

JMCR 2006 南関東地区大会(横須賀大会)

ドラッグカーレース参加ロボットの製作

一般の部 個人参加
三宅 越也

1 はじめに

■ このドキュメントについて

- ・このドキュメントは、最終章“6. 大会を終えて”を除き、大会前に作成しています。
- ・このドキュメントは最終章を除き、実際の 25m コースで検証を行う前に記述しているため、実レースにおいては不適切、あるいは充分ではない設計・手段が含まれていると考えられます。
- ・このドキュメント内の技術情報には、個人的な競技ロボット用として自己責任の下に行っている本来は望ましくない手段・行為が複数含まれています。記述内容を参考とする場合は自己責任の範囲内にて行うようお願いします。

■ 製作の動機 ～前大会での失敗～

2005 年 1 月 8 日～1 月 9 日に行われた JMCR 2005 全国大会において、大会開催 10 周年の記念イベントとして“ニューレギュレーションレース”“ドラッグカーレース”競技が行われました。全国大会にはマイコンカー競技一般の部に参加予定であったため、ドラッグカーレースについても「ついでに出てみよう」と軽い気持ちで応募しました。

しかし調子が出ないマイコンカー競技用のロボット調整に時間をとられ、ドラッグカーレース用ロボットの製作には 5 日間程度しか時間が割けない状況となり、「とにかく形だけでも…」と急造することになりました。ドラッグカーの走行開始はスタートバー”開”の自動検出で行う規則であるため、ゲートの図や開方向を確認した上で、理想的な位置にゲートセンサを配置してゲート検出プログラムを組み上げ、ゲート検出動作の確認を行いました。最初から何も問題なく検出できていました。

これで自分は「スタートはこれで完璧だろう」と思いこんでしまい、以降何もスタート位置に気を配らないままに、全国大会の予選走行を迎えました。

予選走行待ちの列が短くなり、自分の目にスタートゲートが飛び込んだ途端、「しまった…」と頭を抱え込んでしまいました。自分のロボットにはロータリーエンコーダを装備してあり、25 メートルの距離を測って停止する仕様となっていました。念のために”ゴールライン”検出用のセンサも付加してこちらの検出でもロボットを停止するようにしていました。しかし自分のロボットにとって、目の前にあるコースには、スタート直後に”ゴールライン”があったのです。スタートラインの存在に、この期に及ぶまで気づきませんでした。

レース後の結果から、スタート後の速さだけをみれば自分のロボットは 2 位に相当する性能があったと認識できましたが、現実の競技はたった 2 センチの走行で終わりました。プログラムはウソを付かず、確実にスタートして”ゴールライン”を通過し、停止したのです。

「ちゃんと走りきったけれども、結果が悪かった」というならまだしも、こんな結果では自分自身に納得ができないため、再びドラッグカーレースで雪辱を果たす機会はないだろうかと待っていました。

そこに南関東地区大会にてドラッグカーレースが開催されるとの公表があったため、製作作業を一気に加速し、試走を重ね、「今度こそ」の意気込みで大会に挑むことになりました。

2. 開発コンセプト

■ 全体コンセプト: “ドラッグカーレース用ロボット”に相応しいロボットを目指す
自分はJMCR用ロボット製作に関し、勝つことよりも“自分なりの考え・アイデアの実現”に重点を置いていますが、“速く走る”という点では、普遍的に必要な要素を無視することはできません。その要素を考えられるだけ取り込み、高性能のドラッグカーロボットを目指します。

◎ 性能目標

- ・最大速度: 6.0 [m/s] 以上
- ・最大加速度: 4.5 [m/s²] 以上
- ・最大減速度: 9.8 [m/s²] 以上
- ・ゴールタイム: 5.5 [s] 以下

■ 車体コンセプト: ホイールベース長 No.1、軽量 No.1 を目指す

高速のドラッグカーにおいて直進安定性の確保は最低限の要件ですが、この要件の満足はホイールベースが長い方が容易くなります。また動力源であるモータは全員共通かつ 1 個であるため、自ずと軽量化の競争となります。この競争で優位に立つため、重量の削減を重ねます。

◎ 車体目標

- ・ホイールベース: 210 ミリ以上 (前回優勝ロボット以上)
- ・総重量: 450 グラム以下 (前回参加ロボット同等以下)

■ 回路コンセプト: 昇圧回路で電圧上限アップ&軽量化

バッテリー電圧を直接モータの駆動に使用した場合、

- (1) 競技の性質上、8 本積まないと最高速を稼げない
- (2) モータは 1 個であるため、あまりギア比は下げられない (加速性能が落ちてしまう)
- (3) トルクを稼いでも、バッテリーが重いので加速が鈍り良いタイムにつながらない

というデメリットがあると考えました。一方で適切な昇圧回路を用いることにより、

- (1) 少ないバッテリー本数で 10 [V] 以上の電圧が得られ、モータを高速に回すことができる
- (2) モータの発生トルクは下がるが、高いモータ回転数と軽量化効果で性能を逆転できる

