

組込み系エンジニア教育に向けたロボット教材の開発

Development of Robot Teaching Materials for Embedded System Engineer Education

大崎 正幸
Masayuki OHSAKI

組込み系システム機器の開発に携わる、組込み系エンジニアと呼ばれる職種において、人材不足が問題となっている。このような人材需要に対応するために、初期のプログラマ教育にロボットを教材として取り入れることで、パソコンだけではなく組込み系システムで用いるプログラムの開発にも対応できるプログラマの育成を考えている。本稿では、開発中のロボット教材を紹介するとともに、実用化に向けた改善点について考察する。

This study aims at the introduction of the robot teaching materials into the programmer education to promote embedded system engineers. In this study, the writer introduces the robot teaching materials under development, and the plan for the future .

キーワード：組込み系システム，ロボット，プログラマ教育
embedded system, robot, programmer education

1. はじめに

近年、「組込み系システム」と呼ばれる、マイコンによって制御される機器の開発に従事する組込み系エンジニアと呼ばれる職種において、深刻な人材不足が問題となっている。これは、地上デジタル放送対応テレビや高機能携帯電話のような、デジタル家電と呼ばれる機器の急激な需要増加が原因として考えられる。

経済産業省による「2007年版組込みソフトウェア産業実態調査」報告書¹⁾によれば、現在の組込み系エンジニア数は23万5千人と推定され、需要より9万9千人の人材が不足している。どちらの数値も2006年版の同報告書より増加しており、当面は同様の傾向が続くと予想される。この傾向は、情報系学部を有する大学にとって、プログラマを志望する学生の新たな就職先として無視できないものであろう。

このような動向を踏まえ、プログラマ教育の初期段階

にロボットを教材として導入することで、パソコンを対象とした現在の教育内容を、組込み系システムにも広げることを検討している。本稿にて、教材として試作しているロボットを紹介するとともに、プログラマ教育への導入を目標とした考察をおこなう。

2. 組込み系システムに向けたプログラマ教育

組込み系システムの多くは、パソコンのように規格化されたハードウェアではなく、製品ごとに専用で設計されたハードウェアを使用する。このため、組込み系エンジニアには、ハードウェアに搭載するマイコンや回路に適した専用のプログラムを開発することが求められる。さらに、組込み系システムではシステムが異常動作をした際に、ソフトウェアとハードウェアのどちらに原因があるのかを適切に判断して修正をおこなう必要がある。このような作業に対応するために、

組み系エンジニアはハードウェアとソフトウェアの両方に精通している必要がある。

パソコンを対象としたプログラマ教育では、規格化されたハードウェアを用いたプログラムの開発となるため、ハードウェアの知識よりもプログラム手法やプログラミング言語の習得に重点を置くことが多い。組み系システムのプログラム開発においても、パソコンと同様のプログラミング言語を用いて開発するため、流用できる知識も多い。しかし、マイコンではプログラムメモリなどのリソースがパソコンよりも極めて少ないため、パソコンで用いるプログラム手法は流用できないことが多い。

このように、組み系システムも視野に入れたプログラマ教育では、パソコンだけではなく、マイコンキットなどを用いて、ハードウェアに制約がある中でプログラムの開発も体験させ、違いを体験させる必要があるのではないかと考える。

3. ロボットを教材として用いる意義

トレーニング用途のマイコンキットはすでに多種市販されており、容易に入手できる。しかし、これらの多くは周辺回路を別途設計する必要があるだけでなく、プログラムの修正作業をLED (Light Emitting Diode) の点灯など限られた情報をもとにおこなうため、プログラマ教育の入門段階での教材として用いるには難度が高いと考える。

このような入門段階において、ロボットは教材として有効ではないかと注目している。ロボットは、ハードウェアとソフトウェアが高度に融合されて機能する装置である。そのため、ロボットの開発に携わる人材には、ハードウェアとソフトウェアの両方に精通していることが求められている。このように、ロボットは組み系システムの一つであるといえる。

