

手首一周型ディスプレイの情報表示位置決定における 加速度センサ利用に関する一検討

谷田 佑貴†

† 東京農工大学 大学院 工学府 産業技術専攻

藤波 香織‡

‡ 東京農工大学大学院 工学研究院 先端情報科学部門

1 はじめに

近年、様々な時計型やブレスレット型のディスプレイ搭載デバイスが開発されている。その中でも、スマートウォッチ [1] と呼ばれるデバイスは、画面点灯や振動による情報通知が行われている。しかし、従来の通知手法はそのままのユーザの姿勢で画面閲覧が不可能な場合には、通知時に行っていた主動作の中断と画面閲覧のための動作が必要となる。

本論文では、曲折・湾曲可能なフレキシブルディスプレイを利用した「手首一周型ディスプレイ」の利用を想定している。手首一周型ディスプレイの利用により、従来のデバイスよりも画面範囲が拡大する。そのため、情報をユーザが常に視認可能な位置へ表示することにより、視線変化のみでの情報取得が可能となる。したがって、ユーザの情報取得動作が不要となり、情報取得効率が向上すると考えられる。本論文ではこのようなディスプレイ利用時に加速度センサを用いユーザが常に視認可能位置となるように情報表示位置を制御する手法を検討した結果を報告する。

2 提案手法

2.1 情報提示手法

情報提示デバイスについて、様々な研究が行われている。Lyons らは、6 個のディスプレイを手首一周上に連結したデバイス Facet を提案している [2]。また、Burstyn らは、前腕と上腕に装着した慣性センサから運動モデルを作成し、動的に情報表示制御を行う姿勢感知ディスプレイ (PAD: Pose-Aware Display) を提案している [3]。PAD は動的な情報表示制御の際にデバイス以外の箇所 (上腕) にセンサが必要であり、実用面で問題が挙げられる。

2.2 システム概要

本システムでは手首一周型ディスプレイを搭載した手首装着型デバイスの利用を想定しており、常にユーザが視認可能であり、視線変化のみで情報取得が可能なシステムを目指す。このような考えのもとで我々は、動的な情報表示位置制御手法を開発してきた [4]。本システムでは、10 個の加速度センサ ($S_1 \sim S_{10}$) のセンサ値を用いて情報表示位置推定を行った後に、推定結果に応じた位置への表示処理を行う。なお、表示位置

推定はあらかじめ加速度センサ値と表示位置として最適な LED の位置 (ID) の関係を機械学習により学習した推定器を用いている。表示処理では 10 個のフルカラー LED が等間隔で並べられた LED テープを利用し、表示機能の代替としている。プロトタイプシステムと加速度センサ・LED 配置図を図 1 に示す。

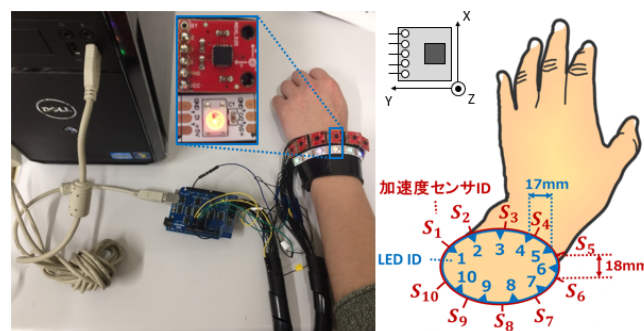


図 1: システム外観 (左) と加速度・LED の ID (右)

2.3 学習データ収集

2.3.1 収集内容

機械学習を利用した視認可能位置推定を行う際に使用する学習データの収集を行った。20 代の被験者 10 名 (男性 7 名、女性 3 名) に、以下の 4 つの高さで特定の各動作を数種類行ってもらった。特定の動作とは、読書やキーボード操作といった日常生活で行う動作である。