などのメリットがあると考えられるため、2005 大会のロボットより昇圧回路を採用しました。

今回のロボットでは更に電源の能力を引き上げ、高い走行性能を実現する基礎を固めることを重点目標に据えました。

◎ 回路目標

- ・電池本数: 4 本 (前回参加ロボットと同じ)
- ・モータ供給電圧: 14 [V] 以上 (前回参加ロボット以上)
- ・モータ供給電流: 連続 2 [A] 以上
- ・マイコン供給電圧: 5 [V] に安定化

■ ソフトウェアコンセプト: 再現性のある加速走行、減速走行を実現する

◎ 目標

- ・直進安定性の確保
- ・加速度と速度の同時管理の実現
- ・急減速時における車両姿勢の乱れを抑制
- ・通信コマンドによるパラメータ変更、パラメータの永続化、データ収集

3. 外観／諸元表

(1) 外観

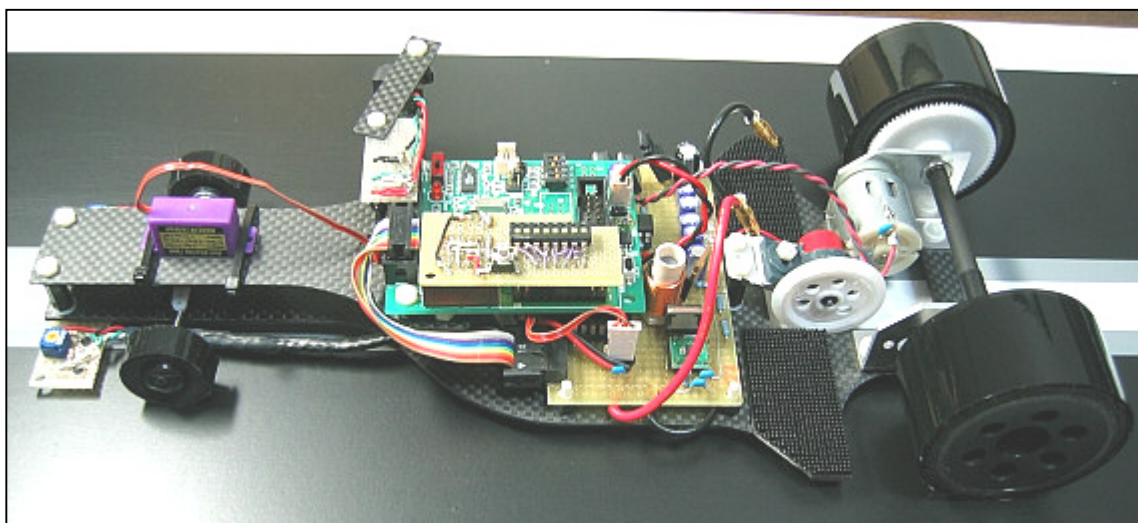


図 3.1 2006 横須賀大会 参加ロボット “HugeWheel2”

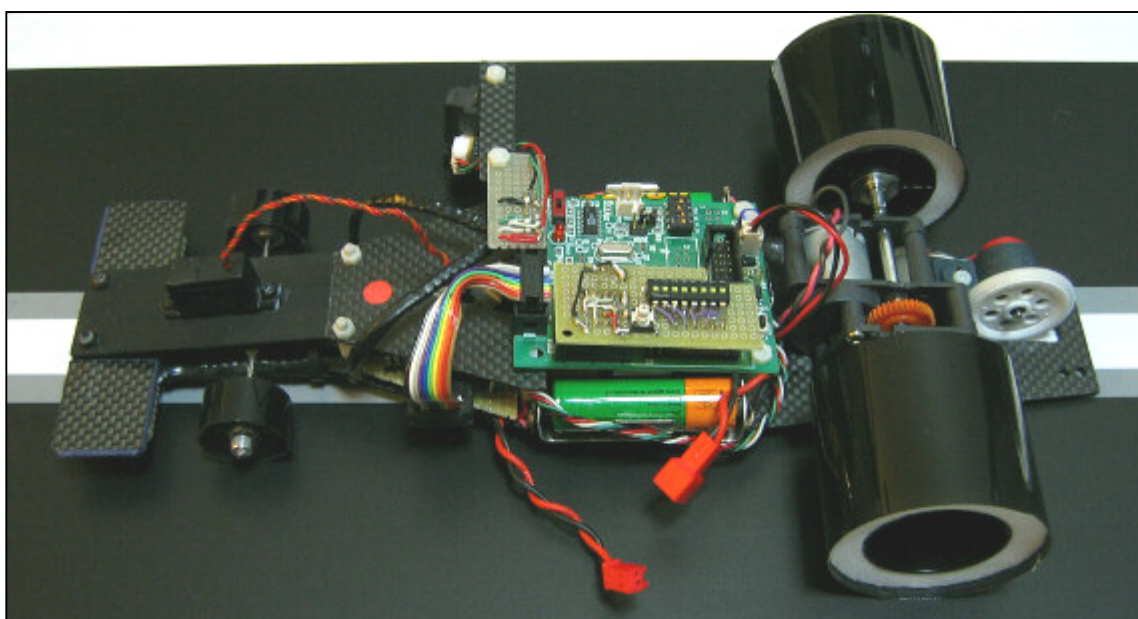


図 3.2 2005 全国大会 参加ロボット “HugeWheel” (参考)

