

氏名・（本籍） 石村 和博（青森県）

学位の種類 博士（体育学）

報告番号 乙 第55号

学位授与年月日 2017（平成29）年3月19日

学位授与の要件 学位規則（昭和28年4月1日文部省令第9号）

第4条第2項該当

論文題目 陸上競技曲走路疾走における左右ステップの非対称性に関する

バイオメカニクス的研究

審査委員（主査） 桜井 伸二

田内 健二

清水 卓也

論文審査経過および結果

1. 論文審査経過

- 2016年9月13日（火） 博士学位論文の受理、審査委員会の設置
- 2016年9月22日（木） 第1回学位審査委員会
（本審査委員会運営方法の確認、審査日程と方針を決定）
- 2016年11月2日（水） 第2回学位審査委員会
（論文の問題点の検討、本人への問題点の提示）
- 2017年1月11日（水） 第3回学位審査委員会
（修正の確認、問題点についての質疑応答、口述試験）
- 2017年1月16日（月） 第4回学位審査委員会〔稟議〕
（審査報告書の審議）

2. 論文審査の結果

2.1 提出論文の審査経過

本委員会は次の手順で提出論文の審査を行った。

2016年9月13日 論文受理および審査委員会の設置（博士課程委員会）。

2016年9月22日 第1回学位審査委員会。提出論文について審議し、次の合意が得られた。提出論文の内容に関しては学位に値するものと認められる。ただし、精細な査読を行い、その結果により論文

提出者に改めて説明や修正を求めるものとする。

2016年11月2日 第2回学位審査委員会。査読結果を持ち寄り検討した。その結果、特に先行研究の知見と本論文の研究課題の関係についてのより詳細な説明、および得られた結果をより明確に提示することを求めることとした。あわせて、全体の構成を再考すること、用いられる術語の統一を図ること、文献リストの記載法を修正することなどを求めることとした。上記の諸点について論文提出者に具体的に通知し、指摘箇所に関する加筆・修正の検討を求めた。

2017年1月11日 第3回学位審査委員会。加筆・修正点の確認をした上で、口頭にて最終試験を行った。

2017年1月16日 第4回学位審査委員会（稟議）。学位審査報告書の確認を行った。

2.2 提出論文の概要と評価

提出された論文の構成は次のとおりである。

第1章 研究背景と目的

第2章 曲走路疾走における左右支持脚の3次元下肢関節キネマティクス

第3章 運動学的データを用いた力積算出の実用性に関する研究

第4章 曲走路疾走における左右ステップキネマティクスの特徴

第5章 曲走路疾走中の左右支持期における身体重心の挙動と脚スティフネス

第6章 総括

100m走を除く陸上競技トラック（競走）種目では、直走路だけではなく必ず曲走路を使用する。しかも曲走路を走る距離は直走路を走る距離より必ず長い。走路の形状および周回方向が反時計周りとして規定されており、右脚が外側脚に、そして左脚が内側脚になる。曲走路疾走を含む短距離種目の競技成績を高めるためには、曲走路における最大疾走速度を高める必要がある。曲走路における最大疾走速度は、直走路における最大疾走速度よりも一般に低くなることが知られている。また曲走路における疾走速度が高いほど、走者はその走速度の2乗に比例する大きな求心力を発揮する必要がある。あるいは走者は走速度の2乗に比例する大きな遠心力を感じるようになる。そのため、短距離選手はより良い曲走路疾走技術を身につける必要がある。

陸上競技の短距離走や全力疾走動作に関する研究は古くから行われてきたが、これまでその多くが直走路疾走を対象としてきた。曲走路疾走に関する研究は十分に行われておらず、曲走路疾走技術の理解が進んでいるとは言い難い。例えば、最大速度での曲走路疾走時について左右両下肢の3関節（股、膝、足）の3次元関節キネマティクスを完全に明らかにした研究はほとんど見あたらない。また、曲走路疾走時の左右それぞれのステップ長やステップ頻度の大小に関しては統一的な見解がない。さらに、曲走路の内側にある左脚と外側にある右脚には直走路疾走とは異なるそれぞれの役割があることが予想されるが、これについても統一的な見解がない。

本研究は、陸上競技曲走路疾走における左右ステップの非対称性のバイオメカニクス的な分析によって、曲走路疾走動作の解明とその能力・技術の向上に資する情報を提示することを目的とした。

この目的を達成するために、以下の研究課題を設定し、14名（下記研究課題1および3、男性9名・女性5名）あるいは18名（下記研究課題2、男性10名・女性8名）の学生短距離選手および混成競技選手を被験者として研究を行った。

・研究課題1

曲走路疾走時における左右支持脚の下肢3関節の3次元関節キネマティクスを求め、それらの変化パ

ターンを明らかにする（第2章）。

・研究課題2

曲走路疾走時の左右それぞれのステップ長やステップ頻度というステップキネマティクスの非対称性を明らかにし、それをもたらす要因について検討する（第4章）。

・研究課題3

曲走路疾走時の支持期における身体重心の挙動、および脚スティフネスの左右の非対称性を明らかにし、曲走路疾走における左右脚の役割について考察する（第5章）。

なお研究課題2および3に取り組むにあたり、運動学的データから力積を算出する必要があったため、この際の誤差を定量化し、実際の使用に耐えうる信頼性があるか否かを確認した（第3章）。

