

第1章

MINDSTORMS との出会い

—— 本章のトピック ——

- MINDSTORMSへの参加
The Robotics Invention System
MINDSTORMSの世界



MINDSTORMSは、未経験者にはたんなるおもちゃとして映るでしょう。しかし、開発者にとっては、MINDSTORMSはプロトタイプを作成できるため、重要な役割を果たします。LEGOのRIS(Robotics Invention System)は、ほぼすべてのロボット制作の基本設計を構築、検証するために必要なパーツが、すべて入っています。本章では、RISのおもな構成要素を紹介します。すべてのMINDSTORMSロボットの中心部に使われるRCXコンピュータ・ブロックと、公式ソフトウェアおよび電子パーツを詳しく見ていきます。本章は、利用できるツールを具体的に体験するために、いくつかのプロジェクトや実験を紹介します。最後にロボット工学のひらめきを実現させるため読者のひらめきを実現可能なものとしてくれるほかのキットについて取り上げます。

MINDSTORMSへの参加

LEGO MINDSTORMSが現れる前、マニアがロボット工学について実験を行うのは困難でした。幸い、LEGO MINDSTORMSが、ロボット工学の世界を幅広いユーザへと広げてくれました。現在、これまでに考案された中で最高のキットを手頃な費用で入手でき、1時間以内には実際にロボットを組み立てられるようになっています。

絵の具、ハケ、キャンバスを使って、あとはただ創作に没頭すればよいのです。MINDSTORMSが現れる前は、鉱物と植物色素を収集し、異なる色を作るのにそれらを油脂で混ぜ合わせ、紙を作るため木材からパルプへとすりつぶしているようでした。MINDSTORMSが、複雑な作業なしで複雑なロボットの制作に必要なすべてを提供したことで、人は高度な質をLEGOに要求するようになりました。ロボットを組み立てたい人たちにとって、本キットは革命的です。

MINDSTORMSの概念は、LEGOグループとMIT(マサチューセッツ工科大学)との共同研究で開発されました。MITメディア研究所は、LEGOグループから莫大な助成金を受け、彼らが「プログラム可能なブロック」と呼ぶプロジェクトを、1987年ごろから開発しています。

これらの設計を主導したのはFred G. Martinで、1987年から1998年の間、彼は「プログラム可能ブロック」の四つの異なるバージョンを出しました。最終版は、モータ用の四つの出力ポートとセンサ用の六つの入力ポートをともなった大きな赤いブロックです(図1.1)。この「プログラム可能なブロック」のバージョンは、利用できる



図1.1 MITの「プログラミング可能なブロック」

ポート数が多いという理由から、LEGO RCX ブロックよりわずかに進歩しています。しかし、他の装置を接続したとき、バッテリーの消耗はより早くなるかもしれません。

LEGO グループは、何もないところから RCX を再設計しました。つまり LEGO グループは、基本設計理念以外は、MIT で開発されたいずれの技術も利用しなかったのです。その結果、洗練され、機能的になりました。MINDSTORMS は 1998 年に初めて公開され、LEGO を収益不振から救いました。LEGO は、1930 年代に会社が創設されて以来、1998 年が利益を出さなかった最初の年だったと表明しました。彼らは最初の 3 か月で、約 200 US ドルのキットを 8 万セット売ることができました。とくに技術に精通している熟練者の間で本キットの人気が出たことが、LEGO に運を好転させる要因になっています。

1998 年末には、事態はかなり前向きに見え、1999 年 LEGO は利益を回復しました。このような成功をともない、MINDSTORMS は今後ずっと進化し続けるでしょう。

The Robotics Invention System

MINDSTORMS は、コンピュータで制御されたロボット工学を取り入れた 1 群の LEGO 社の製品です。MINDSTORMS 全体の中核部は 700 以上ものパーツを含むこの RIS キットです。そのシステムは、ブロック、プーリー、ギアといった標準 LEGO パーツを利用し、ロボットの組み立てを、技術者以外の人にも可能にします。事実、このキットは LEGO 社が 12 歳以上 (MINDSTORMS 所有者の平均は 30 歳) の児童向けと提案しているほど使いやすくなっています。

