

計測・制御学習における人型ロボット教材の学習効果に関する検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-07-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 紅林, 秀治, 井口, 母奈美 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00007872

計測・制御学習における人型ロボット教材の学習効果に関する検討

A Study of the Effects of Teaching Computer-Aided Measurement and Control Using
a 16-Degree-of-Freedom Humanoid Robot

紅 林 秀 治* 井 口 母奈美**
Shuji KUREBAYASHI and Monami IGUCHI

（平成 25 年 10 月 3 日受理）

The effects of teaching computer-aided measurement and control using a 16-degree-of-freedom humanoid robot are considered. We compared a wheeled mobile robot and a humanoid robot in terms of teaching about control, and determined the differences and common points. As a result, we found that there were few differences between a humanoid and a wheeled mobile robot regarding applicability to teaching computer-aided measurement and control in junior high school. However, after trial lessons with a humanoid robot at a school, we found that students needed to learn to maintain the balance of the robots so we developed two hypotheses about the effects of using a humanoid robot as teaching material and tested them out through further trial lessons: 1) students learn how to control the balance of a the humanoid robot to avoid falling; and 2) students are able to develop a strategic outlook to make a control program by comparing the motion of their own bodies with that of the humanoid robot. As a result, the two hypotheses regarding the effects of using a humanoid robot as teaching material were confirmed.

1 はじめに

近年、人型ロボットの研究が進んでいる [1] [2] [3]。中学校技術・家庭（技術分野、以後技術科と呼ぶ）の計測・制御学習においては、ロボット教材が使用されているが、主に用いられるのは、車輪型移動ロボットである [4] [5] [6] [7]。そして、その学習効果 [8] [9] も報告されている。一方、人型ロボットを用いた計測・制御学習は、主に大学 [10] [11] や高専 [12] などの専門教育の一環として実践されている。

普通教育として実践されている例としては、福山中学校における技術科の実践 [13] がある。その実践では、近隣の大学と提携して、サーボモータを利用した人型ロボット制御の様子を見てから、1個のDCモータを利用した歩行ロボットを製作する学習に展開している。また川田らは、市販されている2足歩行可能な人型ロボットを利用した歩行制御の学習 [14] [15] を実践している。その実践では、動歩行の制御プログラムをロボットの足関節の角度からコード化するなど、制御プログラムの制作を簡単にするように教材を工夫している。また、歩行動作の

*技術教育講座 **静岡大学教育学部卒業生

ための工夫促進および制御技術とプログラムの果たす役割に関する学習効果があることを示している。

これらの実践報告が示している共通点は、人型ロボット教材を用いた学習は、学習への関心・意欲を高める効果があるという点である。ところが、計測・制御学習教材として多く用いられている車輪型移動ロボット教材でも、学習者への関心・意欲を高める [16] [17] ことはできる。そのため、人型ロボット教材の計測・制御学習における独自の学習効果を明らかにする必要があると考えた。なぜなら、それにより人型ロボット教材を計測・制御学習に用いる利点が明らかになり、車輪型移動ロボット教材による学習効果との違いを明確にできるからである。

本研究では、教材による学習効果を明らかにするために、人型ロボット教材を用いた場合と車輪型移動ロボット教材を用いた場合のそれぞれの計測・制御学習の制御内容や学習内容を比較しその違いを検討した。そして、検討した結果を基に人型ロボット教材独自の学習効果に関する仮説を立て授業により検証を試みた。

本論文では、使用した人型ロボット教材、それぞれの教材を用いた学習内容の比較・検討、人型ロボット教材独自の学習効果の仮説、授業実践による検証結果の順に述べる。

2 比較の対象としたロボット教材

2.1 車輪型移動ロボット教材

比較に用いた車輪型移動ロボット教材は、筆者らが開発したものである [7]。この移動ロボット教材は、出力としてDCモータを4個制御できる。入力として、デジタルセンサを4個、アナログセンサを1個取り付けることが可能である。制御基板には、マイクロコンピュータ (PIC16F88) を搭載し、制御プログラムに応じて入出力を規定する。出力として用いられるDCモータは、回転方向 (前転, 後転, 停止) と回転時間を制御基板より規定される。制御プログラムには、教育用プログラミング言語ドリトル [18] を使用する。ドリトルは、PC上で作成した制御プログラムをバイトコードに変換しシリアルポートからインターフェースを介して制御基板に転送する。転送された制御プログラムは、制御基板のマイクロコンピュータのEEPROMに保存される。制御基板では、保存された制御プログラムを実行する。

以上のようにPCで作成した制御プログラムを制御基板に転送し実行する教材としての仕様は、市販されている移動ロボット教材にほぼ共通していたため [19]、移動ロボット教材の典型的な例とした。車輪型移動ロボット教材の製作例を図1に示す。

