

# デスクワーク時の着座姿勢の評価方法の提案

## A methodology to evaluate a sitting posture at desk work

内藤 孝雄\*<sup>1</sup>  
Takao Naito

黒須 誠治\*<sup>2</sup>  
Seiji Kurosu

\*<sup>1</sup> 富士ゼロックス(株) 研究技術開発本部    \*<sup>2</sup> 早稲田大学大学院 商学研究科  
Research & Technology Group, Fuji Xerox Co., Ltd.    Graduate School of Commerce, Waseda University

This paper proposes a system to evaluate a sitting posture at desk work. The system evaluates the score of a sitting posture by using the depth sensing and the pressure distribution on a chair. We could show the possibility getting high accuracy of a sitting posture. Furthermore, we aim the recommendation system that makes us good condition physically and mentally.

### 1. はじめに

近年、社会人・学生の姿勢は悪化の一途をたどっている。姿勢の悪化は、肉体的・精神的に悪影響をもたらし、組織では様々な姿勢改善活動が取り組まれてきた[安藤 13]。企業内のオフィス業務では、会議などでのコミュニケーションとデスクワークが主であり、人によっては PC のディスプレイに向かって長時間座って業務を行う。集中していると、無意識に同じ姿勢を維持するため、局所的に腰痛など身体を痛めるだけでなく、疲労から徐々に背筋が曲がり、姿勢が悪くなることで業務効率の低下を及ぼす[畑中 09]。

姿勢検知については、スマートフォンなどに搭載されている加速度センサーを活用して身体全体の姿勢を検知する方式が報告されている[倉沢 06, 大久保 08]。着座時の姿勢では、圧力センサーを利用して、着座の癖から個人を特定する報告もある[紙谷 07, 石山 12]。また Kinect 3D センサーを複数設置し着座時の人体の形状を測定する試みもある[藤巻 11]。

本研究では、正しい姿勢の定義は個人によって異なり、リラックス状態がその人に合った状態であり、この状態で業務効率が向上し、長時間業務できるという前提に立つ。そのため、ユーザーが姿勢検知されている事を意識しない様に、センサーなどを身に付けずに非接触にセンシングする方式を検討してきた。そこで、距離センサーによる骨格検知と座布団型体圧センサーによる体重負荷マップを組み合わせることで、自然にセンシングする手法を提案する。

今回、デスクワーク時のリラックスした姿勢を基準として、上半身の姿勢と全体のバランスを 2 方式のセンサーで測定し、その変動をリアルタイムに分析しフィードバックするシステムで評価した。フィードバック方法として、姿勢の良し悪しを点数化する方法と、姿勢変異に基づいて疲労状態を検知し例えば休憩を促すリコメンデーションを視覚的、聴覚的な方法で考える。この試みによって、自分の状態について「気づき」を得て正しく修正することで、肉体的・精神的な悪影響を低減することを目指す。

### 2. 姿勢の検知システムの概要

提案する本システムの姿勢検知方法は、距離センサーと体圧センサーの情報を重ね合わせて精度を高める。距離センサーによって、身体の傾き具合を計測し、頭部と胴体などの複数のポイントから、角度を推定する。距離センサーは、例えば PC ディスプレイの上部に配置し、上半身が測定できる様にする。

連絡先: 内藤孝雄, 富士ゼロックス(株) 研究技術開発本部  
コミュニケーション・デザイン・オフィス, 〒220-8668 横浜市  
西区みなとみらい 6-1, takao.naito@fujixerox.co.jp

距離センサーでは、人物を認識するため、OpenNI2/NiTE2 [PrimeSense]のライブラリを使用し、この中で骨格検知のミドルウェアを適用する(Microsoft 社 Kinect に提供した技術)。この骨格検知は概略検知として利用し、この情報を体圧センサー情報と重ね合わせ補完する。体圧センサーは、椅子の特徴(クッションの硬さ、高さなど)によって結果が大きく変わり、また個人差もある。従って、最初に初期状態をキャリブレーションして、メモリに記憶させ、その基準値に対してどの様に変動したかを分析する必要がある。

双方のセンサーより、最初に基準となる姿勢から姿勢の変異が大きくなった場合は例えば疲労の可能性が考えられ、逆に長時間変異が小さいと集中しすぎて局所的に身体を痛める可能性があり、休息の必要性が考えられる。そこで、ある閾値(時間幅と姿勢の変異)を超えた時、リコメンデーションを行う。

