

代表的な身体運動である走・跳躍動作において、我々の脚は「バネ」のように振る舞う。このような下肢のバネ的振る舞いは運動パフォーマンスおよび障害の発生頻度と密接な関係があることが知られている。現在まで、こうした下肢のバネ特性を定量的に評価するには、身体を質点と下肢長による線形スプリングとみなす **Spring-mass model** が用いられてきた。なかでもバネの硬さを意味する **Leg stiffness** (立脚中期における地面反力値と重心変位量の比) は下肢のバネ特性を表す指標として広く知られている。身体運動中の **Leg stiffness** は関節バネの硬さ(立脚中期における関節トルクと関節角度変化量の比 ; **Joint stiffness**) に依存する。このとき、**Joint stiffness** は関節まわりの筋活動あるいは着地時の下肢関節角度変化によって制御されている。したがって身体運動における下肢のバネ的振る舞いを下肢全体および関節レベルで明らかにすることは、パフォーマンス改善と障害予防の両面にとって有用な情報となりうる。本博士論文の目的は、走・跳躍動作における下肢のバネ的振る舞いの制御機構 (**Stiffness regulation**) を調べ、下肢バネ特性の適応性を実験的に明らかにすることである。

第1章では、下肢のバネ的振る舞いの力学的特性およびその運動制御機構を明らかにすることの重要性について述べた。また、本論文で得られる研究成果は、移動運動の基本原理の理解、さらにスポーツやリハビリテーション分野における運動機能向上を目的としたトレーニングプログラム開発にも応用可能であることを示した。そして、現在まで未解決のままである3つの問題を提起し、本論文の目的ならびに趣旨を記述した。

第2章では、神経系がどのようにして連続跳躍運動中に **Stiffness regulation** を行っているのかという点について、下腿三頭筋および前脛骨筋を対象に筋電図法を用いて検証した(実験課題1)。その結果、**Leg stiffness** の増加に従い前脛骨筋は活動を低下させることが明らかとなった。このとき、下腿三頭筋の筋活動は有意に増加することが明らかとなった。これらの結果から、神経系は拮抗筋である前脛骨筋の相反抑制を通じて、主動筋である下腿三頭筋の活動を高めていることが示唆された。

第3章では、瞬発系種目競技者と長距離系種目競技者間に見られるトレーニング履歴の違いが連続跳躍運動中の **Stiffness regulation** にどのような影響を与えるのかということ、バイオメカニクスおよび神経生理学的手法を用いて検証した(実験課題2)。その結果、瞬発系種目競技者は長距離系種目競技者に比べ有意に高い **Leg stiffness** と **Joint stiffness** の値を示した。しかしながら、下肢筋活動を観察したところ、両グループ間に有意な差は認められなかった。これらの結果から、両グループ間に存在する **Leg stiffness** および **Joint stiffness** の相違は腱組織特性の差異を反映していることが示唆された。

第4章では、実際のフィールド走における **Stiffness regulation** を明らかにするため、400 m走中の下肢バネ的振る舞いを経時的に観察し、パフォーマンスとの関連を検証した(実験課題3)。その結果、**Stiffness** と走速度との間に正の相関関係が認められた。また、**Stiffness** は **Stride frequency** (ピッチ) と比例関係にあることが明らかとなった。これらの結果から、走運動中に下肢のバネ的振る舞いを維持することはピッチの増加を通じて走速度の獲得に

貢献することが示唆された。

第5章では、第2章から第4章までで得られた研究成果をもとに、本研究の限界を述べるとともに、将来的に解決すべき解析手法の問題点について言及した。第6章では、第2章から第4章で得られた研究成果に基づき、身体運動における下肢のバネ的振る舞いは運動パフォーマンスと密接な関係にあり、その制御機構は課題に依存したものであることを述べた。また、生体は幅広い下肢バネ特性の適応性を有することを論じ、本研究の成果が身体運動の力学・生理学的評価に新たな視点を与えたことを論じた。