

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：32672

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650394

研究課題名(和文) 足底圧分布の空間的・時間的定量化の試みとキネマティクスとの関連性

研究課題名(英文) RELATIONSHIP BETWEEN PLANTAR LOAD DISTRIBUTION AND LOWER JOINT KINETICS DURING TAKE-OFF PHASE IN VERTICAL JUMP

研究代表者

船渡 和男 (Funato, Kazuo)

日本体育大学・体育学部・教授

研究者番号：60181442

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：スポーツ現場の技術指導に用いられるような足底圧の定量化を試み、垂直跳びを例に有効的な床反力を獲得するために足底の圧分布パターンを検討した。本研究から得られた主な成果は以下の二点である。

1) 足底を解剖学的計測点から区分することが可能になり、足底部位個々の荷重、圧力値、足圧中心(COP)の経時的算出と分析が可能となった。2) 足底圧・荷重分布とスポーツパフォーマンスを関連付けることによって、コーチの指導や選手の足底の感覚を定量化し競技力向上に貢献することが可能となった。

研究成果の概要(英文)：This study was designed to examine the quantification of plantar load distribution pattern during take-off phase and apply it to performance assessment related to height in vertical jump.

In order to define sub-areas from foot anatomical measurement points, Foot scan (RsScan), VICON MX20 and Force plate were systematically synchronized. Each foot sub-area was determined consisted of including 5 sub-areas (MF: medial forefoot, LF: lateral forefoot, MiF: midfoot, MH: medial heel, LH: lateral heel). Twenty one male subjects performed counter movement jumps on pressure plate and force plate. Subjects were divided into Good (n=7) and Poor (n=6) groups according to jump height. 5 sub-areas plantar load impulses and weighting normalize time were calculated. Good jumper exhibited larger MF plantar load impulse compared to Poor group ($p < 0.05$). Earlier Lateral-Medial planter load shift time might influence on GRF vector as to result greater MF plantar load impulse.

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：足底圧分布 定量化 経時的变化 モーションキャプチャー 地面反力 垂直跳び 跳躍高 キネマティクス

1. 研究開始当初の背景

足底は、常に人間の全体重を支え、地面、床に接地し、身体活動において発生する大きな床反力、圧力を受けている。人間の「歩く」、「走る」、「跳ぶ」など基本的な動作を行うためには特に重要な役割を果たす身体部位である。足に関する運動学的分析への関心事は、医療、リハビリ研究分野において高まってきている。歩行研究では、足底から病理的な足部の診断や、高齢者の転倒予防など多くの情報を得ている (Turner D.E. ら 2008, Scott G. ら, 2007)。近年、D.E. Lieberman, ら (2010) は、衝撃を緩衝させる靴を履くことは、本来の人間の足底の固有受容感覚、足底筋、アーチ機能を退化させていることを示唆した。一方 Nurse と Nigg (2001) は、足底の固有受容感覚を制御することにより、歩行中の足底圧パターン、筋活動変化から、足への感覚の入力を操ることによって、人間の歩行 (パターン) を変える可能性があることを推察している。このことから、人間の足底部に焦点をあてた研究を行うことは、人間の動作の生体力学的メカニズムへの解明へ繋がる。

2. 研究の目的

本研究は、図 1 に示されたような足底圧・荷重分布の経時的変化足底部位ごとに定量化し、跳躍動作のための足底圧・荷重分布パターン検討を以下の点に着目して、研究を遂行することを目的とした。

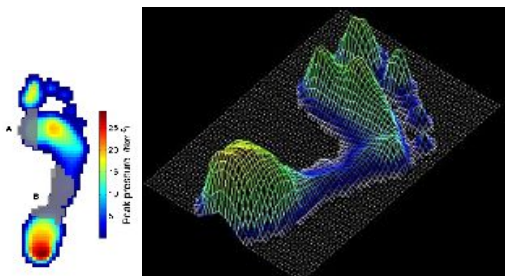


図 1 足底圧分布、圧力山脈の例

- 1) 足底を解剖学計測点から区分するために、三次元モーションキャプチャーシステム、床反力計、足底圧計を同期した統合システムを構築し、そのシステムから得られるデータの精度を検証する。
- 2) 垂直跳びの足底圧・荷重分布パターンから、跳躍高を決定する力積量に影響する有効的な床反力を獲得するための足底圧・荷重パターンを検討する。

