

座面の圧力センサを使用した着席者の動作分析

鈴木駿介* 工藤峰一

(北海道大学情報科学研究科)[†]

1 はじめに

近年、個人の趣味や趣向に合わせたパーソナライズドサービスの提供を目的として人間の行動を自動で理解あるいは予測する研究が行われている。しかし、こういった研究の多くは、歩行や腕の振り上げなど大きな動作を伴う行動の時間的変化を認識して記録するものが主である [1, 2]。

それに対して本研究ではオフィスワークに見られる小さな動作の分析と記録を行う。具体的には着席時の動作の小さな差を識別する。着席時の動作とはタイピングやマウス操作などである。このためにユーザが着席する椅子の座面と背もたれに圧力センサシートを設置して、それらから得られる圧力データを動作の識別に利用する。

想定としては1日程度のタイムスケールにおいて、その人が着席時に行った動作を履歴として残す。このシステムにより各ユーザが1日に行った作業内容が明確となり、作業効率の向上や過労判定などに利用できると期待される。また、ユーザの行動管理を行うことも可能である。

2 従来研究

先行研究として、Tan らは [3] は座面と背もたれに圧力センサを設置して、10種類の姿勢の識別を行っている。着席するユーザが既知の場合には平均識別率約95%、未知の場合には平均識別率約79%を得ている。

紙谷 [5] も同様の方法で姿勢識別を行いつつ、着席するユーザが未知の場合の識別率の改善を行った。また、着席位置の正規化を施すことにより、平均識別率を約93%まで向上させている。これらの研究は静的な「姿勢」に留まっており、「動作」の分析ではない。

山田らは [4] は座面にのみ圧力センサを敷設して、被験者が1名ではあるものの姿勢ではなく「立ち上がる」「座る」「動く」「休む」といった大まかな動作に関する分析からそれらの動作において、圧力分布に違いがあることを示した。しかし、実際にものの動作の分析や認識までは行っていない。本研究ではより具体的なオフィスワーク中に動作に注目してそれらの動作の認識を行う。

3 装置と予備的検討

3.1 使用する装置

本研究で用いる圧力分布測定装置 FSA (Force Sensitive Application) の仕様を表1に示す。装置の外観を図1に、

実際にユーザが着席した時の様子を図2に示している。また、FSA から得られた圧力データの例を図3に示す。椅子には座席と背もたれの両方に同じ仕様の圧力センサシートを設置して、圧力データを測定した。



Fig. 1 FSA が敷席された椅子



Fig. 2 着席したユーザの様子

*shu-y2j@main.ist.hokudai.ac.jp

[†]札幌市北区北14条西9丁目北海道大学大学院情報科学研究科

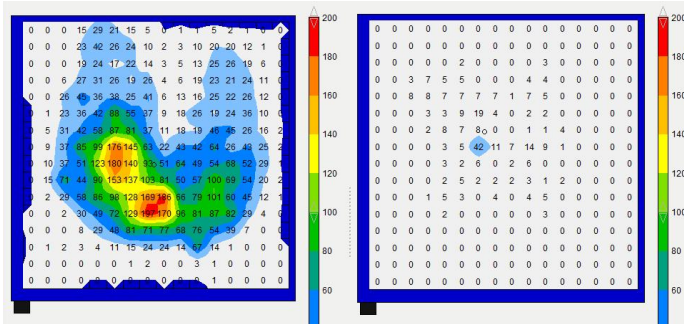


Fig. 3 FSA から得られる圧力データ (左に座面, 右に背もたれの圧力データを示す.)

Table 1 圧力センサシートの仕様

マット面積	43 × 43[cm]
測定可能面積	33 × 33[cm]
測定範囲	0-200[mmHg]
センサ数	256 個 (16 × 16)
センササイズ	17.5 × 17.5[mm]
センサ間隔	3.3 × 3.3[mm]
センサタイプ	Piezo 抵抗型センサ
マット表面素材	撥水加工生地張り/ナイロン

3.2 予備実験

予備実験として, 被験者 1 名 (成人男性右利き体重 60kg) に対し, 机 (80cm × 50cm × 50cm) の前に着座させて 5 つの動作を行わせた. 姿勢の具体的な内容の指示は特に行わずに自然な姿勢で指定の動作を行うよう指示した. 指定した 5 つの動作は軽食摂取 (EAT), スマートフォンの操作 (SMP-OP), マウス操作 (MOUSE-OP), タイピング (TYPE), 読書 (READ) であり, この順番で各動作 1 分程度で各動作毎にインターバルを設けて測定をした. また, サンプリングレートは 5Hz とした.