- I. 腕がひざ付近にある状態 … 5 種類
- II. 腕がテーブル上にある状態 … 6 種類
- III. 腕が胸の辺りにある状態 … 5 種類
- IV. 腕が目線よりも高い位置にある状態 … 2 種類

動作終了後の安静止時 1 秒間のセンサ値を取得する。10 個の LED は常に異なる色で点灯させており、被験者はセンサ値の取得と同時に動作終了時の前腕状態を保ち、最も視認性の高い (見やすい) LED の位置 (色) について被験者に口頭で尋ねる。なお、被験者は全員右利きで、腕時計をはめる左手にデバイスを装着した。

手首周長には個人差が存在し、20 代の女性平均は 14.9cm、男性平均は 16.8cm と 1.9cm の差があるため [5]、本システムを装着した場合には加速度センサ 1 個分の差が生じる。したがって、手首周長に応じて、3 つのグループ (G_S : 15.0cm 以下 - 3 名, G_M : 15.1 ~ 16.5cm - 4 名, G_L : 16.6cm 以上 - 3 名) に分けて考察を行う。

2.3.2 分類モデル選定

2.3.1 節で収集した学習データを用いて、分類モデルの選定を行う。分類モデルの選定には、1 人抜き交差検定 (Leave-One-Subject-Out Cross Validation: LOSO-CV) から得られる F 値を利用した。また、利用する特徴量

A Study of Accelerometer Usage in Visible Position Estimation for a Whole Wrist Circumference Display

†Yuki TANIDA ‡Kaori FUJINAMI

†Department of Industrial Technology and Innovation, Tokyo University of Agriculture and Technology

‡Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

として、各加速度センサの3軸 raw 値 (X, Y, Z), 3軸平均値, 3軸間の分散, 軸ごとの分散 (X, Y, Z), 3軸間の標準偏差, 最大値, 最小値, 値域幅 (最大値-最小値), 軸ごとの比率 (X/Y, X/Z, Y/Z), ピッチ角 ($\frac{X^2}{Y^2+Z^2}$), ロール角 ($\frac{Y^2}{X^2+Z^2}$), ヨー角の18種類 ($\frac{Z^2}{X^2+Y^2}$), 計180次元の特徴量を利用した. 4種類の分類モデルを用いた LOSO-CV による選定の結果, サポートベクタマシン:0.53, ランダムフォレスト:0.62, ナイブベイズ:0.61, J48木:0.50であったため, 以降分類モデルにはランダムフォレストを利用する.

3 評価と考察

3.1 特徴量選択

2.3.2節では180次元の特徴量を利用しているが, 特徴量数は計算量や処理時間などに影響し, 特徴量数が多いことでかえって精度が低下することがある. また, 加速度センサ10個はコスト面や消費電力面での問題が考えられる. そのため, Weka[6]のIGE (Information Gain Evaluation) を利用し, 特徴量数の削減を図った. IGE を利用し, それぞれの特徴量における情報利得の平均値を算出すると0.62であった. しかし, 平均値を大きく下回る特徴量としてX軸raw値(0.22), ピッチ角(0.24), X軸分散(0.31)が存在するため, それらを削減し LOSO-CV を行った結果, F値が0.01向上した. そのため, 3種の特徴量計30次元の削減が可能であることがわかった.

3.2 加速度センサ数削減

加速度センサごとに特徴量の情報量が異なるため, 精度に影響しない加速度センサが存在することが考えられる. そのため, 3.1節で行った特徴量選択後の15種類の特徴量に対して各加速度センサごとの総情報利得を算出する. その後, 総情報利得の大きな加速度センサから順に特徴量を追加し, 3つのグループ (G_S , G_M , G_L) ごと, ならびにこれらを統合した単一データセットに対して LOSO-CV を行った (図2). それぞれ最大F値の加速度センサ数は, グループ G_S が5個 (4, 5, 6, 8, 9):0.61, グループ G_M が10個:0.57, グループ G_L が9個:0.54, 統合版が10個:0.63の場合であった. また, 表1に示すように全グループとも S_9 が最初に用いられたことから, 情報利得が最大であることがわかる. また, グループ G_S , G_M , G_L では, S_4 , S_9 が上位となっていることがわかる.