3. 研究の方法

足底圧の定量化を行い、動作との関連例を探るために以下の三つの内容に研究を実施する。

- 1) 計測分析システム構成: 三次元モーションキャプチャーシステム、床反力計、足底圧計を同期したため計測システムの構成と、3つの計測機から得られるデータを統合する分析システム(分析ソフトウェア)を構成する。
- 2) 足底圧データの定量化: 統合システムから得られる分布と圧力位置、荷重量の正確性と妥当性の検討を行う。
- 3) 動作の違いによる足底圧変化の検討: 人間の基本的な動作である動的(ダイナミック)な動作、歩行、跳躍(垂直跳び)を動作対象とし、足底圧分布の違いによる動作への影響を検討する。

1) では、足底を解剖学計測点から区分を行うために、三次元モーションキャプチャーシステム (VICON MX20, Oxford Metrics Ltd)、フォースプレート (Kistler, 600 × 900 Switzerland)、足底圧計 (Rs scan international, Belgium) をトリガーシステムを用いて同期する。統合システムの精度を検証するために、VICON のマーカー座標位置、フォースプレート足圧中心 (COP) 位置座標、足圧計の COP 位置座標、3 測定機間の測定誤差を明らかにする。

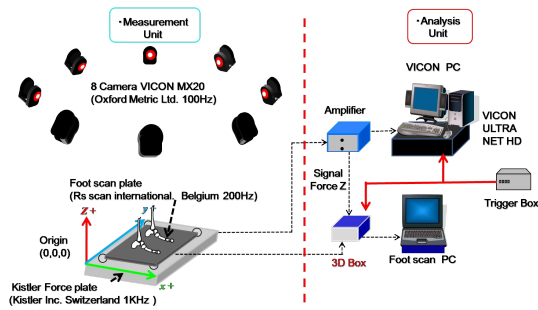


図2 本研究を遂行するため考案された統合システム

足底区分方法について本研究では、モーションキャプチャーシステムから得られたマーカー座標位置を足底圧計の座標に投射し、足底を解剖学計測点から区分する。足部の解剖学的計測点は M.C.Carson et al., (2001)、足底区分方法は J.Stebbinset et al., (2006) を参考に、足底部位を 5 部位に区分する。ランドマーク位置、区分の例は図3に示す。

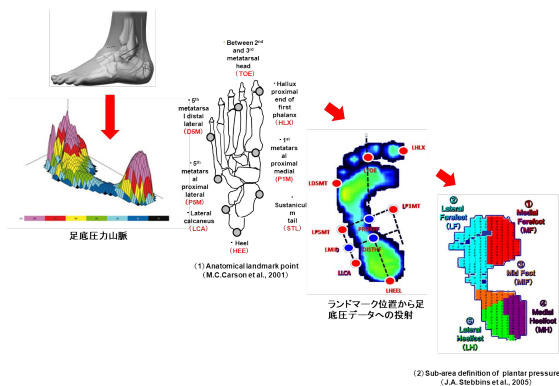


図3 解剖学的計測点と足底区分方法

足底圧変化と身体の動作を関連づけるために、モーションキャプチャーに動作分析と足底圧変化の因果関係を探る。動作としては基本的動作として、垂直とび動作を選択する。それぞれの動作のキネマティックな特徴の異なる被験者あるいは群を構成して、そこでの足底圧の分布特長について、空間的かつ時間的な定量化分析を試みる。

4. 研究成果

(1) 本統合システムの正確性、再現性及び妥当性の検討

本研究の統合システムの荷重量の誤差は、地面反力計と比較して平均 $2.3 \pm 1.5\%$ であり、一方カメラおよびフォースプレートとの比較により求めた荷重点座標位置の正確性は、2 センサ未満 (9 mm 以下) であった。垂直跳び踏み切り動作中足底荷重パターンは、踵部位の荷重から LF から前足部位の MF 部位へ最終的に荷重が移行していくことが示された (Fig. 1)。同様な足底荷重分布の移行パターンは、歩く、走る、跳ぶ動作時に足底部が地面に対して力を発揮するときでも観察されることから、有効的な地面反力を得るための共通な足底荷重パターンとして捉えることができると考えられた。

(2) 垂直跳び踏み切り動作中の足底圧の経時変化

Good 群と Poor 群の足底荷重分布において、MF 部位における MFPI は、Good 群が $0.34 \pm 0.04 \text{ N} \cdot \text{sec} / \text{BW}$ に対して Poor 群は $0.24 \pm 0.05 \text{ N} \cdot \text{sec} / \text{BW}$ を示し、その差は統計上有意差 ($p < 0.001$) を示し、Good 群は Poor 群より大きな値を示した。

