

4 制御教育への利用

紅林秀治 静岡大学

情報化社会における技術リテラシー

マイクロコンピュータの出現以降、今日まで多くの電化製品や自動車等の機械にコンピュータが組み込まれるようになってきた。それまでは単体で動いていた機械の中にコンピュータが埋め込まれ、今日ではほとんどの機械がコンピュータと相互に関連するかたちで動作している。現在の私たちの生活は、家庭ごとに100個近いCPUが動作していると言われるほどシステム化された製品に支えられている¹⁾。

このような状況を正しく認識し、「コンピュータで制御されているものに囲まれている」ことの意味を理解しておくことは、これからの情報社会を生きる上で重要な基礎知識となる。

しかし、そのための専門知識を理解することを考えると、機械、電気回路、材料、ハードウェア、ソフトウェア等に関する個別の知識が必要になり、多くの人にとって理解することは容易ではない。

そこで、高校までに行う教育では、「新聞、テレビ等で専門家による解説を聞いたときに、その内容を理解できる」ようになるための基礎知識を習得することを提案したい。

また、システム化された技術に関心を持ち、それらの技術を専門的に学び発展させていこうとする人材を育成していくためにも、普通教育としての技術教育が重要である。

学校教育における制御学習の状況

日本の教育課程において、義務教育の中で普通教育としての技術教育を行う唯一の教科は中学校の「技術・家庭科」である。

技術・家庭科の技術分野では、「A技術とものづくり」

と「B情報とコンピュータ」の2つが学習内容²⁾として定められている。

本来はこれらが結び付いた学習が期待されるが、現実には両者は独立して扱われており、残念ながら機械と電気回路、コンピュータが結び付いたかたちでの教育は行われていないのが実情である。

新聞等で話題になるロボットコンテスト(ロボコン)に関しても、中学校においては生徒が手動で操作するかたちになっているため、機械と電気回路の学習として効果があっても、コンピュータと関連させた制御の学習にはなっていない。

学校教育における授業事例

2007年3月10日に一橋大学で「教育用プログラミング言語ワークショップ2007」が開催された。ここでは計測制御分科会で報告された3つの事例を紹介する。

3軸自律型ロボットによる制御教育

西ヶ谷浩史氏(静岡大学教育学部附属島田中学校)は、中学校の技術・家庭科の授業を報告した。MYUロボ^{☆1}という車型のロボットを制御する教材において、左右の車輪を2個のモーターでコントロールする2軸制御を拡張し、さらにモーターを追加した3軸制御を実現することにより、「物を持ち上げる」、「物を運ぶ」といった作業を行えるようにした。

意味のある仕事をさせるためには、「センサ等を利用してロボットを適切な場所に移動し、そこで対象物を認識しながら持ち上げる」といった、複雑な制御が必要になる。このような動作をあらかじめプログラムとして作成し、ロボットに転送して自律的に動作させる。

図-1に作品例を示す。左右の2個のモーターで移動

^{☆1} <http://www.geocities.jp/shuinoue/myurobo/>

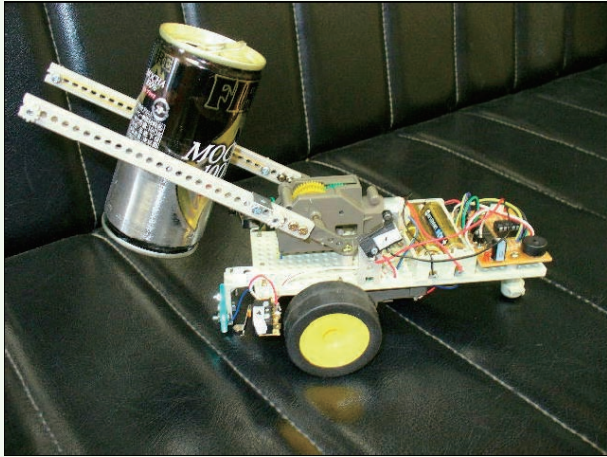


図-1 3軸自律型ロボットの作品例

```

ロボ＝ MYU ! 『com1』 作る。
ロボ：スタート設定＝「! 1番 入力なし」の間「!
  モーター左」実行」。
ロボ：缶ひろい＝「! 40 モーター右 10 停止
  20 モーター左」。
ロボ：下がって左＝「! 10 後退 5 右回り」。
ロボ：下がって右＝「! 10 後退 5 左回り」。

ロボ：転送命令＝「!
  はじめロボット
  パワーオンスタート
  スタート設定
  「! 前進
  「! 2番 入力あり」なら「! 下がって右」実行
  「! 3番 入力あり」なら「! 下がって左」実行
  「! 4番 入力あり」なら「! 缶ひろい」実行
  」繰り返す
  おわりロボット
  」。
ロボ！転送命令。
  
