

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：35502

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650402

研究課題名(和文)陸上競技のフィードバック形成による走動作コーチングシステムの研究

研究課題名(英文)A study of the sprint coaching system by feedback in Athletics

研究代表者

村上 雅俊(MURAKAMI, MASATOSHI)

徳山大学・経済学部・准教授

研究者番号：50442398

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：スポーツ動作は、スポーツバイオメカニクスの手法によって得られた力学的データを用いて評価される。しかし、一般的にスポーツを観る場合、そのスポーツ動作の優劣を判断するためには、他者との比較等による主観的な評価を用いる。

本研究では、陸上競技を専門とする女子選手7名の疾走動作をデジタルデバイスによって撮影し、疾走動作に関する力学的変数を即時的に評価する新たな画像分析方法の可能性を検討した。その結果、従来の画像処理方法によって開発を試みた手法から得られた疾走速度は、コーチング支援に用いる点で問題はなかった。今後は、作成したシステムのユーザーインターフェイスを強化し、利便性を向上する予定である。

研究成果の概要(英文)：Sports movements of athletes were judged to get kinematics parameters by the biomechanical method (DLT method). However, when we were watched sports games and movements, we compared good kinematics movement and poor kinematics movement of athletes by the subjective judgment.

In this research, we were examined that immediately judged kinematics movements of sports in 7 female athletics athletes were captured by digital devices. As a result, we examined and compared biomechanical method and proposal method, which observed no differences level by both methods. Beyond step, we would upgrade user interface for much better than it.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：陸上競技 メディア工学 スポーツバイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

スポーツ選手（以下、競技者）のパフォーマンスの向上（身体能力の開発や筋力・運動技術の向上）は、活動環境（ハード面）の充実もさることながら、競技者の不断の努力とそれを観察することによって導かれるコーチの有益なアドバイスが提供されるコーチング現場を確保することが必要不可欠である。そのコーチング現場において解決すべき問題点は、競技者の身体固有感覚と力学的変数の示す客観的指標との相違点を見つけ出し、修正する作業が最も重要かつ困難な作業と言える。この問題点を解決するために、スポーツバイオメカニクス領域において、画像分析によって身体運動を力学的に評価する方法が構築され、多くの身体運動について科学的な運動メカニズムが解明されている。しかしながら、その方法は解析に大きな労力を費やし、そして競技者の身体固有感覚との相違点を修正するために必要な即時的フィードバックを解決していない現状が認められる。

そこで本研究では、その問題を解決するための新たな手法の開発の可能性を検討することとした。

2. 研究の目的

コーチング現場において、競技者は、自ら行った身体運動に関する内省を即時的に保有している。また、コーチは、競技者の行った身体運動を短期記憶として留め、一流競技者との比較（長期記憶や資料）や自身の身体運動における経験知、関連する科学的知見を総合的に利用し、パフォーマンス向上のための解決すべき運動技術について最適と判断される情報（解）を提供している。しかしながら、ヒトの有する身体固有感覚は、他者からの理解は困難であるため、主観的な評価をもとに、競技者・コーチの双方向の対話によって模索していることが多い。従って、コーチング現場において即時的かつ客観的に科学的情報を基にした情報共有は困難な状況であると言える。

近年、タブレット PC などの計算機資源の軽量化が進み、映像記録に並行した競技者の理想的な運動動作実時間解析が期待されていることから、コーチの計算機支援を有効活用する意義は高い。

そこで本研究では、高性能な計算機や記録デバイスを用いることなく、ロバスト性を確保した映像記録の手法や較正マーカーを使用しない解析技術の問題を解決し、軽量汎化されたコーチング支援システムの開発の可能性を検討することを目的とした。

3. 研究の方法

被験者は、大学女子陸上競技者のうち、短距離走を専門（3年以上の経験年数を有する競技者）とする7名で、身体的特徴及び競技力は表1に示した通りである。なお、記録は被験者それぞれの専門種目の自己最高記録を示している。

