

N-004

ロボットを用いた初心者のためのプログラミング教材の開発 Development of Teaching Materials Robot for Programming beginners

野口 孝文[†] 梶原 秀一[‡] 千田 和範[†] 稲守 栄[†]

Takafumi NOGUCHI Hidekazu KAJIWARA Kazunori CHIDA Sakae INAMORI

1. はじめに

我々は、不要になった CD と組み込み用の小型コンピュータを組み合わせたロボットを開発し、小中学生を対象に工作教室を行ってきた[1][2]。この工作教室も10年経過しその間に、ロボットも改良され工作キットであるばかりでなく多様な教材として利用できるようになった[3]。ロボットは、CDを再利用しているため、中央にペンをたてることができ、プログラムによっていろいろな図形を描くことができる。ロボットの動作軌跡を記録できることから、プログラミングの工夫した点を結果として残すことができる。

本報告では、教材の構成と特徴について示し、これを用いたプログラミング教育の可能性について述べる。

2. 教材ロボット

2.1 教材ロボットの構造

図1にロボットの外観を示す、小中学生を対象とした工作教室では、電子部品は予めこの基板に半田付けされており、自作の指導書に従って組み立てて行くことで、図1に示したロボットが完成する。これまでの工作教室では小学校の5、6年生以上を対象にしてきたが、ドライバーやニッパーなど工具の使い方から順に説明して1時間半程度で完成させている。

ロボットはギアが予め組み込まれた2つのステッピングモータで駆動している。タイヤを直結することができるためロボットの構造を簡単にすることができるとともに安定した動作を得ることができている。一方モータの動作に必要な電圧の制約から、電源には単3電池を4本用い6Vで駆動している。

2.2 直感的に作成できるプログラム

図1に示すコンピュータ基板の左上(ロボット前方)には8つの赤色LEDが取り付けられている。その下には3つの黄

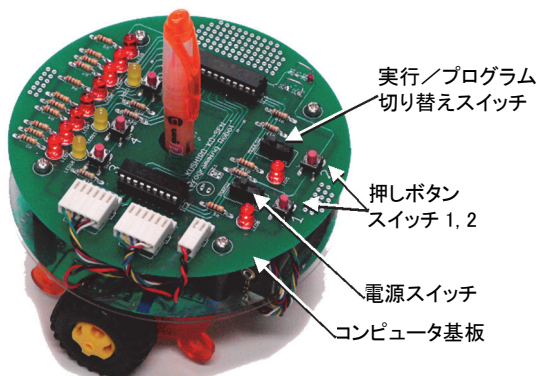


図1 教材ロボットの外観

色LEDとボタンスイッチ3, 4, 5が取り付けられている。これらのLEDは、図2のように配置されている。

モータの動作とLEDの点灯の関係を図2の上に示す。8つのLEDの内、左から2つは左のモータに対応し、次の2つは右のモータに対応している。それぞれの2つのLEDの左が点灯しているときは後ろ方向へ、右が点灯しているときには前方向へ進む。また残りの4つのLEDは、直進しているときには進む距離、方向転回しているときには回転角度、停止しているときには停止時間に対応している。

図2のような点灯は、ロボットが10cm前方に進むことを表している。この8つのLEDの点灯状態がロボットの1つの動作を表す命令に対応している。この命令はロボットに搭載したマイクロコンピュータのEEPROM領域に8ビットのデータとして保存している。また一連のデータはプログラムとして順番に呼び出し、ロボットを連続的に動作させることができる。

