



良姿勢習慣化システムの構築に向けた 着座姿勢の推定手法と補助インタフェースの検討

Pilot Study of Estimation Method and Posture Supporting Interface
for Developing Good Posture Habituation System

桑畑健吾¹⁾, 伊藤雄一²⁾, 上岡玲子³⁾

Kengo KUWAHATA, Yuichi ITOH, and Ryoko UEOKA

1) 九州大学大学院 芸術工学府 (〒 815-8540 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1, kuwahata.k.141@s.kyushu-u.ac.jp)

3) 大阪大学大学院 情報科学研究科 (〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5, itoh@ist.osaka-u.ac.jp)

2) 九州大学大学院 芸術工学研究院 (〒 815-8540 福岡県福岡市南区塩原 4-9-1, r-ueoka@design.kyushu-u.ac.jp)

概要: 本研究は, VDT 作業中の良姿勢習慣化を支援するシステムの構築を目的とする. システムは着座姿勢のセンシング部と姿勢改善補助のためのフィードバック部から構成され, 長期利用により能動的な姿勢改善を意識づける狙いがある. 本論では重心計測と画像検出による非装着な着座姿勢推定手法の検討と, 効果的なフィードバックを行うための作業者の「気質」に関する調査を行い, 今後のシステム設計の指針について考察する.

キーワード: 行動変容, 着座姿勢推定, 良姿勢習慣化インタフェース, 気質

1. はじめに

情報通信技術の発達により, コンピュータを用いたデスクワーク (以下「VDT 作業」) を行う時間は増加している [1]. 近年, テレワークのような場所や時間を選ばない働き方が普及したことで, VDT 作業時間は今後も増加すると予想できる. 長時間の VDT 作業は心身に様々な悪影響を与えることが知られており, その要因の一つとして長時間の不良姿勢が挙げられる. 不良姿勢の継続は肩こりや腰痛の原因になるだけでなく, 気分の落ち込みや自尊心の低下にもつながるとされている [2]. そこで, 姿勢の改善が心身への負荷を軽減できる可能性に着目した. 良姿勢の維持には脊柱起立筋群や腹筋群といった抗重力筋を使用する必要がある. 既存の姿勢矯正器具は能動的に抗重力筋を使用させるものではなく, 器具を取り外した場合の良姿勢維持効果は薄いと考えられる. そのため, 根本的な姿勢改善には作業者が自ら姿勢を正す習慣を身に着ける必要があると考えられる. しかし, 特定の行動を習慣化させる具体的な手法は確立されていない. 習慣化が必要な例として食生活管理や運動などが挙げられるが, アプリやゲーム等を用いた方法では長期的な効果は薄いという報告もされており [3], 習慣化を促す動機づけに関しては検討の余地がある.

適切な動機づけを行う方法として, 本研究では作業者の気質に着目した. 気質とは遺伝的に決定される生理的基盤に基づいた個人の行動の傾向であり, どのような要因で行動が触発されるかを示したものである. 感性工学の分野において, 個人の意思決定を分析するために気質が利用され

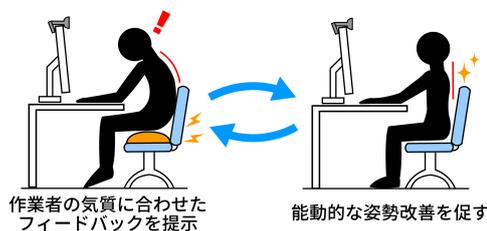


図 1: 提案するシステムの概要

た事例も見られる [4].

本研究では気質を応用したフィードバック提示により, 良姿勢習慣化を動機づけるシステムの構築を試みる. 提案するシステムの概要を図 1 に示す. システムは着座姿勢センシング部とフィードバック提示部から構成され, フィードバック提示部ではエアクッションの形状を変化させることで気質に応じた刺激提示を行う. 本論では着座姿勢推定手法の検討と気質分析に関する調査を行い, 今後のシステム設計の指針を考察した.

