

エクセルBASICとUSBインターフェースを用いた プログラムロボット教材

Programmed Robot Materials Using Excel Basic and USB Interface

亀山 寛・宮崎克久*¹・野間翔太郎*²

Hiroshi KAMEYAMA, Katuhisa MIYAZAKI and Shoutarou NOMA

1 はじめに

技術・家庭の時間数の減少した中で、技術とものづくりに独自性のある新しい実践が登場している中で、特筆すべきは現在中学校でロボットコンテスト（以下ロボコン）の普及が広がっている点である。高専、大学や工業高校において広がったロボコンは、中学校で1990年代に先駆的な技術科教師によって実践が開始された^{1) 2)}。現在では中学校において、毎年全国規模のロボコンが開催され、2005年で5回を数えている³⁾。静岡県においても技術科教師がロボコン学習を実践し続けており⁴⁾、現在ではかなり普及している⁵⁾。これらロボコンは技術教育においては機械領域の教材と位置づけられるものである。現在では中学校に広がりを見せているロボコンをプログラムで制御するプログラムロボコンへ発展させることが望まれる状況になっているといえよう。

技術科教育において、ロボット車などをコンピュータプログラムで制御することは、以前の「情報基礎」時代から持続的に行われてきた。著者の1人も、かなり以前にプログラム制御する教材をいくつか開発した^{6) 7)}。それらの中にはプリンタインターフェースと Visual Basic (VB) でロボット車を使用してプログラム制御する教材もあった⁷⁾。しかし、Visual Basicがほとんどの中学校のパソコン室に備えられていなかったことなどの要因で、Visual Basicでロボット車をプログラム制御する教育実践は試みられることはほとんどなかった。またWindows2000以降のOSでは、プリンタインターフェースをビット単位の制御に用いることはOSの仕様上、困難になっている。

現在では、ロボットのプログラム制御をうたった教具が、いくつかの会社から市販されている。それらは初心者向けを意識しすぎて、アイコンの組み合わせでプログラムを作成したり (A、B、C社製⁸⁾)、現実のプログラム言語とはるかに乖離した、対象のロボット教材を制御することのみを想定している専用言語を用いていた (D社製) している。ロボット教材しか制御できないような特殊な言語を用いて場合、やさしいという長所は所有するものの、汎用性と発展性に欠けた、応用ソフトウェアの教育に近いものになってしまう。制御教育は意図しているが、プログラム教育を軽視したものとなっている。制御教育に大きな力点をおき、現実の

*1 静岡県函南町立函南中学校 *2 静岡大学教育学部学生

プログラム教育をほとんど考慮しない場合は、情報技術の基本の教育としてあまり相応しいと言えない。また研究指定校以外は現実の中学校に導入できないような非常に高価である市販品（E社製）もある。

これらの市販品共通していえることはロボットを制御する教育に大きな力点をおき、プログラム教育をあまり重視してない点である。と同時に現在普及しつつパソコンをプログラムロボットまで発展させる考慮はしてないし、適用もできないことも共通している。現状では情報技術の基本を教育することを目指すようなプログラムロボットを中学校に普及できる教材は開発できていない。また、大きなメーカが開発した「アイボ」などの本格的なロボットは、経済的な観点から普通の中学校で導入できるわけではないので、本研究の分析や研究の対象としない。以上の状況を考慮して、本研究はロボットをプログラムロボットまで発展させることができ、かつ情報技術の基本を教授できるプログラムロボットを中学生用の教材として開発することを目的としている。

数年前よりコンピュータと周辺機器とを接続するインターフェースがRS232Cやセントロニクス、SCSIからUSB (Universal Serial Bus) に変わり⁹⁾、そして周辺機器とを接続するインターフェースの主流となりつつある。ホットプラグ、プラグアンドプレイ (PNP) とハブ接続に対応し、電力供給も可能である。マウス、キーボード、プリンタ、MO、CD、DVD、ハードディスク、スキャナ、USBメモリ等の多くの周辺機器のUSB化が進んでいる。USB2.0の仕様で転送スピードもずいぶん速いものとなっている。このUSBを利用した教育用の制御教具の開発も重要である¹⁰⁾。ホットプラグ、プラグアンドプレイの機能は教具の機能を高めるものである。前研究¹⁰⁾はUSBのデバイスドライバの開発を主としたものであったが、今回はUSBインターフェースと接続したロボット教材の開発に焦点を合わせる。

情報教育は小学校、中学校、高等学校、大学で進展している。しかしながら中学校技術・家庭科における「情報とコンピュータ」の中で、技術科色が濃くて、独自性のある教材がほとんど見受けられない。プログラムロボット教材は「情報とコンピュータ」における技術教育の独自性が強い教材である。本研究はほとんどすべての中学校のコンピュータ実習室でも備えてあるエクセルのBASIC (VBA: Visual Basic For Application、以後VBAと呼ぶ) とUSBインターフェースを用いて、現在中学校に普及しつつあるパソコンに用いられるロボット車をプログラム制御できる教材システムを開発することを意図したものである。今回の研究ではプログラムロボットの教具と教材開発に重点をおいて行い、授業実践は開始しているものの、その報告は簡単な紹介に留める。プログラムロボットの教具と教材には以下に示すように多面的で、かつ解決が必要な多くの課題を抱えており、これらの課題解決だけで十分な検討が必要なことも、本研究をプログラムロボットの教具と教材開発に重点においた理由である。プログラムロボットの授業を成立させるためには、一定の経験、技能、ノウハウが必要であり、本論文ではこれらのノウハウを積極的に記載し、プログラムロボットの授業遂行に必要な情報を提供することを意図した。

また本研究で得られた情報や結果をWebページ¹¹⁾に示した。Webページを作成することによって、テキストだけで説明することが困難な情報を動画などで視覚的に示すことができるからである。今後は情報教育の研究や教材開発に大いにWebページを利用すべきであるが、本研究は内容の一部としてWebページの作成も含んでおり、Webページを積極的に援用したところに本研究の特徴がある。