実験に先立ち、撮影に関して被験者の安全性を確保するため、各自の方法で十分なウォーミングアップを行った。また、実験の意義を十分に説明し、被験者の同意を得て実施した。実験は、全天候型走路（4レーンの直線部分）内に8mの撮影区間を設けて行い、30mの加速区間を経て撮影区間に進入した被験者の全力疾走に近い状態での疾走動作をそれぞれ1回ずつ記録した。

表1. 被験者の身体的および競技力の特徴

被験者	年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	専門種目	記録 (秒)
A	21	162.0	47.0	400m	56.29
B	20	161.0	54.0	400m	58.32
C	19	172.9	62.0	400m	56.56
D	19	165.5	57.4	100mH	14.58
E	19	160.0	49.1	100m	12.58
F	19	158.2	54.8	100m	12.36
G	18	164.2	53.3	100mH	14.31

本研究は、新たな画像解析方法の可能性を検討することを目的としているため、撮影は、従来の画像解析方法（以下、従来法とする）で使用するハイスピードビデオカメラ（120fps; CASHIO社製, EX-FH25）と新たな画像解析方法の可能性の検討のため（以下、提案法とする）スマートフォン（30fps; APPLE社製, iPhone5s）を同時かつ同じ撮影地点にて並行に設置して行った。

ハイスピードカメラによって得られた画像の解析には、2次元の4点実長換算法を用いて行い、身体各部24点のデジタイズにより座標を求め、疾走動作中の区間平均速度を算出した。算出されたデータは3点移動平均法（6Hz）によって平滑を行った。分析の対象動作の範囲は、1サイクル（片側足の接地から次の同足の接地まで）とした。

また、本研究の提案法の主たる目的は、スマートデバイスなどで撮影されている被験者の疾走速度の算出である。それを動画像からの走動作形状抽出によって行った。このアルゴリズムは、同一手法のシステム間の可搬性があることと、検証が容易なこと、ある程度他手法と比較が行いやすいことなどを考慮して、近年非常に普及しているOpenCVを用いることとした。OpenCVには、形状認識手

法の HOG アルゴリズムが実装されている。また、PC 等のコンピュータ上の実装以外にスマートデバイス上の実装も提供されている。併せて、ここ数年ではスマートデバイスの CPU やグラフィックスプロセッサ (GPU) の能力も非常に向上し、実時間処理の検討が非現実的ではなくなってきたことも採用の要因となった。

計算モデルの整合性は従来法のデジタイズに用いた同一データによって検証した。本研究で用いたハイスピードカメラデータは走行レーンと正対する撮影位置のため、撮影画像上の被験者の走行軌跡を三次元の空間推定をすることなく利用でき、被験者の走行距離を非常に正確に計算することが可能であった。また、ハイスピードカメラの秒間撮影フレーム数は 120fps に固定され、正確な速度算出が期待できることや、データがプログレッシブ形式であることも当該検証データ選択の要因になった。

最終的にそれらを用いて、PC 上の検証用アプリケーションとスマートフォン上の応用アプリケーションの二種類のアプリケーションを製作し比較実験に供した。

なお、本研究では、検証に用いる力学的変数として、較正マーカ (既知の実長) による画像上の距離に最も影響を受ける速度データ (合成速度) を採用した。

4. 研究成果

(1) 従来法による測定結果

従来法にて算出された短距離走を専門とする大学女子陸上競技競技者 7 名の 1 サイクル運動中の平均疾走速度は図 2 の通りである。また、全ての被験者 (7 名) の平均速度は、 $7.87 \pm 0.39 \text{ m/s}$ であった。

