

ものづくり実習マイクロロボットの製作と実習教材内容に関する研究



実施担当者 宮崎県立宮崎工業高等学校
教諭 串間 宗夫

写真1 実習風景1

1 はじめに

一般的に、マイクロロボットとは、超小型のロボットで、半導体チップや微小な機械部品の加工組立、バイオテクノロジーでの細胞や微生物のハンドリング、装置内とか人体内部に入り込んでの診断・検査をするロボットである。用途としては医療、研究、微細機械の製造、さらに微細なロボットの製造などが考えられている。現在、マイクロロボットは、マイクロ・テクノロジー分野の進展により機械を構成するセンサー、アーキテクチャ等の機械要素が縮小化されるに伴い、それらを統合したマイクロ機械システムの研究開発が進み、医療・福祉、家電・情報機器などの分野で盛んに応用されている¹⁾⁵⁾。本研究は、マイクロロボット研究のマイクロメカニズムの実用領域への応用と、近年見られる各種ロボットものづくり技術を融合し、高校生の創造性をさらに刺激する新たなものづくり実習となることを目指している。本研究は、工業高校生ものづくり実習テーマの一つとして、マイクロライントレースロボットの製作を行った。その構造は、電子回路基盤に、バッテリー、電子回路、モーター、センサー等を取り付けて、プログラムによる動作をさせ、マイクロロボットが自分で判断しながら白線のラインコースに沿って走る動作を持たせたものである。ものづくり実習としての製作を行い、プログラム制御学習までの一連の学習による実習を行うことにより生徒のものづくりに対する興味・関心・技術力を高めることができた。

宮崎工業高等学校は、宮崎市にある公立の工業高校である。全日制と定時制を置き、全日制は、機械科・生産システム科・電気科・電子情報科・建築科・化学環境科・インテリア科の7学科、定時制は、機械科・電気科・建築科の3学科がある。

2 背景と目的

従来のもものづくり実習に関する問題を解決するための調査・研究・開発方法に関する考え方として、現在、日本はロボット開発に寄せられる期待が大きいものとなっている。工業高校では、ものづくり実習としてテーマを決めることに大変苦労している。理由としては、生徒が興味を持ち、自ら率先して取り組める実習内容の最適な項目内容を見つけることの難しさや、材料等購入のための予算措置が難しいためと考えられている。本研究によって、工業高校ものづくりに関するロボット実習の利活用が更に進み、ものづくり教育の多方面への取り組みができるようになると考えられる。さらに、ものづくり実習に関する教育実習内容手順の見直し、実習手順に関する教職員間での標準化、さらには生徒実習の手技の向上につながり、ものづくり教育分野へ改善、高度化という全く新しい取り組みとしての教育的意義は大きいと認識している。小型のロボットという特徴があることから、省エネルギー・省資源をめざすエコロジーなロボットでもある。マイクロメカニズムやロボットの設計を行うために必要な基礎技術および実用化技術が身につくと考えられる。

3 マイクロロボット電子回路

図 1 と写真 2 に、マイクロロボットの電子回路図を示す。電源については、2 個の LR44 型ボタン電池を直列接続して得られる約 3V の電圧を、低損失型の 3 端子レギュレータによって安定した 2.5V へと調節している。PIC マイコンには低電圧電源に対応するものを採用している。この 3 端子レギュレータの最大出力電流は 250mA となっている。ここで、最も大きな電流の流れるマイクロモータについては、ボタン電池 2 個による 3V を試験的にレギュレータを通さず直接印加し、さらに出力軸を外力によって強制的に停止させた場合でも、消費電流はモーター 1 個あたり 90mA ~ 100mA 程度である。実際の印加電圧はレギュレータを通した 2.5V であり、さらに機体の駆動系の特性によって、走行抵抗が大きいときはモーターの軸が滑りを生じて機械的に停止しない構造となっているため、実際の消費電流はモーター 2 個の合計でも 200mA 以下となる。また、他の負荷における消費電流は、フォトインタラプタに内蔵されたフォトトランジスタが 4 個分で 1mA 以下、同じく内蔵の赤外 LED が 4 個分で 3mA 以下、ロボットの状態を表示する可視 LED では 0.4mA 以下となるように電流制限抵抗を設定している。さらに集積回路の動作に必要な電流を考えると、モータードライバでは 8mA 以下、PIC マイコンでは 20MHz の発振子を追加した場合でも 3mA 以下である。これらの消費電流は、全てを合計しても 215mA 程度となり、3 端子レギュレータの最大出力電流である 250mA を 14% 下回っているため、回路にある程度の改造を施しても余裕を持って電源の供給ができるようになっている。電源スイッチが ON の状態ではプログラムが動作し、機体が走行する。その状態から電源スイッチを OFF にすると同時に、回路はプログラムの書き込みに適した配線へと切り替わるようになっている。プログラムの書き込みの際には PIC ライタから本機の電源電圧である 2.5V を超える 5V の電圧が供給されるが、各部品に接続された抵抗はその電圧からの保護も行うことができるように抵抗値が設定されている。さらにそれら 9 個の抵抗は全て同一の 2kΩ のものを使用することで、製造時や組立時におけるコストやミスを低減する設計となっている。