2. 関連研究

VDT 作業中の姿勢改善を目的としたシステムに関する研究は数多く行われている. 菊川ら [5] のシステムは, Kinect により検出した不良姿勢に対して, その姿勢が長時間続いた結果を示唆するフィードバック (モニターの映像をぼかして視力低下を表現) を提示するものである. システムにより姿勢を正すきっかけを与えることに成功しているものの, シ

ステムを取り除いた場合に姿勢の改善を能動的に行えるかどうかは明らかではない。

本研究で着目する気質は、パーソナリティの構成要素を研究する上で定義されている。気質は後天的に変化する性格とは異なり、生理的特徴に由来した遺伝性の強い行動特性であるとされている [6]。気質に関する研究の多くは神経科学的な裏付けがなされているため、気質の傾向に合わせた刺激提示によって好ましい行動を活性化できる可能性がある。しかし、気質の分析を取り入れたインタフェースの具体的な事例は見られていない。

3. 着座姿勢推定手法の検討

3.1 使用する計測デバイス

着座姿勢の推定には、USB接続のWEBカメラ (Logicool, C920r) と、座面に圧力センサを備えた椅子型デバイスである SenseChair(図2)[8]を使用する。WEBカメラでは頸椎、SenseChairでは骨盤の状態を検出し、頸椎と骨盤の検出結果を組み合わせて着座姿勢全体を推定する。また、座面のセンサーとWEBカメラのみ使用するため、特殊なデバイスを装着・設置することなく着座姿勢を推定できる。作業者の体格の違いにより、一律な閾値を設定することは難しいため、ニューラルネットワークにより複数の被験者のデータを学習させて姿勢の推定を試みた。

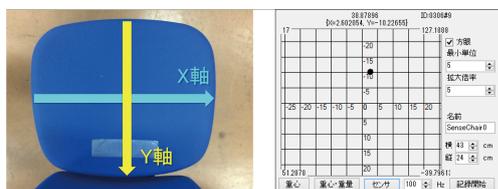


図 2: SenseChair 座面 (左), 計測用ソフトウェア (右)

3.2 データ計測実験

3.2.1 実験目的・方法

学習に使用するデータセットを作成するため、VDT 作業中のデータ計測を行った (男性 6 名, 女性 3 名, 平均 23.9 歳)。VDT 作業の内容として「文書作成」「CG 制作」「デジタル作画 (ペンタブレット使用)」の 3 種類を設定し、被験者が日常的に行っている作業に近いものを選択させた。作業環境として 23.8 インチのメインモニター (Dell, U2417H) を用意し、被験者の持参したノート PC を接続した状態で作業してもらった。実験は 60 分 2 セットで行い、セット間は任意で休憩時間とした。計測中は SenseChair で重心位置と重量値を約 60Hz で測定し、メインモニター上部の WEB カメラで頭部の画像を解像度 640 × 480 で 1 秒あたり 1 フレームの間隔で取得した。また、姿勢の確認のため被験者を矢状面からビデオカメラで撮影した。実験の様子を図 3 に示す。

3.3 学習用データセットの作成

本節では学習用データセットの作成手順について述べる。頸椎の学習モデルは、頸椎が自然な湾曲から逸脱して前



図 3: 実験環境 (左), 実験の様子 (右)

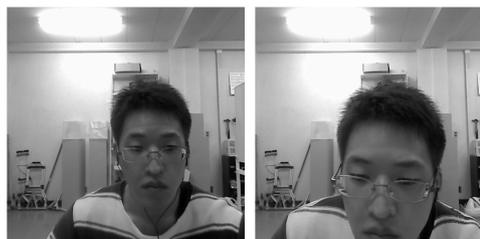


図 4: 学習用サンプルの例 (左: 不正解, 右: 正解)

方へ伸びた状態であるストレートネックを検出対象とする。画像データ 1 枚を 1 サンプルとして学習させ、ストレートネックである画像データを正解、そうでないものを不正解のサンプルとした。学習に用いる際は、解像度を 160 × 120 に縮小し、中央の 120 × 120 の矩形領域を切り出してグレースケール化する処理を行った。作業者は主に画像の中心部に写っていること、リアルタイムな検出のために処理を高速化する必要があることを考慮したためである。合計 12000 サンプルを作成し、正解・不正解のサンプルを 6000 ずつ含めた。サンプルの例を図 4 に示す。

