

多関節指ロボットハンドによる小動物の把握

4Q-2

橋詰知明 志田晃一郎 藤川英司 山田新一

武蔵工業大学

1. はじめに

ロボットの必要性は、製品生産の効率向上と極限環境での人間の代理作業にある。前者では対象物は静止した一定の形、大きさのものであり、ロボットはそれに対して最適化され、その動作は繰り返し作業となっている。後者ではある特定の物体を正確に扱うのではなく、任意の物体を人間のように扱うといったシステムが必要となっている。その中でも、永井ら[1]は2指ハンドを用いて平面上での静的物体の適応把握について述べている。しかし、動的にランダムな物体を扱うようなハンドはない。

本研究では、人間のようにあらゆる状況に対応可能な、どんなものでも掴むことのできるロボットハンドの実現を目的とし、対象物として小動物であるマウスを用いている。

2. システム構成

本研究で使用しているロボットハンドの構造と全体のシステム構成をそれぞれ図1、図2に示す。

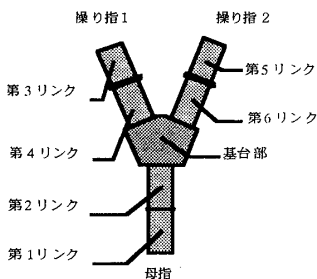


図1. ロボットハンド構造

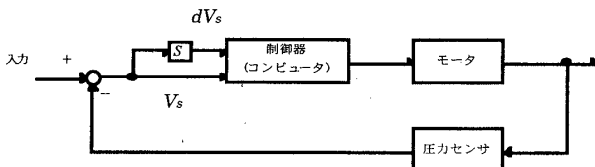


図2. システムブロック図

ロボットハンドは、1本当たり2関節を持つ6自由度の3指ハンドとする。各リンクに取り付けられた圧力センサにより把握対象物との接触状態を感知し、モータの回転によりハンドの開閉を行う。また、制御変数としてマウスの力を表すセンサからの電圧 V_s 、動きを表すセンサからの電圧の時間微分 ΔV_s を用いる。

3. ファジィ制御の適用

本研究は、多様なものを柔軟に掴み、操作するための制御ルールを構築することが目的であり、人間の把握動作を模範とすることが適当である。従って、人間の感覚的な判断の適用、実際の経験による修正が容易に行えるファジィ推論が適している。

ファジィルールを決定するにあたり、制御の目標点、つまり目標把握力を決定する必要がある。それを目標状態として、対象物を軽く掴んでいる状態を想定する。これは、把握対象物が動かない時に軽く覆うという状態であり、目標把握力はマウスを把握するのに必要なおおよその力である。また把握方法においては、対象物のある状態に対する人間の経験に基づく状態の推論、判断、対処法が重要となる。

これらを用いて、メンバーシップ関数、ファジィテーブルを構築する。メンバーシップ関数は前件部を三角型、後件部をシングルトンとする。

また、1つのセンサからの情報のみでは、ハンドの状態が正確に判断できない。例えば、センサに何も接触していない状態では、2種類の状態が考えられる。

状態1. ハンドは開いた状態で対象物に触れていない(図3)。

状態2. ハンドは閉じすぎてしまって対象物に触れていない(図4)。

図3に示す状態1の場合、指先は閉じる方向に、図4に示す状態2の場合、指腹は開く方向にあるべきである。前者の時、指腹は対象物に接触し、後者の時、それは接触していないことに注目し、指先と指腹の両方のセンサからの情報を利用するファジィの階層化による制御方法を提案する。

