

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月 1日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500868

研究課題名（和文）中学校における計測・制御技術の科学的理解力を伸ばすロボット教材の研究

研究課題名（英文） Study of Robot as a teaching material for junior high school students to enhance comprehension of measurement control system

研究代表者

紅林 秀治 (KUREBAYASHI SHUJI)

静岡大学・教育学部・教授

研究者番号：60402228

研究成果の概要（和文）：申請者は、中学校における脳科学を取り入れた新しい科学・技術教育教材とカリキュラムの開発を行った。中学生が製作可能な教材用 2 足歩行ロボットを開発し、それを用いて人体のバランス制御機構と対比させながら歩行制御プログラムを作成する学習モデルを作り実践した。実践した結果 2 足歩行ロボット教材を用いた計測・制御学習では、次の 2 つの能力(1)「バランス(重心の移動)を考えて制御プログラムのアルゴリズムを作成できる能力」(2)「自分の体の動きから制御プログラムのアルゴリズムを作成できる能力」が身につくことがわかった。

研究成果の概要（英文）：A new curriculum and teaching materials were developed for junior high school students to learn science-based technology and brain science. As teaching material, a humanoid walking robot was developed and a learning model was applied in which students made walking control programs through comparisons with human balance control. As a result, I found that students' ability to think of algorithms to make control programs from their own balance (moving center of gravity) and walking motion was nourished.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 21 年度	1,500,000	450,000	1,950,000
平成 22 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
平成 23 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：計測・制御、ロボット、技術教育、中学校、技術家庭

## 1. 研究開始当初の背景

申請者は、中学生に自律型移動ロボット教材を開発し制御学習の実践研究を行ってきた。移動ロボットでは、フィードバック制御をスイッチセンサの利用でおこなったが、学習者はセンサスイッチを活用しない、シーケンス制御で課題解決を計ることが多く、フィードバック制御の必然性と重要性を認識

していないことがわかった。フィードバック制御は、計測・制御技術の要であるが、そのアルゴリズムを学習することは中学生には難しいと授業者は感じていた。しかし、我々の脳は、フィードバック制御を無意識のうちに行っており、そのおかげで様々な活動ができています。我々の人体に備わったフィードバック制御機能を分析し、顕在化させ、再認識

することで、フィードバック制御のアルゴリズムを体感的に理解できるのではないかと考えた。そのような、学習教材として、人型ロボット教材が最適である。なぜなら、制御ロボット自体が人体に模しているため、身体との相関が取りやすいからである。申請者は、10代前半の学習者に、脳神経科学の制御システムと制御技術の共通点を開発した教材と授業カリキュラムを通して学ぶ機会を与えることができるならば、制御における計測の重要性やフィードバック制御の技術を科学的に理解できるようになると考えた。

## 2. 研究の目的

申請者は、中学校における脳神経科学を取り入れた新しい科学・技術教育教材とカリキュラムを開発する。さらに、2012年実施の新学習指導要領ではプログラムによる計測・制御の学習が必修化されるなど、計測・制御の学習は重要視されている。そこで、申請者は、以下の順序で科学的で新しい計測・制御技術のための教育を提案するものである。

## 3. 研究の方法

### (1).教材提示用脳機能マップの作成

脳神経科学といっても非常に幅広い。そのため、フィードバック制御、特に人間が歩行する際使用する機能を中心に解説する、説明教材としての脳機能マップを制作する。脳神経科学の分野では、現在記憶力を増やす効果的方法を示すものが多いが、無意識のうちに様々な器官を首尾良く管理・制御している機能に注目した。人体の姿勢制御や歩行制御の仕組みを、制御技術の「入力」「処理」「出力」の流れと対比させながら説明できるようにする。

### (2).教材用人型ロボットの開発

学習者がロボットの機構や電気回路やコンピュータの役割などを理解するためには、ロボットを製作する活動は欠かせない。ところが、市販の人型ロボット製作キットは、高価で学校で購入するのは難しい。そこで申請者は、公立中学校でも購入可能になるように、独自の教材用人型ロボットを開発する。さらには、フィードバック制御を可能にする制御基板には3軸加速度センサーを搭載することを検討している。また、制御プログラムには「ドリトル」(教育用プログラミング言語(フリーソフト))を利用し、簡単な日本語の命令でプログラムが組めるようにする。

