

2 足歩行ロボットの製作

Development of a Biped Robot

小野 泰二, 有田 浩之, 繁昌 孝二
ONO Yasuji, ARITA Hiroyuki, HANJYO Koji

1. はじめに

近年、2足歩行ロボットに対する注目はますます増大している。実環境で働く人間型ロボットとして、本田技研工業株式会社の ASIMO、NEDO の HRP-3 Promet Mk-II、トヨタ自動車株式会社の「トヨタ・パートナーロボット」などが開発されている。

小型の2足歩行ロボット製品も各種発売されるようになり、安価なホビーロボットも次々と製品化されている。これらのロボットを利用した競技会や講習会が多く開催され、メディアへの露出もますます増えている。

2足歩行ロボットはいまだに多くの世代の興味を引き、高度な複合技術の象徴として企業の技術力をアピールするものとなっているようである。

わが校においてもオープンキャンパスや施設見学などの際に2足歩行ロボットのデモンストレーションを行い、見学者からは好評を得ている。特に応用課程のような複数系の技術を高度に融合した課題として、2足歩行ロボットはアピールがしやすい。

反面、2足歩行ロボットが歩く場面を多く目にするようになり、ただ単に歩くというだけでは技術力のアピールとして不十分になってきたことも事実である。わが校のような「ものづくり」を重視する施設ではアルミがむき出しのままではなく、見栄の良さが要求されるようになっている（図 1）。また、配線が外に出ていると見栄が悪だけでなく、障害物に引っかかりたり挟み込んだりして不都合でもある。そこで、わが校の技術力をアピールするのに足りるような新たな2足歩行ロボットの製作が必要であろうと考えた。

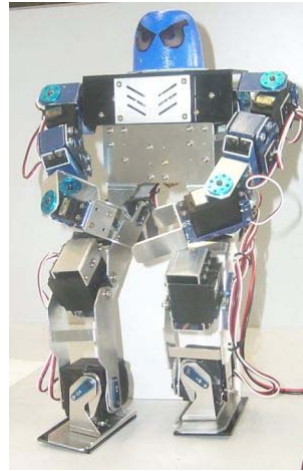


図 1 昨年度製作したロボット

2. 2足歩行ロボットの要件

新たに製作する2足歩行ロボットとしては、以下の要件を満たすように設計することとした。

- ①デモンストレーション用として見栄えを重視すること
- ②学習用教材として制御の勉強に利用可能であること

①の見栄えに関しては、従来のアルミによるブラケットの上から、ABS樹脂板などを用いた外装をかぶせる方法が良いのではないかとこの結論に達した。ブラケットが外装をかねるような作り方も可能であろうが、この場合外装の素材をブラケットとしても利用することになる。今回想定しているロボットの重量は3Kg程度であるが、軽量で十分な剛性を持ち加工もしやすい素材というのが見当たらなかった。また、ブラケットと外装を分けることは、作業分担がしやすくなるというメリットもある。外装はロボットとしての角ばった感じを残すこととし、CNCなどで削りだしたABS樹脂板を接着し

て角を削る方法を基本とした。このような方法ですべての外装を作ると角ばった印象が強くなるようなので、緩やかな曲面も必要と判断した。この種の外装を作るためにはABS樹脂板の削りだしではなく、CNCなどで型を作って真空成形で外装を作るのが良いと判断した。

2の制御学習教材としての利用の面では、双方向データ通信可能なモータを利用することと、逆運動学などの数値解析が行いやすくなるように直交軸を用いることにした。

安価なロボットキットなどに用いられているモータはPWMによる制御を用いており、ほとんどのものがモータにデータを送るだけで実際にその角度に到達しているかを確認することができない。シリアル通信により制御をおこなうモータでは、現在の角度だけでなく、温度やトルクなど様々な情報が取得可能であり、モータの特性をデータ送信によって変更することもできる。このようなモータを用いることできめ細やかな制御が可能になり、高度な制御技術を実習することができるようになる。

