

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 3 日現在

機関番号：33905

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2011～2012

課題番号：23700752

研究課題名（和文） 100m 走の加速と速度低下に及ぼす義足の影響

研究課題名（英文） The running velocity of Men' s 100m T44 class sprinters.

研究代表者

高橋 和文（TAKAHASHI KAZUFUMI）

金城学院大学・人間科学部・准教授

研究者番号：10434549

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、義足の 100m 走選手に焦点をあて、100m 走中の速度曲線を測定し、速度変化の特徴を明らかにすることであった。対象とした選手は、ロンドンパラリンピック陸上競技短距離走（T44 クラス）代表選手 2 名を対象とした。測定は、2012 年 11 月 4 日（中京大学梅村陸上競技場）および 2013 年 3 月 23 日（愛知淑徳大学陸上競技場）に実施した。選手の疾走速度は、レーザー速度計測システム（FLM-ST01、フォーアシスト社製）を用いて、選手の後方 5m の地点に設置し、100Hz で測定した。レンズ高は、地上から 0.5m の高さとした。選手が発揮した疾走速度を分析したところ、2 名の選手の全ての試技において、100m 走後半に疾走速度の低下が見られ、その特徴は、健常選手の速度低下と類似した傾向を示した。これまで義足の選手は、疲労による速度低下は少ないと考えられてきたが、T44 クラスの選手では、100m 走後半の疲労に対する疾走技術も重要な要因になることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study was to analyze the running velocity of Men' s 100m T44 class sprinters. The subjects were 2 highly trained T44 class male sprinters who had participated in the 2012 London Paralympic Games as members of the Japanese national T&F team. The following results were obtained. (1) Actual running velocity was changed as non-handicapped sprinter' s. (2) The Amount of Deviation of subject' s running Velocity (ADV) was able to analyze the changes in running velocity of T44 class sprinters.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,100,000	930,000	4,030,000

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：100m, 加速, 速度低下, 累積速度偏差, 義足

1. 研究開始当初の背景

南アフリカのオスカー・ピストリウス選手は、両足切断者クラスの 100m, 200m, 400m の世界記録保持者で、ブレードランナーの異名をもつ義足の短距離走選手である。2012 年ロンドンオリンピックでは、義足の選手として初めてオリンピックの陸上競技男子 400m

走に出場したことは記憶に新しいが、彼は、2008 年北京オリンピックの出場を巡ってスポーツ仲裁裁判所(CAS)の裁定を受けた。この背景には、国際陸上競技連盟(IAAF)が、カーボン製の義足が競技規則に抵触するとしたため、すなわち、義足がドーピング違反になると判断したからである。この一連の間

題は、義足の選手が、オリンピックに出場する可能性を考えるきっかけとなり、21世紀のスポーツがかかえる世界的な課題として、現在も議論を醸し出している。

しかしながら、これまで短距離走の疾走能力に及ぼす義足の影響については、十分な研究がなされていない。義足選手の場合、下腿の一部が、事故や障害により失われており、疾走に及ぼす影響も健常者と異なると推察される。一般に、義足選手は、加速区間の走りが苦手とされる。加速区間は、より多くの力を地面に伝達する必要があり、カーボン製の義足によって力の伝達が難しくなるからである。一方、100m 走後半の速度低下が生じる区間では、下腿の一部が義足のために、疲労が軽減され、速度低下をおさえる可能性もある。この仮説を裏付ける証拠としては、オスカー選手の記録が良い例である。オスカー選手の100mのベストタイムは10秒91で、北京オリンピック参加標準記録Bに対する割合は、106.13%である。この割合が200mになると104%になり、400mになると100.65%となる。つまり、オスカー選手は、距離が長くなればなるほど、オリンピック出場の可能性が高くなり、瞬発力よりも持久力を必要とする種目が得意であることを示している。この例からも、義足が及ぼす短距離走への影響は、疾走距離によって異なっており、その影響は加速区間や速度低下区間の疾走にも影響すると考えられる。したがって、100m走においても、加速や速度低下の各局面における分析が必要となる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、義足の100m走選手に焦点をあて、加速技術や速度低下に及ぼす義足の影響を明らかにすることである。この目的を達成するために、次に示す3つの課題を設定した。

