

1 はじめに

近年、パソコンなどの IT 機器の普及に伴い、職場や家庭など様々な場所で長時間に渡り IT 機器の利用が急増している。電子機器などのディスプレイを使用する作業を VDT (visual device terminal) 作業と呼ばれが、この作業によって、心身に大きなストレスを感じる人が多いことが社会的な問題になっている。労働省の「技術革新と労働に関する実態調査」によると、精神的疲労を感じている人が 36.3%、身体的疲労を感じている人が 77.4%にも上っていることが明らかになっている [1]。厚生労働省も、VDT 作業における安全衛生管理のあり方について検討を行っている。「VDT 作業における労働衛生管理のためのガイドライン」を策定して作業者の負担を軽減すべく照明の明るさ、作業姿勢など推奨される環境に関して基準を設けている。しかし、作業姿勢などは長時間の作業では無意識のうちに乱れてしまう事が予想され、改善は難しいと言える [2]。従来の VDT 作業者の補助ツールとしては、VDT 講習 (作業環境のアドバイス、休憩時の体操など)、整骨院などでの診察、姿勢矯正ベルトなどが挙げられるが、いずれも VDT 作業を行っている最中に見守ってくれるわけではない点、効果の持続性に問題が残る点が課題として挙げられている。

2 目的

本研究では、無意識に乱れてしまう VDT 作業の作業姿勢をコンピューターでモニタリングすることを目的とする。対象者に干渉なく体の動きを追跡することができる非接触な三次元姿勢推定の技術を用いて、長時間の使用ができ、作業者に注意を促すようなシステムを提案する。

3 関連技術

3.1 三次元姿勢推定

三次元形状計測を用いて、人の姿勢を測定する試みが三次元姿勢推定である。人の特徴や、体のパーツを登録し、コンピューターに認識させることで、姿勢やジェスチャーも検出することができる。カメラなどから VDT 作業時の姿勢を撮影することで、三次元姿勢推定が可能になれば、非接触での VDT 作業姿勢の検出が可能であり、長時間の作業時にも使用でき、実際の作業時の監視が可能になる [3]。

3.2 OWAS

OWAS (Ovako Working Posture Analysing System) とは、作業姿勢が健康に与える影響を検討する作業姿勢分析法の一種である。OWAS は、異なる業種間の比較や、全身の姿勢評価に利用でき、作業の記録から評価まで整備されている点で、諸外国でも多く利用されている作業姿勢評価法である。本研究では、長期間座った状態で、キーボードを打つ VDT 作業の姿勢による負荷の変化を OWAS から参考に [4]。

4 提案手法

リアルタイムで三次元形状計測ができる 3D カメラで VDT 作業者を撮影し、人の姿勢や体の部位を登録したコンピューターに認識させることで、非接触での三次元姿勢推定が可能となり、VDT 作業者を作業中にモニタリングすることが可能となる。この方法を利用すれば、人体に触れずに姿勢が認識できるため、長時間の使用が可能となり、作業者が無意識にとっている身体的負荷の高い姿勢を監視することができる。

4.1 人体の機械学習によるユーザーの検出、骨格の推定、姿勢の検出

コンピューターに対して、人間の様々な形、サイズ、姿勢の大量の人間のサンプルを学習させることで、人間の体の各部分が認識できるようになる。検出された各部位を用いて、運動力学的な拘束と時間的な一貫性が保たれるように、三次元での人体部位の関節を抽出する。姿勢の検出は、人体部位の関節が検出できれば、各部位の位置関係を把握できるので、姿勢を検出することができる。事前に負荷の高い姿勢の各部位の位置関係を登録しておくことによって、作業者に知らせることが可能になる。

4.2 角度の算出

体の各部位の位置情報がわかれば、ベクトルを設定することにより、その各部位の傾きを知ることができる。傾きを知ることができれば、VDT 作業時に無意識になりがちな前傾姿勢などを検出することができる。傾きを用いて、作業者の体勢を測る指標とすることができ、負荷の高い姿勢の登録に役立つ。本研究では、二つのベクトルから内積を用いて、姿勢の傾きを求めている。計算方法を以下に示す。二つのベクトルを \vec{a} \vec{b} とおき、間の角を θ とする。 \vec{a} \vec{b} の各成分を $\vec{a} = (a_x, a_y, a_z)$ $\vec{b} = (b_x, b_y, b_z)$ とすると、

$$|\vec{a}|^2 = \vec{a} \cdot \vec{a} = a_x^2 + a_y^2 + a_z^2 \quad (1)$$

内積の式

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x \times b_x + a_y \times b_y + a_z \times b_z \quad (2)$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \cos(\theta) \quad (3)$$

(1), (2), (3) 式より

$$\cos(\theta) = \frac{a_x \times b_x + a_y \times b_y + a_z \times b_z}{\sqrt{(a_x^2 + a_y^2 + a_z^2) + b_x^2 + b_y^2 + b_z^2}} \quad (4)$$

よって

$$\theta = \arccos \frac{a_x \times b_x + a_y \times b_y + a_z \times b_z}{\sqrt{(a_x^2 + a_y^2 + a_z^2) + b_x^2 + b_y^2 + b_z^2}} \quad (5)$$