近年、生産の過剰な海外依存による国内産業の衰退への反省から、再び「日本製」によるものづくりが注目されるようになってきた。なかでもロボット産業は、従来の産業用だけではなく一般用としての製品も多く開発されるようになり、日本発の新産業として期待されている。2005年に愛知県で開催された国際博覧会「愛・地球博」で注目を集めるだけでなく、ロボットコンテスト²⁾などの競技会も多く開催されるよう

になった。

このようにロボットは、一部の愛好家の趣味でしかなかったものから、広く一般に受け入れられるものへと変化している。このため、教材として用いる際にも、多くの受講生に受け入れられやすいのではないかと考える。さらに、ロボットはプログラムの結果がロボットの動きとして反映されるため、プログラミング初心者でもプログラムの誤りの発見や修正作業も容易にできると考える。このようなことから、組み系システムの教材として、ロボットはマイコンキットよりも扱いやすい教材になると考える。

4. 教材用ロボットシステム

教材としてロボットを導入する際に問題となることは、導入費用と扱いやすさである。ロボットはソフトウェアとは違い、安価には複製できないだけでなく、消耗品の交換などでランニングコストが発生する。また、どのようなレベルの受講生が扱うのかわからないため、扱いやすさの確保と、トラブルによる授業中断を最小限に抑える工夫も必要である。

このような点を踏まえ、図1のロボットシステムを開発した。システムはコントローラ部と赤外線送信機から構成されている。

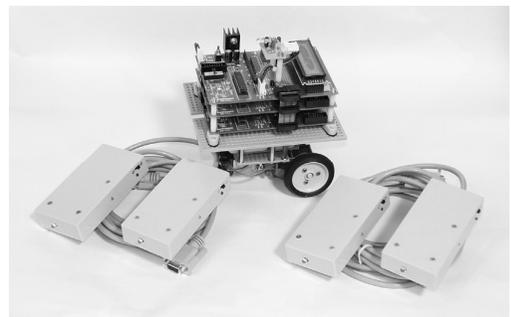


図1 教材用ロボットシステム

1) コントローラ部

コントローラ部(図2)は、送信機との赤外線通信とシステム全体の管理をおこなうメインボードを主とし、各種機能を持ったボードを組み合わせで構成されている。これらのボードに搭載されたマイコンは、I²Cバスでマスタスレイブ接続され、メインボードをマスタとしたマルチCPU構成で動作する(図3)。