左右脚の比較、そして直走路疾走動作との比較を行い、研究結果は以下のようにまとめられている。

(1) 支持脚下肢3関節の3次元キネマティクスについて

曲走路疾走時の下肢3関節における屈曲・伸展動作は直走路疾走時と類似していた。内外転および内外旋動作などについては、右脚が直走路疾走時と類似していたのに対し、左脚ではそのピーク値や変化曲線に直走路疾走動作と違いがあり、曲走路疾走時の左脚においては特に股関節内転および足関節外反がより増大している傾向が認められた。

(2) 左右のステップキネマティクスの特徴

左ステップの支持時間・支持距離・滞空時間・滞空距離は、いずれも右ステップより長かった。左のステップ距離およびステップ時間も右ステップに比べ長かった。この差は、離地時の身体重心の垂直速度の差に関係するものと推測された。

(3) 身体重心の挙動と脚スティフネス

曲走路疾走時、身体重心は左右どちらの支持期においても求心方向へ移動していたが、右脚支持期の移動量と速度変化の方が左脚支持期に比べ大きかった。このことから、右脚は求心方向の運動を生み出す役割を担っていると考えられる。しかし、直走路疾走時には左脚支持期に右方向への力を受けることを考慮すると、左脚支持期の方が直走路疾走に比べ曲走路疾走でより大きな違いが認められるともいえる。脚スティフネスを求めたところ、右脚では直走路疾走時と同様の値であったのに対し、左脚では曲走路疾走時で小さかった。よって、右脚は直走路疾走時のような動作と脚スティフネスを保つことで求心方向の運動を生じさせ、一方左脚は直走路疾走時よりも脚スティフネスを低下させ、脚が受ける力の方向を直走路疾走時の右方向から左方向へと大きく変化させることによって曲走路疾走に適応していると考えられた。

2.3 提出論文の評価

本論文では、直走路疾走動作に比べ研究の対象とされることが少なかった曲走路疾走動作に注目し、下肢3関節の3次元キネマティクスをこれまでの研究に比べより完全な形で示したことが第一に評価できる点である。

次に、これまでの研究の多くが曲走路疾走における右脚と左脚の動作の比較からそれぞれの役割について言及しようとしてきたのに比べ、本研究では直走路疾走時の同側脚の動きとも比べることによって一段深い洞察に至っている点が第二に評価できる点である。

本論文の主たる研究対象は、曲走路疾走動作における下肢のキネマティクスである。曲走路疾走時の両脚のキネマティクスの分析、また体幹部の運動や上肢の役割についても今後検討していく必要があるだろう。さらに、提出者が述べている通り、直走路最大疾走速度に対する曲走路最大疾走速度が高い選手の特徴を明らかにするなどして、曲走路を速く走るための技術を検討していくことも重要なテーマだと考えら

れる。本論文によって、このような曲走路疾走動作に関する研究の今後の方向性や可能性が広がったと見ることができるだろう。

2.4 提出論文の既刊論文との関係

本論文を構成する各章のうち、以下の章は下記の学術誌に掲載された論文の内容を中心に書かれている。

・ 第3章

Ishimura, K. and Sakurai, S. (2013). Degree of agreement between impulse and magnitude of momentum change for different types of movements. *Gait and Posture*, 37, 467-468.

・ 第4章

Ishimura, K. and Sakurai, S. (2016). Asymmetry in determinants of running speed during curved sprinting. *Journal of Applied Biomechanics*, 32, 394-400.

3. 最終試験の結果

第3回学位審査委員会において、口頭にて質疑応答を行い最終試験とした。この口述試験での主な質疑は、第2回審査委員会での指摘に沿ったものであった。すなわち、論文中の専門領域に関わる記述の説明不足、あるいは得られた結果の解釈や表現の不明確さについて改めて指摘し、説明を求めた。それによって、本研究の内容だけではなく、バイオメカニクスおよび一般的な自然科学の研究についての基本的な知識と理解度、研究に対する論理的な展開能力などを確認しようとするものであった。その結果、論文提出者は研究能力および専門領域についての十分な学識を有していると判定した。

4. 学力の確認

本論文の提出者は、本研究科博士課程において所定の単位を取得し、かつ本研究科の指導指針にのっとり、学術誌に筆頭著者として英文で複数の論文を発表している。また本学位請求論文の内容に関連する学会発表についても、2010年から2015年に開催された4回の *International Society of Biomechanics in Sports Congress* においてポスター発表（3回）および口頭発表（1回）をするなど、精力的に研究成果を発信している。これらのことから論文提出者は博士の学位を授与されるに値する学力と研究能力を有していると判定した。

5. 結論

本学位審査委員会は、提出された博士学位請求論文が博士（体育学）の学位に値するものであり、かつ、論文提出者は専門領域に関する十分な学識と研究能力を有するものと判定した。

以上