

内容梗概

本論文では、生物の筋骨格構造に基づくモーション制御に関して論ずる。特に生物の四肢に着目し、(1) 拮抗駆動、(2) 二関節同時駆動、(3) 非線形粘弾性の3つの特徴をロボットの機構として取り入れ、これらの構造に基いた制御手法を実現する。ここでは大きく分けて3つの提案を行なう。すなわち、生物の四肢の機構を取り入れたロボットアームの実現、生物の四肢の特徴を利用したフィードフォワード制御手法、生物のように複雑なアクチュエータ配列を持つアームに適用可能な拡張された操作性指標である。

生物とロボットのアームモデルを比較すると、生物のアームにはまたがった二つの関節を同時に駆動する二関節筋と呼ばれるアクチュエータが存在することが分かる。この筋は従来のロボット工学等では無視されていたものであるが、このような特徴的な機構が生物の巧みな制御機能に重要な役割を果たしており、これを実証し実際に応用することが本研究の目的である。本論文中では、生物の四肢をもとに、6つの筋による3つの拮抗対によって駆動される2リンクのアームモデルを元に議論を進める。

生物の四肢の機構を取り入れたロボットアームとして、タイミングベルトとプーリーによる二関節同時駆動機構を備えた2リンクアームを実現する。3対6筋のモデルのうち各拮抗対をモータで置き換え、筋の粘弾性に関してはソフトウェア的に実現する。実験によって、二関節筋に相当するモータを取り入れることでアームの手先における力出力を改善し、いずれの二つのモータでも駆動する冗長性を備えることを確認した。

次に、筋粘弾性を生かしたフィードフォワード (FF) 制御アルゴリズムを提案する。本アルゴリズムの特徴として、筋の活性度に相当する収縮力のFF的な入力のみで、位置指令と制御特性を設計することができ、FFながらモデル外乱に対してロバストである点が挙げられる。また、任意の軌道追従アルゴリズムも同時に提案する。

最後に、生物型アームに適用可能とするために操作性指標の拡張を行なう。従来、様々な指標が提案されてきたが、これらをそのまま二関節筋のような複雑なアクチュエータの配列を持つアームへ適用することはできなかった。提案する拡張によってこの問題を解決し、生物型アームの公正な比較、正しい設計を可能とした。実際にケーススタディによって複数の事例に適用する。