

掃除ロボットの電子制御

システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

1年 落合 颯太

1年 小野田 樹

1年 高野 創大

1年 富田 天哉

指導教員 システム科学技術学部 知能メカトロニクス学科

准教授 戸花 照雄

助教 秋元 浩平

学生支援スタッフ 電子情報システム学科

4年 渡辺 準樹

第一章 研究の目的

機械と電子制御を組み合わせた研究内容を考えていたところ、図書室の各小ブースに置かれた小さいホウキとちりとりが目に入った。そこから、電子制御した自動車を製作し、ゴミを集める機構を備えることで自動的に卓上の掃除をするという研究を立案した。既存にある部屋中をくまなく回って掃除する掃除機とは異なり、カメラを用いてゴミを検知する画像処理と、ロボットを駆動する電子制御プログラム、また、ロボットに意図した動作をさせるための調整など総合的に学べると思い、このテーマを決定した。

第二章 研究内容

I 車体の組み立て

掃除ロボットの車体はモーターを4つ用いた四輪駆動の学習キットを利用した。

II Arduino によるモーター制御

最初は Arduino Uno を使用し、ブレッドボードにジャンパーピンを刺す簡単な配線により制御回路の制作を行った。また、一度に四つのモーターを制御するためモータードライバーを各モーターに1つずつ、計4つ準備した。初めのうちはモーターの速度を変化させたり、モーターをどのように回転させたら車体が曲がるかを試したりと初歩的なことを通して簡単なプログラムを学習した。ここで車体が重くモーターの回転速度を上げないと動かなかったことや、曲がる時は左右のモーターの回転数に差をつけて動作させないと全く曲がらなかったことについて解決することに苦労した。

III 光センサの導入

本研究において距離センサであるフォトレフレクタ(図1)を机の端を検知するために用いた。このセンサを選んだ理由として車体と机との距離が短いため一般的な距離センサの

超音波センサは筐体が大きく搭載できなかつたためである。

このセンサを車体前方鉛直下向きに設置し、地面との距離が大きくなった（机から外れた）ときに停止するようなプログラムを作成した。このプログラムを応用して机から外れた後に回転して直進するようにし、このサブルーチンをループさせることで机から落ちないようにすることができた。しかしセンサ 1 つでは机の角で曲がると車体が落ちてしまうということがあった。そこでセンサを増やすことにした。

図 1



出典：秋月電子通商

IV 光センサの追加

センサを一つのみ用いることの問題点として、第一に正しい方向に曲がらないことが挙げられる。図 2 のような状態では曲がる方向が正しくないと卓上から落ちてしまう。第二に卓上の障害物に対応できないことが挙げられる。最初からまっさらな机を想定するという考えもあったが、汎用性の高さを追及して障害物にも対応できることを目指した。以上のことを達成するために机があるかないかを識別する光センサを左右で 2 つ、障害物までの距離を測る光センサを左右と中央で 3 つの計 5 つを配置した。（図 3 参照）センサを増やしたことにより Arduino Uno の制御用の端子が足りなくなったため端子が多い Arduino MEGA を用意した。

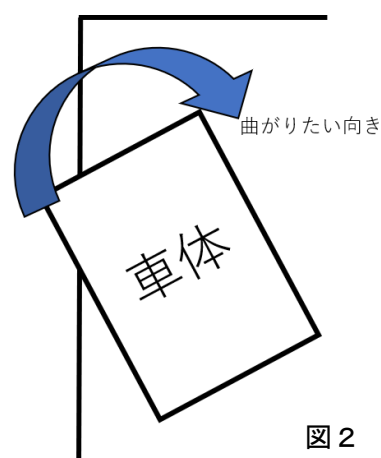


図 2

プログラムの作成においてはセンサが増えたことで難易度が上がり、どの制御文を使えば意図した動作を実現できるのか試行錯誤を繰り返した。センサが 1 つのときは “while” という制御文を用いて距離が大きくなる（机から外れる）まで直進させて

