

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 18 日現在

機関番号：33905

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16470

研究課題名(和文)100m走の加速と速度低下に関する筋群の特定と義足の影響

研究課題名(英文)The relationship between the running velocity and the electromyogram for prosthetic sprinter

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、義足のスプリンターの疾走速度と表面筋電図の関係を調べることであった。義足のスプリンターはT44クラスの選手であった。毎年、彼は、陸上競技の選手として、ジャパンパラ競技大会に出場している。実験は2度にわたって実施した。表面筋電図は、両脚の内側広筋等を測定した。主要な結果は以下の通りであった。疾走中の内側広筋の表面筋電図の積分値は、健足側の方が義足側よりも1.4倍大きかった。ストライドの平均値は、健足側が1.40m、義足側が1.37mであった。これは、義足側を支持脚として健足側で接地する方が、健足側を支持脚として義足側で接地するよりもストライドが長くなった結果を表していた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to investigate the relationship between the running velocity and the electromyogram for prosthetic sprinter. Prosthesis Sprinter was T44 class. Every year he is in the Japan Para Championships as an T&F athlete. The experiment was conducted twice. Surface electromyograms of both legs measured the vastus lateralis, vastus medialis, etc. Also, the tibialis anterior and gastrocnemius muscle on the healthy side were measured. The major results were as follows. The maximum running velocity was expressed approximately 4.8 seconds after the start. The rate decrease of running velocity was 14.8%. The integrated value of the surface electromyogram of the Vastus Medialis during running was 1.4 times larger on the healthy side than on the prosthetic side. The average value of stride was 1.37 m on the prosthesis side and 1.40 m on the healthy side. The prosthetic limb side means kicking with the healthy side as the supporting leg and grounding on the prosthetic side.

研究分野：アダプテッドスポーツ科学

キーワード：短距離走 義足 表面筋電図 疾走速度

### 1. 研究開始当初の背景

2012年ロンドンオリンピックでは、義足の選手が人類史上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。義足の選手も自身の記録がすぐれていれば、健常者とメダルを争うことが可能であり、人類最高峰のスポーツ大会であるオリンピックへの参加が認められたことは、障害者のスポーツ参加に勇気を与える出来事となった。しかし、その背景には、カーボン製の義足が、国際陸上競技連盟(IAAF)の競技規則に抵触するとの意見もあり、義足がドーピング違反になるのかについては、未だ科学的根拠を示すことができていない。そして、この問題は、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。

これまで義足の短距離走選手についての分析は、下腿切断、大腿切断などの障害の種類に応じ、生理学的特性や機械的特性の観点から多くの分析がなされてきた。生理学特性については、酸素摂取量を健常トップアスリートと比較したもので、機械的特性についてはトレッドミル上で走スピードを変化させながら地面反力の変化を測定したものなどがなされている。しかしながら、保原ほか(2010)によると、カーボン製の義足の装着が、走パフォーマンスを健常者以上に改善させる報告はないとのことである。また、我々の調査グループが調べた限り、実際のレース場面や競技場で義足の選手が発揮した、疾走フォームや力学的分析をおこなった研究は、これまでのところほとんどなされていない。貴重な先行研究として山本ほか(2010)は、片足大腿切断の100m走日本記録保持者を対象に、ほぼ最高速度を発揮したと考えられる地点の疾走フォーム、筋活動、地面反力を測定し、より高い疾走速度の獲得には、単に健足と義足の動きを健常者の動きに近づけようとするべきではないことを指摘している。

