

知能ロボットの開発と製作

(ライントレースロボットの製作)

第三技術室システム制御技術班

林 庄 司

1. はじめに

現在、ロボットと呼ばれるものには、産業用ロボットが広く工場や建設現場などで数多く使われている。その使用目的は塗装、溶接、搬送、組立てなどであって、決してSFロボットのように万能型ロボットではない、しかし、万能型ロボット（ここでは知能ロボットと呼ぶ）に対する社会の期待は極めて高いのが現実である。ここでいう知能ロボットとは「外界の状況に対して、自立的に反応する、可動部分をもつ自動機械」のことを言う。知能ロボットは産業用ロボットとは違い、信頼性（精度の高い製品）コストという面については劣るが、どちらかという人間に近い能力や感性、姿を持っているという点が特徴である。最近はこのような知能ロボットが競う種々の大会が開催されており、迷路に行く全日本マイクロマウス大会、ライントレース大会、ロボカップ大会などである。ここでの競技大会では知能ロボットの技術や能力が激しく競われ、社会的にも高い人気を得ている。

そこで今回は、ライントレースロボットを設計、製作することによって、メカトロニクス、エレクトロニクスの高度な技術を修得するとともに、知能の概念についても行ったので報告する。

2. 人工知能の概念

一般に「知能」といった場合、計算をする能力、判断・理解・推理する、学習する能力、創造する能力などさまざまな能力が考えられる。このことはとりもなおさず、知能というものの本質が多種多様な側面を持っていることを示しているものである。しかし残念ながら、まだ知能については現在十分に解明されていないのが現状である。ここでは「人工知能」に限定して述べる。従来、人工知能においては知能を情報処理という観点からとらえ、これまで主として知覚、判断、理解、推理、学習、記憶といったような認知機能を中心に行われてきた。⁽¹⁾「考える機械」として、物体を認識したり、自然言語（英語や日本語のような人間が日常使用する言語）を理解したり、質疑応答をしたり、問題を解いたり、学習によって自らその能力を高めたりすることができるようなシステムが想定されるわけである。つまり、人工知能へのアプローチは人間の知的活動のモデル化という観点で研究が行われてきたが、知能は行動を通してとらえることができないということが明らかになってきた。

またロボット工学において、ロボットの知能化を位置づけている。しかしロボットの知能化は必ずしも進展しておらず、形状や機構といったロボットの運動学、そして環境や作業対象物のソリッドモデルなどの形状を入力すると、ロボットが障害物を回避して目的地に至る（作業を達成する）位置の時系列が出力される程度までしか実現されていないのが現状である。しかし、ロボットの特性を限界まで引き出すために、最近ロボットに作業や環境状態を学習する手法が採られ、その効果が期待されている。⁽²⁾以上、知能ロボットについては、多面的にいろいろとアプローチがなされているが、今回はライントレースロボットについて、以下に述べる。

2. ライントレースロボットの構成

Photo. 1はライントレースロボットが白いライン上を走行している様子を示したものである。ロボットは、床に貼った白いライン上をなぞって走るもので、ロボットがラインから外れそうになるとロボット前面にあるセンサがそれを検知し、左右のタイヤの回転速度を調節して、ライン上に引き戻す動作を行う。そのためジグザグ走行になる場合もある。次に全体の構成図をFig. 1に示す。白いラインを認識するためのセンサ部、ライン状況つまりラインが左右どちらにカーブしているか、またそれが急激なのか、緩いのかを判断し、ロボットの行動を決定するための制御部、実際に左右のモータを駆動する駆動部、車輪を駆動する2つのモータ、CPUを駆動用の9Vバッテリーとモータ駆動用の3Vバッテリーとから構成されている。基本動作は、センサから得られた信号情報を制御部のH8CPUが処理・判断し、左右のモータの速度を制御して左折・右折や直進・後退運動を繰り返し行い、走行する。

