

## 博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 亀山 就平  
学位 博士（学術）  
学位記番号 新大院博(学)第105号  
学位授与の日付 令和5年3月23日  
学位授与の要件 学位規則第3条第3項該当  
博士論文名 体操競技における表面筋電図を用いた技能評価方法の検討

論文審査委員 主査 教授 牛山 幸彦  
副査 教授 大庭 昌昭  
副査 准教授 村山 敏夫

### 博士論文の要旨

本論文は、表面筋電図を用い、体操競技の技能を評価する方法について検討することを目的としている。

そのために表面筋電図の分析システムを採用し、体操競技の平行棒種目、鞍馬種目、床種目、鉄棒種目を取り上げて、技能評価方法の検討をしている。

本論文は、以下のとおり構成されている。

第1章では、序論として体操競技の特性、体操競技に関する文献レビュー、表面筋電図計測の現状、筋シナジー解析について、本論文の構成について述べられている。

第2章では、「動作を伴う技の表面筋電図」について、平行棒種目を取り上げ、表面筋電図に加え動作分析（キネマティクス分析）を行ったものである。その結果、表面筋電図から支持振動倒立における上半身筋群の活動状態が明らかとなり、倒立支持姿勢や支持姿勢、支持振動を実施する上で用いられる技術によって、主体となる筋群に違いがあることを示している。

第3章では、「熟練性が異なる両足旋回の技能評価」について、競技者間で熟練度が異なる鞍馬の旋回を対象として、動作解析と筋電図を用いた筋シナジー解析を算出し、それぞれの類似性について評価を行っている。その結果、個々の筋活動の類似性から、両足旋回における安定性に関する動作や技術を抽出でき、また、筋シナジーは関節自由度という点で熟練者を特徴づける運動制御構造を示したとしている。

第4章では、「競技者と非競技者の技能評価」について、床運動の基本的な技術である後転とびについて競技者と非競技者を筋シナジー解析を用いて比較している。その結果、競技者と非熟練者それぞれが示した筋シナジーの特徴は、熟練性評価において重要なフィードバックになり得ることが期待されると結論づけている。

第5章では、「共通の運動構造を有する技の技能評価」として、鉄棒の後方車輪と平行棒の後方車輪を対象に表面筋電図に加え、動作分析を行い、筋シナジーの類似性から技能の評価を行うというものである。その結果、両者に抜き動作とあふりの筋シナジーが抽出された。このことから、回転運動の加速技術に関する運動制御構造は共通していることがいえる。一方、平行棒の後方車輪においては共通する筋シナジーに加えて振り下ろしと振り上げに関する筋シナジーが確認された。この筋シナジーは振り下ろしにおいて関節を強固に保ち、振り上げにおいて上肢や股関節の関節運動を達成する筋シナジーであることが推察され、振り下ろしの良否が実施の出来栄えに関係する平行棒の特徴的な筋シナジーであることがいえる。としている。

以上の検討に基づき終章において、亀山は、結論として、技能の特徴は、筋活動の時系列成分の類似性に注目することで抽出可能になる。また、どの時点で、どの筋を組み合わせる運動を達成すればよいか、技の運動制御構造に関する特徴は筋シナジーによって抽出可能になる。表面筋電図を用いた技能評価方法としては、個々の筋活動パターンと筋シナジーが示す筋の重みづけ要素や協調活動パターンそれぞれに特徴が示されるため、複数の筋活動パターンを計測することが望まれる。いずれも熟練者に内在する技術（技能）の特徴や、複雑な運動制御構造の特徴抽出を可能にするメリットがあると結論づけている。

#### 審査結果の要旨

本論文は、自然科学的な研究手法を活用した例が他競技に比べて少ないと言われている体操競技において、技能の客観的評価を筋電図を用いて行おうとするものである。第3章以降は体操競技の技で周期的に行われているものがあることに着目して、筋シナジー分析を用いて技の習熟度、また技の類似性の評価を行っているという点に独自性が認められる。一方、男子の体操競技では6種目が行われているが、すべての種目についての技能評価方法を検討していないという点について十分とは言い難い。しかしながら、この点は本研究の実験方法になじまない技もあることから、本論文の学術的価値を損なうものではない。

本論文はスポーツ指導法に結びつけるための研究であるが、生体信号処理の方法論を用いて実験、データ処理を行っているなど、分野を縦断して研究を行ってきたことから博士（学術）の学位がふさわしいと考えられる。

以上の審査結果から、本論文審査委員会は、全会一致で、本論文が博士論文としての水準に達しており、博士（学術）の学位を授与するに値するものと判断した。