

# 簡単なセンサバーレスマイコンカーの製作

北海道紋別高等学校

立蔵 久範

## 1. はじめに

車体の自由度が高い **Advanced Class** において、センサバーに頼らないマイコンカーがさらに増えてもいいのではないかと考えていましたが、センサバーレスマシンはハードルが高そうなイメージがあり、なかなか挑戦できずにいました。

そこで、できるだけ簡単に、これまでのセンサバーマシンの車体とプログラムという貴重な資産を可能な限りそのまま生かしながら、センサバーレスマシンを製作した例をご紹介します。

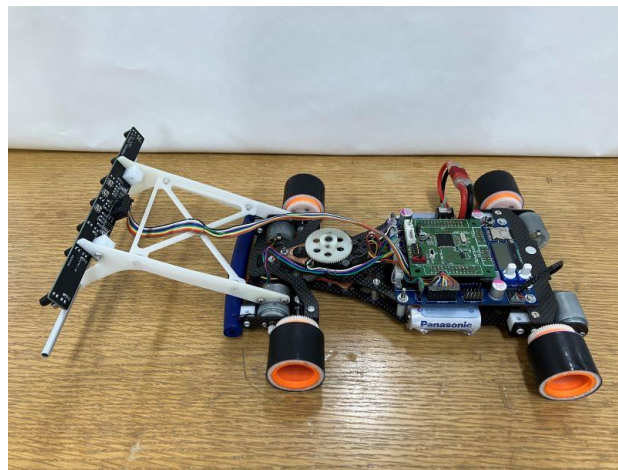


図 1. 製作したマシン全体図

## 2. 変更前のセンサバーマシンの概要

- (1) センサ：アナログセンサ×5

トレースとマーカ類検出を兼用している。

全て AD 値で読み、白黒の判定はソフト的に処理している。

- (2) フロントタイヤ中心からセンサまでの距離：約 300mm

## 3. 目標仕様

- (1) 車両本体はセンサバーマシンそのままとする。
- (2) センサバーマシンのプログラムでそのまま動作する。
- (3) 走行速度はセンサバーマシンと遜色ないものとする。

#### 4. センサボード

目標仕様を実現するために、センサ回路はセンサボード上で完結するように設計しました。赤外 LED は SFH4550、フォトトランジスタは ST-1KL3A を採用しました。いずれもロボット界限では定番のものです。回路図 (図 2) とセンサピッチ (図 3) は以下の通りです。