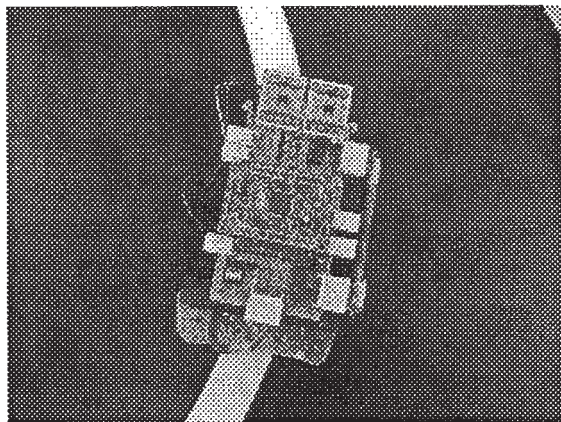


Photo. 1 ライントレースロボットの外観図

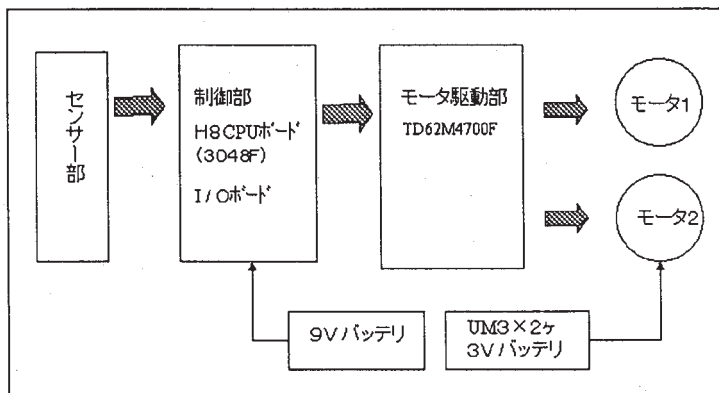


Fig. 1 ライントレースロボットの構成図

3.1 制御部

制御部は、Photo 2のH8 CPUボードとFig. 2のI/Oポートの回路から構成されている。H8 CPUボードはボードの中央に日立製のH8/3048F CPUを搭載し、製作を行ったAKI-H8CPUボード（秋月電子通商製）を用いた。このCPUは128KBのROM（フラッシュ）、4KBのRAM、タイマー、A/D・D/Aコンバータ、I/Oポートなどから成り、これらがワンチップの中に内蔵されているものである。I/OポートはH8CPUボードとの入出力を行うための回路であり、P4（0～3）がモータ出力、P8（0～3）がDIPスイッチ入力、PA（2，4）がPWM出力、PB（0～4）がセンサ入力である。また簡単のためH8/CN1側のみを示してある。

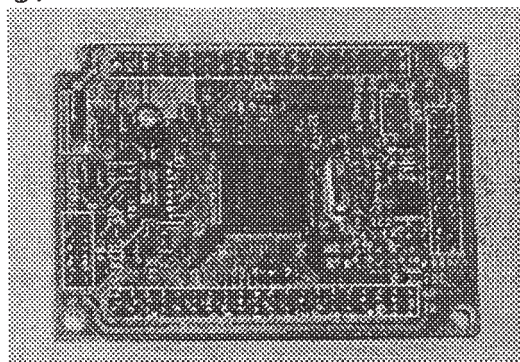


Photo 2 H8 CPUボード

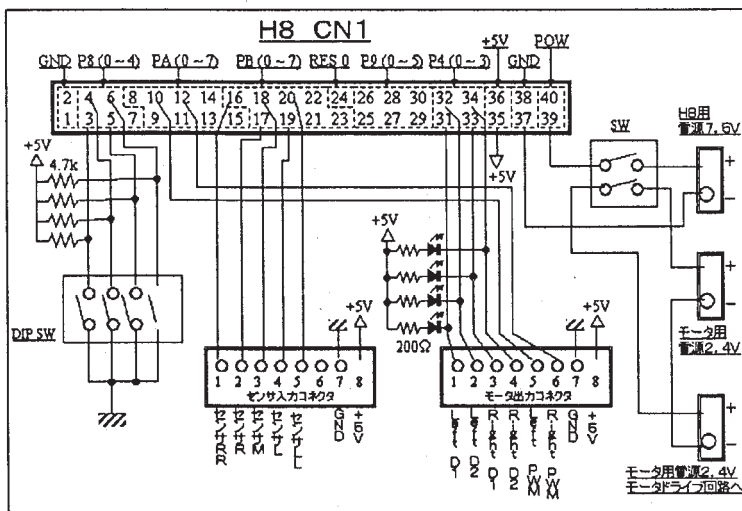


Fig. 2 I/Oポートの回路図

3.2 センサ部

センサ部はFig. 3のセンサ回路図に示されているように、白いラインを検出するためのものである。ラインの検出には赤外線センサを用いた。赤外線センサは赤外線発光部と受光部で構成され、発光に赤外線LED (TLN101A), 受光にS6986を用いた。センサS6986は光変調型なので蛍光灯などの外乱光に強いという特徴をもっている。赤外線センサはロボットの前面に5個並列に配置し、ライン幅 (3.8~5.8cm) が変化しても、またラインの急激な変化に対しても検出が可能になっている。