2 プログラムロボットのハードウェアとソフトウェア

この章ではプログラムロボコンを実現するためのハードウェアとソフトウェアに関して論述し、そしてVBAを用いたプログラミング教育の利点を考える。

2-1 プログラムロボットのハードウェア

プログラムロボットのハードウェアとして次のものが挙げられる。

- ・ロボット製作に使用されるキット
- ・USB用マイクロコントローラCY7C63001を用いたUSBインターフェース

ロボコンの中学校への普及に伴って、中学生が製作するに適したロボットの製作キットが数社（例えばB、F社）から販売されるようになり、ロボコン学習の環境は整ってきた。そしてキットを構成する部品の性能も向上している。筆者の1人が10年以上前の「情報基礎」時代、MS-DOS上で動作するプログラム駆動ロボットを開発した時⁶⁾には、ギヤーボックスの性能の悪さに起因する走行性の悪さに大いに悩まされた。当時のギヤーボックスはその中に、径の大きい鉄製の歯車と径の小さい真鍮製の（ウォーム型）歯車を組み合わせて用いていた（F社製）。鉄製の歯車は薄いため、歯車のかみ合わせに問題があった。真鍮製の歯車の箇所は摩耗しやすく、歯車の山が簡単に削れてしまい、それがプログラムに大きく影響し、そして使い込みと共にプログラムを変更する必要があった。さらに使い込んでゆくと歯車が空回りをし、その役割を全く果たさなくなってしまう、ギヤーボックス全体を交換した。当時の部品の性能では、中学生が製作できる直流モータ駆動のロボット車では、満足なプログラムロボコンを成立させることが難しかった。

それに対して、現在の製作キット中のギヤーボックス（F社製）はプラスチック製の歯車がいわれており、材料強度と厚さが十分であり、かつギヤー比を変更でき、機能はかなり向上し、そして価格も高価でない。このため直流モータ駆動のロボット車に対して、プログラムによる走行の再現性が向上した。構成部品の性能の向上によって、中学生が製作できるロボット車でプログラムロボコンを成立させる物的な条件が整ってきたことを指摘したい。

USBインターフェースはパソコンとロボット車の接続が容易であり、ロボット車の教材としての利便性を向上させている。OSはWindow 2000やWindows XPでも使用できる。また出力は8ビット、入力4ビット使用できる。

2-2 プログラムロボットのソフトウェア

プログラムロボットのソフトウェアとして次のものが挙げられる。

- ・USBインターフェースをVBAで利用できるようにするvbausbio.dll¹⁴⁾
- ・エクセルに付属しているVBA

vbausbio.dll は米国のサイプレス社製USB用マイクロコントローラCY7C63001に対応したものである。サイプレス社製のUSB用マイクロコントローラとしては低規格（USB1.0）、低価格であるが、教材の機能実現には十分な性能を持っている。

著者の1人が数年前にCY7C63001に対応したデバイスドライバとそれに対応したVB用のDLLファイルを開発し、VBを用いてロボットとやLED点滅が制御できること示した¹⁰⁾。実際の問題として、教具の使用と普及に当たっては、独自のVender IDを取得する必要がある。

しかし経済的な理由などで、いまだVender IDを取得していない事情と、CY7C63001の仕入れに関して、例えば「最低発注数2,800個、単価200円、合計56万円、納期5ヶ月」のような条

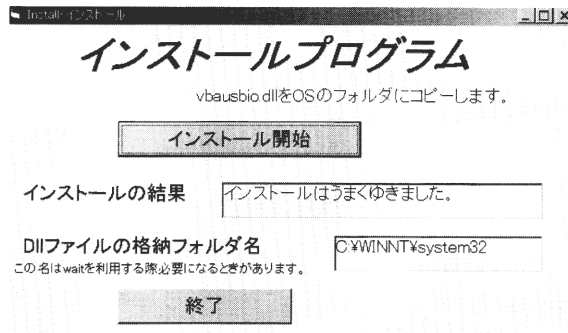


図1 インストールプログラムProInstall.exeの実行画面

件を受け入れないと商社から購入できないなどの理由から、今回は独自開発路線を採用せずに、デバイスドライバを埋め込んだ市販品を採用した。

最初に使用するパソコン内にvbausbio.dllをSystem32もしくはSystem (Windows 98やWindows Meの場合) にコピーする必要がある。実際に技術科教師と接して、このコピー作業が技術科教師にとってかなり負担になることがわかったので、これを自動的に行うソフトProInstall.exeを作成し、Webページとテキストの付録に掲載した (図1 参照)。作成に使用した言語はVBである。

また、エクセルに付属しているVBAの利用法を作成したテキストから転載して図2に示した。

(3) エクセル上でVBAを起動する。 回

「ツール」 → 「マクロ」 → 「Visual Basic Editor」 回

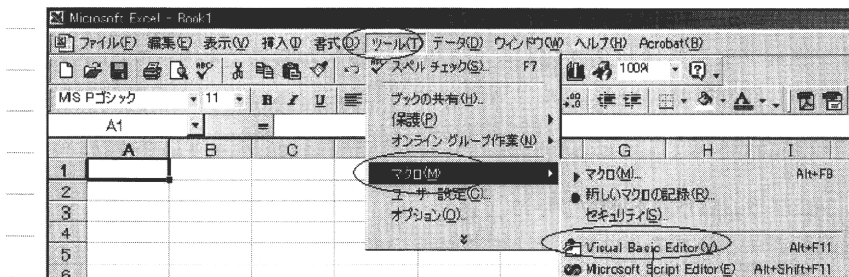


図2 エクセルVBAの起動方法 (作成したテキストでの記述)

エクセルでプログラムを作成してゆく際に、エクセルのセキュリティレベルを変更する必要がある場合がある。この変更は最初の1回でよく、変更方法はテキストの付録に示した。