シリアル制御モータに関しては、文献4で取り上げたDynamixel DX-117を用いる予定であったが、取り扱い終了となったために代替のモータを探すこととした。最近ではシリアル制御モータの種類が増えているが、価格および性能面で近藤科学株式会社のKRS-4013HV ICS Red

Version を利用することにした。このモータは可動範囲やトルクはDynamixel DX-117に劣っているが、安価であり、形状がシンプルで設計がしやすいなど多くのメリットもある。KRS-4013HV ICS Red Versionの外観を図2に、主なスペックを表1に示す。

表 1 KRS-4013HV ICS Red Version の主なスペック

電源電圧	9V～12V
トルク (ニッカド9セル使用時)	27.0kg・cm
スピード	0.12sec/60°
最大動作角度	270°
サイズ	43×32×32.5mm
重量	65g

人間の場合、股関節や足首の関節では回転する3方向の軸が直交している。これは関節の軸がずれている場合に比べて数値計算がおこないやすい。たとえば、図3ではロール軸とピッチ軸の回転軸は直交しているのでそれぞれの回転行列の積で動きを記述できる。しかし、図4のようにロール軸とピッチ軸の回転軸がずれている場合には、平行移動の演算も必要になり扱いが複雑になる。このように、できるだけシンプ



図 2 KRS-4013HV ICS Red Version

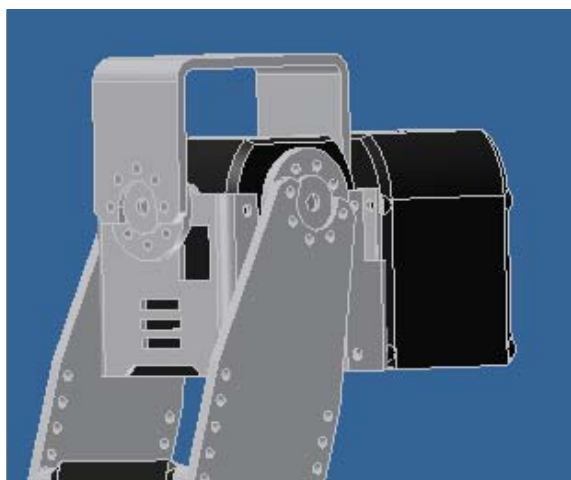


図 3 直交軸の配置例

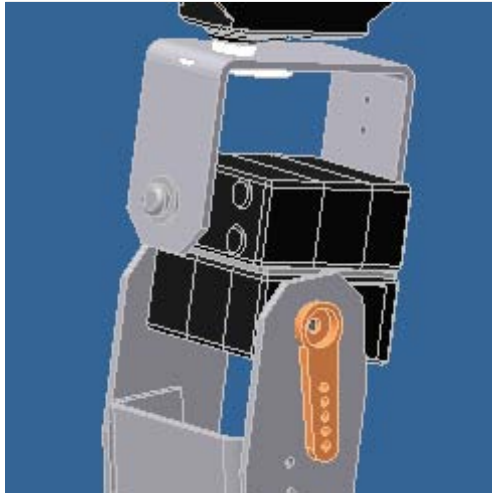


図 4 直交軸でない配置例

ルな構造の脚にすることによって制御理論などを学ぶ際に学習しやすくなるものと考えられる。

3. 設計

今回は予算や時間の関係で、下半身のみを製作することにした。設計にあたっては、パーツを共通化することと、配線を外装の中に入れることに気を配った。ひざにはモータを2個利用することにした。このようにすることで、ひざから上と下で同じ構成にすることができ、足裏を平行に保つときに股関節や足首のピッチ軸とひざのピッチ軸の回転角度を同じにすればよくなる。この場合、ひざの