下に示した図1は、我々の研究グループが、片足下腿切断の100m走日本記録保持者を対象に測定した100m走中の疾走速度の変化(実線)と大学健足選手(点線)である。

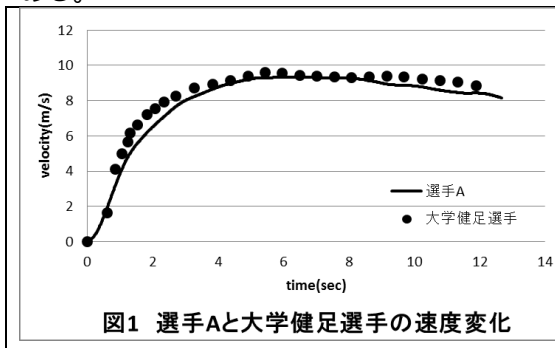


図2は、100m走中の疲労による速度変化(加速と速度低下の変化傾向)を示した累積速度偏差のデータである。

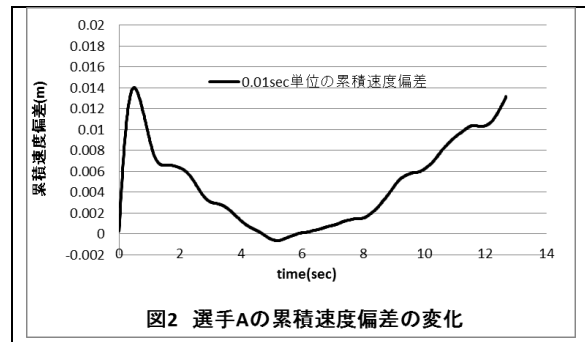


図1から明らかなように、選手Aの100m走中の速度曲線は、大学両足健足選手のものと同様に、100m中盤(50m付近)で最高速度を迎え、その後、ゴールに至るまで緩やかな速度低下を示した。選手Aの速度遞減率は、12.6%であった。また、図2からも、選手Aはスタートの約5秒後から疲労による速度低下を引きおこし、ゴールに至るまで時には急激に、時には緩やかに速度低下を起こしていることを明らかにした。これまで、義足選手は、加速局面の走りが苦手(カーボン製の義足によって力の伝達が難しくなるから)で、100m走後半の速度低下局面では、下腿の一部が義足のために、疲労が軽減され、速度低下をおさえる可能性もあると考えられてきた。実際には、片足下腿切断の選手は、速度低下を誘発しており、この事実は、100m走中の速度低下が下腿部ではなく、大腿部や体幹部の疲労によってもたらされる可能性を示唆している。

### 2. 研究の目的

本研究では、短距離走中の速度発揮に関する筋群の特定と健足と義足で異なる疾走技術要因を明らかにすることを目的としており、次に示す2つの課題を設定した。

課題1. スタート局面や加速局面の疾走フォームを分析することで、健足と義足のキック動作が、速度変化に及ぼす影響を明らかにする。

課題2. 健足と義足の表面筋電図を測定することで、スタート時や加速局面に影響する筋群を特定し、筋活動様式が速度変化とキック動作に及ぼす影響を明らかにする。

### 3. 研究の方法

本研究では、次に示す2つの実験を行い、目的の達成を試みた。

実験1. 疾走速度の変化と表面筋電図の関係について。実施日2016年3月27日。

実験2. キック動作の分析と表面筋電図の関係について。実施日2017年11月5日。

実験場所: 実験1と実験2ともに、金城学院大学グラウンドで行った。

実験1の実施方法。選手の後方3m、地上高0.5mの位置から、レーザー速度計(LDM301S, フォーアシスト社製)を用いて、サンプリングレート100Hzにより、疾走速度を計測した。

計測した時間-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。

疾走フォームは、スタート地点と30m地点に、ハイスピードデジタルカメラ(EX-FC160S, カシオ社製)を各4台ずつ設置し、サンプリングレートは240Hzで撮影した映像を3次元DLT法を用いて、動作解析を行った。

表面筋電図は、無線式多チャンネルテレメータシステム(WEB-7000, 日本光電社製)を用いて測定した。LEDの同期発光スイッチをビデオ映像に読み込ませることで、映像と筋電データの同期を行った。

解析は、BIMUTUS-Video(キッセイコムテック社製)を用いて行った。

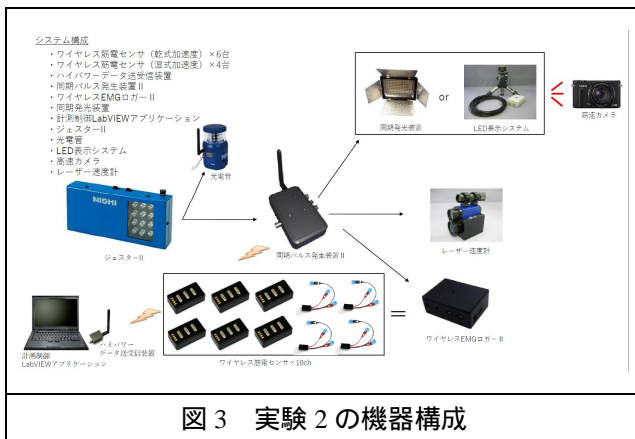
実験2の実施方法。レーザー速度計の設置方法については、実験1と同じであった。

疾走タイムは、無線式光電管ユニットNT7728C(NISHI社製)を用いて計測した。

キック動作の中でもスタートからゴールまでのピッチとストライドの変化をすべて測定するために、走路の側方にハイスピードカメラ9台(EX-FC160S, カシオ社製)を設置して240Hzで撮影し、2次元DLTにより、それらの変化を計測した(高橋ほか, 2016)。

