

(研究題目) 拮抗筋構造をもつ動力義肢用アクチュエータの開発

The development of an antagonistic muscle-like actuator for prostheses.

(研究者)

小金澤 鋼一 東海大学工学部生産機械工学科・助教授
Koichi Koganezawa, Associate Professor, Faculty of Engineering, Tokai Univ.

3. Summary This study revealed the significance of the complimentary and nonlinear activity of agonist and antagonist pair for regulating not only joint angle but also joint stiffness in a wide dynamic range. Antagonistic muscle-like actuator (AMA) was then developed as a model mimicking a skeleto-muscular joint system. AMA consists of a pair of tiny ball-screws representing agonist and antagonist muscles actuated by one DC motor and one stepping motor for gear changing.

4 邦文本文

4-1 研究目的 従来、産業用ロボット等の関節駆動に用いられて来たアクチュエータ（油圧サーボシステム、DC/ACモータ等）のハード上の剛性（stiffness）は非常に高く、外部から作用する力にたいして柔軟に対応することは困難であった。一方、脊椎動物の骨格筋の駆動においては、関節角度ばかりでなく、関節の剛性をも、広いレンジでの調節が可能である。これは骨格筋が、かならず主動筋と拮抗筋のペアで駆動されていることと、個々の筋が非線形弾性特性をもっていることによる。本研究ではまず、この骨格筋の運動を力学的に解明し、さらに、この基本構造を模した機械システムを開発することを目的とした。開発の具体的目標として、動力義手に直接応用できるアクチュエータの開発を目指した。

4-2 研究経過および成果 まず、骨格筋を非線形な弾性特性をもつ対のバネでおきかえ、シミュレーション解析をおこなった結果、以下の点が判明した。

(1) 骨格筋は主動筋および拮抗筋の相互作用によって関節角度および関節の剛性を調節している。

(2) 個々の筋の特性は非線形弾性バネに近似できる（変位の2乗に近い）。線形バネと近似した場合、骨格筋の運動は実現できない。

(3) 外力が作用した場合、両方の筋が同時に角速度に比例して収縮することにより、非常に安定したステップ応答ができる。

本研究では、この成果をもとに、骨格筋の基本構造を模したアクチュエータ（AMA, Antagonistic Muscle-like Actuator）の開発に取り組んだ。より具体的な開発目標として、動力義手等に直接応用が可能なアクチュエータの開発をおこなった。開発仕様は以下の項目になる。

- (1) 関節角度および関節剛性がハード上で調節が可能であること。
- (2) 動力義肢への応用を考え、重量および容積を小さくできる構造とすること。

以上の仕様を満足する構造として、以下のメカニズムを考案した。

- (1) 主動筋および拮抗筋は、それぞれ小型のボールねじで直動運動する非線形バネで置き換える。
- (2) 対のボールねじは、重量／容積を考慮して1つのDCモータで駆動される。
- (3) DCモータからボールねじへのトルクの伝達は、ステッピングモータにより切り替えられるギアシステムで、次の駆動モードが選択される。

〔同相駆動〕 対のボールねじが同時に、同方向に動く。このモードにより、おもに関節の剛性が調節される。

〔相反駆動〕 対のボールねじが同時に、反対方向に動く。関節の角度を急速に変化させる。

〔単駆動〕 どちらかのボールねじを単独で駆動する。角度および剛性の微調整。

このAMAを組み込んだ前腕義手を開発した。これは、手首の自由度として2自由度、および指の自由度として4自由度を1つのDCモータで駆動することが可能である。駆動する自由度の選択および、上記駆動モードの選択は、全て1つのステッピングモータでドライブされるギアシステムで行われる。

駆動回路および駆動用ソフトウェアを開発し、性能試験を行い良好な結果を得た。現在、試作2号機を製作中である。

4-3 発表論文リスト

- 1) 堅さ制御可能な拮抗筋型アクチュエータとそれを用いた多自由度前腕義手の開発、
第11回日本ロボット学会学術講演会予稿集、991-992、1993年11月。
- 2) 拮抗筋構造をもつアクチュエータ(その1):理論、
第12回日本ロボット学会学術講演会予稿集、1994年11月。
- 3) 拮抗筋構造をもつアクチュエータ(その1):多自由度義手への応用
第12回日本ロボット学会学術講演会予稿集、1994年11月。