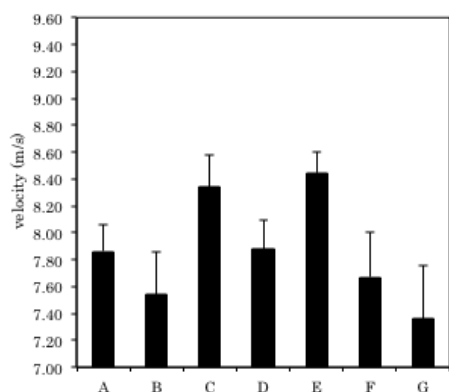


図 2. 1 サイクルの被験者毎の平均速度

(2) 提案法による測定結果

<速度算出モデル>

スマートデバイス上の人認識手法では、スポーツバイオメカニクスで用いる正確な「サイクル」の認識は困難であると推定された。

そこで以下のようなアルゴリズムを用いて疾走中の合成速度を算出した。

前処理

固定画像の場合は物理指標から移動軌跡の距離を算出する定数を求めた。フリーハンドによる撮影の場合は、スマートデバイスの位置センサーを用いて被験者までの距離を算出した。

移動距離の算出

固定画像では撮影対象の画像上の移動距離は移動画素数により算出することができる。フリーハンドでは位置センサーによる角度変化によって、移動距離を推定した。

合成速度の算出

撮影動画のフレーム消費数により、速度を算出した。

<コーチングシステムプロトタイプ>

速度算出モデルにより、実装したシステムの画面は図 3 の通りである。

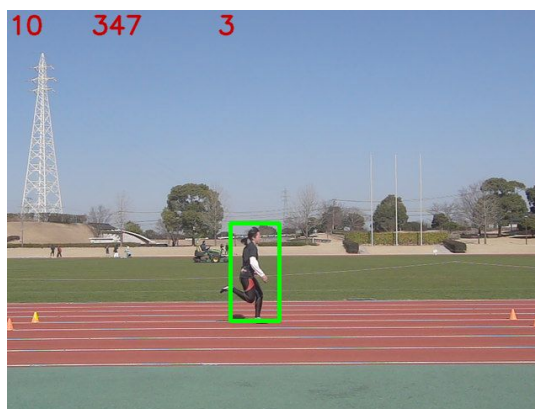


図 3. 実装システムのイメージ

中央の緑色の四角 (枠) が、認識された走運動における 1 サイクルの起点を示している。

スマートデバイス版は、合成走速度算出の画像処理までを実装している (図 4)。三脚等で位置を固定し、物理指標と共に撮影されている場合に、走速度を算出可能である。フリーハンド撮影の場合の空間算出と走速度算出根拠のパラメータはある程度観測可能になっている (スクリーンショットは PC 上のシミュレータのため稼働していない)。

中央の赤い四角が、認識された走運動における 1 サイクルの起点を示している。

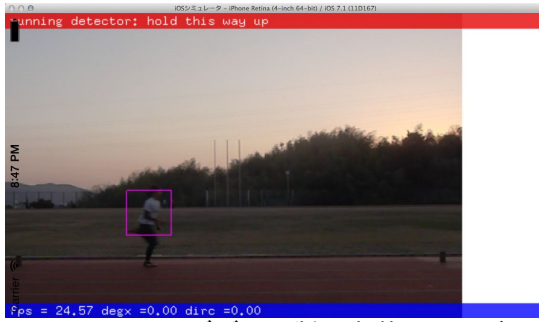


図4. スマートデバイス版の実装イメージ

(3) 従来法との比較

提案法で実装したアプリケーションで、従来法のデジタイズに用いた被験者のそれぞれの合成速度を算出した結果を図5に示した。

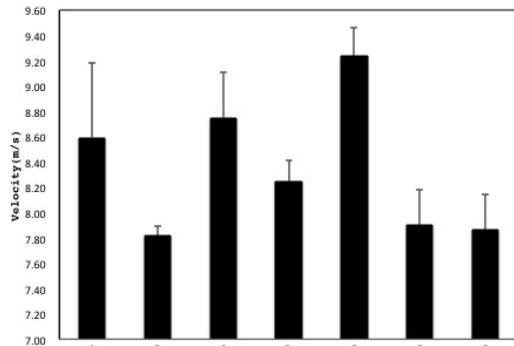


図5. 提案法によって算出された合成速度

その結果、最も高い疾走速度はEの9.24m/sであり、最低値は、Bの7.82m/sであった。

そこで、提案法によって算出された速度データと従来法によって算出された速度データとの比較を行い、提案法の妥当性を検証した。それぞれの被験者の疾走速度の平均値における従来法との比較は、表2の通りである。

