

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：83807

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2013

課題番号：25560333

研究課題名(和文) 現場向きの動作観察・生体計測記録情報の統合に基づく運動評価支援システムの開発

研究課題名(英文) The development of a motion assessment support system based on a consolidate of the observation of performance and biometric measurements in the field

研究代表者

易 強 (YOTO, Yi Tsuyoshi)

静岡県工業技術研究所・ユニバーサルデザイン科・上席研究員

研究者番号：50505641

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 0円

研究成果の概要(和文)：運動評価の現場で利用可能な小型無線筋電センサ、加速度センサ、赤外線による距離カメラ、撮像用のカメラを使い、運動時の筋電図、加速度、関節角度、動きの動画、運動評価者の観察記録を同時に収録できるシステムをLabVIEW(TM)で試作した。

試作したシステムを使い、6人の被験者にポールを使ったエクササイズを行ってもらい、運動指導者が指導する実験を行った。その結果、試作システムが安定して、正確に且つ確実にデータを収録できることを確認した。収録したデータを用いて、運動を行った被験者を指導したところ、運動指導者から、指導するポイントを素早く見つけ出すことができ、測定値と映像を用いて指導しやすいと評価された。

研究成果の概要(英文)：We made a trial movement evaluation support system, which can record the electromyogram (EMG), We made a trial motion assessment support system, which can record the electromyogram (EMG), acceleration, joint angle, video of motion and the motion assessor's live assessment simultaneously through LabVIEW(TM). The trial production system consists of a small wireless EMG sensor, accelerometer and joint position sensor that can be used at the field of motion evaluation.

6 subjects performed an exercise with two walking poles and their performances were monitored and instructed by a coach using this motion assessment support system. It was verified that the trial motion assessment support system was stabilized and it could record the data accurately and reliably. After using the trial motion assessment support system, the coach reported that using the recorded data they could identify points of instruction quickly and it was easy to instruct the subjects using measured data and video.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学

キーワード：指導支援 動作観察記録 筋電図 加速度 関節角度 運動評価 コーチング 生体計測

1. 研究開始当初の背景

スポーツや運動の評価・指導は、指導者のこれまでの成功経験、指導の知識に基づき、身振り手振りを使いながら言葉で伝える方式が一般的である。指導を正確に言葉で伝えるには高いコミュニケーション能力が必要である。言葉による評価は、質的な部分の表現を得意としても、動作の速さ、角度や力の大きさなどの量を表現しようとする、指導者個人の主観に依存し、曖昧となり、客観性に乏しい。対象者の状態を客観的に捉えるために、指導者がビデオ映像、筋電図、心電図、加速度、関節角度など多様な計測データを活用しようと大学や国立スポーツ科学センター、大手スポーツメカなどで先端的な取り組みをしている^{1) 2) 3) 4)}。

しかし、高価な生体計測システムとその後の膨大なデータ処理が必要であり、結果が出るまで時間がかかるなどの理由から、一般の現場ではなかなか利用できていない。

近年では電子技術の進歩により、ビデオ映像が簡単に収録・再生できるようになり、筋電センサ、加速度センサが小型化され、従来に比べて計測が容易となってきている^{5) 6)}。ただし、映像、筋電図、加速度、関節角度などの計測は別々のシステムで行われるので、同時に収録・表示し、評価に利用できるようにはなっていない。また、指導者の視点に基づく観察メモを、リアルタイムに連携して記録できるシステムがない。

2. 研究の目的

運動の客観評価に必要な生体情報、物理情報、映像などをリアルタイムに計測すると共に、その運動を観察している指導者の主観評価の記録も統合して運動評価を支援するシステムを開発する。

具体的には、小型の無線筋電センサ、加速度センサ、赤外線による距離カメラ、撮像用のカメラを用いて、運動の際の筋電図、加速度、関節角度、ビデオ映像、指導者の観察メモを同時計測記録、再生できる評価支援システムを試作する。

3. 研究の方法

(1) 筋電図計測

「小型」、「無線」、「安価」という基準で、量産品の無線筋電センサ (LP-WS1221, (有) 追坂電子機器製) を採用した。このセンサの無線制御方法は開発者向けに公開している。筋電センサの主な仕様は表 1 に示す。

表 1 筋電センサの仕様

項目	仕様
サンプリング周波数	1~1000Hz(9段階)
分解能	16bit
周波数特性	19.6Hz ~ 442Hz
同相信号除去比(CMR)	94dB
筋電の増幅率	250~3000倍 (6段階)
電極バー	3(内1つはアース)
通信距離	50m
重量	15g(連続動作4時間充電電池含む)
寸法	43mm*24mm*12mm

(2) 加速度計測

筋電センサと同様の基準で量産品の無線加速度センサ (LP-WS1101, (株) ロジカルプロダクト製) を採用した。このセンサの無線制御方法も開発者向けに公開している。加速度センサの主な仕様は表 2 に示す。