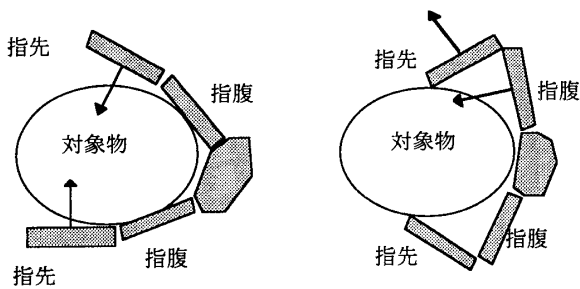


図 3. 状態 1

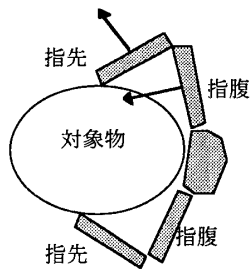


図 4. 状態 2

4. 人間の把握動作からの適用

4.1 衝撃緩和制御

人間は、小動物を把握するときそっと掴むという動作をする。これは、小動物を驚かさなためと安全性のためである。そこで、把握対象物に接触するまではフィードフォワードで減速しながら指を閉じていき、接触したならばフィードバック制御を開始するという方法を提案する。徐々に減速しながら把握対象物に接触した場合、対象物に対する力の微分値が減少していくことから、単に一定のスピードで接触させるよりも衝撃が緩和される。

4.2 把握開始状態判断制御

対象物に接触する時に2種類の場合が考えられる。

1. 指先が最初に接触する。
2. 指の腹が最初に接触する。

前者の場合、摘んだ状態である。その時は、指先はファジィ制御しながら指の腹は掴み続けるというのはバランス的に不自然なので、指の腹は指先のセンサに追従するという動作をさせるのが好ましい。そして、指腹も接触したならばファジィ制御を行うというようにする（摘み制御）。

後者の場合、把握において理想的に掴んでいるといえる。この場合も、全く別の制御をさせるというのは不自然なので、指腹は動きを止め指先が対象物に接触するのを待ち、その後、ファジィ制御に入る（WAIT 制御）。

5. 実験結果

これらの制御方法を用い、0.01秒間毎にセンサからの電圧をサンプリングし、その平均値と時間微分により0.5秒間毎にモータの駆動電圧を出力させ、重さ125gのマウスを把握させた。ここでは、把握

開始状態が握り方の把握の結果を図6に示す。

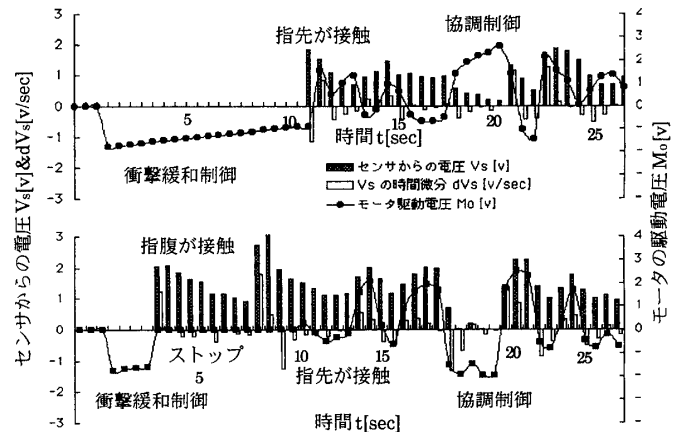


図 5. 握り方把握制御

図6より、衝撃緩和制御を行い、次に指腹が最初に対象物に接触したならば、握り型把握と判断し、その位置で停止する。そして、指先が接触した時、ファジィ制御を行っている。また指先と指腹の協調制御も見られる。

6. おわりに

小動物を柔軟に把握するための多関節指ロボットハンドシステムの制御方法について考察した。ファジィ制御を導入し、より正確にハンドの状態を知るために指先と指腹のセンサからの情報の協調を行った。また、より汎用性のある把握動作の実現のために、対象物への衝撃を緩和する制御、把握開始状態、つまり“握り型”と“摘み型”を判断しそれに適した制御を行う方法について提案した。

現在は、特定のマウス1匹を対象にファジィパラメータの設定を行っているので、他のマウスでそれが通用するかは定かではない。今後は、この多様性に注目して、その把握制御法について検討していく予定である。

参考文献

- [1] 永井, 吉川: 多指ハンドの適応制御, 日本ロボット学会誌, Voll.11, No.1, pp.111-120, 1993
- [2] 吉川恒夫, ロボット制御基礎論, コロナ社