■ 共通点

- ・白線センサ基板、ゲートセンサ、マイコンボード、エンコーダ（そのまま流用、同一）
- ・シャシー材料(CFRP)、シャシー構成（前部ダブルデッキ）
- ・前輪の構成（小型サーボに接合した丸棒＋ベアリング入りホイール＋スポンジタイヤ）
- ・電池本数（4本）

■ 相違点

- ・ギアボックス（ハイスピードギアボックス→自作ギアボックス）、前輪用サーボ
- ・昇圧電源回路／モータ駆動回路／バッテリー接続手段
- ・ホイールベース／各 부품のレイアウト／シャシー材板厚
- ・後輪側のタイヤ基部材質／タイヤ径／タイヤ幅／ホイール

(2) 諸元表

表 3.1 ドラックカーロボット 諸元比較表

ロボット名		HugeWheel2	HugeWheel
寸法・重量	全長	300mm	300mm
	全幅	145mm (タイヤ幅 30mm の場合)	160mm
	全高	45mm (タイヤ除く)	50mm
	ホイールベース	232mm	200mm
	最低地上高	3mm (センサ部除く)	←
	本体重量	423g (Ni-Cd 電池搭載時)	440g
駆動系	モータ型番	マブチモータ RC-260RA18130	←
	減速機構	スパーギア 1 段 $m=0.5$	スパーギア 2 段 $m=0.5$
	減速比	10 : 1	11.2 : 1
	モータ軸回転方向	走行時=逆転(CCW)	←
	車軸	CFRP 製 $\phi 6$	スチール製 $\phi 4$
操舵系	サーボ種別	小型航空ラジコン用サーボ	←
	サーボ型番	BLUE BIRD 社 BMS-306BB	GWS 社 PICO/BB
	PWM 制御周期	5ms	6ms
	転舵方式	センターピボット	←
	車軸	鋼製 $\phi 2$	←
タイヤ	直径	前 25mm / 後 56mm	前 25mm / 後 54mm
	全幅	前 10mm / 後 30mm (45mm も有)	前 10mm / 後 45mm
	基部材料	前スポンジ / 後スポンジ	前スポンジ / 後発泡材
	表面材料	シリコンシート	←
	ホイール	前: ベアリング入りアルミ 後: ラジコンカー用	←
車台	メインデッキ	CFRP 製 $t=1.7$	CFRP 製 $t=0.9$
	アッパーデッキ	CFRP 製 $t=0.9$	←
	エンコーダ位置	後輪車軸の前	後輪車軸の後ろ
電源	親バッテリー数	4 本	←
	モータ駆動電圧	15V	14V
	連続駆動電流	2A 以上	1.5A 以上
	連続スイッチ電流	8A 以上	5A 以上
	スイッチ周波数	500kHz	100kHz
	制御系電圧	バッテリー電圧昇降圧型 5V	モータ駆動電圧降圧型 5V
	サーボ駆動電圧	バッテリー電圧	←
モータ駆動	回路形式	ブレーキ無し正逆転 H ブリッジ	ブレーキあり正逆転 H ブリッジ
	使用 FET	IRF1104L $\times 4$	4AM12 $\times 1$
	ゲートドライブ IC	Intersil 社 HIP4080	東芝フォトカプラ TLP521-4
	ゲート駆動周波数	16kHz	1kHz
	ノイズ対策	フォトカプラ TLP251 独立した制御電源回路	フォトカプラ TLP521-4 制御電源回路は非独立
センサ	ゲートセンサ	シャープ GP2D12 (PSD 素子)	←
	ラインセンサ	固定・アナログ式赤外センサ TPS603 $\times 4$, TLN113 $\times 2$	←
	エンコーダ	日本電産コパル電子 RE-12D 100ppr 品	←

