

アームロボットの操作学習のためのデモとその環境開発*

宮下大輔*¹・小林裕介*²

Demonstration for manipulation learning of arm robot and development of the environment

MIYASHITA Daisuke and KOBAYASHI Yusuke

Recently robot technology has been developed and robots, for example cleaning robot and biped robot, have been closer for us. On the other hand, arm robot, which is representative for industrial use, can be little watched or experienced to us. So we investigated a demo which everyone can experience and study safely to deepen interests for robots and increase a chance they can really touch it.

In this research, we developed a jig for pen drawn by robot. This mechanism corresponds to the shape of multiple pens and is attached a spring to adjust the strength of a brushstroke to some extent. We produced a robot drawing "katakana" to a space using this jig. We also produced drawing system without robot teaching. So everyone can experience a working of robot easily.

キーワード：アームロボット，デモ，学習

1. はじめに

昨今，ロボット技術が発展し，掃除機ロボットや二足，多足の歩行ロボットの玩具等が登場するなどロボットが身近な物となりつつある．一方で産業用として代表的な物がアームロボットであるが，理科離れが問題となっている小中学校の生徒がこのような産業用ロボットを実際に見たり体験出来ることは少ない．そこで，ロボットへの興味をより深め，実際に触れる機会を増やすため，安全に操作を体験，学習できるデモについて検討した．今回は，本校機械工学科のアームロボットを用いて描画を行うためのペン用ホルダを開発し，このホルダを用いた描画システムについて開発を行った．

2. 描画デモについて

アームロボットの動作デモとして，描画デモがよく用いられている．本校の講義でも同様の内容でロボット操作の学習を行っているが，現在行っているガムテープによりペンを固定するという方法ではペンの取り付けに手間がかかる，適度な筆圧を加えることが難しい，アームロボットの誤操作やプログラムのミスが発生した場合にロボットと描画面が衝突し故障の原因となるなどの問題がある．そこで本研究では，ペンを容易に取り付けることが出来，ペン先やロボットに過剰な力がかかりそうになった場合でも適切な筆圧を維持できる治具（ホルダ）の開発を行った．また，カタカナなど簡単な文字のデータ登録を行い，初心者でもデータを呼び出しさえすれば描画ができるプログラム，システムを構築した．

3. アームロボットについて

今回製作するホルダを取り付けるアームロボットの一例を図1に示す．アームロボットはヤマハ社のYK120XG（スカラ型ロボット）及びセイコーエプソン社のスカラ型ロボットES451S及び直交座標型ロボットXM3043-11PNの3種を使用した．まず，ここではセイコーエプソン社のロボットの取り付け

* 2010年3月(社)日本機械学会北陸信越学生会第39回学生員卒業研究発表講演会にて一部発表．

* 本研究の一部は財団法人長野県科学振興会教育助成金を受けて行われた．

*1 機械工学科准教授

*2 機械工学科講師

を想定したホルダを製作した。

4. 筆圧調整

本研究では様々なペンにも対応できるようにするため、まず適切な筆圧が維持できる機構を考えた。そのなかで取り扱いが容易なものがバネであった。使用するバネのバネ定数は

$$k = \frac{F}{x} \quad (1)$$

で求められる。ここで、 k はバネ定数[N/mm]、 F は力[N]、 x は変位[mm]である。変位として、描画時に適正な筆圧を保つ許容動作量 10mm を想定した。力はペンが問題なく線を引ける筆圧の範囲 100gf～350gf を考えた。その結果、バネ定数 $k=0.25\text{N/mm}$ と算出される。

また、バネが実際に変形しはじめる初期負荷力を考慮し、固定の際にあらかじめバネを縮めた状態で固定を行うことにした。この時の初期負荷力を 100gf とすると

$$F = k(x + x_0) \quad (2)$$

の関係より、変位 x が 0mm の時、力 F は 100gf になるように初期変位 x_0 を求める。その結果、 $x_0=4\text{mm}$ とした。

ただ、実際にはペンの上下調整が可能のため、太さや筆跡のなめらかさなどを考慮して各自で調整することもできる。

5. ホルダの試作

バネの選定結果よりホルダの設計を行った。図 2 に設計したホルダを示す。大きく分けてアームロボットへの固定を行う固定部と、ペンを固定して鉛直方向に可動する可動部に分かれる。

ペン先に過剰な力が加わると、固定部と可動部の間のバネがたわみ、可動部が上方に移動し、筆圧を維持するようになっている。可動部と固定部の間には摩擦を低減するためすべり軸受けを使用し、ペンの固定用部品には鋼、他の部品にはアルミを使用した。図 3 に試作したホルダを示す。



図 1 アームロボット (セイコーエプソン社製)

