

博士論文審査の結果の要旨

氏名	村澤 智啓
学位名	博士（医工学）
学位番号	甲 第9号
論文題目	ランニングにおける優れた弾特性に関連するバイオメカニクス特徴
論文審査委員	主査 小関 道彦 小林 俊一 中楯 浩康 岡田 英孝（電気通信大学）

（博士論文審査の結果の要旨）

本論文では、モーションキャプチャ技術によってランニングの動作について計測したデータを分析することにより、長距離走パフォーマンス指標とされる下肢の弾特性（leg stiffness）を高める方法について検討を行っている。

第1章では、ランニングを普及させるためにランニングを始める人・続ける人を増やす必要性を示したうえで、ランニングにおけるパフォーマンス向上・障害リスク低減のためには身体の弾特性を効果的に利用することが重要であることを指摘している。そして、身体の弾特性を反映する総合的な指標として leg stiffness（下肢を弾性ばねとしてみたときのばね定数に相当）を紹介したうえで、本研究の目的を述べている。

第2章では、これまでに行われた関連研究を整理している。まず、バイオメカニクス研究の歴史を概説したうえで、ランニングを対象とした研究を紹介する。ランニングについて、とくにキネマティクス・キネティクスの視点で行われた研究や、leg stiffness に基づく研究の成果を示している。そのうえで、ランニングに関連するバイオメカニクス特徴についてまとめている。

第3章では、前章で示した先行研究の限界点に基づき、本研究で扱う3つの研究課題を設定している。それぞれの課題については第5章～第7章で述べられる。

第4章には、次章以降で述べる検討内容に共通する、ランニング時の身体挙動を計測する方法がまとめられている。

第5章では研究課題1として、ランニング時の足部接地方法が leg stiffness の計測結果に与える影響を評価している。従来研究で広く用いられてきた leg stiffness の計測方法は、足部接地方法に大きく影響を受けることを明らかにし、CoM（身体重心）と CoP（測定圧力中心）の計測に基づく計測方法が幅広いレベルのランナーの leg stiffness を評価するためには適切であることを示している。

第6章では研究課題2として、運動データに対する主成分分析により leg stiffness が大きいランナーの特徴を明らかにしている。熟練ランナー14名（HR群）＋非ランナー14名（NR群）の計28名の被験者に対して leg stiffness を計測するとともに立脚期の関節角度や骨盤座標などを主成分分析し、HR群の leg stiffness はNR群に比べて有意に大きいこと、leg stiffness と主成分ベクトル1（PCV1）が有意に相関することを示している。そして、PCV1に対する分析から、大きな leg stiffness に対応するHR群の走動作の特徴を解明し、走動作習得のトレーニングに向けた示唆を得ている。

第7章では研究課題3として、下肢全体の弾特性を表す leg stiffness を従属変数、膝関節・足関節の弾特性を表す関節 stiffness をの構成変数である関節モーメントと関節の角変位（RoM）独立変数とした重回帰分析を行い、leg stiffness に対する関節のバイオメカニクス変数の寄与度を求めている。その結果、leg stiffness を高めるには底屈モーメントと膝関節 RoM が特に重要であり、大きな足関節 stiffness と大きな leg stiffness が対応していることが明らかになった。この結果から、足関節 stiffness を改善させるトレーニングを行うことで、障害好発部位である膝関節に負担を与えずに leg stiffness を高めることが期待できることを示した。

第8章で、本論文をまとめている。これまでに述べてきた本研究の成果を整理したうえで、本

論文で示された知見に基づくトレーニングシステムの構想が述べられている。

これまでに複数の先行研究が、ヒトのランニング動作において leg stiffness は長距離走パフォーマンス指標として有用であることを指摘している。しかしながら leg stiffness の計測方法が確立されておらず、論文によっては足部接地方法に大きく依存する手法が用いられているなどの理由によって leg stiffness を高める手段として不適切なトレーニング手法が示唆されることがあった。それに対し本研究では、第 5 章において leg stiffness の算出結果と足部接地方法の関係を明らかとし、第 6 章における複数の熟練ランナーのランニング動作から抽出した動作特徴と大きい leg stiffness との関連を分析した結果および、第 7 章における大きい leg stiffness と関節のバイオメカニクス特徴の関連を分析した結果に基づいて、初心者ランナーに適したトレーニング方法の提案に至っている。このことは、学術的価値を有しているばかりでなく、世界中の人々の健康維持に貢献する技術につながるものである。

以上のことから、本論文は学位論文として十分に認められるものと判断した。

(公表主要論文名)

- 村澤智啓, 小林吉之, 小関道彦, 主成分分析に基づく優れた長距離ランナーの運動学的特徴と leg stiffness の関係, バイオメカニズム学会誌, 46(3), 176-184, (2022)
- 村澤智啓, 小関道彦, Leg stiffness の計測方法に対する足部接地方法の影響, バイオメカニズム学会誌, 47(2), 123-130, (2023)
- 村澤智啓, 小関道彦, ランニング中の leg stiffness の個人間変動に対する下肢力学変数の寄与度の検討, トレーニング科学, 35(2), 225-236, (2023)