```

図-2 3軸自律型ロボットの制御プログラム例

し、1個のモーターで缶を運ぶ動作を行う。図-2はドリトルで記述した制御プログラム例である³⁾。実行するとセンサスイッチで缶を探しながら前進し、缶に触れるとアームを下げてから持ち上げ、後退する。

Cricket を用いた小学生向けワークショップ

森秀樹氏（CSK ホールディングス）は、企業の社会貢献の取り組みとして、小学生にワンボードマイコンである Cricket を用いた工作と制御を行う授業^{☆2}を実践している。

子供たちは工作として自分のおもちゃを作り、その中にモーターと Cricket を組み込んでプログラムから制御する。プログラムはパソコンの画面上でタイルを組み合わせるかたちで作成する。このように工夫することで、小学校1、2年生という低学年の児童から制御プログラムを体験できるようにした。

小学生の視点から、「おもちゃという機器の中に機械とコンピュータが内蔵され、協調して動いていること」「それらは人間が設計し、実際に組み立てたりプログラミングして動作していること」を体験できる実践として評価したい。

図-3に教材である Cricket を示す。図-4は Cricket の作品例である。

火星ローバーコンテストの報告

中村講介氏（福岡新宮町立新宮中学校）は、「機械にプログラムが内蔵されて自律的に動作する」モデルを中学生に体験させるために、火星探検ロボットという想定で授業を行った。

使用した教材は JAPAN ROBOTTECH 製の制御ロボット教材^{☆3}である。このロボットには2個の衝突検知センサが搭載されている。授業では火星探検を想定したコースを作り、それを通り抜ける課題を生徒に与え、クラス内でコンテストを行っている。図-5は、コンテストを行っているときの生徒の様子である。

このコンテストの特徴は、地球からロケットで送り込んだロボットが火星で自律的に動くモデルを想定しているため、コンテストの中で生徒はいっさい手出しをできないというルールにある。生徒にとっては自分が作ったプログラムがすべてであり、真剣にプログラム作成に取り組むことにつながった。プログラムはタイル形式で作成したため、構文エラーは発生せず、プログラム作成に

