

## 8

## 17世紀における筋運動の原理の探求

—ニコラウス・ステノによる筋の幾何学的記述—

安西なつめ, 澤井 直, 坂井 建雄

順天堂大学

ステノ (Nicolaus Steno 1638–1686) は堆積による地層の生成過程を明らかにした人物であり、解剖学分野においては耳下腺管 (Stensen's duct) の発見者として知られている。ステノは1660年代に集中的に筋の研究を行い、『筋学の原理の例証あるいは幾何学的な筋の記述 *Elementorum myologiae specimen, seu musculi descriptio geometrica*』(1667)で筋一般における構造と運動を探求した。この著作から、ステノにおける筋運動の探求方法と17世紀の筋の研究におけるステノの位置づけを検討する。

ガレノス (Galenus 129–216) は身体の意志的な運動が脳から伸び出した神経を介して筋によって行われることを示した。17世紀には個々の筋に生じる変化とその仕組みの探求から身体の運動の理解が試みられていた。その中で、身体の機械論的理解を提示したデカルト (René Descartes 1596–1650) は『人間論 *De homine*』(1662)などの著作によって筋を風船にたとえ、物質の流入によって筋が膨張することで運動が生じると考えた。それに対してステノは、個々の筋の構成要素として線維を設定し、運動は線維自体の収縮性によって起こるとして、物質の流入を必要としない筋運動を提示した。

観察例の報告に主眼が置かれたステノのその他の著作とは異なり、『筋学の原理の例証』では筋についての原理的な説明とその探求方法を簡潔に表明した上で個々の筋についての考察が行われている。ステノは序文において、筋運動を考察するためには数学を取り入れる必要があると述べ、本文でその姿勢を実践した。前半では筋の構造を幾何学的に記述し、筋のモデル化を行った上、ユークリッドなどによる幾何学の証明形式を取り入れて命題をたてた。後半では実際に観察された筋にモデルを適用させて自説を例証し、最終部ではステノが筋とみなした心臓の構造と運動をとりあげた書簡を添えて筋についての説明を補強している。

証明部分では論証に使用する言葉と概念を定義して仮説が立てられ、補助定理によって仮説が正しいことを示し、最後に証明の過程から得られた命題が示される。定義では身体の全ての筋を表わす原理的なモデルとして、平行六面体とそれを挟む二つの四角柱によってつくられる幾何学構造が考案された。この構造は細長い六面体の運動性線維の集積によって形成され、中央の平行六面体は収縮性のある肉質部、両端の四角柱は腱部と想定された。この構造からは筋の収縮が運動性線維の収縮性によって筋が短くなることであると定義されている。続く仮説と補助定理では、『ユークリッド原論』における平行四辺形の等積変形と同じことから、筋が短くなる際の形の変化は体積に影響しないことが示された。最終的に、証明を通して得られた命題では運動前後の筋量の変化が否定されている。

デカルト以降、膨張による筋運動の正否は、物質の流入によって筋量が増加するかどうかという点から議論されていた。そうした中で、ステノは以上のような証明から現在と同じく筋線維の収縮による運動、および物質の流入を必要としない筋運動の原理を支持したのである。

しかし、17世紀における機械論的な筋の解釈の代表例として取り上げられることの多いボレリ (Giovanni Alfonso Borelli 1608–1679) はステノを否定して膨張による筋運動を支持した。ボレリは『動物の運動について *De motu animalium*』(1680/1681)の中でモデル化した筋をてこなどの単純機械に見立てることで運動を力学的に解説した。ボレリによる筋のモデルにはステノの立体的なモデルから抽出された、腱と腱の間を平行な筋線維が斜めに走行する平行四辺形(菱形)が採用されている。収縮による筋運動という結論自体は否定されたが、ステノの筋の幾何学的記述やモデルの使用という探究方法は膨張を基本とする筋の力学的な解釈を行ったボレリにも受容されていたと考えられる。