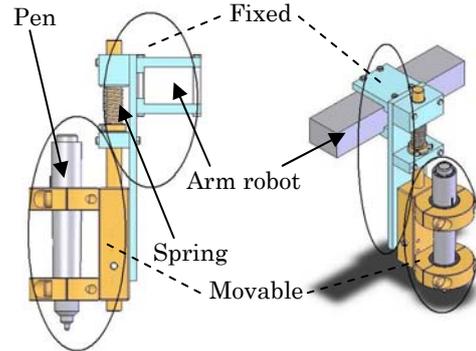


図 2 ホルダ



図 3 試作したホルダ

6. 動作検証

製作したホルダの動作検証を行った。検証は、まずペンの先端をはかりに乗せ、どの程度の筆圧を維持できるかを調査した。その後、アームロボットに実際に取り付け動作を確認した。

10mm の変位で筆圧として 100gf～350gf の力が加わるよう計算しバネを選定したが、周囲の材料の干渉や、治具自体の重量が影響し、1mm 変位させるのに約 1,500gf の力が必要になった。

実際に治具をアームロボットに取り付け動作させたところ、治具の一部がアームロボットに干渉した。また、治具の重量が 600gf と重いため、治具を取り

付けたアームロボットはその重さでZ軸方向に勝手に下がってしまった。

7. 問題点の改良

試作機の検証結果から、全体重量が重い、部品の干渉、バネがたわみ始めるのに必要な力が大きい=適切な筆圧を保てない、などの問題点が判明した。これらの問題点を考慮し再設計を行った。鋼、アルミなどの金属部品をMCナイロン、アクリルなどの樹脂系の材料に変更し全体を軽量化した。材質を変えたことで強度が低くなる部品も生じてきたが、固定方法を変更し十分な強度を保った。また、干渉のあったバネの径を大きくし、さらに自由長を長くし10mm以上のたわみにも十分対応できるようにした。

ペン固定についても、使い易さの観点からネジ止め作業をなくし、蝶番とスナップ錠を使用し容易に着脱できる構造にした。改良したものを図4に示す。

改良した治具により、筆圧200gf程度の力でバネが変形し始め、約400gfの力を加えたところでバネが10mm変形した。この結果は、当初の目的の100gf~350gfより大きいですが、ペンで十分に線を引くことができた。また、干渉していた部分も問題なく動作を行うことが確認できた。改良後の治具は樹脂系の材料を中心に製作したため、改良前の重量の1/3程度の200gと軽くなり、取り付けアームロボットがZ軸方向に勝手に下がることもなくなった。筆圧を調整している様子を図5に示す。

8. 最適化及び他のロボットへの応用

改良後のホルダは十分強度があったため、次に製作の容易さについて改善を行った。主要材料をMCナイロンから、モデリングワックスというMCナイロンより加工性が良いが、強度の低い材料に変更した。また、製作工程を簡単なものにするのと同時に、ネジ穴をタップではなく埋め込みナットで作ることで加工工程を減らして製作にかかる時間を減らした。この改良を加えて最適化したホルダの設計図面と製作した治具を図6に示す。

この量産型ホルダについて動作検証を行った。量産型ホルダは材料を変更したことにより、以前のもものと比べ全体の強度が低くなっている。そこで、ペンの着脱を問題なく行えるかについても検証した。その結果、ペンの着脱、ならびに描画において強度に問題ないことを確認した。しかし、埋め込みナットにねじりや引っ張りの力が加わった場合に埋め込みナットに緩みが生じてしまう。また、ペン固定部