### (3).人型ロボットによる授業カリキュラムの開発と評価

開発した人型ロボットを用いて、中学校で製作と制御の授業を行う。ここでは、歩行動作を制御プログラムで行うが、人体の歩行の仕組みを制御プログラムで実現する方法科学的に追求する活動を中心にカリキュラムを作る。そして、授業内容と教材の評価を行

う。

## 4. 研究成果

### (4)-1. 教材提示用脳機能マップ

作成しや脳機能マップを図1に示す。このマップでは、人体の傾斜を目と耳(三半規管)で感知し脳が骨格筋の動作を伝えるという情報の流れを簡単に示したものである。授業実践では、人体の傾斜をフィードバック制御により無意識のうちに制御していることを説明した。

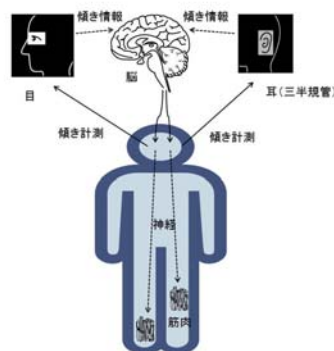


図1 脳機能マップ

### (4)-2. 16自由度人型ロボットの開発

中学生でもロボットのフレーム部の製作できるように、工作用の加工材料として市販されている金具やアルミ板(パンチングメタル)などを利用した。モータには回転角度が制御できるサーボモータを利用することにした。サーボモータはGWS micro 2BBを16個使用した。

フレーム加工は、各サーボモータにアルミ板を取り付け、各モータ同士は工作用自在金具やプラスチック棒等で結合した。サーボモータに取り付けた金具と取り付け基本フレームを図2に示す。基本フレームを基に完成したロボットを図3に示す。



図2 基本フレーム

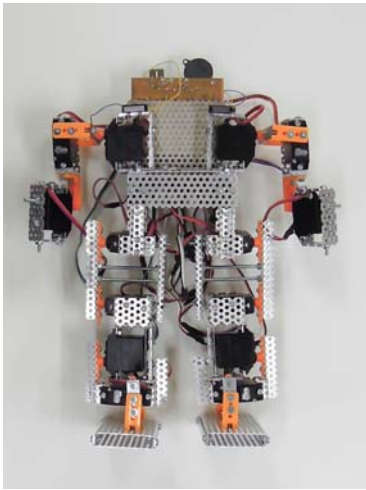


図3 製作したロボット

(4)-3. 制御基板

製作した基板を図4に示す。その回路図を図5に示す。

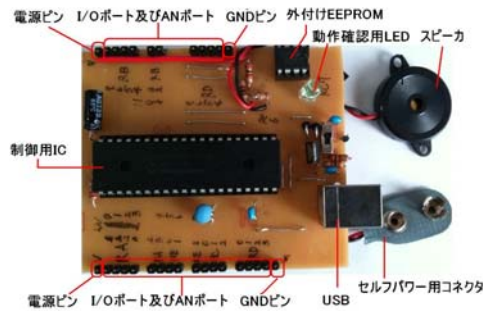


図4 制御基板

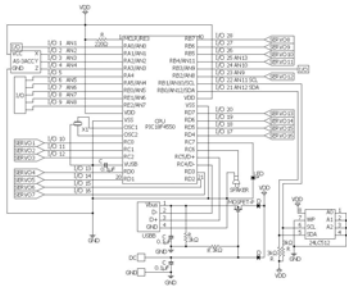


図5 制御回路

(4)-4. 制御プログラム

計測・制御のプログラムには教育用プログラミング言語ドリトルを利用した。ドリトルは日本語でプログラムを入力できるため小中学生にも理解しやすいと考え採用した。また、ドリトルはパソコン上でグラフィックスを描く機能に特徴があるが、COMポートを通じてデータの送受信ができるように配慮されており、計測・制御にも利用しやすく設計されている。

