

体育スポーツから介護福祉・健康づくりへの貢献を目指して

——高齢化社会における体育スポーツ科学の課題と貢献——

湯 海 鵬

日本は、常に世界一の長寿国となっている。平成23年度の統計から、日本の65歳以上の高齢者は、25%となっている（小林，2012）。長寿社会に突入したことで、寝たきりや要介護人口が増え、介護の手不足や医療費の膨張などが大きな社会問題となっている。一方、寿命の単純延長は、必ずしも直接に幸福な老後人生と結ぶことができない。いかに行動能力を維持しながら、日々の社会活動に参加できる健康寿命を延ばすかが、高齢社会における喫緊の課題である。

行動能力を保持する健康寿命の延長、寝たきりから歩行できる状態までへの復帰、また介護を必要とする状態からの回復などは、介護福祉・健康づくりの重要課題であろう（小林，2012）。但し、残念ながら、それらの課題は、長い人類進化の過程において、急速に出現した未曾有の課題で、それらに対応できる専門的研究分野は、まだ構築中である。

近年、日本体育学会には、介護福祉・健康づくりという新しい分科会が創設された。その出来事は、高齢社会による緊急的な要請であり、また高齢化に向かう未来の社会が体育・スポーツ科学に与えた新たな使命であろう。

体育・スポーツ科学は、20世紀における競技スポーツの飛躍的な発展と人々の健康に対する意識の高まりによって、迅速的に発展し、成熟してきた学問である。特に運動生理学・生化学やバイオメカニクスなどの専門分野では、身体運動の基礎となる身体の運動器や運動制御などについて、大きな成果を上げている。運動生理学の分野では、呼吸・循環系に関する研究、エネルギーの発

生や代謝、筋肉についての研究から、身体運動の制御の仕組みを多く解明した。またバイオメカニクスの分野では、精度の高い定量的な動作解析から、身体運動の発達や巧みについて多くの知見を蓄積し、研究の手法としては映像分析、筋電解析およびシミュレーションなどの研究手法が開発され、その有用性や妥当性も確認された。

人類が新しく直面する高齢社会の諸難題に、体育・スポーツ科学は、今まで蓄積してきた身体を対象とした知見や研究手法を用いて、同じく身体を対象とする介護福祉・健康づくりの分野に大きく貢献できる可能性がある。例えば、動作解析分野では、介護者、高齢者および障害者における身体動作の衰退や改善、トレーニング分野では、高齢者の運動療法や筋力トレーニングなどの研究に広く応用できると考えられる。

本稿は、スポーツバイオメカニクスの手法を適用し、介護技術、高齢者や障害者における運動能力の維持・改善などを含む先駆的な研究の一端を紹介する。

1. 映像による動作解析

1) 2次元の義足歩行における動作解析

歩行動作はヒトが日常生活を営むうえで最も基本的な動作である。脚が切断され義足を装着した者にとっては、義足で1日も早く非対称的（視覚的な違和感のある）な歩行から対称的な歩行を完成することは最も重要な課題である。

スポーツ科学では、競技力向上のため筋力トレーニングの研究が多く行われ、その有用性が広く

確認できた。近年、医療現場でも、筋力トレーニングがリハビリテーションの初期段階から導入されている。但し、筋力の改善と歩行動作の改善過程およびその関連性を記録した報告はほとんどみられない。

金謙ほか (2011) は、スポーツ科学で広く応用されている映像解析法や筋力トレーニングの知見を用いて、義足歩行の改善過程 (図1) を定量的に記録することによって、筋力の向上に伴う義足歩行の改善に関する貴重なデータを提供した。その研究は、1名の義足装着者における筋力の改善と義足歩行能力の改善に関して、片脚義足での独歩開始時からの約11週間を追跡し、2週間おきに計測を行った。計測は、股関節屈曲力の測定と、自由歩行ならびに全力歩行時の動作解析である。筋力改善の程度を検討するためには、切断前