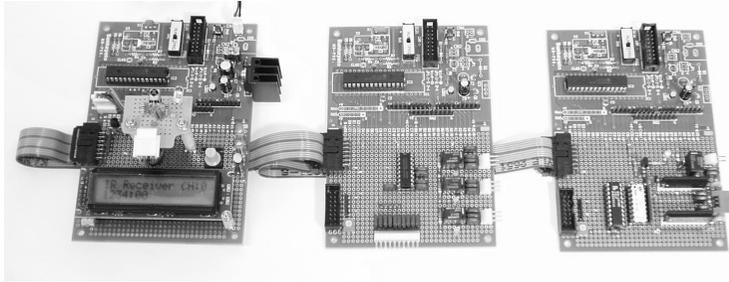


図2 コントローラ部（展開図 左からメインボード、I/Oボード、モータボード）

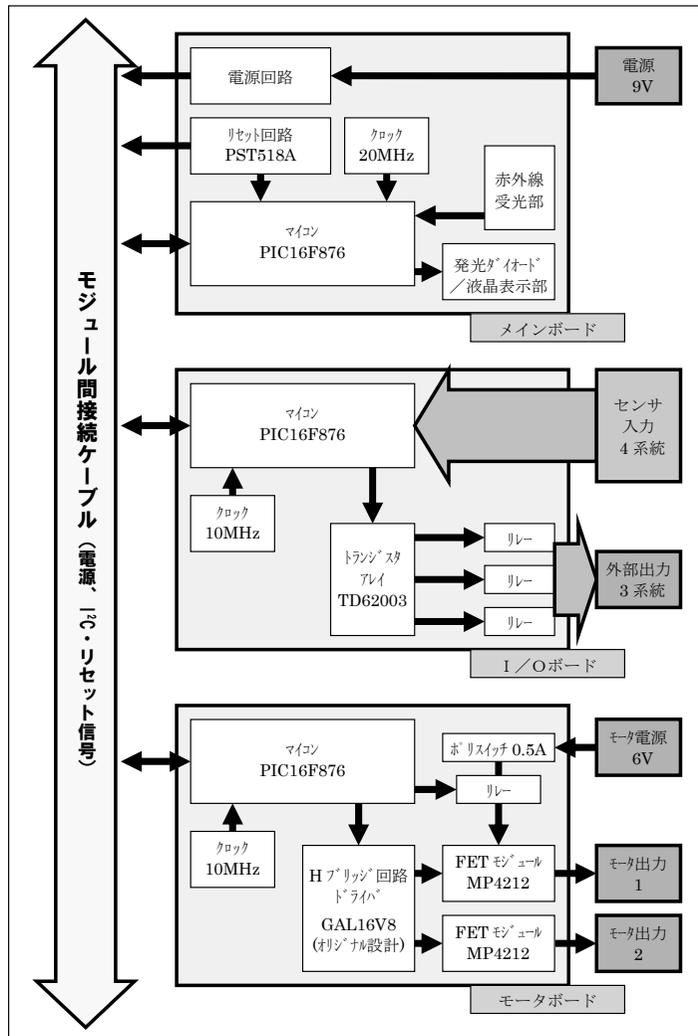


図3 コントローラ部 概要図

現在、模型用モータの制御をおこなうモータボードと、センサ入力と外部機器の制御をおこなう I/O ボードを用意している。モータボードは、模型用モータの回転方向と回転速度制御回路が 2 系統用意されている。I/O ボードでは、デジタル入力 4 系統と、デジタル出力 3 系統を用意している。デジタル出力はリレーの接点出力により、コントローラ回路と絶縁される。

図では車型ロボットの形態になっているが、利用者が模型用部品を加工して独自のメカニズムを製作することで、車型以外のロボットにすることも可能である。

2) 赤外線送信機

赤外線送信機(図 4)は、制御用パソコンのシリアルポートに接続して用いる。シリアルポートが搭載されていないパソコンでは、USB ポートに市販の USB シリアル変換アダプタを介して接続できる(図 5)。

赤外線信号の到達距離は、一般に教室で用いられる直管型蛍光灯下で約 4 メートルあり、授業中など室内での利用には十分な距離であると考ええる。



図 4 赤外線送信機

5. 本システムの特徴

本システムでは、導入費用を抑えながら扱いやすさを実現するために、赤外線通信による制御を採用した。近年は無線通信が主流になりつつあるが、無線用デバイスは高価であるため、低コストを実現することは困難である。

赤外線通信の採用により、安価に多機能が実現できた。本システムでは、次のような機能を実現している。

1) 操作の非接触化による故障機会の低減

実習中はロボットに触れることなく、赤外線送信機からロボットに制御コマンドを送信するだけで操作ができるようになった。これにより、ロボット自体に直接触れての操作が減ることで、ロボットへの通信ケーブル接続でのコネクタ破損など、授業進行の妨げになるロボットの故障を減らすことにつながると期待できる。

2) オペレーティングシステムによる動作管理

ロボットの動作と赤外線通信は、メインボードのマイコンに書き込んだ独自開発のオペレーティングシステムによって管理される。赤外線通信は常時監視されており、通信開始の検出により自動的にコマンド受信処理がおこなわれるように設計されている。これにより、利用者はプログラム受信モードなど、ロボットの状態を気にせず操作をすることが可能となっている。