骨盤の学習モデルのサンプルは、取得したデータを 300 個 (約 5 秒分) ごとに区切り、録画した映像をもとに各区間を「骨盤直立」「骨盤前傾」「骨盤後傾」の 3 つの状態に分類したものから作成する。データの特徴を抽出して学習させるため、各区間のデータから図 5 に示す値を算出したものを 1 サンプルとした。着席する位置は被験者によって異なるものの、骨盤の状態と重心位置はある程度連動している様子が見られた。そこで、計測データ全体から各状態の重心位置の中央値を求め、基準点として設定した。重心位置と各基準点とのユークリッド距離 (d1~d3) を求め、「どの状態の基準点に近いか」という特徴を学習させることで正解率の向上を狙った。また、センサーの特性として、計測される重量の値は前傾姿勢をとった場合には実際の体重よりも低く、後傾姿勢をとった場合は高くなる傾向が見られた。これを踏まえて、骨盤が直立している場合の重量値と同じになるよう基準点との距離に応じて補正したものを「重量補正值」としてサンプルに加えた。作成されたサンプルは「骨盤直立」と比較して「骨盤前傾」「骨盤後傾」のものが明らかに少ないため、SMOTE 法を用いて均衡させた結果、合計 24324 (各 8108) サンプルのデータセットを作成できた。計測データと各基準点の関係を図 6 に示す。

上記の手順で作成したデータセットは、全データのうち 90% を学習用データ、10% を検証用データとした。また、学



図 5: サンプルに含まれるデータの概要

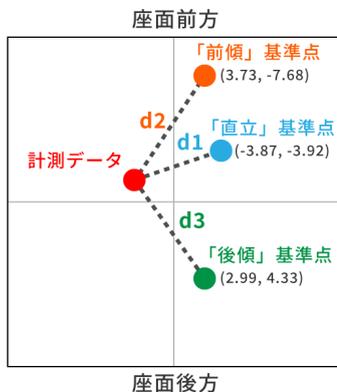


図 6: 座面イメージ

習用データのうち 80%を訓練データ, 20%をテストデータとして学習を行った。

3.4 学習結果・考察

ストレートネックの分類と骨盤の傾斜の分類には、それぞれ異なるモデルを使用する。ニューラルネットワークモデルの実装には chainer を用いた。ストレートネックの検出には 5 層の畳み込みニューラルネットワークを使用し、中間層の層数は 8 層, 16 層, 24 層である。骨盤の傾斜の検出には 5 層の全結合型ニューラルネットワークを使用し、中間層の総数は 30 層, 90 層, 30 層である。

1000 エポックの学習を行った時点で検証データを分類させ、学習モデルを評価した (表 1)。この結果より、VDT 作業中の頸椎および骨盤の状態は、ニューラルネットワークを用いて検出可能であると考えられる。しかし、ストレートネックの検出に関しては、実験と異なる環境下で稼働させた際、作業者の座高や室内の照明によって正しい検出が行えない様子も見られた。今後は学習させる画像データに明度変化や拡大縮小などの処理を加えてノイズを付与し、様々な状況下で検出を行えるよう改良を目指す。

表 1: 学習モデルの性能評価

	正解率	再現率	適合率
ストレートネック	93.1%	93.3%	92.9%
骨盤の傾斜	89.1%	94.1%	90.0%

4. 姿勢改善補助インタフェースの検討

4.1 BIS/BAS 尺度の概要

作業者の自発的な姿勢改善を動機づけるインタフェースの製作において、気質を導入する妥当性について検討する。気質を分析するための指標として、Gray により提唱された強化