表面筋電図は、ワイヤレス筋電センサ(追坂電子機器製)をもちいて、計測した。

映像データと筋電データの同期は、同期パルス発生装置(追坂電子機器製)を用いて行った。なお、同期パルス発生装置とレーザー速度計も接続することで、速度データとの同期も試みた。(図3)



筋電データの解析は、BIMUTUS-Video(キッセイコムテック社製)を用いて行った。

実験1と2で測定した筋群は、健足側・義足側ともに、外側広筋、内側広筋、大腿直筋、大腿二頭筋であった。また膝下については、健足側で、腓腹筋、前頸骨筋を測定した。

対象とした被験者は、いずれの実験においても、片足下腿義足のT43クラスに属する選手1名であった。選手の身長は1.70m、体重は63.0kgであった。年齢は44歳であった

(2016年の測定時)。この選手は、測定実施年度のジャパンパラ競技大会や全国障害者スポーツ大会の陸上競技に出場していた。

なお、本研究に際しては、「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受けて行った。

#### 4. 研究成果

実験1 試技は、十分な休息をはさみながら、4度実施した。4度のスプリント走(50m)の平均タイムは、8.64秒であった。図4には、疾走速度の変化(試技1)とそこから算出した理論速度の値を示した。また、図5は、0.01秒単位で算出した累積速度偏差の変化を示した。

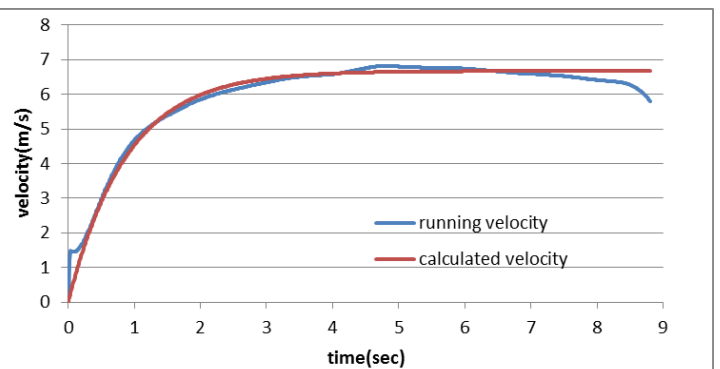


図4 疾走速度の変化

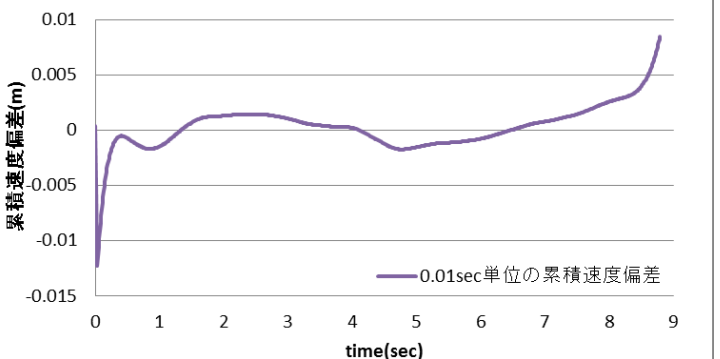


図5 累積速度偏差の変化

主要な結果として、健足側と義足側の内側広筋の筋電データを図6と図7に示した。

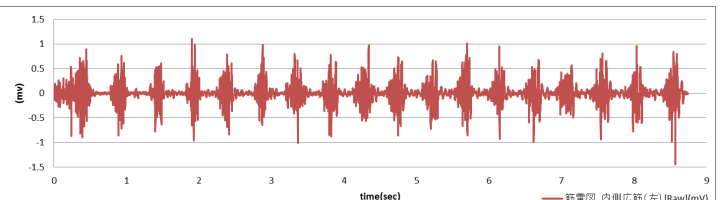


図6 スプリント中の筋電図\_内側広筋(健足側)

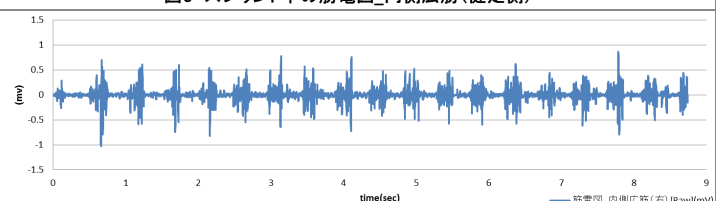


図7 スプリント走中の筋電図\_内側広筋(義足側)