すべての動作の中で EAT を行った時に 1 番大きな圧力変動が見られた. これは EAT では様々な動作が連続するためだと考えられる. 一方, SMP-OP では圧力変動がほとんど見られなかった. これは指先以外の身体の動きがほとんどなく, さらに被験者の腕が机に接触していたためだと考えられる. MOUSE-OP では小さな圧力変動が計測された. これはマウスを動かす際の腕全体の運動が計測されたためと考えられる. TYPE の圧力変動は SMP-OP の圧力変動とほとんど区別できなかった. READ では時折ページをめくる動作において変動がある他は変動がほとんど見られなかった.

背もたれにかかる圧力は座面にかかる圧力と比較して微量であった (図 4). しかし, 数値が 0 か否かにより前傾か後傾かを知ることはできた.

予備実験からわかった問題点として, 多くの動作にお

いて机に腕が接触することが多かった. これにより座面での圧力変動が少なくなり, 結果として識別情報が少なくなると予想された. そのため, 以後の実験においては, 机に腕をのせないように指示して, 足は床につけるよう指示した.

4 提案手法

4.1 注目領域の定義

山田らの研究 [4] および予備実験の結果から, 圧力の変動が見られる範囲はかなり小さいことが判明した. そこで本研究では, 次元削減のために, 変動の大きい重心と膝の間の太股の辺りを「注目領域」と呼び, この領域内の圧力分布のみを測ることとした.

図 4 のように座面の点 (感圧素子) の座標 (配置) を (x,y) ($x=1, 2, \dots, 16, y=1, 2, \dots, 16$) とする. 注目領域を S としてその中の座標を $(x,y) \in S$ のように書く. さらに, 点 (x,y) での圧力を $P(x,y)$ と書き, 時間変動を考慮して, $P_t(x,y)$ と書く. 本研究では着席者が 3 秒間停止した時の状態を定常状態とみなしてその時点から測定を開始する. 直近 W 個のデータをウィンドウで区切り, 時刻 t におけるウィンドウ内の注目領域内の圧力の平均 $\hat{\mu}_t$ と標準偏差 $\hat{\sigma}_t$ を以下のように求める:

$$\hat{\mu}_t = \frac{1}{W} \sum_{u=t}^{t-W} P_s(u) \quad (1)$$

$$\hat{\sigma}_t = \sqrt{\frac{1}{W} \sum_{u=t}^{t-W} (P_s(u) - \hat{\mu}_t)^2} \quad (2)$$

この $(\hat{\mu}_t, \hat{\sigma}_t)$ を特徴ベクトルとして識別を行う.

4.2 注目領域の決定法

座標平面を左右 2 つの領域に分ける. 着席者が定常状態になった時刻において, それぞれの領域での最大圧力点を M , 最小圧力点を m とする. この M と m の中点を中心とするように 3×3 の領域を考える. 左右これらの領域内の圧力の値の合計が大きい領域を選び注目領域 S とする.

4.3 識別方法

特徴ベクトル $(\hat{\mu}_t, \hat{\sigma}_t)$ において, 識別率は被験者 6 名のうち 1 名を検査データとする方式で 6-fold cross validation で算出した. そして, 最近平均法を用いて各動作の識別を行った.

5 実験

被験者 6 名に対して 3 種類の基本動作に関する識別実験を行った.

