

ロボットのコントロールの仕組み

56期生

I テーマ設定の理由

昨年、僕は自由研究でロボットについて調べた。そのときは二足歩行ロボットなど、ロボットの移動の仕方についての研究が主体だったが、調べていくうちにロボットのセンサの仕組みについてや、どんな仕組みでロボットは光を追跡するのだろうか、などというもっと複雑な構造を知りたくなった。そこで、今回ロボットを実際に組み立て、内部の仕組みに迫ることにした。

II 研究方法

1. 参考文献「リアルロボット」でロボットの内部の詳しい仕組みを調べ、それについてくる組み立てロボット『サイボット』をつくる。
2. 組み立てたサイボットでセンサなどの実験をする。
3. センサのもっと詳しい構造などについては、本やインターネットでさらに調べる。
ここで『サイボット』というのは光に向かって走ったり、黒いラインを追跡したり、障害物をよけたりする、とても高度なロボットのことである。

III 研究内容

1. 光センサの種類と仕組み

ロボットが光を追跡するには「光センサ」という物が必要である。センサとは人間の五感にあたるもので、目に見えている光や温度の変化を、ロボットの中を流れる電流の変化に換える働きがある。光センサはセンサの中で光に反応し、右上のように2つに分類される。

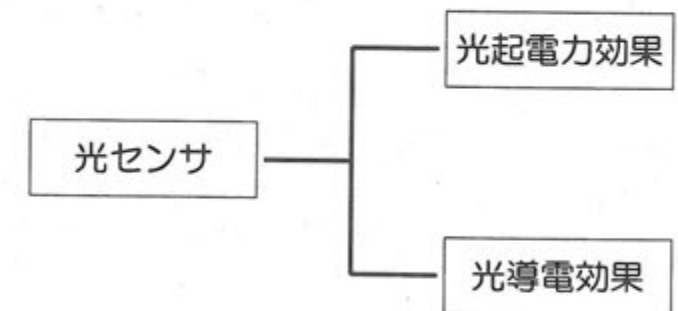


図1 光センサの分類

光起電力効果というのはその名の通りセンサに光が当たると電流が発生することをいう。この種類のセンサの例としてフォトダイオードなどがあり、光ファイバーの技術などに使われている。それに対し、光導電効果というのはセンサに光が当たると、センサの電気抵抗が減り、その結果電流をたくさん流すようにすることをいう。その代表的なものとしては次ページの写真1のCdsセルというものがあり、サイボットにも使われている。どちらのセンサにしても、光が当たるとロボットの中を流れる電流の量が増えるという点では同じである。

流れる電流が増加すると、その変化を、ロボットの頭脳であるマイクロプロセッサが読みとり、モーターに「光の方向に曲がれ」と指示を出す。こうしてロボットは日光や懐中電灯の光などを追跡できるようになるのだ。

2. 光センサを用いたサイボットの実験

(1) ～日光と蛍光灯～

方法：光センサがつけられたサイボット(写真2)を右下の図2のA、I、ウのそれぞれの場所に置き、何処の光に向かってサイボットが走っていくのかを調べた。(部屋A、Bは電気をつけ、廊下は消しておく。)

結果：Aにおくと部屋Aをぐるぐる回り、Iにおくとサイボットのセンサの向きにより、センサから近い方の光へ走っていった。Uにおくと必ず窓へ走っていった。

考察：この実験は日光と蛍光灯どちらに反応しやすいかを調べたが、この日は曇りだったにも関わらず、サイボットは窓に引きつけられた。光センサは日光に反応しやすいことがわかった。