2-3 VBAを用いたプログラミング教育の利点

本研究では中学校の「情報とコンピュータ」の教材であるプログラミングロボコンにおいて、

敢えてプログラミング言語としてVBAを用いたが、VBAを用いたプログラミング教育の利点として次の点があげられる。

- 1) オブジェクト指向スタイルをもつ言語であり、現代のオブジェクト指向言語を教育する側面をもつ。プログラムの第1段階として、既存のクラス（ツールボックス）を利用して、ページ内の設計を行い（オブジェクト化）、第2段階として、ページ設計の後に制御コードを書き入れて、プログラミングを行うやりかたである。
- 2) BASICを基本としているので、技術科教師が「情報基礎」時代、MS-DOS上のBASICでプログラム教育を行っていた経験と知識を生かせる。
- 3) エクセルに付随しているため、ほとんどすべての中学校で利用できる。
- 4) 自宅でパソコンとインターネットに接続できる環境をもつ生徒が増加しているが、VBAを用いた場合、生徒の自宅での学習が可能となるし、プログラムロボコンの授業終了した後、生徒が自宅にロボット車を持ち帰っても、VBAを用いて動かすことが可能である。
- 5) 「情報とコンピュータ」必修項目での技術教育の観点からの情報技術教育が可能となる。すなわち、必修分野でVBAを用いたハイパーテキスト作成を学習し¹²⁾、選択分野でVBAを用いたプログラムロボコンを学習する展開を行う¹¹⁾ ことである。
- 6) 高校での普通教科「情報」の教育に生かせる。教科「情報」でプログラミングを扱うことになっているが、すべてのコンピュータ実習室で使用できるプログラミング言語として、VBAが考えられており、教科書の記述がVBAに依拠して記述されているケースもある¹³⁾。
- 7) VBAでのプログラムロボコン学習では、1ページ内に複数のリンクされたオブジェクトをもつページから構成される複数ページの作成を行うことになる。この複数ページ作成はそれ自身、ハイパーテキストを作成していることになる。
- 8) VBAで作成された複数ページは一つのエクセルファイルにまとめてあるので、保存、コピーなどのファイル管理が容易である。一方VBを用いた場合、複数ページ（フォーム）を作成すると複数のファイルに分散するために、初心者にはトラブル要因になる場合があるが、この点、VBAのファイル管理がはるかに容易である。

3 ロボコンからプログラムロボコンへ

最初に記述したように、中学校にもロボコンが普及しつつある¹⁻⁵⁾。ロボコン用に作成したロボットをプログラムロボコンに利用する教材を開発することが本研究の目的の一つである。ロボコン用に作成したロボットをプログラムロボコンに利用するための留意点を4点示す。プログラムロボコンの場合、迷路を通り抜けることが重要な課題となる。迷路を通り抜けるアルゴリズムとして、左手1方向（あるいは右手1方向）の走行を採用する。そのために壁はいし走りが必要である。

留意点1) ロボット車は後輪駆動型で製作する。

現在、筆者らが調査した範囲内において、中学生用のロボコンのロボット車製作模型キットは前輪駆動型を採用している（B社とF社）。例えばF社のロボット車製作模型キットの製作例は図3のように前輪駆動型となっている。ロボット車製作模型キットが前輪駆動型であるのは、ロボット車にスピードが要求されるが、スピード走行には前輪駆動型が有利であることによる

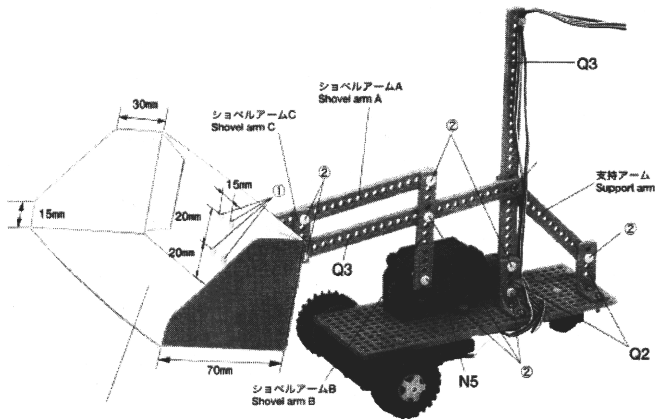


図3 前輪駆動ロボット車の製作例 (F社)

ためと推定される。

前輪駆動型の3輪車は構造上、プログラムで壁はい走行を持続しようとする、数回の壁はい走行の後、車の向きが壁と直角に向いてしまい、走行ができなくなる。このことは数種の前輪駆動の3輪ロボット車を作成し、壁はい走行を試みた実験結果である。その一例の動画をWebページに示した¹⁵⁾。本研究において前輪駆動の3輪ロボット車は、実際上の問題としてプログラムによる壁はい走行が困難であることがわかった。現実的な走行において、3輪を構成する玉ボアが構造上、固定した回転軸とならないからである。壁はい走行ができないとプログラムによる迷路走行に困難を来す。前輪駆動の3輪ロボット車はプログラムロボコンに不適である。前輪駆動のロボット車キットを後輪駆動に変更するには取り付け部品の大部分の配置を変更することになる。製作した後での変更は全面的に作り直すことになる。ロボコン時のロボット製作の最初から後輪駆動型に作成することが、プログラムロボコンへの移行への大きな必要条件であることがわかった。

留意点2) ロボット車に制御基盤を付加する。

ロボコン用時に製作した車に、USB用マイクロコントローラCY7C63001が組み込まれている制御基盤(図4)を付加すればプログラムロボコンが可能となる。図4に示した基盤の大きさは49×55mmである。4モータ制御可能であるが、本研究では3モータを用い、基盤にはモータドライブICのLB1630は3個取り付けられてあり、あと1個追加できるようにしてある。モータドライブLB1630を1個追加し、4モータ制御をすべて使用すれば、からくり人形ロボットやパフォーマンスロボットも可能であり、これらのロボット教材の開発は今後の課題である。入力信号は4ビット可能であり、今回は4個のスイッチを接続する。

この制御基盤の回路図を図5に示す。電源は単3電池4個で間に合うが、長時間使用する場合は外部電源3から5Vの使用が望ましい。また現実的な問題として、USBケーブルの長さや太さの問題がある。ケーブルの長さは3m程が適度であった。USBケーブルの太さは細いほどよいが、市販されているケーブルは太すぎたので、市販のフラットケーブル用の細い線を裂いたものを付け替えて使用した。ケーブル線の本数は4本のみであり、実際の半田付け作業など

