

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：17702

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12648

研究課題名(和文)国際級スプリンターの育成を目指した地面反力データのフィードバックシステムの構築

研究課題名(英文)Realtime feedback of ground force application ability during sprint running

研究代表者

松尾 彰文(MATSUO, Akifumi)

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・教授

研究者番号：60126167

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：スプリンターの指導の現場においては、IT機器のコンパクト化が進み、タブレット端末による現地で撮影した動画などを利用し、即時的なフィードバックも行われるようになった。しかしながら、旧態依然に選手とコーチの主観的な判断を基に、フォーム修正を中心としたトレーニングが行われているに過ぎない。そこで、我々は、“フォーム”ではなく、上記のように床反“力(フォース)”を即時フィードバックする方が、より論理的な指導法であると見なし、主観的な判断ではなく科学的な知見を盛り込んだスプリントトレーニングシステムの構築を試みるに至った。

研究成果の概要(英文)：The factors closely related to sprint performance (time, maximal running speed, etc..) have recently been revealed with respect to ground reaction force patterns generated during sprint running. Based on these findings, we'll introduce our recently developed training system which conveys to the sprinter the direction and amount of force generated during running in real time.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：地面反力 スプリント走 フィードバック 力積

1. 研究開始当初の背景

人(ヒト)は、2足歩行であるがゆえに、手腕による巧緻動作を可能にする神経・筋機能を獲得し、結果、他の生物にはない文明・文化・科学を発展させてきた。その科学の進歩によって、近年では、ヒト生体の機能を向上させるというよりも、開発した機器の質に依存するスポーツ成績(パフォーマンス)の向上に特化した概念が提案され、社会的にも非常に興味が示されている。これは工学者が中心となって企画されたムーブメントであるが、この新しいスポーツの可能性においては、今後、身障者などへの応用性は誰もが予想できる。一方で、「人機一体」といえて、「機」の強力さや華やかさばかりに目を奪われ、スポーツを行なう主体者である「人」の身体機能とその適応性が軽視される危険性がある。これを大袈裟に Formula 1 などのモータースポーツに例えるなら、ドライバーの巧みなドライビングテクニックを支える身体機能の向上に着目するのではなく、主にエンジンやシャシの機能向上に着眼した状態である。さらに、見ている側のヒトに対しても、スポーツアスリートの超人的な肉体・動作・精神力は、感動を与えるだろうが、一方で、機器の機能が主役になった場合は、果たして見る側の興味が持続し、また、将来のアスリート候補である子供に夢を与え続けられるのかどうかは、個人的に疑問が残る。真の意味で、主体者であるヒト自身がスポーツ本来の魅力を享受できるように生体機能を育む・向上させるためには、我々スポーツ科学者が「人」の機能向上を目的とした視点からトレーニング法の立案を試み、そして、それを実現させる機器の提案を進める必要があると考える。一方で、日本における工学技術は未だ著しいものがあるため、その技術をスポーツ科学に応用し、生理学的知見に基づいたトレーニング法の開発の実施も求められる。

ここで、国立で唯一の体育大学である鹿屋体育大学においては、スポーツ科学研究機関である日本スポーツ振興センター(国立スポーツ科学センター)とともに、2015年6月に工学研究機関である奈良先端科学技術大学院大学と研究協定を結んだ。加えて、鹿屋体育大学においては、世界でも類を見ない50mに渡って床反力計を敷き詰めた室内研究施設(スポーツパフォーマンス研究棟)が竣工した。これらより、スポーツ科学の知見を基に、世界に誇る工学を活用したトレーニング機器の開発などが実現できる基盤が整った。特に、トレーナビリティが低いトップアスリートを始めとしたヒト生体機能の向上を実現できれば、我国での開催が決定したオリンピック・パラリンピックに向けたアスリートの育成に貢献できると考えている。

さて、オリンピックの花形競技である陸上競技 100m の日本記録(1998年、伊東浩司、10.00秒)は、この19年間更新されていなかった。昨年、桐生選手によって日本人初の9

秒台、日本記録更新は非常に喜ばしい一方で、我々スポーツ科学者にとって、この20年は測定機器や映像技術の発達が著しかったにも関わらず記録更新に貢献できなかったことは猛省せねばならない。と同時に、自国でのオリンピック開催に向け、100m スプリンターの発掘・育成が喫緊の課題となる。これらの現状を打破するためには、従来のトレーニング方法や測定によるサポートだけではなく、世界に先駆けた論理的かつ実用的な新しいトレーニング方法の確立が必要であるのは言うまでもない。

そこで、従来、スポーツ指導の現場にスポーツ科学が踏み込むことが可能であった項目の主である映像解析による走フォームの修正などのキネマティクスのアプローチ(松尾, 2012)から一旦距離を置き、「物体が推進するためには、その至適方向に力を発揮しなければならない」という単純な物理学の法則(作用・反作用)にもう一度立ち戻ることにした。すなわち、「地面に対し至適に力を発揮できれば(できるようにさせれば)、自ずと疾走パフォーマンスは向上する」という仮説に基き、その至適な力発揮を実現させるトレーニングシステムの開発が必要であるという発想に立ち戻った。

加速期(スタート~)では、走速度はキック脚の接地時の後方(水平方向)への力積(力×時間)に比例するため(Hunter et al. 2004)、走速度を増加させるためには、後方へ押す力を増大させる必要がある。事実、加速期においては、推進方向とは逆方向(後方)への力発揮が大きいほど、最高走速度が高い(吉武, 金久ら 2011, Morin et al. 2011, Hunter et al. 2005,)。

