

1. 緒 言

1.1 研究の背景

近年、わが国では、社会の高齢化が急速に進んでいる。平成 12 年版厚生白書（厚生省，2000a）の推計によると、2000 年には 65 歳以上人口は 2187 万人、高齢化率（総人口に占める 65 歳以上人口の割合）は 17.2%になるといわれ、この 30 年間に急速に高齢化が進行してきた。

一方、身体の機能が著しく低下し、自立した生活を営むことが困難な高齢者の増大が、高齢社会のもっとも深刻な問題の 1 つとして取り上げられるようになった。平成 10 年度の国民医療費は 29 兆 8251 億円であり（厚生省，2000b）、国民一人当たりの医療費をみると、65 歳未満は 14 万 6300 円、65 歳以上は 69 万 8000 円であり、65 歳以上の医療費は 65 歳未満の約 5 倍にも上る（厚生省，2000c）。高齢化率は今後も増大を続け、2050 年には 32.3%に上ると推計されており（厚生省，2000a）、医療費の問題一つを取り上げてみても“健やかな長寿”は国民的課題であるといえる。

その一方で、自らの健康を維持するため、あるいは生活を質の高い充実したものにするための手段の 1 つとして、積極的にスポーツ活動に参加する中高年者が増大している。このことは、60 歳以上の 10 人に 3 人は何らかのスポーツ活動を定期的に行っているという報告（宮下と武藤，1986）からもわかる。また、楽しみのために競技的スポーツを行う人も多く、中高年者を対象としたマスターズ競技会も盛んに行われるようになってきた（北畠，1999）。自立した生活を営み、生活をより質の高いものにするために、このようなスポーツ活動に積極的に参加することは中高年者にとってますます意義のあるものになってくると考えられる。

近年、人間の老化に関する研究、老人病とその防止および治療に関す

る研究、老化や老年期に結びついた種々の課題に関する研究は老年学 (Gerontology) として脚光を浴びてきている。また、上述のようにスポーツ活動に従事する高齢者が増大していることを考えると、老年期のスポーツ活動の在り方や高齢者の体力、姿勢、動作などに関する体育科学的観点からの研究の重要性も今後ますます高まるであろう。

1.2 高齢社会における体育科学の役割とバイオメカニクス研究

真に幸福な社会を目指すのであれば、単に寿命を伸ばすだけでなく、健康で質の高い生活をより長く送れるようにすることが肝要であろう。そのためには、医療に大きく依存した健康から、身体の機能の維持、あるいは低下の防止を図り、充実した生活が営めるような能動的・積極的な健康 (Positive health) を追求するという方向に発想を転換する必要がある。金原(1984, 1991)が体育の主な目的を「人間の生活・生存のための身体行動力や生命力の向上・維持, 低下の防止など」としているように、Positive health は体育科学が積極的に追求していくべき健康の在り方であるといえる。

また、奈倉(1993)は、健やかな長寿のためには幼少時からのトレーニングが必要であることを指摘し、自然に親しみ、遊びを通じて行う幼少時の体育、自発性と協調性を養う青・壮年期の体育と比較して、老年期には老いを受容しつつも老いにとらわれず活力を引き出すような体育が求められると述べている。奈倉の指摘通り、各年代での体育の在り方を把握した上で、健やかな長寿に必要な身体と精神を幼少期から一生を通じて養っていくための方法を理論的・実践的に究明していくことが、高齢社会において体育科学が担うべき役割であろう。

そのためには、幼少期から青・壮年期を通じて老年期にいたるまでの

身体諸機能の変化や心理的变化，社会的役割の変化といったものを理解する必要がある。これまで，高齢者の呼吸循環系や神経筋機能などの身体諸機能の実態については，主に医学や老年学の分野で医学的・生理学的な観点から研究がなされてきた。これらの研究は老化そのもののメカニズムを解明したり，高齢者の諸機能の維持・向上を助けたりする上で非常に重要である。しかし，金原（1984）は，体育では基本的諸能力に着目した研究を，人間の追求する価値や人間の生活・生存とも関連づけて行う必要があるとしている。実際には人間の基本的諸能力は，生活・生存の場での身体運動（身体の動き）となって現れるため，人間の追求する価値や生活・生存のための基礎的動きを研究することは人間の持つ諸能力の研究と同様に重要であり，体育科学が担う重要な研究課題の1つであろう。

これまでの体育科学における高齢者に関する研究は，生理学的あるいは体力学的な観点からのものがほとんどであった。しかし，上述したように，高齢者のもつ基本的諸能力に着目した研究を生活・生存とも関連づけて行うことが重要であることを考えると，高齢者の身体動作や姿勢をバイオメカニクスの観点から研究することが不可欠である。

これまでバイオメカニクスの分野で行われてきた人間の基礎的動作の研究は，主に青年や幼少年を対象としており，高齢者については歩行を除いてはあまり行われていない。したがって，加齢にともなう基礎的動作の変化についてもあまり明確にされていないのが現状である。Schultz(1992)は高齢者の身体機能に関するバイオメカニクスの研究のレビューの中で，” The problems of mobility impairment in the elderly constitute new and major challenges for biomechanics research.”と述べている。このように，高齢者の動作の実態および加齢にともなう変容を探る

ことは、体育科学における大きな研究課題の1つであるといえる。特に、日常生活、スポーツ活動などにおける基礎的動作である歩、走、跳、投などのバイオメカニクス的な研究を体系的に行っていくことが重要であろう。しかし、現在のところ、高齢者の歩行以外の動作に関するバイオメカニクス的研究はほとんどみられない。

