

4

組み立てて思いのままに動かす

～LEGO社Mindstorms™を例に～

田村 正文 (株) 東芝 ホーム・デジタル・プロダクツ
事業開発室

土井 美和子 (株) 東芝 研究開発センター

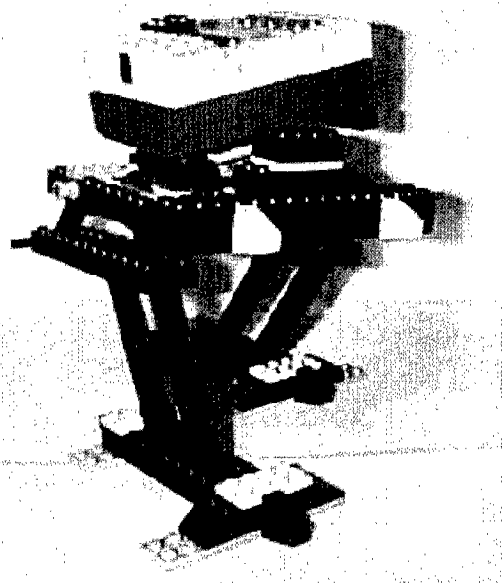


図-1 2足歩行ロボット

レゴと聞くと、多くの方から、あー、あのブロックを組み合わせて遊ぶおもちゃね、という言葉が返ってくる。そのブロック遊びのレゴ社が、去年の秋に発売したMindstormsは、アメリカのクリスマス商戦でFurby™と人気を二分し、3カ月ほどで10万台近くを売り上げ、日本でも話題になっている。本稿では、その好調の要因の1つである組み立てる楽しみ、知的好奇心の満たし方を探りたい。また、Mindstormsを開発環境とした実世界と融合するインタフェース技術開発の一端を紹介したい。

Mindstormsって何ですか？

Mindstormsというのは、製品シリーズの総称である。今回紹介するのは、そのシリーズのうち、ロボットを組み立てるキットRobotics Invention System (RIS) である。RISのほかに、拡張キット(2種)、姉妹品となるRobotics Discovery Set, Droid Developer Kitなどがリリースされている。Mindstormsの生まれは、米国、MITのメディアラボ、シーモア・パパート教授¹⁾の研究室である。教授が1960年代に開発した教育用言語Logoを使って、LEGOで作った構造物を動かすLEGO/Logoプロジェクト²⁾が1990年代初頭に始まった。LEGO/Logoはアメリカ国内だけでも2万校以上の小中学校、12カ国以上で使われ、コンピュータが子供の教育にもたらす意義が研究されてきた。LEGO/Logoは子供たちの受身の学習道具としてでなく、自らが知識を獲得していくための学習道具として機能している。この成果をもとに、コンピュータをLEGO自身に埋め込んだProgrammable Bricksが開発された³⁾。Programmable Bricksのプロジェクト(TTT: Things That Think)のスポンサであるレゴ社がこれに触発され製品化したのがRISである。

み立てる楽しみ

RISの基本キットには、700種以上のブロックが用意されている。従来と同様のプレート、ブロック、コネクタ、装飾用のブロックなどがその大半を占めている。RISが他と大きく異なるのは、

- 8bitマイコン内蔵のRCXという機能ブロック。
- ライトセンサブロック。
- タッチセンサブロック。

の3つのブロックである。RCXには、3個ずつのインプットとアウトプットが設けられ、ここにセンサ、モータをそれぞれ接続し、内蔵マイコンで動作を制御させる。ライトセンサは明るさに応じた動作、タッチセンサは接触時の動作制御に用いる。オプションであるが、温度センサ、回転センサなどが用意されている。

RISのおもしろさは、純粋にブロックを組み立て、オリジナルの作品を生み出していくということに加えて、モータ、センサなどを使って、これを思いのままに動かすことにある。RCXには前進／後退などの基本的な動きのプログラムが入っているので、まず、動かしてみる事ができる。が、作品は美しさと同時に堅牢さも兼ね備えていないとならない。最初の作品は、モータが1回転もしないうちに空中分解ということがよくある。パパート教授は、著書の中で、歯車との出会いが、数学的な考え方を植えつけてくれるきっかけになったと言っている。RISに用意された、さまざまな歯車、ペグ、ビームなどを組み合わせて、思ったような動作を作り出す過程は、まさに数学の問題を解くときの公式の組合せそのものである。

