

審査の結果の要旨

氏名 福正博之

本論文は「単・二関節筋同時駆動ロボットの四肢の運動制御」と題し、従来医工連携の中で関連研究者が熱心に主張してきた、多くの生物がもつ二関節筋の存在が腕・脚の運動制御にもたらす利点について、工学者の視点から批判的に吟味した。そして、その知見を具体的にロボットの運動制御に利用するための原理を、理論・実験の両面から研究したもので、8章からなる。

第1章は序論として、先行研究を紹介しつつ生物の筋骨格構造と、人工物としての既存のロボット駆動系との相違を説明し、生物に学ぶ運動制御に工学的有用性を見出す研究目的と基本的考え方をまとめている。

第2章では、研究背景として、二関節筋と筋骨格構造を備える生物の構造と、人工物である一般的ロボットの制御の相違を具体的に解析し、生物が腕・脚の先端力を発生させる方法を概観している。

第3章では、静的な先端力発生を集中的に扱い、二関節筋と一関節筋が協調的に駆動することで制御が単純化される利点が、ヒトなどが進化の結果獲得した形質である、腕・脚の2つのリンクの慣性および回転半径がほぼ等しいという特徴と、頻繁に用いられる腕・脚をまっすぐに伸縮するという運動の中で、特徴的に発揮されることを示している。

第4章では、腕・脚の伸縮運動の動特性を理論的に解析し、一般的には慣性や重力の影響が非線形性を持ち数学的に複雑な記述となる一方、上記の特徴的条件の下で、運動が1つの関節角のみの関数で表現され、顕著に簡略化されることを明確にした。したがって、これらは、動的運動制御器にあらかじめ適切なデータベースあるいは関数を準備することで、容易に補償できる。

第5章では、筋の粘弾性に対応する関節の剛性、ダンパ要素を関節モータの制御系で擬似的に再現する方法論をまとめている。

第6章では、これまでの章で提案してきた方法論を実験を通じて実証・評価する作業を説明し、その実験方法と測定結果の考察を述べている。

第7章では、ここまで提案した伸縮運動制御の脚への1つの重要な応用として、二足歩行の運動制御の中で、提案制御の考え方をどのように生かすべきかを論じている。

そして、第8章では結論としての総括と今後の課題を具体的に記述している。

以上要するに、本論文は、生物がもつ二関節筋の存在が腕・脚の運動制御にもたらす利点を工学的応用の観点から考察し、二関節筋の存在のみならず、ヒトに近い哺乳類が進化の結果獲得してきた構造上の特徴と、日常多用する伸縮運動に着目した解析の重要性を示し、腕・脚の伸縮における先端力の発生や、動的挙動における慣性・重力の補償則が、顕著に簡略化されることを数理的に明確にするとともに、2リンクのロボットを用いて、その有効性を明らかにし、かつ、実装上の問題点をまとめたもので、電気工学、制御工学への貢献が少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。