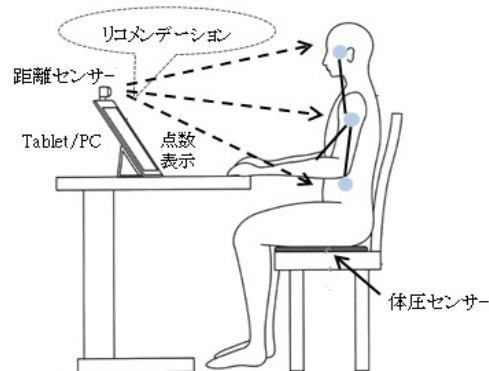


図 1. 姿勢検知システムの概要

### 3. 2 種類のセンサーによる姿勢の検知方法

距離センサーと体圧センサーの 2 種類のセンサーデータで補完しながら姿勢の状態検知の精度を上げる方法を述べる。

#### 3.1 距離センサーによる姿勢の検知

距離センサーとして、赤外光パターン方式の Kinect では近距離には対応できず(認識距離 0.8m~3.5m)、机に座ったユーザーの上半身を測定するためには、1m 前後の認識性能が必要となる。そのため、今回 PrimeSense 社 Carmine1.09(認識距離 0.3m~1.4m)のセンサーを選択した。OpenNI2/NiTE2 は公式には上半身検知をサポートしていないが、実験の結果認識できたため、簡易的な方法として頭部の中心点、両肩の位置の中

心点、胴体の深度を測定する。算出する姿勢の傾斜角  $\theta$  を定義する(式 1)。

$$\begin{aligned} \text{姿勢傾斜角 } \theta &= k_1 * \theta_1 + k_2 * \theta_2 & (1) \\ \theta_1 &= \text{atan}((dz_{23} - dz_0)/(dy_0 - dy_{23})) \\ \theta_2 &= \text{atan}((dz_8 - dz_{23})/(dy_{23} - dy_8)) \end{aligned}$$

( $k_1, k_2$ :係数)

頭部 A の(xyz)=( $dx_0, dy_0, dz_0$ ), 両肩 B1/B2 を( $dx_2, dy_2, dz_2$ ), ( $dx_3, dy_3, dz_3$ ), 胴体 C を( $dx_8, dy_8, dz_8$ ) とすると、両肩の中心点 P を( $dx_{23}, dy_{23}, dz_{23}$ ) とする(図 2)。ここで、頭部 A と両肩の中心点 P との角度を  $\theta_1$ 、P と胴体 C との角度を  $\theta_2$  とする。

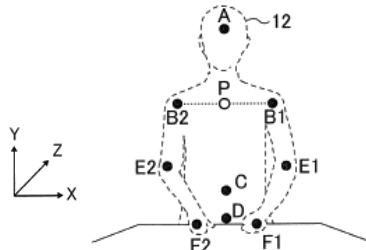


図 2. 距離センサーでの測定ポイント

この方式では、測定ポイントをサンプリングしており(今回の場合は 4 点)、頭部と胴体の位置関係だけでは、相対的な位置関係となり、精度が落ちる場合がある。また着衣状態では、正確な体型が認識できない課題がある。

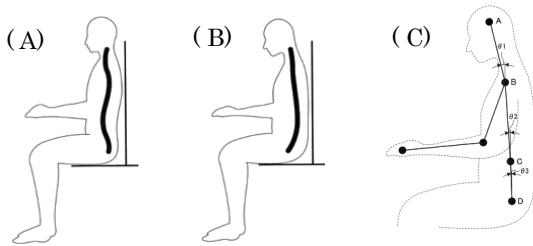


図 3. 背筋を正した姿勢 A と力を抜いた姿勢 B 及び測定ポイントと角度 C

例えば、背筋を伸ばし状態(姿勢 A) に対して、少し力を抜いて猫背(姿勢 B) で、リラックスしたとしても距離センサーでの判定は難しい(図 3)。そのため距離センサーからの情報は、概略の姿勢判定に用いて、次項で述べる体圧センサーの情報で補完する。

### 3.2 体圧センサーによる姿勢の検知

体圧センサーは、座布団型であり、着座したときにその圧力が測定できる。体圧センサー(SR ソフトビジョン[東海ゴム]使用)には、16x16 アレイの計測ポイントがあり、この分布を解析することで状態推定可能となる。体圧マップは、着座の仕方、個人の体重、椅子の硬さ・高さによって変わるため、初期状態をメモリに入れ、その状態からの変異で分析する。

