



スポーツにおける競技力と人体の特性に関する研究

藤井, 範久

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

1993-03-31

(Date of Publication)

2008-03-24

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲1173

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3070621>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1001173>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	藤 井 範 久 <small>ふじ い のり ひさ</small>	(兵庫県)
博士の専攻分野の名称	博 士 (学術)	
学位記番号	博い第213号	
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当	
学位授与の日付	平成5年3月31日	
学位論文題目	スポーツにおける競技力と人体の特性に関する研究	

審 査 委 員	主査 教授 森 脇 俊 道
	教授 北 村 新 三
	教授 美 崎 教 正

論 文 内 容 の 要 旨

スポーツにおける競技力の向上を目的として、現在種々の手法を用いたスポーツ動作の解析が行われている。しかし従来のスポーツ動作の解析においては、形態的特徴や身体的能力などの競技者固有の特徴は、十分に考慮されていない。そこで本研究では、形態的特徴や身体的能力などの競技者固有の特徴を考慮し、どのような動作が最適な動作であるか、またどのようなトレーニングによって競技力を向上させることができるかを推定することを最終的な目的とした。そのためには、形態的特徴や身体的能力など競技者が保持する要因と競技成績の関連を明らかにしなければならない。そこで人間の行う運動の中から基本的でかつ目的関数が明確である垂直跳び動作を対象として取り上げ、実験および2次元筋骨格モデルを用いた動作シミュレーションを行うことにより、形態的特徴や身体的能力が垂直跳び動作に与える影響を明らかにすることを試みた。

本論文の内容をまとめると以下のとおりである。

第1章では、スポーツに関する従来の研究を概観するとともに、その問題点を明らかにし、本論文の構成を概説した。

第2章では、垂直跳び動作のシミュレーションを行うために、足、下腿、大腿、頭・腕・胴の4個の剛体要素で構成する剛体リンクモデル、9個の筋群、さらに関節の可動域を考慮した筋骨格モデルを構築した。さらに実際の垂直跳び動作において測定した筋放電信号に基づいて筋骨格モデルの制御信号を作成し、垂直跳び動作のシミュレーションを行った。その結果、構築した動作シミュレーションシステムを用いて、実際の人の垂直跳び動作を再現することができることを確認した。

第3章では、競技力に影響を及ぼす内的要因のうち、身体的能力、特に筋が持つ特性の一つである

収縮速度－筋力特性の相違が垂直跳び動作に及ぼす影響を、実験およびシミュレーションによって検討した。その結果、筋収縮特性の一つである収縮速度と筋力の関係が変化した場合、最適な跳躍動作を行うためには、筋の収縮速度が過大にならないように動作を調節する必要があることが明らかとなった。またシミュレーションシステムを用い、筋骨格モデルのパラメータを変更することによって最大筋力と垂直跳び動作の関連について検討した結果、以下の関連があることが推察された。すなわち、すべての筋群の最大筋力が一様に変化した場合には、最適な跳躍動作のパターンには大きな変化はないものの、特定の筋群の最大筋力が変化した場合には、各筋群の筋力を最大限に利用できるように動作を調節する必要があることが推察された。また最適な垂直跳び動作を行うための筋群の制御プログラムに関しては、以下の関連があることが推察された。すなわち、筋群の筋力バランスと最大収縮速度の関連から制御パターンが決定し、最大筋力によって跳躍時間が決定する。さらにそれらが組み合わせられることによって最適な制御プログラムが決定することが予想された。

第4章では、身体的能力の一つとして下肢の二関節筋が持つ特性と垂直跳び動作との関連、具体的には垂直跳び動作における二関節筋の機能について検討した。そのために、第2章で構築した筋骨格モデルに加えて二関節筋を二つの単関節筋に置き換えた筋骨格モデルを構築し、垂直跳び動作のシミュレーションを行った。二関節筋を通して伝達されるパワーおよび関節を通して伝達されるパワーの流れについて検討した結果、垂直跳び動作における二関節筋の機能を以下のように推察することができた。すなわち、二関節筋は、単関節筋が発揮するパワーを人体の遠位端に伝達することによって足関節が発揮するパワーを増大させる。また二関節筋は、単関節筋が発揮するパワーを増大させるように関節角速度を調節していることが推察された。さらに筋力トレーニングを行って跳躍高の増大を図るためには、主に単関節筋群の最大筋力の増加を目的としてトレーニングを行うことが有効であると考えられ、二関節筋に関しても、単関節筋が発揮するパワーを制御するのに十分な筋力をもつ必要があることが推察された。

