

ロボットアームの研究

栃木県立鹿沼商工高等学校 情報科学科

発表者 神山 達也・川崎 純

中島 郁哉・西村 寛子

指導者 大谷 智史

1. はじめに

本校は明治42年に上都賀郡立農林学校として開校し、校名変更や学科の改編などを経て平成26年で創立105年を迎える歴史と伝統のある学校である。校訓である「自主創造」「和親協力」「誠実勤敏」のもと、社会で活躍する人間を目指し日々頑張っている。

私たちが所属している情報科学科では情報技術を中心とした工業技術の基本的な技能・技術・知識の習得や「ものづくり」を軸とした実習など、実践的な学習を重視した学科である。

今回の研究は本校情報科学科で実施した課題研究の内容について示したものである。

2. 研究の動機

東日本大震災の発生により、危険区域での救助活動、がれきの除去作業、原発内部での除染作業など、生身の人間が直接作業することが困難な現場が数多く発生した。このような現場で利用される作業機械は特殊なものもあり、さらに操作技術を持った人にしか操縦できないものが多いことも実際にあった。特に原発建屋内でのロボット作業では操作技術を身に付けるまでかなりの時間が必要になってくることや、操縦を行える人が限られてしまうことなどの問題が起きていた。そこで今回の研究では、操作技術や経験を必要としない、誰にでも簡単に操作が行えるロボットの開発を行うことにした。

3. 設計理念

人間の手は万能な道具と言われるぐらい様々な動作が行える部分である。また日本人は右利きの人が多いことから、マスター・スレーブ方式を利用した右腕型ロボットアームの製作を行うことにした。ロボットの操作には一般的にハンドルやボタンの付いたコントローラが使われているため、うまく操縦するまでには長い時間の訓練を必要とする。そこで今回の研究では、マスターアームには人の腕の関節の回転角度を測るセンサを用いて腕の動きを直接読み取る装置を製作し、スレーブアームには読み取った動きと連動して関節が回転するロボットアームの製作を行うことにした。

マスター・スレーブ方式とは

いくつかの機器が協調動作する際にその中心となる機器の制御又は操作を行うマスター (master : 「主人」の意味) 機とマスター機の制御下で動作するスレーブ (slave : 「奴隷」の意味) 機に役割を分担する方式のこと。操縦者がマスター機を操作し、スレーブ機の動作を制御して実際の作業を行う。



4. 試作型ロボットアームの製作

まず試作型となるロボットアームの製作を行った。試作型アームでは様々な種類の部品をあえて使用することにより、その動作と性能を確認することを目的とした。そして今後改良型アームで使用する部品の選定を行うことにした。

(1) 試作型マスターアーム

マスターアームではアーム部で6箇所の関節を、ハンド部で4本の指をセンサで読み取る構造となっている。肩の動きを加速度センサで、肘の曲げをポテンシオメータで、前腕の動きを可変抵抗器（ボリューム）を使って測定している。指の動きの測定にはファミコンの付属品として販売されたデータグローブを改良して使っている。このグローブの指先には曲げセンサが内蔵されており、指の曲げ角度によって抵抗値が変わる仕組みになっている。

(2) 試作型スレーブアーム

スレーブアームではマスターアームで測定した関節と同じ箇所をモータを使って動作させている。肩の動きにはポテンシオメータを取り付



図1 試作型マスターアーム（肘）

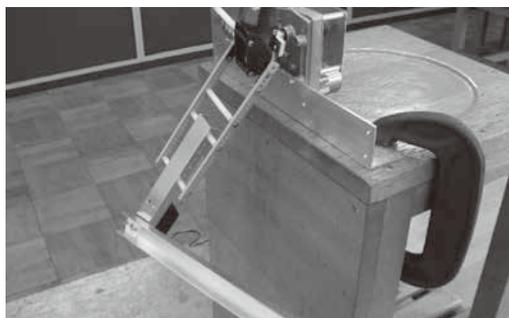


図2 試作型スレーブアーム（肩～肘）

けたギヤ付DCモータを使い、回転角度を測定しながら動作させている。肘から手首の回転にはサーボモータを使用している。指の動きには結束バンドを利用して5本の指を2つのサーボモータで開閉させる構造になっている。

(3) 試作型制御部

アームの制御にはArduino基板を使った。この基板はアナログ入力とPWM出力を簡単に与えるボードである。マスターアームで測定した値に合わせてスレーブアームの関節を制御した。

(4) 試作型アームの動作結果

マスターアームでは加速度センサの反応が悪かったが、ポテンシオメータとボリュームを使った角度測定は感度よく行えた。全体のフレームにプラスチックジョイントを使ったため耐久性に欠けるものとなった。スレーブアームでは肩部をDCモータで制御したため、ポテンシオメータで測定した目標値付近でアームが不安定な動作を取ることがあった。肘からハンド部まではサーボモータを使用した。角度調整はよくできたもののトルク不足を感じた。またハンド部では手の開閉のみの動作しか行えなかった。

5. 改良型ロボットアームの製作

試作型アームの動作結果を参考に、改良型ロボットアームの製作を行った。誰にでも操作が行えることはもちろん、マスターアームの装着方法やスレーブアームの設置方法なども負担が少なくなるように考慮していくことにした。

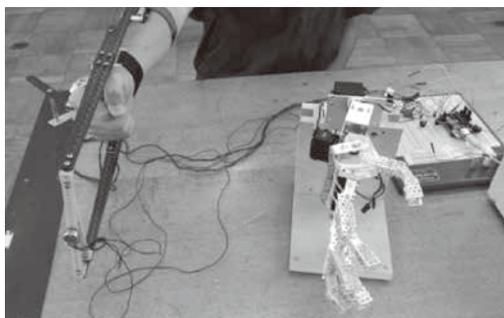


図3 試作型ハンド部の動作の様子



図4 改良型マスターアーム (肘~手先)