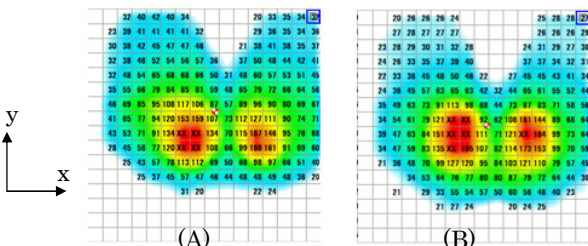


図 4. 図 3 姿勢(A,B)の体圧マップ比較

この分布マップと姿勢の相関性を予め明確化する事で、新たな状態に対して姿勢推定する。このマップを分析するパラメータとして、有効エリア、重心、平均( $\bar{x}$ )、左右のピーク圧力値、分散(V)、尖度(Kw)を抽出する。体圧マップに対して、フィルタ処理することで、離散状態の 2 つのピーク値を算出できるが、今回は尖度で統計処理して検証する。

尖度(Kw)によって、尖り具合を検証尖度は下記式で算出でき、 $Kw > 0$  以上であればあるほど、尖度が高い特性になる。

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{nV^2} - 3 \quad (2)$$

2 つの姿勢[A,B]でのパラメータの計算結果を表 1 に示す。

表 1. 姿勢 A と姿勢 B の体圧マップ評価

評価項目	姿勢 A	姿勢 B
有効エリア(All=256)	170	177
重心(x, y)	(8.699, 7.075)	(8.834, 7.935)
平均	71	68
左右ピーク圧力 mmHg	(345, 188)	(372, 237)
分散	2399	2876
尖度	10	8

体圧マップの有効エリアは、体圧 20mmHg 以下のポイントは計算に入れない様にして計算精度を上げた。両者の姿勢を比較すると、姿勢 B は姿勢 A に対して、力を抜く分 y 方向の重心位置が下がる。ピーク圧力は、直接体圧マットにかかる力が増え、分散は姿勢が崩れる分、体圧マットに接触する面積が増え(=有効エリア増)、結果分散値が上がる反面、尖度は下がると考えられる。

つまり、これらの6つのパラメータを分析することで、距離センサーでは認識できない姿勢の変化を検知できる可能性がある。

## 4. 実験

次に動的に姿勢を変化させながら、どの様に検知可能かを 2 つのセンサーで実験する。

### 4.1 距離センサーによる姿勢の検知実験

姿勢を前後に変化させた時の角度算出の検証を行う。図 2 に基づき、頭部 A と両肩の中心点 P との距離を測定し、その差分から角度  $\theta_1$  を算出し、頭部 A と胴体 C との距離を測定し角度  $\theta_2$  を算出する(点 P-C 間の角度変異は小さいため、点 A-C 間の角度を  $\theta_2$  とする)。実際に、背筋を正した姿勢から徐々に前傾した時の結果を図 5 に示す。ここで傾きに応じて角度  $\theta_1, \theta_2$  の変異から概略姿勢は検知できる事を確認した。

この場合、頭部・両肩・胴体が垂直になる状態を  $\theta_1, \theta_2=0^\circ$  とし前傾すれば、 $\theta_1, \theta_2$  は大きくなり、逆に後ろに反りかえればマイナス値となる。

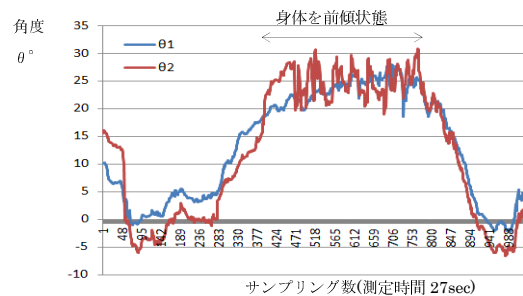


図 5. 距離センサーによる姿勢傾き検知-1

今回の実験では、角度  $\theta_1$  (点 A-P 間) と角度  $\theta_2$  (点 A-C 間) の角度はほとんど同じであるが、猫背の度合い強い場合は、この差が顕著に現れると推測される。

#### 4.2 体圧センサーによる姿勢の検知実験

同様に姿勢を前後に変化させた時の体圧を測定し、その体圧マップを分析した。背筋を正して着座した姿勢から、徐々に前傾姿勢にしていき、基に戻した後、後傾姿勢にした実験で、測定時間 29sec 中 155 回サンプリング(平均サンプリング周期 0.187sec)、パラメータ別に測定した結果を図 6 に示す。図 6(1)の重心については、前傾姿勢によって、前に体重移動するため、y 方向の変化で認識可能だが、変異量が小さく正確な姿勢検知は難しい。