RISを購入し、楽しんでおられる方の作品の中には、図-1のような芸術品を作っておられる方もいる。作者

のホームページ⁶⁾には、ムービーも用意されているので、この作品の見事な動きをぜひ見ていただきたい。

思いのままに動かす楽しみ

さて、どうやって組み立てたロボットを思いのままに動かすかである。PC上で作ったプログラムをRCXに送り込むための構成は、図-2に示すようになっている。RISには、PCのRS232Cを使って、赤外線(IR)タワーが用意されている。IRタワーを介して、PC上で作成したプログラムや制御コマンドをRCXにダウンロードするのである。RCXは、リアルタイムで、IRタワーからのコマンドを受け付けることもできるので、完全自立型ロボットを作ること、リモコン制御型ロボットを作成することもできる。プログラミングの方法には、いくつかあり、以下に簡単に紹介する。

RIS専用プログラム環境

これは、RISに付属のCD-ROMをインストール時にPC上にインストールされる専用のプログラミング環境である。ブロックを組み合わせるような感覚で、制御プログラムを作成で

きる。1つ1つのブロックが、機能を表し、モーターON/OFFとか、回転方向を指示したりなどブロックに表示されているので、これを組み合わせ、動作を記述する。プログラムができあがると、ダウンロードを選択する。と、専用タワーからRCXに送られる。RCXには、5つのプログラムを格納できるので、格納先を選択し、ダウンロードする。あとは、RCX側で、実行させたいプログラムを選択後、RUNボタンを押し、実行する。ほとんどの場合、思ったような動きをしないばかりか、分解してしまうので、根気よくメカとプログラムに改良を加えて、自分のイメージしたものを作っていく。ダウンロードに赤外線を用いているため、蛍光灯など外光に含まれる赤外線の影響を受けやすく、うまくダウンロードできな

実	世	界	に
近	づ	く	イ
ン	タ	フ	ェ
ー	ス	技	術

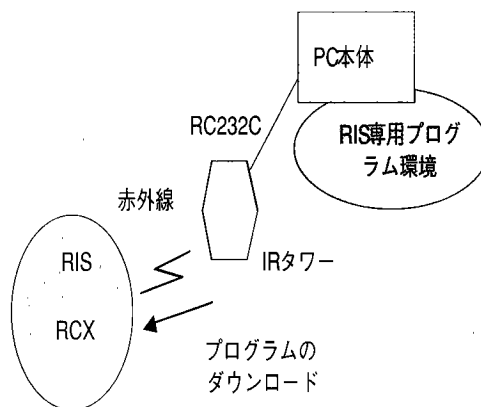


図-2 RISのプログラム開発環境

いときは、蛍光灯などから離すなど、遮光する必要がある。

OCXの利用

上記の標準環境は、Spirit.ocxというActiveXコントロールを利用している。したがって、一般のユーザでも、直接このOCXを使うことができる。ドキュメントは、LEGO社から、Reference Guideとして提供されているので、ホームページからダウンロードして利用できる。

NQC/RcxCCの利用

VisualBasicなど市販されている開発ツールを使わない場合、Dave Baum氏製作のNQC (Not Quiet C) が利用できる (<http://www.enteract.com/~dbaum/lego/nqc/ikndex.html>)。C言語に似た、RCX専用の言語である。Windows上で、開発するのであれば、Mark OverMars氏製作のNQC向け統合開発環境を使うこともできる (<http://www.cs.uu.nl/people/markov/lego/rcxcc/index.html>)。

LegoOS

最後に、RISをさらにカスタマイズしたいという人たちには、RCXのファームウェアそのものを変更し、使用することも可能である。Markus Noga氏製作のLegoOSがそれで、LEGO社が用意した上記のOCXでは思い通りの反応速度が得られないと感じた