RIS キットは、モータとセンサを含み、LEGO モデルに移動および外部条件を感知する能力を与えています。一度組み立てが完成したら、かぎられたプログラミングの知識しかない人もデスクトップ・コンピュータの前に座り、LEGO ロボットの頭脳をプログラミングできます。そのプログラムはロボットに与えられ、混乱することはありません。LEGO と同じように、概念はシンプルで優れています。

LEGO は独自のロボットを創れるように、提言している 5 段階のプロセスを開発しました。このプロセスは、ロボット制作の重要な段階ごとに読者の注意を引くように構成されています。

これら一連のステップは、次のとおりです。

- (1) **ブレイン・ストーミング**: 想像力を使って、読者のロボットの機能を考え、それがどのように見えるか視覚化してください。
- (2) **組み立て**: ロボットのシャーシ(外枠)を作り、LEGO パーツを取り付け、RCX にモータとセンサを接続します。これが、設計が「LEGO 化した」段階です。
- (3) **プログラム**: パソコンを使って、ロボットの行動を決定するロジックをプログラミングしてください。これは、多くの人にとって興味深いステップです。それは、制作したロボットに頭脳を吹き込むステップだからです。
- (4) **ダウンロード**: IR トランスミッタを使ってパソコンから RCX ブロックへプログラムコードを転送します。
- (5) **始動**: ここが、組み立てとプログラミングが現実の厳しさに耐えられるかの答えが出る瞬間です。通常、ステップ(2)または(3)へ戻って、ロボットが完璧になるまでそのプロセスを繰り返します。

RIS キットは、これら各目的の達成に必要なすべてを提供します。RIS キットのおもな構成パーツとそれらが目的を達するのに役立つ方法を、手短かに見直しましょう。

本章の課題に取り組む場合は、LEGO ソフトウェアをインストールするとよいでしょう。しかし、すぐにもっと進んだ言語に取りかかったほうがよければ、遠慮なくこの課題をとばしてください。

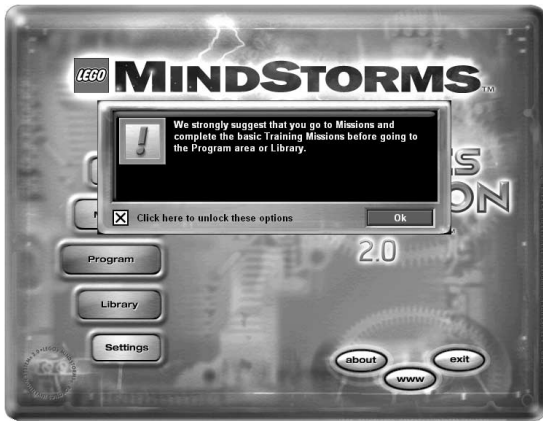


図1.2 LEGO MINDSTORMS ソフトウェアのアンロック

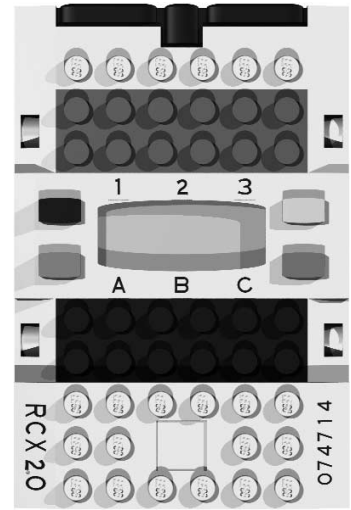


図1.3 RCX ブロック



ヒント：

RIS 1.0 CD Software に関する唯一の問題は、モジュールの順番を変更せずに地道に「ガイド付きツアー」の全過程を強いることです。すでに知っている、あるいは取り組む必要のないと思う項目を何一つとして省略できません。さらに悪いことは、チュートリアル全体を見てからでないとプログラミング環境まで達せず、2時間もかかってしまいます。プログラミングの最初のレッスン後、プログラミング環境を探求しているように感じるかもしれませんが、ソフトウェアがロックアウトしてしまいます。調査はこれくらいにしておきましょう。ロックを回避するために、コントロール・キーを押しながら About リンク (About link) をクリックしてください。RIS 2.0 をもっている読者は、Program ボタンをクリックし、現れたウィンドウに × 印をつけることにより容易にアンロックできます (図 1.2)。

