

着座中の体位揺動センシングを用いた行動認識システム

Sedentary Body Sway Sensing System for User Behavior Recognition

松本翔平
Shohei Matsumoto*

岩井大輔
Daisuke Iwai*

佐藤宏介
Kosuke Sato*

1 はじめに

本研究では、アンビエントセンシングによる着座中のユーザ行動認識を目的とした、重さセンサ内蔵椅子による体位揺動センシングシステムを提案する。一般にユーザは日常生活の中で長い時間を着座状態で過ごしており、ユーザにセンサの存在を意識させないアンビエントな行動認識手法を実現することは「環境知能空間」の実現において非常に有益である。センサ内蔵椅子を用いた先行研究には、心拍センサを用いた心理状態推定 [1] やシート状圧力センサを用いた作業者アウェアネス獲得 [2]、姿勢変更動作を用いるインタラクション手法 [3] 等が提案されているが、本研究では 4 点支持式ロードセルによる加重及び重心位置計測という異なるパラメータに着目し、より簡易な機構での行動認識実現を目指している。本稿では、まず体位揺動センシングシステムの構成と行動認識手法について説明する。次にシステム動作検証の概要と結果、考察について述べ、最後にまとめと行動認識手法に関する今後の課題を示す。

2 体位揺動センシングシステム

2.1 システム構成

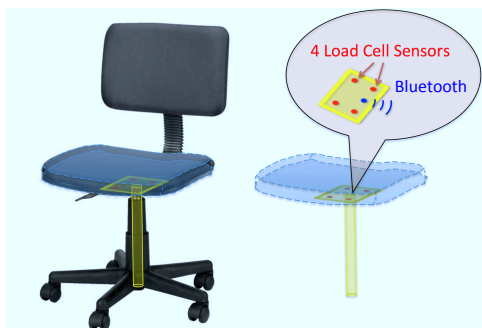


図 1 体位揺動センシングシステム構成

体位揺動センシングシステムの構成を図 1 に示す。椅子座面下部に設置した歪みゲージロードセルによる 4 点支持により、座面にかかる加重及び重心位置を計測する。センサデータは Bluetooth 通信によってサーバ PC に送信され、最大 6 脚までワイヤレス同時計測が可能である。なお、センサのサンプリングレートは 40 [Hz] であり、サーバ PC 側の内部処理により 10 [Hz] にダウンサンプリングしている。また各センサの出力特性のばらつきを補正するため、予めキャリブレーションを行った。

2.2 行動識別器の生成

本システムでは行動認識に用いる特徴量として周波数特徴量に着目する。以下、センサデータを離散フーリエ変換 (DFT) し特徴量ベクトルを生成する特徴抽出手法、および得られた特徴量ベクトルを用いた N 種類の行動識別器の生成方法について述べる。

まず、各椅子より取得される 4 つのセンサデータ (右前、左前、右後、左後) から、予め用意したキャリブレーション表を用いて重心位置 x [cm], y [cm] および加重 m [Kg] を得る。

次に重心位置データ x, y より周波数特徴量を抽出する。まず、 x, y それぞれの時系列データを T [sec] 毎の時間セグメントに分割し、各セグメントについて DFT を行う (時間セグメントは重複しない)。その後、得られた x と y の周波数パワースペクトル列のうち、DC $\sim$ 1.0 [Hz] の低周波域より $1/S$ [Hz] のステップ幅で S 本のスペクトルをそれぞれ抽出し、それらを連結して得られる $2S$ 次元ベクトルを各セグメントの特徴量ベクトルとして定義する。なお今回は重心移動にのみ着目したため、加重 m のデータは利用していない。

行動識別器の生成では、まず前処理として N 種類の行動サンプルを学習データとして与え、学習データから抽出された全ての特徴量ベクトルについて主成分分析 (PCA) を行う。次に、学習データの特徴量ベクトルを主成分部分空間 (以下、特徴空間) に写像し、 N 種類の行動クラスそれぞれについて平均ベクトル $\bar{v}_n, [n = 1 \cdots N]$ を求める。そして $\bar{v}_n$ により線形識別器を生成する。線形識別器では、入力データの特徴量ベクトルを特徴空間へ写像し、予め用意した平均ベクトル $\bar{v}_n$ との距離を算出する。そのとき最も距離の近い $\bar{v}_n$ が代表する行動クラスを識別結果として出力する。

3 システム動作検証

3.1 動作検証概要

本センシングシステムの動作確認を行うため、30 代の女性被験者 1 名に対し、オフィス環境を想定した室内でデスクワークに関連した 3 種類のタスク (Watching, Reading, Writing) を各 30 分ずつ行わせ、その間の体位揺動データを取得した。Watching タスクでは PC 画面上の映像鑑賞、Reading タスクでは PC 画面上の PDF 文書の読み込み、Writing タスクでは用紙上に並べられた 1 桁の数字の足し算を繰り返す単調な計算問題をそれぞれ行わせた。その後、得られたデータを学習データとして 2.2 の手法により行動識別器を生成し、識別精度を確認した。なお時間セグメント T は 30 [sec] とし、 x, y それぞれのパワースペクトル列から約 0.033 [Hz] のステップ幅で 30 本 (DC - 0.97 [Hz]) ずつスペクトルを抽出して、それらを連結した 60 次元ベクトルを特徴量ベクトルとした。