上記により、角度が求められる。

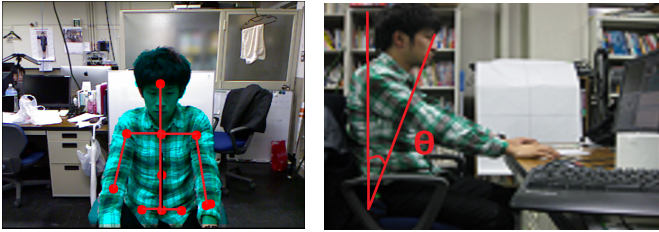


図 1: kinect から見た被験者 図 2: 横から撮影した被験者

5 実験

3D カメラとして、kinect(Microsoft 社) を使用し、姿勢検出には OpenNI ライブラリを用いた [3] . kinect から VDT 作業者の三次元座標を取得することで、作業者の姿勢を認識し、体の各部位の距離情報を用いて姿勢を監視する提案手法の効果を確かめる (図 1) . 尚、角度とは図 2 に示すような、鉛直方向ベクトルと腰から頭に向けたベクトルとの角度 (θ) とする . kinect から測定した姿勢の角度と、同時に撮影した横からの姿勢の画像から各部位間の前傾角度を調べることで、提案手法の姿勢検出の精度を確認する (図 2) . また、第 3 章で紹介した OWAS により、VDT 作業時に取りがちな負荷の高い姿勢として、背部に 20 °以上の曲がりがある姿勢を登録する . ポーズによる姿勢検出の精度に注目し、以下の手順で実験を行った .

1. 横からの目印を作成するため腰にシールを貼る
2. 姿勢認識する関節位置の検出
3. ポーズをとり提案システムで角度を計測 同時に横方向からデジタルカメラで写真を撮影
4. 撮影した写真から角度の真値を検出
5. 3D カメラで計測した角度と、写真から得た角度から誤差を計算

表 1: 測定ポーズと誤差 [deg]

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	平均
姿勢良く座る	-1.64	9.23	7.19	4.92
少し傾ける	3.22	14.42	3.29	6.98
20 °傾ける	11.1	14.14	21.33	15.52
肘をつく	6.89	13.29	36.59	18.92
キーボード	2.86	18.60	3.58	8.35
首のみ曲げる	12.12	14.96	1.24	9.44
筆記	5.55	14.42	-11.01	2.99

6 結果と考察

表 1 に被験者 3 人の各ポーズのデータ、表 2 に被験者ごとの測定誤差の平均、図 3、表 3 に各ポーズのデータのグラフを示す . 肘をつく、首のみ曲げるなどではオクルージョンが生じ、誤差が大きくなるのが首の関節などに確認された . 他の部位の位置から隠された部位の位置を推定しているが、精度があまり良くない為だと考えられる .

測定者 1	5.73
測定者 2	14.15
測定者 3	8.89

姿勢良く座る	4.92
少し傾ける	6.98
20 °傾ける	15.52
肘をつく	18.92
キーボードを触る	8.35
首のみ曲げる	9.44
筆記	2.99

表 2: 測定者ごとの平均誤差 表 3: ポーズごとの測定誤差

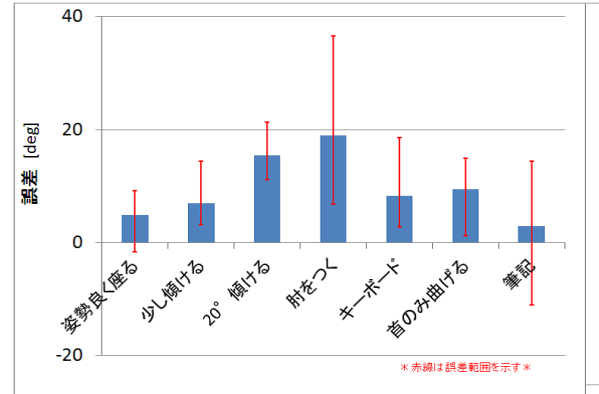


図 3: ポーズごとの測定誤差の平均 [deg]

また、被験者によって誤差に偏りがあることが確認できた . 3D カメラは衣服の表面までの距離を計測している為、服装などにより誤差が大きくなると考えられる . しかし、実験結果から負荷の高い姿勢を負荷の低い姿勢と誤判定することはなく、姿勢の正誤の判定に一定の成果を上げる事ができた .

7 おわりに

本研究では、三次元姿勢推定の技術を用いて、長時間の使用ができ、作業者に注意を促すようなシステムを提案した . 実験結果より、負荷の高い姿勢と低い姿勢を自動判定できる可能性が示された . ある一瞬の作業姿勢だけでなく、一定期間の姿勢の動向を監視し、慢性的な悪い姿勢や習慣を検出することや、ユーザーへのアナウンス方法の検討が、今後の課題として挙げられる .

参考文献

- [1] 労働省:「技術革新と労働に関する実態調査」, 2010.
- [2] 新・VDT 作業ガイドライン (本文&解説), (2002.4.5) <http://labor.tank.jp/anei/20020405vdt-honbun&kaisetu.html>
- [3] Key Kinect Technology Devised in Cambridge Labo , Tech Europe , (2010,11,8) <http://blogs.wsj.com/tech-europe/2010/11/08/key-kinect-technology-devised-in-cambridge-lab/#>
- [4] OWAS: Ovako 式作業姿勢分析システム , <http://homepage2.nifty.com/aseo/owas.html>