3) チームプログラミング実習に対応

今回開発したロボットには、「スロット」と呼ぶロボット制御プログラムの格納エリアを 4 箇所設けており、それぞれに別のプログラムを登録させることが可能である。さらに、これらのプログラムは、BASIC 言語の GOTO 命令に相当する命令によって、機能モジュールとして相互に呼び出して実行させることが可能である(図 6)。

現在のソフトウェア開発は個人でおこなうものではなく、数人がチームとなり、モジュールごとに分担して開発する。このようなプログラム開発形態を体験させることは、受講生に実務を意識した作業を体験させることにつながるため有意義であると考ええる。本ロボットシステムでは、個人での開発だけではなく、このようなチームによる開発形態も体験させることが可能である。

また、この機能により 4 人で 1 台のロボットを共有できるため、赤外線送信機だけを増やすことで、多くの受講生に対応できる。赤外線送信機の製作コストはロボット本体よりも安いいため、コストを抑えながら多くの受講生に同じ実習環境を提供することが可能である。なお、同様の機能を有する教材は現状では見当たらない。

4) 工学的なマイコン実習にも対応

マイコンに書き込まれているオペレーティングシステムを消去し、独自のプログラムを搭載させることが可能である。コントローラ部には Microchip 社のワンチップマイコン “PIC” シリーズにおいてポピュラーな PIC16F876を採用している。そのため、参考資料などが多く公開されており、容易に入手できる。

コントローラ部の基板には、サンハヤト社製の PIC マイコン用実験基板を採用している。そのため、プログラムの書き換えはマイコンを基板から外さずにおこ

なうことができる。

5) インテリジェント化された赤外線送信機

赤外線送信機にもマイコンを搭載しており、赤外線送信のタイミングなど、通信プロトコルは自動で制御される。さらに、コマンドインタプリタを搭載しており、ロボットの制御はアセンブリ言語に似たテキスト文字によるコマンドで指定することができる(表1)。そのため、独自の送信機制御ソフトウェアを開発することも容易にできる。