RCX ブロック

MINDSTORMS の中心には、RCX (Robotic Command eXplorer) があります。これは RIS^{訳注} キットの頭脳で、LEGO ロボットに対し、大きなパソコンに接続しなくても移動できる能力を与えます。ユニット本体はたった 6 × 10 × 4cm で、手のひらに容易に収まります (図 1.3)。また本体は軽く、6 個の単 3 電池付きで重さ 280g です。その軽さにより、ロボットをあちこち移動させる際のバッテリーの寿命がより長くなり、モータの消耗するエネルギーが少なくなります。RCX の耐久性の限界をテストする必要性をとくに感じたことはありませんが、筆者の推測では、LEGO がそのブロックで使用しているのと同じ弾力のあるプラスチックを使用しているの、とても丈夫です。LEGO は、一般に高品質で耐久性のある玩具を制作することで知られています。では、RCX ブロックの内部を見ていきましょう。

訳注：RIS1.5 には、RCX1.5 ブロックは含まれません。AC アダプタ・ポートのない RCX1.0 ブロックが含まれます。



図1.4 ACアダプタ・ポート

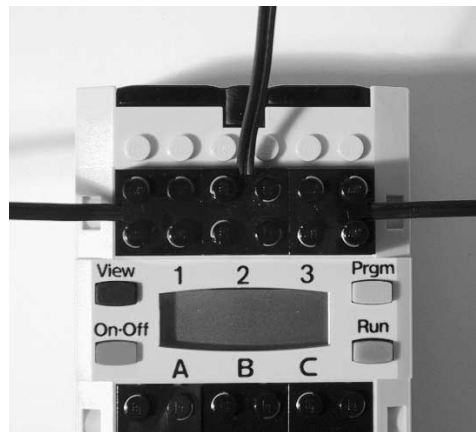


図1.5 入力ポート

**注意：**

RCX1.0には、ブロック後部にACアダプタ・ポートがあります(図1.4)。アダプタ・ポートは、バッテリーの充電に使用されるものではありません。むしろ、ACアダプタを使ってLEGOと別々に利用できる状態でコンセントから電力が供給できるようにしています(付録A参照)。この特徴は、光と温度条件を数週間以上監視するプロジェクトといった、長い間行われている固定型ロボット工学(stationary robotics)を開発するのに役立っています。この理由から、RCX1.0はコレクターズ・アイテムとなっていて、eBayでは、通常はRCX1.5や2.0よりも高値で販売されています。

CPU(中央演算処理装置)

RCXブロックには、Hitachi H8/3292シリーズのマイコンチップが含まれています。H8シリーズは、10MHzから16MHz間のクロック速度で動作でき、RCXは最高クロック速度の16MHzを使用しています。これは、100MHzで動作する最新のプロセッサに比べると極端に遅いのですが、モータの電源を入れたり消したり、センサから入力を読み込んで次の論理的処理を演算するといった、実世界のやりとりには十分な速度です。実世界での事象は、コンピュータの事象と比べるととても遅いので、CPU(中央演算処理装置)速度は重要ではありません(一部例外があります)。人間が50分の1秒以内の違いを感知できないのに対し、CPUは百万分の1秒以内に新しいタスクにスイッチしているのです。