2.2 人型ロボット教材

比較に用いた人型ロボット教材も筆者らが開発したものである [20]。この人型ロボット教材は、サーボモータ (16個)、制御基板 (1個)、3軸加速度センサ (1個)、バッテリー (006P 乾電池1個と単4電池8本)、工作用加工材料によるロボットフレームより構成されている。制御基板には、マイクロコンピュータ (PIC18F4550) を搭載し、制御プログラムに応じて各サーボモータの回転角度を制御する。さらに3軸加速度センサをロボット本体に搭載し倒れる瞬間を確認できる。

制御プログラムには、移動ロボットと同様に教育用プログラミング言語ドリトル [18] を使用する。ドリトルは、PC上で作成した制御プログラムをバイトコードに変換しシリアルポ

トからインターフェースを介して制御基板に転送する。

転送された制御プログラムは、制御基板のマイクロコンピュータのEEPROMに保存される。制御基板では、保存された制御プログラムを実行する。人型ロボット教材を図2に示す。

3 制御内容の比較

3.1 制御基板の出力

それぞれのロボット教材で使用されている制御基板の出力を比較した。どちらの制御基板もDCモータの回転（正転、逆転、停止）を制御しているが、「使用するモータの数」と「モータの制御方法」に違いがある。車輪型移動ロボットでは出力に利用するモータの数は2個であるが、人型ロボットでは、出力に利用するモータの数は16個である。

出力に利用するモータ数の違いは、ロボットの自由度の差でもある。自由度の差は、出力結果の多様さと制御プログラムの複雑さの違いを意味する。モータの制御方法の比較にあたっては、制御命令における引数が表す量的な意味を比較した。引き数の量的な意味を比較することで、モータの制御方法の基本的な違いが明らかになるからである。

モータを制御する命令に関しては、車輪型移動ロボットでは、「10 前進」「15 右回り」等の命令で対応するが、その引数は、モータの回転時間（0.1秒単位）を表している。人型ロボットでは、「160 右肩1にセット」「170 右肩2にセット」等の命令で対応するが、その引数は、絶対角度（degree）を表している。このように、両制御教材では制御命令の引数の意味が全く異なる。

このようなモータの制御方法の違いは、扱うモータの種類の違いでもある。モータの回転時間を引数としないサーボモータの方が、モータの制御を正確に行うことができる。車輪型移動ロボットの場合もステッピングモータを利用し回転角度を制御できる仕様にすれば、モータの制御方法は同じになると考えられる。しかし、比較した車輪型移動ロボットの制御基板は、一般的な中学校で使用される教材として設計されているため、ここではステッピングモータを用いた車輪型移動ロボットを比較の対象としないこととした。

以上より、出力に関しての違いは、出力の自由度（2自由度と16自由度）、モータ出力を決める引数（時間と角度）である。

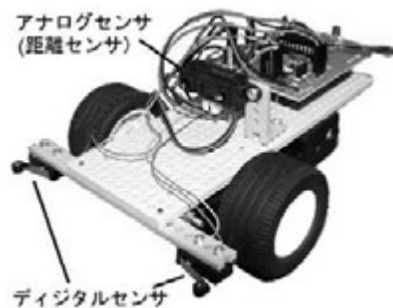


図1 車輪型移動ロボット教材

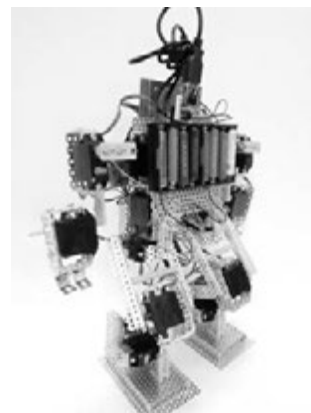


図2 人型ロボット教材

3.2 入力に用いるセンサ

両教材とも、入力に用いるセンサとして、デジタル入力端子とアナログ入力端子を備えている。比較に用いた車輪型移動ロボットでは、デジタル入力端子は4個、アナログ入力端子は1個に対応している。それに対して、人型ロボットではデジタル入力端子5個、アナログ入力端子3個に対応している。アナログ入力端子の利用方法も、人型ロボット教材では3軸加速度センサを利用してロボット本体の傾斜角度を測定することを目的としているが、車輪型移動ロボットでは距離センサを用いて車体と物体との距離を測ることを目的としている。扱うアナログセンサは異なるが、どちらもフィードバック制御にアナログセンサ用いるところは同じである。デジタルセンサに関しても同様である。したがって、使用目的は異なるが、アナログセンサもデジタルセンサもフィードバック制御に用いるところは同じであると言える。