の水準との比較が重要であるが、その研究では、偶然に被験者の下腿切断前に他の研究のために測定した貴重なデータが残っていたことから、切断前後における筋力の比較が出来た。

約11週間の追跡結果から、筋力トレーニングやリハビリテーションによって、両脚の筋力の改善が見られ、健足はほぼ切断前の水準、義足は切断前の約半分までに回復した。歩行開始から2週間後に歩行能力の大きな改善が見られた。初期段階にあった両脚の大きな差異も徐々に縮まり、約7週目から両脚間の差異が大きく改善され、約11週目から非対称性のなくなった自由歩行が完成された。

2) 3次元の介護動作解析

スポーツにおける動作解析は、2次元と3次元的手法がある。体操競技や走り高飛びのような回転運動が含まれている動作には、DLT法という3次元解析法が必要である。その手法は、複雑な介護動作にも適応出来ると考えられる。

「高齢化社会」から「高齢社会」へ突入することで、寝たきりの高齢者の増加が推測される。日常生活を自力で行えない高齢者を、社会や家庭がどのように介護していくべきかが、今最も重要な課題の一つとなっている。中でも大きな問題は、この高齢者介護活動の約90%が家庭で行われ、いわゆる「老老介護」が進んでいることである。したがって、人間の生体機能を踏まえた合理的な介護技術の開発、あるいは改良は、老人ホームや介護教育の現場に携わる人々ばかりでなく、一般の家庭で介護する人こそが待ち望んでいると言える (湯ほか, 1999)。

但し、その介護技術については、一般論的な概説はあるが、身体の負荷や動作に関する測定はなかった。吉田 (1992) は、介助技術の未熟さが患者に苦痛を与えたり、看護婦自身が腰痛を起こすことも多いため、移動介助に対する正確な知識と技術が要求されると強調している。介護の評価については、村本 (1995) は、最小エネルギー、短時間、最小動作範囲等という看護側の評価の標準



図1 義足歩行 (上) と股関節屈曲力の計測 (下) (金ほか, 2011)

と、安楽感、疲れ、苦痛及び恐怖感等はなかったかという被介護者側の評価基準を提示している。

上述したように、介護動作についての論述の多くは、力学的法則に基づいた定性的な解説に止まり、定量的な計測と算出に基づいたものではない。その理由として、介護者と非介護者の両者で行う協同作業と回転動作が加わるという複雑な動作構成に制限され、分析点が隠れやすいこと、また、両者の力作用が複雑であることによって、普通の2次元解析は困難であることが挙げられる。

そこで、湯ほかと Tang et al. (1999, 2000) は、スポーツ科学で広く汎用されている3次元動作解析法(DLT法)を用いて、介護動作の定量的な解析を試みた(図2)。それら研究は、上半身起こしと車椅子への移乗という基本的な介護動作を2台のカメラを用いて撮影し、身体重心の動きを中心にした介護従事者と介護初心者の介護動作との比較検討を行いながら、介護者の身体負担を考察した。

3次元解析の結果から、上半身起こしの介護動作では、介護従事者は自分の体重を利用した介護動作であった。即ち、重心の上下動が小さく、自分と被介護者の距離を最小に取り、力のモーメントの腕を短くする工夫が見られた。また、車椅子への移乗介護動作においては、介護初心者に比べPT(理学療法士)の作業時間と作業距離が短か

った。身体の姿勢については、PTは、できるだけ腰への負担を軽減し、主に下半身の関節の屈伸を用いて被介護者を抱き上げ、腰掛けさせるという動作になっていることが分かった。このような動作は、力学的仕事の量が多くなる可能性があるが、腰部の動作範囲が少なくなることになる。

以上の結果から、介護従事者やPTは、専門的な介護技術を持ち、効率のいい、また自分に負荷の少ない動きを身につけていることが分かった。

2. スポーツ活動と健康づくり

1) 8年間におけるスポーツ活動の効果

競技スポーツの研究では、スポーツ活動が身体能力の向上に与える効果を多く実証している。それらに関する研究手法や知見は、高齢者運動能力の維持や改善に大きく応用できると考えられる。