ら、この環境を試してみる価値がある。

以上、代表的な4つの方法をあげたが、これ以外にも、Javaを利用するなど、多くの試みがなされている。また、少し変わった制御方法として、先にIRタワーという専用の通信装置で、RCXとの通信を行うことを述べたが、これは家庭のTVなどで使用されている赤外線を利用したものであるため、学習リモコン、PalmPilot™、Ruputer™といった、同様の通信手段を内蔵した機器を利用し、RCXを制御することも可能である。それぞれの制御方法については、ホームページ⁶⁾を参照されたい。

LEGO Mindstormsで実世界指向のインタフェースに挑戦する

本章では、Mindstormsを開発環境とした、ディスプレイから飛び出す実世界指向インタフェース技術の開発の一端を紹介する。

顔を見ると逃げるロボット

東芝のLibretto ff 1000にはパスワード代わりに所有者の顔を認証する顔画像認識プログラムが搭載されている。これは、所有者の顔をあらかじめ辞書に登録しておく、撮像した顔と辞書にある顔を部分空間に分割

して識別するものである⁸⁾。この顔画像認識プログラムを用いて顔を認識すると逃げていく臆病なロボットを作成した。図-3のように、RIS側に小型のCCDカメラとトランスミッタを搭載した。図-4は、顔画像を認識していることを示すPC上の画面である。1枚1枚の画像を独立に処理するのではなく、連続した画像として認識処理を行うため、多少顔の向きを変えた場合でも、認識し続ける。

呼びかけとジェスチャに応えるロボット

手を振りながら「こっちにおいで」と呼びかけるとその手の方に近寄ってくる、「ついておいで」というとその声の主の後をついて歩くというのが、ペットとのやりとりであろう。それに東芝音声認識OCXとモーションプロセッサ(本特集の沼崎ら解説を参照)とを組み合わせ実現した(図-5⁹⁾)。音声認識やモーションプロセッサの開発キットを使って、自分の指示に従うペットに訓練していくことも十分可能になってきている。

他にもある組み立てる楽しみ

Mindsotrmsはロボットを組み立て、プログラムして動かすことで、実際

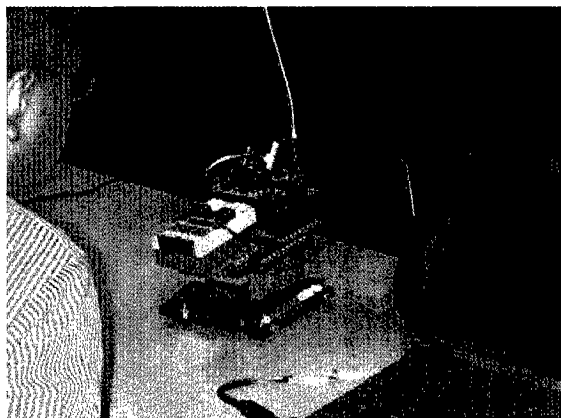


図-3 顔を見ると逃げるロボット



図-4 顔画像認識の様子

に触れるインタフェースを提供した。このような触る、あるいは体を使って動くことで組み立てる楽しみは他の方面でも追求されている。たとえば、マットの上で遊んだ子供の声やおもちゃの動きを記憶し、他の子供がきたときに、記憶を呼び出して、協調して新たなお話を作り出すSTORYMATや動きにより色を変えるBitBallsなどがMITメディアラボのTOT (Toys for Tomorrow) プロジェクト (<http://www.media.mit.edu/toys/>) で研究されている。また、STORYMATに似たアイデアのおもちゃ (Zowie™ Play-Zones) も商品化されようとしている。

楽しみながら新しいインタフェースに前進

ここで紹介したMindstormsの楽しみ方は、ごく限られたもので、現在も日々、多くの利用者により、新たな楽しみ方が見出されている。

従来、PCのディスプレイの中に閉じ込められていたキャラクタを、箱

の中から連れ出し、自分の手で組み立て、動かす楽しみをMindstormsは提供した。この直接性こそ、真のDirect Manipulationであり、今後のPCインタフェースの新たな方向性を示していると思われる。