4. ロボットの説明

以下、簡易な図および箇条書きにて説明します。

(1) 全体構成

図 4.1 に、ロボット全体の構成要素をブロック図で示します。

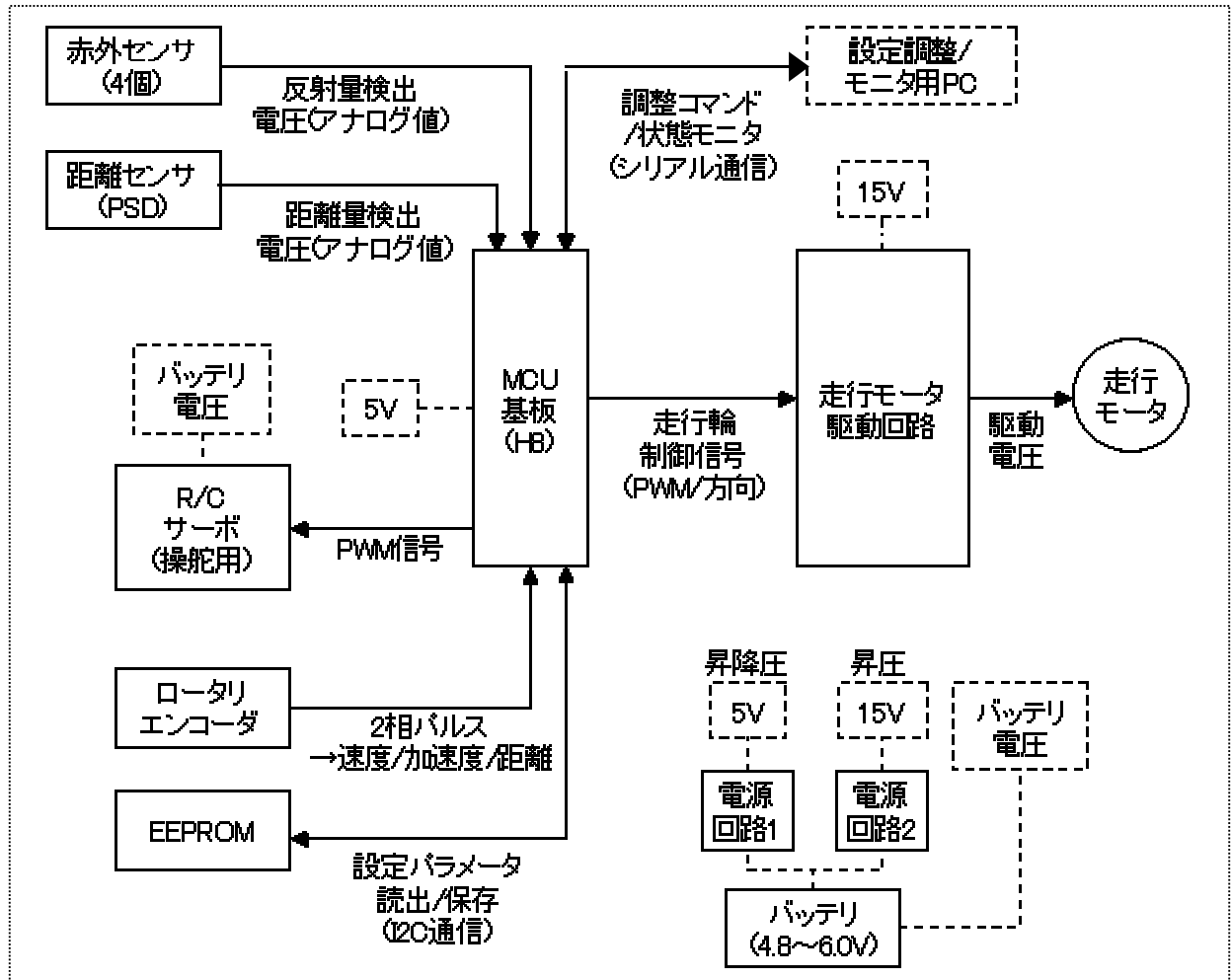


図 4.1 ドラッグカーの全体構成

(2) 駆動系

- ◆ 歯車モジュール: 0.5
- ◆ ピニオンギア: 8 歯
 - ・モータ軸を脱脂し、ロックタイトのはめ合い接着剤 603 で接着しました（全く滑りません）
- ◆ スパーギア: 80 歯
 - ・ジュラコン製で 6 ミリ弱の穴が最初から開いている製品
- ◆ 車軸
 - ・カーボン製 6 ミリ径シャフトを使用
 - ・スパーギアの固定手段は圧入のみ
- ◆ モータ/ベアリングマウント
 - ・A5052/2 ミリ厚の材料で製作
 - ・車輪軸に外径 10 ミリのベアリングを使用
 - ・モータ取り付け位置を極力下げ、低重心化
 - ・モータの固定は約 6 ミリの穴にモータを挿入し、はめ合い接着剤で固定（単体交換不可）
 - ・ホイールベースが伸びるように車輪軸を後方に設定
 - ・モータのトルクが少ないため、噛み合わせが軽くなるよう軸間距離を設定
- ◆ ホイールハブ
 - ・田宮模型の F1 ラジコン用アルミハブを使用

(3) 操舵系

- ◆ アクチュエータ
 - ・軽量化を最優先し、航空ラジコン機用のサーボを使用
 - …(1) S9254: 性能はとても優れているが、他より重いため不採用
 - (2) GWS サーボ: 制御量の小変更についてこない場合があるため不採用
 - (3) ブルーバードサーボ: GWS サーボよりも動きが良く、ドラッグカー用として使えると判断
 - ・PWM 周期は 5 ミリ秒弱に設定
 - …より短くすることもできましたが、電池 4 本満充電時の電圧で発振してしまいます
 - ・固定はシャシーに外形に合った角穴をあけて挿入 & 前後タイラップ固定
- ◆ 車軸
 - ・2 ミリ径の鉄製シャフト
 - …秋葉原の千石電商にて購入、精度が良いです
 - ・少しだけトーインになるよう若干の曲げ加工
 - ・固定方法はサーボホーンへの接着
 - ・車軸にはめ合い接着剤を少量塗り、ホイールのベアリングと車軸を固着