人間の運動能力は年を経ることによって、次第に低下することが明らかにされ、やがて身体活動不能となることが警告示されている。その一方で、中高年者の運動能力は下降減少傾向にあるが、身体活動やプログラムされた身体トレーニング実施によって体力が改善され、運動能力の維持増進が図られた実践報告がある(Binder et al., 2002; 湯ほか, 2006)。

近年、健康寿命の延長を目的とした生涯スポーツが広く提唱されている。多くの中高年者が地域で定期的・持続的にスポーツ活動に参加し、各種目における中高年の大会も盛んである。このような定期的・持続的なスポーツ活動が生きる力の基盤となる運動能力にどのような影響を与えるのかは、大変興味深いところであるが、それに関する縦断的な報告はまだ少ないようである。

スポーツ活動の効果を実証する研究は、中高年を長期に亘って追跡する必要がある、難しい研究である。湯ほかは(2013)、定期的・持続的にスポーツを実践する中年グループを8年間追跡し、8年前後における運動動作の変化を比較することによって、定期的・持続的なスポーツ活動が運動能力に与える影響を報告した。その研究は、平均

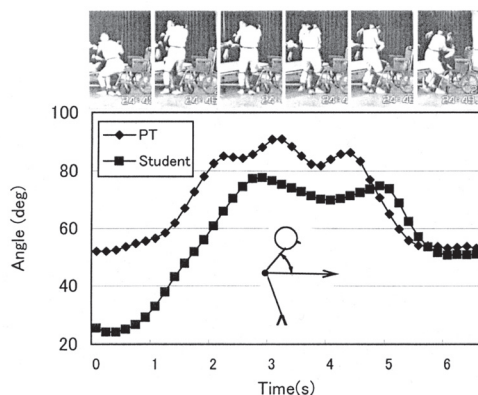


図2 車いすからの移送動作に関する3次元動作解析(Tang et al., 2000)

年齢46歳の8名の男女被験者を用い、15秒間におけるその場での高速足踏み動作(図3)を計測した。その動作の垂直変位、歩調、速度および動作の空間的と時間的安定性の算出によって、8年間における動作の変動を比較した。動作分析と同時に被験者の股関節屈曲力も計測した(図4)。

8年間の運動経歴によって、男女とも体重の変化率が小さく、同じ年齢層で見られる肥満傾向が見られなかった。筋力については、半数以上の被験者に増加傾向がみられ、減少した被験者の減少幅は小さかった。歩調の減少傾向と垂直変位の大きな増加傾向に影響され、足踏み運動速度は5名の増加があり、男女の平均では20.75%の増加率であった。動作の安定性については、被験者の多くに空間的安定性の顕著な改善がみられた。また一部の被験者に時間的安定性の改善がみられた。

以上の結果から、定期的・持続的なスポーツ活動は、動作の速度や安定性の改善、あるいは維持に一定の効果があり、運動能力低下の歯止めとなることが示唆された。

2) トレーニングが歩行能力の改善に及ぼす影響

ヒトにおいても加齢によって生体機能は衰え、

系統発生的な基本運動で人間らしさの代名詞的動作である「直立二足歩行」においても退行が現れる。加齢にともなう歩行能力の低下を報告した研究は多くある(Himann et al., 1988)。例えば、加齢に伴う歩行速度の低下が見られ、特に60歳から70歳にかけて急速に低下すると報告している(Kaneko, 1990)。一方、縦断的な研究では歩行速度とステップ長の改善した結果を報告し、その原因は測定参加の意欲と健康維持の意識であると報告されている(淵本ほか, 2000)。