(4)-5. 授業カリキュラムの開発と評価

2010年9月～2011年2月に静岡県内の公立中学校で3年生を対象に1学級27人と28人の2つの学級で授業を行った。授業内容を表1に示す。

表1 授業内容

NO.	学習内容(15時間)	時間
1	プログラムの働きについて知る.	1
2	プログラムを使用して図や音楽を作る.	6
3	ロボットの仕組みを理解する.	1
4	ロボットの腕を動かすプログラム作り.	2
5	ロボットの足を動かすプログラム作り.	2
6	ロボットの二足歩行のプログラム作り.	3

(4)-6. 授業の結果

授業を評価するためにアンケート調査を行った。アンケートの質問内容を、表2に示す。

表2 アンケート内容

NO.	質問内容
(1)	ロボットを歩行させるプログラムを作る時、あなたは何をヒントに考えましたか？(記述式)
(2)	二足歩行ロボットを歩行させようとした時、右に倒れてしまいます。倒れないようにするには、あなたならば、どうしますか？(記述式)
(3)	今回のロボットの授業は自分の将来に役立つと思いますか？(選択式)

表3、表4、表5に回答内容を集計した結果を示す。

表3 (1)のアンケート結果 (N=55)

回答内容	人数(%)
人間(自分)の歩行、動き	44(80.0%)
ASIMOの歩行、動き	14(25.5%)

表4 (2)のアンケート結果 (N=55)

回答内容	人数(%)
重心	20(36.4%)
膝	13(23.6%)
バランス	13(23.6%)
体重	9(16.4%)

表5 (3)のアンケート結果 (N=55)

回答番号	人数(%)
5. すごく役に立つ	8(14.5%)
4. 役に立つ	30(54.5%)
3. どちらともいえない	17(30.9%)
2. あまり役に立たない	0(0%)
1. 全然役に立たない	0(0%)

表3より人型ロボットのプログラム作成時に、人間(自分)の歩行や動きを参考にする生徒が80%を占めたことにより、人型ロボットの動きを自分の体の動きに置き換えて考えられるという特徴が明らかになった。また、表4よりロボットを歩行させるには、重心が重要であると考えた生徒が30%以上を占めた。制御において、重心の移動を考えることは、車輪型ロボットでは見られない、この教材独自の特徴であると考えられる。表5より、授業が役に立つと答えた生徒が60%以上を占めたこともわかった。アンケート結果から、人型ロボット教材用いた授業では、①バランス(重心の移動)を考えて制御できる能力、②自分の体に置き換えてロボットのプログラムを作成できる能力が身につくことがわかった。図6に授業の様子を示す。



図6 授業の様子

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

- ① 紅林秀治、高山大輝、ボール式マウスを用いた位置を把握できる教材用自律型移動ロボットの開発、日本産業技術教育学会誌、査読有、第53巻第4号、243-253、2011
- ② 樋口大輔、紅林秀治、コンピュータによる計測・制御学習のための汎用計測・制御基板の開発、日本産業技術教育学会誌、査読有、第53巻第3号、169-178、2011

- ③ 紅林秀治、河合巧、教材用蒸気タービンカーの改良、日本産業技術教育学会誌、査読有、第53巻第1号、49-56、2011
- ④ 紅林秀治、室伏春樹、樋口大輔、江口啓、計測学習を取り入れたロボット制御教材の開発、日本産業技術教育学会誌、査読有、第52巻第3号、159-167、2010

[学会発表] (計5件)

- ① 井口母奈美、紅林秀治、人型ロボット教材を使った計測・制御学習、第29回日本産業技術教育学会 東海支部大会、2011年12月3日
- ② 井口母奈美、紅林秀治、人型ロボット教材を使った教育効果について、日本産業技術教育学会 第54回 全国大会、2011年8月27日
- ③ 高山大輝、紅林秀治、2足歩行ロボット転倒による破損を防ぐ機構の研究、日本産業技術教育学会 第54回 全国大会、2011年8月27日
- ④ 紅林秀治、16自由度2足歩行ロボットを用いた授業、第28回日本産業技術教育学会東海支部大会、2010年12月4日
- ⑤ 紅林秀治、工作用金属板を用いた16自由度2足歩行ロボット教材の開発、日本産業技術教育学会 第53回 全国大会、2010年8月28日

[その他]

ホームページを現在新しく作成中

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

紅林秀治 (KUREBAYASHI SHUJI)  
静岡大学・教育学部・教授  
研究者番号：60402228

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：