図6 健足側と図7 義足側を比較すると、スタートブロックの前側にあたる健足側は、スタートの反応から0.5秒以内の間に波形が観測される一方で、後脚にあたる義足側は、小さな波形しか示さなかった。また、スタートからゴールに至るまで、内側広筋では、健足側の筋電データの方が強い波形を示した。この区間における振幅を積分値で比較すると、健足側は義足側より、約1.4倍の大きさを示した。

実験2 試技は3回行ったが、2回目の計測でタイムの計測ができなかった。2回分の計測タイムの平均値は、9.57秒であった。実験1の結果とあわせて考察するために、試技1についてのスプリント走中のキック動作として、ピッチとストライドの変化について示した。

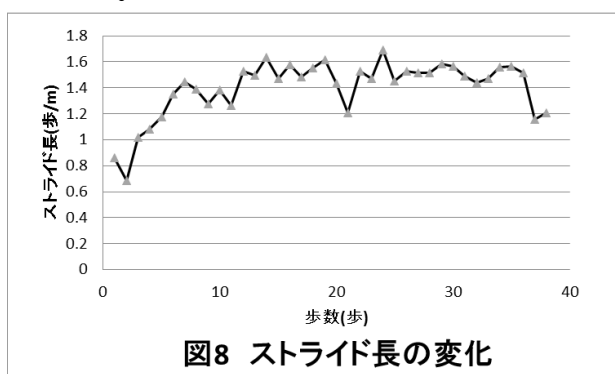


図8 ストライド長の変化

図8は、スタートからゴールまでのストライド長の変化を示している。1歩あたりの平均ストライド長は、1.40mであった。

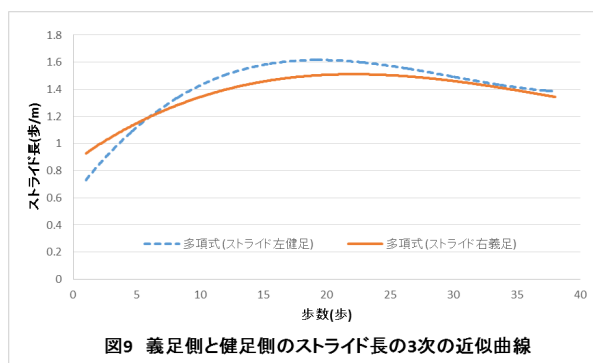


図9 義足側と健足側のストライド長の3次の近似曲線

図9は、健足側(点線)と義足側(実線)に分けてそれぞれのストライド長を3次の近似曲線で表したものである。義足側とは、健足側を支持脚としてキック動作を行い、義足側で接地することを表している。本研究の被験者の場合、スタート動作が終わったあとの5歩目以降は、健足側の方が義足側よりもストライド長が長くなる傾向があった。これは、義足側を支持脚として健足側で接地する方が、健足側を支持脚として義足側で接地するよりもストライドが長くなった結果を表していた。平均ストライド長は、健足側が平均1.43m、義足側が平均1.37mであった。

実験1と実験2の結果を総合的に考察すると筋が出力する力、義足の有するエネルギー、

それらを活かすキック動作の技術は、スタートや中間局面で異なる要素を有していることであった。これらはそれぞれに焦点を当ててより詳細に調べていく必要がある。

そのため、今後の課題としては、他の選手も含めて、筋電データとキック動作、ストライド長やピッチのデータを蓄積していくことが上げられる。また、研究を遂行していく上で、直線走路上に設置しているレーザー速度計、光電管、ハイスピードビデオカメラ用の同期発光装置、選手に装着する無線の筋電計など複数の異なる機器を用いて同期をとる必要があるため、その制御の難しさをよりシンプルに改善していく必要もあげられる。

#### 参考文献

- 保原浩明, 緒方徹 (2010) エネルギー蓄積型疾走用足部の普及とランニング研究の動向. バイオメカニクス研究 14(3): 110-116 .  
 高橋啓悟, 磨井祥夫 (2016) レーザー速度測定器を用いたスプリント走におけるストライド長とピッチの測定. 広島体育学研究 42: 11 ~ 18 .  
 山本篤, 福田厚治, 伊藤章 (2010) 大腿切断者の疾走動作; 男子 100m 日本記録保持者の例. バイオメカニクス研究 14(3): 101-109 .

#### 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 件)

〔学会発表〕(計 件)

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 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 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

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

(2) 研究分担者

( )

研究者番号：

(3) 連携研究者

( )

研究者番号：

(4) 研究協力者