

Azure Kinect を用いた骨格推定に基づく姿勢評価方法の提案

小澤 佑起[†] 金丸 隆志^{††}

[†]工学院大学 大学院 工学研究科 〒192-0015 東京都八王子市中野町 2665-1

^{††}工学院大学 先進工学部 〒192-0015 東京都八王子市中野町 2665-1

E-mail: [†]am23016@ns.kogakuin.ac.jp ^{††}kanamaru@cc.kogakuin.ac.jp

あらまし 本研究では、Azure Kinect を用いた骨格推定に基づく姿勢評価方法を提案する。客観的な姿勢評価方法を実現するため、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。Azure Kinect は肩、肘、膝などの計 32 個の骨格点を取得できる。上述の角度は脊柱の状態と Azure Kinect の骨格を対応付けるためのいくつかの仮定をもとに推定する。得られた姿勢評価方法を 20 代前半男性に適用し、臨床で活用できる可能性を検討した。

(電子情報通信学会 技術研究報告 vol. 123, no. 306, IE2023-33, (2023) pp.49-52.)

キーワード Azure Kinect, 姿勢評価, 胸椎後弯角, 頸椎前弯角

Proposal of a posture evaluation method based on skeletal estimation using Azure Kinect

Yuki OZAWA[†] and Takashi KANAMARU^{††}

[†]Graduate School of Engineering, Kogakuin University, 2665-1 Nakano, Hachioji-city, Tokyo 192-0015, JAPAN

^{††}School of Advanced Engineering, Kogakuin University, 2665-1 Nakano, Hachioji-city, Tokyo 192-0015, JAPAN

E-mail: [†]am23016@ns.kogakuin.ac.jp ^{††}kanamaru@cc.kogakuin.ac.jp

Abstract In this study, we propose a posture evaluation method based on skeletal estimation using Azure Kinect. To realize an objective posture evaluation method, we estimate the thoracic kyphosis angle and cervical kyphosis angle calculated based on the human skeletal points including shoulder, elbow, and knee, obtained by Azure Kinect. To calculate these angles, it is assumed that the state of the spine can be mapped to the Azure Kinect skeleton. The proposed postural evaluation method was applied to a male in his early 20s to examine its validity for the clinical use.

Keywords Azure Kinect, Posture Evaluation, Thoracic Kyphosis Angle, Cervical Kyphosis Angle

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、オンライン授業やデスクワークといった 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、2020 年 6 月の時点で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]。また、高桑氏らによる高校生の肩こりに関するアンケート結果[4]によると「他人から姿勢が悪いと日頃から指摘されると答えた生徒に肩こりが多い」ことは、「猫背などによる姿勢性の因子も肩こりの一因であることを示唆する」とされている。高井氏らによれば、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が示されており、姿勢が心身の両方に作用することを示唆している[5]。

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 を用いた姿勢評価方法

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 (Thoracic Kyphosis Angle) と頸椎前弯角 (Cervical Lordosis Angle) 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[6]、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[7]を参考にし、Azure Kinect でこれらの角度を推定する。

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[8]。

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 上で疑似骨格点として定義する必要がある。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 上半身における胸椎後弯角の推定手法

上半身において胸椎後弯角を推定するために、デジタル傾斜計を用いた胸椎後弯角の測定方法[5]を参考にする。本研究では、胸椎後弯角 (Thoracic Kyphosis Angle) を θ_{tk} と表記する。 θ_{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、 θ_{tk} および三角形 ABC' の推定方法を解説する。 θ_{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_NAVEL 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 θ_{tk} が健常者の立位時の測定結果 ($32.5^\circ < \theta_{tk} < 38.6^\circ$) と一致するように点 C' を決めることにする。 θ_{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、 θ_{tk} は式 (2) より決定される。

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

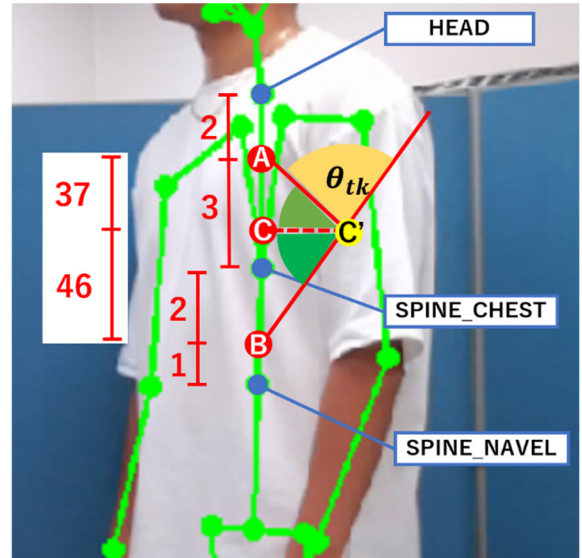


図 1 胸椎後弯角 θ_{tk} の推定方法

2.2.1 胸椎後弯角 θ_{tk} の評価実験①

本項では、我々が提案した胸椎後弯角 θ_{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° 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 $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の印に合わせて傾け、10 回ずつ θ_{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 θ_{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 θ_{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 θ_{tk} を姿勢評価に利用できると考えられる。