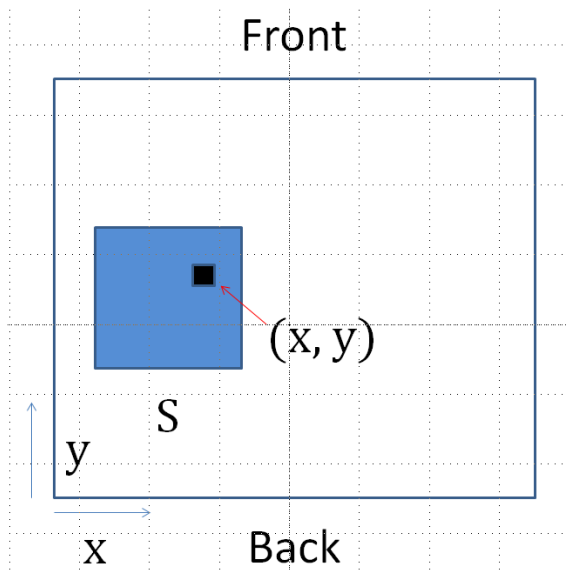


Fig. 4 注目領域，Sの青枠内

5.1 実験概要

被験者 6 名 (右利き 5 名, 左利き 1 名) で実験を行った。サンプリングレートは予備実験と同様に 5Hz とした。注目領域の例を図 5 に示す。

今回は基本動作を以下の 3 種類 (クラス数が 3) とした。識別したクラス数は 3 でその内容を以下に記す。

- 腕を肩の高さまで上げ，右手を左右にすばやく 5 回動かす (左右)。
- 腕を肩の高さまで上げ，右手を上下にすばやく 5 回動かす (上下)。
- 着席したまま上半身全体を左右にひねる。(回転)。

データは着席後 3 秒待って観測を初め，その後 5 秒間 ($W=1$) の波形から ($\hat{\mu}_t, \hat{\sigma}_t$) を計算して 1 つのデータとした。識別結果を表 2 に示す。また，各動作における注目領域内にかかる圧力の変動を図 7-図 9 に示す。

Table 2 識別結果			
実際の動作	識別した動作		
	左右	上下	回転
左右	5	1	0
上下	1	2	3
回転	3	2	1

5.2 結果と考察

各動作の識別率は右手の左右の運動だけは 83 % と高い精度で認識ができたものの，残りの 2 つは，右手の上下の動作が 33 %，回転運動は 16 % と低い精度に留まっている。これは個人差により分布の平均がクラス情報を安定的に示さなかったことが原因と考えられる。

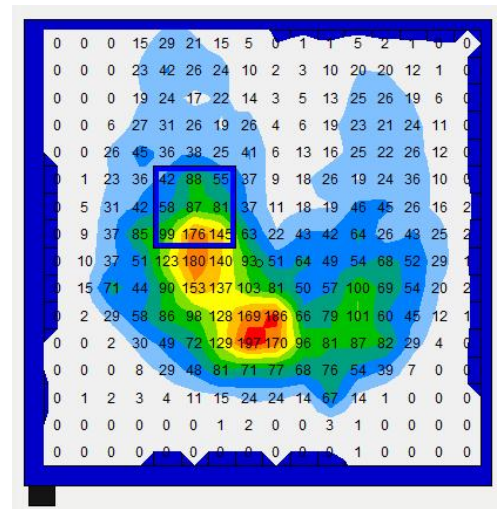


Fig. 5 座面の注目部位，青枠内 3 × 3 マス

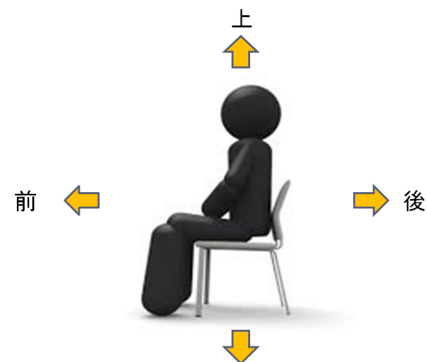


Fig. 6 3つの基本動作の移動方位

動きの程度としても腕を左右に振る動きでは他の動作と比べて十分な情報があつたものの上下と回転では圧力分布に十分な差異がなかったと考えられる。

6 まとめと今後の課題

オフィスワークでの動作分類を椅子と背もたれに敷席した圧力センサシートで行った。残念ながら現状では 3 つの基本動作ですら満足に分類することはできなかった。これは適切な特徴量を用いていないことと，個人差を十分吸収できていないことが大きい。今後時系列としての性質を適切に抽出することで精度の改善を計りたい。

参考文献

- [1] 河合純・永田章二・清水宏章・新谷公朗・金田重郎，モーションセンサとビデオカメラを用いた個人識別型位置検出手法. 情報処理学会・ユビキタスコンピューティングシステム研究会, 2004, 1-8.
- [2] N. Kern, S. Antifakos, B. Schiele and A. Schwaninger, A model for human interruptability: experimental evaluation and automatic estimation

