

論文内容の要旨

氏名 畠 圭佑

陸上競技における短距離種目の中でも 100m 走は特に注目を浴び、世界選手権やオリンピックの舞台でも陸上競技の花形的存在である。100m 走における世界記録は、1968 年に初めて 9 秒台を記録しているが、特に 9 秒台の更新が繰り返されるのは 1980 年代後半からである。この記録更新の背景としては、スポーツプロダクトの性能の向上と、トレーニングや走技術といったヒトへの科学的アプローチである。近年は、VICON システムなどを利用したモーションキャプチャによるキネマティクスの研究や、ロボット工学を応用したカイネティクスの研究が盛んにされており、その中で注目されているのが疾走時に蓄積・利用される弾性エネルギーや筋・腱のもつスティフネスといった指標である。特にスティフネスは最大疾走速度の発揮に関係する値とされている。

解剖学的知見から、ヒトの骨格筋は筋および腱で構成されており、腱は強い弾性要素をもつ部位として知られている。ヒトの筋および腱は運動時に伸長と短縮を繰り返しており、伸長時に弾性エネルギーが蓄積され、短縮時にこの弾性エネルギーが利用される。この現象は Stretch-Shortening Cycle (SSC) と呼ばれており、弾性エネルギーの蓄積と利用を議論する上で重要なメカニズムである。特に、疾走動作における主動部位である脚部および、最も長い腱であるアキレス腱周辺部位については SSC の発生とその計測について多くの研究がされている。疾走動作中に発揮される弾性エネルギーは、発揮される運動エネルギーの 30% から 80% と幅があるものの様々な手法により推定されている。一方で弾性エネルギー蓄積のためのキャパシティである脚スティフネスについても、様々な力学モデルや測定方法が考案され推定が行われている。その中でも本研究の位置付けは、弾性エネルギーおよびスティフネスの測定によるスパイクシューズ装着効果とパフォーマンスへの影響という観点からの議論と、実際の疾走状態におけるバイオメカニクスデータの取得を目的とした測定システムの開発および疾走動作の測定ならびにスティフネスの推定である。

本論文の要旨を以下に示す。本論文は全 6 章で構成されている。第 1 章「100m 走の歴史的な研究背景および研究意義」では、序論として短距離走およびその関連研究の歴史的背景と研究意義を述べる。また、従来の筋腱複合体に蓄積される弾性エネルギー推定や、スティフネスの推定を実際の走行動作へ適用する有用性を明示し、目的を述べた。

第 2 章「弾性エネルギーの蓄積と利用」では、身体の反動動作と SSC および弾性エネルギーの蓄積・利用に関する研究の比較を示し、SSC のメカニズムと身体動作の関係を示した。さらに、力学モデルを利用したスティフネスの推定した研究と、実際のパフォーマンスとの関係を示した事例を取り上げ、弾性エネルギーやスティフネスの走パフォーマンスへの寄与について言及を行った。

第 3 章「傾斜面内跳躍による弾性エネルギーの測定」ではスライダシートを用いた足関節のみによる傾斜面内跳躍を可能にした実験システムを構築し、下腿部の筋腱複合体に蓄積する弾性エネルギーの測定を素足状態と 3 種類のスパイクシューズを用いて行った。スライダシ

システムを用いた足関節跳躍を行い、床反力測定システムを利用した足関節の仕事量の測定と筋電図測定による筋収縮の仕事量の算出および弾性エネルギーの推定を行い、スパイクシューズ装着による効果をマンマシンシステム全体としての弾性エネルギーの増強という観点から示した。

第4章「連続跳躍と粘弾性モデルによるスティフネスの測定」では身体を質量、弾性、粘性の3要素による力学モデルとして構成し、数種類のリズムによる連続跳躍によって発生する床反力の着地衝撃シミュレーションを行った。力学モデルの粘弾性パラメータは、着地衝撃曲線とフィッティングさせることによって求めた。その結果、着地衝撃の床反力を正確に再現することができ、動作による変化とスパイクシューズ装着による足部状態の変化が脚スティフネスに影響を与えることを確認することができた。

第5章「加速度・ジャイロセンサを用いた測定システムの開発と実走行の測定」ではここまで示した弾性エネルギーやスティフネスについて、実際の疾走動作時での測定の重要性について言及した上で、加速度センサおよびジャイロセンサを用いたバイオメカニクス測定システムの開発を行い、実際の100m走疾走を想定した測定および足関節スティフネスの推定を試みた。これにより実際の疾走動作で加速度および角速度の測定を行い、算出した床反力やトルクおよびスティフネスを示し、議論を行った。

最後に第6章「総括」で本論文の総括を行った。