(4) タイヤ

- ◆ リアタイヤ
 - ・F1/C カーラジコン用ホイールを幅 30 ミリに切断して使用
 - …ホイールを切断しない、幅 45 ミリのタイヤも製作しました
 - ロボットの曲がりにくさを上げるための予備策で、使わずに済ませることが理想です
 - ・5 ミリ厚程度のスポンジをホイールに巻き、その上にシリコンシートを巻きつけ
- ◆ フロントタイヤ
 - ・ラジコン飛行機用で売られていた φ2 ベアリング入りタイヤのホイール部を流用
 - ・小径のスポンジタイヤ（直径約 25 ミリ）に 10 ミリ幅のシリコンシートを巻きつけ

(5) シャシー

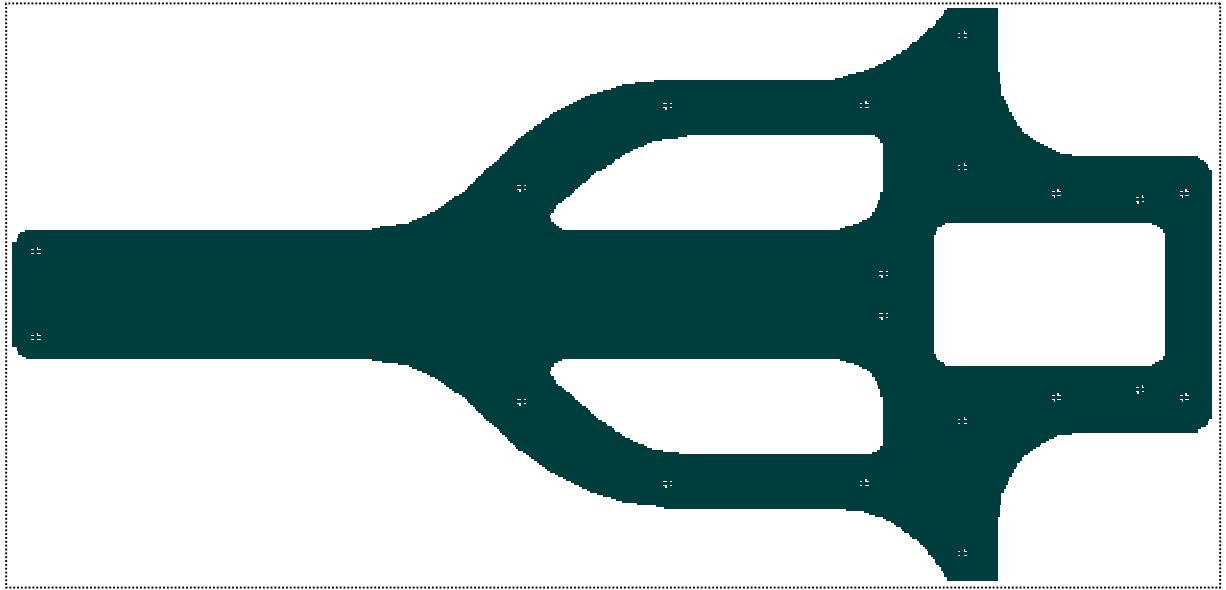


図 4.2 ドラッグカー ロアデッキ形状図

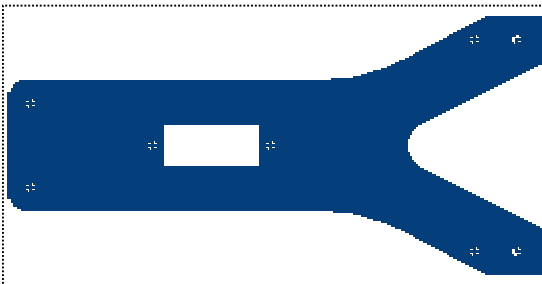


図 4.3 ドラッグカー アッパーデッキ形状図

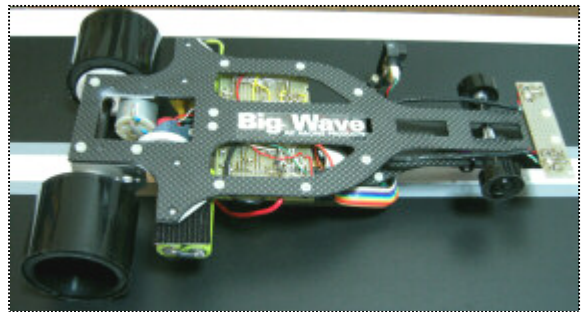


図 4.4 ドラッグカー裏面の写真

- ◆ ロアデッキ
 - ・1.7ミリ厚 CFRP 製
 - ・2005 全国大会のロボットのように直線基調ではなく、曲線を多用した形状
 - 工作機械等は一切無いため、ダイヤモンドの糸鋸でハンドカットしました
 - 図面を紙に印刷して貼り付け、穴位置にポンチを打った後に線に沿って切断しています
 - ネジは皿ネジを使用するため、全ての穴に皿加工を施しています
 - 大会直前に、肉抜きとして4箇所 corner 加工を行いました (図 4.4 参照)
 - ・バッテリーは後部左右に各2本ずつ搭載
 - ・当初は電池ホルダーを採用していましたが、軽量化のためベルクロ固定に変更しました
 - ・左右バッテリー間、後輪車軸の前にロータリーエンコーダを配置できるレイアウト
 - ・ギアボックスはネジ固定式 (田宮模型ハイスピードギアボックス互換の穴も用意)
- ◆ アッパーデッキ
 - ・0.9ミリ厚 CFRP 製
 - ・マイコンボードとラジコンサーボの固定穴を用意
- ◆ その他
 - ・ネジ/ナットは全て樹脂製 (材質は RENEY: ガラス繊維強化ポリアミド)
 - ・スペーサは6角のジュラコン製

(6) 電源回路／バッテリー

- ◆ 15V 系電源
 - ・PWM 制御 IC＋外付け FET、インダクタによる約 3 倍の昇圧回路
 - ・4.8V 入力を基準に設計
 - ・大電流負荷の下でも電圧降下の少ない(内部抵抗の小さい)電池が必要でした
 - ※低電圧になる電池でも、出力電流(トルク)が下がるだけで壊れることはありません
 - ・最大 8～9A の入力電流