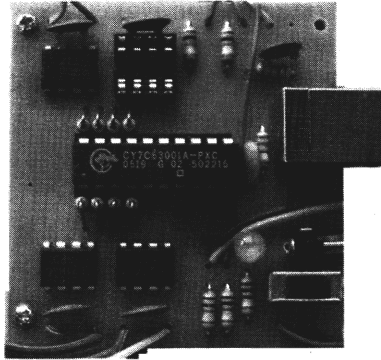


図4 CY7C63001が組み込んだ制御基盤（モータドライブLB1630は3個のみ）

はそれほど難しくない。なおこの制御基盤の回路図とCY7C63001が組み込んだ制御基盤のプロトタイプは本研究で開発したものである。CY7C63001にはDIP型とSC型があるが、DIP型を用いた。SC型にはハンダ接着に難点があり、中学生用の教具として制作上適さない。

留意点3) ロボット車にセンサー用スイッチを4個付加する。

単純な電気的なON-OFFスイッチをセンサー用として用いた。2個は壁との衝突検知に用い、1個はゴール検出に用いる。残りの1個は割り込みでロボット車を止めるのに用いている。VBAにはタイマオブジェクトがなく、プログラムの的にロボット走行を止めることができない場合が生じるからである。壁との衝突検知とゴール検出はスイッチの取り付けの高さの違いで

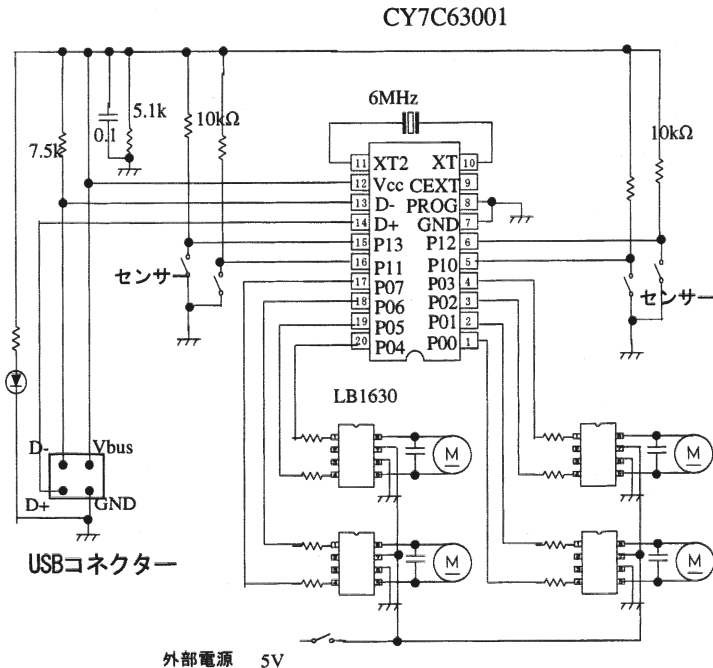


図5 回路図

行う。本研究で作成したロボットでは、壁検出用が32mm、ゴール検出用が10mmであった。

留意点4) ロボット車に壁はい用のローラを2個付加する。

壁はい用のローラは車輪の外側に位置するように、かつ競技所の壁の高さ以内に設置する。またローラが滑らかに回転するように取り付ける必要がある。使用したローラの直径は13mmから15mmであり、ローラを取り付けた高さは35mmであった。

以上の留意点を考慮に入れて作成した後輪駆動のロボット車を図6に示す。後輪駆動のロボット車が壁はい走行する動画の一例をWebページに示した¹⁶⁾。この動画には入力ゲートで4個のピンポン球を拾い、壁はい走行を行い、角(かど)の壁を検出し、直角に曲がって走行する様子と、ゴールを検出した後、運んできたバスケット内のピンポン球をゴール内に入れるロボコン車の映像が納められている。一つの方向の壁はい走行が可能ならば、複雑な迷路も理論上通り抜けることが可能である。ロボット車の長さは台車の部分で18cm、幅は車輪とローラ部分を入れて13.5cm(バスケット部分は含まない)、高さはアーム部分を入れて30cmである。

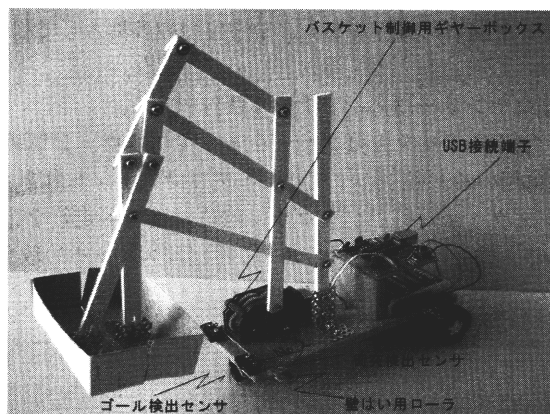


図6 後輪駆動ロボット車

4 プログラムロボコンの授業テキストとWebページ作成と授業展開

4-1 プログラムロボコンの授業テキスト作成

作成したロボット車を用いたプログラムロボコンの授業で用いるためのテキストを開発した。テキストをPDF化し、Webページに示した¹⁷⁾。中学生がVBAを用いて、制御プログラムを作成してゆくことを考慮して、エクセルファイル「生徒用車制御.xls」(図7)を各生徒に与えて、生徒がこのファイルを加工することからプログラムロボコンの授業を開始する。このファイルにはUSBインターフェースを利用した制御のための最初の基本的プログラムが組み込まれている。また、2枚のユーザフォーム(ページ)が挿入してある。「生徒用車制御.xls」はWebページからダウンロードできる。開発したテキストはエクセルファイル「生徒用車制御.xls」を使用することを前提として作成してある。

本テキストは次のような目次で構成されている。

第1章 エクセルVBAで私のロボコンページ作り



図7 生徒用車制御.xls

- 第2章 簡単なロボット制御プログラムを作成しよう
- 第3章 プログラムでロボットをリモコン操作しよう
- 第4章 壁はい走行するロボットのプログラムを作成しよう
- 第5章 ロボットに自動で迷路を通り抜け、ゴールにピンポン球を入れさせよう
- 第6章 情報技術と現代社会や職業

付録 インストールとエクセルのセキュリティレベルの設定

全体では23ページの分量である。VBAによるプログラムは通常は煩雑な扱い方が多く、簡単なものといえない。しかし、ロボット車のプログラム制御は生徒たちにとって大変興味深い事であり、プログラムの結果をロボット車の動きで知ることができ、関心をひきやすい。これらの制御プログラムに対する興味と関心で、VBAのかなり煩雑な使用方法を習得できるところがある。テキストの詳しい内容はWebページから知ることができるので、ここでは各章の簡単な内容と編集の意図を示す。