☆2 <http://cricket.camp-k.com/>

☆3 <http://www.japan-robotech.com/>



図-3 Cricket

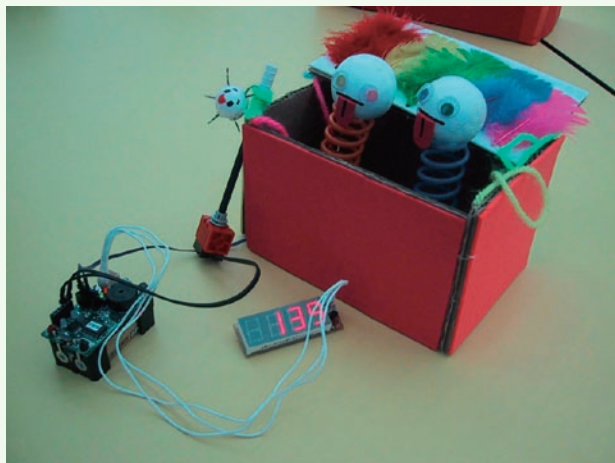


図-4 Cricket の作品例

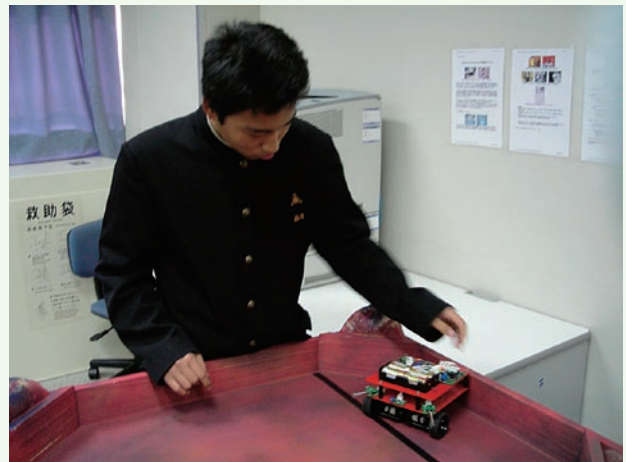


図-5 火星ローバーコンテスト

集中できた。

制御学習が生み出すもの

制御学習を体験することで、子供たちはさまざまなことを学ぶことができる。

システムの考え方が分かる

制御を学習する中で、子どもたちは、自分が作ったロボット教材が思ったように動作しなくて困る場面を頻繁に経験する。そのときに、自分が作ったプログラムとロボットのどちらが悪いのかを悩み始める。そして、作業する過程で、プログラムとロボットは、「両方が動かないと全体が動かないし、逆にどちらかの多少の不具合はもう一方を修正することで補える」というソフトウェアとハードウェアの相補的な関係に気づくことになる。

さらに、中学生の技術・家庭科の授業では、情報の授業とものづくりの授業を合わせたかたちで取り組むこ

とが可能であるため、機械的な部分、電解回路的な部分、ロボットに使用する材料の強度、基板のコンピュータ、制御プログラム、のどれか1つの不備でも正確に動作しないことを体験できる。これは、それぞれが連動しシステムをなして動いていることを理解することになる。言葉で説明してもなかなか分からない難しい概念であるが、制御教材を使うことで体験的に理解できるようになる。

ソフトウェアの大切さが分かる

コンピュータを積んで制御している以上、プログラムは絶対に必要になる。自分が作ったロボットをどのように動作させるか規定するプログラムによりロボットの動作が決まる。また、プログラムを変えることで、まったく違った動作のロボットになってしまう。

この体験は、プログラムの特長を端的に表している。制御プログラムの体験でなくても、純粋なプログラムの体験でも分かるが、制御学習の場合ロボットの動きではっきり評価できるため、子どもにとってもインパクトが

高い。

社会的な技術利用が見えるようになる

2006年6月に東京で起きたエレベータ事故を題材に、小学校の児童に調査した経験では、先生が特にエレベータの仕組みを説明しなくても、制御学習を体験した児童は、体験していない児童と比べて、エレベータの仕組みを類推できることが分かった。

具体的には、原因の1つとして制御プログラムのミスが報道されていた新聞記事を見せ、「二度とこのような事故が起こらないためには、エレベータ会社の人にどんなことをしてもらいたいか書いてください」という質問をしたところ、未経験の児童は「しっかり点検してほしい」などと漠然とした回答が多数だったが、制御学習を体験した児童は「制御盤を常に点検してほしい」「制御プログラムの異常を点検してほしい」など、ソフトウェアまたは制御に関連する具体的な点検箇所を指摘する答えが多かった。

制御学習を体験することにより、世の中で使われている制御の仕組みを理解したり、事故などの報道を理解することができることにつながる可能性がある。

授業に取り入れるための工夫

ワークショップの議論を通して、学校の授業で制御を扱うためのポイントと課題が見えてきた。

プログラミング学習との違い

制御教材を用いて子どもたちにプログラムを教えることによって得られる学習効果は、コンピュータプログラムの単体での学習とは異なっている。

授業ではプログラミングの学習になりがちであるが、制御学習では、コントローラとしてのコンピュータの役割を考えた制御教材の学習を常に意識して進める必要がある。

論理性や再現性の問題

通常のプログラミングの学習では、作成したプログラムの動作は、何度実行しても同じ結果になる。一方、小中学校で使われる教材では、安価なモーターのばらつきや電池の消耗などの要因から、同じプログラムでも生徒によって動きが違ったり、動かすたびに微妙に動作が変化することが多い。

これは、実際の機械でも発生する摩擦や磨耗といった物理現象を体験的に理解することにつながるが、授業を

進める上では生徒と教員への負担が大きくなり、必ずしも歓迎できない側面がある。この問題はステッピングモーターなどを使うことで解決可能だが、現実には生徒が負担できる教材のコストなどにかかわってくる。

制御教材を使用しなければ学べないもの

前述のように、学校教育現場で使用できる制御教材は、物理的な制約を受けることが多く、プログラムの再現性が乏しくなる欠点を持っている。しかし、その欠点があるからこそ学べることも存在する。