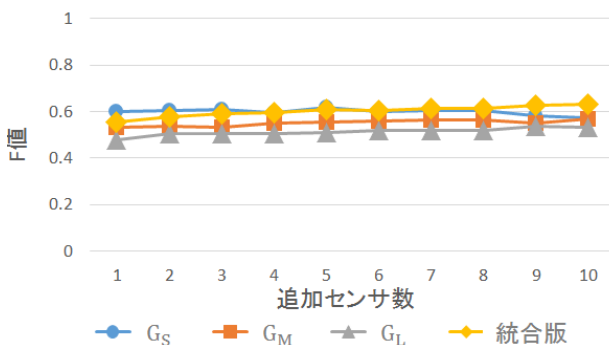


図2: 追加センサ数とF値

表1: 加速度センサの追加位置

順	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
G_S	S_9	S_5	S_8	S_4	S_6	S_2	S_1	S_3	S_{10}	S_7
G_M	S_9	S_5	S_8	S_4	S_6	S_2	S_1	S_3	S_{10}	S_7
G_L	S_9	S_4	S_6	S_{10}	S_7	S_2	S_1	S_8	S_5	S_3
統合版	S_9	S_8	S_6	S_{10}	S_5	S_4	S_7	S_1	S_2	S_3

3.3 考察と今後の課題

図2に示した統合版の場合のセンサ数とF値をみると, 10個の加速度センサを用いたときに最大のF値(0.63)を得ている. つまり, 加速度センサ数の削減に応じてF値が低下するため, より有用な特徴量の検討が必要である. また, 有用な加速度センサ位置の上位3つは, グループ G_S , G_M が S_9 , S_5 , S_8 であり, グループ G_L が S_9 , S_4 , S_6 である. しかし, 各グループは手首周長が1.5cmごとの差があり, 加速度センサは1.8cm間隔で装着されているため, グループ G_S の S_8 の位置にグループ G_M の S_9 , グループ G_L の S_{10} が装着されることとなる. そのため, 手首周長を考慮するとグループ G_S と G_M の S_5 の位置にはグループ G_L の S_4 であり, グループ G_S , G_M の S_8 の位置にはグループ G_L の S_9 があることが考えられる. したがって, 手首周長に関わらず手首内側に加速度センサを配置することが有効であると考えられる. また, 現状では最大F値を得るためには加速度センサが10個必要となるため, 今後の課題として新たな特徴量検討による精度向上が挙げられる.

4 まとめ

本稿では, 機械学習を利用した加速度センサによる常時視認可能な情報表示位置推定手法について述べた. また, 推定における有用な特徴量とセンサ位置に着目し, 有用な加速度センサ配置の存在可能性を示した.

謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金ならびに文部科学省特別経費「持続可能社会に向けた知的情報空間技術の創出」によるものである.

参考文献

- [1] Apple, Apple Watch, URL: <<http://www.apple.com/jp/watch/>> (2016-01-05 アクセス).
- [2] Lyons, K. et al. "Facet: a multi-segment wrist worn system", In UIST, pp.123-130, 2012.
- [3] Burstyn, J. et al. "DisplaySkin: Exploring Pose-Aware Displays on a Flexible Electrophoretic Wristband", In TEI, pp.165-172, 2015.
- [4] 谷田, 小枝, 藤波. "手首一周型ディスプレイ装着時の常時視認可能な情報表示位置の動的推定手法", In HI216 予稿集, pp. 817-822, 2016.
- [5] Paroday, 人体平均寸法 (手長さ・手首囲・足長さ・足幅など), URL: <<http://paro2day.blog122.fc2.com/blog-entry-399.html>> (2016-01-05 アクセス).
- [6] WEKA, Machine Learning Group at University of Waikato, URL: <<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>>.