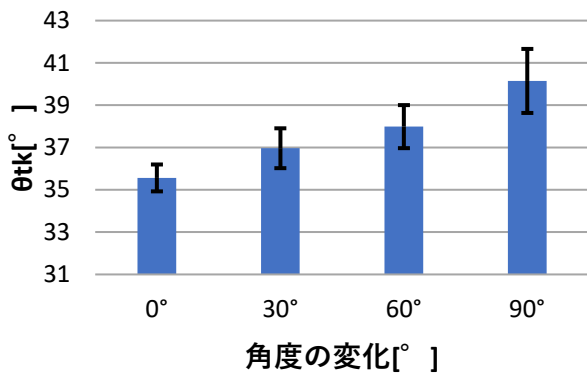


図 2 上半身部における θ_{tk} の変化

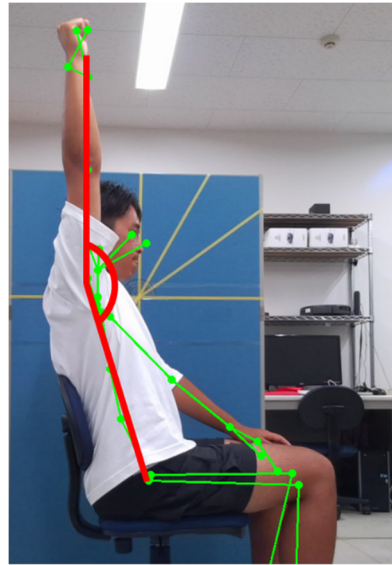


図 3 上肢挙上運動

2.2.2 胸椎後弯角 θ_{tk} の評価実験②

本項では、2.2.1 項に加えて、我々が提案した胸椎後弯角 θ_{tk} が上半身部の姿勢評価に適しているのかを検証する。

2.2.1 項では、上半身を前傾させたときに胸椎後弯角 θ_{tk} が姿勢の変化に伴って変化するかを検証した。

それに対し、2.2.1 項のような上半身全体を変化させる運動ではなく、体の一部を変化させた場合に胸椎後弯角 θ_{tk} がどのように変化するかを検証する。

そのような運動として上肢挙上運動を採用する。上肢挙上運動は図 3 のように、腕を上にはげる動作のことを示し、上半身と腕の内角を挙上角と呼ぶ。また、甲斐氏らの研究[9]によると挙上角を $120^{\circ} \sim 180^{\circ}$ の間で増加させたときに胸椎後弯角が減少することが分かっている。

本実験では、上述の傾向と我々の提案した胸椎後弯角 θ_{tk} が同様の傾向を示すかを検証する。

着座時の被験者の肩の高さにマスキングテープで $0^{\circ}, 90^{\circ}, 120^{\circ}, 150^{\circ}, 180^{\circ}$ ごとに印をつけた壁を用意し、実験を行った。Azure Kinect に対して横向きに着座し、各角度のテープに沿って右腕を挙げる。各角度 10 回ずつ測定を行い、 θ_{tk} の記録を行った。被験者は 20 代 3 名とする。

その結果を示した図 4 より、挙上角が $90^{\circ} \sim 150^{\circ}$ の間において胸椎後弯角 θ_{tk} が減少するが、 180° では θ_{tk} が増加してしまうことがわかった。

したがって、我々の提案した θ_{tk} の実験結果と甲斐氏らの実験結果[9]と傾向が一致する範囲は 150° 以下に限られる。すなわち、我々の提案した上半身の提案評価手法は、上肢挙上運動のような、体の一部を動かした運動に対しては適用範囲は限定的であるということが分かった。