ワークショップの発表では、制御教材を用いた学習をコンピュータプログラムの学習に特化しないで、情報技術や産業技術の基礎を理解する学習と位置づける取り組みが紹介された。制御教材を利用した学習の中で、子どもたちが物理的な問題を含むさまざまな問題に遭遇したとき、ロボット自体を修正すべきなのか、制御プログラムで対応できる問題なのか、その解決方法を自ら考えさせている。さらに、プログラムの再現性が難しいという物理的な問題でも、コンピュータプログラムで解決できる限界を考えさせ、さらには、コンピュータプログラムが適切に動作できるように、機械的な部分の精度も重要であることに気づかせている。その中で子どもたちは、ソフトウェアとハードウェアともに機器を正確に動作させるための大切な技術であることに気づく。

ソフトウェアとハードウェアの関係は、コンピュータだけに限った問題ではなく、家電など身近に存在している機器の中でも活かされている。これらの内容は、子どもたちに座学で教えても分かるものではなく、実感を伴う体験型学習においてこそ可能であると思われる。制御教材は、ブラックボックスとなって見えにくい自動化されている機器の中身について触れられる良い教材となっていることが分かる。

システムを理解する学習への発展

制御学習は、コンピュータ制御の役割について考える機会を与えることになる。たとえば、コンピュータプログラムを学習することで、ソフトウェアを内蔵した機械は、プログラムによって機能が変換することが理解できる。それによって、コンピュータソフトウェアの働きが見えてくると同時にソフトウェアの重要性に気づくことにつながる。

子どもたちが、ハードウェアとして意識するものは、ロボット(制御教材)のモーターでありセンサであり、コンピュータを載せた基板である。そして、それらのどれか1つにでも故障があると、ロボットは正確に動作し

なくなる。これは、自動化された家電などの機器に例えると、機械的な部分、センサ、電気回路、コンピュータ、制御プログラムのどの部分が欠けても製品として機能しないという事実と同じである。

身の回りに存在する多くの家電製品は、中身がブラックボックスであり仕組みを理解することは困難だが、制御学習の体験により、子どもたちは体系的な考え方を学び、多くの組み込み製品の仕組みを類推することができるようになる。

まとめ

制御学習によって学ばせる内容と制御教材について紹介をした。また、教育言語ワークショップにおける3人の実践発表を紹介した。

システム化された製品は、世に多く出回っているにもかかわらず、多くの使用者にとってブラックボックスであり、その仕組みや概要は謎のままである。それら製品の内容を把握し理解するためには、ソフトウェアの働きやハードウェアの仕組みなどを学習する必要があるが、専門家を目指していない中学・高校の生徒たちにとっては、専門的な知識獲得の目的がないため、学ぶことがおもしろいと思わせる教材で、それらを無理なく学習できる環境を構築することが大切である。

中学校・技術家庭科の授業でシステムの考え方を学ぶことは、身近にある製品をブラックボックスとして受け入れるのではなく、使用し管理するための最低限の仕組

みを理解する力を育てることができることにつながると考える。

それは同時に、専門家の話を聞いて、それらの仕組みを理解できる程度の素養が身につくことを意味し、生徒たちに現在と未来の技術に関して考えるきっかけを与えることにもなる。

ひいては、広く技術リテラシー⁴⁾を育てる市民の教育にもつながる。

制御教材の実践者を少しでも普通教育に増やしていきたい。そのためにも、制御教材の開発や改良を進めていきたい。

参考文献

- 1) 末松良一, 雨宮好文: 制御用マイコン入門 (2005).
- 2) 文部科学省: 中学校学習指導要領 (1998).
- 3) Kurebayashi, S., Kamada, T. and Kanemune, S.: Learning Computer Program with Autonomous Robots, LNCS, Vol.4226, pp.138-149 (2006).
- 4) 桜井 宏: 社会教養のための技術リテラシー, 東海大学出版会 (2006). (平成 19 年 4 月 19 日受付)

紅林 秀治 (正会員)

eskureb@ipc.shizuoka.ac.jp

静岡県内の国公立中学校, 工業高校教諭を勤めた後, 2005 年から静岡大学教育学部へ, 専門は技術教育, ものづくり教材やロボット制御教材の開発とそれらの学習効果を研究, 主な著書「Learning Computer Programming with Autonomous Robots, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 4226, pp.138-149 (2006)」 「中学校における技術科のもの作り教材について, 技術史教育学会誌, Vol.7, No.2, pp.2-7 (2006)」 「こんなものまで作れるの 身近な材料を使ったものづくり, 技法堂出版 (2006)」 等。

