

## 中学校における二足歩行ロボット製作の授業実践

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2011-06-19 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松永, 泰弘, 石上, 雄規, 渡邊, 竜児, 四元, 徹 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.14945/00005673">https://doi.org/10.14945/00005673</a>

## 中学校における二足歩行ロボット製作の授業実践

Practice of Making Bipedal Robots as Teaching Materials in Junior High School

松永泰弘・石上雄規\*・渡邊竜児\*\*・四元 徹\*\*\*

Yasuhiro MATSUNAGA・Yuki ISHIGAMI・Ryuji WATANABE・Toru YOTSUMOTO

（平成22年10月6日受理）

### Abstract

In recent years, the development of the robot mainly on the bipedal robot is advancing rapidly so that it is represented by ASIMO of Honda Motor Co., Ltd. Bipedal robot comes to be sold as a toy or teaching material, and a lot of meetings by the bipedal robot such as "Akiba robot athletic meets" are held, and the robot comes to get close. Therefore, we have developed the teaching material of bipedal robot so that the junior high school students can make it easily. In this paper, we practiced to make the robots for learning materials processing and data processing in junior high school, and discussed the possibility as teaching material from the results of the questionnaire and the students' reaction.

### 1. 緒言

「第3期科学技術基本計画<sup>1)</sup>」において、ものづくりを担う人材を養成・確保するために、幼い頃からものづくりの面白さに馴染み、創造的な教育を行い、子ども自らが知的好奇心や探究心を持って科学技術に親しみ、目的意識を持ちながらものづくり、観察、実験、体験学習を行うことにより、ものづくりの能力、科学的に調べる能力、科学的なものの見方や考え方、科学技術の基本原則を体得できるようにすることが強調されている。また、それに引き続く科学技術・学術審議会基本計画特別委員会「我が国の中長期を展望した科学技術の総合戦略に向けてーポスト第3期科学技術基本計画における重要政策ー<sup>2)</sup>」においては、「児童生徒の才能を見出し伸ばす取組の推進」として、「我が国では観察・実験等を重視した理科の授業を受けていると認識している生徒の割合が低く、また、科学への興味関心や科学の楽しさを感じている生徒の割合が低いと指摘されており、才能を持つ子どもを育む基盤として、科学技術への興味関心を高め、理科や数学が好きな子どもの裾野を広げていく取り組みを進めていくことが必要である。」と指摘している。

---

技術教育講座

\* 大学院教育学研究科

\*\* 総合科学専攻

\*\*\* 共立電子産業株式会社

また、平成24年から完全実施される新学習指導要領中学校技術<sup>3)</sup>においては、ものづくりなどの実践的・体験的な学習活動を通して、材料と加工、エネルギー変換、情報などに関する基礎的・基本的な知識及び技術を習得するとともに、技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる事が目標とされている。

近年、HONDAのASIMOに代表される二足歩行ロボットの研究開発が進められているなかで、サッカーや格闘技など、数多くの二足歩行ロボットによる大会が開催され、二足歩行ロボットへの関心が高まっている。そのような中で歩行模型を小中学校におけるものづくり教材として開発、研究する取り組みが見られるようになってきた<sup>4) - 7)</sup>。

本研究では、中学校技術において、二足歩行ロボットの脚部となる4軸二足歩行ロボット<sup>7)</sup>を用い、材料と加工、情報の内容を学ぶ二足歩行ロボット製作の授業実践を行った。藤枝市立西益津中学校において平成20年7月から10月にかけて実践を行い、静岡市立清水第五中学校において平成21年9月から平成22年1月にかけて、前回の実践の改善点などを含め実践を行った。実践中の記録、アンケート結果から、金属加工の加工精度の重要性、重心を意識した設計、複数のモータを制御するプログラムの難しさ、最先端の二足歩行ロボットに使用されている科学技術などの学習内容について検討・考察を行った。

## 2. サーボモータを用いた二足歩行ロボット

サーボモータを用い、プログラム制御する二足歩行ロボットを製作する。製作に必要なサーボモータ、基盤、電池パックは、共立電子産業株式会社から販売されている「プチロボ改<sup>8)</sup>」を使用する。

限られた時間内で製作でき、制御が容易な教材にするため、二足歩行ロボットの脚部となる4軸二足歩行ロボット<sup>7)</sup> (図1, 2) を製作する。脚部製作後、各班が体、腕、頭を設計・製作し、プログラム作成を行う。

### 2.1 4軸二足歩行ロボットの製作

脚部としての4軸二足歩行ロボット製作に必要な材料、工具、工作機械及び製作手順を以下に示す。また、ロボット製作時に生徒に提示するスライドを図3に示す。

[材料] アルミ板、サーボモータ (4個)、CPU基盤、電池ボックス、両面テープ、ハドメ

[工具・工作機械] きり (罫書きに使用)、弓のこ、金工ヤスリ、ドライバー、ラジオペンチ、ボール盤、折り曲げ機

[製作手順]

- ① アルミ板への罫書き、面取り
- ② ボール盤を使って穴あけ
- ③ 弓のこを使いアルミ板切断
- ④ 折り曲げ機でアルミ板を曲げる
- ⑤ サーボモータの取り付け、組み立て
- ⑥ 基盤と電池BOXの取り付け