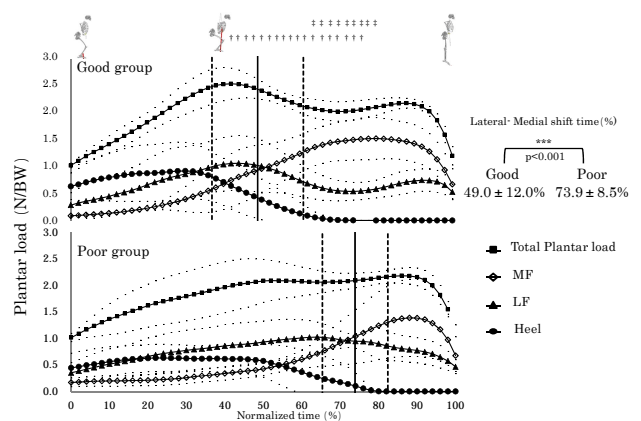


図4 垂直跳び踏み切り動作中の足底圧の経時変化 (上段: Good group、下段: Poor group)

これは、Good 群と Poor 群の足底荷重パタ

ーンにおいて、LF から MF に荷重が移行する正規化時間(L-M time: Lateral-Medial shift time:%)が Good 群は 49.0 ± 12.0 % に対して Poor 群の 73.9 ± 8.5 %を示した (Fig.1) ことから早いタイミングでLF から MF へ荷重を移行していることが要因になっていることが考えられた。MF の PI は、L-M Time と有意な負の相関関係 ($r = -0.809$, $p < 0.01$) を示したことから、有効な地面反力を獲得するための足底での力の伝達手法である足底荷重戦略 (Plantar load strategy) として考えられた。

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 14 件)

Sarah R. Ho, Richard M. Smith, Philip G. Chapman, Peter J. Sinclair and Kazuo Funato: Physiological and physical characteristics of elite dragon boat paddlers. J Strength and Cond Res、査読有、27(1): 137-145, 2013.

柏木 悠, 船渡和男: 垂直跳び踏み切り動作中の足底荷重分布定量化の試み. 体力科学、査読有、61(3): 351-363, 2012

柏木 悠, 船渡和男: 垂直跳び踏み切り動作中の足底荷重パターンとパフォーマンスの関係. トレーニング科学、査読有、24(2): 161-173 2012

金子憲一, 袴田智子, 柏木悠, 伊藤智之, 船渡和男: サッカー育成年代の身体組成と下肢多関節で発揮されるパワーおよびスプリント能力の発育・発達特性. 体力科学、査読有、61(2): 259-266, 2012.

伊藤知之, 金子憲一, 袴田智子, 柏木悠, 船渡和男: レーザー速度測定器を用いた小学生男子児童の 50m 疾走能力の評価. 日本体育大学紀、査読有、41(2), 161-170, 2012.

高橋流星, 筒井崇護, 柏木悠, 船渡和

男: レーザードブラー方式距離計測装置を用いた短距離疾走能力評価方法~大学生のソフトボール選手と陸上短距離選手の比較~. 日本体育大学紀要、査読有、42(2):103-110, 2013.

Kazuo Funato, Noriko Hakamada, Hidehiko Nagashima and Chiyoharu Horiguchi: Application of 3D body scanning technology to human anthropometry: body surface area and body volume measurements in the field of health and sports sciences. Proceedings of the Asian Workshop on the 3D Body Scanning Technologies、査読有、Tokyo, Japan17-18 April 2012, pp21-28.

Noriko Hakamada and Kazuo Funato: Estimation of center of gravity obtained from 3D whole body scanning anthropometry method. Proceedings of the Asian Workshop on the 3D Body Scanning Technologies、査読有、Tokyo, Japan17-18 April 2012, pp64-70.

船渡和男, 袴田智子, 柏木 悠: 画像を用いた身体の形態計測. 映像情報メディア学会誌、査読有、67(11): 936-940, 2013.

小柳将吾, 三宅良輔, 秋武寛, 柏木悠, 船渡和男: マット運動前転動作中の床反力および動作分析データによる指導法について - 前転の大学生熟練者と小学生未熟練者を比較して -. 日本体育大学紀要、査読有、43(2): 57-63, 2014.

袴田智子, 金子憲一, 船渡和男: 日本体育大学新入生の体格の特徴について~2000年度と2010年度の新入生の身長と体重の比較から~、査読有、NITTAI Sports Training Journal, 8:1-8, 2011(2013発行).

金子憲一, 袴田智子, 船渡和男: 日本体

育大学新入生の体格・体力の推移～平成18年度から22年度までの5年間の全国標準値との比較～、査読有、NITTAI Sports Training Journal, 8:9-16, 2011(2013発行).