第5章では、競技力に影響を及ぼす内的要因のうち、形態的特徴が垂直跳び動作に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、被検者に通常の垂直跳び動作を行わせるとともに、身体各部に錘りを装着して形態的特徴を故意に変化させて垂直跳び動作を行わせることを試みた。さらに人体の2次元筋骨格モデルを用いた垂直跳び動作のシミュレーションを行い、形態的特徴と最適動作、および筋制御プログラムとの関連についても検討した。その結果、人体の形態的特徴と垂直跳び動作の間に以下に示す関連があることが推察された。すなわち、垂直跳び動作における跳躍高は、身体質量のみならず足、下腿、大腿、頭・腕・胴など身体各部の部分質量の比率によって変化する。また部分質量の比率が同じでも、その身体要素内での質量分布、言い換えれば慣性モーメントや重心位置が異なれば、跳躍高や発揮するパワーが変化する。さらに、垂直跳びにおいて大きな跳躍高を得るためには、二関節筋を通して下肢の遠位端に伝達されるパワーが過大にならないように、各関節で単関節筋が発揮することができるパワーの比率と身体各部の質量分布が適切でなければならないことが推察された。

最後に、第6章では本研究で得られた研究成果の総括を行った。本研究では、限られた条件下であるものの、実験および筋骨格モデルに基づくシミュレーション手法を用いることによって、従来の研

究ではほとんど考慮されなかった人体の形態的特徴や身体的能力が最適動作に及ぼす影響について明らかにすることができた。また同時に、人が行う最適動作は、人の内的要因の影響を受けていることが明らかになり、スポーツの動作分析においては、従来行われてきたように一流選手のデータを解析、比較するだけでは不十分であることが再確認できた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、スポーツの競技力を向上させるための系統的、合理的な方法論の確立を目的として、人体の形態的特徴と競技力との関係を、コンピュータモデルに基づく動作シミュレーションおよび動作実験の両面から検討したものである。

本論文は6章よりなり、第6章は結論である。

第1章は緒論であり、スポーツに関する従来の研究を分析するとともに、その問題点を整理している。また、本論文の基本構成を述べている。

第2章では、具体的な運動として、基本的で目的関数が明確である垂直跳び動作を取り上げ、そのコンピュータシミュレーションを行っている。すなわち、足、下腿、大腿および胴・腕・頭の4つのセグメントと9個の筋群を考慮した筋骨格モデルを提案している。また、各筋肉の動作を制御信号に基づいて制御するモデルを構築している。これらのモデルに対して、垂直跳び動作時に計測された筋放電信号に基づく筋肉の制御信号を与えることにより、垂直跳び動作のコンピュータシミュレーションを行っている。この結果、提案した筋骨格モデルを用いて垂直跳び動作のシミュレーションを行うことができることを示している。

第3章では、垂直跳び動作に影響を与える要因のうち、筋肉の特性、特に筋肉の収縮速度-収縮力の特性の相違が、垂直跳び動作の競技力に与える影響を、動作実験およびシミュレーションにより検討している。その結果、筋肉の収縮速度と収縮力の関係が変化した場合、最適な垂直跳び動作を行うためには、収縮速度を適切に保つように動作を調整する必要があることを明らかにしている。また、筋骨格モデルのパラメータを変化させたシミュレーションの結果より、筋群の一部の最大筋力が変化した場合には、各筋群の収縮力を最大限に利用できるように動作を調整することが必要であることを示している。

第4章では、下肢の二関節筋が持つ特性と垂直跳び動作との関連を検討している。そのために、第2章で構築した筋骨格モデルに加えて、二関節筋を2つの単関節筋に置き換えたモデルを追加し、垂直跳び動作のシミュレーションを行っている。このシミュレーションの結果より、二関節筋を通して伝達されるパワーおよび関節を通して伝達されるパワーの流れについて検討し、垂直跳びにおける二関節筋の機能および役割を分析、整理している。この結果、二関節筋は、単関節筋の発揮するパワーを人体の離れた位置に伝達することで足関節が発揮するパワーを増大させること、関節角度を調節することで単関節筋が発揮するパワーを増大させることを明らかにした。

第5章では、人体の形態的な特徴が垂直跳び動作に与える影響を明らかにすることを目的として、

垂直跳び動作の実験を行う被験者の身体各部に重りを装着した状態で実験を行っている。また、セグメントの質量、重心および慣性モーメントを変化させた筋骨格モデルを用いたシミュレーションを行い、形態的特徴と垂直跳び動作との関係を解析している。この結果、以下のことを明らかにしている。すなわち、垂直跳び動作における跳躍高は、身体質量が同一でも身体各部の質量分布が異なると変化する。また、大きな跳躍高を得るためには、各関節で単関節筋が発揮できるパワーの比率と身体各部の質量分布が適切でなければならないことも明らかにしている。

以上、本研究は、垂直跳び動作を対象として、人間の競技力を向上させるために必要となる解析的手法の確立を試みたものであり、人間工学およびスポーツの競技力の向上について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者藤井範久は、博士（学術）の学位を得る資格があると認める。