

## 車体の制御用プログラムの開発

ここでは、車体の制御について考えていきましょう。車体に設置したセンサからの電圧をマイクロコンピュータ（マイコン）で読み出します。マイコンはその電圧を用いて、モータを制御します。モータを制御するために、マイコンにその動作方法を教えてやる必要があります。その動作方法を書いたものをプログラムと呼びます。

プログラムの開発には、「C 言語」と呼ばれるプログラミング言語を使います。今回の実験で必要なプログラムのひな形はこちらで用意しています。ひな形を改良することで、車体を制御するプログラムを完成させてください。

### ○ラインを見つける

ライントレースとは、「線に沿って走ること」なので、車の舵取りをどのようにするかが重要です。今回の実験で製作するライントレースカーは車輪が 3 つあります。全方向に動作可能なボールキャストと、左右それぞれ独立に駆動する 2 輪です。後者の 2 輪のモータの回転数を左右それぞれ変えることで、車体の方向を変えます。車体に搭載したセンサの値に応じて、左右のモータの回転数を変えましょう。

図 4 にラインがある場合 (a) とない場合 (b) の図を示します。ラインがある場合は黒いラインに光が吸収され、光の反射が少ないので、光センサに入射する反射光は少なくなります。一方、ラインがない場合は、光の反射が多く、光センサに入射する反射光が多くなります。

また、光センサは、ある(角度)範囲からの光を受けてその合計を出力するという性質をもつので、その範囲のうちのどのくらいの割合が黒い線の部分で覆われているかで出力電圧が決まります。センサ値を見て、そこに線が「ある」のか「ない」のかを決めやることとなります。

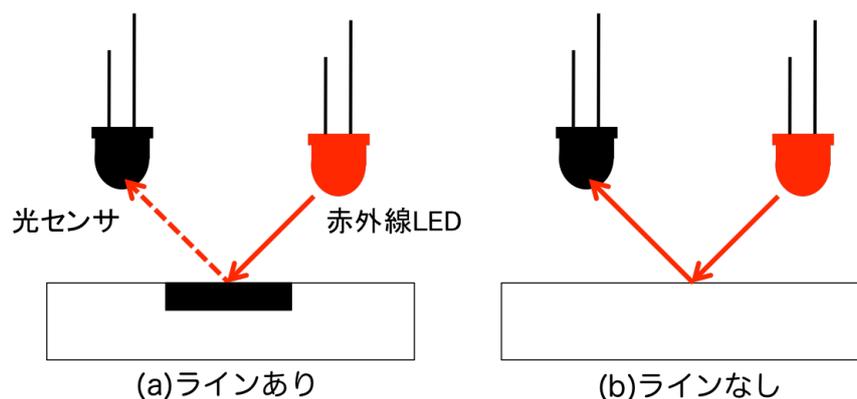


図4 ラインがある場合とない場合の光の反射

## ○ライントレースの原理(1)

まずは、センサ出力を見て、車体が「黒」の上にいるか、「白」の上にいるかを判断する場合の車体の操作方法を考えましょう。今回の実験では赤外線センサ2つを使用するので、センサの状態としては4つの状態が考えられます(1.両方とも白, 2.左が白, 右が黒, 3.両方とも黒, 4.左が黒, 右が白)。ここではそのうち2状態の場合の制御方法を紹介します。(残りは考えてみてください。)ここで、センサ値がどれ位で「白」と判定するか、「黒」と判定するかは、自分で設定します。プログラムするときに工夫してみてください。