3.3 制御の目的

「制御の目的」に関しては、車輪型移動ロボットでは、ロボットそのものの移動が目的となるが、人型ロボットでは、2足歩行だけでなく人間の動きと同様の動きを再現できるため、動作させたい動きによって目的が変化する。そのため、明確な目的は学習者に委ねられていると言える。ところが、2足歩行を制御の目的とした場合、ロボットの移動が制御の目的となる。したがって、人型ロボットの場合、2足歩行の制御を目的とする場合に限り、車輪型移動ロボットと目的は同じになると言える。

3.4 制御結果の確認

「制御結果の確認」に関しては、ロボットの静止時の状態と動作時の状態の二つで検討した。車輪型移動ロボットの動作時の状態とは、移動と回転のどちらかの動作のことであり、静止時の状態とは、動作開始前と動作後の状態である。制御結果は、主に静止時の状態の位置と向きで確認する。図3に車輪型移動ロボットの移動および回転動作の結果の位置と向きを示す。

図3に示すように、ロボットは、移動と回転により、図3の垂直方向には距離 a 、水平方向には距離 b 移動する。つまりは位置を相対的に平面座標で表すことができる。また、向きは、角度（図3の θ ）で表すことができる。

人型ロボットの動作は、基本的にサーボモータの回転動作の結果生まれるロボットの姿勢（以後、ポーズと呼ぶ）とポーズからポーズへと移行する動き（以後、モーションと呼ぶ）より構成されている。図4にポーズとモーションの関係を示した概念図を示す。

図4のポーズ2では、同図のポーズ1と比べ、ロボットの関節 b と e がそれぞれ角度 θ_1 、 θ_2 回転した状態を示している。それにより関節の a 、 c 、 d の位置も変わる。ただし、図4は平面的な表現のためにそれぞれの変化が平面座標上に表すことができるが、実際は立体（3次元）的な座標で表すことになる。したがって、人型ロボットのポーズとモーションでは常に3次元座標で関節の位置や移動を考えなくてはならない。

車輪型移動ロボットの静止状態は人型ロボットのポーズに相当し、車輪型移動ロボットの移動と回転はモーションに相当するが、人型ロボットでは、関節ごとに移動と回転が生じるため、制御結果（ポーズ）の確認を関節数分する必要がある。その作業量は、移動ロボットの場合の16倍に相当すると考えられる。さらに、各関節は隣り合う関節に位置するモータと連動するため、一つの関節位置は、全ての関節位置に影響する。そのため、正確な位置にポーズをさせる

ためには、全てのモータの制御を常に考える必要がある。これは、モータの数が2個の車輪型移動ロボットの制御内容と大きく異なる場所である。

3.5 制御内容の比較の結果

これまでの比較した内容をまとめたものを表1に示す。表1より、制御するモータ数（表1のNo.1）や位置（表1のNo.6）から、制御する内容が車輪型移動ロボットに比べ人型ロボットの方が、難易度が高いことがわかる。それは、人型ロボットの方が車輪型移動ロボットと比べて、制御するモータの数（自由度）が多かったり、動作位置の確認が立体（3次元）的であったりするからである。静止時の確認（表1のNo.4）に関して、人型ロボットのポーズは、ひとつひとつの関節部位で見ていくなれば、車輪型移動ロボットでいうところの位置と向きにあたり、動作時でのモーション（表1のNo.5）も各関節部位の移動と回転に相当すると考えられる。

ひとつひとつのモータを基準に見ていくと制御内容が同じであるように見えるが、人型ロボット教材のモータの数は、車輪型移動ロボットのモータ数の8倍であるため、制御内容も8倍多くなる。動作時の確認も同様である。このように考えていくと、人型ロボットのモータ数が16個であるから、車輪型移動ロボットの2個に対して難易度の高さは8倍であると単純に述べることはできない。むしろ、それ以上の高い難易度があると考えた方が良いと言える。したがって、人型ロボット教材は車輪型移動ロボット教材に比較して、制御内容の難易度は8倍以上高くなっていると言える。

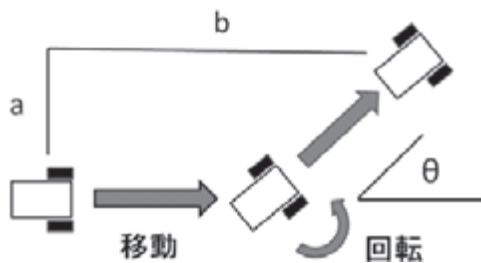


図3 車輪型移動ロボットの制御内容

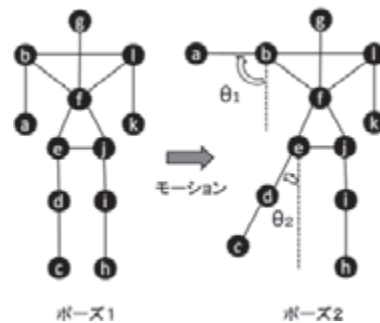


図4 人型ロボットの制御内容

表1 制御内容の比較結果

No	比較項目	車輪型移動ロボット	人型ロボット
1	モータの数	2	16
2	命令の引数	モータの回転時間	モータの角度
3	目的	目的地への移動	定められない
4	静止時の確認	位置と向き	ポーズ
5	動作時の確認	移動と回転	モーション
6	位置	平面座標	立体座標