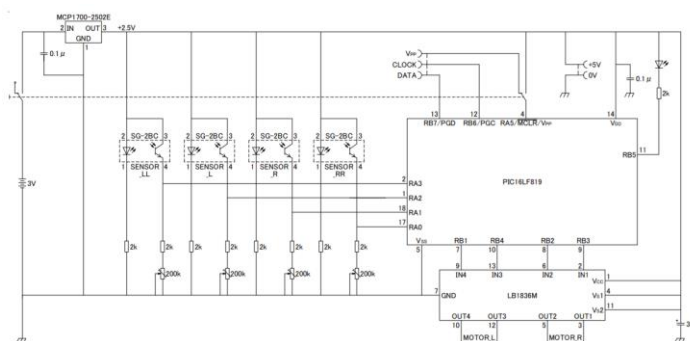


図 1 マイクロロボット電子回路



写真 2 電子回路

4 マイクロロボット製作実習

具体的な実習実施内容について以下に示す。実習風景を写真 1 ~ 4 に示す。

わずか 1 インチ角のロボット内に CPU やバッテリーを搭載し、数十 cm の大きさのロボットに匹敵する機能を持つ様に設計し制作実習を行った。



写真 3 佐世保高専実習

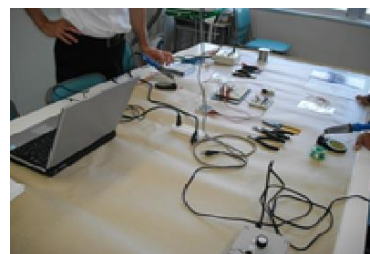


写真 4 実習風景 2

4-1 製作実習手順

以下の手順で製作を行った。製作例を写真 3~7 に示す。

(1) 基板への表面実装：マイクロコントローラ、モータードライバ、チップ抵抗、チップコンデンサ、チップ LED、半固定抵抗、ダイオードをクリームハンダで、表面実装を行った。

(2)足回り部品の配布、組立：マイクロロボットの車輪取り付け、組み立て、調整を行った。

(3)組み立て及びはんだづけ：はんだごてを使用して、ヘッダーピン、ピンソケット、電源スイッチ、フォトリフレクタ、スーパーキャパシタ、モーターのはんだづけを行い、組み立てを行った。

(4)マイクロロボット動作プログラムインストール：C言語プログラムをインストールし、センサー、モーター、プログラムのトータル的な動作を確認した。

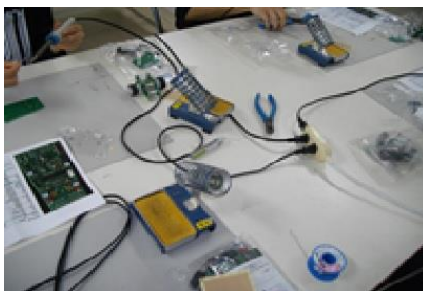


写真5 実習風景3



写真6 製作例1

4-2 製作実習実践結果の検証

(1)マイクロロボット動作による評価実験を行い、実践結果の検証とした。製作したマイクロロボットがラインに沿って確実に動作しているか等が評価のポイントになった。

(2)ものづくり報告書として製作実験結果をまとめさせた。さらに、学校全体に取り組みをアピールし、生徒のものづくりに対する態度について評価を行った。



写真7 製作例2

5 ものづくり実習結果

(1)製作物には、ロボットの頭脳となるPICマイコンや、4個の赤外線センサー、マイクロDCモーターなどがあり、これらを組み立てることでロボットの機体は完成した。また、ロボットの構成材料は実習などで余った端材で製作することも可能である。そのため省エネルギー・省資源をめざすエコロジーなロボットである。小型CPUやモーターなどの技術に慣れれば、製作費やメンテナンスのコストを軽減することが可能である。

(2)少ない材料で製作することが可能なマイクロロボットは、実習に関する材料費や資源節約の面からも、モノづくり実習にぴったりであり、コースも省スペースで常設が可能であった。

(3)本研究は、マイクロロボット研究のマイクロメカニズムの実用領域への応用と、近年見られる各種ロボットものづくり技術を融合し、高校生の創造性をさらに刺激する新たなものづくり実習となっている。

