

# 自走ロボットの開発 マイコン応用研究会

萩原 茂・萩原 起夫・伊藤 誠\*

Development of Mobile Robot.  
Micro-computer application circle

Shigeru HAGIHARA, Tatsuo HAGIHARA and Macoto ITOU\*

## 要 約

マイコン応用研究会は、県内中小企業13企業30名の技術者が集まり、山梨大学の指導を受けながら、技術力向上と異業種企業の技術交流を目的に研究活動を行っている。

62年度の研究テーマとして、監視作業用自走ロボットの開発に取り組んだ。本研究会では、監視作業に適した走行ができる独特な機構を持つプログラム走行方式の自走ロボットを開発し、監視作業以外の応用についても考えた。また、自走ロボットの制作にあたり、試作機の制作、DCサーボモータのフィードバック制御の検討、および応用研究を行い、システム開発を修得した。

### 1. はじめに

マイコン応用研究会では、年度ごとに技術者のニーズや要望に即した研究テーマを決めている。62年度は、最近需要が増加しているサーボモータの制御や、コンピュータを応用したロボットの制御に取り組みたいとの要望が強く、発電所や人間が入り込めない極限環境場の監視作業用自走ロボットの開発にテーマが決まった。

監視作業用自走ロボットは、あらかじめ決められた路線を走行する以外に、異常を発見した場合などの路線変更機能、幅の狭い通路の走行、およびカメラの視線を保持したままの走行などが要求される。研究会では、今までにない新しい機構のアイデアを出し合い、独自の自走ロボットを開発したのでその成果について報告する。

### 2. 監視ロボットの概要

一般の監視用ロボットは、あらかじめ設置された路線をセンサーで探知しながら走行するラインガイド方式が主流であるが、この方法では、異常

を発見した場合の路線変更が難しい。さらに、駆動輪の回転差による進路変更方式では、走行中にカメラの視線を保持するシステムが必要になるなどの問題がある。そこで、360度の舵とりができる駆動輪を用いたユニークな対角二輪駆動の四輪自走ロボットを独自に開発し、カメラの視線を保持するように車体を同一方向に向けたままの自由走行や、幅の狭い通路での転回を可能にした。

62年度は、パソコンを走行コースの入力装置として用いて、デジタイザを使った場内地図からのコース入力や、パソコンとデータ通信によるリモコン走行を行った。

### 3. 開発過程

システム開発の勉強のため、特に開発手順を重視し、図1のように計画的に開発を進めた。

仕様検討では、一般の自走ロボットの資料を集め、大きさや走行系などについて意見を出し合い、今までにないユニークな走行系が決まった。開発にあたり、一般に多く用いられるラインガイド方式の自走ロボットを試作し、動作を検討してから対角二輪駆動の制御回路の設計に取り組んだ。制

\*1 山梨大学工学部電子工学科助教授

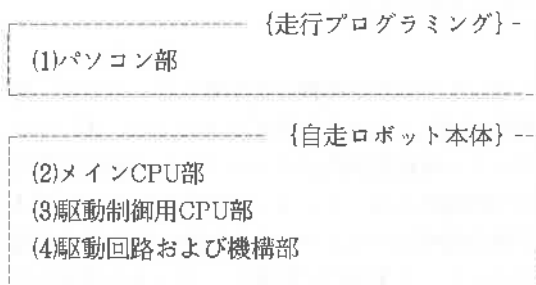
昭和62年度(月)	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
仕様検討	—	—										
本体設計		—										
試作機作成			—	—	—							
試作機検討						—	—					
制御回路設計								—	—			
自走ロボット組立									—	—		
制御ソフト開発										—	—	—
実験走行、改良											—	—

図1 開発経過

御ソフトの開発では、研究発表会を開き、実験走行を行いながら、経験者の意見を参考に開発を進めた。

#### 4. 自走ロボットの構成

自走ロボットは、大別して次の4つから構成されている。



自走ロボットの内部を写真1に示す。手前パネルにキースイッチ、液晶表示板、RS-232Cコネクタおよび電源スイッチが取り付けられ、パネルの裏面にメインCPU部がある。駆動制御用CPU部は、メインCPU部と50芯の平行バスによりつながり、バッテリーの右側に3枚のボードで構成されている。DCサーボモータは4個用いたが、動力用DCモータの駆動回路は、バッテリーを前後にはさむ2個のユニットで、操舵用DCモータの駆動回路は、後部パネルに取り付けられている。

