

訳者のことば

本書は、身体運動のバイオメカニクス研究のエキスパートである Vladimir M. Zatsiorsky と Boris I. Prilutsky によって書かれた“骨格筋に焦点をあてたバイオメカニクスの包括的テキスト”です。基礎的な内容からはじまりますが、さまざまな筋の特性が次々に明らかにされて、いつの間にか、筋の不可思議で奥深い世界に引き込まれてしまいます。多くの読者が「なるほど」という体験をたくさんもつことになるでしょう。著者らが述べているように筋バイオメカニクスの基礎的なテキストと最先端研究の間には大きなギャップがありますが、その間の橋渡しをする本としてたいへん有用なものになるものと期待しています。

内容としては、筋線維レベルから運動協調性レベルまでを8つの視点から論じています。筋の構造、受動特性、活動筋特性、エネルギー吸収、身体内の筋活動、二関節筋、遠心性活動、筋協調性です。各テーマが論理的に構成されていて、非常にわかりやすくなっています。一見捉えどころがないように思われる事柄が、1つひとつ巧妙な実験によって明らかにされていきます。また、幾何学的モデル化や力学的モデル化、さらには数式表現を用いた巧みな説明により、背後にある本質がみえてきます。目から鱗が落ちる、あるいは霧が晴れてくるような体験を、多くの読者は随所で味わうことと思います。囲み記事である「学術文献から」が随所に挿入され、新旧の重要な研究の要約が示されていて、巧妙な研究方法に触れながら読むことができます。また、数学的にかなり難度が高い内容も含まれてはいますが、その部分は《 》で示されていて、パスして読むこともできる配慮がされています。

著者らによれば、本書はヒトの身体運動を専門的に理解しようとする大学院生の教科書として書かれたものです。領域としては、スポーツ科学、体育学、バイオメカニクス、運動制御、人間工学、理学療法、作業療法、リハビリテーション医学、医用生体工学、その他身体運動に関係する領域すべてが対象になるでしょう。領域が異なると用語の使い方も異なることがありますので、巻末の**用語解説**

が役立つことと思います。内容として高度なものまで含まれてはいますが、基礎的な内容からはじまりますので、学部や専門学校の学生さんにも是非挑戦してほしいと思います。多くの方々が読んでくださり、ヒトの運動の理解が進み、この領域の研究が一段と進展することを願っています。

最後に、監訳者の我儘を聞き入れて、細部にまでわたって丁寧で忍耐強い編集をして下さった編集者の亀田由紀子さんに厚く御礼申し上げます。

2014年12月

監訳者を代表して 関屋 昇

序 文

本書はヒトの身体運動のバイオメカニクスについて私たちが書いた3部作の最後のものです。第1巻は Kinematics of Human Motion (1998年) (邦訳「身体動作の運動学 (ナッブ社, 1999年)」, 第2巻は Kinetics of Human Motion (2002年) で, 3冊のテキストは共通のフォーマットで書かれています。ヒトの身体運動のバイオメカニクスを継続的に学ぶために書いたものです。それぞれは半期の授業分に相当します。

3冊とも, ヒトの身体運動の専門的な理解に関心のある読者のために書きました。特に, ヒトの身体運動科学やその近接領域 (スポーツ科学, バイオメカニクス, 運動制御, 運動生理学, 医用生体工学, 人間工学, 理学療法, 作業療法など) の大学院生を対象としています。詳しく解説していますが, 大学院生にとっては入門レベルの内容といえますので, 筋のバイオメカニクスの特定の領域に関心のある方は, 研究論文やレビュー論文に手を伸ばすことをおすすめします。

現在までに骨格筋のバイオメカニクスに関する膨大な知識が蓄積されていますが, それらは文献のなかに散在していて体系化されてはいません。何冊かの基礎的な教科書が利用できますが, 基礎コースの内容と最先端の研究との間には大きなギャップがあります。このために, 関連する科学論文を理解しようとするときに困難が生じます。このテキストの目的はこの隙間を埋めることです。

骨格筋は力を発揮して仕事をする生物学的なモーター (発動機) です。腱を含めて考えると, 筋は力伝達や衝撃吸収作用ももっています。これ以外にも, 筋には上辺にはみえにくい種々の機能があります。例えば, 筋は熱を産生し, 温度調節の役割を果たします。筋の中にある受容器は運動感覚 (身体姿勢や力の状態の知覚) に寄与します。しかしながら, このテキストは筋の生体力学的機能だけを扱っています。筋張力生成の分子レベルのメカニズムは扱っていません。分子レベルの内容については, ほかに優れた書籍がたくさんあります。

