

## Azure Kinect を用いた骨格角度に基づく姿勢評価方法の提案 Proposal of a posture evaluation method based on skeletal angles using Azure Kinect

小澤 佑起<sup>1)</sup> 泉 翔太<sup>1)</sup> 今成 遥飛<sup>1)</sup> 金丸 隆志<sup>1)</sup>  
Yuki Ozawa Shota Izumi Haruto Imanari Takashi Kanamaru

### 1. はじめに

近年では、新型コロナウイルス感染拡大の影響により、(PC を活用した生活様式) が普及している。令和 3 年と令和 4 年においては過半数の企業がテレワークを導入している[1]。また、大学のオンライン授業の実施率は 97%以上である[2]。

そのようなテレワークやオンライン授業が普及する中で、身体的な不調(肩こりや腰痛など)を感じる人が多い[3]。高桑氏らによれば、一時的に姿勢を正すということが、適切な生理的反応の誘発と回復を導くことや、生体内に留まらず主観的反応の自覚にまで至ることを示しており、姿勢が心身の両方に作用することを示唆している[4]。

これらより、本研究では、着座時の姿勢を客観的に評価することを目的とする。

### 2. Azure Kinect を用いた提案手法

本研究では、Azure Kinect を用いた骨格角度に基づく着座時の姿勢評価方法を提案する。姿勢を評価する部分は上半身部と首部の 2 つとし、人体の骨格に基づいて算出される胸椎後弯角と頸椎前弯角を Azure Kinect を用いて推定することを目指す。上半身部においては、デジタル傾斜計を用いた胸椎後弯角の測定方法[5]、首部については、X 線画像を用いた頸椎前弯角の測定方法[6]を Azure Kinect に適用する。

Azure Kinect では、肩、肘、膝などの計 32 個の骨格点を取得できる。しかし、首から尻にかけては 4 つの骨格点しかなく、27~28 個の椎体からなる脊柱の状態を十分に反映しているとは言えない。そのため、上述の角度の推定には脊柱の状態と Azure Kinect の骨格を対応付けるためのいくつかの仮定が必要である。そこで、胸椎後弯角と頸椎前弯角の測定方法で用いられる椎体を Azure Kinect で推定される骨格点として疑似的に定義し、姿勢の評価方法を提案する。なお、本研究では Azure Kinect を使用するにあたり、Ibai Gorordo 氏が公開しているライブラリである pyKinectAzure を使用する[7]。

#### 2.1 Azure Kinect における疑似骨格点の定義

上で述べたように、本研究では胸椎後弯角と頸椎前弯角の測定方法で用いられる椎体を Azure Kinect 上で疑似的に骨格点として定義する必要がある(以下、疑似骨格点と記述する)。Azure Kinect で推定される骨格点と人体の標準的な脊柱画像から比率を算出し、疑似骨格点を定義する。

#### 2.2 上半身部における胸椎後弯角の提案評価手法

上半身部の姿勢評価方法は、デジタル傾斜計を用いた胸椎後弯角の測定方法[5]を参考に定義する。本研究では、胸椎後弯角(Thoracic Kyphosis Angle)を $\theta_{tk}$ と表記する。 $\theta_{tk}$ は、図 1 において三角形 ABC' によって決まる角度である。

以下、 $\theta_{tk}$ および三角形 ABC' の推定方法を解説する。 $\theta_{tk}$  の計算には第 1 胸椎棘突起(Th1)と第 12 胸椎棘突起(Th12)が必要である。そのため、Azure Kinect の推定骨格点として、Th1 部と Th12 部に相当する点を新たに定義することとした。

我々が考案した Th1 部は図 1 では点 A と表記されており、この点は Azure Kinect の骨格点 HEAD と SPINE\_CHEST 間の線分を 2:3 に内分する点と定義した。また Th12 は点 B と表記し、SPINE\_CHEST と SPINE\_NAVAL 間の線分を 2:1 に内分する点と定義した。点 C は点 A と点 B を 37:46 に内分する点として定義し、点 C' は点 C から線分 AB に対して垂直に伸ばした直線上にある点と定義した。

点 C' を決定するには、 $|\overline{CC'}|$  を決定する必要がある。そこで我々は、図 1 の $\theta_{tk}$ が健常者の立位時の測定結果( $32.5^\circ \leq \theta \leq 38.6^\circ$ )と一致するように点 C' を決めることにする。 $\theta_{tk}$  を既知として $|\overline{CC'}|$  を算出すると、式(1)のようになる。なお、 $|\overline{CC'}|$  は、測定者の身長や座高に線形に依存する量となる。

$$|\overline{CC'}| = \frac{-(|\overline{CA}| + |\overline{CB}|) + \sqrt{(|\overline{CA}| + |\overline{CB}|)^2 + 4|\overline{CA}||\overline{CB}|\tan^2 \theta_{tk}}}{2 \tan \theta_{tk}} \quad (1)$$