表 2 加速度センサの仕様

項目	仕様
サンプリング周波数	1~1000Hz(9段階)
分解能	16bit
加速度範囲	±50G(x軸,y軸,z軸)
通信距離	50m
重量	30g(連続動作5時間充電電池含む)
寸法	40mm*30mm*20mm

(3) 関節角度計測

Kinect® for Windows® センサ(日本マイクロソフト(株)製)を採用した。内臓の赤外線カメラより USB ケーブル取得される 3次元人体姿勢の座標情報を元に関節角度を算出した。

関節角度の算出には、イギリスのリーズ大学が、無償で提供しているライブラリ Kinesthesia を利用した。

(4) ビデオ映像の計測

Kinect® for Windows® センサを採用した。内臓の RGB カメラより USB ケーブル経由で取得されるカラー映像 (640 x 480pixel) を記録する。映像の記録においても Kinesthesia を利用した。

(5) 指導者の観察メモの記録

筆者らがユーザビリティテストなどで開発したボタンによる観察記録ソフト OBSERVANT EYE®と同じ方式を採用した⁷⁾。

メモによる観察時間の中断を極力短縮するために、評価の際、良く使用する抽象的な表現「良い」「良くない」「まあまあ」「どうかな?」をボタンの記号「 \times 」「 \circ 」「 $?$ 」として、視認性を高めた。ボタンを押すことによってタイムスタンプと一緒に記録でき、後ろには、タイプ入力によるメモ書きができるようにした。記録終了後は、タイムスタンプを指標に映像と計測データを参照できる仕様にした。

(6) 統合制御

指導者が運動評価の際に利用しやすいように、上記の 5 種類のデータ、筋電図、加速度、関節角度、ビデオ映像、指導者の観察メモをひとつのウィンドウ上で記録表示できるようにした。データの取得、記録、表示には、LabVIEW®2013 (日本ナショナルインスツルメンツ(株)製) を用いた。

統合制御ソフトの操作画面は、指導者が評価の際に利用する流れに沿って、3つの画面についてインタフェース設計を行った(表 3)。

表3 操作画面

名称	内容
設定画面	記録条件の設定と動作確認
記録画面	記録の監視及び観察メモの記録
再生画面	測定データの呼び出し及び再生

(7) 試作システムの検証

筋電図

試作システムと市販の筋電計測システム (MQ8, (株)キッセイコムテック製) で、一般的な筋負担評価で利用する筋電位積分値を計測・比較を行った。動きとして、1人の被験者に4kgのダンベルを持たせ、肩関節の伸展動作10回を1セットとし、休憩を挟んで計6セットを行ってもらった。筋電図の測定部位は上腕三頭筋とした(図1)。得られた6回分の筋電位積分値の比較を求めた。

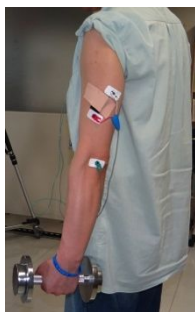


図1 筋電図の検証



図2 加速度の検証

加速度

振動試験機 (F-1000-BL-E07, エミック(株)製) に試作システムの加速度センサを固定し、10G/50Hzの振動を発生させ、試作システムで記録した加速度のピーク値で検証した(図2)。

関節角度

肘関節の一連の屈曲、伸展動作を試作システムとゴニオメータ (PH-412B (株)ディケイエイチ製) で計測し、関節角度の経時変化パターン及びターニングポイントとなる極値の比較を行った(図3)。



図3 関節角度計測の検証

ユーザビリティ評価

システム全体の有効性、ユーザ満足度を評価するために、指導者が初心者を実験室で本試作システムを実際に使ってもらい、

ユーザビリティテストを行った(図4)。



図4 ユーザビリティテスト実験風景

被験者としてポールエクササイズ(2畳位のスペースで2本のポールを使ったエアロビック運動)初心者6人に、約20分の運動プログラム模範ビデオを見ながら実践してもらった。日本体育協会公認上級コーチ資格を持つ指導者1名に試作システムを使用してもらい、被験者の運動について指導してもらった。改善の様子を確認するために、休憩を挟み再度同じ運動を行ってもらい、指導者に2回目のコーチングを行ってもらった。1人につき、最大3回まで指導してもらった。

一連の実践の中で、筋電図、加速度、関節角度、映像、指導者の観察メモが正常に記録できるかどうかを確認した。試作システムを使用している様子や指導者への聞き取りの様子をビデオで記録し、行動観察記録プログラム OBSERVANT EYE®で観察記録を行った。