仁木康浩, 堀畑裕也, 柏木悠, 船渡和男, 竹ノ谷文子 : 水中ドルフィンキックの動作分析(タイトル変更!). 星薬科大学紀要、査読有、31:1-13, 2013.

筒井大助, 船渡和男, 高橋流星 : 野球競技におけるバッティング内容の比較とそれへの体格の影響, トレーニング科学 23(1): 45-54, 2011

[海外学会発表](計 12件)

Katsuhiro Amano, Shigenobu Yamaguchi, Kenji Nishihata, Kazuo Funato and Hiroshi Fujinaga: Beneficial effect of practicing Tai Chi on postural control depends on levels of skill mastery. 59th Annual Meeting of American College of Sport Medicine. 2012, June (San Francisco, USA)

Noriko Hakamada, Kazuo Funato : Estimation of center of gravity obtained from 3D whole body scanning anthropometry method Asian Workshop on 3D Body Scanning Technologies, 2012, 4 (Tokyo, Japan)

Kazuo Funato, Noriko Hakamada, Hidehiko Nagashima, Chiyoharu Horiguchi : Applications of 3D body scanning technology to human anthropometry: body surface area and body volume measurements in the fields of health and sports sciences, Asian Workshop on 3D Body Scanning Technologies, 2012, 4 (Tokyo, Japan)

Yu Kashiwagi, Tomoya Hirano, Michio Yamagishi, Hiroshi Akitake, Noriko Hakamada and Kazuo Funato : Kinematics,

ground reaction force and EMG comparison between overground and Non-motORIZED treadmill running. 18th Annual Congress of the European College of Sport Science. 2013, June (Barcelona, Espana)

Kazuo Funato, Yu Kashiwagi and Noriko Hakamada: Human body segment parameters determined by 3D scanning anthropometry. XXIV Congress of the International Society of Biomechanics, 2013, Aug (Natal-Rio Grande do Norte-, Brazil)

Noriko Hakamada, Kazuo Funato and Yuichi Hirano: Characteristics of body segment mass distributions using 3D anthropometry method in Japanese top male athletes. XXIV Congress of the International Society of Biomechanics, 2013, Aug (Natal-Rio Grande do Norte-, Brazil)

Yu Kashiwagi and Kazuo Funato, : Relationship between plantar load distribution and lower joint kinetics during take-off phase in vertical jump. XXIV Congress of the International Society of Biomechanics, 2013, Aug (Natal-Rio Grande do Norte-, Brazil)

Noriko Hakamada and Kazuo Funato : Characteristics of Body Segment Mass Distributions in Male Gymnasts, 23th Congress of International Society of Biomechanics, 2011, 7. (Brussels, Belgium)

Yu kashiwagi and Kazuo Funato : Could Plantar Load Distribution be one of the Determinat Factors For Vertical Jump performance ?, 23th Congress of International Society of Biomechanics, 2011, 7. (Brussels, Belgium)

Funato , K . and Matsuo , A . :
Application of circulating water
channel for monitoring and evaluating
paddling skill in elite Japanese kayak
athletes , 16th Annual Congress of the
European College of Sport Science ,
2011 , 7 .(Liverpool , UK)

Noriko Hakamada , Kazuo Funato :
Examination of Body Segment mass
distribution in Junior Male Gymnast ,
16th Annual Congress of the European
College of Sport Science , 2011 , 7 .
(Liverpool , UK)

Kenichi Kaneko , Noriko Hakamada , Yu
Kashiwagi , Kazuo Funato : Implication
of “505 Agility Test ” by Means of
Instantaneous Velocity Measurements
as Used in Football Players , 16th
Annual Congress of the European
College of Sport Science , 2011 , 7 .
(Liverpool , UK)

〔図書〕(計 3件)

船渡和男：子ども計測ハンドブック、第
2章人体機能計測編 2.2.2 基礎運動能力、
pp49-55、第3章人間機能データ編 3.2.2
基礎運動能力データ、pp194-197、3.4.2
運動能力の発達データ、pp251-255、持丸
正明，山中龍宏，西田佳史，河内まき子
(編) 朝倉書店、2013

船渡和男：運動器のしくみと働き，公認
スポーツ指導者養成テキスト 共通科目
III 第10刷 第4章 身体のしくみと働
き ,pp70-85、(財)日本体育協会編集 2012

船渡和男：「トレーニング科学」,文光堂，
トレーニングとは，2011，pp . 2-17

6 . 研究組織

(1)研究代表者

船渡 和男 (FUNATO Kazuo)

日本体育大学・大学院トレーニング科学
系・教授

研究者番号：60181442