第1章「エクセルVBAで私のロボコンページ作り」はエクセルVBAの使用方法を学ぶことに限定しており、ロボット車の制御プログラムコードは扱わない。エクセルの立ち上げ画面から、VBAの画面（Visual Basic Editor）を開くことで始まる。図6で示されている生徒用車制御.xlsのVBAのユーザフォーム1に自分の氏名を入力し、プログラムロボコンへの自分の思いなどを書き入れることが最初の課題である。ユーザフォーム2に、ラベルを貼り付け、タイトルを入れ、イメージにロボット車の写真などを貼り付けるなどを通して、VBAでのページ内のオブジェクトの作成法とプロパティの使用方法を学ぶ。これらを通じて、VBAの扱い方を学習する記述となっている。また、ページ間のリンク方法としてshowとhideをも学ぶ。VBAの扱い方が初めての生徒を想定していて、第1章はVBAの基本的な扱い方にかんがりのページを割いて記述してある。

第2章「簡単なロボット制御プログラムを作成しよう」からロボット車を制御するプログラムコードを学ぶ。最初にはコンピュータによるモータ回転を制御するしくみを載せた。第2章

の最初の課題は「UserForm 1 (ユーザフォーム 1) 「前へ」 ボタンと「止める」 ボタンに前進と止めるプログラムを作成しよう」である。ロボット車を1秒前進→1秒止まる→1秒後退のプログラムの記述例をリスト1に示す。

リスト1 ロボット車を1秒前進→1秒止まる→1秒後退のプログラム

```

out (10)           ' 前へ
Wait (1000)        ' 1秒持続
out (0)            ' 止
Wait (1000)        ' 1秒持続
out (5)            ' 後へ
Wait (1000)        ' 1秒持続
out (0)            ' 止まる
    
```

リスト1から、ロボット車の走行を制御するプログラムはかなり簡単であることが伺えるであろう。

第3章「プログラムでロボットをリモコン操作しよう」に入って、このところではじめて生徒は自分で新しいユーザフォームの作成方法を学ぶ。これは、VBAの操作法も制御プログラム学習の深化と共に学ぶように配慮した結果である。リモコン操作はマウスによる方法とテンキーによる方法が組み込まれている。テンキーによるリモコン操作はテキストボックスの入力操作を利用することによって行っている。テンキーによるリモコン操作によって、リモコンボックスを用いて手動制御するのと同様な操作がテンキー操作で行えることになる。

第4章「壁はい走行するロボットのプログラムを作成しよう」で入力センサーを利用するようになってきている。入力センサーを用いた、前進→壁に衝突を検知→後退を続けるプログラム例を示す。

リスト2 前進→壁に衝突を検知→後退を続けるプログラム例

```

For i = 1 To 10
  out (10)           ' 前進
  Wait (50)
  If inA = 6 Then    ' 衝突検知
    out (5)          ' 後退
    Wait (1000)      ' 1秒持続
  End If
Next i
out (0)             ' 止まる
    
```

ロボコン車の前の左右に取り付けた2個のセンサーを利用すると細やかな動きが制御できるようになる。すなわち、ロボット車の壁への衝突の位置状態が、1) 右センサーのみによる衝突情報、2) 左センサーのみによる衝突情報、3) 左右同時の両方のセンサーによる衝突情報、によっておのおの異なるので、三つの位置状態に対応したプログラムを組むことによって、ロボット車の走行を細かに制御できることになる。

第5章「ロボットに自動で迷路を通り抜け、ゴールにピンポン球を入れさせよう」では図8のような競技場でピンポン球を拾い、壁はい走行を行い、迷路を通り抜け、ゴールに到着し、

ゴールにピンポン球を入れる競技を想定している。競技場の作成で重要な点は壁の高さであり、今回は競技場の壁の高さは内側で50mmに設定した。壁はい動作をうまく行うには、バスケットを壁の高さ以上に持ち上げて走行する必要がある、このことにより壁の高さの上限が定まる。またローラが壁に接触する必要がある、この条件から壁の高さの下限が定まる。また、走行するには競技場の底板に化粧カラー合板おもて面、アクリル板やプラスチック板の使用は、ロボット車が滑って空回りするので不適である。レース場の底板には一定の摩擦を生じる粗さが必要である。図8からわかるように迷路には、取り外しが可能なように長方形の木製ブロック

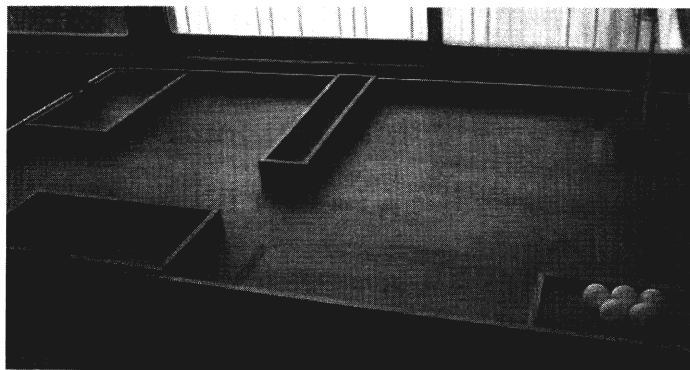


図8 プログラムロボコン競技場

をクランプなどで固定して作成した。

図8の競技所の大きさは畳1枚分(180×90cm)の広さがあり、ロボット自体の大きさを考慮すると、図8程度の迷路しか設定できない。図8と同様な競技場をもう1レーンを作成し、練習では別々に使用し、大会では2レーンを組み合わせて、一つのレーンとし、もっと複雑な迷路を作成することを構想している。