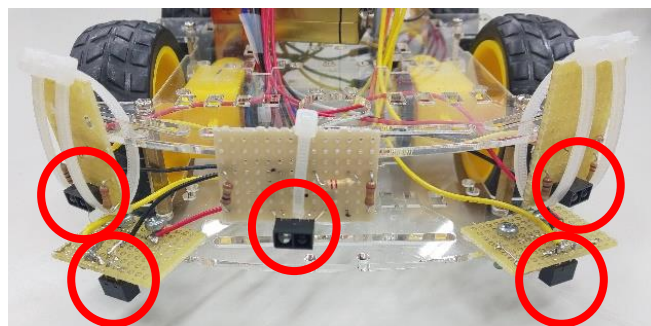


図 3 車体の前面

いた。センサを増やした場合でも机が識別できない場合や障害物に近づくと停止するところまでは同様な方法で実現できた。しかし、その後の動作に関して左右どちらに曲がるのか、または後進するのかという場合分けに関しては制御文を追加しなければいけなかった。ここで使用した制御文は “if else” というもので反応したセンサの組み合わせごとに動作を指定できるため、図 2 のような場合に正しい方向に曲がれるようになった。

V 卓上をくまなく走行する機能

IVまでの過程では曲がる方向を状況に応じて正しく対応できるようにしたが、曲がる角度については一定の角度としていたため、どれだけ走っても卓上の通らない場所が存在した。これを改善するために考案したのが曲がる角度をランダムするということである。具体的には“random”という上限と下限のある乱数を発生させる関数を使用した。これにより曲がる角度がランダムになったことで、同じルートを通るということは無くなり、時間がかかってしまうが卓上をくまなく走行することが可能になった。

VI 基板回路の制作

走行により配線が抜けたりしない信頼性の高い回路とするため Arduino の上部に乗せるような形の基板で、ブレッドボード上と電源の配線を担う回路基板を作成した。基板の制作は専用の基板作成ソフトで設計してから基板加工機で制作する。“Eagle”というソフトを使用して設計を行った。初めて使うソフトであったので、まずは操作方法を一から学び、その後どうしたら自分たちが求めるものになるのかをよく考えなければいけなかった。図 4 は基板を作る前の状態で銅配線が多くまとまりのない印象を受けるが、図 5 に示す制作した基板を組み込むことで、図 6 のように無駄な配線がないきれいな構造になった。さらに、配線がわかりやすくなることで、断線などの事故を未然に防ぐこともできるようになり信頼性が向上した。この過程が最も時間がかかり大変ではあったが、基本的なことをインプットして自分のやりたいようにアウトプットするという一連の流れで学ぶことができ、とても自分たちの成長を実感できた。