課題1、義足の選手が発揮した100m走中の速度曲線を測定し、速度変化の特徴を明らかにする。

課題2、速度曲線から累積速度偏差を算出し、義足の選手が苦手とする加速区間や得意とする速度低下区間などの特徴を明らかにする。

課題3、上述の課題から得られた結果をふまえて、一般(健常者)の100m走選手が発揮する速度曲線との違いを比較することで、速度変化に及ぼす義足の影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 対象者

対象とした選手は、2012 ロンドンパラリンピック陸上競技短距離走(T44クラス)代表選手2名を対象とした。本研究は、ヒトを対象とするものであるため、「金城学院大学ヒ

トを対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得た。選手には、研究目的と方法を十分に説明し、同意書にサインを得た。

(2) 実験設定

測定は、2012年11月4日(中京大学梅村陸上競技場)および2013年3月23日(愛知淑徳大学陸上競技場)に実施した。選手の疾走速度は、レーザー速度計測システム

(FLM-ST01, フォーアシスト社製)を用いて、選手の後方5mの地点に設置し、100Hzで測定した。レンズ高は地上から0.5mの高さとした。レーザー速度計は、選手の背部に照準が合うようにパンニング操作をおこなった。選手には、ゴール地点を全力で走り抜けるように指示をした。

(3) 分析項目

測定した時間-距離データは、0.5Hzのローパスフィルタ(4次のバターワース型)を用いて平滑化した。平滑化した時間-距離データから、時間微分をおこない($\Delta t=1/100\text{sec}$), $1/100\text{sec}$ ごとの選手が発揮した時間-速度データ(疾走速度)を算出した。

理論速度の算出は、選手が発揮した実際の疾走速度から、式①に示したFurusawaらの理論式を用いて、算出した。

$$\text{Furusawa らの理論式 } v^* = fga(1 - e^{-t/a}) \quad \text{式①}$$

v^* はFurusawaらの理論式から算出される(理論的な)疾走速度(m/s)、 f は推進力係数、 g は重力加速度、 a は時定数、 e は自然対数の底、 t はスタートからの経過時間(s)をあらわす。

なお、レーザー速度計測システムを用いた疾走速度の算出では、選手がスタートした瞬間を同定することが困難なため、上に示した時間-速度データの数値パラメータが負から正に転じた時点を0sec(スタート時点)と定義し、解析をすすめた。

理論速度の算出は、選手が発揮した加速度が速度に比例すると仮定し、最小二乗法により、式①に示す各パラメータを求めた。この際、加速度-速度データは、選手の加速度が最高値を示した時点から、選手の疾走速度が最高速度を発揮した時点までのデータを用いた。

累積速度偏差は、スタートダッシュ直後の急激な加速期(加速期1)と、その後の最高速度に到達するまでの最大スピード到達期(加速期2)の区分をおこなうことが可能であり、

また、疲労による速度低下の特徴を捉えることのできる指標とされる(高橋ほか, 2005)。なお、累積速度偏差とは、次に示すようにFurusawaらの理論式(Furusawa et al, 1927)を基準値として用い、レース中に発揮した実際の疾走速度との偏倚量を捉えた指標である。

$$\text{累積速度偏差} = x^* - x = \int_{t_0}^{t_1} \{v^*(t) - v(t)\} dt \quad \dots$$

… 式②

v^* は式①, v は実際に発揮した疾走速度(m/s), x は距離(m), t はスタートからの経過時間(s), t_0 は区間開始時間(s), t_1 は区間終了時間(s)をあらわす。