一方で、中間疾走(最高走速度到達)期では、体肢がほぼ完全に鉛直方向に立っているため、後方への力発揮は必然的に少なくなる。中間疾走期では、加速期とは異なり、スイング脚のストライドを得るための滞空時間を確保するため、滞空時間を決定する鉛直方向の力積を高めることが重要である。事実、中間疾走期では、加速期とは異なり、最高走速度が高いスプリンターほど体重あたりの鉛直方向の力が大きいことが報告されている(Weyand et al. 2000, 土江 2004)。しかし、常に力を地面に加えて反力が得られる車とは異なり、ヒトの走行は地面に両足が設置していない遊脚期が存在するため、鉛直方法への力発揮も無視はできない。

これらを統合すると、疾走期ごとに、至適なキック脚の力の発揮方向や大きさが存在する、と言える。しかし、これらの有益情報がありながら、現在のトレーニング現場では選手への伝達手段が、走り終えた選手に対してデータを提示し、コーチが主観的なアドバイスをを行う程度しかないため、学習効果が低い場合が多い。そこで本研究では、停滞している陸上短距離種目の記録向上を目指して、キック脚の至適な力発揮特性と実際の力発

揮との差異を瞬時に算出し、それをリアルタイムに疾走中の選手にフィードバックするトレーニングシステムの開発に取り組むことに至った。

2. 研究の目的

陸上短距離 100m の 16 年ぶりの日本記録更新を目指し、地面反力情報をリアルタイムに疾走選手にフィードバック可能としたトレーニングシステムの確立に挑む。これを実現するために、世界で類をみないフォースプレートを連続で 50m 敷き詰めた施設を駆使し、1) 各スプリント局面のキック脚の至適な力発揮特性を明瞭化し、そのデータを基に、2) 疾走中の選手に対し、至適な力発揮と実際の力発揮との差異をリアルタイムにフィードバックするトレーニングシステムの構築を試みる。

3. 研究の方法

まず、50m の全力走行のパフォーマンスと床反力様相との関連を算出し、走パフォーマンスの規定因子の解明を行う。引き続き、走行中にリアルタイムにその規定因子を走者に伝達(フィードバック)するシステムの開発を行う。

4. 研究成果

インカレ出場レベルの大学サッカー選手 24 名を対象に、50m スプリント走における最高疾走速度のキネティクスの規定因子を定量化した。その結果、最高走速度(8.6-9.6 m/s)は、鉛直・前後方向の合力から算出した力積(合力 I_m)に対する前後方向の力積(前後 I_m)の比(前後 I_m /合力 I_m)と最も高い相関関係($r=0.80$)を示すことが明らかとなった。さらに、被検者内($n=2$)においても、4 種類の速度(加速度走)で疾走した場合、各走条件での最高走速度と前後 I_m /合力 I_m との間には高い相関関係($r>0.97$)があることが確認できた。

この結果を元に、走者へのフィードバックする変数は、前後 I_m /合力 I_m と決定した。一方で、視覚によるフィードバックは、リアルタイム性が難しいことに加え、リアルタイムが実現できたとしても視点を不自然な向きに変容させる必要があり、トレーニングの妨げになる可能性がある。そこで、本研究では、前後 I_m /合力 I_m を 1 ステップごとに瞬時に算出し、音階に変換することで、オーディオフィードバックする方法を採用した。その結果、走者は自然のフォームにて、かつ、走パフォーマンスに最も貢献する変数に関してリアルタイムでのフィードバック情報を得ることに成功した。

今回は、オーディオを用いたトレーニング機器の開発を実施したが、フィードバック法

はこれが全てではない。今後は、皮膚の感覚神経を刺激するようなフィードバック法を導入することなども考慮に入れ、よりアスリートのパフォーマンスに寄与するシステムの開発を行う必要がある。

また、本研究で得られた 50m 走の規定因子の科学的解明は、世界的にも数が少ない。したがって、本研究によって、スプリント指導者の主観的な判断に基づく口頭での指導に加えて、新たな科学的データを提示する重要性が部分的に示されたとも言える。このような萌芽的な研究成果は、現在、学生スポーツ界で問題になっている指導者とアスリート(学生)の人間関係に対し、より良好な関係の構築にも一役買うと考えられる。

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 1 件)

Nagahara R, Mizutani M, Matsuo A, Kanehisa H, Fukunaga T. Association of Sprint Performance With Ground Reaction Forces During Acceleration and Maximal Speed Phases in a Single Sprint. J Appl Biomech 34: 104-110, 2018. (査読有)
doi: 10.1123/jab.2016-0356.

[学会発表](計 1 件)

吉武康栄, Garrett Jones. 床反力信号を活用したスプリント走トレーニングシステムの構築 第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(2015年)
優秀発表賞 受賞

[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

6．研究組織

(1)研究代表者

松尾 彰文 (MATSUO, Akifumi)
鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学
系・教授
研究者番号：60126167

(2)研究分担者

吉武 康栄 (YOSHITAKE, Yasuhide)
鹿屋体育大学・スポーツ生命科学系・准教
授
研究者番号：70318822

土江 寛裕 (TSUCHIE, Hiroyasu)
東洋大学・法学部・教授
研究者番号：60458479

金久 博昭 (KANEHISA, Hiroaki)
鹿屋体育大学・理事
研究者番号：50161188

福永 哲夫 (FUKUNAGA, Tetsuo)
鹿屋体育大学・特任教授
研究者番号：40065222

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()