図5 改良型ハンド部の曲げセンサ

(1) 改良型マスターアーム

全体のフレームをアルミ材で組み立て、ゆがみの少ない構造にした。また、等間隔に取り付け穴を開けることによりサイズ変更を可能にしている。アーム部では7つの関節を全てボリュームで測定し、程よい抵抗感を持たせた。ハンド部では曲げセンサを使って5本の指の他に親指の第三関節の曲げ角度も合わせて測定した。

(2) 改良型スレーブアーム

マスターアームと同じように全体のフレームにアルミ材を使用し、そのままでは重量が増してしまうので穴を開け軽量化を図った。サーボモータには試作型より高トルクなものを使った。ここでサーボモータはトルクが大きくなるほど重量も大きくなってしまう。そこで肩から手先に向かうほど小さくして軽量のモータを配置していくことにした。ハンド部では5本の指と親指の第三関節をそれぞれ単独で動かせるようにし、指の動きにはリンク機構を採用することによって本体への負担を軽減する構造にした。

(3) 改良型制御部

13個のセンサデータとそれに連動して動作させるサーボモータを入力と出力が対応するよ



図6 改良型スレーブアーム全体

うに上腕部、前腕部、ハンド部の3つに分け、AVRマイコン3つでそれぞれを制御する回路にした。ここでArduino基板のままではピン接続が強度不足であり、使用しない部品やスペースが多数あるので、Arduino基板に設置されているマイコンを取り外して単独で制御できる回路(Metaboard互換)を製作した。(Metalab HP参考: <https://metalab.at/wiki/Metaboard>)

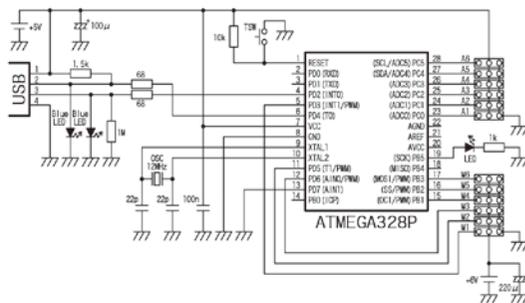


図7 Metaboard互換の制御回路

(4) 改良型アームの動作結果

マスターアームの操作感は無意識に操作するというよりボリューム型のセンサを意識しながら操縦するという印象を受けた。スレーブアームではフレームの軽量化と高トルクサーボモータを使用したこともあり何とか動作させることができたが、モータのトルク不足がまだあり、動作範囲が制限されることがあった。大まかな動きは人の動きと同等に行えたが、細かな動きでは追従するスレーブアームの動きを目視しな

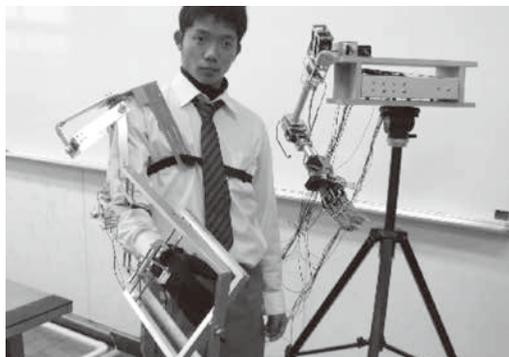


図8 動作テストの様子

から微調整していかなければならなかった。

6. ロボットアームの有用性

今回製作したロボットアームをすぐに実際の現場で利用することは困難であるが、今後ロボットアームの性能を向上させれば、下記のような応用利用が可能になると考えられる。

- ① 離れた場所からネットワーク経由で動作が行える（医療行為・介護補助・災害現場活動・離れた人とのコミュニケーション）
- ② 筋電センサを取り付けることによって腕を失った人のための義手へと利用できる
- ③ 匠の技術をデータとして保存・再現できる

良いことばかりではなく悪い面も考えてみると、犯罪への利用が懸念される。最も恐れていることは戦争などへ利用されることである。

7. 今後の課題

マスター・スレーブアーム共に大まかな動きは連動して動作させることができたが、細かな動きとなるとセンサの感度やモータの性能に制限され、うまく動作させることができなかった。



図9 北関東三県工業高校生徒研究発表大会

そのため現段階では作業現場で行えることといったらほとんど無いに等しい状態である。今後は右腕だけでなく現場での作業の効率を考えて、左腕の製作と作業内容を限定し、 unnecessary 機能を取り除くことによって操作や制御の簡略化が必要となってくる。また現場までの移動方法や通信手段等を考えていかなければならない。

8. 生徒研究発表大会への参加

栃木県工業関係高等学校生徒研究発表大会へ参加し、機器のトラブル等あったが何とか入賞することができた。続く北関東三県工業高校生徒研究発表大会でも入賞を果たすことができた。

9. まとめ

今回の研究では誰にでも簡単に操作が行えるロボットを目標に研究を行った。現時点での実際の利用はまだ難しいが基礎研究としては十分な結果を残すものとなった。次年度以降は後輩たちにもこの研究を続けてもらい更なる改良を期待したいと思う。そして、この研究で学んだ知識や技術を生かし工業技術者として社会で活躍できるように今後も頑張っていきたいと思う。

工業教育資料 通巻第 359 号

(1月号) 定価 216 円 (本体 200 円)

2015 年 1 月 5 日 印刷

2015 年 1 月 10 日 発行

印刷所 株式会社インフォレスト

© 編集発行 実教出版株式会社

代表者 戸塚雄武

〒102 東京都千代田区五番町 5 番地
- 8377 電話 03-3238-7777

<http://www.jikkyo.co.jp/>