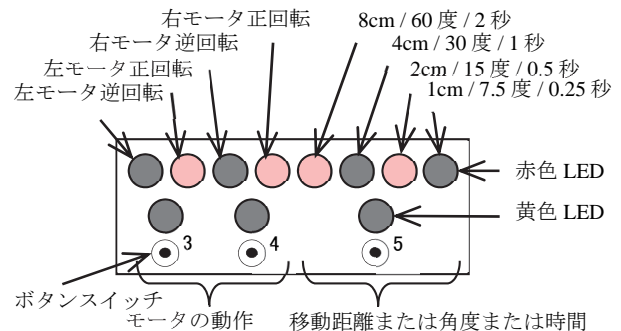


図2 ロボットが10cm直進する命令

2.3 プログラムの入力と実行

この教材ロボットへのプログラム入力やその実行は、コンピュータ基板上のスライドスイッチおよび5つのボタンスイッチで行う。図1のコンピュータ基板の右下(ロボットの後方)に2つのスライドスイッチとそれらの後方に2つのボタンスイッチ1, 2がある。スライドスイッチの1つは、電源スイッチである。もう1つが、プログラムの実行とプログラムの入力の切り替えを行うスイッチである。ロボットには256ステップのプログラムを入力することができる。命令は0から255番地までのメモリに記録される。電源スイッチをオンにすると、0番地のプログラムが表示され、実行できるようにしてある。

プログラムの実行は、スライドスイッチを「実行」側に設定し、ボタンスイッチ1, 2を押し同時に離すことで開始する。ボタンスイッチ2のみを押し、離すことで赤色LEDに表示した命令のみを実行することもできる。

プログラムの入力もこれらのスライドスイッチとボタンスイッチを組み合わせて行う。命令の変更や設定は、図2に示した黄色LEDのそれぞれ下にある3つのボタンスイッチ3, 4, 5を使う。

[†] 釧路高専 Kushiro National College of Technology

[‡] 室蘭工業大学 Muroran Institute of Technology

3. 教材ロボットを用いたプログラムの特徴

3.1 試行錯誤によって作成したプログラム

ロボットは手に持ち移動させることができることから、図形を描くイメージにそってロボットを手動で移動させたり回転させたりしながらプログラムを考えることができる。工作教室では自分の名前のイニシャルを描くという課題を与えた。図3は工作教室で取り組んだ課題の結果である。図3(a)を見ると徐々に目的の字になるように試行錯誤したり、(b)と(c)の「k」の文字に着目すると、同じ文字でも制作者によって描く順序が異なっていたりしている様子が分かる。

ラインレースカーのようなプログラムの課題では、制作者によるプログラムの違いが表れてこないことが多いが、文字や図を描かせる課題では、多様な結果を得ることが期待できる。

その試行錯誤の様子が、図3の(a)に見ることができる(①～③)。同じ図形を描く課題であっても、きれいな図形を書くためにいろいろな工夫が求められる。

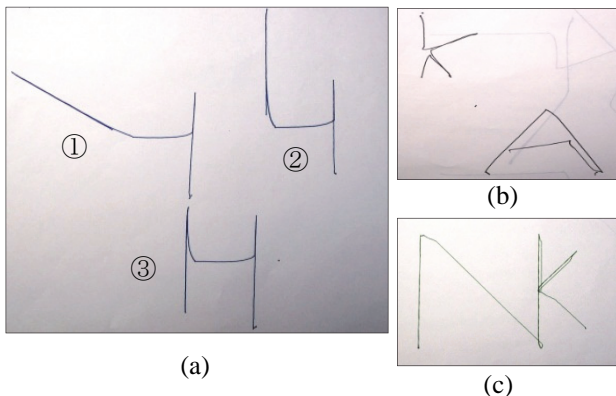


図3 ロボットに書かせたイニシャル文字

3.2 工夫が要求されるプログラム

本教材ロボットの構造は、図1の通り単純である。アクチュエータにはステッピングモータを使用しているので、動作には再現性がある。一方、ペンを取り付ける穴は、CDの穴と同じでペンの太さよりひとまわり大きい。そのため定規で引いたような線を描くことは難しい。車輪間の距離をきちんと合わせないと目的の角度にならないこともある。個々のロボットには、少しずつ他のロボットと異なる個性があらわれる。

一般にデジタル制御による装置は個性が無く再現性があるが、本教材ロボットを使って目的の図形を描くときには、プログラムに工夫が要求される。他のロボットの図形描画プログラムをコピーしてもそれが最適なプログラムになっているとは限らない。そのため、同じ課題であってもプログラムの制作者ごとの工夫や試行錯誤の度合いが結果に表れる。本教材ロボットは、学習者間の切磋琢磨を期待することができる教材であると考えている。