##### (1)パソコン部

自走ロボットは、4個のモータを制御するデータを与えることによって走行する。このため、図

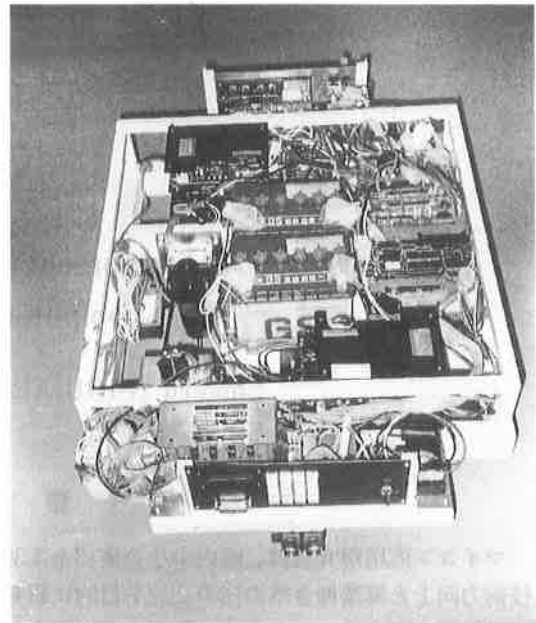


写真1 自走ロボットの内部構造

2に示すようにパソコンを応用して、デジタイザやキーボードから入力した走行パターンから制御データを作り出し自走ロボットに転送してから動かすシステムを構築した。

パソコンを応用した転送方式によれば制御プログラムの変更が容易であり、自走ロボットの操作に合わせたメニューやコマンドが使い、マンマシンインターフェースの向上につながる。また、画像処理や知的制御を行うなど、広い応用範囲が考えられる。



図2 データの流れ図

自走ロボットの走行系は、図3に示すように、四輪車の右前と左後が駆動輪となり、他の二輪は、従動輪（遊車）になっている。駆動輪には、動力

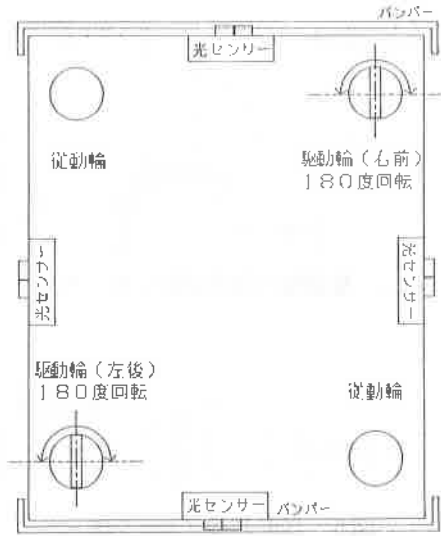


図3 白走ロボットの走行系

用のDCサーボモータと左右に90度づつ舵がとれよう舵取用のDCサーボモータが付いている。白走ロボットは、4個のDCサーボモータをそれぞれ独立に制御して曲線走行や転回などの自由走行を行う。

DCサーボモータは、8ビット単位で送られる加速度データとその持続時間データで制御される。加速度による制御は、停止状態から走行状態に達する時と走行状態から停止状態に達する時にロボット本体をスムーズに走行できる特長があり、表1に示すようなデータコマンドと加速度や持続時間のデータを交互に白走ロボットへ送ることにより各モータの制御を行う。

今年度は、パソコンを用いて走行コースを入力するシステムを開発したが、加速度と持続時間のデータは、デジタイザで入力したポイント間を加速-等速-減速の台形型速度制御で直進走行させるようにパソコンで算出する。さらに、白走ロボットを設定コースを外れて遠隔操作できるように直進、後退、横走り、転回の基本動作をパソコンのキーボードで行える機能を設けた。

(2)メインCPU部

白走ロボットのハードウェアブロックを図4に示す。ハードウェアは、メインCPUと駆動系サブCPUの2個のCPU(中央演算処理装置780)を用いた。

表1 白走ロボットの制御コマンド

上: データコマンドの種類  
下: 割り込みコマンドの種類

データコマンド	コマンドに続くデータ
08H	右上車輪の舵取角加速度 (下位)
10H	〃 (下位)
18H	左下車輪の舵取角加速度 (下位)
20H	〃 (下位)
28H	右上車輪の加速 (下位)
30H	〃 (下位)
38H	左下車輪の加速 (下位)
40H	〃 (下位)
48H	持続時間 (下位)
50H	〃 (下位)