高齢者の歩行能力低下の起因について、金ほか(2000)と久野ほか(2004)は、加齢による大腰筋と大腿部伸筋群の筋量の低下は、歩行速度の低下に大きな影響を及ぼす可能性を報告し、股関節と大腿部、特に大腰筋のトレーニングは、歩行能力を向上させる可能性があるとして指摘している。また、日頃運動してない高齢者を週3回の筋力トレーニングに参加させると、歩行速度が改善されたという報告もされている。

筋力トレーニングは、歩行などの機能改善に大きな有用性が、確認されているが、設備の完備や指導員の配置、安全確保などの点から、手軽に日常で実践することは困難である。競技スポーツで



図3 高齢者におけるその場での高速足踏み動作(豊島ほか, 2004)



図4 高齢者における膝最大伸展力の測定(湯ほか, 2007)

は、脚力を鍛えるために、機械の使用より階段や坂登りのトレーニング法がよく応用され、その有用性も実証されている。同じような発想で、高齢者が入居している施設の階段を利用して、日常生活での階段昇降による手軽な筋力トレーニングが考案できる。その効果を確認するために、湯ほか（2006）は、85歳以上の超高齢者の3名を含む5名の高齢者に階段昇降トレーニング（図5）を約4週間に実施し、トレーニング前後における歩行動作と筋力の改善を考察した。

階段昇降のトレーニング後、5人に4人の股関節屈曲力、自由歩行および全力歩行の速度が増加し、階段昇降のトレーニング量と歩行速度の改善率との相応関係が見られた。ステップ長と歩調の両方はほぼ同じ程度で高齢者の歩行速度の改善に貢献したが、ステップ長が増加した被検者の方がやや多かった。また、爪先の垂直変位に改善がみられ、高齢者特有のつまずきや転倒の防止の可能性が示唆された。

以上の結果から、階段利用による歩行能力の改善効果が見られたことで、高齢者、または若年者にも日常で積極的な階段利用を提言したい。

3) 体操トレーニングが運動能力に及ぼす影響

高齢者の体力に関する研究は、脚の筋力低下防止のための筋力トレーニングの必要性が提唱されている。基礎的研究の上では、超高齢者であっても筋力トレーニングによる筋力強化の有効性が明らかにされているが、トレーニングの管理、指導者の配置および使用方法上の困難さが伴う。

今普及しているラジオ体操などは、身体健康の維持に大きな効果はあるが、四肢の動きの幅が狭くなり、腰に持病を持つ高齢者には難しい動作構成である。そこで、豊島ほか（2004）は、何処でも何時でも行える手軽な体操を考案し、高齢者の運動能力の維持と改善に役立つことを報告した。その研究は、養護老人ホームに居住する整形外科的疾患を有しない高齢の男女29名を被験者に、39日間の体操トレーニング前後における下肢の運動能力の改善を考察し、その体操の有効性を確認した。

豊島ほかが考案した体操トレーニングの特徴は、ゆっくりすることと手摺りを掴むことで、高齢者に安全に行えることである（図6）。その体操の内容は、立位の姿勢で膝を左右交互に最上位まで拳上させる運動と腰掛けた椅子から立ち上が



図5 高齢者施設における階段昇降のトレーニング（湯ほか、2006）



図6 老人ホームで行うもも上げ体操（豊島ほか、2004）

る運動とした。いずれの運動も極度にゆっくりとした動作とし、膝上運動は片足1回の所要時間を約6秒とした。10回膝上を1セットとし3セット行うよう指示した。腰掛け姿勢から立ち上がる運動についても、1回の所要時間を約6秒とし、10回行った。

39日間のトレーニング結果から、低下傾向にあった股関節屈曲筋力は、トレーニング後平均値において増加に転じそれは約10ヶ月前のレベルを上回った。また足踏み動作では、膝上総距離が伸び、膝上速度とパワーが増加し、15秒間における総作業量が増大した。これらのことから、高齢者の脚力は、その研究では提案した低負荷であっても積極的、自主的に日々継続して取り組み強化され、自立2足歩行による移動運動の安定に貢献できると考えられた。