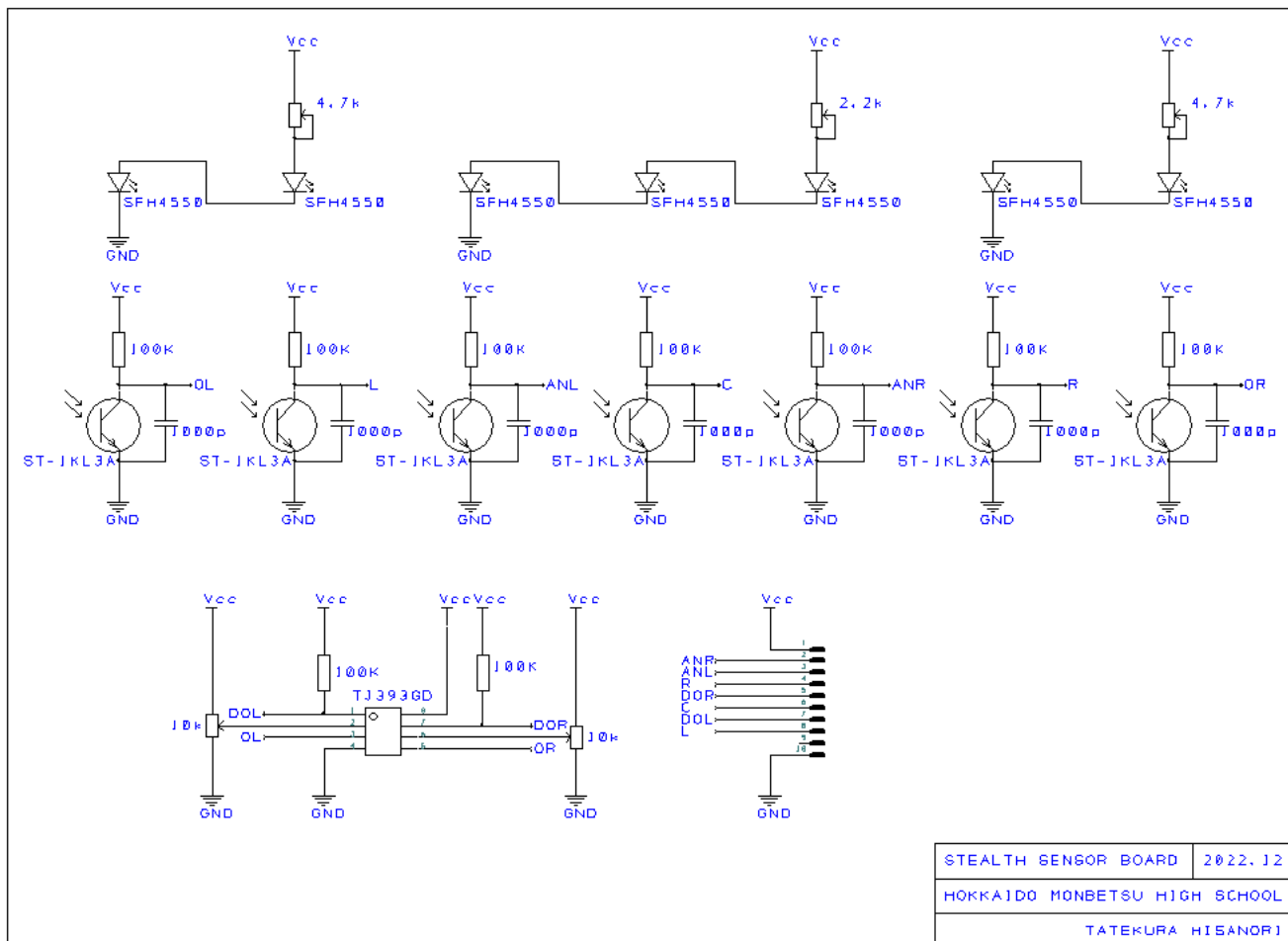


図 2. 回路図

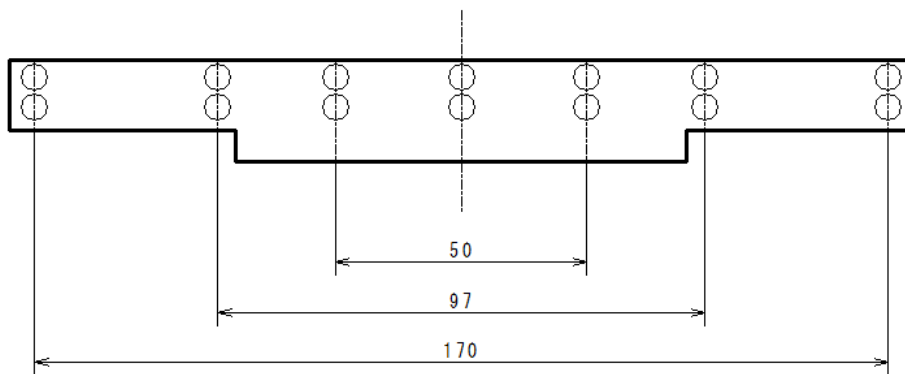


図 3. センサピッチ

センサバーマシンのプログラムそのまま動作させるために、赤外 LED は昇圧やパルス発光はしていません。また、センサに変調もかけていません。

中心 5 つのセンサでセンサバーマシン同様の処理をしています。

両端は外側の白線を読むために追加したものです。AD ポートが足りなかったため、コンパレータを通して出力しています。

TypeS 基板から移行する場合は、L、C、R のセンサはコンパレータを通すとよいと思います。ひとまず動作させてみたいだけなら、デジタルの IO ポートに直結でもギリギリ動かすことはできると思います。

## 5. センサボードの組立

配置上、赤外 LED の赤外線は、直接フォトトランジスタに入ってしまう、正確なセンサ値が得られなくなってしまいます。この対策として、赤外 LED を遮光する必要があります。今回はより簡単な方法として、赤外 LED に収縮チューブを被せて対策しました。

また、光軸の微調整ができるように赤外 LED とフォトトランジスタは基板から浮かせてハンダ付けしています。(図 4) 光軸の調整が完了すれば、ボンドなどで固定してもよいかも知れません。

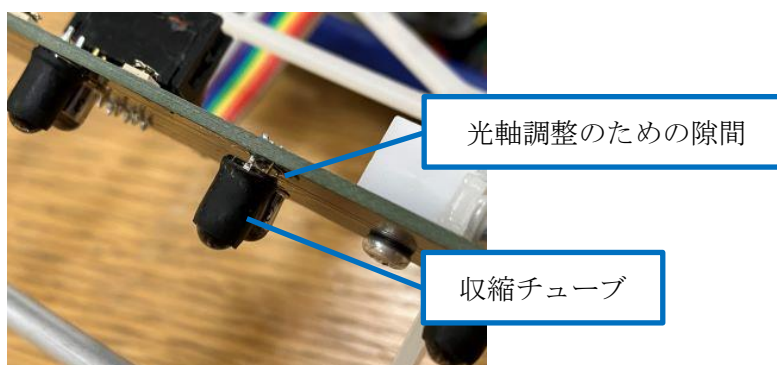


図 4. センサボード拡大図

## 6. センサボードの配置

今回設計したセンサボードで、安定して路面を検出できる限界は、以下の条件でした。

- (1) 距離：センサからコースまで 200mm 程度
- (2) 角度：路面とセンサ光軸のなす角度が 25° 程度

サーボ制御や走行速度をセンサバーマシンと同様にするためには、車体から同じ距離の路面を検出する必要があります。そのため、上記の条件を満たしながらセンサバーマシンと同様の前方位置を見るために、センサボードはフロントホイール中心から約 130mm 前に、全高は約 90mm に配置することになりました。(図 5)

