

# ホビーロボット用マスタ・スレーブコントローラの開発

日高良和\*・横山正春\*\*・小松繁綱\*\*\*

## Development of the master-slave controller for hobby robots

Yoshikazu HITAKA\*, Masaharu YOKOYAMA\*\*, Shigetsuna KOMATSU\*\*\*

**Abstract:** Up to now, in remote operation robots and remote rehabilitation robots of fields, master-slave control has been adopted. In this study, we proposed applying hobby robots for life whose people need slight assistance. In way to operation of view point, we adopted master-slave control because it is easy to control robots for them. A summary of this life assistance is that people control hobby robot and make the robot assist them life. As a result, people assist their own life by themselves. And the object of this assistance is only people who need slight life assistance. But people are requested to control robots by themselves. In addition, we anticipated that almost people are persons of advanced age. Therefore it is difficult to control robots by controller which is way of pushing buttons for people. So we adopted master-slave control as way of controlling robots because people make robots motion as their motion. So people can control robots sensuously by using master-slave control. In this time, we developed fundamental radio transmitter and receiver circuits and master-slave controller. And we confirmed working those circuits correctly. We will report about that.

**Key words:** master-slave controller, slight life assistance, hobby robot

### 1. はじめに

現在、遠隔手術用ロボットや遠隔リハビリ用ロボットなど、様々な分野のロボットに対してマスタ・スレーブ方式が採用されている。本研究では、図1に示すように軽度の要生活補助者の生活補助にホビーロボットを利用することを提案し、操作の利便性からホビーロボットの制御にマスタ・スレーブ方式のコントローラを用いることを考えた。このホビーロボットを用いた生活補助の概要としては、要生活補助者の中でも軽度な症状の方を対象とし、簡単な作業をホビーロボット

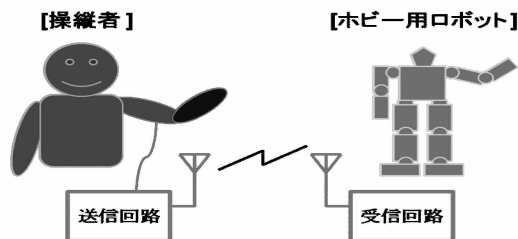


図1 ホビーロボットを用いた生活補助

(西暦2010年11月30日受理)

\* 宇部工業高等専門学校 電気工学科

\*\* 宇部工業高等専門学校 技術室

\*\*\* 宇部工業高等専門学校 生産システム工学専攻

にさせるというものである。ホビーロボットの操作の例として、部屋の中で自分から離れたところにある物を取りに行きたいが、体の一部分を痛めていて移動することに苦痛を伴うと言った場合に、自身がホビーロボットを遠隔で操作して、ロボットに物をとってこさせることが挙げられる。ロボットを操作する要介護者は、多くが高齢者であることが予想される。このためボタンを押すリモコンなどでは操作が難しい。そこで、ロボットの操作方式として、操縦者の動きと同様にロボットを動作させることが出来るマスタ・スレーブ方式を採用し、要生活補助者がロボットを簡単に操作できるようにすることを考えた。今回、ホビーロボットを操作するための電波による無線送受信回路と基本的なマスタ・スレーブコントローラを製作し、その動作確認を行ったので報告する。

### 2. マスタ・スレーブ無線送受信回路

要生活補助者がロボットを操作し、遠くにあるものを代わりにとってこさせる場合、まず手元では操作せず遠距離でロボットを操作し、屋内で使用することが考えられるため、障害物が多いことが予想される。そのため、赤外線のように指向性がなく比較的データの伝送速度が早い電波を用いた無線の送受信回路を製作した。また、コントローラはロボットに操縦者の動きと同様の動きをさせ、感覚的に簡単にロボットを操縦できるようにするために、ボタン式ではなくマスタ・スレーブ方式のものを製作した。