3. まとめ

高齢者の健康寿命および運動能力の維持は、高齢社会における喫緊の課題である。スポーツ科学は、身体を対象とする研究分野として、20世紀では飛躍的に発展、成熟してきた。同じ身体を対象とする介護福祉・健康づくりの研究において、スポーツ科学は、今まで蓄積してきた知見や手法を適用して、多様な貢献ができると考えられる。本稿は、介護福祉・健康づくりに関する動作解析、スポーツ活動の実践追跡や高齢者のトレーニングなどの先駆的な研究の一端を紹介した。今後、スポーツの研究者は、身体負担の少ない介護技術の提案、高齢者の身体運動能力の維持と改善などの分野でさらなる貢献ができると展望する。

参考文献

Binder et al.: Effects of exercise training on frailty in community-dwelling older adults: results of a randomized, controlled trial, *J. Am. Geriatr. Soc.* 50: 1921-1928. 2002.

淵本隆文ほか：高齢者の歩行能力に関する体力的、動作学的研究（第3報）—縦断的分析による歩行能力の加齢変化。体育科学, 29: 124-132. 2000.

Himann DC et al.: Age-related changes in speed of walking. *Med. Sci. Sports Exec.* 20: 161-166. 1988.

Kaneko et al.: Biomechanical analysis of walking and fitness testing in elderly women. In: Kaneko, M. (Eds.): *Fitness for the Aged, Disabled, and Industrial Worker: Human Kinematics Publishers.* 84-89. 1990.

金俊東ほか：加齢による下肢筋量の低下が歩行能力に及ぼす影響。体力医学, 49: 589-596. 2000.

久野譜ほか：高齢者になぜ筋力トレーニングが必要か。体育の科学, 54: 712-719. 2004.

小林寛道：介護福祉と健康づくり—新しい体育スポーツ科学の領域の開拓を目指して。体育の科学, 62: 402-404. 2012.

村本淳子：ボディメカニクス, 月刊ナーシング, 15: 67-73. 1995.

湯海鵬ほか：介護技術のバイオメカニクス, バイオメカニクス研究概論, 90-94. 1999.

湯海鵬ほか：介護動作のバイオメカニクス的研究, バイオメカニクス研究概論, 148-151. 1999.

湯海鵬ほか：介護動作のバイオメカニクス—エネルギーを中心に。デサントスポーツ科学, 21: 43-50. 2000.

Tang HP et al.: Evaluation of Nursing technique from the viewpoint of mechanical work. *New Paradigms of Sport & Physical Education in the 21st Century.* 1035-1038. 2000.

湯海鵬ほか：高齢者の歩行動作—死亡1年前の歩行動作の退行について。バイオメカニクス学会誌, 26: 40-44. 2002.

湯海鵬ほか：車椅子への移乗介護動作に関する運動学的研究。バイオメカニクス学会誌, 27: 37-44. 2003.

豊島進太郎ほか：高齢者の脚力について—膝上体操トレーニングの足踏み運動への影響—。社会福祉研究, 6: 29-34. 2004.

湯海鵬ほか：階段昇降トレーニングが歩行能力に及ぼす影響。体育の科学, 56: 748-753. 2006.

湯海鵬ほか：8年間における高齢者の歩行動作の変化：バイオメカニクス学会誌, 31: 37-44. 2007.

金謙樹ほか：歩行訓練と下肢筋力トレーニングに伴う下腿義足歩行動作改善の1例。体育学研究, 56: 193-200. 2011.

湯海鵬ほか：下腿義足の装着前後における運動能力の比較。体育の科学, 62: 461-466. 2012.

湯海鵬ほか：中高年者における定期的・持続的なスポーツ活動が運動能力に与える影響—8年間における縦断的な追跡から。バイオメカニクス学会誌, 37: 127-133. 2013.

吉田勝訓：移動介助の技術。看護とリハビリテーション。(からだの科学 臨時増刊) 109-116. 1992.