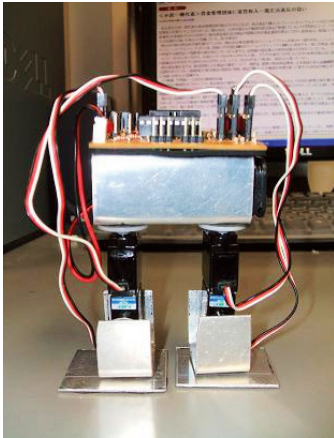


図1 4軸二足歩行ロボット

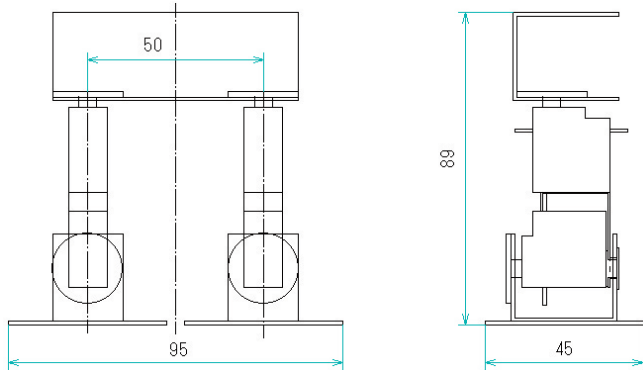


図2 4軸二足歩行ロボット (JW-CAD)

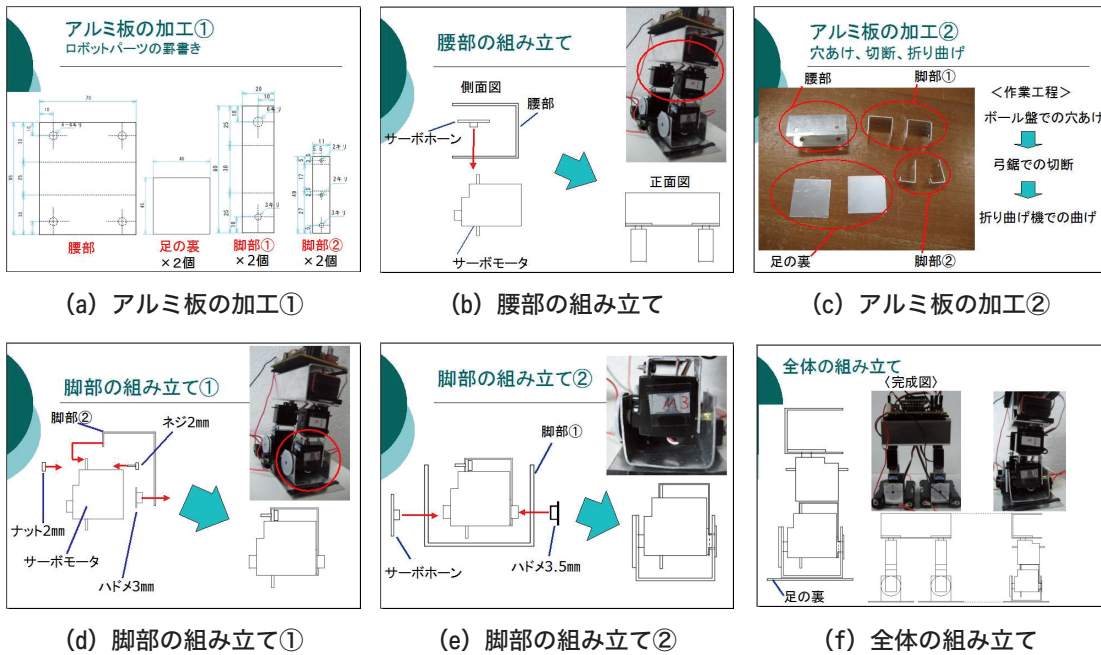


図3 4軸二足歩行ロボットの製作 (PowerPoint)

## 2.2 歩行プログラム

歩行制御はWeb上でダウンロードできるフリーソフト（共立電子産業株式会社）を使用する。以下にプログラム作成の手順を示す。また、説明に用いるスライドを図4に示す。

- ・サーボモータに一番負担のかからないホームポジションを設定する。
- ・サーボコントロールバーを操作して、モータを動かし模型のモーションを決める。
- ・キャプチャボタンを押し、モーションスクリプトボードにプログラムを書く。

また、プログラムはS（数字）でサーボモータの回転速度を、（モータ番号）±（数字）で回転角の指定を行う。そのため、中学生でも短時間で充分理解が可能である。

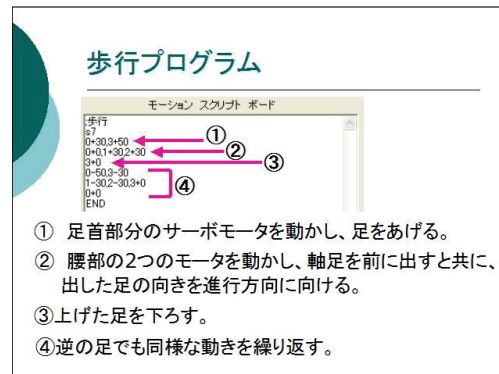
基本的な歩行動作は図5（a）～（f）を繰り返す。

- (a) 足首モータを動かし片足を上げる

- (b) 軸足側の腰部モータを動かして上げた側の足を前に出す
- (c) 足首モータを動かして上げた足を下ろす
- (d) 先ほどの反対側の足首モータを動かして足を上げる
- (e) 軸足側の腰部モータを動かして上げた側の足を前に出す
- (f) 足首モータを動かして上げた足を下ろす

