

1433 人間型ロボットハンド “Gifu Hand II” と ハンド制御システム

Anthropomorphic Robot Hand “Gifu-Hand II” and Hand Control System

正 川崎 晴久 (岐阜大学) ○学 阿部 竜久 (岐阜大学)
正 毛利 哲也 (岐阜大学) 内山 和直*¹ (岐阜大学)

Tatsuhisa ABE, Haruhisa KAWASAKI, Tetsuya MOURI and Kazunao UTIYAMA
Gifu University, Yanagido1-1, Gifu-City, Gifu

This paper presents a control system and control characteristics of the GifuHand II, which has been developed by our group as the anthropomorphic robohand. The band width of frequency characteristics of the finger motion are more than 7 Hz, which means that the Gifu Hand can move faster than the human hand. Experimental results of the trajectory control and the force control show that the Gifu Hand II has good dynamic properties enough to be used as a platform of the anthropomorphic robot hand.

Key Words: Robot Hand, Multi-Finger, Dexterous Manipulation, Anthropomorphic Hand

1. はじめに

宇宙や医療の分野で利用されるロボットには人間とコミュニケーションを図りながら複雑で多様な作業を行うことが要求される。こうしたロボットには人間の手に類似した人間型ロボットハンドが求められる。著者らは 5 指 20 関節 16 自由度機構を有し、サーボモータを指に内蔵した人間型ロボットハンドの開発してきた^[1]。本稿では、試作した Gifu Hand II の制御システムと動特性を示し、器用な物体操作のための研究開発ツールとしての有用性を示す。

2. ハンド機構の設計

Fig.1 に開発した Gifu Hand II の概観を示す。左右のハンドは対称であり、各ハンドは 5 指である。拇指は 4 関節 4 自由度機構、拇指以外の指は 4 関節 3 自由度機構である。指の第 1 関節は、内転・外転、第 2 から第 4 関節は前屈の

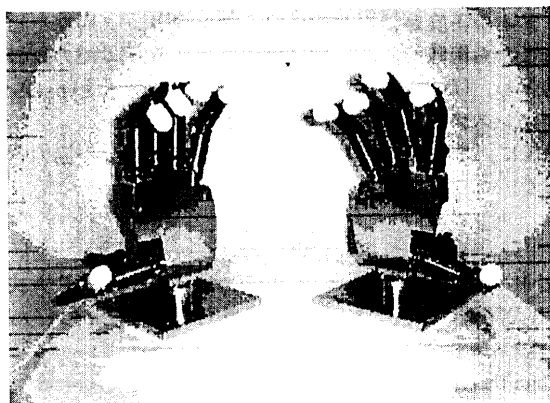


Fig. 1 Developed Gifu Hand II

運動を可能としている（関節の番号は掌側から指先へ順に番号を付与）。Gifu Hand II^[2]は、以下のような特徴を有している。

- サーボモータをハンド機構内に内蔵
- 人間の手と同程度の運動特性
- 指先に 6 軸力覚センサを装着可能
- 指腹部や掌に分布型触覚センサを装備可能
- 関節単位のモジュール化
- 指単位のユニット化

これにより、人間のように物体の把握と操作を実現でき、幾何学的にも運動機能的にも人間の手に近づいたと考える。Table 1 に親指の速度制御時のバンド幅を示す。その応答性は 7[Hz]以上であり人間の応答性の 5.5[Hz]を上回っている。

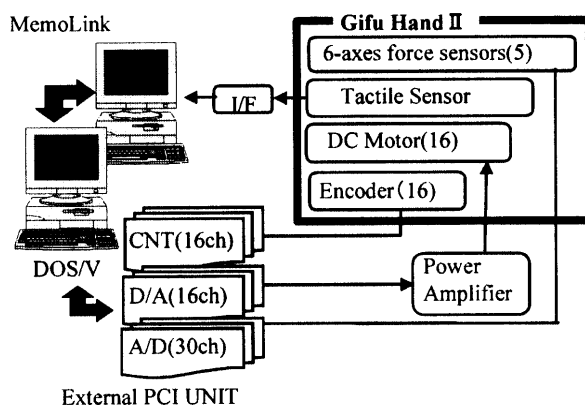


Fig.2 Hand control system

*1現：本田技研工業（株）

Table 1 Band width of thumb of Gifu Hand II

1st Joint	13.0[Hz]
2nd Joint	11.1[Hz]
3rd Joint	7.0[Hz]
4th Joint	8.0[Hz]

3. ハンド制御システム

Fig.2 にハンド制御システムの構成を示す。サーボモータのエンコーダと 6 軸力覚センサの情報から、位置および力のハイブリッド制御が可能なシステムとなっている。カウンタ、D/A はサーボモータ用に 16ch、A/D は 6 軸力覚センサ 5 個分の 30ch である。パワーアンプはアナログ式でオペアンプに BURR-BROWN 社製デュアル・オペアンプ OPA2544 を用いた。Fig.3 にパワーアンプの外観を示す。