 - ・この電流で飽和しないインダクタ、大電流対応の SBD を使用しています
 - ・約 500kHz のスイッチ周波数
 - ・スイッチ素子(FET)とインダクタのサイズ・重量を考慮して決定しました
 - ・過電流検出
 - ・15A 以上流れた場合に PWM 出力を停止し、スイッチ FET が壊れないようにしています
 - ・モータ駆動回路用に 9V レギュレータを用意
- ◆ 5V 系電源
 - ・FET 内蔵電源 IC、インダクタによる昇降圧回路
 - ・バッテリー電圧の変動、モータ駆動回路からのノイズの影響で 5V 系(特にセンサ)の出力変動、誤動作が生じることを避けるため、独立した電源回路を用意しました
- ◆ バッテリー
 - ・出力電流
 - ・3C 放電まで対応の Ni-MH 電池では電流不足でした
 - より大電流の放電が可能な Ni-MH 電池、Ni-Cd 電池を採用しました
 - ・重量
 - ・なるべく軽い電池を探しました
 - Ni-Cd 電池の方が軽く、GP 製の Ni-Cd 電池が最も軽量でしたが、明確に大電流負荷に弱かったので SANYO 製の電池を採用しました
 - Ni-MH 電池はラジコン界で有名な Intellect 社の製品を選びました。
 - ・ハンダ付けによるパック化
 - ・大変危険な行為です！タブ無し品は規則で禁止されていても不思議はありません！
 - 方法を誤ると、安全弁や絶縁構造の破壊による事故、電池特性の大幅劣化につながります！
 - 100W の半田ごてを用いて、数秒の加熱で済むようにしました
 - コネクタにはラジコン用のもの（ハウジング無しの挿入型）を使用しました
 - ・充放電管理
 - ・ラジコン界のノウハウを流用して大電流放電ができるように管理しています
 - 電池のマッチング：特性の近い電池同士をパック化
 - 大電流での充放電：Ni-Cd で 3C、Ni-MH (Intellect)で 1.5C 程度で実施
 - これも危険です！常時監視、異常保護対策が必要です！
 - なるべく走行の直前に充電が終わるようにしています（初期電圧、温度の維持）

(7) モータ駆動回路

- ◆ FET／ゲート駆動
 - ・FET×4 のフルブリッジ構成
 - ・N チャネルの FET (IR 社 IRF1104L)を 4 個使用しています
 - ・ゲートドライバに Intersil 社 HIP4080 を使用
 - ・正逆転信号と PWM 信号の 2 信号でモータを制御できます
 - (絶縁回路の単純化のために選択しました)
 - ・ゲート駆動周波数 16KHz
- ◆ その他
 - ・制御信号の絶縁
 - ・東芝フォトカプラ TLP251 を使用して 2 電源回路の電源/GND を分離しています