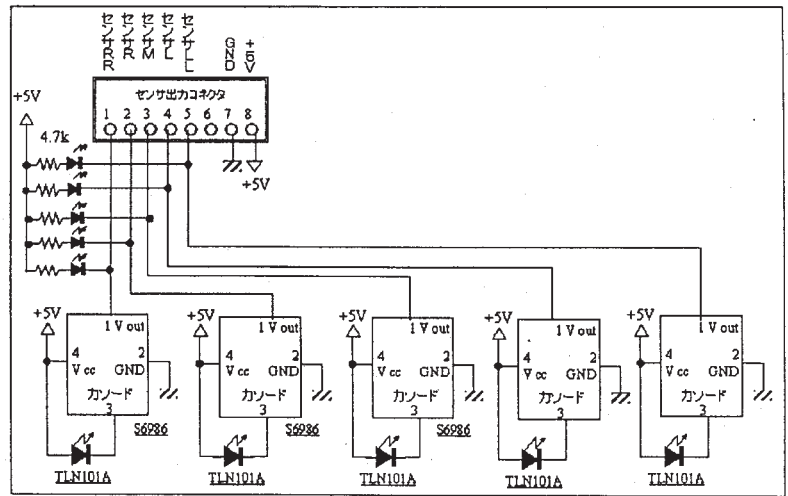


Fig. 3 センサ回路図

3.3 モータ駆動部

モータ駆動部はFig. 4のモータドライブ回路図に示されているように、専用のモータドライブIC (TD62M4700F), TTL (74LS03) と4個のトランジスタ (2SA1015) で構成されている。モータドライブICはフル・ブリッジICを用いた。そのためモータの正回転、逆回転を簡単にコントロールすることができる。またモータ速度を制御するためのPWM (Pluse Width Modulation) 信号は、H8CPUに内蔵されたITU (Integrated Timer Unit) を使用することで出力することができる。

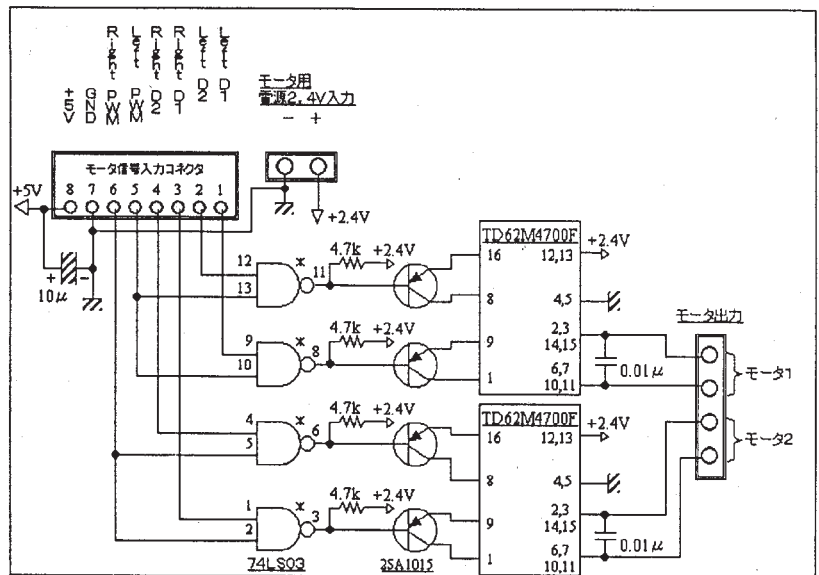


Fig. 4 モータドライブ回路図

3.4 車体及び車輪部

車体は厚さ5mmの亚克力板を加工して作った。車輪は市販されている模型キット用 (タミヤ) のスポーツタイヤセットとツインギヤモータセット (ITEM 70097) を用いた。モータと車輪のギヤ比は58:1とした。また後輪は自由に動けるように小型キャスタ (ITEM 70144 タミヤ) を用いた。Photo. 1からもわかるように、車体の上部にはH8CPUボードを含むロボットの制御部、センサ部、モータ駆動部、バッテリーが取り付けられている。また車体下部には、左右車輪のモータを含むギヤボックス、車輪部が組み込まれ、走行中において各部のパーツが、となりとの干渉や摩擦がないようにロボット全体が組み立てられている。