プログラムロボコンには競技ルールが重要な役割を果たす。本テキストに掲載した例を以下に示す。

プログラムロボコンのルール例

バスケットの変形や作り直しは行って良い。ただし、作り直しを行った場合は、競技後もとのバスケットにもどすこと。自分のロボットで競技に参加すること。

得点ルール

- 1) 出発点でピンポン球をバスケットに入れる。ピンポン球1個につき、この操作をプログラムで行うと4点、リモコンで行うと2点とする。60秒以内で3回まで試みることが出来る。ピンポン球1個もしくは0個の時は手渡しで2個受け取ることができる。手渡しを選んだ場合は0点とする。リモコン時と手渡し時はバスケットの高さをリモコンで調節する。またピンポン玉の最大個数は5個までとする。2回目以降の試行は2点ずつの減点とする。最高得点20点で最低得点は0点。
- 2) 壁はい走行でチェック点を1カ所通り抜けたら、5点追加する。4カ所チェック点が競技場で設定しており、合計20点
- 3) ゴール箇所へ到達して、ゴールを検出できたら5点追加
- 4) ゴールにボールを規定のゾーンAに自動に入れることが出来たら、ピンポン玉1個につき

3点とする。規定のゾーンBに自動で入れた場合、ピンポン玉1個につき5点とする。リモコンでゾーンAもしくはBに入れた時はピンポン玉1個につき1点とする。最高得点25点。以上合計70点である。

- 5) 時間点を3段階設定し、時間点は最大30点（時間配分は競技場などをみて決める）総計100点

競技ルール

- 1) 競技は班単位の団体で行う。
- 2) 予選は班単位で行い、班の得点順に上位2名が決勝のメンバーとする。同点の場合はじゃんけんでメンバーを決定する。予選は班毎に同じ時間帯で行うものとする。
- 3) 予選の得点は班の平均得点（班構成員の合計得点/班の構成人数）とする。
- 4) 決勝は改めて競技を行い、決勝での班の合計点数と予選の平均得点の総和で順位を決める。決勝は同じ時間帯で行うものとする。
- 5) 競技は競技班以外から 審判2名、計時1名、進行1名、記録1名を選出して行う。

第6章の「情報技術と現代社会や職業」には技術教育は情報技術を含めて、その教育的意義は生活技術に限定されるものでなく、生産技術、現代技術、職業教育（キャリア教育）に寄与すべきとの観点で記述した。情報技術と職業の記載は次のようである。

情報技術と職業

皆さんは技術や情報技術を学んできましたが、現代社会においては、技術や情報技術に関わる仕事や職業は数多くあります。テレビや新聞などを通じて、情報技術に関連した仕事や職業に関する情報に接する機会も多いでしょう。皆さんも将来このような方面で職業をもつこともあると思います。この方面の職業に皆さんの力が発揮され、自己実現をはかることが実現できるとしたらそれはすばらしいことです。情報技術の分野だけでなく、どのような分野の仕事や職業においても、コンピュータを大いに活用しています。今後もコンピュータやソフトウェアと情報技術、そしてそれらに関連した職業に大いに関心を抱き続け、種々の機会でこれらのことを学んでゆく必要があるでしょう。

付録にはDllファイルvbausbio.dllのインストール方法を示した。このインストールを自動的に行うソフトProInstall.exeを作成し、Webページからもダウンロードできるようにした¹⁸⁾。エクセルのセキュリティレベルの設定も記載した。

4-2 プログラムロボコン用のWebページ作成と公開

本研究で得られた情報や結果を次のアドレスのWebページに公開した。

<http://pcb209e.ed.shizuoka.ac.jp/Robo/ProRobocon5.htm>

中学校へのプログラムロボコンの普及にはWebページ化が重要と考えたからである。教師がプログラムロボコンに関する情報と必要なエクセルファイルを、空間と時間を超えて簡単に得ることができることはいうまでもない。特に情報とコンピュータに関する情報教育の内容は教育内容上、積極的にWebページを利用することは望ましいことである。と同時に本研究の内容は、文書だけで説明することが困難な情報を含んでおり、動画で示すことによって初めて説明できると考えたからである。例えば、前輪駆動ロボット3輪車の壁はい走行の困難なことや、

後輪駆動ロボット3輪車の壁はい走行などは、動画によってはじめて理解できることなどである。

なお、本Webページの内容は本論文の内容に深く係わるものなので、インターネットへのWebページの公開の時期は本論文の執筆に合わせて行った。本Webページは次のようなメニューをもっている。

- 1) プログラムロボコンの映像 (ロボットがプログラムで自走かつ玉入れの映像)
- 2) 生徒用テキスト例 (中学校技術・家庭科「情報とコンピュータ」で使用)
- 3) USBファイルなどのインストール情報 (ダウンロードファイル)
- 4) プログラムロボコンプログラム例
- 5) ロボコンからプログラムロボコンへ (ロボコン車を利用するには)

プログラムロボコンの授業実践を踏まえて、将来的にはさらに充実する予定である。

4-3 プログラムロボコンの授業展開の方法

プログラムロボコンの授業は「技術とものづくり」と「情報とコンピュータ」の両方を含ませることが可能なので、その授業展開には種々のケースが考えられる。ロボコン自体が「技術とものづくり」に属する教材なので、プログラムロボコンは「情報とコンピュータ」の教材として扱うのが適当であろう。以下に代表的な授業展開の方法を示す。

- 1) プログラムロボコンのみを選択技術で展開する。

ロボット車本体を用意する方法と、生徒が自作する方法とに分かれる。自作の場合は学習内容が多くなるので、時間的にかなりハードになる。ロボット本体を用意する場合はプログラムロボコンのプログラミングに十分時間を費やすことができる。

- 2) 「技術とものづくり」でロボット車の製作を行い、ロボコンを行う。そして「情報とコンピュータ」で製作したリモコンロボットを改造し、プログラムロボコンを行う。

プログラムロボコンを想定する場合、製作するロボットはある程度、構造は複雑でなく、後輪駆動を選ぶ必要がある。詳しくは第3章のロボコンからプログラムロボコンへを参照。

- 3) 「情報とコンピュータ」必修の時間でVBAを用いたプレゼンの作成、プレゼンのテーマは「情報とコンピュータ」の範囲内に限定する。「情報とコンピュータ」の選択の時間でVBAを用いたプログラムロボコン学習を展開する。VBAで「情報とコンピュータ」必修と選択両方を行う特色がある。必修での展開は詳しくは文献12を参照。