### 1. 両方のセンサが白を検出

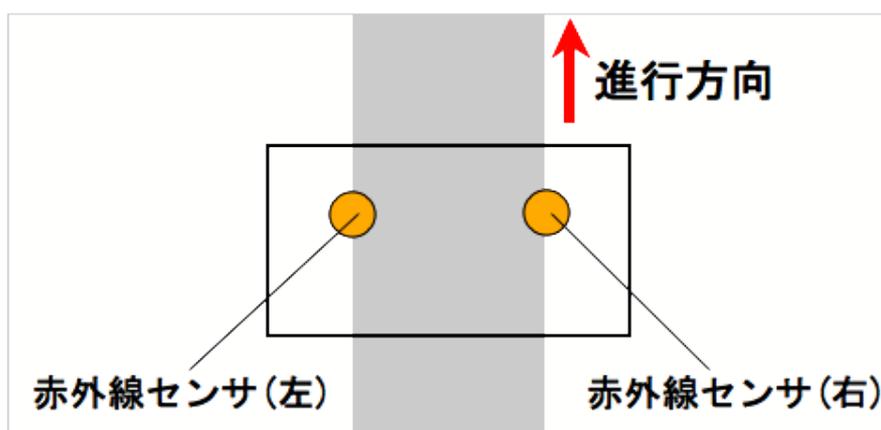


図5 両方のセンサが白を検出している場合

この場合は車体がほぼ線上にのっているので、図4のように前進します。つ

まり，左右のモータともに同じ速度で回転させたままにします。

2. 左側のセンサが黒，右側のセンサが白を検出

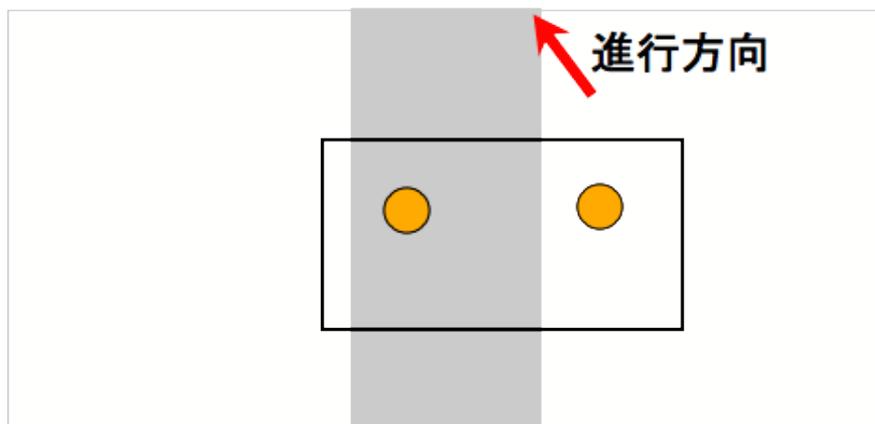


図 6 右側のセンサが白，左側のセンサが黒を検出している場合

この場合，車体が右側にずれているので，左側に寄せる必要があります．そこで，左側のモータの回転数を下げ，右側のモータの回転数を上げます．すると上図のように車体は左に進みます．

## ○ライントレースの原理(2)～比例制御を入れよう

ライントレースするにはもう一つ方法があります．原理(1)では，車体を制御するために，センサの値を「白」か「黒」かのどちらであるのかを利用しました．しかし，もっとセンサの値を細かく見ることができれば，柔軟な制御が可能になります．実際，センサの値は最大 1024 段階で読みだすことが可能です．センサの値が細かければ，センサから見える範囲には「黒が多い」とか「白が多い」という情報が読み取れます．その細かい値をうまく扱うために「比例制御」を使います．比例制御とは，「目標との差（偏差）」の大きさに比例した操作を行うことを言います．目標との差が大きければ大きい制御をかけ，目標との差が小さければ小さい制御をかけることを指します．

では，ライントレースカーに「比例制御」を適用するにはどのようにすればよいのでしょうか．まずは，センサ値に注目しましょう．センサの反射レベルは理想的には図 7 のようになります．プロットがふくらんでいるところはセンサがライン上にいる状態，「黒が多い」状態で，プロットが平坦なところはセンサがラインから遠い状態，「白が多い」状態にあると考えてください．