4 学習内容の比較

本章では、車輪型移動ロボット教材と人型ロボット教材を用いた授業で想定される「学習の流れ」や学習者が教材を扱う時に想定される「操作の流れ」を比較する。

4.1 学習の流れ

移動ロボットと人型ロボットのどちらの教材も制御プログラムを作成し実行，確認するまでの流れは以下に示す作業の順で行う [7] [20] [21]。

1. 制御目的の確認
2. 制御目標の設定
3. 制御プログラムの作成
4. 制御プログラムの保存
5. 作成した制御プログラムを制御基板へ転送
6. 動作の確認

両教材とも制御目標は異なるとしても，制御プログラムの修正をロボット教材の動作で確認しながら行うことになるため，1から6までの流れで学習を行う。したがって両ロボット教材は，同じ学習の流れから授業が構成されると言える。

4.2 制御プログラム作成から転送までの操作の流れ

両教材とも制御プログラムをPCに入力した後，制御プログラムの保存と制御基板へ制御プログラムを転送するためのコード変換を行い，それぞれの基板へ制御プログラムを転送する。両ロボット教材ともコード化された制御プログラムを保存・解釈・実行する。制御プログラム作成から転送までの流れを模式図にしたものを図5に示す。

図5より，学習者が計測・制御学習の中で体験する，制御プログラム作成から制御基板への転送までの流れも同じであると考えられる。

4.3 学習する制御プログラムの構造

両教材とも，センサからの入力を基にした制御プログラムの構造は，制御命令を繰り返し処理の中に並べ，センサ入力により処理方法を変えたり繰り返し処理から抜けたりするものである。この処理方法は，イベント処理の方法でもあり，制御ロボット教材のフィードバック制御ではよく使用される。したがって，車輪型移動ロボット教材も人型ロボット教材も同様な制御プログラムの構造を持つと言える。

4.4 学習内容の比較結果

学習内容を比較した結果を表2に示す。表2より，両教材を利用した計測・制御学習の内容は同じであると考えられる。これは，車輪型移動ロボットも人型ロボットも教材という視点で捉えるならば，制御の難易度は異なるものの，制御の技術的な考え方を学ぶという点ではどちらの教材を使用しても質的に大差ないことを意味する。さらに第3.5節の比較結果も考慮すると，中学校における計測・制御の学習教材としては，制御の難易度が低い車輪型移動ロボットを用いる方が適切であると言える。しかし，制御内容の難易度が車輪型移動ロボットに比べて高いにも関わらず，人型ロボット教材は計測・制御学習への関心・意欲を高める効果があることから，人型ロボット教材を用いた授業実践における学習者の授業に取り組む様子から人型ロボット教材特有の学習効果を調べることにした。