4. 研究成果

(1) 製作物

ハードウェア構成

試作した運動評価支援システムは、筋電センサ、加速度センサ、Kinect® for Windows® センサ、無線受信機、制御用パソコンから構成された(図5)。



図5 試作した運動評価支援システム

ソフトウェア構成

試作した運動評価支援システム制御ソフトは、設定画面、記録画面、再生画面で構成した(図6)。プログラムのコードはフローチャートで制作した(図7)。

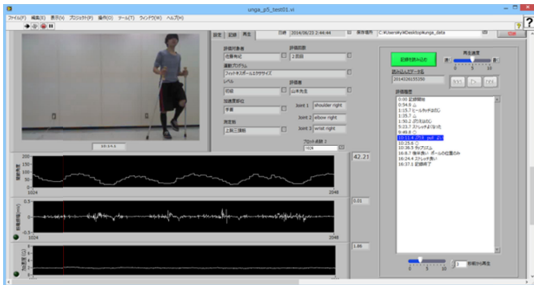
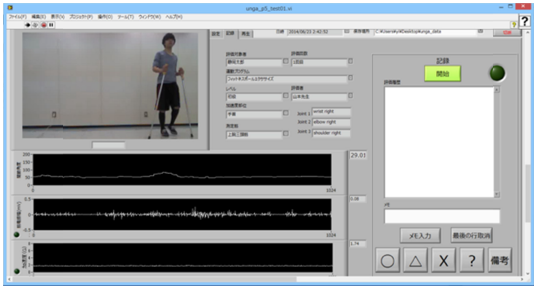
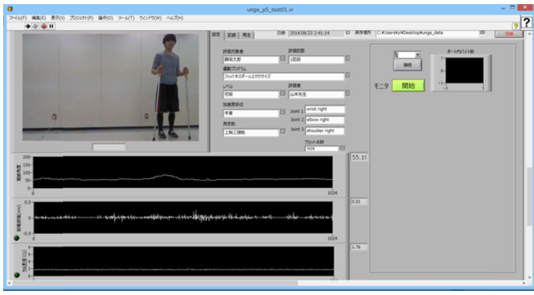


図6 試作した制御ソフト
(上から設定画面、記録画面、再生画面)

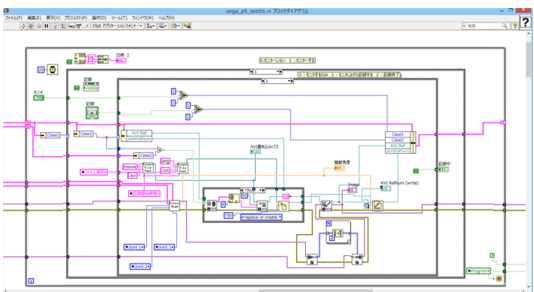


図7 プログラムのログダイアグラム
(LabVIEW™2013 によるソースコードの一部)

(2) 検証実験結果

筋電図

市販の筋電計と試作システムで計測した筋電位積分値を比較した結果(図8)、有意な差は認められなかった($t=0.81, p=0.45$)。また、両者の相関係数を算出したところ、高い相関が認められた($R=0.93, p<0.01$)。

加速度センサ

試作システムで計測した加速値(3軸スカラー値)の最大値の平均値は10.26G、振動試験機の出力である10Gとほぼ同じであった。

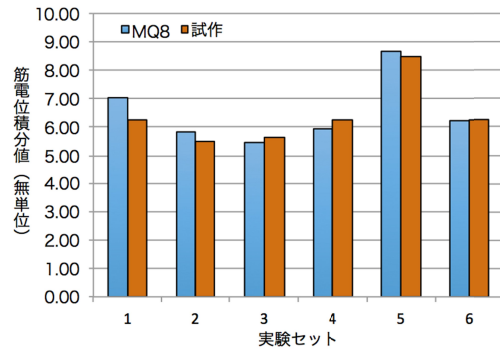


図8 筋電センサの計測検証結果

関節角度

ゴニオメータと試作システムで測定した関節角度の時系列データ(図9)から、変化のパターンはほぼ一致しているが、測定開始間もない時間帯で、試作したシステムのサンプリング数の欠損が見られた。これは、計測開始時、システムの負荷が高いため、データの取り込みが遅れたと考えられる。また対応する極値(最大と最小)差を見たところ、試作システムの値は平均で 8° 大きく、定量的な誤差を含んでいることがわかった。

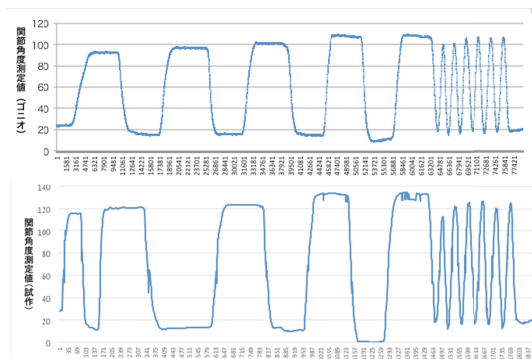


図9 関節角度測定値の検証結果

ユーザビリティ評価

被験者6人、計18回の試行において、試作システムの安定した動作が確認できた。

観察メモの入力部分のインターフェイス設計について、前半の3人の試行によって、指導者から意見をもらい、修正を施した2次試作を作製した(図10)。

2次試作での主な変更点:

- ・評価記号の入力後、同じ行にコメントを追加したいとの指摘があったので、記録メモを同じ行に補足するように仕様変更した。
- ・新規メモ行を追加したい場面に対応できるよう「備考」ボタンを新たに設けた。
- ・間違っって入力した場合に最後の記録行を削除できるように「最後の行取消」ボタンを設けた。



図 10 メモ入力 1 次試作(左)と 2 次試作(右)

後半の 3 人で 2 次試作をテストしてもらったところ、最初、指導者は試作システムを使いながら、平行して紙にもメモを取っていたが、2 次試作では、メモ用紙はほとんど使わなくなった。

すべての試験終了後、指導者からは、「筋電図、加速度、関節角度のデータと映像を同時に見ることによって、判断材料が増え、指導ポイントが明確になった」との評価を得た。また、「指導の際にメモしていたポイントをクリックするだけで、そのシーンのビデオと記録した波形を再生できるので、説明がスムーズになり、非常にわかりやすくなった」と指導される被験者からも好評であった。

(3) まとめ

小型の無線筋電センサ、加速度センサ、赤外線による距離カメラ、撮像用のカメラを用いて、運動の際の筋電図、加速度、関節角度、ビデオ映像をリアルタイムに計測記録すると共に、その運動を観察している指導者の主観評価も統合して記録できる運動評価支援システムを試作した。

今後、データ収録タイミングの精度向上、記録したデータの分析機能の追加、多様な現場での検証作業を行っていきたい。

参考文献

- 1) 玉木徹, 牛山幸彦, 八坂剛史, スポーツ選手の技能向上のための動画処理とその実用化(スポーツ・運動映像のパターン認識・理解) 電子情報通信学会技術研究報告.PRMU, パターン認識・メディア理解 105(415), 13-18, 2005
- 2) 西川和仁, 岡秀郎, 鉄棒運動の指導法考案に関する動作・筋電図的研究: 逆上がり, 日本体育学会大会号(43B), 679, 1992
- 3) 千明剛, 牛山幸彦, 木竜徹, フィールドにおける運動機能評価のためのユビキタスサービスをめざして, 電子情報通信学会技術研究報告.MBE, ME とバイオサイバネティクス 105(46), 33-36, 2005
- 4) 山本光太郎, 木竜徹, 上肢関節運動および筋活動に基づくテニスのフォアハンドストロークにおけるスイング動作の解析.

電子情報通信学会技術研究報告.MBE, ME とバイオサイバネティクス 112(479), 109-114, 2013

- 5) 佐々倉哲也, 小林裕之, 生体信号によるマン=マシンインタフェースのための小型筋電アンプの開発. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2010, "1P1-B21(1)"-"1P1-B21(3)", 2010
- 6) 大恵克俊, Tercero Carlos, 福田敏男, 頸部筋電位信号を利用した福祉機器用制御システムの小型化とその応用. パイオメカニクス学術講演会予稿集 31, 57-60, 2010
- 7) 易強, 鈴木敬明, 櫻川智史, 田村久恵, 黒須正明, 行動観察記録ソフトウェア OBSERVANT EYE の開発-ユーザビリティテストにおける有用性の検証-. 人間生活工学 Vol.14 No.1 43-52 2013

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 1 件)

易強, 小松剛, 及川貴康, 尾崎宏樹, 下村義弘, 山本清文, 映像・生理・物理計測による動作評価の新たな試み, 平成 25 年度静岡県工業技術研究所研究発表会要旨集, B-08, 2014 年 3 月 14 日に発表, 場所: 静岡県男女共同参画センター「あざれあ」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

易強 (YOTO, Yi Tsuyoshi)
静岡県工業技術研究所 上席研究員
研究者番号: 50505641

(3) 連携研究者

下村 義弘 (SHIMOMURA, Yoshihiro)
千葉大学工学(系)研究科 准教授
研究者番号: 60323432

山本 清文 (YAMAMOTO, Kiyofumi)

花園大学文学部 教授
研究者番号: 40440599

尾崎 宏樹 (OZAKI, Hiroki)
独立行政法人日本スポーツ振興センター 国立スポーツ科学センター 契約研究員
研究者番号: 00549470

小松 剛 (KOMATSU, Takeshi)
静岡県工業技術研究所 上席研究員
研究者番号: 60505634

及川 貴康 (OIKAWA, Takayasu)
静岡県工業技術研究所 上席研究員
研究者番号: 00520751