ハンドの表面に貼り付けた 624 点の分布型触覚センサの出力波形は別の PC を使って表示もできる。本触覚センサによりパワーグラスプなどを行った場合にハンド表面の接触力の分布を測定できる。

ハンドを制御する PC の OS には Windows98 を用い、サンプリング周期は約 10[ms] である。

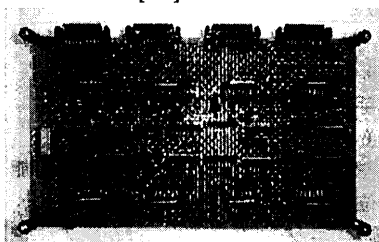


Fig. 3 16ch power amplifier

4. Gifu Hand II の動特性

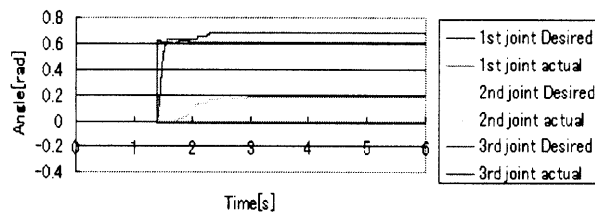
Gifu Hand II の動特性を調べるため、著者らの研究室で平行して研究が進められている「人工現実感を応用したロボット教示システム」^[1]とリンクした実験を行った。Fig.4 (a) に示すようなバーチャルリアリティ (VR) 空間で目標軌道と目標指先力を生成する。Fig.4 (b) に示すように実験はサンプリング周期を短くするため 1 本指で行なった。拘束面までの距離は 0.073[m] である。一連の VR 空間で生成した目標の各関節角度・指先力は 20[ms] 毎にデータを読み込み制御ループのサンプリング周



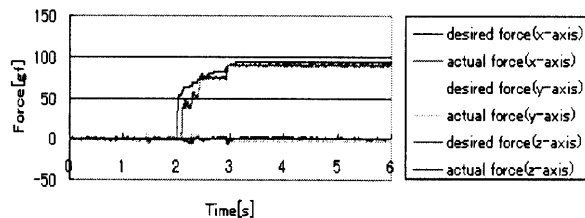
(a) Teaching in VR

(b) Gifu Hand II

Fig. 4 Experiment



(a) Angle



(b) Force

Fig.5 Response of center finger motion

期は 2[ms] とした。本実験では拘束面にある値以上の力で接触するまでは関節角度に関する PID 制御を行なう。指先にある値以上の力が働くとき指先位置と関節トルク制御に切り替わる。関節トルク制御は PI 制御を用いる。Fig.5 に実験結果を示す。位置制御時の第 1 関節から第 3 関節の目標関節角度は 0.00, 0.17, 0.60[rad] であり、力制御時の目標力は 90, 0, 0[gf] である。目標関節角度に関して定常変位があるのは、2[s] あたりから制御が指先位置と関節トルク制御に切り替わっているためである。目標関節角度・目標力に対して良好な追従性を示している。

このような方式を 5 指に拡張すれば VR からの人間から抽出した教示データを基に Gifu Hand II を指先に作用する力も考慮しながら柔軟な制御が可能だと考えられる。

5. おわりに

本論文では、開発した Gifu Hand II に対して位置については PID 制御を、力については PI 制御を用いて実験を行った。実験の結果から Gifu Hand II の制御性の良さ、人間の動きに対する追従性の良さを確認した。

今後の課題は、Windows は OS からの介入が大きいため、システムが不安定になりやすく、サンプリング周期を短くすることも困難である。今後は、リアルタイムでの制御を目的とし、UNIX 系のリアルタイム OS である LynxOS を用いたシステムを構築する予定である。

最後に、本研究は岐阜ロボットハンド研究会の協力を得ており、ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] 小松恒夫, 川崎晴久, 内山和直“サーボモータ内蔵方式による人間型ロボットハンド(岐阜ハンド)”, ロボティクス・メカトロニクス講演会'98 講演論文集, CD-ROM, /data/thesis/1ciii2/1ciii2-5.pdf, 1998
- [2] H Kawasaki, T Komatsu, K Uchiyama, and T Kurimoto, “Dexterous Anthropomorphic Robot Hand with Distributed tactile Sensor : Gifu Hand II”, Proc of 1999 IEEE ICSMC, Vol. II, pp. II 782- II 787, 1999
- [3] 中山寛治, 川崎晴久, “VR 環境での人間の動作意図に基づくロボット教示システム”, 日本バーチャルリアリティ学会第 4 回大会論文集, pp.277-280, 1999