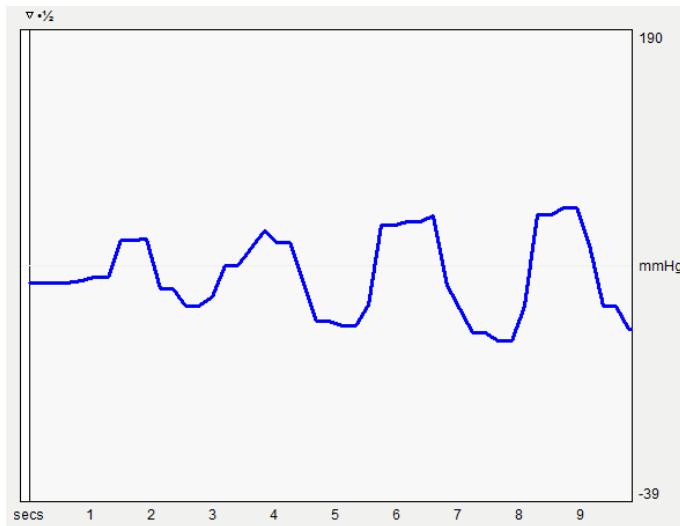


Fig. 7 右手左右の動作の定常状態からの変動

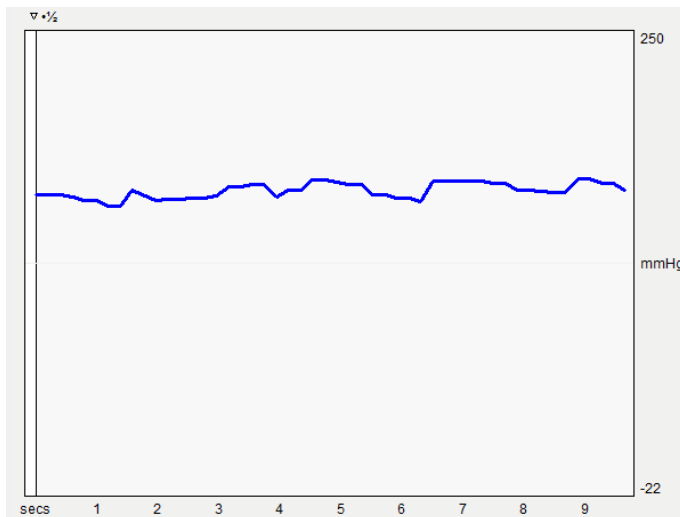


Fig. 8 右手上下の動作の定常状態からの変動

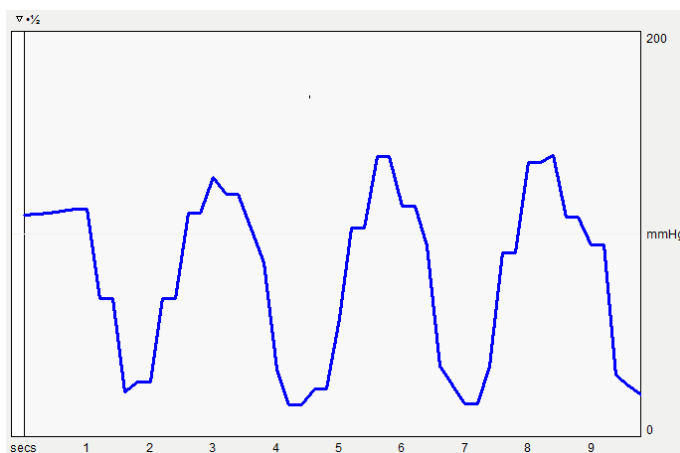


Fig. 9 上半身の回転運動の定常状態からの変動

from wearable sensors. Eighth International Symposium on Wearable Computers, 1(2004),158-165.

- [3] H . Z . Tan , L . A . Slivovsky and A . Pentland ,
A sensing chair using pressure distribution sensors . *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* ,
6-3(2001) , 261-268 .
- [4] M. Yamada, K. Kamiya, M. Kudo, H. Nonaka and
J. Toyama, Soft authentication and behavior analysis using a chair with sensors attached: hipprint authentication. *Pattern Analysis and Applications*, **12-3**(2009), 251-260.
- [5] 紙谷一啓, 着席者の姿勢識別と疲労検出の研究. 北海道大学大学院情報科学研究科修士論文, 2009.