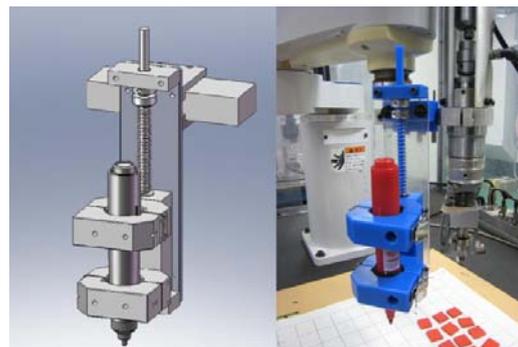


図4 改良後のホルダ

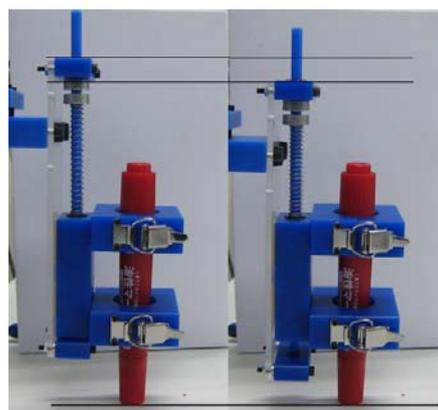


図5 筆圧調整の様子

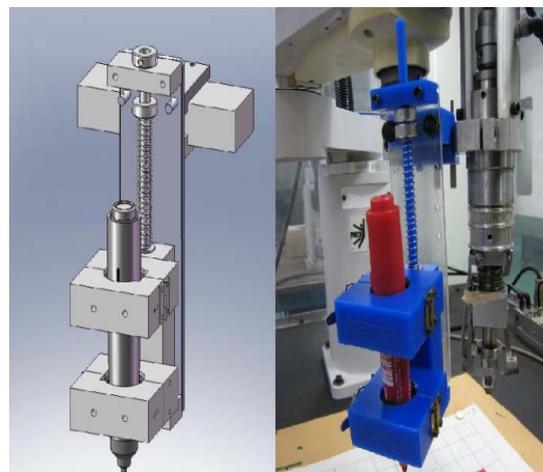


図6 最適化モデル

品に使われている小型の蝶番は、元々小物用のため強度が低く、加工をしたためさらに強度が落ちた。そのため、スナップ錠で閉めていない場合に、蝶番の可動方向以外の方向に力が加わると破損する可能性がある。

次にヤマハ社製ロボットに取り付け可能なホルダを製作した。このロボットは小型で可動範囲が狭いため、図7、8のようにロボットのZ軸からの距離が短いものと長いものの2種類を製作した。これにより、文字の大小に応じた描画が可能となる。

9. ホルダを利用した描画システム

製作したホルダを用いた文字の描画システムを考案した。ここではヤマハ社製ロボットを使用した。セイコーエプソン用のロボットにも適用可能である。ただし、若干、プログラムの変更を必要とする。描画システム全景を図9に示す。

今回描画する文字は「カタカナ」で図9中の赤丸部分に4文字描画する。1文字あたり30mm×40mmのスペースを確保した。イメージ図を図10に示す。描画の流れを説明する。

(I) ホルダの先端つまりペン先は位置Sから動き始め①の上空に移動する。その後「コ」を描画し、①の上空に戻る。

(II) ①の上空から②の上空に移動する。(Y方向に30mm移動する)その後「ウ」を描画し、②の上空に戻る。

(III) ②の上空から③の上空に移動する。(Y方向に30mm移動する)その後「セ」を描画し、③の上空に戻る。

(iv) ③の上空から④の上空に移動する。(Y方向に30mm移動する)その後「ン」を描画し、位置Sに戻る。

文字(カタカナ)はあらかじめデータとして登録しておき、描画したいカタカナに対応する番号をティーチングボックス(あるいはPC)から入力する。その後ロボットを自動モードにし、[RUN]ボタンを押すことで、カタカナの描画を行うことができる。

10. 結言

本研究では、アームロボットの描画デモのためのペンホルダの開発を行った。描画デモの際、過剰な力が加えられても、治具により力を緩和し適度な筆圧を保つことに成功した。また、直角座標型アームロボットとスカラ型アームロボットの両方に取り付け、描画することにも成功した。

次に、紙面に「カタカナ」を自動描画するプログラムを作成した。カタカナの描画データをあらかじめ作っておくことで、使用者はコントローラを少し操作するだけで、任意のカタカナをロボットに描画させることができる。今後、ひらがなや記号などのデータを作成したり、紙送り機構を取り付けることによる複数の文字の描画等を行いたい。

また、実際に小中学生や本校学生に実際に本システムを体験してもらい、アンケートの結果等から本研究の改善事項等についてさらに検討していきたい。



図7 ヤマハ社製ロボット用ホルダ(短)



図8 ヤマハ社製ロボット用ホルダ(長)

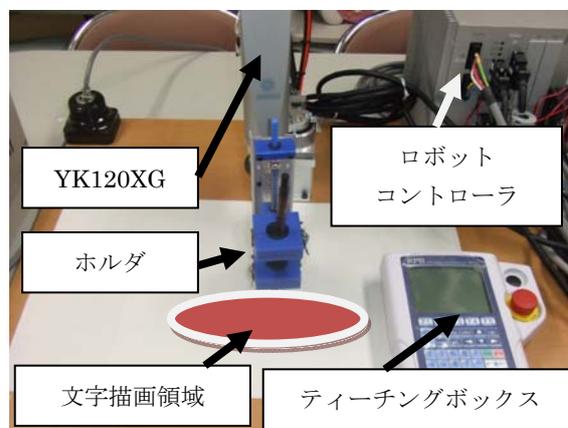


図9 描画システム概要

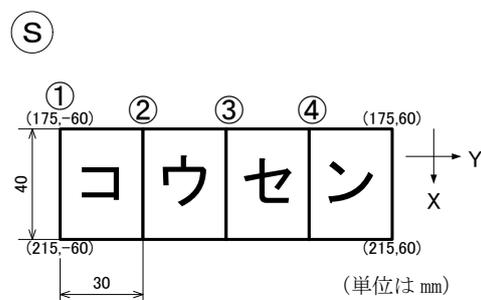


図10 カタカナ描画領域と描画の流れ