紹介したように、Mindstormsは従来のプログラムに比べると格段に簡単になっているが、動いてかつ美しいオリジナルの作品を作るには、根気強さがまだまだ必要である。とはいえ、いろいろな雑誌、あるいはガイドブックなどに紹介されており、この機会に、久方ぶりにもものを作る楽しみをこの製品で楽しんでいただければ幸いである。

Mindstormsにとどまらず、現実世界 (atoms) と情報 (bits) との融合⁹⁾ は、着実に進んでいく。Mindstormsで実験精神を養った世代が、情報を武器に深遠にかつ広範に現実世界を理解し、進展させていくことを期待したい。

謝辞 今回の原稿執筆にあたり、快くご協力いただいたJin Satoさんに感

謝いたします。

参考文献

- 1) シーモア・パパート：マインドストーム、未来社。
- 2) Resnick, M. and Ocko, S.: LEGO/Logo: Learning Through and About Design, In Harel, I. and Papert, S. (eds.), Constructionism. Norwood, NJ: Ablex Publishing (1991).
- 3) Resnick, M. et al.: Digital Manipulatives: New Toys to Think With, Proceedings of CHI '98, ACM Press (1998).
- 4) 古川 剛編: LegoMindstormsパーフェクトガイド。
- 5) LEGO MINDSTORMS
LEGO社Mindstormsのホームページ (英語)
<http://www.legomindstorms.com/>
- 6) Mindstorms情報局
Jin Satoさんのホームページ、日本のユーザーすべての方が一度はお世話になっている。
<http://www.mi-ra-i.com/JinSato/MindStorms/>
MindStormsの開発経緯などのホームページ
<http://el.www.media.mit.edu/groups/el/projects/programmable-brick/>
- 7) 福井和広他: 制約相互部分空間法を用いた環境変動にロバストな顔画像認識, 信学論D-II, Vol.J82-D-II, No.4, pp.613-620 (1999).
- 8) 三原功雄他: モーションプロセッサを用いたビジョン型インタフェース構築, WISS'99 (1999).
- 9) ニコラス・ネグロポンテ, ピーイング・デザタル: アスキー出版局 (1995).

(平成11年10月27日受付)

実	世	界	に
近	づ	く	イ
ン	タ	フ	エ
ー	ス	技	術

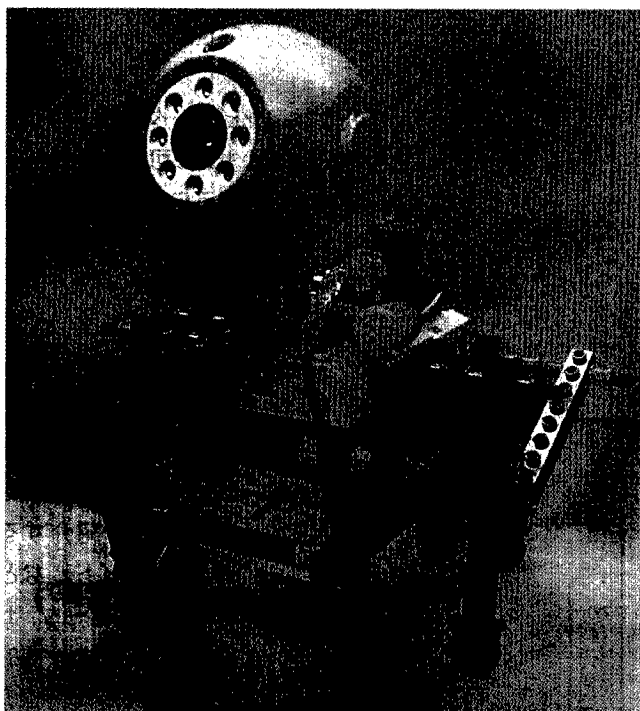


図-5 呼びかけとジェスチャに反応するロボット

付録

日本でMindstormsを手に入れるには

1. オンライン

- (1) 東芝 <http://shop.toshiba.co.jp/>
- (2) Seshop.com <http://www.seeshop.com/>

2. お店

- (1) イケショップ
- (2) ぷらっとホーム