

モーショントラッキング技術を用いた 徒手筋力検査補助システムの開発

Development of Manual Muscle Test support system using motion tracking technology

葛西優斗[†] 皆月昭則[†]

釧路公立大学

1. はじめに

筋力測定は、看護や介護の現場において重要な検査項目の一つである。臨床における筋力評価には、患者の検査部位を検者の徒手によって保持し、その抵抗力を6段階の順序尺度で評価する徒手筋力検査法（以下 MMT）が用いられている。MMT はその他の筋力測定法と比べ、手軽さや柔軟性に優れているため様々な現場で広く使用される一方、測定結果に検者の主観や体格などによる影響が入り込むため、対策として等尺性筋力測定装置であるハンドヘルドダイナモメーター（以下 HHD）を使用する場合がある。HHD を用いて正確に測定するためには患者の測定部位に固定された HHD の位置を検者が保持しつづける必要があるが、保持力は検者ごとに個人差があるため固定用ベルトの使用が推奨されている。しかし患者によってはベルト固定に際し痛みを伴う場面や頻繁な姿勢変更が難しい場面があり負荷が大きい。

そこで本研究では、ベルトを用いずに測定を行う方法として、モーショントラッキング技術を用いた視覚的フィードバックによる測定手法を提案、また提案手法に基づいたシステムを構築し、その有効性を検証した。

2. 関連研究

山崎ら^[1]はベルト固定の有無によって HHD で得られる数値に大きな差（ベルト使用時 $32.05 \pm 20.36\text{kgf}$ 、非使用時 $26.59 \pm 13.37\text{kgf}$ ）が生じることを報告した。一方、徳久ら^[2]は測定姿勢に独自の工夫を施した図1のような「H固定法」を考案し、ベルト非使用でも高い保持力を発揮することができることを報告している。しかし徳久らの工夫は「対象者は平均年齢 81.6 歳の高齢者であるため、健常成人などに一般化することはできないであろう」との指摘もある。

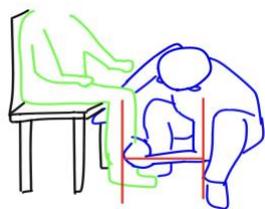


図1 徳久らによる工夫「H固定法」

そこで本研究では、ベルト非使用条件下において健常成人などにも適用できる測定姿勢を可能にするシステムの開発を目的とする。精査、抽出する対象筋群は、ベルトで固定すべき大きな主動筋の一つである大腿四頭筋とし、多田ら^[3]の文献検証に準じ「端座位・膝屈曲 90°」とした膝伸展課題支援のシステムの開発を行った。

3. システムの開発環境

システム開発環境は、3D オブジェクトを描画するゲームエンジンに Unity Technologies が提供する Unity 2022、スクリプトには Microsoft Visual Studio 2022 において C# 言語を用いた。Azure Kinect DK は、各関節座標の深度データを取り込む際に物理マーカを必要としない NUI (Natural User Interface) 入力カメラデバイスである。物理マーカを使用すると固定用ベルトの取り外しと同じ手間を患者と検者の両者に敷いてしまうことが予想されるため、本システムではマーカレスモーショントラッキングが可能である Azure Kinect DK を採用した。HHD は徳久らによる再現性の高い測定可能条件の報告がある南波製作所 Power gauge を使用した。



図2 Azure Kinect DK (左) と Power gauge (右)

4. システムの機能

4-1. 膝関節角度リアルタイムフィードバック

臨床では関節角度を指定する際にゴニオメーターを使用することが一般的である。しかしゴニオメーターでは関節角度の経時的な変化を捉えることができない。そこで本システムでは Azure Kinect DK から得られる右膝関節角度の数値

[†] Yuto Kuzunishi, [†] Akinori Minaduki

[†] Kushiro Public University Minaduki lab

をリアルタイムに画面上に報知している。検者は測定しているあいだに正しく測定部位を保持できているか否かを確認することが可能になる。



図3 システムのインターフェース画面

4-2. 課題失敗判定機能

1秒以上（連続30フレーム）の間に右膝関節角度が85度未満、もしくは95度以上を維持した場合、課題失敗と判定し、30秒の休憩ののちに再び課題開始のタイマーがカウントダウンする。この範囲の根拠は事前検証として固定用ベルト使用時の膝伸展課題において Azure Kinect DK で取得した最小-最大角度によるものである。

4-3. リザルト表示機能

図4のように5秒間の膝伸展課題後、平均右膝関節角度と最大連続範囲外フレーム数値に評価コメントを付加する達成評価モジュールを実装した。



図4 達成フィードバック画面例

4-4. 関節角度 CSV ファイル出力機能

課題成功の場合、3フレームごとに右膝関節角度を事前に用意した CSV ファイルに上書きをくりかえす。課題を繰り返し集められた CSV ファイルはエクセル VBA 機能により図5のような折線グラフに可視化できる。

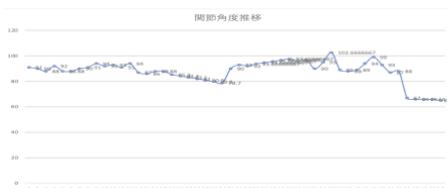


図5 関節角度推移の可視化

5. 実験方法

実験課題は、右膝関節伸展の運動における等尺性筋収縮とした。実験参加者は18歳から23歳の大学生とし、患者役-検者役をそれぞれ担当した。患者役は壁付した椅子に座り、本システムを見ながら下腿を下垂させ、膝屈曲90°に合わせて測定開始まで待機する。検者役は固定用ベルトを使用せず本システムを使用する・しないパターンと固定用ベルトを使用するパターンの3パターンでそれぞれ Power gauge による重量キログラムの計測をした。測定バイアスを排除するために、計測時は検者のみが本システムの画面の視認をし、被験者には画面を非表示にした。実験参加者の疲労による測定結果への影響を排除するために測定順序にはラテン方格法を採用した。

6. 検証と仮説

検証では、本システムにより保持姿勢を意識した補正訓練を行うことで、固定用ベルトを使用しない状況下においても適切に計測できる検者が増加した。統計分析をした検証の仮説証明の詳細は学会登壇時に述べる。

固定用ベルトを使用しない条件下で、患者の抵抗による検者の保持位置への圧迫が確認できないとき、想定される原因は「検者役自身が H 固定法のような工夫を測定最中に施しているため」と考えられる。

7. おわりに

従来の MMT 教育は、公式テキストによる座学か、教官による暗黙知の継承などによるものが主であり、またテキストの改訂回数も多く改訂以前に MMT を習得した上司と改定後に習得した部下との間で手法の齟齬も頻繁に発生しているなどのことから、MMT は現場の背景や判断に委ねられることの多い評価でもあった。本システムでは検者自身が測定姿勢に対し工夫を施すだけでなく、HHD 使用に伴う固定用ベルトが不要になる可能性も秘めており、検者-患者両者への負担を軽減することが期待される。

今後は検証結果を踏まえた改良を継続していくとともに、健常成人に一般化できる H 固定法のような検者の測定姿勢を解明するシステムの開発を目指す。

参考文献

- [1] 山崎裕司, 加藤宗規, “徒手固定による膝伸展筋力の限界”. 理学療法学, 2007
- [2] 徳久謙太郎, “ハンドヘルドダイナモメーターを用いた新しい膝伸展筋力測定方法の有用性”. 理学療法学, 2007
- [3] 多田実加・他, “Hand-held Dynamometer を用いた膝伸展筋力測定の再現性と妥当性についての文献検証”. 高知リハビリテーション学院紀要, 2017