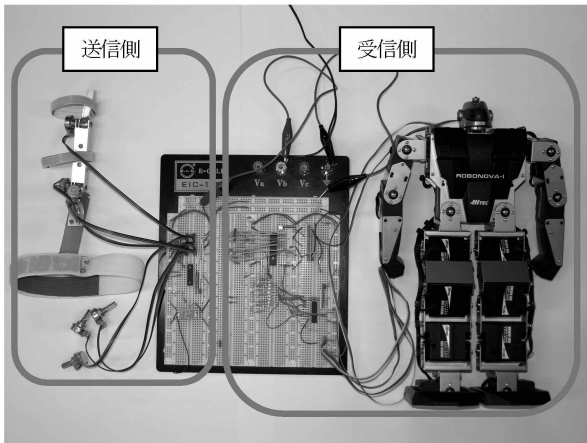


写真1 全体図

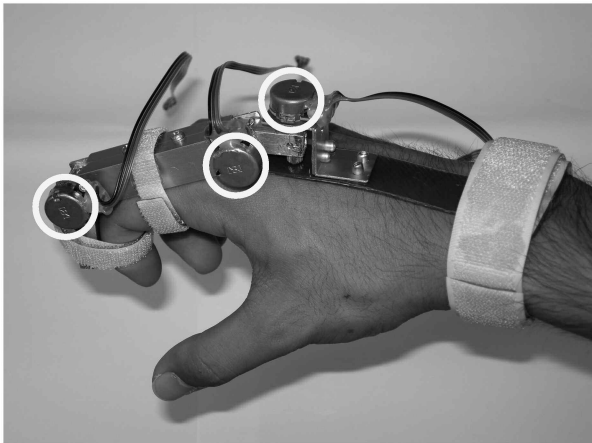
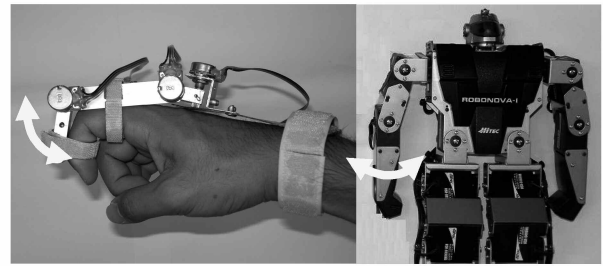


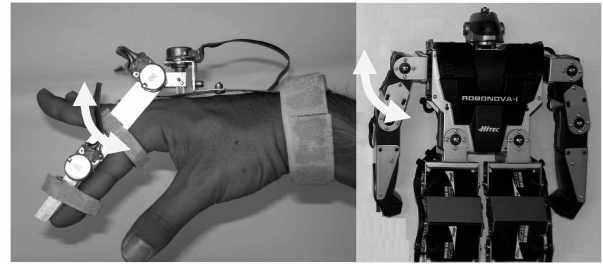
写真2 マスタ・スレーブコントローラ

## 2. 1 マスタ・スレーブコントローラ

写真2に今回製作した、マスタ・スレーブコントローラを示す。今回はコントローラの試作機として、人さし指でロボットの右腕のみを操作可能なコントローラを製作した。動作実験に使用したホビー用ロボットのROBO-NOVA-1には片腕に3つのRCサーボモータがあり、3自由度で動作するため、写真1の丸に示すように、3つのポテンシオメータが設置してあり、抵抗値の変化をA/D変換することによって、角度情報を取得する。写真3の(a)から(c)に示すように操縦者の指の関節とロボットの関節の動作の対応関係を示す。指の第2関節によって、ロボットの肘関節を操作し、指の第3関節屈曲方向によって、ロボットの肩左右方向の関節を操作する。そして、指の第3関節左右方向によってロボットの肩前後方向を操作することができる。また、これらの関節は同時に動作させることが可能となっている。コントローラの指への装着にはマジックテープを使用し、装着する人によって関節の位置、指や手首の太さが調整可能となるようにした。



(a)



(b)



(c)

写真3 コントローラと動作の対応

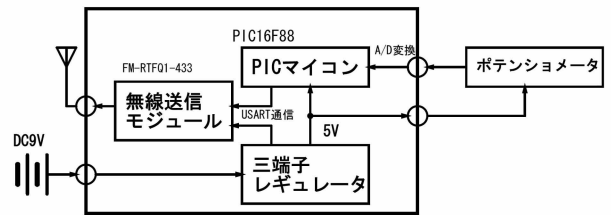


図2 送信回路構成図

STX (0x02)	STX	STX	Angle Data1	~Angle Data1	Angle Data2	~Angle Data2	Angle Data3	~Angle Data3
	Angle Data4	~Angle Data4	Angle Data5	~Angle Data5	Angle Data6	~Angle Data6	ETX (0x03)	