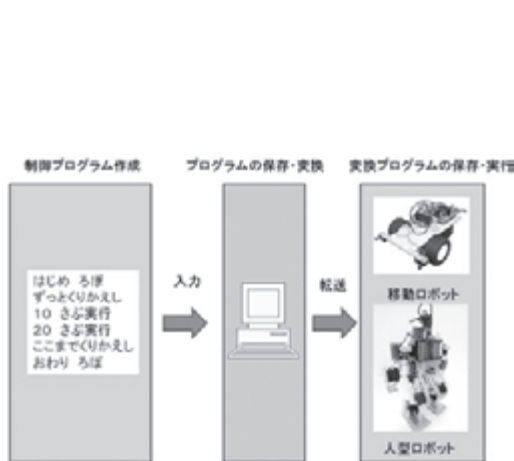


図5 制御プログラムから転送までの流れ

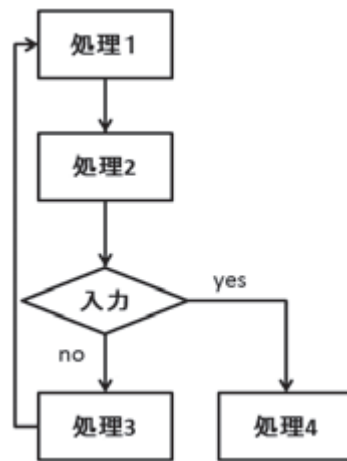


図6 制御プログラムの構造

表2 学習内容の比較結果

No.	比較した学習内容	比較の結果
1	学習の流れ	同じ
2	操作の流れ	同じ
3	制御プログラムの構造	同じ

5 授業実践から見てきた人型ロボット教材の特徴

第3章では、人型ロボット教材と車輪型移動ロボット教材を制御基板の入出力や制御結果の見方から比較した結果、人型ロボット教材は、車輪型移動ロボット教材に比べて制御内容の難易度が高くなることを述べた。ところが、両教材は難易度には大きな差があるものの、計測・制御学習の教材として扱う場合、学習内容には大きな差はないことを第4章で述べた。ところが、人型ロボットを用いた計測・制御の授業 [20] [21] では、次のような学習者の姿がよく観察された。

- 制御プログラムによるポーズやモーションを設定する過程で、人型ロボットが転倒しないようにロボットを支えたり、転倒を防ぐポーズを考えたりする姿。
- 目標とする動作を自分の体の動きに対応させて考える姿。

車輪型移動ロボットは移動動作の際にバランスを崩して倒れたり、タイヤが接地面から離れてしまったりすることはないが、人型ロボットの場合は、バランスを崩し転倒することは頻繁に起こる。そのため、人型ロボットでは、バランスを崩して転倒しないようにポーズとモーションを常に設定しなくてはならない。したがって、人型ロボットのポーズとモーションは、単なる動作の実行だけでなく転倒しないようにバランスを保つ制御も必要とされる。

具体的には、人型ロボットの制御目的を2足歩行に絞った場合、学習者は、移動ロボット同様目的地に移動するための制御とロボットが歩行動作中倒れないようにするための制御、つまりはバランスを保つ制御の両方を考えなくてはならない。

制御内容の比較では、それぞれの教材が正常に計測・制御ができる状態を前提とした比較で

あったために、学習内容の質的な差はないと述べたが、人型ロボットは、転倒するというアクシデントにより制御目的が果たせなくなる。制御内容にロボット教材そのものが転倒しないようにすることも要求されることは、倒立振子のような特殊なロボット教材 [22] [23] を除いて車輪型移動ロボット教材にはない。

授業実践当初、ロボットの転倒は使用した人型ロボット教材の欠陥であると考えていたが、どのような人型ロボット教材でも、2足で立ったり、歩行したりする限り転倒は必ず起こりうる現象である [24] [25] ことから、これは人型ロボット全般に言えることである。さらに授業の中で学習者は、ロボットのポーズやモーションを考える時、自分の体の動きから各関節のモータの角度を考えたり、その動作からモーションを考えたりしていた。

このように自分の身体の動きとロボットの制御内容を対比させながら、制御プログラムを作成するという学習者の姿が見られることもまた、車輪型移動ロボット教材を扱った授業では見られない人型ロボット教材を扱うことで生まれる特有の学習と言える。

6 計測・制御学習における人型ロボット教材を用いることによる効果（仮説）

人型ロボット教材を用いた計測・制御学習では、ロボットにどのような動作をさせようとしても、学習者は常にバランスを保つ制御を考える必要が生じることを前節で述べた。転倒防止のためには、ロボットの重心位置が接地点を超さないことが静荷重時の条件である [20]。学習者は、ロボットの重心位置を把握していれば、重心位置が接地点からの鉛直線を超す傾斜角度にならないためのポーズとモーションのプログラムを作成しなくてはならない [25]。また、重心位置を把握していない場合は、ロボットの傾きから経験的にロボットの転倒を判断することになる。そのため、学習者は常にロボットが転倒しない傾斜角度を考慮しながらポーズとモーションのプログラムを作成しなくてはならない。したがって、人型ロボット教材を用いた計測・制御の学習では、学習者は、ロボットが転倒しないようバランスを保つために、重心位置やロボットの傾斜角度を常に考えながら制御プログラムを作成することになる。

制御プログラムの作成にバランス制御が加わることは、自由度の多さによる難易度の高さに加えて、制御プログラム作成の難易度をさらに高度にする。ところが、学習意欲を損なうことなく取り組む姿が見られるということは、学習者が制御プログラム作成に見通しを持てるようになっていないのではないかと考えられる。それは、学習者自らの身体を動かしながら制御プログラムを考えると、人型ロボットの制御プログラムを体の動きと対比させながら考えることで解決の見通しをたてることができるようになっていたのではないかと考えたからである。そこで、人型ロボット教材特有の学習効果として以下の仮説を立てた。そして、下記仮説の検証のための授業を試みることにした。