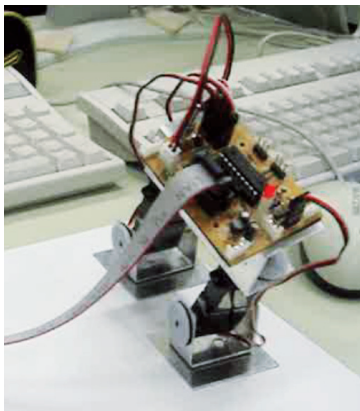


(a) ソフトの操作画面全体

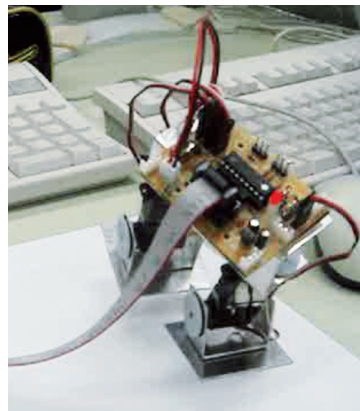


(b) モーションスクリプトボード

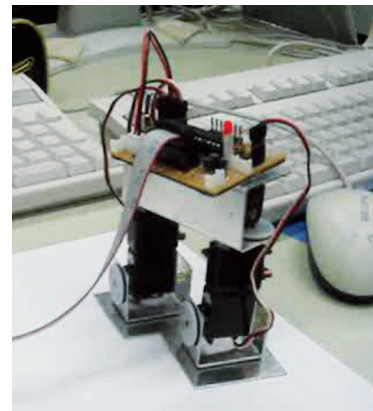
図4 歩行制御プログラミング (PowerPoint)



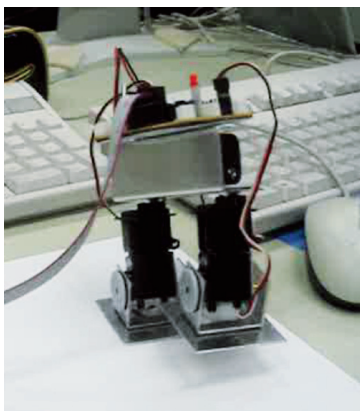
(a)



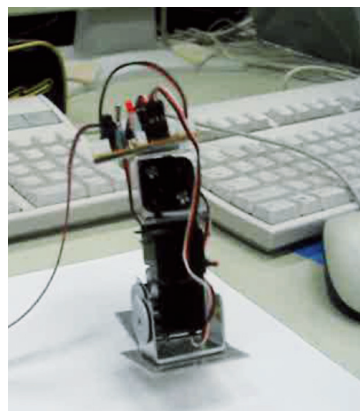
(b)



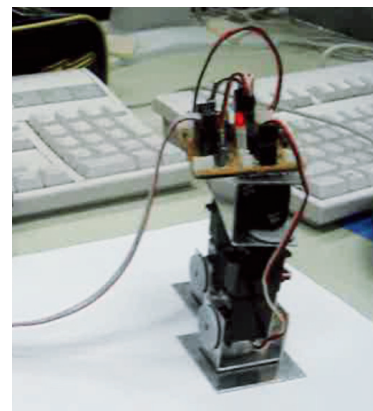
(c)



(d)



(e)



(f)

図5 基本的な歩行動作



### 3. 授業実践

#### 3.1 実践概要

中学校技術における二足歩行ロボット製作の実践の概要を以下に示す。

[実践校] 藤枝市立西益津中学校

[日時] 平成20年7月1日から平成20年10月28日 (計10時間)

[学年] 3年生 男子20名

[授業] 選択技術

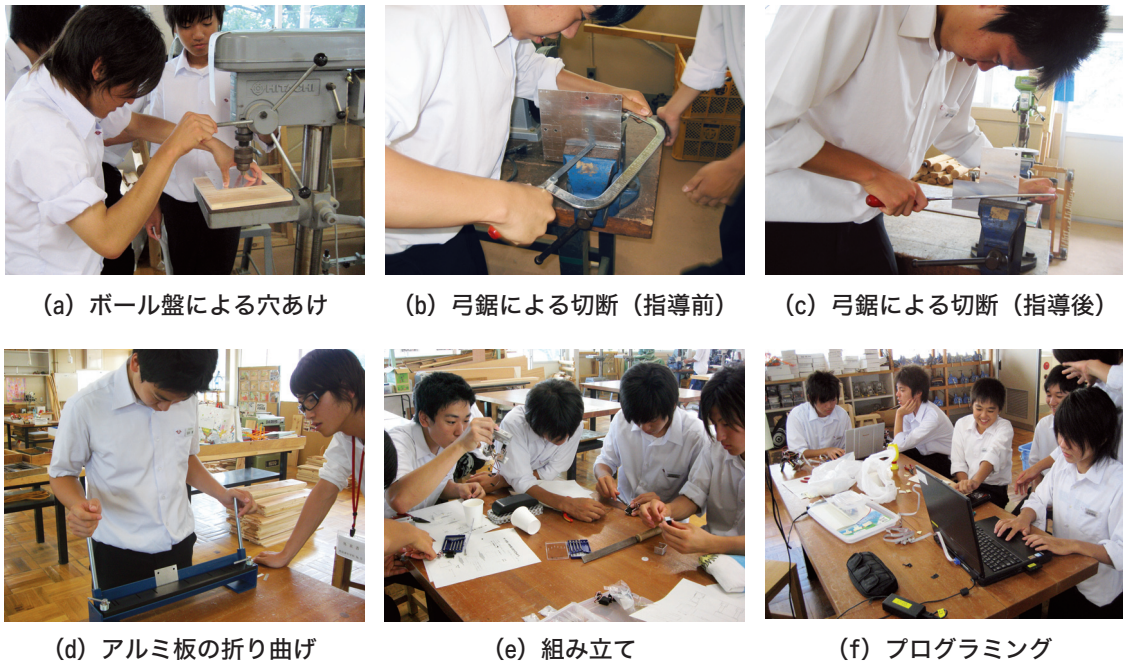
2人1組で班を作り、各班ロボット1体を製作する。ロボットは脚部だけの歩行に特化した4軸二足歩行ロボットを基本形として製作する。生徒は1,2年次において金属加工の経験はないため、アルミ板の加工、工作機械（ボール盤、折り曲げ機）および弓のこの使用は初めてである。アンケートおよび生徒の様子・発言を記録し、考察する。製作では、マニュアルと実物を提示し、説明を加えながら、計10回の製作実践を行った。半期授業計画を表1に示す。

