

人に優しいパワーアシストスーツの開発



研究ノート

池田 雅夫*

Development of a Power Assisting Suit

Key Words : "Power assist, Pneumatic actuator, Control, "
Sensing of human intention

1. はじめに

力を必要とする人の動作を機械が補助するパワーアシストの考えは、誰もが望ましいと考える。代表的なものとしては、自転車で実用化され、坂道を楽に登る姿が見られる。一方、人々がアシストを求める最も多い状況は、人やものを持ち上げるときであろう。介護のときにもっと楽に人を持ち上げられたらよい、運搬の際にもっと重いものを持ち上げることができたらよいと思うことは多い。その願望を実現しようというのが、パワーアシストスーツである。

2. 安全性

パワーアシストスーツは、人が装着して使用するものである。したがって、安全性を第一に考えなければならない。そのため、筆者らは、スーツが補助する力は最大50%程度に抑えている。人の力の2倍や3倍、さらには10倍も補助してくれるほうがよいと考えられるかも知れないし、実際そういうものを開発している研究者がいるが、スーツを構成する装置が人の意図を誤解して動作する可能性も考えておかなければならない。もし人の意図通りに動作せず、装置の力が人の力を超えていれば、人の意図に反した運動をすることになり、危険である。

筆者は、15年以上前、電動モーターで動く多関節型ロボットアームの軌道制御の研究をしていた。工場の製造ラインで使われるものの高速化かつ振動抑制が目的である。電動モーターを使っていたため、機構的には鉛直周りの回転角度に制限はないが、タッチセンサーによる検出によってモーターが止まり、その可動範囲が制限されているはずであった。しかし、あるとき、可動範囲を越えて暴走した。そのとき、実際には起きなかったが、操作をしていた学生が負傷する可能性もあり、力の強いロボットの有用性と危険性が表裏一体であることを実感した。

3. ゴム空気圧式アクチュエータ

そのような誤動作がきっかけで、筆者はゴム空気圧駆動式ロボットアームを使うことを始めた。ゴム空気圧駆動アクチュエータは図1のように、ゴム管をメッシュ状の繊維で包んだものである。空気圧を上げるとゴム管は太くなり、縮む力が発生する。筋肉が太くなり縮むときに力が発生するのと同じ現象である。空気圧を下げるとゴム管は元の太さと長さに戻り、力が弱くなる。したがって、人工筋と呼ぶこともできる。図1はフレームの両側にアクチュエータを付けたものであり、人の骨の両側に筋肉が付いているのと同じ構造である。電動モーターによるアクチュエータに比べて力は弱く、可動範囲が構造的に制限されているので、人にとっては安全である。

筆者が専門とする制御工学において、このゴム空気圧駆動アクチュエータは、以下の理由により制御しにくい。まず、空気バルブを開いて圧力を高め始めてからアクチュエータの力が発生するまでの応答速度が、電気や油圧式のアクチュエータに比べて遅いことである。また、空気バルブとアクチュエータが離れて管で接続されている場合には、圧力に伝達



* Masao IKEDA
1947年1月生
1971年大阪大学大学院工学研究科通信工学専攻修士課程修了
現在、大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻、教授、工学博士、制御工学
TEL 06-6879-7335
FAX 06-6879-7335
E-mail : ikeda@mech.eng.osaka-u.ac.jp