バイオメカニクスという科学は, 生物学的実験と力学モデルに基づいています。このテキストもこのことを反映しています。数学的洗練と実験的証拠の適切なバランスを維持する試みがされています。幅広い読者に理解していただきたいと思いますが, 同時に, 読者には科学論文を1人で理解できるようになるための準備に役立てていただきたいと思います。このようなわけで, 難し (複雑) すぎるか, やさし (単純) すぎるか,

ちょうどよいかで苦心しました。読者にはさまざまな教育背景がありますので、すべての人に適切であるような複雑さのレベルをみつけることは不可能です。例えば、一部の読者にはちょうどよいテキストが、工学の学士号をもつ読者にはつまらないものかもしれません。これまでの2巻と比べると、このテキストは生物学的色合いが強く、主に生体力学的研究で得られた実験的事実に基づいています。数学的素養のある読者のためには、高度な内容のセクションが提供されています。このようなセクションは《 》で示してあるので、おのおののテーマの概念的あらましだけを把握したい読者はこの部分を無視してもよいでしょう。

次に各章の内容の概略を示しましょう。第1部と第2部から構成されていて、第1部は単一筋〔筋節（サルコメア）から筋全体レベルまで〕の力学的ふるまいを取り上げています。その第1章は筋の内部構造の記述です。この情報は最近まで屍体から得られていましたが、MRIや超音波画像診断などの実験技術の発展が、生体内（*in vivo*）での筋構造研究を可能にしました。筋構造は個人間では完全に同一というわけではありません（1人ひとりに独自の解剖構造がある）が、伝統的なアプローチは解剖学データを平均化するものでした。新しい画像法では、筋構造の個人差を明らかにし、運動課題の遂行における個人差を説明することができます。以前に考えられていたよりも個人差が大きいというエビデンスが得られています。しかし、このテキストでは、紙面の関係でこのことは考慮されていません。第2章は、腱と受動筋の力学的特性を扱っています。受動筋特性は活動筋特性と比較するための基準となります。第3章では活動筋の生体力学的特性を述べます。筋は力とパワー発生器として作用するだけでなく、力の伝達や衝撃吸収の役割を果たします。第4章では、筋活動による力の伝達と衝撃吸収（遠心性収縮）という側面に習熟していただきます。

第2部は生体内（*in vivo*）での筋のふるまいに関する内容で、ヒトの身体運動におけるさまざまな問題を扱います。第5章は、筋張力から関節トルクへの変換の問題を、第6章は二関節筋機能を、第7章は遠心性筋活動を、第8章は筋協調性、特に筋冗長性と最適化について検討します。

本文のほかに、「復習」や「学術文献から」というセクションがボックスで示されます。「復習」は読者がすでに知っていると思われる内容の手短かな復習です。強調されている概念についてなじみがない場合には文献にあたってください。「学術文献から」は検討している概念を示すための実例です。セクションの番号は太字で示されています。残念ながら、文中の引用や文献リストは十分ではありません。引用忘れがあったとしたら、お詫びしなければなりません。

このテキストを執筆しながら、ボリュームを制限するという課題に挑戦してきました。肥満というのは人や国家のためだけでなく、本のためにも重大な問題です。分厚

い、肥満した本というのは読みづらくなります。どこかで限界を設けなくてはなりません。最初の計画は、ヒトの身体運動のバイオメカニクス領域で学ぶ大学院生やこれから学ぼうとする人のためのテキストを書くことでした。12年間執筆して3部作の出版を終えたあとで、第一著者である私は、ヒトの身体運動のバイオメカニクスに関する包括的なテキストにはならなかったと認めています。もっと広範なトピックス（筋張力や腹腔内圧から姿勢や移動まで）を含むような本は、書きはじめられてさえいません。（そのようなテキストを書く人が出てきて欲しいと願っています。90歳近くになって身体が弱くなり、2つのメガネを交互に使って執筆を続けながら、残念ですがその仕事は私のためなものではないと思います。私は、自分の人生のなかに新しい関心ごとを見つけなければなりません。うまくいくように祈ってください。V. Z.)

最初の2巻の読者が、その2つのテキストに対する意見や誤りに関する情報を寄せてくださり、私たちは非常に大きな恩恵を受けました。このテキストの読者にも、同様のご意見を心からお願いする次第です。

Vladimir M. Zatsiorsky

Boris I. Prilutsky