割り込みコマンド	動作
03H	非常停止
05H	自送ロボットリセット
09H	復帰
11H	走行データ送信

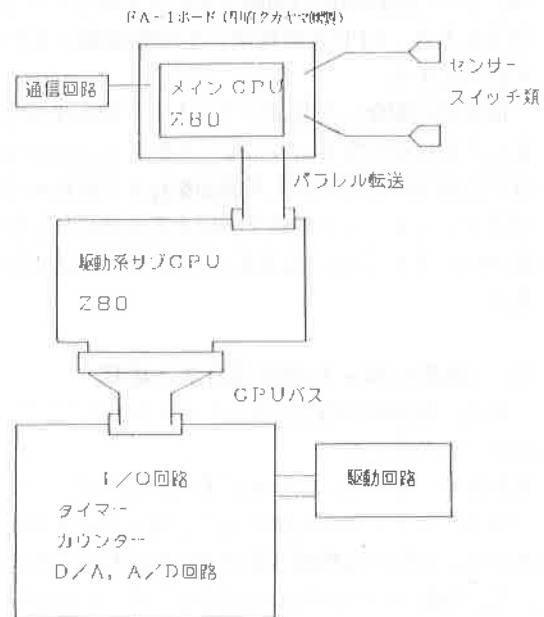


図4 ハードウェアブロック図

メインCPU部では、安全センサー処理、パソコンとの通信処理、走行データを蓄えるバッファ処理、および、白走ロボットの運搬に必要な基本的な動作をさせる処理を行う。白走ロボットには、

図3に示したように安全センサーとして前後にバンパースイッチと前後左右に赤外線センサーがあり、センサーで障害物を感知した場合には、停止するようになっている。

メインCPUは、RS-232C通信機能付き、FA-1ボード（甲府タカヤマ製）を用いた。

### (3) 駆動制御用CPU部

駆動制御用CPUは、モータやブレーキの制御を行い、特にDCサーボモータのフィードバック制御を中心に処理している。

駆動用モータは、図5に示すように、指定速度(P)へ、エンコーダパルスカウンタから算出した瞬時速度偏差(D)、累積偏差(I)をフィードバックして回転速度電圧を得るPID制御をソフトウェアで行っている。

舵取用モータは、図6に示されるように、ポテンションメータから出力される実際の位置電圧とD/A変換された指定位置電圧をコンパレートしてフィードバックするアナログフィードバック制御を用いた。アナログフィードバックを用いたのは、小さい慣性負荷の制御を安定させることができること、CPUの処理割合を駆動制御にまわすためである。

62年度に開発した制御ソフトウェアでかなり安定した走行ができるようになったが、あらゆる速度や負荷条件でも安定した制御を行える係数可変式のフィードバック制御を実現するためには、数個のCPUもしくは、高速形CPUを用いる必要がある。

## 5. 自走ロボットの走行方法と応用

対角二輪駆動の特性を生かした走行方法として、次の二つを考えた。

### (1) 車体を一定方向に向かせて走行する方法

図7のように車体を傾けることなく走行するためには、対角の駆動輪の制御条件を同じにすればよく、制御データの算出が簡略できる。この制御方法では、登載するカメラの視線を保持することや、床に字や絵を描く場合に車体のどの位置に筆を取り付けてもよい特徴がある。