1. 人型ロボット教材の制御プログラム作成を通して、ロボットが転倒しないようにバランスを保つ制御を学ぶ。
2. 人型ロボットのポーズとモーションを人（自分）の体の動きと対比させることで、制御プログラム作成の見通しを立てている。

7 仮説を検証するための授業

7.1 授業内容

2010年9月から2011年2月にかけて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。授業は、技術科で行った。授業内容を表3に示す。

表3に示すように、今回の授業では人型ロボットを歩行させるための制御プログラム作りを最後に行った。ロボットに装備した加速度センサを使用したフィードバック制御に関しては行わないことにした。ロボットは各グループ（4人から5人）に1台ずつ準備した。授業は当該学校の技術科の教員が行った。授業の様子を図7に示す。

表3 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	ロボットが歩行するプログラム作り。	3



図7 授業の様子

7.2 調査内容

授業を評価するためにアンケート調査を行った。アンケートの内容を、表4に示す。質問(1)に関しては、歩行プログラムの作成に参考にしたものを調査することを目的とした。質問(2)に関しては、ロボットの転倒を防ぐためにどのような対処方法を取るのか調べることを目的とした。それぞれの質問は、人型ロボットによる歩行プログラム作成中に生徒たちが考えた内容を明らかにするために行った。質問(3)に関しては、人型ロボット教材を用いた授業を生徒たちが価値付けをしているかどうかを調べることを目的とした。

表4 アンケート内容

項目	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)	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)

8 授業の結果

8.1 授業の取り組み

どの授業にも生徒たちは意欲的に取り組んでいた。「ロボットの腕を動かすプログラム作り」(表3のNo.4)や「ロボットの足を動かすプログラム作り」(表3のNo.5)の授業では、人型ロボットの制御プログラムで動作させる方法の確認を主な目的としたが、生徒たちは制御プログラムによりロボットの手や足を動かす方法をすぐに理解し、様々なポーズを作ることに取り組んでいた。「ロボットが歩行するプログラム作り」(表3のNo.6)では、歩行するためのプログラム作りに挑戦したが、どのグループも確実に2歩以上歩かせることはできなかった。授業時間が3回(3時間)では歩行プログラムを完成させることは生徒には難しい課題であったと考えられる。

8.2 アンケート調査の結果

質問(1)と(2)の回答は記述による回答であるため、各回答を内容別に分類し、その人数を調べた。質問(1)に関しては、「人間の歩行や動き」を参考にしたのか、テレビ映像等で見た「歩行ロボットの動き」を参考にしたのかで分類した。質問(2)に関しては、「バランスがとれるように手を動かす」や「ロボットの重心を左に動かす」等の記述をそれぞれ「膝、腕を使ってバランスを保つ」「重心を移動させる等」と分類しその人数を調べた。どちらにも分類できない回答は「その他」とした。質問(3)に関しては、回答を5件法で求めたため、その割合を調べた。アンケート調査の結果を表5、表6、表7に示す。

表5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%もいたことがわかった。これにより、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るという特徴が明らかとなった。また、表6よりロボットの転倒を防ぐためには、重心を移動することが重要であると考えた生徒が30%以上いたことがわかった。さらに、バランスを保つために腕や膝の動作を工夫することが大切であると考えた生徒が47.3%いたことがわかった。制御において、重心の移動を考えることは、車輪型移動ロボットでは必要とされない。したがって重心やバランスを考える計測・制御の学習は、人型ロボット教材を用いた場合に生ずる特徴であると考えられる。表7より、人型ロボット教材を用いた計測・制御の授業が自分の将来に役に立つと肯定的に答えた生徒が60%以上(否定的回答は0%)いたことがわかった。これにより生徒たちは、人型ロボット教材を用いた授業に学習価値を認めていたと予想できる。

表5 質問(1)の結果(N=55)

質問(1)の回答	人数(%)
人間(自分)の歩行や動き	44(80.0%)
別のロボット(アシモ等)の歩行や動き	11(20.0%)

表6 質問(2)の結果(N=55)

質問(2)の回答	人数(%)
重心を移動させる 等	20(36.4%)
膝、腕を使ってバランスを保つ 等	26(47.3%)
その他 等	9(16.3%)

表7 質問(3)の結果(N=55)

質問(3)の回答	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(0.0%)
1. 全然役に立たない	0(0.0%)