(8) センサ系／その他

◆ ラインセンサ

- ・SSM 方式で使用するセンサ/検出方法がベース
- ・センサは舵角連動ではなくシャシー固定式
 - ・以下の理由により、ドラッグカー競技では動かない方が良いと判断しました
 - ※ 制御が悪いと発振しやすい手法でもあります
 - 中央からのズレの絶対量について、微小変化を捉える必要があるが可動部の存在が検出精度に影響を与える
 - 動かす場合、アクチュエータのトルクが余分に必要→重量増
- ・赤外 LED TLN113 を左右に各 1 個使用
- ・フォトランジスタ TPS603 を左右に各 2 個使用
 - ・内側を中央ライン検出、外側をゴールライン検出に使用しています
- ・LED に流す電流のみ調整可能とし、調整後に接着剤で固定

◆ ゲートセンサ

- ・車両右側にセンサを配置し、右前方を検出領域に設定
ゲート右端を見た方が、他を見るよりも・・ (図 4.5)
 - 同じ検出時間で、最大の検出量変化が得られます
 - 同じ変化量を、より早く検出できます
- ・センサに PSD 素子を使用し、距離変化をアナログ電圧変化で監視
- ・不慮の衝突に備え、センサが外力で後方に逃げるように固定

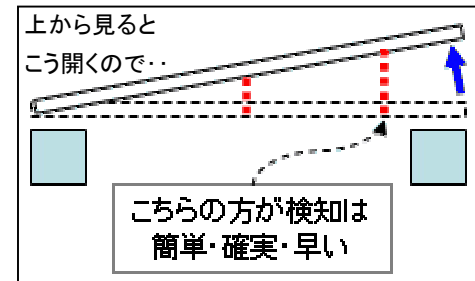


図 4.5 ゲート監視位置

◆ ロータリーエンコーダ

- ・日本電産コパル電子の RE-12D 100ppr 品を使用
- ・ホイールは 30 ミリのプーリ、タイヤはシリコン O リング
- ・小型航空ラジコン用の樹脂ヒンジとホームセンターにあった樹脂部品 (図 4.6)、樹脂ネジと樹脂スペーサで固定



図 4.6 樹脂部品

◆ EEPROM/SW 基板

- ・マイコンボード上にある図 4.7 の (不恰好な)基板
 - EEPROM とスタート SW、DIP SW、補助コンデンサを実装
 - 複数マイコンボード間で挿し替えにより共有している
 - ・SW 類や設定パラメータ永続化はどのロボットでも必要です
 - EEPROM は 1Mbit 品、ロボット毎に使用アドレスをずらしている



図 4.7 EEPROM/SW 基板

(9) ソフトウェア

◆ 電源投入後

- ・電源投入時にスタート SW を押しているときセットアップモードで起動
 - …サーボセンタ調整、速度／加速度の調整、走行距離の調整等が可能
- ・カウンタの初期化
 - 16kHz カウンタ: 駆動モータ PWM
 - 5ms カウンタ: RC サーボ PWM
 - 1ms カウンタ: 目標舵角/速度/加速度の設定
 - 128Hz カウンタ: 速度/加速度の制御
- ・変数／テーブル値の初期化
 - ※ サーボセンタ、速度、加速度制御のパラメータは EEPROM より取得

◆ スタートゲート監視

- ・単チャンネル A/D 入力ゲート状態を監視
- ・ゲート'開'検出で A/D 入力をラインセンサ用 4ch スキャンモードに変更

◆ 走行制御

- ・メインループでは停止条件 (距離/ライン検出)のみを監視
- ・1ms タイマの割り込みで舵角/速度/加速度の目標値を更新
- ・128Hz タイマの割り込みでエンコーダのカウント値を取得し、積算距離のカウントおよび速度／加速度の同時制御
- ・走行時の速度/加速度設定は 2 パターンのみ
 - …ラインセンサがコース中央から大きく外れた場合に、速度と加速度を下げています (実走行でこのパターンに入ることは無いようです)
- ・トレース処理はほぼ P 制御
 - …ラインセンサから得られた偏差を戻す方向に目標舵角を設定しています

◆ ブレーキ制御

- ・1ms タイマの割り込み処理では目標速度(=0)、目標加速度を設定するのみ
 - …あとは 128Hz 処理の側で、指定の加速度で、静止まで制御します
- ・トレース処理は走行時と同一処理
- ・ラインセンサの偏差が閾値を超えた場合、モータトルクをカット
 - …後輪のコーナーリングパワーが回復し、車両の自転が止まります

◆ 停止後

- ・スタート SW を押すと、内部メモリに記憶していた時間、距離、速度などのデータ値を通信で出力
 - …加速カーブの解析、必要なブレーキ距離の検討に使用しています