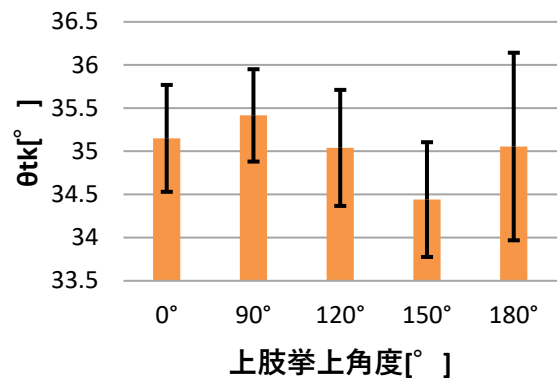


図 4 上肢挙上運動による胸椎後弯角の変化

2.3 首節における頸椎前弯角の提案評価手法

首節において、頸椎前弯角を推定するために、X 線画像を用いた頸椎前弯角の測定方法[7]を参考にする。本研究では頸椎前弯角 (Cervical Lordosis Angle) を θ_{cl} と表記する (図 5)。

θ_{cl} は図 5 において三角形 ADE' によって決まる角度である。以下、 θ_{cl} および三角形 ADE' の推定方法を解説する。 θ_{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 5 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 5 の θ_{cl} が文献[10]の正常範囲 ($30^\circ < \theta_{cl} < 35^\circ$) と一致するように点 E' を決めることとする。 θ_{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、測定者の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、 θ_{cl} は式(4)より決定される。

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

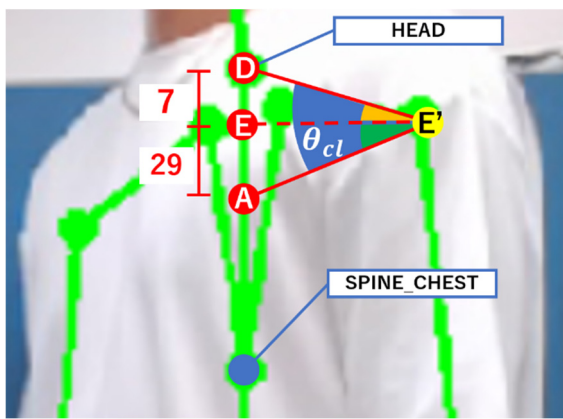


図 5 頸椎前弯角 θ_{cl} の推定方法

2.3.1 頸椎前弯角 θ_{cl} の評価実験

本項では、我々が提案した頸椎前弯角 θ_{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 $0^\circ, 30^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ の印に合わせて傾け、10 回ずつ θ_{cl} の記録を行う。

その結果を示した図 6 より、首が前傾するにつれて θ_{cl} の値が小さくなるのが分かる。また、有意水準 5% の t 検定を行い、各角度間で θ_{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 θ_{cl} を姿勢評価に利用できると考えられる。

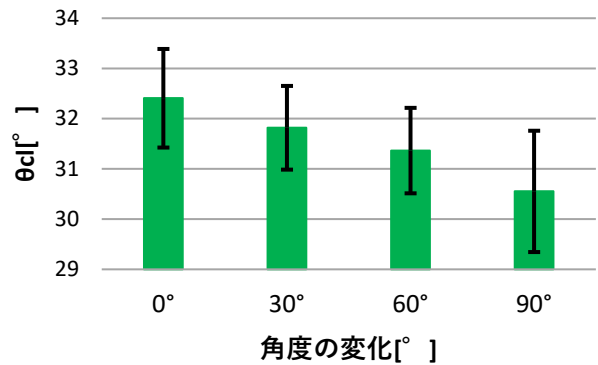


図 6 首部における θ_{cl} の変化

3. まとめ

本研究では、Azure Kinect を用いて胸椎後弯角 θ_{tk} と頸椎前弯角 θ_{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。

しかし、上半身の姿勢評価実験②においては、甲斐氏らの実験結果[9]と我々の提案した θ_{tk} を上肢挙上運動時の姿勢評価に用いるには姿勢を限定する必要があることがわかった。

よって、我々が推定した θ_{tk} は体全体を変化させる運動に対しては姿勢評価に利用できるものの、上肢挙上運動のような体の一部を動かす運動時の姿勢評価に対しての利用は限定的であることがわかった。

今後は胸椎後弯角 θ_{tk} の推定方法の改善と、頸椎前弯角 θ_{cl} の様々な運動への適用検討していく。

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, 2020.
- [5] 高井 美咲, 田中 芳幸, “課題遂行時の座位姿勢が心身の急性ストレス反応に及ぼす影響” 日本健康心理学会大会発表論文集, vol.33, 2020.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] <https://github.com/ibaiGorordo/pyKinectAzure>
- [9] 甲斐 義浩, 村田 伸, 堀江 淳, “上肢挙上角と脊柱後弯角との関係-健康成人における検討-, ” 理学療法科学, vol.25, no.2, p.19-22, 2010.
- [10] 竹井 仁, “姿勢の評価と治療アプローチ,” 脊柱外科, vol.27, no.2, p119-124, 2013