9 考察

質問(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?」の結果からほとんどの学習者は、人間(自分)の歩行や動きを参考にしていただけであった。しかし、人の動きを参考にしたことが、確実に制御プログラムを作成できるといった能力の育成に影響を与えたとは言いがたい。なぜならば、授業時間内に歩行プログラムを完成させたグループがいなかったからである。そのため、確実に制御プログラムを作成できるという能力の評価と関連していると言えない。ところが、質問(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)」の結果、肯定的な回答(5. すごく役に立つ, 4. 役に立つ)が38人(69%)と過半数を超えていることと、否定的な回答(2. あまり役に立たない, 1. 全然役に立たない)が0人(0%)という結果から、人型ロボット教材を用いた学習は学習者の学習への価値付けがなされていたことを示していた。この結果は、学習者が人型ロボット教材を用いた授業に高い関心や意欲を示していたことの現れである。難易度が高く、目標達成率が低い学習題材を扱う授業実践の多くは、学習者の学習意欲を低減させたり、学習への価値付けを低いものにしたがる傾向があるが、人型ロボット教材を扱った今回の授業実践は、そのような傾向に陥らなかった。その理由として、難易度の高い制御プログラムでも、人間の動きを参考にしながら考えることができるため、解決の見通しを持つことができたことが原因ではないかと考えられる。

また、今回調査したアンケート以外に、授業をおえた41人の生徒に「歩行以外にロボットにどんな動きをさせてみたいですか。」と口頭で質問したところ、17人(41%)の生徒が「ロボットにダンスをさせたい。」と回答し、15人(37%)の生徒が「走ったり、ものを運ばせたい。」と答えていた。このように、生徒は授業後に歩行よりもっと難易度が高い動作を制御したいと回答しているということは、難易度が高い制御の実現が最初から無理だと考えているのではなく、授業時間が確保されれば制御プログラムを作成できると考えていたと言える。つまり、難易度が高くとも学習者は制御プログラムを作成できるという見通しを持っていたのではないかと考えられる。

以上より、生徒の学習意欲が低減しなかった理由や授業後に難易度が高い制御をしたいと回答した理由から、生徒が授業を通じて制御プログラムを作成する見通しを持っていたと考えられる。これは、仮説2が正しいかったことを裏付けていると言える。

質問 (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)」では、「膝、腕を使ってバランスを保つ (47.3%)」や「重心を移動させる (36.4%)」と記述している回答が多いことから、バランスを保つ制御を授業を通じて考えていた生徒が多かったことを意味する。なぜならば、今回の学習では、「バランスを保つために重心をロボットのつま先より前に出さないようにする」であるとか、「ロボットの重心はどの位置にあるのか」という内容を授業の中で取り扱っていないにも関わらず、学習者からの回答が表6で示すような結果が得られたからである。「重心」という言葉や「物体の重心の位置と転倒の関係」に関しては、今回の授業に参加した生徒はすでに理科の授業で学習していたが、その知識をロボットの動作に適用して考えることができた者が半数以上いたということは、仮説1「人型ロボット教材の制御プログラム作成を通して、ロボットが転倒しないようにバランスを保つ制御を学ぶ。」が授業中になされていた結果であると言える。つまりは、人型ロボット教材を扱うことは、必然的に「倒れないようにバランスを保つ方法」を考えることが制御プログラムを作成する時に要求されていたということを意味する。したがって、仮説1の内容は人型ロボット教材を扱う上での特徴的な学習内容であると言える。

10 まとめ

本研究では、人型ロボット教材独自の教育効果について、車輪型移動ロボット教材を用いて比較検討をした。その結果、下記に示す二つの仮説が考えられ、授業実践において検証を行った。

1. 人型ロボット教材の制御プログラム作成を通して、ロボットが転倒しないようにバランスを保つ制御を学ぶ。
2. 人型ロボットのポーズとモーションを人(自分)の体の動きと対比させることで、制御プログラム作成の見通しを立てている。

その結果、仮説1と仮説2の両方が人型ロボット教材の学習において成り立つと考えられることがわかった。これは、この二つの仮説は、車輪型移動ロボット教材を扱う学習では成り立つものではなく、人型ロボット教材である故に成り立つものである。また、上記の二つの仮説は学習への関心や意欲を低減させることにならず、むしろ様々な制御に挑戦したいと思わせていたことから、人型ロボット教材は、人型であるが故に難易度の高い制御プログラムに対する制御の見通しを持たせ易いことを考察で述べた。これは、学習者にとって難易度が高くても取り組む意欲を低減させない原因になっていると考えられる。今回の調査では、仮説2の内容と制御プログラムを作成できる能力との関係を明らかにできなかったが、仮説2で述べた「作成の見通しを立てる」ことは制御プログラム作成に多大な影響を与えていると考えられる。これは、今後の調査で明らかにしていきたいと考えている。

