

ゆらぎを用いた多自由度5指ロボットハンドの指先位置制御

井出 翔一郎[†] 西川 敦^{††}[†] 信州大学大学院理工学系研究科機械・ロボット学専攻^{††} 信州大学繊維学部機械・ロボット学系バイオエンジニアリング課程

1. はじめに

将来、実環境において生活支援を行うロボットが期待されている。特に、多自由度を有する多指多関節型ハンドは大きな役割を果たす。しかし、自由度が増えることで構造が複雑化し、モデル化が困難となり通常の制御則の適用が難しいという問題がある。そこで本研究では、生物が柔軟な動作を行うために利用している生体ゆらぎを模倣し、多自由度5指ロボットハンドの指先位置制御を行うことを目的とする。

2. 方法

2.1. 制御対象

本研究では、実験機として人間の右手を模倣した多自由度5指ロボットハンドを選定し、示指のみを制御対象とした。示指は3つの回転関節(MP, PIP, DIP)を有する3自由度機構である。アクチュエータ(小型空気圧人工筋肉)を4つ用いており、屈曲用としてPIP, DIP関節に1つずつ、屈曲/伸展用としてMP関節に拮抗するように2つ配置している。

2.2. ゆらぎ制御設計方法

生物の持つ生体ゆらぎを反映した数理モデルとして次式に示すゆらぎ方程式が提案されている[1]。

$$dx/dt = f(x) \cdot Activity + \eta$$

ここで、 x はシステムの状態、 $f(x)$ はシステムのダイナミクスを表すポテンシャル関数、 $Activity$ は状態 x の環境への適合度、 η はノイズである。本研究では、上記のゆらぎ方程式にいくつかの改良を加え制御系を設計した。具体的には、 $Activity$ をポテンシャル関数 $f(x)$ 中に組み込み、 x と $Activity$ を変数とした多数のアトラクタ(局所解)を持つ近似ポテンシャル関数を構築した。 $Activity$ は 0 から 1 の間で指数関数的に増減するよう試行錯誤的に設計した。また、ノイズは一樣擬似乱数で生成されるものとし、 $Activity$ により抑制されるよう設計した。

2.3. ゆらぎ制御実験方法

設計したゆらぎ制御器を用いて、示指の指先位置を指定した目標位置に移動させる指先位置制御実験を行う。実験装置は、制御用 PC (Windows XP, 2.67GHz, 実時間制御, AD/DA ボード, デジタル出力ボード), 磁気センサ, 圧力制御弁, 電磁弁, 空気圧縮機で構成される。サンプリング周波数は 9.0Hz とした。入力には PC からの指令電圧であり、圧力制御弁により圧力に変換される。出力は磁

気センサで計測される各関節角度である。本研究では、制御系の操作量は逐次計算される状態 x を最大圧力値 (0.19MPa) の 1/2 の値から指数関数的に増減する値に変換された圧力値とし、制御量は各関節角度を用いて順運動学的に求めた指先位置成分とした。また、制御系の評価指標としてユークリッドノルム(目標位置と指先位置との距離)を用いた。

3. 結果

Fig.1 に操作量と制御系の評価指標の時間応答および $Activity$ の変化を示す。20 秒間の位置制御実験を行った結果、約 3mm の偏差が残ったが、指定した目標位置まで収束していくことを確認した。

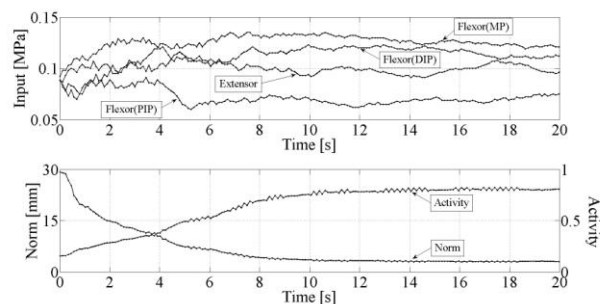


Fig. 1 Inputs and outputs

4. 考察

Fig.1 より、制御開始時は $Activity$ が低く、システムへ与えるノイズが支配的となるため目標状態を探索していると考えられる。一方、目標状態に近づくと $Activity$ が増加し、システムへ与えるノイズが抑制され、収束時には操作量のゆらぎが抑えられていると考えられる。また、収束時において完全にノイズを抑制していないことからシステムは目標状態を探索していると考えられ、制御時間を増やすことで偏差を 0 にすることができると考えられる。

5. まとめ

本研究では、生物の持つ生体ゆらぎを模倣した位置制御系を設計し、多自由度を有する対象に対し実装実験を行い、制御性を確認した。今後の課題として、アトラクタ分布の更新および 5 指すべてを制御対象とすることなどが挙げられる。

参考文献

- [1] Kashiwagi A, Urabe I, Kaneko K, Yomo T: Adaptive response of a gene network to environmental changes by fitness-induced attractor selection. PLoS ONE, **1**(1), 2006.