表1 半期授業計画

授業回数	日程	授業内容
第1回	7/ 1	導入、罫書き
第2回	7/ 8	ボール盤を使つての穴あけ
第3回	7/15	弓鋸を使い、アルミ板を切断 (授業後にアンケートを実施)
第4回	7/22	折り曲げ機でアルミ板を曲げる
第5回	9/16	サーボモータの取り付けと全体の組み立て
第6回	9/30	基盤と電池ボックスの取り付け
第7回	10/ 7	プログラミング
第8回	10/14	ロボットの改良
第9回	10/21	発表 (最終アンケート)
第10回	10/28	予備

#### 3.2 実践の様子

製作中の生徒の様子を図6に示す。金属加工は生徒にとって初めての作業であり、罫書き、(a) ボール盤による穴あけ、(b) , (c) 弓のこによる切断、折り曲げ機を用いた (d) 折り曲げを行った。弓のこによるアルミ板の切断では、指導前は腕のみを動かし、腕の力で切断する様子 (b) が見られたが、指導により、利き腕を腰に付けて体全体を使った動き (c) に変化した。プログラミングに入ると、自分たちが製作したロボットが動き、ロボットの改良とともにプログラミングを修正する様子が見られた。



(a) ボール盤による穴あけ

(b) 弓鋸による切断 (指導前)

(c) 弓鋸による切断 (指導後)

(d) アルミ板の折り曲げ

(e) 組み立て

(f) プログラミング

図6 製作中の生徒の様子

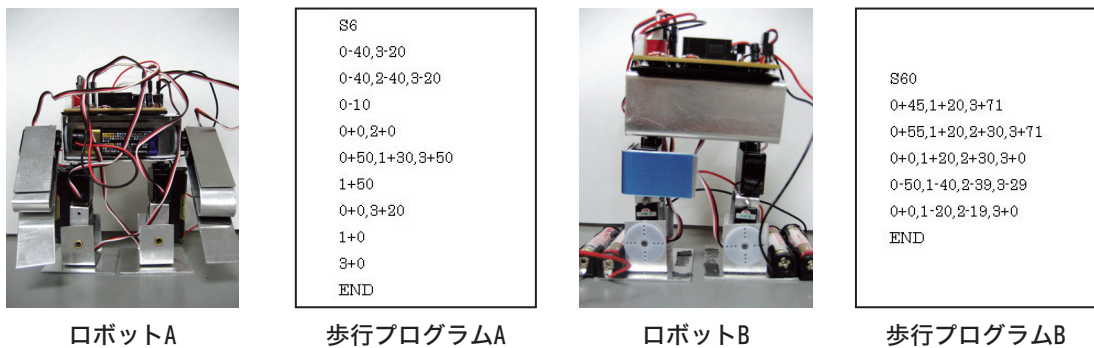
### 3.3 生徒作品

4軸二足歩行模型製作後の改良に十分な時間を確保できなかったが、10体の模型のうち特徴的な模型2体を図7、その動画画像を図8、9に示す。

ロボットAは頑固で大きな腕を製作したため、重心位置が高くなり、歩行が不安定となった。

そのため、転倒しても腕を使って立ち上がる動作プログラムを作成した。図8において、(a)，(b)で歩行を行い、(c)で転倒、(d)，(e)で腕を回転しながら起き上がり、(f)で再度、歩行する。

ロボットBは、製作時に生じた誤差から左右のバランスが保たれなかったため、右足のみおもりとしてのアルミ板を取り付けている。さらに、プログラムにおいても、左右非対称の値で制御した。プログラムBは第1行目の値として、S60のスピードで動かし、プログラムAの10倍の速さとなっているのが特徴である。図9において、(b)，(c)，(e)で上部が高速でゆれている。歩行動作は動歩行の動きとなっているが、重心の左右への変動は小さく、飛び跳ねるタイプの歩行であり、人間の二足歩行とはかけ離れている。



ロボットA

歩行プログラムA

ロボットB

歩行プログラムB

図7 生徒作品

```
S6
0-40,3-20
0-40,2-40,3-20
0-10
0+0,2+0
0+50,1+30,3+50
1+50
0+0,3+20
1+0
3+0
END
```

```
S60
0+45,1+20,3+71
0+55,1+20,2+30,3+71
0+0,1+20,2+30,3+0
0-50,1-40,2-39,3-29
0+0,1-20,2-19,3+0
END
```