(2) ～後ろの光は見えるのか～

方法：サイボットを暗闇の中に置き、いろいろな方向からサイボットに光を当てた。

結果：サイボットの真横よりも、さらに30度後方の光にまで反応した。

考察：これはサイボットについている光センサの位置にとっても関係している。光センサはちょうどシマウマの目のように横に少しずれた位置についているのである。

(3) ～何色の光によく反応するのか～

方法：懐中電灯に色のついたフィルム

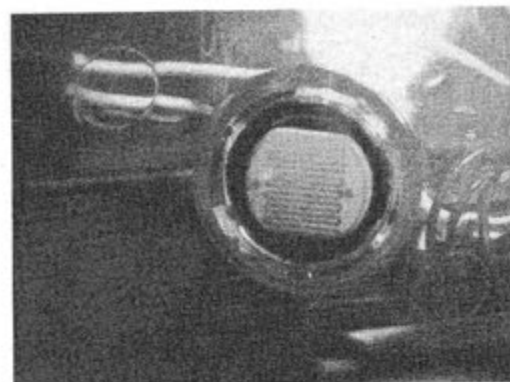


写真1 光センサ「Cdセル」



写真2 サイボットの外見

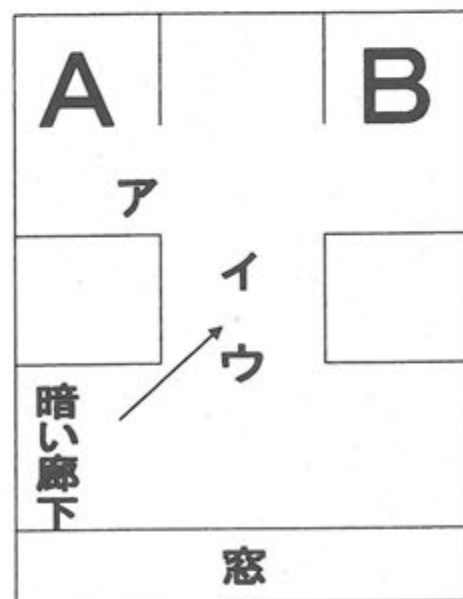


図2 実験(1)の部屋

(赤、黄、緑、青)を輪ゴムで止め、暗闇の中で、サイボットの光センサに当てる。

結果：すべての色にサイボットは反応し、光に向かって走ってきたが、青などのやや暗い色には反応するのに時間がかかった。

考察：わずかな波長の長さの違いが、色に反応する時間の差につながったのではないかと思う。

3. ロボットがラインをたどる仕組み

作った製品を倉庫まで運ぶとき、ロボットはよく使われる。倉庫までラインがひかれていて、その上をロボットがたどるのだ。

ロボットがラインをたどる仕組みは一見複雑そうに見えるが実は簡単なのだ。ロボットが白い床の上にひかれた黒いラインを見つけるために用いるものは赤外線である。この赤外線は目に見えている光(可視光線)より波長が長く、マイクロ波より波長の短い光の一種だ。テレビのリモコンには赤外線が使われており、また赤外線は熱を持っているといわれている。そして、この赤外線には黒い物体にはよく吸収され、逆に白い物体には反射するという性質があり、ロボットが黒いラインを追跡するときにはこの性質をうまく利用している。

まず、ロボットは床に向かって赤外線を出し、そのときの赤外線の反射を調べる。つまり、赤外線が反射して返ってきた部分は白色、赤外線が吸収されて返ってこなかった部分は黒色となるわけだ。次に、この「赤外線が返ってきた / 返ってこなかった」というデータは、ロボットのマイクロプロセッサに送られる。そして、マイクロプロセッサはモーターの回転の速さなどを変えるように命令し、こうしてようやくロボットは黒いラインをたどることができるのだ。この作業の中で、赤外線を出すのは発光ダイオード(LED)というもので、返ってきた赤外線を検知するのは光センサの一種のフォトトランジスタというものだ(写真3)。フォトトランジスタは赤外線だけでなく、目に見えている光までを検知してしまうので、赤外線以外の光は除去するフィルターがついている。このロボットがラインをたどる作業は、一般に「ライントレース」と呼ばれる。

4. ロボットのライントレースについての実験

(1) ～線の太さとの関係～

方法：黒の油性マジックで1ミリメートルから少しずつ線を太くしていき、何ミリメートルの直線ならばロボットがたどることができるかを調べた(普通の油性マジックの太さは1ミリメートル)。