前節に示した課題のように制作者ごとに異なる動作をさせる必要があるときには、制作者ごとに試行錯誤しながらより満足のできるプログラムを作ることができる。このような課題では、他の制作者と同じプログラムになることはない。

3.3 より複雑なプログラム学習への対応

本教材ロボットは、小学生から中学生の利用を考慮して、ロボットを操作する命令の種類や表示方法、操作方法を開発してきた。命令は8つのLEDで表示しているが、8ビットの機械語になっている。本教材ロボットには、2章で示した命令の他に演算や条件判断等の命令セットを持つパーソナルマシンを組み込んでいる。その命令の一部を表1に示す。前章で示した順次構造のプログラムばかりでなく、分岐構造や繰り返し構造を持つプログラムも作成することができることから、本教材ロボットは中学生以上のプログラミングやコンピュータの仕組みを学ぶ導入教育にも利用できると考えている。本教材ロボットの組み立てと操作に関するマニュアルも用意している[4]。

表1 ロボットの命令セット

Instruction	Mnemonic	Hex data
Forward	FWD n	5n: 0101 n ₈ n ₄ n ₂ n ₁
Backward	REV n	An: 1010 n ₈ n ₄ n ₂ n ₁
Turn Right	RGT n	6n: 0110 n ₆₀ n ₃₀ n ₁₅ n _{7.5}
Turn Left	LFT n	9n: 1001 n ₆₀ n ₃₀ n ₁₅ n _{7.5}
Random	IRG	30: 0011 0000
Stop	STP n	0n: 0000 n ₂ n ₁ n _{0.5} n _{0.25}
Speed	SPD n	3n: 0011 n ₅₀ n ₂₅ n _{12.5} n _{6.25}
Sound	SND	7n: 0111 nnnn
Random	RND	B0: 1011 0000
Display On/Off	DSP ON	B1: 1011 0001
Increment	INC	B2: 1011 0010
Decrement	DEC	B3: 1011 0011
Repeat	REP n	F0: 1111 0000
Jump without condition	JMP nn	D0: 1101 0000 n ₁₂₈ n ₆₄ n ₃₂ n ₁₆ n ₈ n ₄ n ₂ n ₁
Jump with condition sw	JMP sw _s nn	Ds: 1101 0s ₄ s ₂ s ₁ n ₁₂₈ n ₆₄ n ₃₂ n ₁₆ n ₈ n ₄ n ₂ n ₁
Jump with condition flag	JMP f nn	Df: 1101 1f ₀ f ₀ f ₀ f ₀ n ₁₂₈ n ₆₄ n ₃₂ n ₁₆ n ₈ n ₄ n ₂ n ₁
End	END	FF: 1111 1111

4. おわりに

本論文では、小型コンピュータを組み合わせたロボットを開発し、小中学生を対象に工作教室を行ってきた。本教材ロボットには、①中央の穴にペンを挿すと、ロボットが動いた軌跡を残すことができるという構造や、②直感的に分かりやすい制御命令、③数個のボタンでプログラムの直接入力ができる入力インタフェースと、他のシステムにない特徴について示し、本教材を用いたプログラミング教育の可能性について述べた。

開発したロボットは、直感的にプログラムを作成することができるため、幅広い年齢層が同時に参加しても対応することができる。また、PCレスで利用できるため、コンピュータの環境のない地域へ出張して実施することができる。

本研究の一部は、科学研究費基盤研究(C)(24501168)および新領域(24118709)を受け推進している。

参考文献

- [1] http://www.muroran-it.ac.jp/robot-arena/event/#tab_2011-10, (2011).
- [2] http://www.rsj.or.jp/rsj2012/30th_anniversary.html, (2012).
- [3] 野口, 梶原, 千田, 荒井, 稲守, ロボットを用いた初心者のためのプログラミング教育, 信学技報, Vol.106, No.166, pp.21-24, (2006).
- [4] http://www.kushiro-ct.ac.jp/ipad/kaihou2014/manualver4_2.pdf (2014).