謝辞

教育実践による調査に富士宮市立上野中学校 吉川教諭にご協力いただきました。紙面を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- [1] ASIMO : <http://www.honda.co.jp/ASIMO/> (2010年11月4日確認)
- [2] 上田誠:教育向けロボットの技術動向について, 愛知産業大学紀要第15号, pp.63-68 (2007)
- [3] 石黒浩:ロボットとは何か 人の心を映す鏡, 講談社現代新書pp.45-74 (2009)
- [4] 伊藤陽介, 石塚仁志, 大泉計, 菊地章:ロボカップジュニア・レスキューを題材とする情報技術学習の提案, 産業技術教育学会誌, 第50第2号, pp.59-67 (2008)
- [5] 島田彰子, 山管和良, 針谷安男, 鈴木道義:自律型ロボット教材を活用したプログラムと計測・制御学習に関する授業方法の開発と評価, 産業技術教育学会誌, 第49第4号, pp.297-305 (2007)
- [6] 伊藤陽介, 森誉範, 菊地章, 大泉計:「プログラムと計測・制御」のためのロボット学習教材の開発と実践, 産業技術教育学会誌, 第49第3号, pp.213-221 (2007)
- [7] 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, 第52巻第3号, pp.159-167 (2010)
- [8] 古平真一郎, 坂本弘志, 針谷安男:自律型ロボット教材を用いた「プログラムによる計測・制御」学習の授業実践に基づく学習効果の検証, 産業技術教育学会誌, 第51巻第4号, pp.285-292 (2009)
- [9] 針谷安男, 飯塚真弘, 山根和良:プログラムによる計測・制御学習の授業実践とその学習効果の検証, 日本産業技術教育学会誌第52巻第3号, pp.205-214 (2010)
- [10] 中里裕一, 増本憲泰:二足歩行ロボットを用いた学祭分野の教育プログラム開発, 日本工業大学研究報告38 (3), pp.571-574 (2008)
- [11] 原田孝, 大坪義一, 大橋知久, 鈴木直弥:2足歩行ロボットを教材として大学機械工学系の創成教育プログラム, 工学教育58-2, pp.46-51 (2010)
- [12] 村上純一, 田島眞一, 大畑正樹, 西川和孝:詫間電波工業高等専門学校研究紀要第32号, pp.63-66 (2004)
- [13] 「2足歩行ロボ」中学生学ぶ 福山, 読売新聞2006年5月16日 (2006)
- [14] 伊藤陽介, 石原豪, 川田浩誉:二足歩行ロボットのモーション作成支援ソフトウェアの開発, 日本産業技術教育学会 第53回 全国大会(岐阜)講演要旨集, p.159 (2010)
- [15] 川田浩誉, 伊藤陽介:中学校における二足歩行を題材としてロボット制御学習の構築と評価, 日本産業技術教育学会誌, 第54巻第2号, pp.69-77 (2012)
- [16] Shuji Kurebayashi, Toshiyuki Kamada, Susumu Kanemune : Learning Computer Program with Autonomous Robots, LNCS, Vol.4226, pp138-149 (2006)
- [17] 紅林秀治, 青木浩幸, 室伏春樹, 江口啓:自律型3モータ制御ロボット教材を用いた授業による学習効果の検討, 日本産業技術教育学会誌第51巻第3号, pp.195-202 (2009)
- [18] 兼宗進, 中谷多哉子, 御手洗理恵, 福井真吾, 久野靖:初中等教育におけるオブジェクト指向プログラミングの実践と評価. 情報処理学会論文誌, Vol.144, No.SIG13, pp58-71 (2003)

- [19] 井戸坂幸男, 久野靖, 兼宗進: 自律型ロボット教材の評価と授業, 日本産業技術教育学会誌, 第53巻第1号, pp.9-16 (2011)
- [20] 紅林秀治, 高山大輝, 樋口大輔, 菱田亘, 大村基将, 江口啓: 16自由度人型ロボット教材の開発, 日本産業技術教育学会誌第55巻第1号, pp.25-34 (2013)
- [21] 紅林秀治, 樋口大輔, 菱田亘, 大村基将, 兼宗進: 2足歩行ロボット教材を用いた計測・制御学習の提案, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-CE-105 No.6 (2010)
- [22] 伊藤隆洋, 金田忠裕, 横山智彰: 車輪型倒立振子を用いたメカトロニクス教材の開発ー現代制御理論の基礎学習教材ー, 日本高専学会誌, 15 (3), pp.33-38 (2010)
- [23] 余湖静也, 川崎直哉, 大館崇雄: 直線移動方倒立振子システムおよび動画シミュレーションソフトの開発, 日本産業技術教育学会誌, 第38巻2号, pp.69-76 (1996)
- [24] 米田完, 坪内孝司, 大隅久: はじめてのロボット創造設計, 講談社, pp.110-121 (2007)
- [25] 坂本範行: これで歩く二足歩行ロボット入門, オーム社, pp.152-160 (2009)