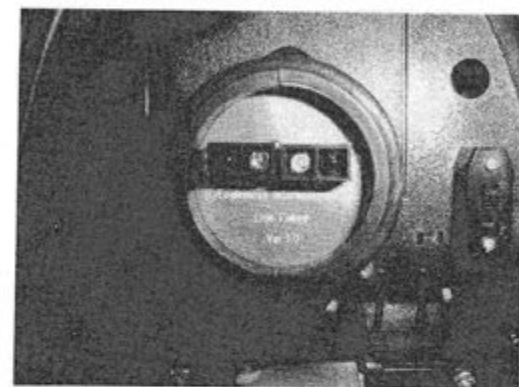


写真3 内側2つ-発光ダイオード
外側2つ-フォトトランジスタ

結果：3ミリメートルの黒い線ならたどることができなかったが、それよりも太い線ならばたどることができた。

考察：3ミリメートルより細い黒い線は、赤外線を受取る量が少ないので、フォトランジスタは赤外線が返ってきたと判断し、床にはラインがないと思ったのだろう。

(2) ～ラインの色との関係～

方法：赤・黄・青・緑・紫の五色のペンで白い紙に十分に太いラインをひき、その上にサイボットを置いて走らせ、最後までたどるか調べた。

結果：やはり、予想どおり、黒以外のペンで書いたラインの上にはサイボットは走らなかった。

考察：紫などは少しは赤外線を受取るのかもしれないが、それでも黒みたいに完全には吸収しないので、その返ってきた赤外線をロボットが検知してしまったのだと思う。

(3) ～分かれ道の法則～

方法：右の図3のA、B、C、Dの4つのコースにサイボットを置き、(星印がスタート)どちらの道へ曲がるのかを調べた(Dは曲がれるのかを調べた。)

結果：Aでは直線に近い方に、Bはロボットによって誤差はあるがどちらにも、C、Dのコースでは曲がり切れずに真っ直ぐ進んだ。

考察：カーブならUターンもできたのに、直線ならば直角さえも曲がれなかった。これはロボットが緩やかな変化には対応できるが、急な変化には対応できないということを表しているのだと思う。

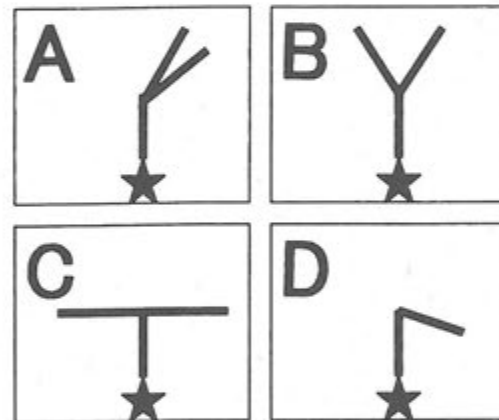


図3 実験(3) 分かれ道

5. ロボットが障害物をよける仕組み

ロボットにとって物体をよける(または見つける)ことはとても大切なことだ。例えば工場で働くロボットは常に物体を検知しながら働いている。これがもし、物体を検知していなければ、工場の製品は壊されてしまうだろう。ひどいときは人間にけがをさせてしまうかもしれない。

ロボットがラインを見つめるために用いたものは赤外線だが、物体を見つめるために用いるものは超音波である。超音波とは人間には聞こえない、とても高い音波のことである。こうもりやイルカは仲間とおしてコミュニケーションをとるときこれを用いている。高速道路の渋滞を調べる機械にも使われている。物体を検知するのに超音波が使われる理由は、ほとんどすべての物体に反射するからだ。レーザー光などでは透明なものを見つめることができない。

この超音波は、写真4の中央の4つの穴(ソナー)から出される。ソナーは電流が流れると細かく振動する仕組みになっており、その振動が空気を震えさせて超音波を作るのだ。ソナーから出された超音波は前方の物体に跳ね返ってロボットのソナーに戻ってくる。そのときソナーはロボットの中に電流を流すので、そのときの流れた電流が大きいほど物体は近くにあるのだ。そして、ロボットはその電流の大きさを測定し、物体が近くにあると判断すると、モーターに「方向を換えろ」と命令して障害物をよけるのである。このとき、超音波が返ってくるまでの時間を測定し、それに音速をかけて距離を測定することもできる。いずれにしても人間が意識せずに行っていることもロボットには非常に難しい作業だということがわかった。