本研究では、0.01secごとの累積速度偏差を選手ごとに算出した。

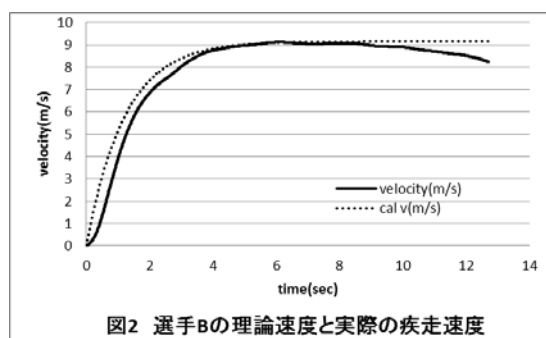
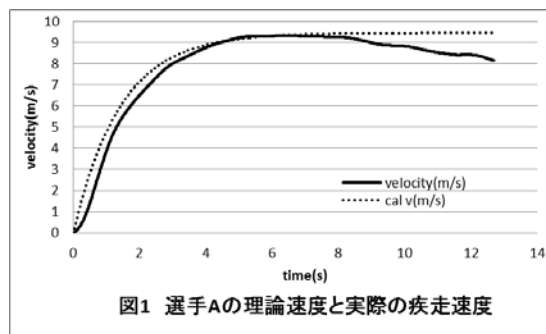
速度逡減率は、最高速度を発揮した時点からゴール時点までの最も低い速度の逡減率をあらわした指標である。

$$\text{速度逡減率} = (\text{最高速度} - \text{ゴール時点の速度}) / (\text{最高速度}) \times 100 \dots \text{式③}$$

4. 研究成果

(1) 選手が発揮した疾走速度[課題 1]

2名の選手が発揮した疾走速度とそこから算出した理論速度については、図1と図2にそれぞれ示した。



図中の実線が実際に発揮した疾走速度(m/s), 点線が理論速度(m/s)をあらわす。

図1に示した選手Aは、100m通過地点のタイムが12.68sec, 最高速度が9.32m/s(42m地点), 速度逡減率が12.61%であった。

図2に示した選手Bは、100m通過地点のタイムが12.71sec, 最高速度が9.13m/s(41m地点), 速度逡減率が9.84%であった。

2名の選手ともに、100mの40m付近でレース中の最高速度を発揮し、その後、ゴールに至るまで疾走速度の低下がみられた。最高速度の発揮後、最も速度が低下した時点は、100mに到達した時点であった。

これらの結果は、義足の選手においても、100m走後半に疲労による速度低下が発現することを示している。また、本報告では数値データとして示していないが、疾走中の速度低下は、実験測定中の全ての試技で確認することができた。

本研究の背景で述べたとおり、これまで義足の選手は、加速区間の走りが苦手であり、100m走後半では、義足の作用もあって、疲労による速度低下は少ないと考えられてきた。ところが、本研究の速度曲線からも明らかのように、日本を代表するトップ選手においても、疲労による速度低下が顕著に見受けられたことは、非常に興味深い結果といえる。速度低下が見られた理由としては、本研究の対象選手が、T44クラスの選手であったことに関係しているかもしれない。T44クラスとは、片下腿切断であり、片足が健全である。義足の部分が疲労しないと仮定するならば、100m走後半の速度低下は、義足以外の身体部が疲労することにより、誘発している可能性を示唆している。あるいは、義足と健全足が、交互にキックすることで生み出される疾走速度(推進力)が、キックのタイミングや疾走フォームの乱れによって、100m走後半における速度低下を誘発しているのかもしれない。いずれにせよ、T44クラスの選手において速度低下が見られた事実は、選手やコーチが、100m走全体のレース展開を組み立てる上で、貴重な資料になると考えられる。特にT44クラスは、T43クラス(両下腿切断)の選手と、パラリンピックのメダルを争うことになるので、100m走後半の速度低下を抑えることは、メダルを争う疾走技術として、有用な情報になると考えられる。

(2) 選手が発揮した累積速度偏差[課題 2]