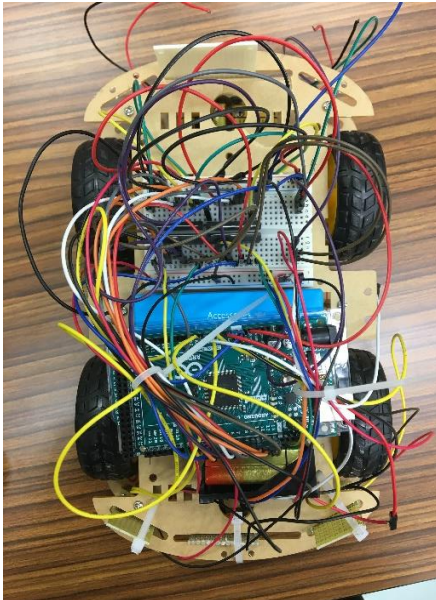


図 4

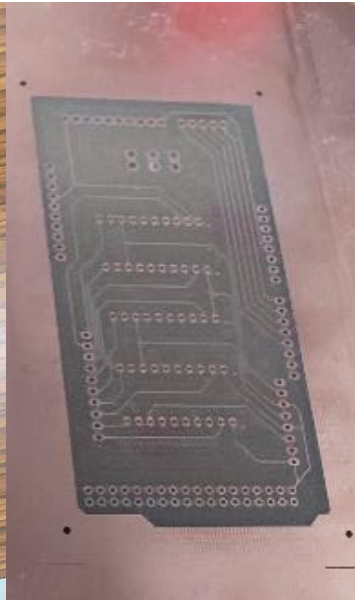


図 5

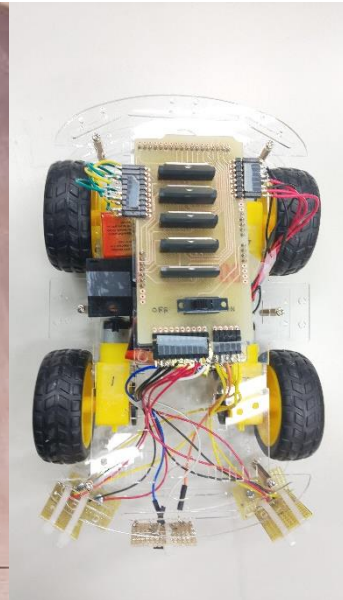


図 6

第三章 研究の成果と達成度

本研究では最終的に基板回路を制作するところまで行ったが、掃除の機構を完成するところまでは至らなかった。当初の目標は車体にカメラを搭載してごみを画像処理により認識し、ごみまで直進して掃除するというものだった。しかし、実際に検討した結果、ごみは画像処理するには小さすぎるという問題が上がり、困難であるということが分かった。そのためカメラは取り付けずに卓上をくまなく走り回るロボットへと変更することにした。またごみを集める部分では実際の掃除機のような吸引式のものを作ることを目指していた。そのために掃除機のファンを 3D プリンターにより制作していたが、3D プリンターに関する知識と時間が足りず本研究では断念することにした。一方研究の成果として車体のセンサを増やしたことで机の角や障害物でも安定した走行を可能にできた。プログラム面でもモーターの速度を直進するときより曲がる時を速くしたり、机から外れて停止した後の後進する時間を調整したりと細かな数値変更を繰り返しできるだけ無駄な動きがなくなるように尽力した。

第四章 研究の感想

本研究ではハードウェアとソフトウェアの両方を題材にしたため知能メカトロニクス学科の学生である自分たちの実力を発揮できるものとなった。本研究によってプログラムの作成と基板回路の制作方法に関してたくさんの知識を得られた。また一般的なロボット掃除機の簡単な原理に触れることができた。しかしやらなければならないことが多く、前期は週一回の活動であったが、後期から週二回に増やして活動した。活動時間が長かったのにも関わらず、掃除機構まで終了できなかったのは残念である。原因として行動計画を細かく決めなかったことで効率よく活動できなかったということが挙げられる。本研究をしたおかげで正解のないものに初めて触れる機会になった。また不具合が起こったときに様々な可能性を考え原因を見つけ、改善するというプロセスも学ぶことができた。

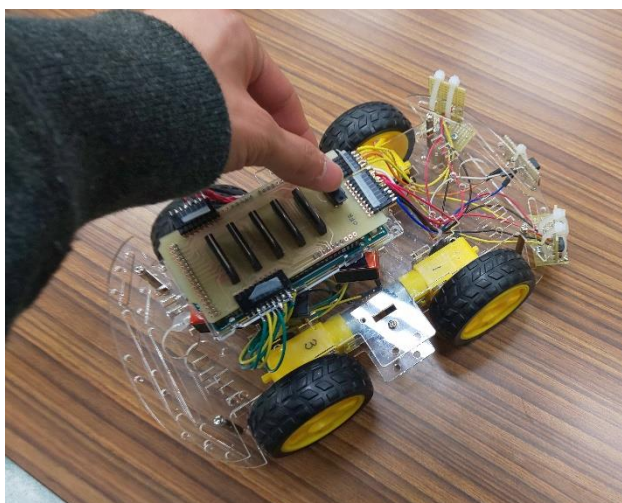


図7 完成したロボット

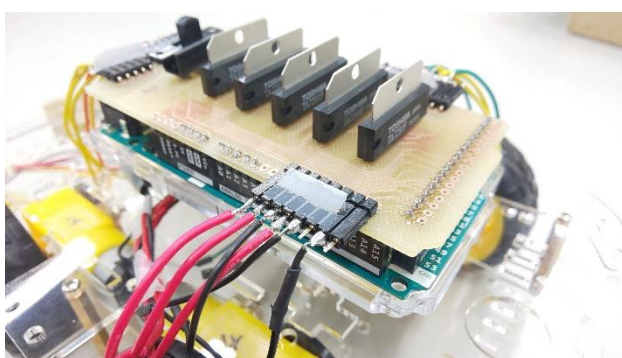


図8 車体上部