点 C' が定まると、 $\theta_{tk}$  は式 (2) より決定される。

$$\theta_{tk} = 180^\circ - \left( \tan^{-1} \left( \frac{|\overline{CA}|}{|\overline{CC'}|} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{|\overline{CB}|}{|\overline{CC'}|} \right) \right) \quad (2)$$

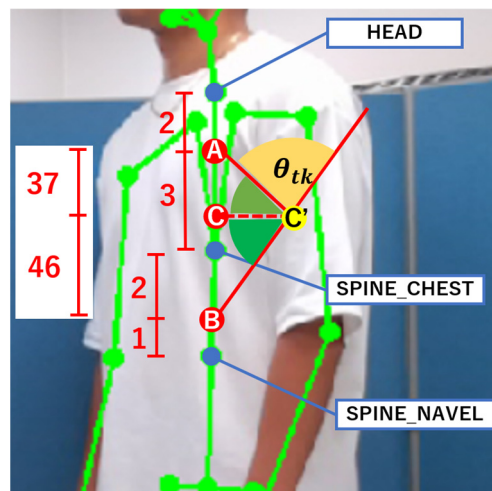


図 1 胸椎後弯角 $\theta_{tk}$ の提案評価手法

1)工学院大学 Kogakuin University

### 2.2.1 胸椎後弯角 $\theta_{tk}$ の評価実験

本項では、我々が提案した胸椎後弯角 $\theta_{tk}$ が上半身部の姿勢評価に適しているのかを検証する。

床から 90cm の位置にマスキングテープで $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ ごとに印をつけた壁を用意し、実験を行う。なお、床に対して垂直な線を $0^\circ$ とする。被験者は 20 代前半男性 3 名とし、印をつけた壁の前の椅子に座る。そして、上半身を $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ のテープに合わせて傾け、10 回ずつ $\theta_{tk}$ の記録を行った。

その結果を示した図 2 より、上半身が前傾するにつれて $\theta_{tk}$ の値が大きくなることが分かった。

また、有意水準 5% の t 検定を行ったところ、各姿勢で $\theta_{tk}$ が有意に変化することが確認された。

これらの結果より、我々が推定した $\theta_{tk}$ を姿勢評価に利用できると考えられる。

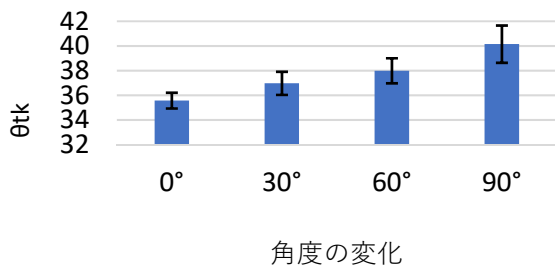


図 2 上半身部における $\theta_{tk}$ の変化

### 2.3 首における頸椎前弯角の提案評価手法

首部の姿勢評価方法は、X 線画像を用いた頸椎前弯角の測定方法[6]を参考に定義する。本研究では頸椎前弯角 (Cervical Lordosis Angle) を $\theta_{cl}$ と表記する (図 3)。

$\theta_{cl}$ は図 3 において三角形 ADE' によって決まる角度である。以下、 $\theta_{cl}$ および三角形 ADE' の推定方法を解説する。 $\theta_{cl}$ の計算には第 1 頸椎 (C1) と第 7 頸椎 (C7) が必要である。そのため、Azure Kinect の推定骨格点として、C1 部と C7 部に相当する骨格点を新たに定義することとした。

我々が考案した C1 部は図 3 では点 D と表記されており、Azure Kinect の骨格点 HEAD とした。C7 部は、2.2 で述べた Th1 部と隣接しているため、上半身部で定義した点 A とする。点 E は点 D と点 A を 7:29 に内分する点として定義し、点 E' は点 E から線分 AD に対して垂直に伸ばした直線上にある点と定義した。点 E' を決定するには、 $|\overline{EE'}|$ を決定する必要がある。そこで、我々は、図 3 の $\theta_{cl}$ が文献[8]の正常範囲( $30^\circ \leq \theta \leq 35^\circ$ )と一致するように点 E' を決めることとする。 $\theta_{cl}$ を既知として $|\overline{EE'}|$ を算出すると、式(3)のようになる。なお、 $|\overline{EE'}|$ の長さは、測定者身長や座高に線形に依存する量となる。

$$|\overline{EE'}| = \frac{(|\overline{ED}| + |\overline{EA}|) + \sqrt{(|\overline{ED}| + |\overline{EA}|)^2 + 4|\overline{ED}||\overline{EA}| \tan^2 \theta_{cl}}}{2 \tan \theta_{cl}} \quad (3)$$