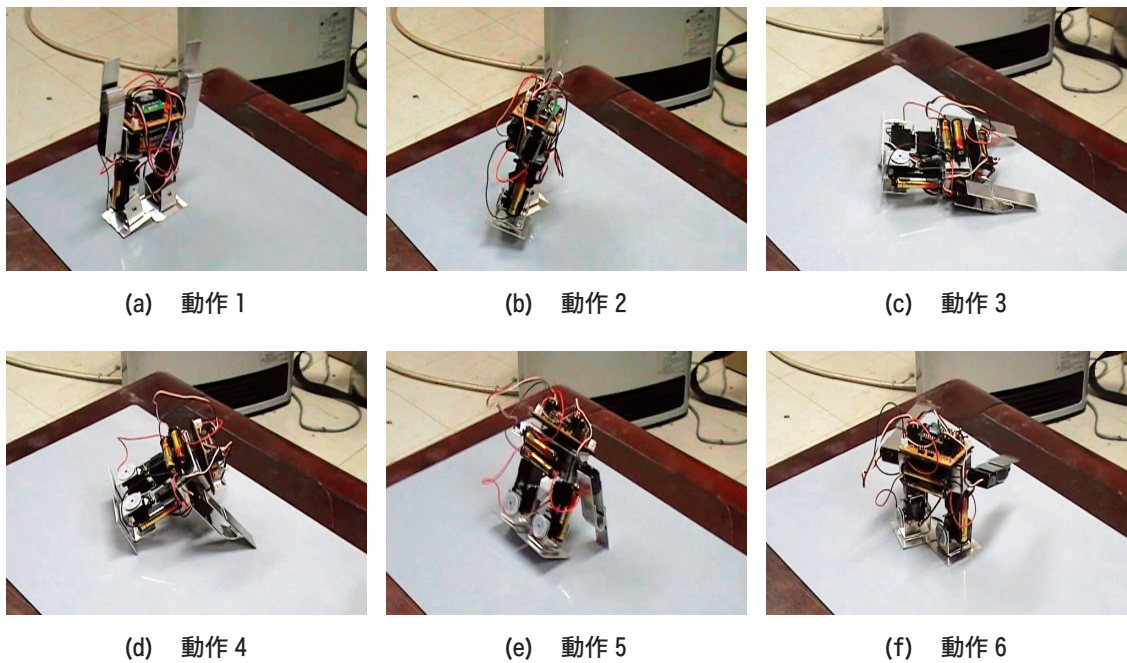


図 8 ロボットAの動作画像

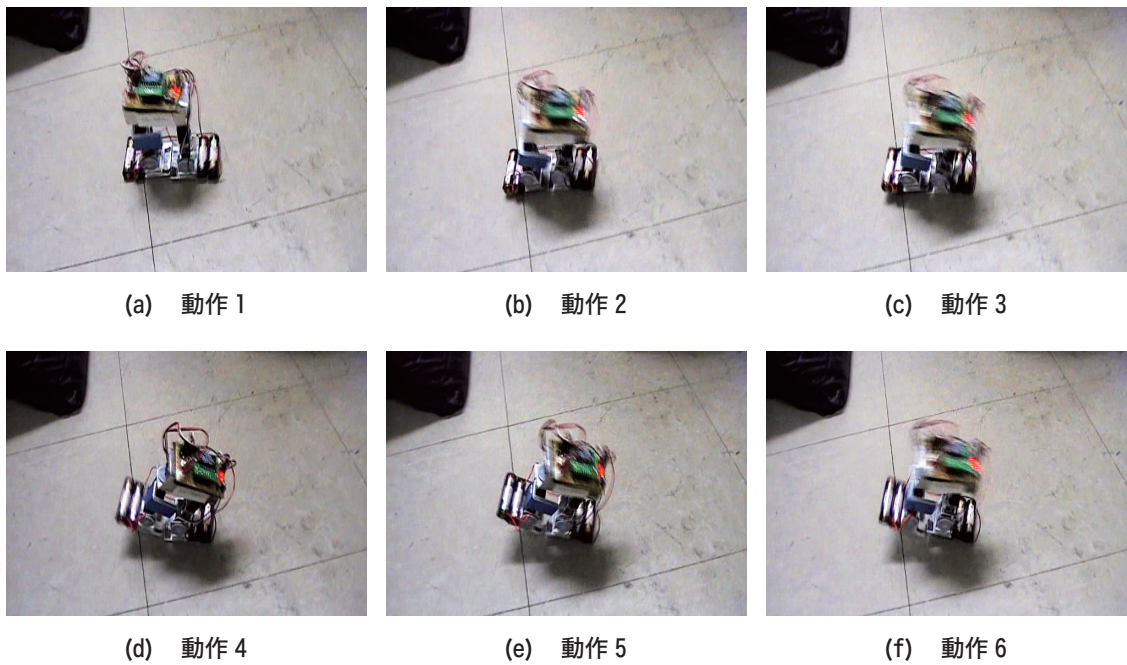


図 9 ロボットBの動作画像

### 3.4 アンケート結果および考察

3週目と実践終了後にアンケートを行った。

3週目の中間アンケート項目を以下に示す。

[質問1] 二足歩行ロボットの第一印象はどうでしたか。

[質問2] これまでの授業で「気付いた点」「身に付けた点」を書いてみよう。

[質問3] どのように改良してみたいですか。

質問1に対して、「思っていたより小さかったし、本当に動くのかな？って感じだった。」



「パーツはそんなにたくさんあるという感じではなく、想像とは違った。」と回答している。この質問は、製作していく過程で、4軸二足歩行ロボットに対する印象や思いがどのように変化していくかを見るための質問である。部品の少なさ、どのような動きができるのか疑心暗鬼の状況がうかがえる。

質問2に対して、「罫書きの大切さ、弓のこの切り方」「力を入れるだけでなく角度や持ち方だけで切断しやすくなる。」と回答している。この質問は、製作していく過程で、何を学んだと感じているかを見るための質問である。はじめて金属加工を経験する生徒たちの工具との関わり、技能の習得の状況がうかがえる。