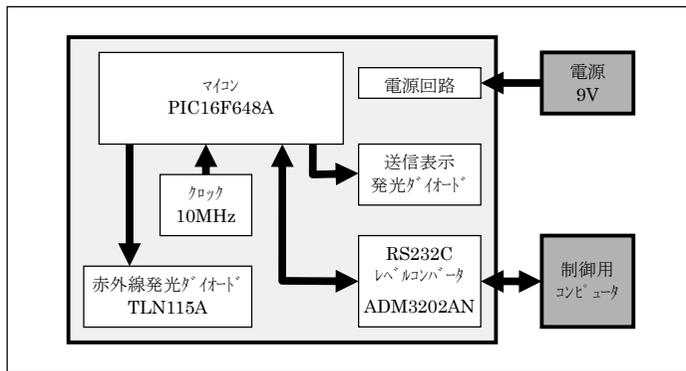


図5 赤外線送信機 概要図

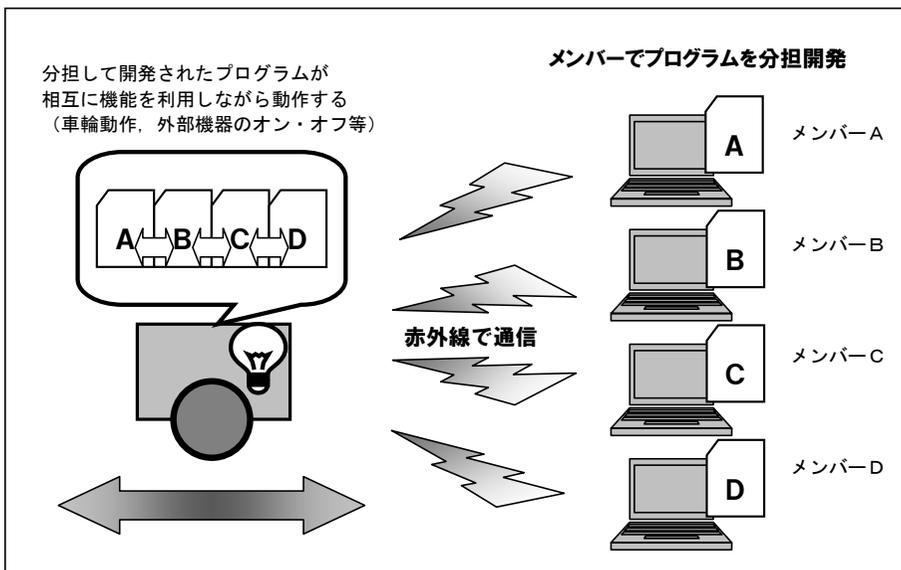


図6 本ロボットシステムによるチームプログラミング実習 概要図

表1 システムコマンド一覧

コマンド	ASCII表記	オPCODE(Binary)	パラメータ(8Bit)
モータ正転	MF	000101nn	モータの回転速度(10進数 0~9)
モータ逆転	MR	000110nn	モータの回転速度(10進数 0~9)
モータ停止	MS	000100nn	—
スイッチONコントロール	SO	001001nn	ONにするポートに対応するビットを1にする
スイッチOFFコントロール	SF	001000nn	OFFにするポートに対応するビットを1にする
入力ON判定ジャンプ	CO	010001nn	ジャンプ先ステップ番号(10進数 1~Max)
入力OFF判定ジャンプ	CF	010000nn	ジャンプ先ステップ番号(10進数 1~Max)
ステップジャンプ	JP	00000100	ジャンプ先ステップ番号(10進数 1~Max)
スロットジャンプ	JS	000010ss	—
ウェイト	WA	01110000	0.1秒単位でのウェイト(10進数 0~255)
プログラム終了	ED	01111000	—
スロットクリア	CS	100101ss	—
全スロットクリア	CA	10011100	—
プログラム開始(スロットロック)	PG	110000ss	プログラムするステップ数(10進数 1~Max)
サムチェック(スロット有効化)	PC	110010ss	転送したプログラムのチェックサム(10進数)
プログラム実行	GO	101100ss	—
システムリセット	RS	10000000	—
システム停止	HT	10001000	—

※オPCODE補足 nn: チャンネルID (2進数 00~11)
ss: スロットID (2進数 00~11)

※パラメータ補足 Max: 搭載マイコンのEEPROM容量による (最大255)

6. 今後の課題

現状のシステムでは、使用したマイコンに搭載できるプログラムサイズの制限により、ユーザによる変数の定義と、ループ制御命令は搭載できていない。どちらもプログラミングにおいて大切な概念であるため、現状のシステムをプログラマ教育に用いるには、機能が不十分であり望ましくない。

さらに、最近のパソコンにはシリアルポートが搭載されていないものが増えており、今後、現状の赤外線送信機の接続が困難となる恐れがある。シリアルポートではなく、現在のパソコンの主流となっているUSBポートに接続して使用できる赤外線送信機の開発が必要である。

近年、組込み用マイコンの需要増加により、大容量のプログラムメモリやUSB接続インタフェースの搭載など、これらの課題に適したマイコンも多く販売されている。現在採用しているPIC16F876以外のマイコンへの更新を検討し、システムの改善を目指したい。

おわりに

本稿で紹介したロボットは開発途上であり、プログラマ教育教材としての実用化のために、不足している機能の実現を急いでいる。今後はパソコンとロボットを併用した講義内容の検討など、プログラマ教育でどのように活用してゆくのか検討してゆきたい。

参考文献

- 1) 経済産業省, 2007年版組込みソフトウェア産業実態調査報告書—経営者・事業責任者向け調査, http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/technology/houkoku.html より2007年11月1日検索。
- 2) 全日本中学校技術・家庭科研究会, 創造アイデアロボットコンテスト全国中学生大会, <http://ajgika.ne.jp/~robo/> より2007年11月1日検索, など。