ROM

RCXのマイコンチップには、16kバイトのオンボードROMと512バイトのオンボードRAMが含まれています。ROMには、ファームウェアをダウンロードしたり、液晶ディスプレイ上にデータを表示したり、モータやセンサと通信するためのアルゴリズムが入っています。このタイプのハードに最初から組み込まれたプログラムはファームウェアと呼ばれますが、LEGOでは、RCXへアップロードされたソフトウェアの一部もファームウェアと呼んでいます。ROMはまた、RCXユニットをテストするのに向いていると思われる、いくつかの内蔵されたプログラムが入っています(本章で後ほど紹介します)。RAMはCPUへの命令をバッファリングするのに用いられます。

RAM

RCXには、32kバイトの外部RAMが入っています。ファームウェアとユーザ・プログラムがRAMに格納されます。ファームウェアは、異なる機能を提供するためにアップグレードや交換を行える以外は、基本的にROMの延長です(第2章「leJOSからの開始」は交換が可能になる方法を記述しています)。32kバイトRAMは、今日ほとんどのデスクトップ・コンピュータがもつ大量のメモリと比べると小さいが、ほとんどのロボット工学プログラム用としては十分な容量です。デスクトップ・コンピュータは、デスクトップ・アプリケーションに関わる図面、そして、もちろんほとんどのアプリケーションが使用する多量の文書用に膨大なメモリを必要とします。RCXは逆に、ユーザが指示するためのグラフィックを一つも表示せず、メモリをほとんど消費しません。少量のメモリに関しては、次の二つの逸話があります。まず、RCXは月面着陸計画で使用されたモジュールより多いメモリを積んでいます。次に、火星探査ロボットは、160kバイトの使用可能なRAMをもっていました。コア・プログラムは16kバイトのメモリに収まりました。もし、NASAがこの容量のメモリで偉大なことを成し遂げられれば、誰にでもできるチャンスはあります。

入力ポート

RCXブロックには、タッチセンサ、光センサ、温度センサ、回転センサといった、いろいろなLEGOセンサを取り付けられる三つの入力ポートが入っています。LEGOグループは、センサがどんな設定中のポートにも接続でき正しく機能するように、ポートを適切に設計しました(図1.5)。入力ポートには、円周の約半分の金属コネクタ付き極小LEGOスタッドが付いています。これらのコネクタをLEGOワイヤの下側に接続します。

出力ポート

アクチュエータ(制御可能な装置)制御に使用される三つの出力ポートがあります。ポートは主としてモータ制御に使用されますが、光も制御できます。小型LEGO Technic空気タイヤ(付録A参照)や自家製のソレノイドのような、そのほかのアクチュエータも制御できます。入力コネクタと同様、アクチュエータはいずれの設定においても出力ポートに接続でき、正しく機能します。ワイヤが6時あるいは9時の位置にあるとき、モータは時計回りに回転します(図1.6)。しかし、ワイヤが12時あるいは3時の位置にあるとき、モータは逆時計回りに回転します。これはもちろん、ワイヤがどのようにしてモータへ取り付けられたかによって変わってくるのです。この例では、ワイヤはモータの上部の溝に沿って取り付けられています。ロボットを組み立てる場合、一般的に車輪を同方向へ回転させるためワイヤ接続の対称性を保つべきです。

ボタン

RCXの表には四つのボタンがあります。On-Offボタン、Runボタン、Viewボタン、Prgmボタンです(図1.3)。これらのボタンは、ロボット製作にともない、大部分は実行を制御するためのユーザとの限定された相互作用を可能にします。四つのボタンには、標準LEGOファームウェアにより、次の機能が提供されます。

On-Off ボタン: 電源をオン/オフします。RCXをオフにしても、オンボード・プログラムは消去されません。

Run ボタン: 現在のプログラムがRCXにアップロードされていた場合、そのプログラムを実行します。

View ボタン: 現在時刻、入力センサ、そして出力ポートの表示を切り替えます。センサがどのように設置されたかによって、素の値(0-1023)、パーセンテージ(0-100)、論理値(0または1)のいずれかを表示します。

Prgm ボタン: 五つのプログラムまで、LEGOソフトウェアを用いてRCXに一度に保存できます。Prgmボタンは、作動ボタンが押されたとき、五つのプログラムのうちどれが実行されるかを選択するのに使用されます。