質問3に対して、「側転、前転をさせたい。」「上半身をつけたい。」「ジャンプしたり障害物を越えたりしたい。」など歩行以外の動きをさせたい、人間に近づけたいという意見がほとんどであった。今回、製作する4軸二足歩行ロボットの脚部自体の改良・開発が、要求される内容である。

実践終了後の最終アンケートの項目を以下に示す。

[質問1] 製作した二足歩行ロボットの印象はどうですか。

[質問2] これまでの授業で気付いた点、身に付けた点を書いてみよう。

[質問3] どのように改良してみたいですか。

[質問4] HONDAのASIMOにはどんな最新技術が使われていると思いますか。

[質問5] 模型完成後も金属加工を行いたいですか。

①とても思う ②思う ③普通 ④思わない ⑤全く思わない

[質問6] プログラミングの作業は簡単でしたか

①とても簡単だった ②簡単だった ③普通 ④難しい ⑤とても難しい

質問1に対して、「自分がパソコンで打ったとおりに動くのですごいと思った。小さいことに気をつけないと後に響いて大変になる。」「動きもかわいくて動きがやわらかくてよかったです。」と回答している。この質問は、授業前と後で今回の二足歩行ロボットの印象がどのように変化したかを見るための質問である。中間アンケート時に他人の製作したロボットを「小さい」、「しょぼい」と負の印象をもっていた生徒が「すごい」「かわいい」といった好印象に変化している。対象物との関わりによる気持ちの変化がうかがえる。

質問2に対して、「アルミ板の寸法がずれると全体のバランスが難しくなるし、足が大きかったりするとあたって歩けないのでアルミ板はしっかりやらないと後で大変。」「プログラミングで思うように動かなかった時が大変だった。でも歩いた時の喜びが大きかった。」という意見があった。この質問は、製作をとおして、何を学んだと感じているかを見るための質問である。中間アンケートでは技能的な内容に限られていたものが、製作精度の重要性やサーボモータの数が増える中で複数のモータの連動した制御の難しさなど、二足歩行ロボットと歩行に対する学習内容が変わっている。

質問3に対して、「自分で作ったロボット同志で競争出来る位に自分の知識を上げたい。」「ロボットを走れるようにして競争させたい。あとダンスとかもできるようにしたい。」などの意見があった。制御する楽しさ・難しさを経験した上で、改良の方向を示した意見といえる。中間アンケートとあわせて、今回、製作する4軸二足歩行ロボットの脚部自体の改良・開発が、要求される内容である。

質問4に対して、「倒れないように重心のバランスがとれていると思う。」「センサーとプログラミングを使っている。」のような意見がほとんどであった。この質問は、転倒ないように歩行させるプログラミングの難しさを経験し、HONDAのASIMOに使われている最新技術について推し測ることができるかを見る質問である。センサーや重心といった聞いたことのある言葉を使ってASIMOに使われている最新技術について説明していることがわかる。

また、「模型完成後も金属加工を行いたいですか」、「プログラミングの作業は簡単でしたか」の質問に対する5段階評価結果を図10に示す。75%以上の生徒が金属加工に興味を持ち、また製作したいと思っていることがわかる。また、プログラミングは半数の生徒が難しいと感じているが、自作のロボットを動かす楽しさが意欲の持続に繋がっていると考えられる。

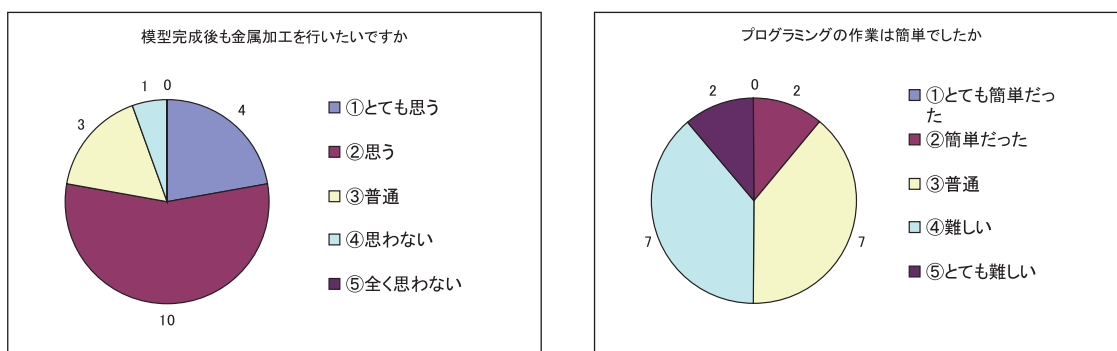


図10 アンケート結果

#### 4. 追加授業実践

##### 4.1 実践概要

追加実践の概要を以下に示す。

[実践校] 静岡市立清水第五中学校

[日 時] 平成21年9月10日から平成22年1月21日 (計14時間)

[学 年] 3年生 男子26名

[授 業] 選択技術

藤枝市立西益津中学校での授業実践において、以下の問題点があった。

- ・授業時間数が少なく、ロボットやプログラミングの改良に多くの時間を使えない。
- ・プログラミングにおける生徒の理解不足。
- ・授業内容における生徒の理解度の確認不足。

そこで、本実践では授業時間数を増やし、ロボットやプログラミングの改良に多くの時間を使うこととした。プログラミングに関しては、プログラムソフトの使い方から保存の仕方まで、丁寧にゆっくりと生徒と確認を取り合いながら行い、理解度の向上に努めた。また、本実践においては、工具の名前や作業の注意点に関する生徒の理解度を確保する為に復習テストを、第7回、第14回の授業時に行うこととした。