図3 無線データフォーマット

## 2. 2 送信回路

図2に製作した無線送信回路の構成図を示す<sup>1)</sup>。送信回路はポテンシオメータ、PICマイコン、三端子レギュレータ、無線送信モジュールで構成されており、小型化することを考え電源は9Vの電池を使用した。無線送信モジュールには、413MHzのFM無線送信モジュールを使用した。送信回路の動作としては、まずコントローラの各指の部分に設置されてい

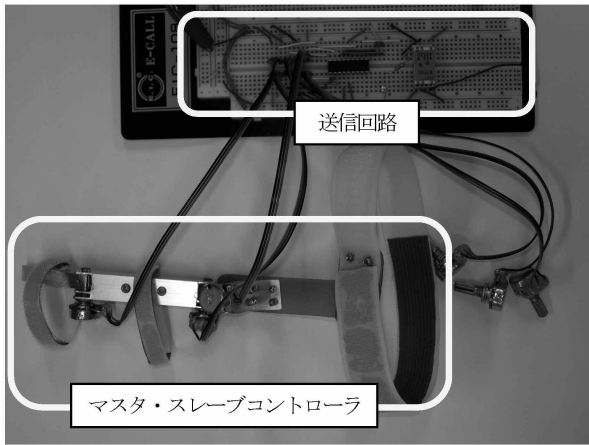


写真4 コントローラと無線送信回路

るポテンショメータの抵抗値の変化を電圧の変化として PIC マイコンから読み取り、角度データを得るためにその電圧値を A/D 変換する。そして、PIC マイコンはその A/D 変換した値を図 3 に示す無線データフォーマットに組み込み、USART 通信を用いて無線送信モジュールへと送信する。無線データフォーマットには、できるだけデータの伝送エラーを防ぐために反転 2 連送方式<sup>1)</sup>を採用した。データフォーマットの内容としては、まずデータフォーマットの始まりである STX(Start of Text)を三回連続で送信し、その後、両腕分の合計 6 つの角度データの内、1 つずつ得られたデータを送信した後に、それをビット反転したものを送信する。これを 6 回繰り返して 6 つの角度データを送信する。その後、データフォーマットの終わりを示す ETX(End of Text)を送信し、無線データフォーマットの一連の流れとなっている。また、出来るだけマスタ・スレーブ方式による追従性を上げるために、今回の USART 通信の通信速度は 15200bps とし、仕様上で最大の通信速度で通信するように設定した。写真 4 に今回製作した、マスタ・スレーブコントローラと送信回路を接続したときの様子を示す。

### 2. 3 受信回路

図 4 に製作した無線受信回路の回路構成図を示す<sup>1)</sup>。受信側の回路は FM 無線受信モジュール、PIC マイコン 2 つ、動作確認要ホビーロボットの ROBOTNOVA-I から成っている。回路の動作は、まず無線受信モジュールが送信側から USART 通信を用いて無線で送られてきたデータフォーマットを受信し、PIC マイコン 1 に送信する。PIC マイコン 1 は受け取ったデータフォーマットから角度データを抽出する。この時、反転 2 連送方式によって角度データは、ビット反転したものと共に送信されているので、受信したデータと受信したビット反転されたデータを比較し、それらがひとしければ伝送エラーがなかったものとする。この操作を 6 つの角度データに対して行い、6 つの角度データを正確に送信側から伝送させることができる。そして、抽出した 6 つの角度データを PIC マイコン 2 へ I2C 通信を用いて送信する。そして、PIC マイ