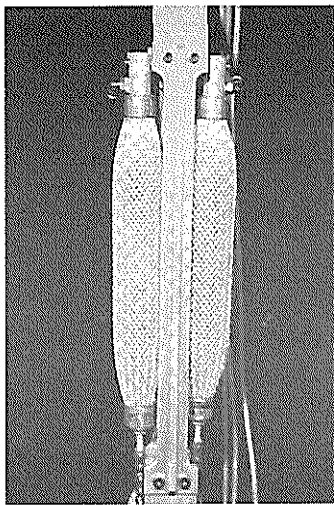


図1 ゴム空気圧駆動型アクチュエータ

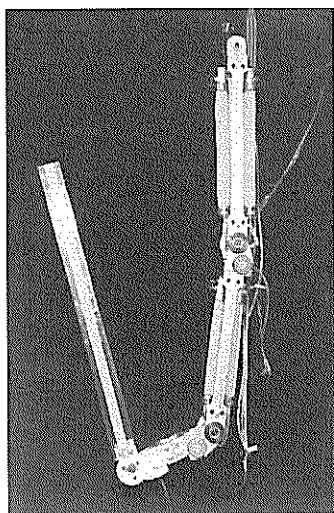


図2 ゴム空気圧駆動型ロボットアームによる倒立振子の安定化制御

遅れが生じ、さらに応答が遅くなる。筆者らは、約15年前、このような応答の遅さを補償する制御方法を用いて、図2のようなロボットアームで、棒を立てることに成功した^[1]。制御工学においては、このような棒を倒立振子と呼ぶ。図2では、ゴム空気圧駆動アクチュエータが2対使われているが、上の方が人の肩から肘に、下の方が肘から手首に対応している。そして、棒は手の平に載っていることを模しており、うまく制御しないと倒れてしまう。このように不安定な倒立振子はいろいろな制御実験に用いられ、制御の良し悪しの判定に用いられる。

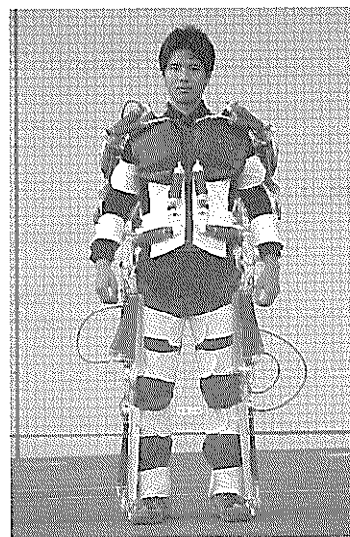


図3 パワーアシストスーツ(原型)

4. パワーアシストスーツ

筆者らが産学連携の共同研究で開発しているパワーアシストスーツの原型を図3に示す。これは全身をアシストするものである。このほかに、腕だけで自分の体重を支えるアシストをするものも開発している。

いずれの場合も、人の意図に沿った動作をアクチュエータにさせなければならない。そのためには、人の動作から人の意図を検知することが必要である。その方法として、筋電位を測る方法等が考えられるが、そのためには皮膚に電極を貼り付ける必要があり、手間が掛かる。介護の現場などにはそぐわない。そこで、筆者らは、図3のスーツでは、ひずみゲージを貼り付けたベルトを腕に巻く方法を用いている^[2]。人が重いものを持ち上げようとしているときは、腕の筋肉が太くなり、ひずみ信号が大きくなる。それによりアシストすべき力を大きくすべきことが分かる。軽いものを持ち上げようとしているときは、腕の筋肉はそれほど太くならず、ひずみ信号は小さい。アシスト力が小さくてもよいことを示している。ひずみゲージを腕に巻く方法は、服の上からでも装着できるので、簡単で時間も掛からない。

パワーアシストスーツの機構の設計のためには、実際に構成したスーツのアシストの効果、すなわち、どれだけ人が楽になったかを測定し、検証して、改善に活かすことが必要である。その効果の測定にも、

上の方法を用いている^[3]。人の意図を検知したり、アシストの効果を測定する方法の開発だけでも、一つの研究課題である。

5. 今後の課題

パワーアシストスーツの実用化のためには、まだ解決すべき課題も多い。まず、ハード面では、コンプレッサや電池の小型化と軽量化が必要である。それとともに、それらの重量を下肢フレームが支え、人が支えなくてもよい構造にすることと、移動の際の動作しやすさのためのバランス等を考えなければならない。また、装着性をよくするための構造と素材の開発も必要である。

ソフト面では、肘、肩、腰などのアシストを協調させて、全体として、人のエネルギー消費とアクチュエータのエネルギー消費が少なくなるように制御する方策を開発することが必要である。

6. おわりに

21世紀の社会を考えると、福祉に工学が果たす役

割は大きい。技術による新たな文明が人々を幸福にするように、技術は進歩しなければならない。将来、新たなアクチュエータが出現し、もっとスーツらしく見えるパワーアシストスーツを開発できて、図3のスーツをなつかしく感じられる日が来ることを望んでいる。

参考文献

- [1] 壺内清彦, 池田雅夫: ゴム空気圧駆動型ロボットアームによる倒立振子の制御, システム制御情報学会論文誌, 3巻, 3号, pp.76-83, 1990
- [2] 内橋正幸, 池田雅夫, 植田慶輔, 水谷竜朗: パワーアシストスーツの開発 一課せられた負荷の推定一, 第50回システム制御情報学会研究発表講演会, pp.311-312(2006)
- [3] 藤山彰浩, 朴 雲埴, 植田慶輔, 池田雅夫: パワーアシストスーツの筋力補助の評価手法, 日本機械学会講演論文集(関西支部第81期定時総会講演会), No.064-1, p.5-4(2006)