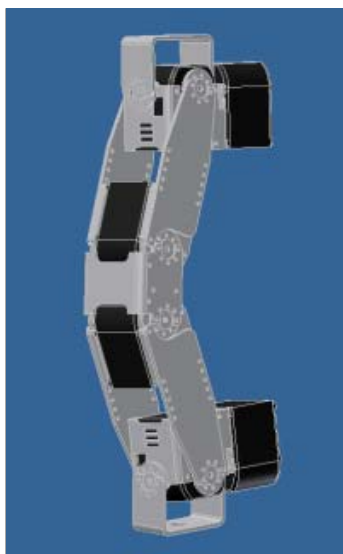


図 5 外装のない場合の CAD 画像

モータの負担が少なくなり操作もしやすいというメリットもある。外装のないアルミブラケットで構成した脚のCAD画像を図5に示す。ひざを中心に上下対称になっていることが見て取れるであろう。

これに外装をつけたのが図6である。画像の白いところはABS樹脂版などで外装をつけたところである。モータの配線は外装の中を通るように配慮している。ロボットの場合には関節が動くので、フレームや外装を設計する際に各関節の可動範囲を考えなくてはならない。可動範囲を確保するために外装が覆う範囲を小さくしすぎると隙間が増えて見栄えが悪くなる。そこでできるだけ外装で覆いながら可動範囲は確保しなくてはならない。また、配線の長さも可動範囲を考慮しなくてはならず、あまり長すぎてもフレームなどに挟まって断線の危険がある。外装はロボットの直線を生かしつつ、場所によっては丸みのある形状にした。丸みのある外装については前述のように真空成型を用いて作る予定である。

フレーム、外装ともにメンテナンス性を考慮してねじで止めるようにしている。ねじをはずすことによってブラケットも外装もバ

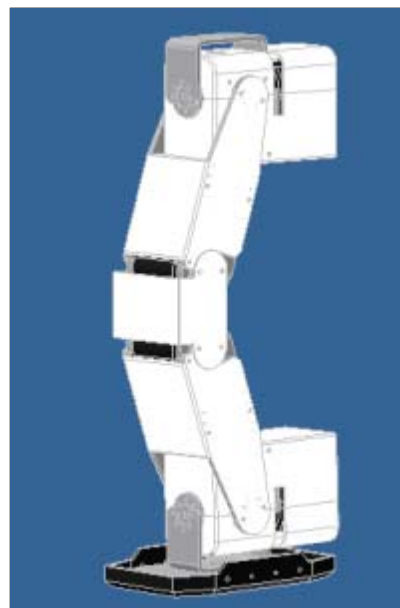


図 6 外装をつけた場合の CAD 画像

ラバラに分解することができる。2足歩行ロボットではモータに大きな負担がかかるために破損する可能性があり、このようなメンテナンス性は非常に重要である。

能力開発総合大学校東京校 紀要, 第 22 号, 2007 年, P91-P95

4. おわりに

現在のところ、下半身の外装までCADによる設計が終了した。今後はこのデータを元にして、アルミを加工してブラケットを作る予定である。外装に関しては、真空成型をおこなうパーツは型を作りABS樹脂版で製作していくつもりである。

今回利用したモータは今まで利用していたものと通信の仕様などが異なるため、マイコンの外部回路の変更やプログラムの作り直しなどが必要になる。この点については下半身が出来上がり次第検討していきたい。

今回は下半身のみの製作が目標であるが、外装の作り方を確立した後には上半身も製作しデモンストレーションに利用できるように2足歩行ロボットを目指したいと思っている。

謝辞

本研究をおこなうにあたって、株式会社イトーレイネツの吉村浩一氏に資料提供をしていただきました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小野泰二, 歩行ロボットの作製, 職業能力開発総合大学校東京校 紀要, 第 19 号, 2004 年, P16-P19
- 2) 小野泰二, 歩行ロボットの製作, 職業能力開発報文誌, 第 17 巻 2 号, 2005 年, P63-P68
- 3) 小野, 福良, 小林, 三屋, 組み込み技術学習のための簡易 2 足歩行ロボットの検討, 職業能力開発総合大学校東京校 紀要, 第 21 号, 2006 年, P68-P72
- 4) 小野, 米谷, 福良, 三屋, 双方向データ通信可能なロボット用モータに関する研究, 職業