ロボコンからプログラムロボコンへの授業展開する場合、ロボコンの扱いは通常行われているロボコンより、ロボコン車自体に一定の条件を課せないといけないので、通常展開されるようなロボコンに比較して、軽い扱いになる。またロボコンとプログラムロボコンは異学年でのとりあつかいになる場合もある。

しかしながら、どのような授業展開が望ましいかは実際に授業を実践し、検討を加え、吟味して行くことが必要であろう。

4-4 プログラムロボコンの授業実践

プログラムロボコン授業実践は静岡県函南町立函南中学校、静岡市立清水第二中、静岡大学教育学部技術科で、現在進行中である。

静岡大学教育学部技術科では情報処理応用実習で学生22名程を対象として行った。この科目

の前半は、VBを用いた発光ダイオード点滅シミュレーション、後半をプログラムロボコンの授業に充てた。ロボット本体は用意し、VBAを用いた制御プログラムの作成の学習を行った。本研究で作成したテキスト（第5章）を使用している。パソコンとして学生が自分のノートパソコンを教室に持参したものを使用した。プログラムロボコンを卒業研究のテーマにしている学生が授業補助に入って、効果的な役割を果たしている。2回の授業が終えた段階であり、結果の報告を出すまでに至っていない。3台ほどのロボット車本体が機械的な衝撃で壊れるトラブルが発生しているものの、受講学生は一律に熱心取り組んでおり、現在までのところ順調に進んでいるといえる。

静岡県函南町立函南中学校で行っている、授業実践を簡単に紹介する。3年の選択技術で前半はロボット車の製作、後半はプログラムロボコンを行っている。2005年11月9日、「かかわり合い」のテーマでの校内研修を行った。グループ毎に模造紙に走行コースを考案し、そのコースを自動走行するようプログラムを組む授業を公開した。生徒は自分たちが考案した走行コースを自動走行するように、熱心にプログラムを工夫していた。授業としては途中の過程である。

清水第二中では、本年度、3年の「情報とコンピュータ」の必修の授業でVBAを用いたプレゼンテーションの作成、選択でVBAを用いて「プログラムで制御するロボットの学習」に取り組んだ。これらの実践内容はレポート化されている¹⁹⁾が、プログラムで制御するロボットの学習の授業は現在進行中である。

プログラムロボコンのこれらの授業はいずれも、現在進行中であるので、詳しい報告は本論ではできなく、プログラムロボコンの授業実践とその分析に関しては課題として残された。

5 討論

最近の情報技術とソフトウェアの進歩は、使用方法がより簡単に、より広範囲の情報の処理が可能になってきており、複雑多岐にわたる使用法は易しく扱えるように工夫されている。その一方、そのハードウェアの実体やソフトウェアのしくみはますますブラックボックス化し、それらのしくみは見えにくくなっている。このような中で、情報教育のあり方として、それらの使用方法を効率よく教えるというより、情報技術の基本と教えてゆく重要性は増している。ソフトウェアのブラックボックス化が進行する中で、ソフトウェアの根本といえるべき、現代のプログラミング言語、生きて使用されている汎用言語を体験する重要性は増している。以上の要請に応えるものとして、本研究でVBAとUSBを用いたプログラムロボット教材の開発を行った。VBAとUSBを用いたプログラムロボット教材の特徴として

- 1) 現代のオブジェクト指向言語教育を行うことができる。
- 2) 情報技術の基本の学習になる。汎用プログラミング言語に近いVBAによるプログラミングは情報技術の基本といえる。
- 3) 現在中学校で普及しつつあるロボコンをプログラム制御ロボコンに発展させることができる。
- 4) VBAを用いるので、「情報とコンピュータ」の必修分野において、技術教育的展開¹²⁾が容易になる。
- 5) 現在、高校の普通教科「情報」やさらに大学の情報教育、さらに就職後の情報教育と情報

教育の裾野は大きく広がりつつあるが、VBAを用いた「情報とコンピュータ」教育はVBなどのプログラム教育に生かされ、将来の発展性が期待できる。

- 6) コンピュータと周辺機器とを接続するインターフェースの主流となってきたUSBを用いており、ロボット制御プログラム学習に必要なときに何時でもUSB接続でコンピュータと接続を行うことができるし、このような体験を通して、USB接続の長所を学習できる。などが挙げられよう。

一方本教材の問題点は、ロボットとコンピュータの間を接続するのにUSBケーブルが必要なことである。この欠点の克服方向として、1) 無線USB規格を用いる、2) USBでなくPICを用いる、の2方法が考えられる。無線USB規格は規格自身が登場したばかりで、教材の段階までの開発に数年を待つ必要がある。ここではPICの使用について考察を行う。

現在までにPICを用いたロボット制御教材の開発は多くなされている。PICを用いたロボットの最大の長所はコンピュータとロボット本体が物理的に切り離して扱える点である（いわゆる自律型ロボット）。しかしながら、現実のPICを用いたロボット制御の教材は使用するプログラミング言語に大きな問題がある。PICの場合²⁰⁾、C言語でプログラミングできるケースが多いが、C言語は中学生には導入が困難である。アセンブリ言語も同様、普及に困難が付きまとう。またBASICでPICのプログラミングも可能であるが、残念ながらBASICといっても、MS-DOS時代BASICに近く、VBやVBAには載らず、この点に中学生の教育用として、大きな弱点をもっているといわざるを得ない。

PICを用いたロボット制御に独自の簡易制御言語を開発することが多く行われ、市販されている。第1章に紹介したようにアイコン言語もしくは専用言語を用いる場合である。アイコンの組み合わせでロボット制御を行う行き方は、情報技術の基本と教えてゆく観点から、大きな疑問を持たざるを得ない。コンピュータによる制御を扱っているが、ソフトウェアのブラックボックス化に抗するより、迎合する側面があるといえる。また、アイコンの組み合わせでロボット制御する授業を情報教育の研究として行うことに、情報技術教育の積極性を見いだしたい。対象のロボット教材を制御することしか使用できない専用言語を用いる行き方も、現在使用されている汎用言語の教育を敢えて避けている側面があるといえる。