1.3 本研究の意義

移動能力は日常生活動作の中心的なものであるだけでなく、日常生活や体育・スポーツの場における安全性や予備力にも大きく関わる能力の1つであり、多くの場合、下肢の機能が重要な要因になる。したがって、高齢者の下肢の動きや動作中の下肢関節および筋群によって発揮された力やパワーの実態を研究することは特に重要な課題であるといえよう。

これまでに、高齢者の下肢の最大筋力についての報告は多い（Harries and Bassey, 1990; Vandervoort et al., 1990; Poulin et al., 1992; Schultz, 1992; Rogers and William, 1993）。しかし、これらは特定の関節を単独で運動させた場合の isometric あるいは isokinetic な筋力についての報告である。日常生活やスポーツ活動における身体運動では1つの関節が単独で働くことはほとんどなく、筋活動も isometric あるいは isokinetic な状況で生じることは少ない。また、Schultz(1992)は日常生活動作で必要な関節トルクは最大トルクと比較して十分に小さいものであることを指摘し、高齢者の移動能力の衰えの多くが筋力の低下によるものであるという一般的な見解に対して注意を促している。高齢者の様々な身体活動におけるパフォーマンスの低下は最大筋力の低下によることもあろう。しかし、身体活動におけるパフォーマンスや動作の変容に直接的に影響を及ぼすのは、身体運動中に発揮された力やパワーである。また、多くの身体運動は発

揮された力やパワーの大きさのみでなく、これらを目的とする運動に有効に利用する程度によっても影響される。

以上のことを考えると、高齢者の動きの変容や移動能力低下の原因を探るうえでは、(1) 日常生活やスポーツ活動における高齢者の様々な動きの特徴や加齢にともなう動きの変容の実態を明らかにすること、(2) 高齢者が日常生活やスポーツ活動中に発揮した筋力やパワーの大きさおよび特性を明らかにすること、(3) 高齢者の動作における力学的エネルギー利用の有効性（出力された力学的エネルギーが運動課題に対して有効に使われたか）を明らかにすること、(4) 高齢者の最大筋力の低下が動作中の筋力発揮に及ぼす影響を明らかにすること、などが重要な研究課題になると考えられる。

これまで、高齢者の移動運動に関する研究では、歩行のみがとりあげられ、歩行より強度が高く、より大きなパワー発揮が要求される走動作についてはほとんど報告されていない。走動作を歩行とあわせて研究することにより、運動強度の増大にともなう高齢者の身体各部の対応を検討することができる。また、高齢者の予備力やよりアクティブな活動のために必要な体力に関する知見なども得ることができよう。これらの理由から、本研究では移動運動のうち歩および走をとりあげ、高齢者の移動運動における動作の特徴および加齢変化をバイオメカニクスの探ることを試みた。これらの動作は日常生活や体育・スポーツ活動における基礎的動作の一つであり、加齢にともなう移動能力の低下に最も直接的に関わる動作である。また、高齢者にとっては、移動運動が十分に不自由なく行えることが自立した生活やより質の高い生活のための身体的基盤であるといえる。形態および強度の異なる移動運動について上記の課題を究明することにより、高齢者の移動能力低下の原因を明らか

にし、高齢者の自立した生活やより質の高い生活を支援する情報を提供することができると考えられる。

1.4 研究目的

本研究の目的は、男性高齢者の移動運動（歩，走）をバイオメカニクスの的に分析し、その下肢動作の特徴を明らかにすることである。

1.5 研究課題

本研究の目的を達成するために、以下に示す4つの研究課題を設定した。

【研究課題 1】

日本人高齢者の身体部分慣性係数を数学モデル法により計測し、その推定式を作成する。

【研究課題 2】

男性高齢者の歩行動作のバイオメカニクスの特徴を青年と比較することにより明らかにする。

【研究課題 3】

男性高齢者の走動作のバイオメカニクスの特徴を青年と比較することにより明らかにする。

【研究課題 4】

研究課題 2 および 3 で得られた結果を移動速度の大きさに着目して比較し、男性高齢者の移動運動における下肢動作の特徴をバイオメカニクス

的に明らかにする。

1.6 作業仮説

本研究は以下の作業仮説のもとで行われるものである。

- ①被験者は茨城県つくば市近辺に在住する健康な男性高齢者および健康な青年であるが、これらの被験者の分析から得られた結果は、一般の男性高齢者や青年にもあてはまるものである。
- ②被験者は 61～86 歳の男性高齢者および 22～28 歳の青年であるが、これら 2 群の比較から、男性高齢者の動作の特徴をとらえることができる。
- ③歩行および走動作中の身体各部分の動作は 3 次元運動であるが、矢状面内で生じる 2 次元運動とみなして解析を行った場合でも、移動運動に内在する本質的特徴を明らかにすることができる。
- ④身体の各セグメントは剛体とみなすことができ、各関節は摩擦がないピンジョイントとみなすことができる。
- ⑤分析のために選択された動作は、被験者の通常の動作を十分に反映したものである。

1.7 本研究の限界

本研究には、以下に述べる限界があろう。

1.7.1 研究方法に関する限界

- ①動作分析で用いた剛体リンクモデルでは、実際の動作中に生じる関節中心の移動、筋の変形、体液の移動等の詳細をとらえることはできない。
- ②関節トルクは関節まわりの筋群および靭帯などの組織が発揮した合

成トルクである。したがって、個々の筋の作用の詳細については言及できない。

1.7.2 結果の一般化・普遍化に関する限界

- ①本研究では現時点における男性高齢者と青年を比較した。したがって、得られた結果は、加齢による影響のほかに形態の差、生活習慣の差、発育・発達期における環境の差などによる影響も含む。
- ②動作分析の被験者は全て男性である。したがって、女性高齢者を対象とした場合には本研究と異なる結果が得られる可能性があり、本研究の結果を女性にあてはめる場合には注意が必要である。