(4)小型のロボットという特徴があることから、省エネルギー・省資源をめざすエコロジーなロボットでもある。マイクロメカニズムやロボットの設計を行うために必要な基礎技術および実用化技術が身につくと考えられた。

(5)よい動作をさせる秘訣は、ハードウェアでは主にセンサーの取り付け位置にポイントがあったようだ。特によかったロボットは、カーブを曲がる際にコーナーマーカーを先読みして、あらかじめカーブと判断して速度を制御するようにプログラムを組む。速くマーカーを読み取れるようにセンサー部をできるだけ前に出す。そのため、特にカーブの多いコースではこのセッティングが効いていた。また、ロボットの重量を軽くするために機体の一部を削ったり、駆動系にベアリングを使用してシャフト抵抗を軽減させたりと、小さなロボットにさまざまな工夫を凝らすことも大切である。製作キットをそのまま利用するのではなく、改造を施しているものが良かった

(6)センサー感度の調整も大きなポイントであった。動作させる前に機体調整を十分に行い、ここでセンシング感度をボリュームで設定し、周囲環境に合わせた調整を行った。しかし、先ほどまでは調

子がよくても、突然動かなくなってしまったロボットもあった。これ以外にも、センサーのバラツキが原因で動かなかったロボットが、センサーを交換したら、いきなり動き出したというケースもあった。

(7)マイクロロボットは、やはりサイズが小さいため、半田付けを含めて製作が大変だったようだった。外見は似ているものの、実際の動作結果を見ると、プログラムの組み方などによって、だいぶ個性が出てしまうようだった。

(8)各種ロボット制作では、工業高校生の活躍に目を見張るものがあるが、マイクロロボット製作では、工業高校生による製作には大きな壁が存在する。高校では難しい最先端の技術を用いて、全てを小さな部品によって製作する点である。従って、「工業高校生が作れるマイクロロボット」の設計・製作をさせることは大変勉強になった。さらに、最先端の技術を学び、ものづくりの大切さや、自ら考え、自ら学ぶ重要性を確認させることが出来た。

(9)製作したロボットは回路設計やプログラミングの他に、加工等、機械に関する知識・技術を必要とする工程もあった。電気系学科の生徒は機械に関する知識・技術を学ぶ機会が少ないが、ものづくりには必要不可欠な要素である。幅広い分野での技術研究が必要であることを再認識することができた。

6 まとめ

本研究は、工業高校生ものづくりテーマの一つとして、わずか1インチ(2.54cm)角の大きさの「マイクロライントレースロボット」の製作を行った。電子回路基盤に、バッテリー、電子回路、モーター、センサー等を取り付けて、プログラムによる動作をさせ、マイクロロボットが自分で判断しながら白線のラインコースに沿って走る動作を持たせ、コースを走らせ、調整方法等の習得に努めた。ロボットが小さいため、競技フィールドも A2 サイズ程度のマット合成紙で小さくできていた。ロボットを構成するパーツはどれも細かく、普段のものづくり実習の中では使わないような技術を工夫しながら、生徒全員マイクロロボットを完成させることができた。ロボットを作るとなると、難しいのではとの気持ちが先にたつが、参考用の資料もインターネットから検索することで工作好きの高校生なら無理なく制作できた。ロボットの製作は難しくないが、工作上のちょっとした工夫やロボットに直線を重視した走り方にさせるか、カーブなどで線をきちっとトレースできるように指示を与えるかなどセットの仕方によって、全く違った結果が出るなど、奥深さも持っていた。

製作後、短い時間ではあったが、学習させた結果、生徒はプログラムの機能の大体を理解したようである。ただ、制御については時間的に無理があり、楽しかったという感想を聞いた。しかし、目を輝かした生徒の反応に満足している。今後は、電気科という工業専門の立場から、時間をかけ、1年生でもものづくりの基礎理論を学習し、2年でマイクロロボットを加工し、3年生で組み立てと調整、プログラミングを生徒の手で行うように、実習計画を立てている。

謝 辞

本研究は、公益財団法人中谷医工計測技術振興財団の助成を受けて実施したものである。多大なる御支援をいただいた中谷医工計測技術振興財団に心から感謝いたします。

また、ものづくりに関する考え等、様々な御指導を頂きました独立行政法人国立高等専門学校機構佐世保工業高等専門学校電気電子工学科房野俊夫教授に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) マイクロロボットのためのアクチュエータ技術「コロナ社」
- 2) マイクロメカニカルシステム実用化技術総覧—機械・装置のマイクロ化、一般機械の小型化の鍵となる「フジ・テクノシステム」
- 3) 制御技術者のための組込みシステム入門「日刊工業新聞社」
- 4) マイクロコンピュータ制御プログラミング入門「コロナ社」
- 5) 機械技術者のためのマイクロコンピュータ入門「日本理工出版会」