中学生が対象となるようなPICを用いたロボット制御の教材開発は多くの人々、会社によって行われてきたが、現在市販されているロボット制御教材に共通して1つ欠けている点がある。PICの制御プログラムを現在多く用いられているWindows上の汎用プログラミング言語に組み込んで、汎用プログラミング言語で制御プログラムを組むようにする方式を採用していない点である。この要因として、情報技術の基本的教育として、Windows上の汎用プログラミング言語による教育をほとんど重視していないか、もしくは情報技術の基本を教育することを重視していないかのいずれであろう。以上の理由の他に、独自のプログラム方式による付加価値を付け、収益増大を意図したなどの市販上の理由も推定されよう。

PICを用いた自律型ロボットの最大の長所はコンピュータとロボット本体が物理的に切り離して扱える点であるとしたが、教材として考えた場合、ロボット技術の教材という性格が強くなり、コンピュータ教育の性格が弱くなることは否定できない。一方ロボットとコンピュータの間をUSBケーブルで接続した状態でプログラム開発を行う本研究のプログラムロボットは、汎用言語を用いた情報教育の性格が強く出せるといえる。

以上のように考察を踏まえると、本研究で開発したエクセルBASIC (VBA) とUSBイン

ターフェースを用いて、ロボットをプログラム制御する教材の開発は非常に価値をもっているといえる。

6 まとめ

本研究でエクセルBASIC (VBA) とUSBインターフェースを用いて、ロボコン教具をプログラム制御する教材システムを開発できた。プログラムロボコンまで発展させることができ、かつ情報技術の基本を教授できる中学生用の教材である。ロボコン用に作成したロボットをプログラムロボコンに利用するための留意点 1) ロボット車は後輪駆動型で製作する、2) ロボット車に制御基盤を付加する、3) ロボット車にセンサー用スイッチを4個付加する、4) ロボット車に壁はい用のローラを2個付加するの4点を明らかにした。「情報とコンピュータ」で使用できるプログラムロボコンの授業テキストを作成した。これはエクセルファイル「生徒用車制御.xls」の使用を前提として記述した。また、プログラムロボコン用のWebページを作成し公開した。Webページからロボット車の壁はい走行などの動画情報なども得られる。プログラムロボコン用の授業展開の方法も示した。

以上のことによって、ロボコンからプログラムロボコンへの接続した授業や、VBAを用いて「情報とコンピュータ」における必修と選択領域で統一的に技術教育的展開ができる見通しが多かった。プログラムロボコン授業実践は函南中学校、静岡大学教育学部技術科などで、現在進行中であり、授業実践の報告と分析は課題として残された。なお、本研究の遂行の一部に平成17年度静岡大学教育学部活性支援経費の支援を受けた。

参考文献

- 1) 下山大：「物作りを通してたくましく生きる力と、自ら学び考える創造性を育む授業実践—八戸三中におけるロボコントーナメントの歴史と教育的効果について—」、日本産業技術教育学会誌、第39巻第4号、1997年、pp.269-272
- 2) 鈴木泰博：「技術科におけるロボットコンテストの実践」、日本産業技術教育学会誌、第40巻第1号、1998年、pp.53-56
- 3) 田口浩継、山本利一：「第4回創造ものづくりフェア「ロボットコンテスト」の実施報告」、日本産業技術教育学会誌、第46巻第2号、2004年、pp.53-58、全国中学生創造ものづくり教育フェア：ロボットコンテストは次のWebページから知ることができる。
http://ajgika.ne.jp/fair/5/blog/archives/cat_robocon.html
- 4) 水口大三：「私のロボコン授業・8年間の記録」、技術教室、2000年10月号、pp.18-25
- 5) 堀内祥行：「「人」や「もの」とのかかわりを深め、生活を工夫し創造する力を育てる授業—高校、企業、地区中学校との関わりを生かし、豊かな感性や想像力を育むロボットコンテストの実践」、静教組第54次教育研究集会、2004年、この内容は次のWebページから知ることができる。http://tamiya.com/japan/robocon/practice_0303/
小澤慶晃：「競技用ロボットの設計・製作とロボットコンテスト」、静教組第54次教育研究集会、2004年

- 6) 亀山寛：「プリンタインターフェースを利用した制御教具の検討」、日本産業技術教育学会誌、第35巻3号、pp.185-193、1993年
- 7) 亀山寛、鷲野富哉：「ウィンドウ環境と情報基礎」、日本産業技術教育学会誌、第41巻第2号、pp.55-62、1999年
- 8) 教材開発の会社名は研究論文である性格上、具体名を揚げないこととし、代わりにAからE社と呼ぶこととする。
- 9) 例えば「USB拡張店頭全カタログ」、ASCII、Vol.24、2000年2月号、pp.159-177には300種類前後のUSB接続の製品が掲載されている。
- 10) 亀山寛、戸塚雅彦：「USBインターフェースを備えた制御教材の開発」、日本産業技術教育学会誌、第45巻第3号、pp.135-141、2003年
- 11) <http://pcb209e.ed.shizuoka.ac.jp/Robo/ProRobocon5.htm>
- 12) 亀山寛、内山真路：「情報とコンピュータ」教育におけるオブジェクト再利用プログラミング教育」、静岡大学教育学部附属教育実践センター紀要第11号、pp.65-80、2005年
- 13) 岡本敏雄、山際隆編集：「情報B」、実教出版、2003年
- 14) <http://homepage2.nifty.com/bake/USB001.htm>
- 15) <http://pcb209e.ed.shizuoka.ac.jp/Robo/Robocon/前輪駆動壁はい.WMV>
- 16) <http://pcb209e.ed.shizuoka.ac.jp/Robo/Movie/Movie5.htm>
- 17) <http://pcb209e.ed.shizuoka.ac.jp/Robo/pText/VBAでロボコン3.pdf>
- 18) <http://pcb209e.ed.shizuoka.ac.jp/Robo/Inst/PRoboInst5.htm>
- 19) 才茂一幸：「人」や「もの」とのかかわりを深め、生活を工夫し創造する力を育てる授業－「情報とコンピュータ」分野におけるVisual Basic for Applicationを利用した技術教育的展開」、静教組第55次教育研究集会、2005年、なお本レポートは日教組第55次教育研究集会、2006年、2月に発表された。
- 20) 後閑哲也：「電子制御のためのPIC応用ガイドブック」、技術評論社、2003年