図 6(2)のピーク値の体圧[mmHg]は、前傾姿勢になると、垂直方向の体重負荷がかからなくなり減少する。最もピーク値が高いのは、背筋を伸ばして臀部へ体重が集中する時である。

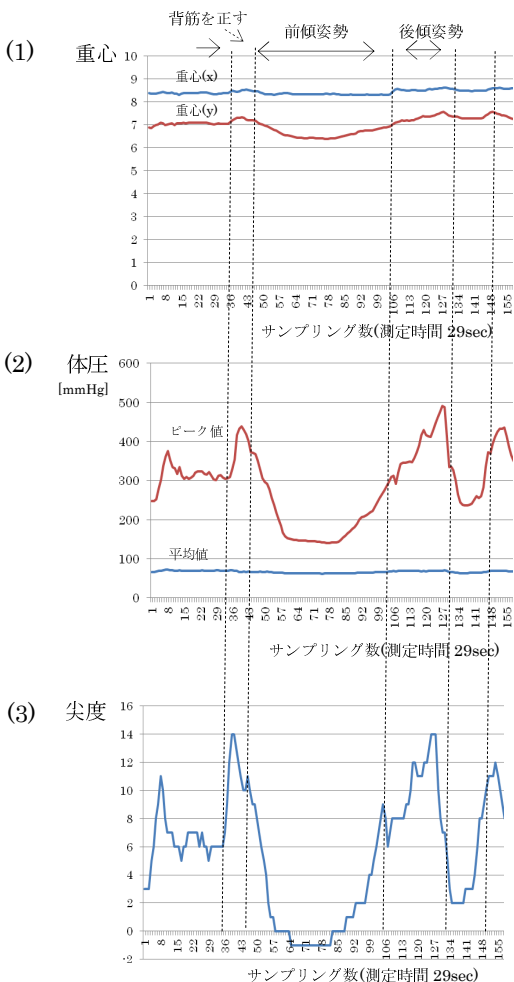


図 6. 体圧マップより分析した姿勢傾き検知

図 6 (3)の尖度評価も、体圧のピーク値と同様の傾向であるが、より一層顕著な特性で示されており、背筋を伸ばして臀部の筋肉の状態まで認識できる可能性がある。また、分散(V)パラメータについても、尖度と同様の傾向はあったものの、尖度程顕著の特性ではなかった。

以上のことから、尖度が有効な姿勢検知パラメータである事がわかった。但し 2 点のピーク値によって、左右どちらに傾いた姿勢か、また重心によって椅子全体に正しく着座しているかなど、尖度以外にも、他のパラメータより状態判定できる。

#### 5. 妥当性の考察

前述で評価した体圧マップと同期して、距離センサーの結果を比較すると、前傾姿勢と後傾姿勢の傾向は一致した。双方のデータを補完し合うことで、より精度向上が得られる。

具体的には、着衣(特に厚着)の状態では、臀部に伝わる背筋を伸ばした姿勢は、距離センサーではなく体圧センサーによってピーク値を認識する事はできる。また距離センサーは、人を認識しその骨格から頭部などのポイントの距離を測定するため前傾姿勢と後傾姿勢の切り分けは、体圧センサーでは難しい反面、距離センサーで比較的容易に認識できる。図 7 は、図 6 で測定した体圧センサーと同期して測定した距離センサーの結果である。これによると体圧センサーでは、前傾・後傾姿勢の特性は類似しており判別が難しいが、距離センサーでは、姿勢の角度を測定するため、状態判別が容易になる。

補完例として、例えば体圧センサーで前傾姿勢の状態は検知できるが、どの程度の前傾姿勢かは認識できないため、距離センサーから角度  $\theta=50^\circ$  まで前傾姿勢になっている事を把握できる。

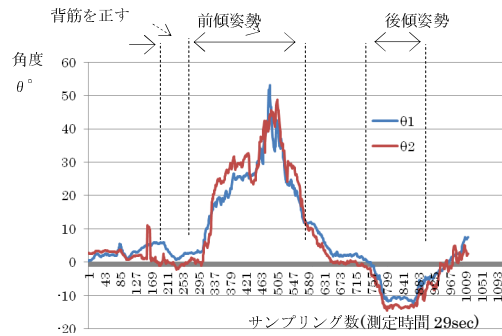


図 7. 距離センサーによる姿勢傾き検知-2

#### 6. 姿勢評価結果からのリコメンデーション

姿勢の判定結果をわかり易くするため、基準となる姿勢を 100 点として、悪くなる姿勢の評価を減点方式で点数化する検討を行った。点数化の評価式は、姿勢の角度  $\theta$  ( $\theta_1, \theta_2$  の関数)、体圧マップの分布から最も特性が明確な尖度  $K_w$ 、オフセット係数  $C$  と、左右ピーク値バランス、重心位置による着座位置の補正係数  $K$  とした場合の視覚化の評価値  $pt$  を示す(式 3)。