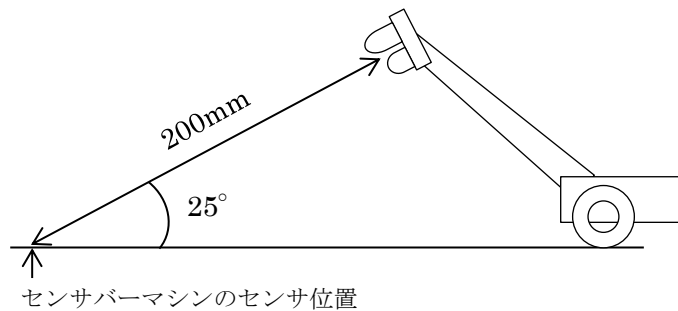


図5. センサボード配置図

## 7. センサボード支柱

センサは車体最前部にあるため、衝突による破損は免れません。走行実験中には、必ずコースアウトする場面があると思いますので、そのたびに修理に手間がかかるようでは、時間も労力もお金もかかり、モチベーションも下がってしまいます。

そこで、重さでは不利になるものの、耐衝撃性に優れるポリアセタール樹脂を使ってセンサボードの支柱を製作しました。さらに、センサ前方にはアルミパイプのバンパーを設置しました。衝突した際には、アルミパイプだと曲がるだけなので、すぐに曲げを修正して使うことができます。樹脂バンパーだと割れて交換が必要になる可能性があるため、あえて金属としています。(図6)



図6. センサボード支柱周り

## 8. 光軸調整

赤外 LED とフォトトランジスタの光軸調整は極めて重要な作業です。基板から浮かせて付けた赤外 LED とフォトトランジスタの足部分をわずかに曲げながら向きを調整します。しかし、どの辺を見ているのかは正確にわからないので、AD 値を見ながら調整します。中心両隣のトレース用のセンサは、内向き過ぎや外向き過ぎるとステアリングの制御に遊びが生まれます。適正な検出ピッチとしても、左右にオフセットしたような光軸では、まっすぐ走りません。(図7) 光軸調整は非常に細かく、根気がいる作業ですが、センサによるサーボの特性が決まりますので、頑張りどころです。

注意：通電している赤外 LED を絶対に覗き込んではいけません。  
目に思わぬ傷害を与える可能性があります。

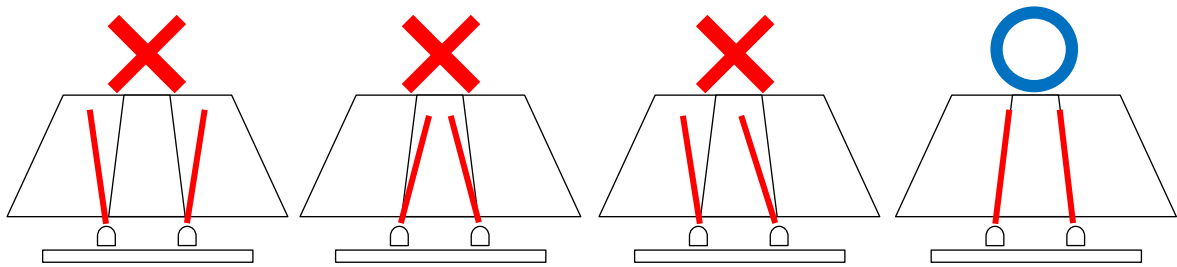


図7. 光軸調整のイメージ

## 9. 走行

サーボのパラメータを微調整し、プログラムはセンサバーマシンそのままにトレースができました。意外なほどあっさりと走れてしまうことに驚きました。

センサバーマシンとの違いで気づいたことは、ステアリングのキレが良くなり、制御に余裕が生まれたように感じられることです。また、赤外線照射範囲とフォトトランジスタの検出範囲はある程度広いので、トレースの精度が上がりました。速度もセンサバーマシンの時と変わらない平均速度を出せています。

センサバーマシンでは、長いセンサバーの慣性の大きさが気になっていましたが、センサバーレスマシンでは、ステアリングの慣性が小さくなったように感じられます。ステアリングが速くなったので、センサバーマシンとは違った新たな走らせ方の可能性が広がりそうです。

## 10. 最後に

これまで、センサバーレスマシンは、以下のように作らなければならないと考えていました。

- (1) センサをステアリングの中心に近づける。
- (2) センサの角度（光軸）は路面に対してできるだけ垂直に近づける。
- (3) 上記の角度で遠くを見るために支柱を高くする。
- (4) センサボード幅が広いと重くなるので不利。

そのため、これらの条件を成立させながら、動作させるためには、センサの回路やソフトウェアにかなりの工夫が必要で、技術的なハードルを高めていたように思います。

しかし、今回上記の条件を気にせずにセンサバーマシンのプログラムがそのまま動作することを中心に考えて製作したところ、思っていたほどのデメリットなくセンサバーレスマシンを走行させることができました。

センサバーレスマシンの普及が **Advanced Class** のさらなる発展につながることを願っています。

参考：2023 全国大会エキシビジョン時の走行映像

<https://youtu.be/gTteFPxtz1c>

(協力：ロボテナ様)