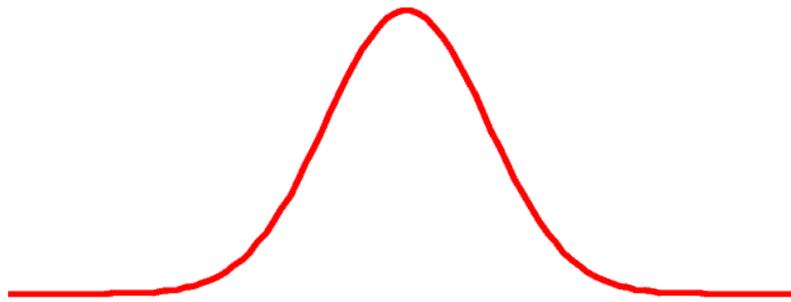


図7 センサ値の理想的なカーブ

ラインをトレースするには、「**左右2つのセンサの中心がラインの中心(目標)からどれ位離れているか(偏差)**」が分かることが必要です。中心位置から左右どちらにずれたとしても、そのずれた方向とその量が分かれば、車体をどちらの方向にどれだけ向ければよいかを決められます。

図8に左右のセンサ値とその差分をプロットしたものを示します。実線が左センサの値、鎖線が右センサの値、破線が左-右(差分)の値のプロットになっています。破線を見ると、中心(実線/鎖線が交差しているところ)から左に行けば破線が正に、右に行けば破線が負になることが分かります。ラインの上で車体を持ってくる(という「目標」を達成する)には、この差分値(偏差)が0になるように、左右のタイヤの速度を制御すれば良さそうです。

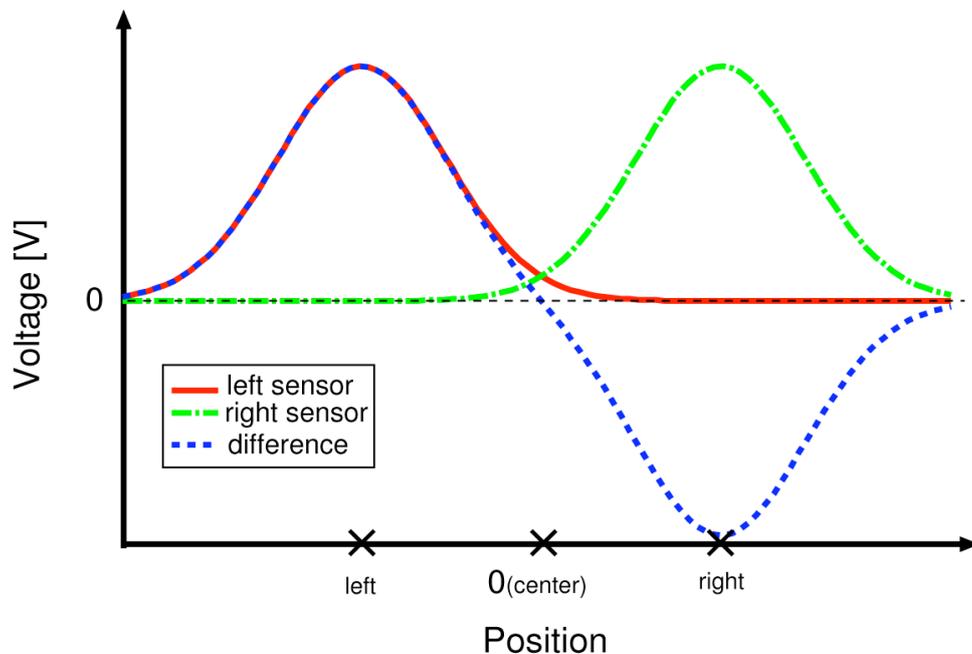


図7 左右のセンサ値とその差分値

差分値が正なら車体が右よりになっていることになるので、右のタイヤの回転数を上げます。一方、差分値が負なら車体が左よりになっていることになるので、左のタイヤの回転数を上げます。差分値が 0 なら、左右のタイヤの回転数を等しくしてください。