被験者	A	B	C	D	E	F	G
提案法	8.59	7.82	8.75	8.25	9.24	7.90	7.87
従来法	7.86	7.54	8.34	7.88	8.44	7.67	7.36
誤差 (%)	8.53	3.58	4.69	4.45	8.61	2.96	6.42

表2. 提案法と従来法における疾走速度誤差
単位は m/s とした。

これらの結果から、従来法との誤差の平均

は5.61%であることが明らかとなった。この結果は、アプリケーション使用の「コースケース(シチュエーション)」と、そこにおけるアスリート支援の観点において、およそ6%の疾走速度の算出誤差は、フリーハンドにおけるバンニング技術の優劣(高速で移動する物体を対象時間中に画面内に記録し続けること)や、競技者のパフォーマンスに影響する競技場仕様(全天候型走路のサーフェスやコンパウンド)や競技者の体調・外的要因(気候や気圧など)のコンディションにより変動を示す範囲内であると考えられるため、競技者のパフォーマンスレベルを即時かつ科学的に評価・検証する材料としては十分な精度であると判断できるであろう。したがって、支援アプリケーションの研究および開発を継続するには、十分な研究成果が得られたと考えられた。

< 研究の課題 >

今後、競技者のパフォーマンス向上の一助とするべく、コーチング現場に客観的かつ即時的な科学的根拠を提供するコーチング支援システムの導入実現を達成するための研究を継続するに当たって、以下の課題の解決を進めていく予定である。

(1) コーチング支援システムとしてのアプリケーションの練度が不十分である点が挙げられる。この点の原因は、研究実施計画の見通しの検討が不十分であったことが挙げられる。今後は、研究結果の公表を目指して、コーチングの試用に耐えうるアプリケーション練度を上げる作業を中心に研究開発を継続する。

(2) モバイルシステムの実用度の検証が不十分であった。今後はフリーハンド撮影による速度計測モデルの実効性を、光電管システムなどの既存の計測手法との比較によって汎用性、即時的フィードバック法の検証予定である。

(3) コーチング用のアスリートデータアーカイブの構築が必要である。もちろんコーチングは、被験者の継続的なデータの集積によって強化されるが、そのデータベースが単に一競技者の継続的なデータ収集だけではなく、競技種目・性別・年齢によって、相当の人的規模で収集され、パフォーマンス比較を目的とした統合データベースであればなお十分である。このシステムを用いて、これらを目的とする「コーチングアスリートデータアーカイブ」の構築を目指したい。

(4) ユーザーの利便性の向上を目指したい

ンターフェイスの改善が必要である。ユーザーであるコーチや競技者がトレーニング中に容易に操作し、アプリケーションから得られる情報と内省との相違点を即時的に検討できるよう開発に取り組んで行く予定である。

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)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

日本情報経営学会関西支部特別講演
「注目されるメディア技術とイノベーションの可能性」

発表者 酒井 雅裕

2014 年 4 月 19 日・大阪市立大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

中国新聞「大学力：速く走る仕組み解析」

2013 年 10 月 7 日(取材)

対象者 村上 雅俊，酒井 雅裕

6. 研究組織

(1)研究代表者

村上 雅俊 (MURAKAMI MASATOSHI)

徳山大学・経済学部・准教授

研究者番号：50442398

(2)研究分担者

酒井 雅裕 (SAKAI MASAHIRO)

徳山大学・福祉情報学部・教授

研究者番号：20520323

小川 剛司 (OGAWA TAKESHI)

大阪教育大学・教育学部・講師

研究者番号：70451698