製作はマニュアルを提示し、説明を加えながら、計14時間の製作実践を行った。計14回の選択技術における半期授業計画を表2に示す。

表2 半期授業計画

授業回数	日程	授業内容
第1回	9/10	導入 (アンケート)
第2回	10/ 1	罫書き
第3回	10/ 8	ボール盤での穴あけ
第4回	10/14	弓鋸を使いアルミ板の切断
第5回	10/29	折り曲げ機を使いアルミ板の折り曲げ
第6回	11/ 5	基盤と電池ボックスの取り付け
第7回	11/12	復習テスト (ここで進度の遅い生徒もロボットの製作が終わる)
第8回	11/13	ロボットの改良
第9回	12/ 1	ロボットの改良
第10回	12/ 8	プログラミングの導入
第11回	12/18	プログラミングとロボットの改良
第12回	1/ 7	プログラミングとロボットの改良
第13回	1/14	プログラミングとロボットの改良
第14回	1/21	発表・復習テスト

## 4.2 実践の様子

製作中の生徒の様子を図11に示す。金属加工は生徒にとって初めての作業であり、罫書き、(a) ボール盤による穴あけ、(b) ドリルを使用した面取り、(c) 弓のこによる切断、(d) 金



(a) ボール盤による穴あけ



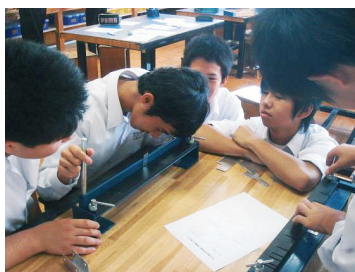
(b) ドリルを使用した面取り



(c) 弓のこによる切断



(d) 金エヤスリによる表面仕上げ



(e) アルミ板の折り曲げ



(f) プログラミング

図11 製作中の生徒の様子

工ヤスリによる表面仕上げ、(e) 折り曲げ機を用いた折り曲げを行った。ロボットの改良とともにプログラミングを修正する時間を増やしたことにより、歩行以外の動きをするプログラムを何種類か作成し、製作精度の点から部品を作り直したり、ロボットの改良に時間を割くグループが現れた。さらに、発表の時間を設け、全員の前でロボットの名前、工夫した点を発表し、ロボットを動かし、みんなの創意工夫の交流を行った。

### 4.3 アンケート結果および考察

導入アンケートの項目を以下に示す。

[質問1] ASIMOを見ての感想

[質問2] 二足歩行ロボットの第一印象

[質問3] ASIMOを調べてみてわかったこと

質問1では、「常に足が曲がっていた」「背中にバッテリーを乗せていて背中が思いから膝を屈伸させているのかなと思った。(重心を安定させるため)」「走る時に常に膝の部分が曲がっていた」「転ばないように重心のとりかたをしている」と回答している。最先端の二足歩行ロボットを意識させるために、アシモの動画を示し、感想を書く内容とした。

質問2に対しては、「ASIMOに比べたらダサい動きが鈍い」「たくさんのコードを使っていて操作が難しそうだった」「4つのモータだけで二足歩行ロボットは作れるんだと思った」「ちょっとごちない動きだけど、動いているところがおもしろくて早く作ってみたいと思った」という回答で、早くつくってみたいという意見がほとんどであった。

質問3に対しては、「重力やゼロモーメントポイント(重力だけでなく慣性力を加えた合力が路面と交わる点)を制御して自由に歩くことができる」と回答している。この質問も、最先端の二足歩行ロボットを意識させるために、アシモについて調べた内容を書くこととした。重力・重心・ZMP・センサーなど最先端の技術に関する内容を書いている。

中間アンケートの項目を以下に示す。

[質問1] 今回の授業で気づいたことや身につけたこと

[質問2] 今回の授業前からロボットに関心があったか Yes No

問2-1 YESと答えた人はどんな所に関心があったか

質問1に対しては、「ドリルを使ってみて、穴をあけるのはあまり難しくなかった。でもドリルは危険だとも思った。」「アルミ板に罫書きするとき、1ミリあけたりして大変だった。」「真剣にやらないと危ないということがわかった。」「ロボットの設計図を描くだけでこんなに時間がかかって大変だということを実感しました。」「ミリ単位で線を引くのが難しかった。」という回答であった。この質問は、製作をとおして、何を学んだと感じているかを見るための質問である。金属加工を含んだロボットづくりに、より高い精度が要求されていることを学習している。

質問2に対しては、YES: 19人、NO: 7人であった。また、「問2-1 YESと答えた人はどんな所に関心があったか」に対しては、「プログラムすることをやってみたかった」「自分で動くというところがすごいと思ったから」「ロボットが人間に似た動きをするというところ」「小さな部品で精密な動きができるというところ」「人工知能をのせたロボットなどをすごいと思っていた」と回答している。73%の生徒が授業の前からロボットに興味を持っており、その中でも、自分で作成したプログラムで動かすことに関心を持っていることがわかる。



最終アンケートの項目を以下に示す。

[質問1] ボール盤の使用で注意しないといけないところを書いてください

[質問2] 弓のこをうまく使うコツを書いてみよう

[質問3] 工作機械・工具の使い方は上達しましたか？（4とても上達した 3上達した 2あまり上達しなかった 1変わらない）の4項目からひとつ選択してください。

質問1に対して、「穴をあけるものの下に板を置く」「二人でやらない」「しっかりと押さえながら行わないとずれてしまう」「アルミ板にドリルをつけたまま回さないこと」と回答している。