4. ソフトウェアの構成

より速く正確にラインをトレースするためには、センサからの情報を的確に捉え、状況を判断し行動を決定するソフトウェアを構築する必要がある。Fig. 5に動作のプログラムのフロチャートを示す。また動作のプログラムの開発は、パーソナルコンピュータ (Iiyama V650JD4) によってC言語を用いて行った。まずH8, ITUなどの初期設定を行い、次に初期入力データ (PWM, デューティ比など) の読み込み、センサによるライン状況の読み込み、ロボットの行動の決定及び動作の実行を行い、走行させる。

ロボットをより速く、安定に走行させるにはセンサからの情報をどのように判断するかは大変難しい問題である。ライン状況に応じて、特に急なカーブを曲がる場合、早過ぎてラインを飛び出した場合あるいは車体が大きく傾いた場合などの問題が考えられる。このような場合ロボットが非常に不安定になり、究極の場合は走行が不能になる。これを解決する方法の1つはセンサからの情報を増やしたり、学習機能を強化するなどソフトウェア面を工夫する必要がある。

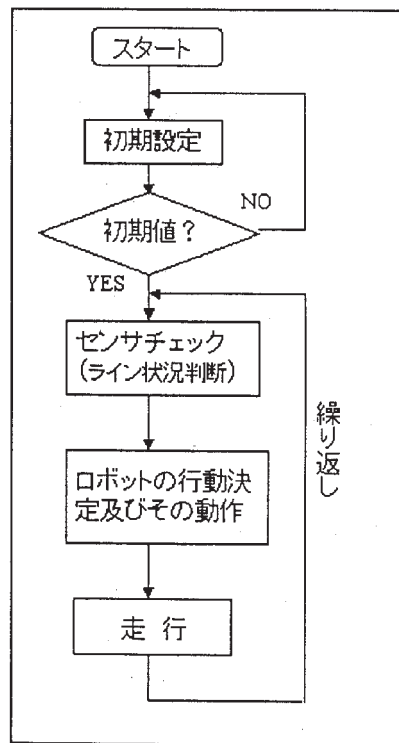


Fig. 5 動作のフロチャート

4. まとめ

知能ロボットは産業用ロボットとは違い、信頼性 (精度の高い製品) コストという面については劣るが、どちらかという人間に近い能力や感性、姿を持っているという点が特徴である。

今回の研修ではライントレースロボットを設計、製作することによって、日立製のH8/3048FCPUがロボットのメカトロニクス、エレクトロニクスに及ぼす影響の1部分を修得するとともに、知能の概念についても学習を行うことができた。ロボットに関してほんの一部分の技術の修得しかできなかったが、ロボット全体の概念を深めることができた。

5. 今後の課題

知能ロボットは今後ますます発展し、その機能も高いものになると思われる。今回は単純なライントレースロボットを製作し、走行実験を行ったが、ロボットが外界センサ (CCDカメラなど) によって未知の障害物を発見し、それらを回避することができる学習機能を持ったロボットの開発をさらに行う予定である。知能ロボットの開発技術は、大学における研究と学生の技術指導上有用なものである。今後さらに広範囲に知能ロボット全般にわたり理解を深め、一層の技術修得を計る必要がある。

参考文献

- 1) 太原育夫 人工知能の基礎 1989 近代科学社
- 2) 白井良明 ロボット工学 1999 オーム社
- 3) 荒屋眞二 人工知能概論 1995 共立出版社
- 4) 藤沢幸穂 H8マイコン完全マニュアル 2001 オーム社
- 5) 誰にも作れる, 学べる「AKI-H8/3048F超高性能マイコンボード」製作集 秋月電子通商