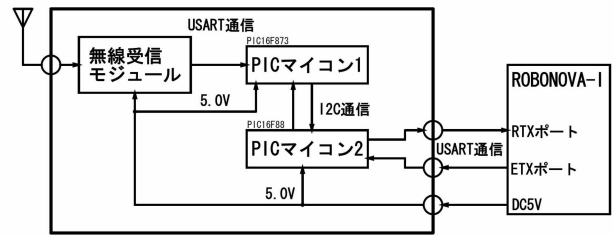


図4 受信側回路構成

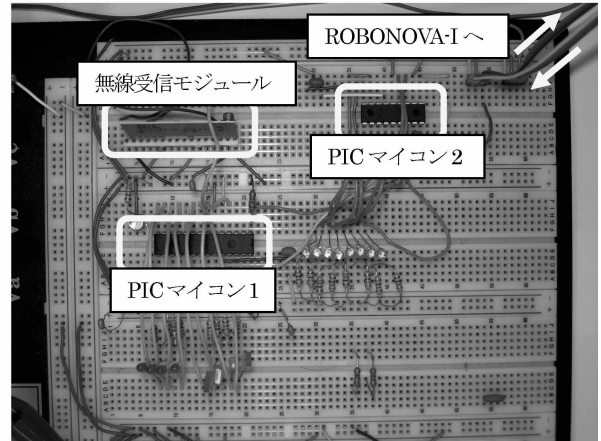


写真5 無線受信回路

コン 2 から USART 通信を用いて ROBOTNOVA-I へ送信する。これは、ROBOTNOVA-I を制御しているマイコンには予め roboBASIC と呼ばれるインタプリタが書き込まれているためである。インタプリタは、プログラムを逐次解析、実行することを繰り返すことによってプログラムを実行するため、通常のプログラムをコンパイルして書き込んだものを実行する場合と比べ、実行速度が遅い。そのため、データ通信をするためにはタイミングを計るの必要があり、PIC マイコンと ROBOTNOVA-I との間を双方向で通信することによってタイミングを計ることが可能となる。しかし、PIC マイコンには USART モジュールが送信ポート、受信ポートそれぞれ 1 つしか内蔵されておらず、PIC マイコン 1 においてデータフォーマットを受信するために受信ポートは使用済みである。このため、タイミングを計ったデータ通信は PIC マイコン 1 と ROBOTNOVA-I との間では不可能である。そのため、PIC マイコン 2 を介して ROBOTNOVA-I に送信することでバッファとしての機能を果たし、インタプリタが内蔵された ROBOTNOVA-I とタイミングを合わせ、正確にデータを送信することができるようにした。PIC マイコン 2 と ROBOTNOVA-I 間では、タイミングを合わせるために、ROBOTNOVA-I から PIC マイコン 2 へのポーリングを用いて実現した。PIC マイコン 2 は 6 つのデータを受け取った後、ROBOTNOVA-I からのポーリングが来るまで、待機状態となる。そして、ROBOTNOVA-I からデータの送信要求が来た時に 1 バイト分のデータを ROBOTNOVA-I へと送信する。ROBOTNOVA-I へのデータ送信は一回の送信で 1 バイト分しか送信することができないため、6 回の送信要求によって、6



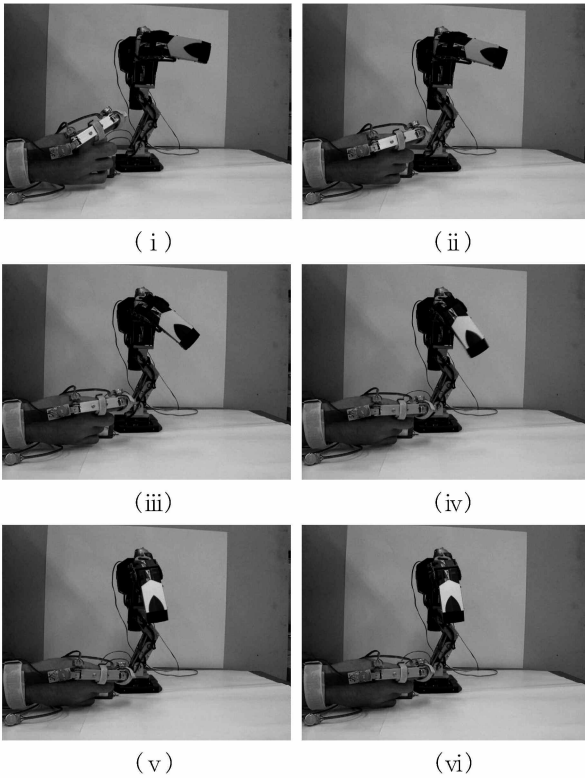


写真6 動作確認の様子

つの角度データを送信している。そして、ROBONOVA-Iは受信した角度データの値になるように、各関節のRCサーボモータを制御し、これらの一連の流れを繰り返すことによって、マスタ・コントローラの角度の変化に合わせてロボットを動作させている。