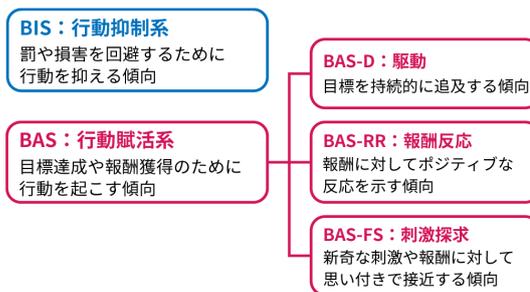


図 7: BIS/BAS 尺度で定義される気質の概要

感受性理論 (Reinforcement Sensitivity Theory ; RST)[9]に着目した。これは人間の気質を行動抑制系 (Behavioral Inhibition System; BIS) と行動賦活系 (Behavioral Activation System; BAS) の 2 次元で定義したものである。BIS は罰や脅威の予期によって活性化し、損害回避のために行動を抑制するように作用する。BAS は報酬の予期や罰の不在によって活性化し、目標達成のために行動を解発するように作用する。質問紙調査によって気質の傾向を分析する BIS/BAS 尺度が作成されており [10], BAS は報酬への接近傾向を示す 3 つの下位尺度に分けられている (図 7)。

4.2 インタフェース製作に向けた調査

BIS/BAS 尺度で定義されている気質のうち、インタフェースに応用可能な気質を明らかにするための調査を行った。

4.2.1 調査方法

九州大学の学生に対して質問紙調査を実施した (有効回答数 36, 平均年齢 20.7 歳)。調査は 2 回に分けて行い、1 回目と 2 回目の間には 1 週間の期間を空けた。1 回目の調査 (調査 A) は BIS/BAS 尺度日本語版 [11] を使用し、20 項目の設問に 4 件法で回答させ、各気質ごとの得点を集計した。集計は尺度使用マニュアル [12] を参考に行った。2 回目の調査 (調査 B) は、各気質が自己認識できるものであるかを主観評価にて確認する目的で行った。各気質の特徴を示す設問に対し、自身がどの程度当てはまるかを 7 段階で回答させた。

4.2.2 結果・考察

気質は個人が複合的に持つものであると考えられるため、全体の傾向から比較的出現しやすい気質を分析した。加えて、調査 A と調査 B の結果の相関についても分析した。A と B の結果に相関が見られる場合、その気質は自己認識に表れる強力な気質であると考えられるためである。

調査 A の集計結果について、各気質の構成比率を回答者ごとに算出したものを図 8 に示す。最も高い比率を持った気質に応じて色分けしている。BAS 下位 3 尺度のうち、全体として高い比率を示しているものは BAS-RR であることが分かった。BAS-D, BAS-FS に関しては、高い比率を示す回答者とそうでない回答者のばらつきが大きいことが分かった。BIS も同様に比率のばらつきが大きいものの、構成比が 0.25 を上回る回答者がそうでない回答者よりも多く見られることが分かった。

調査 A で集計した各気質の得点と、調査 B における主観評価の回答結果から算出した相関係数 r と p 値を表 2 に示す。BAS-D を除いて実際の得点と主観評価の結果には中程度の正の相関があることが分かった。この結果から、BIS/BAS 尺度で定義されている気質は BAS-D を除きある程度自己認識できるものであると考えられる。

今回の結果から、比較的高い比率を示す傾向にあり、さらにある程度の自己認識が可能である BIS および BAS-RR を基準にインタフェースを製作することを検討する。この 2 つの気質を導入することで、「罰」と「報酬」という 2 種類のフィードバック提示が可能であると考えられる。具体的には、良姿勢を維持できた場合にはエアクッションを座り心地のよい形状に変化させる、マッサージなどの快刺激を提示するといったフィードバックを「報酬」として行い、不良姿勢が続いた場合には座面の振動や不安定感の提示といった不快なフィードバックを「罰」として行うことを検討している。これは「報酬」を獲得するために能動的な姿勢改善を行い、「罰」の回避するために姿勢の悪化を自ら抑える効果を期待したものである。

5. まとめと今後の展望

本論では VDT 作業中の良姿勢習慣化システムの構築のため、WEB カメラと SenseChair を用いた着座姿勢推定手法について述べ、姿勢改善補助インタフェースの製作に向けた作業者の気質分析に関する調査を行った。