3.2 検証結果

図 2 に Reading タスク、図 3 に Writing タスクの重心位置 x, y の時系列データサンプル (250 [sec]) を示す。

得られたデータから x, y それぞれの特徴量ベクトルを抽出し、平均 1、分散 1 となるよう標準化したのち、主成分分析を行った。第 1～3 主成分の寄与率を表 1 に示す。

表 1 第 1～3 主成分の寄与率

主成分	寄与率	累積寄与率
1	0.629	0.629
2	0.178	0.807
3	0.034	0.841

また、図 4 に横軸を第 1 主成分、縦軸を第 2 主成分とした

* 大阪大学大学院基礎工学研究科, Graduate School of Engineering Science, Osaka University

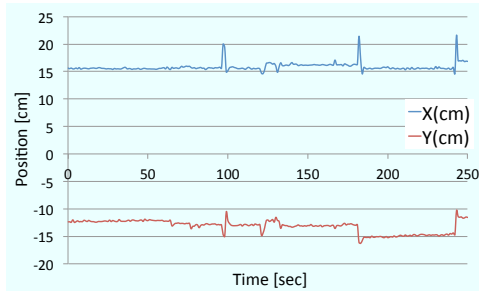


図2 Reading タスク時系列データサンプル

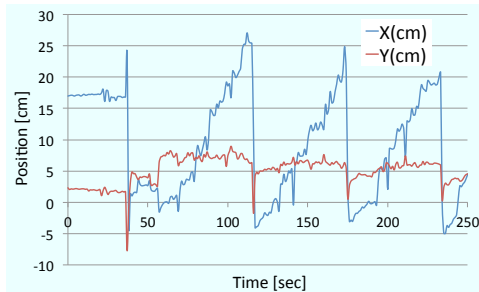


図3 Writing タスク時系列データサンプル

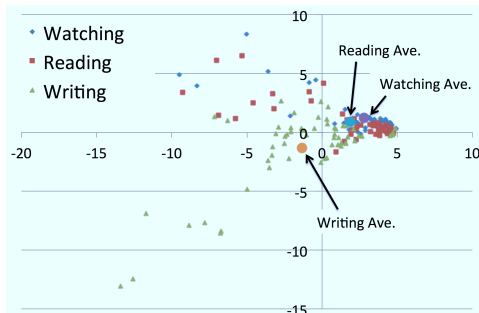


図4 特徴空間上のデータ分布 (第 1-2 主成分部分空間)



図5 特徴空間上のデータ分布 (第 1-3 主成分部分空間)

特徴空間上のデータ分布と各行動クラスターの平均ベクトルを示す。同様に横軸を第 1、縦軸を第 3 主成分としたデータ分布を図 5 に、横軸を第 2、縦軸を第 3 主成分としたデータ分布を図 6 にそれぞれ示す。

図 4 より、第 1-2 主成分部分空間上では、Watching タスクと Reading タスクのクラスターが重複してしまっている。一方、図 5～6 より、第 1-3 主成分部分空間及び第 2-3 主成分部分空間では、Watching タスクと Reading タスクが両図の縦軸にあたる第 3 主成分軸方向に比較的良好に分離している。なお、第 3 主成分において最も因子負荷率の高いスペクトルは 0 [Hz] の直流成分であった。

図 4～6 の観測結果より、今回は第 1～3 主成分までを採用し



図6 特徴空間上のデータ分布 (第 2-3 主成分部分空間)

た 3 次元の主成分部分空間を特徴空間として線形識別器を生成した。この識別器に対し、タスク毎に 60 個ずつ入力データを与えた場合の識別正答率を表 2 に示す。

表 2 タスク別の識別正答率

	Watching	Reading	Writing
正答数	50/60	46/60	32/60
正答率	0.83	0.77	0.53

4 考察

本稿で提案した特徴抽出手法では、30 [sec] の時間セグメント毎に DFT を行ったため、30 [sec] 以上の長周期揺動に関する情報を損失している可能性がある。そのため、今後 DFT よりも高い周波数分解能と時間分解能を持つウェーブレット変換等を利用することで識別精度を向上できる可能性がある。また表 2 より、生成した線形識別器は Writing タスクにおいて正答率が 50% 程度と低く、十分な精度を得られていない。しかし一方、Watching タスク及び Writing タスクでは 80% 前後の正答率が得られており、今後データ分布の傾向に合わせて C4.5 やサポートベクタマシンなどの高性能な識別器を導入すれば、更なる精度の向上が期待できる。

5 まとめと今後の課題

加重とその重心位置を計測出来るセンサ内蔵椅子を用いたユーザ体位揺動センシングシステムの概要と周波数特徴量を利用した識別器の生成手法について説明した。またシステム動作検証を行い、1 名の被験者について 3 種類の行動データを計測した。更に実際に線形識別器を生成し、その識別精度を検証した。今後の課題は、より有効な特徴抽出手法の検討及び高性能な識別器の導入である。また、複数被験者に対して実験を行い、個人の学習データに依存しない行動認識の実現を目指す。

謝辞

被験者実験にあたり実験室及び機材の提供並びに実験進行に協力頂いた大和ハウス工業株式会社各位に感謝する。

参考文献

- [1] Jenni Anttonen, Veikko Surakka: "Emotions and Heart Rate while Sitting on a Chair", CHI'05 Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems, pp.491-499, 2005
- [2] 藤田, 今野, 真部, 菅原: "センサー椅子による作業者歪ウェアネス獲得の試み～共生コンピューティング～", 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会報告, pp.19-22, 2008
- [3] 石山, 橋, 田中: "着座時における姿勢変更動作を用いるインタラクション手法", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2011) シンポジウム, pp.946-956, 2011