2名の選手が発揮した累積速度偏差については、図3と図4にそれぞれ示した。この図3と図4は、義足の選手が発揮した累積速度偏差を世界で初めて示したものである。

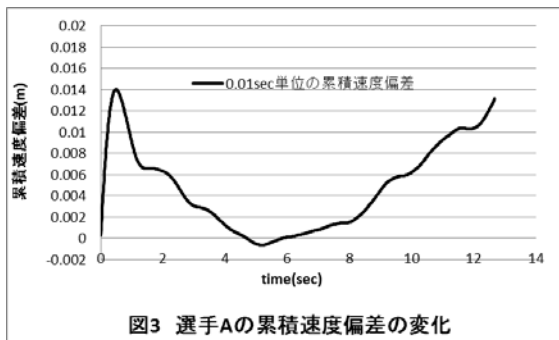


図3 選手Aの累積速度偏差の変化

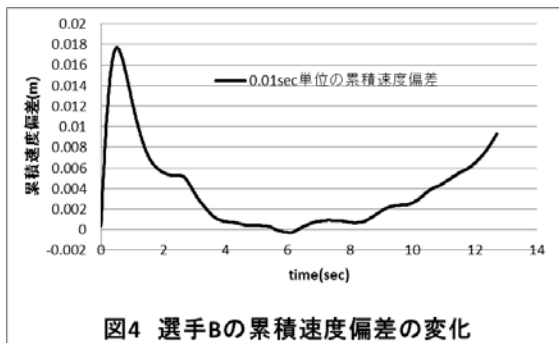


図4 選手Bの累積速度偏差の変化

選手Aと選手Bが発揮した累積速度偏差には、いくつかの特徴が見られた。一つ目は、スタートから1秒未満の間に、累積速度偏差の値が大きくなる点が存在することである。この点は、スタートダッシュにおいて、理論速度よりも実際の疾走速度が大きく遅れることによって生じている。二つ目に、1秒未満にピークを迎えた累積速度偏差の値が、5秒から6秒前後の最低値まで、時には急激に、時には緩やかにいくつかの段階を経て、低下していく様子が見られたことである。この低下は、実際の疾走速度が、理論速度に追いつこうとして生じるものである。特に興味深いのは、急激な低下と緩やかな低下が見られたことであり、加速段階における速度の切替をとらえているものと考えられる。三つ目に、最高速度を発揮した後、すなわち、一端、最低となった累積速度変化が再び上昇していく変化傾向をとらえたことである。この上昇傾向においても、累積速度偏差の値が直線的に増加するのではなく、急激に上昇する区間と緩やかに上昇する(わずかに減少する区間もある)をとらえていることである。

選手Aと選手Bの累積速度偏差を比較すると、一つ目の特徴であるスタートによる遅れの値は、選手Aが0.014、選手Bが0.017と選手Bの方が、高い値を示した。3つ目の特徴である最高速度を発揮後(ゴールに最も近い時点)の累積速度偏差の最大値は、選手Aが0.013、選手Bが0.009となった。すなわち、選手Aの方が、選手Bに比べて、スタートダッシュによる遅れは少ないものの、疲労による速度低下が高くなる特徴をはっきりと分析することができた。

(3) 健常選手との比較[課題3]

本研究では、2012 ロンドンパラリンピック日本代表の短距離走(T44 クラス)の選手2名を対象に、図1から図4に示したような疾走速度の変化を分析した。この疾走速度の変化を健常者の陸上選手を対象とした高橋ほか(2005)と比較すると、100m 走の速度曲線は、スタートから中盤までは、急激な加速局面があり、最高速度を発揮した後は、緩やかに速度の低下が見られるなど、健常者の速度変化と極めて類似した速度変化の特徴を示した。この速度変化の特徴は、これまで義足の選手は加速局面が苦手であり、速度低下局面が得意であるという仮説を覆すものであった。ただ、測定にあたって選手におこなったインタビューによると、加速局面においては、義足側のキックで十分な推進力を得ることができないとのコメントもあり、選手の主観においては、義足による加速局面の走りに苦手意識のようなものも存在しているようである。

累積速度偏差の分析においても、加速局面における速度の切替や、最高速度発揮後の段階的な速度低下の特徴を捉えることができ、これらの変化も、健常者の陸上選手を対象とした高橋ほか(2005)の報告と一致していた。また、選手同士を比較することで、前半型(加速局面における鋭い加速型)と後半型(速度低下が少ない追い込み型)の特徴をつかむこともできた。

今後の課題としては、加速局面において、選手が主観的に苦手と感じているスタートダッシュにおいて、健足と義足の作用を分析することである。また、100m 走後半において、速度低下を誘発する疾走フォームの変化を知ること、選手の疾走技術を高める上で重要な知見となる。さらに、T44 クラスだけでなく、T43 クラスの選手と比較することは、加速や速度低下の特徴の違いを明確にし、パラリンピックでメダルを争うための知見となることも期待できる。

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)

[その他]

ホームページ等

<http://www.kinjo-u.ac.jp/tak/welcome.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋和文 (TAKAHASHI KAZUFUMI)

金城学院大学・人間科学部・准教授

研究者番号：10434549