今後は学習モデルとデータセットの改良によって着座姿勢推定の精度を高めると同時に、今回調査した気質分析に基づいたインタフェースの製作を進める。また、データ計測を阻害せずにエアクッションによるフィードバックを行う方法についても検討した上でシステムの統合を行い、長期利用を想定した実証実験によってシステムが提示する「報酬」「罰」が良姿勢習慣化に対して与えた効果について検証する。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP19K12083 の助成を受けたものです

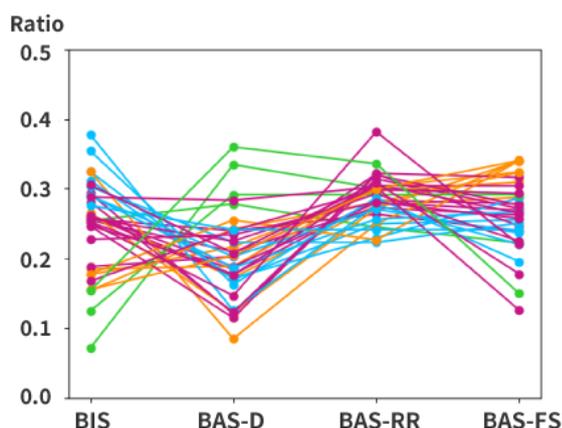


図 8: 各気質の構成比率

表 2: 調査 A と調査 B の相関係数

気質	対応する設問 (調査 B)	r	p
BIS	失敗や損害を避けるために行動を抑えることが多い	.513	.001
BAS-D	目標に向けて計画的に努力できる	-.010	.954
BAS-RR	報酬があることがわかるとモチベーションが上がる	.483	.003
BAS-FS	新しいものや面白そうなものに後先考えずに飛びつく	.623	4.93

参考文献

- [1] 厚生労働省：平成 20 年技術革新と労働に関する実態調査結果の概況, <https://www.mhlw.go.jp/toukei/itiran/roudou/saigai/anzen/08/index.html>(2019 年 7 月閲覧), 2009.
- [2] Pablo Brinol, Richard E. Petty, Benjamin Wagner: Body posture effects on selfevaluation: A selfvalidation approach, *Eur.J.Soc.Psychol.*39, pp.1053-1064, 2009.
- [3] Katherine B Howe:Gotta catch 'em all! Pokémon GO and physical activity among young adults:difference in differences study, *BMJ* 355, pp.i6270, 2016.
- [4] 四方備子, 松井辰則:意思決定に影響を与える環境からの刺激とリスク選好に関わる情報処理モデルの構築, *日本感性工学論文誌*, vol.17, pp.127-137, 2018.
- [5] 菊川真理子, 金井英明:行動の長期的結果提示による癖の矯正効果の検討, *インタラクション* 2012, pp.695-700, 2012.
- [6] C. Robert Cloninger: A Systematic Method for Clinical Description and Classification of Personality Variants, *Archive of General Phychiatry*, Vol. 46, pp.573-588, 1987.
- [7] 小野彩佳, 禹珍碩ほか:ロボットパートナーを用いた動機づけ発話に基づく健康づくり支援システム, *システム制御情報学会*, vol.28, No.4, pp.161-171, 2015.
- [8] 宮崎陽平, 伊藤雄一ほか: SenseChair による対話者間の同調傾向検出, *インタラクション* 2015, pp.47-53, 2015.
- [9] Jeffrey A.Gray: The psychophysiological basis of introversion-extraversion, *Behavioral Research and Therapy*, vol 8, pp.249-266.
- [10] 上出寛子, 大坊郁夫: 日本語版 BIS/BAS 尺度の作成, *対人社会心理学研究*, vol.5, pp.49-58, 2005
- [11] 高橋雄介:BIS/BAS 尺度 日本語版, <https://jspp.gr.jp/doc/BISBAS.pdf>(2019 年 7 月閲覧).
- [12] 高橋雄介:尺度使用マニュアル, https://jspp.gr.jp/doc/BISBAS_manual.pdf(2019 年 7 月閲覧).