$$pt = 100 - k_3 * \theta - (C - k_4 * K_w) - K \quad (3)$$

例えば、定数  $k_3=k_4=1, K=0, C=12$  の設定で、測定結果  $\theta=15$ 、 $K_w=5$  となった場合、評価値  $pt=78$  ポイントとなる。点数を見ながら、ユーザーは自分の姿勢をチェックする事もできるが、姿勢が悪くなったら検知して知らせる事ができる。これにより、ユーザーは意識せずに業務に取り組む事ができる。図 8 の例では、距離センサーを PC ディスプレイの後方に配置し(ユーザーとの間隔約 80cm)、姿勢の検知角度情報のみを使った視覚化結果である。



図 8. 姿勢評価の視覚化

評価式  $pt$  の角度  $\theta$  の変異から、どのくらい長時間同じ姿勢でいるか、どのくらい姿勢が悪くなってきたか判定できる。そこで、姿勢の評価値  $pt < m$  の状態が  $n$  時間以上累積した時、ユーザーをリラックスさせるリコメンデーションを発生させる仕組みを構築した。リコメンデーションの具体例として、

「コーヒーでも飲んで休憩してください」

「疲れています。背伸びしてください」

など、音声で気づかせる事ができる。またユーザーの好みによって飲み物を「紅茶・ジュース」に変更し、予め登録する事も可能と考える。

## 7. まとめ

今回の提案で、着座姿勢を 2 種類のセンサーで情報を補完する提案を行い、相乗効果により姿勢評価する上で高い分析ができる可能性がわかった。しかし姿勢評価の結果より、どのようなタイミングでリコメンデーションすればいいのか、今後精神的な観点で評価していく必要があると考える。

肉体的な観点からは、デスクワーク時のオフィス業務で、長時間同じ姿勢を維持したまま続行する事なく、リコメンデーションを行う事でユーザーに「気づき」を与え姿勢を変更し、腰痛などの防止に期待できる。さらに詳細な着座状態が把握できれば、ユーザーの内面的なストレス状態も推定できる事も考えられ、ヘルスケア分野への適用検討していく。また姿勢を点数で視覚化することで、学校現場での姿勢指導にも利用できるため、早期改善につながる。

今後、実験対象者を増やし着座の個人別の癖を考慮した判定を検討するとともに、実装面で距離センサーの認識条件の明確化、体圧センサーからリアルタイムに姿勢状態フィードバックした結果を評価式に反映させ、実用性の可能性を模索していく。

## 8. 商標について

・Kinect は、Microsoft Corporation の米国及びその他の国における登録商標または商標です。

・その他、掲載されている会社名、製品名は、各社の登録商標または商標です。

## 参考文献

[倉沢 06] 倉沢 央,他:センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法,情報処理学会研究報告. UBI, 2006(54), 15-22, (2006)

[紙谷 07] 紙谷一啓,工藤峰一,野中秀俊, 外山淳:圧力センサを用いた着席者の姿勢識別に関する研究, 情報処理学会研究報告. 2007-UBI-15(8), pp.41-46, (2007)

[大久保 08] 大久保雅史,藤村 安耶:加速度センサーを利用した集中度合い推定システムの提案, WISS2008, (2008)

[畑中 09] 畑中 美希:作業姿勢の調整が気分とパフォーマンスに及ぼす影響,筑波大学大学院修士論文,(2009)

[藤巻 11]. 藤巻吾朗,他:座位姿勢における人体形状測定システムの開発平成 23 年度 岐阜県生活技術研究所研究報告 No.14 p24-28, (2011)

[石山 12] 石山英貴,他:しりコン:着席時における身体動作を用いるインタラクションシステム情報処理学会 インタラクション 2012 p753-758, (2012)

[安藤 13] 安藤真悠加,酒井稜,坂本怜南,中島優,森恭佑:姿勢改善のための社会的システムの構築 ISFJ 日本政策学生会議「政策フォーラム 2013」, (2013)

[東海ゴム] 東海ゴム工業(株) SR ソフトビジョン

<http://www.tokai.co.jp/catalog/pdf/SR-softvision.pdf>

[PrimeSense] PrimeSense 社 <http://www.primesense.com/>