この制御の応用例として、次の3つが考えられる。

- ①カメラを載せて遠隔操作できる監視ロボット

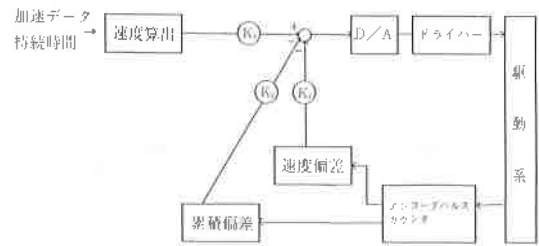


図5 駆動輪の速度制御ブロック図

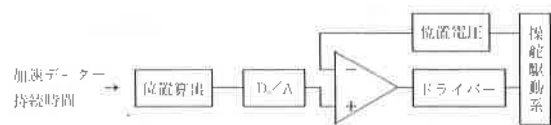


図6 操舵制御ブロック図

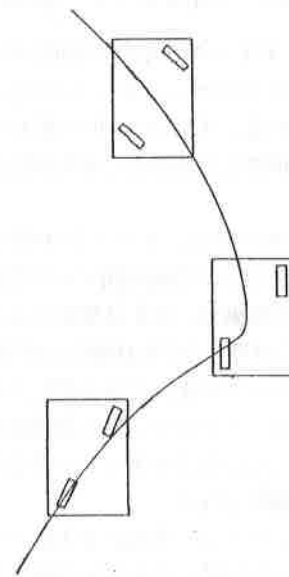


図7 車体を一定方向に向かせて走行する方法

- ②人形などを乗せて自走する、デモンストレーション効果を与える見せ物ロボット
- ③筆を持たせて床に絵や字を書くロボット

### (2) 車体を自由に回転走行する方法

この制御は、図8に示すように通路に合わせて対角の駆動輪の回転速度や舵取角をそれぞれ適当に行い、幅の狭い通路を通り抜けたり転回を行う場合に用いる。

この制御は、一般に制御データの算出が難しく、

62年度は、白走ロボットの方向転回のみに応用した。

## 6. まとめ

今年度の成果

- ・自走ロボットの本体(写真2)が完成し、構内での走行テストの結果、距離の誤差は、路面にくぼみ等がなければ0.5%程度であり、繰り返し走行を行っても大きなずれが生じなかった。
- ・デジタイザとキーボードで走行パターンを入力し、プログラム走行とリモコン走行を行うシステムができた。(写真3)
- ・加速度データによる台形速度制御により、非常になめらかな走行制御ができた。

今後の課題

- ・幅の狭い通路を通り抜ける制御を開発する。
- ・あらゆる速度や負荷条件でも安定した速度制御を行う係数可変式のフィードバック制御を検討する。
- ・実際に監視作業を行うには、位置誤差を自己修正しながら走行する必要があるため、位置センサーや、絶対位置を算出する機能について検討する。
- ・画像処理や知的制御を応用した、より高度な監視作業ロボットを開発する。

昭和63年度の計画

- ・白走ロボットの制御系ができたので、アプリケーションソフトの開発を行う。

## 7. 謝 辞

メカニカルの設計と資材の提供などしていただいた三和テッキ(株)甲府工場、およびFA-1ボードマイコンの開発に協力して下さった甲府タカヤマ(株)の開発部の方々には、多大な協力を得ましたので厚く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) B. C. クウ: デジタル制御システム(上下巻) 吉田、中野訳CBS出版
- 2) 吉田勝久ほか3名: メカニカルシステム制御 オーム社(1984)
- 3) 吉田隆之: インターフェース, No. 128, 291 (1988)
- 4) 山梨県工業技術センター: 昭和62年度マイコン応用研究会報告書「白走ロボットの開発I」 山梨県工業技術センター

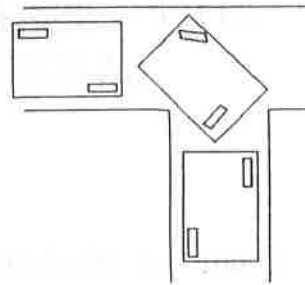


図8 幅の狭い通路を通り抜ける走行方法

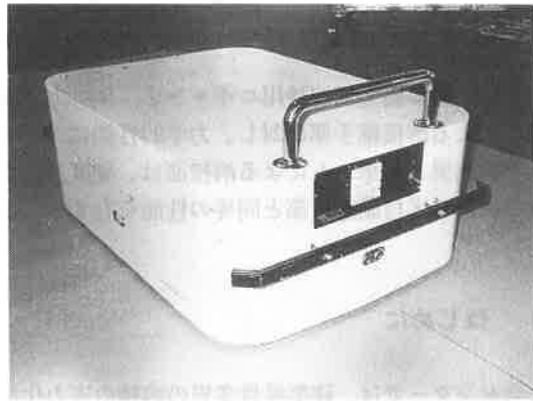


写真2 白走ロボット外観



写真3 構内での走行風景  
(三和テッキ(株)甲府工場にて)