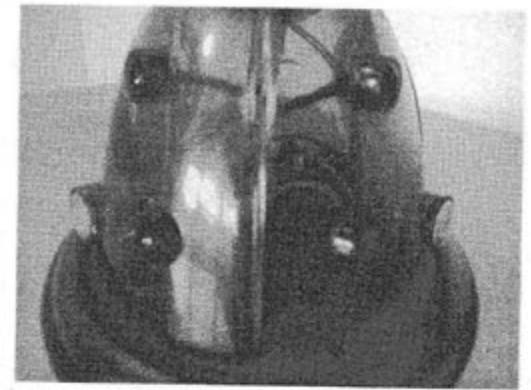


写真4 サイボットの前方

6. 障害物をよけることについての実験

(1) ～障害物の素材との関係～

方法：紙、布、壁、木、金属、ガラス、プラスチック、座布団、人間の9種類の障害物をサイボットの正面に置き、それに向かってサイボットを走らせて障害物をよけるかを調べる。

結果：下の表のようになった。

表1 実験結果

紙	布	壁	木	金属	ガラス	プラスチック	座布団	人
○	×	○	○	○	○	○	○	△

○-よけた。 ×-ぶつかった。 △-よけるときのよけないときがあった。

考察：布のように非常に柔らかいもの以外には超音波は反射した。

(2) ～超音波センサの範囲～

方法：サイボットの正面から左に少しずつ障害物をずらしていき、どの辺りの物体までを検知できるのかを調べた。

結果：サイボットの正面から左に15センチメートル以上離れるとサイボットは反応しなくなった。

考察：超音波センサは光センサにくらべて非常に狭い範囲しか検知できないということがわかった。その理由は、ロボットは前方の物体だけよけられればよいことと、ソナーが光りセンサにくらべてサイボットの前方に付いているという2つの理由があると思う。

(3) ～物体の角度との関係～

方法：物体とサイボットを50センチ空けて置き、右の図のA、B、Cのように物体の向きを換えて、ロボットが物体から何センチの所でよけるかを調べた。

結果：Aは物体から38センチ、Bは12センチ、Cは25センチだった。

考察：物体が斜めの場合、超音波が反射するとあまりロボットの方に戻ってこないののでよけるまでに時間がかかったのだと思う。

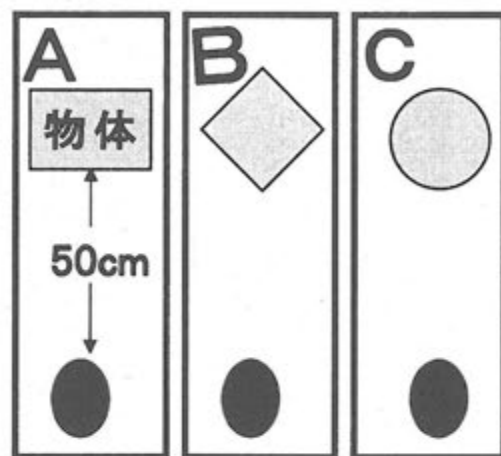


図4 実験方法の略図

IV 結 論

僕はここまで「光をよける仕組み」、「ラインをたどる仕組み」、「障害物をよける（見つける）仕組み」という3つのことについて調べてきたが、サイボットはまだ最新のロボット（ASIMOなど）や本当の生物のように高い知能を持つものには程遠いということがわかった。けれども、最新型のロボットでも、本当の生物でも、一見複雑に見えても、実は「光をよける」などというように1つの簡単な仕組みの行動が何百というたくさん集まってできているものなのだ。僕は、この1つの仕組みの発見がロボットを作るときにはとても大きな働きをするのだなあと感じた。

V 感 想

ロボットの仕組みについて実験を通して調べることにより、本などには書いていないセンサの性質や、ロボットの能力の高さがわかり、今まで研究を続けてきてよかったなあと思った。また、センサやマイクロプロセッサなどの電子部品に触れることができ、貴重な体験になったのではないかと思った。この研究を見てくれた人たちがロボットについて興味を持ってくれるのなら僕はとてもうれしい。

VI 参考文献

- 。「週刊リアルロボット」 1～17号 DeAGOSTINI
- 。宇田川 弘著 「なるほどナットク！ 電子回路がわかる本」 オーム社出版局
- 。山崎 弘郎著 「トコトンやさしい センサの本」
B & T ブックス 日刊工業新聞社
- 。ホームページ
「センサの話」
<http://www.line.co.jp/senserbook/infrared/infraredlight.htm>