点 E' が定まると、 $\theta_{cl}$ は式 (4) より決定される。

$$\theta_{cl} = \tan^{-1} \left( \frac{|\overline{ED}|}{|\overline{EE'}|} \right) + \tan^{-1} \left( \frac{|\overline{EA}|}{|\overline{EE'}|} \right) \quad (4)$$

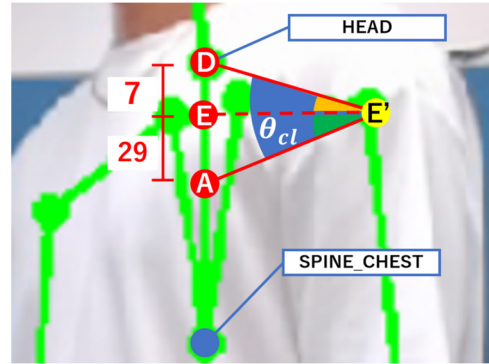


図 3 頸椎前弯角 $\theta_{cl}$ の提案評価手法

### 2.3.1 頸椎前弯角 $\theta_{cl}$ の評価実験

本項では、我々が提案した頸椎前弯角 $\theta_{cl}$ が首部の姿勢評価に適しているのかを検証する。

床から 110cm の位置にマスキングテープで印をつけた壁を用意し、実験を行う。2.2.1 項同様に首を $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ のテープに合わせて傾け、10 回ずつ $\theta_{cl}$ の記録を行う。

その結果を示した図 4 より、首が前傾するにつれて $\theta_{cl}$ の値が小さくなることが分かる。また、有意水準 5% の t 検定を行い、各角度間で $\theta_{cl}$ が有意に変化することが確認された。

これらの結果より、我々が推定した $\theta_{cl}$ を姿勢評価に利用できると考えられる。

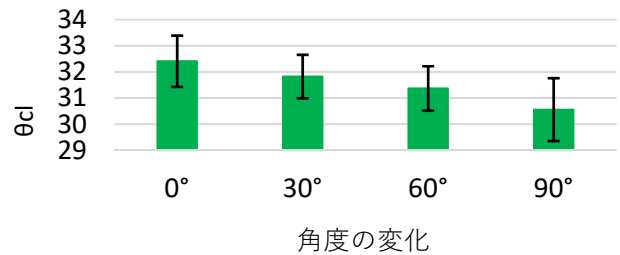


図 4 首における $\theta_{cl}$ の変化

## 3. まとめ

本研究では、Azure Kinect を用いて胸椎後弯角 $\theta_{tk}$ と頸椎前弯角 $\theta_{cl}$ を推定する方法を提案した。姿勢評価実験では、 $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の各角度間で有意な差が確認された。

よって、我々が推定した $\theta_{tk}$ と $\theta_{cl}$ を姿勢評価に利用できるとことが確認された。今後は、様々な姿勢に対する提案手法の実用性の検討を行う予定である。

### 参考文献

- [1] 総務省, “通信利用動向調査” (2023).
- [2] e ラーニング戦略研究所, “大学におけるオンライン授業の緊急導入に関する調査報告書” (2020).
- [3] オムロンヘルスケア株式会社, “テレワークとなった働き世代へ緊急アンケート” (2020).
- [4] 高桑 巧, 研谷 智, 柏崎 裕一, “高校生の肩こり-アンケート調査より-”, 肩関節, Vol.24, No.2 (2000).
- [5] 大村 颯太, 横山 茂樹, “デジタル傾斜計を用いた胸椎後弯角に関する評価方法の検者内・検者間信頼性”, 理学療法科学, Vol.36, No.3 (2021).
- [6] 市川 秀男, “X 線画像読影に必要な計測法-頸椎・胸椎-”, INNERVISION, Vol.35, No.4 (2020).
- [7] <https://github.com/ibaiGorordo/pyKinectAzure>
- [8] 竹井 仁, “姿勢の評価と治療アプローチ”, 脊髄外科, Vol.27, No.2 (2013).