### 3. 動作確認と考察

今回製作した、無線マスタ・スレーブコントローラの動作確認をした。写真6の(i)から(vi)に実際に装着したコントローラによって、ロボットの右腕を操作している様子を示す。ロボットは写真6に示すように、操縦者がコントローラを装着した指を曲げたり、伸ばしたりすることによって各関節に対応したロボットの関節を動かすことができた。しかし、ここで問題となってくるのが、人間の指の関節の可動域とロボットの関節の可動域に違いがあるということである。現在、操縦者である、人間の指の可動域の最大・最小とロボットの可動域の最大・最小をそれぞれ対応するように設定している。しかし、これでは実際にホビーロボットを生活補助として使用し、遠くの物を代わりにとりに行かせることなどを実現することを想定すると問題がある。ロボットを操縦して物を掴む場合を考えた時に、このままでは操縦者とロボットの関節の可動域に違いがあるために、操縦者が物を掴もうとする感覚でロボットを操縦しても、実際のロボットの動きは操縦者の感覚と同様の動作を期待することはできない。そのため、このままではより簡単に感覚的にロボットを操作することはできない。ロボットの関節にはRCサーボモータ使用され

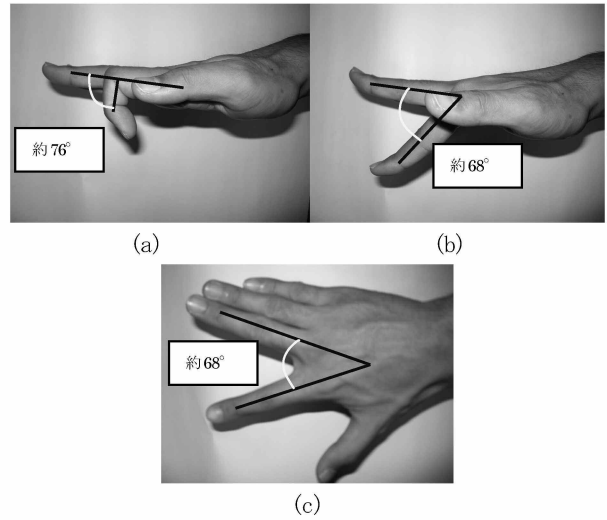


写真7 人の指の可動域

ているため、ロボットの全ての関節は $0^{\circ}$  から $180^{\circ}$  の範囲で動かすことが可能である。一方で、人間の指の動作可能範囲は写真7に示す通り、(a)、(b)、(c)の動かす指によって、可動範囲がことなっていることが分かる。さらに、動作可能な範囲は個人差があり、写真7の例は健常者であるが生活補助を必要とされる方の大半は高齢者であることが予想されるため、さらに動作可能な範囲は狭くなることが予想される。コントローラとロボットの動作の分解能との関係はこれらのことをよく吟味した上で決定しなければならない。今後の課題として、まずは操縦者が操作する感覚とロボットの動作が一致するように、ロボットの動作の分解能のパラメータを調整していかなくてはならない。また、今回製作したマスタ・スレーブコントローラは、ロボットの右腕しか操作することができないので、両方の腕を操作可能にするために、残りの左腕を親指で操作できるように、コントローラを改良していきたい。ロボットを操縦者の感覚で操作できるようにしたあとは、マスタ・スレーブ方式による遅れ時間などの特性を計測し、遅れ補償器の導入についても検討していきたいと考えている。

### 4. おわりに

今回、電波を用いた無線によってマスタ・スレーブ方式でホビーロボットを操作するための基本的な無線送受信回路とコントローラの製作を行い、動作の確認を行った。ホビーロボットを実際の生活補助に利用するためには、マスタ・スレーブによる腕の操作だけではなく、ロボット自身の移動制御、障害物の回避方法等、検討すべき多くの課題がある。これらの課題の解決に向けて尽力していきたい。

### 参考文献

- 1) 後関哲也, “ロボット改造マニュアル②”, p. 38, 技術評論社, 2004.