また、質問2に対しても、「押す時に強く押す」「ゆっくりやる」「万力でしっかりおさえる」「万力の上のほうを削るようにして、押す時に腰の力を使って切ると曲がらないでまっすぐ切れる」と回答しており、金属加工のボール盤および弓のこ、万力の使用方法について、基本点を習得している様子がうかがえる。

質問3の回答結果を図12に示す。生徒たちも工作機械・工具の使い方の習得を実感しているといえる。

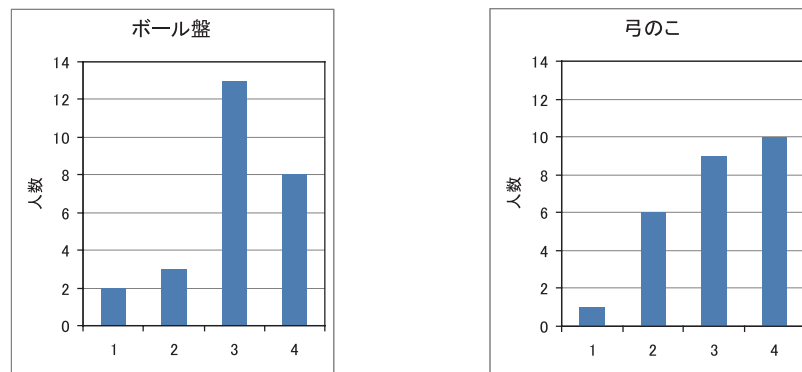
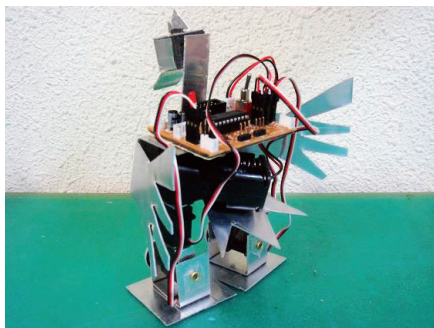


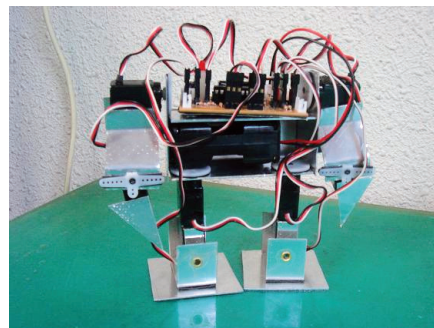
図12 工作機械・工具の使い方は？  
（4とても上達した 3上達した 2あまり上達しなかった 1変わらない）

#### 4.4 生徒作品

4軸二足歩行模型製作後の改良に十分な時間を確保したために、鳥型ロボットや腕を取り付けたロボットなど個性的な模型が製作され、プログラムを工夫し、動きも個性的な模型となっ



ロボットC



ロボットD

図13 生徒作品

た(図13)。静岡市立清水第五中学校ではロボットの改良に十分な時間を確保できたため、鳥の羽を模した複雑な形状のアルミ加工を行った鳥型ロボットCや、軸数を8軸とし、複雑な動きを可能としたロボットDなどが見られ、生徒の創意工夫する意欲を引き出す十分な時間であったと考える。また、製作の中で二足歩行における重心位置の制御が難しいことを実感し、調べ学習の内容とも関連して、ASIMOに代表される二足歩行ロボットにセンサーが使われ、プログラムの重要性を学んでいることがわかった。

## 5. 結言

二足歩行ロボットという先端科学技術のテーマを扱いながら、生徒の「ものづくり」の力、工夫・創造する実践的な力を高めることができる4軸二足歩行ロボット教材を用いて、藤枝市立西益津中学校、静岡市立清水第五中学校で実践を行った。本実践で製作した4軸二足歩行ロボットは限られた授業時間内で製作を行うことが可能であり、プログラム作成に関しても、短いプログラムで簡単に制御が可能な教材として有効性を示した。また、製作の簡略化などにより、技術に対して苦手意識のある生徒にも対応できる可能性も感じた。

今回の二足歩行ロボット製作の特徴は、金属加工の加工精度の重要性、重心を意識した設計、複数のモータを制御するプログラムの難しさ、二足歩行ロボットに使用されている最先端科学技術などを学習したことにあるといえる。

最後に、本実践の一部は科学研究費補助金(21500869)の助成を受けたものである。

## 参考文献

- 1) 文部科学省「第3期科学技術基本計画」(2006)
- 2) 科学技術・学術審議会基本計画特別委員会：我が国の中長期を展望した科学技術の総合戦略に向けてーポスト第3期科学技術基本計画における重要政策ー(2009.12)
- 3) 文部科学省「新学習指導要領中学校技術」
- 4) 山田哲也・鞍谷文保：小・中学校におけるものづくり教材としての2足歩行模型に関する研究、日本産業技術教育学会誌、第48巻第3号、pp.207-213(2006)
- 5) 松永泰弘・中村玄輝・鞍谷文保・山田哲也：教材用2足やじろべえ型受動歩行模型の運動解析、日本産業技術教育学会誌、第49巻第3号、pp.205-211(2007)
- 6) 松永泰弘・中村玄輝・倉田麻美子：教材用前後2足型受動歩行模型に関する研究、日本産業技術学会誌、第52巻第2号、pp.81-86(2010)
- 7) 松永泰弘・牧野晃佳・四元徹：サーボモータを用いた教材用二足歩行模型に関する研究、日本産業技術教育学会誌、第52巻2号、pp.87-94(2010)
- 8) プチロボ改<http://robot.kyohritsu.com/wonderoid/wrpr2/index.html> (2010.10)

