カート」等は3位までを含めても50%前後の再現率であり、識別が難しかったといえる。

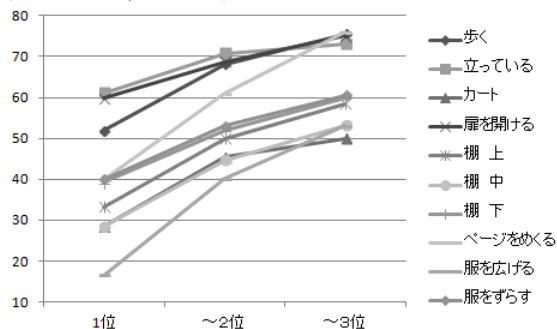


図2 第3位まで含めた行動推定結果。

	スーパー	書店	洋服店	コンビニ
スーパー	0.105	0.065	0.054	0.166
書店	0.046	0.091	0.055	0.143
洋服店	0.043	0.058	0.131	0.080
コンビニ	0.102	0.059	0.099	0.156

表1 各場所の推定結果。

次に、各場所の推定結果を表1に示す。縦軸の場所のテストデータを場所推定に使用したときに、横軸の場所と推定した確率を示している。洋服店以外については場所推定の結果がコンビニに偏ってしまった。しかし、2位の推定結果をみるとそれぞれに正しい場所を推定していることが分かる。

### 4. 考察

今回は、各行動の再現率はそれぞれ50%前後と低かった。これは、3軸の加速度センサだけを用いて推定したことも要因の一つであると考えられる。ジャイロや気圧センサなども併用することで、精度の向上が必要であると考えられる。また、認識する行動の数を増やした場合には、さらに再現率の低下が予想される。類似した行動パターンを1つの行動としてまとめるなど、事前処理により行動数を削減する必要があるのではないかと考える。

場所推定はコンビニと誤認する例が多く観測された。これは、10種類の行動の多くがコンビニに現れ、評価値を相対的に引き上げてしまったことが原因と考えられる。また、ベイズ推定の事前確率としてコンビニが高いことも影響している。日常生活全体を対象に実験した場合には、コンビニの場所推定が多くなることは妥当である。今後、コンビニとそうでない場所の識別方法についてはベイズ推定とは別の方法も必要ではないかと考える。

### 5. まとめ

本研究では、コンテキスト情報の自動記録を目的として、携帯端末の加速度センサを用いたユーザの訪問場所の自動認識手法を提案した。提案手法では、場所毎に表れる特徴的な行動が存在することに着目し、ベイズ推定を用いて各行動が発生する頻度・場所を訪問する回数から場所推定を行った。

提案手法で使用した加速度センサは、スマートフォンや今後普及が予想されるスマートウォッチに搭載され、個人の訪問場所を同定するサービスに利用できる技術となる可能性がある。

### 文献

[1] 出田 怜, 村尾 和哉, 寺田 努, 塚本 昌彦: 加速度センサを用いたジェスチャ操作の早期認識手法の提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム, 2013.

Estimation of visiting places using the action logs with a sensor  
 † Ayano Ikeda  
 ‡ Faculty of information science, Hosei University