5. 大会前の検証

◆ 速度カーブの確認

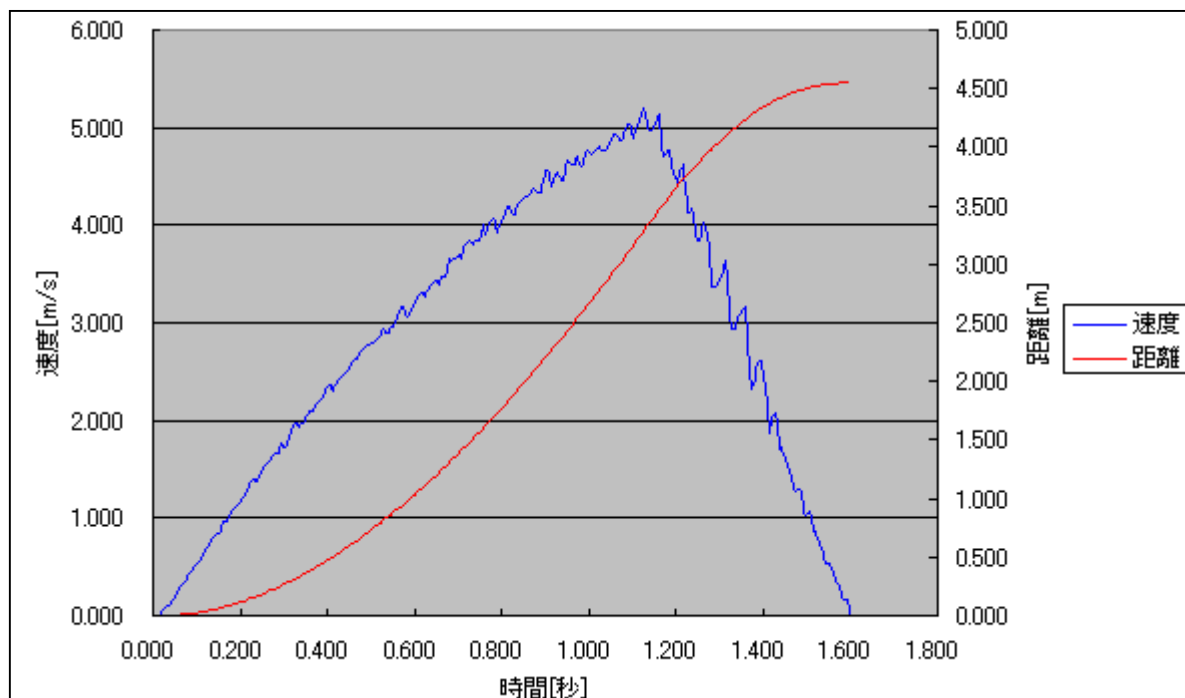


図 5.1 自宅コースでの速度カーブと走行距離

自宅にて 5メートル弱の直線コース(表面材質は大会コースと同一)を設けて、加速および減速の性能検証を行った結果を 図 5.1 に示します。

加速は 1 秒強で 5[m/s]に達しており、2 秒程度で 6[m/s] 近くに達すると予測できます。また減速は加速よりも鋭く、約 1G の減速度が生じていることが分かります。この走行の際、加速では車両姿勢に乱れは生じず、減速時に後輪が僅かに横に流れるだけでした。

◆ スタート動作の確認

コースのスタート地点に 2 センチ幅の白線を設定し、スタートゲートを白い紙で作成して動作検証を行いました。白い紙を取り除くとロボットが走り出すように調整できることを確認でき、スタート動作は問題ないと判断しました。

6. 大会を終えて

■ 大会前日の試走結果

- ・最初の試走でスタートゲートの”開”検出が失敗しましたが、センサの閾値調整で解決しました。
- ・初期加速は問題ないものの、5[m/s] を超える定速走行における直進安定性に問題があることがわかりました。原因として考えられる要素は
 - 操舵系の制御周期が長すぎる
 - 偏差と操舵系の動作角の関係が不安定（精度が出ていない）
 - 操舵系の応答が遅いであり、結果として操舵制御系が発振し、走行軌跡がふらついていました。操舵系のゲインを下げると直進時のふらつきは低減されましたが、車両姿勢が不安定となりやすい減速時には同じゲインでは修正が効かず、ゲインの使い分けが必要となりました。
- ・ラジコンサーボを過去に用いた S9254 に換えると上記問題の改善が可能であると思いましたが、不覚にも大会への持参を忘れていたため、交換はできませんでした。
- ・何度も試走を繰り返した結果、コースからの脱落等でラジコンサーボのガタが増え、前輪の車軸も好ましくない状態に歪んでしまいました。可能な限り修正を行いました。最善の状態に戻すことが出来ませんでした。

■ 大会当日の展開

(1) 試走

- ・前夜の修正の出来を確認しましたが問題は残っており、上限速度を 5.0 [m/s] 以上にすると発振が止まらなくなりました。即席の制御変更だけでは解決できないと判断し、4.8[m/s] で完走できることを確認して試走を止めました。

(2) 予選

- ・1 回目の走行は、最後の試走と同じ設定で行いました。
 - 5 秒台後半の設計目標にすら届かないタイムでしたが、完走だけは果たせました。
- ・2 回目の走行は、操舵制御のゲインを変更し、最高速を 5.2 [m/s] に設定しました。しかしコース後半で発振がはじまり、発散してコースから落ちてしまいました。
- ・出走台数が 5 台と少ないため、ただ 1 回目の完走だけで決勝トーナメントに進みました。

(3) 決勝トーナメント

- ・1 回戦の相手は 5 秒台前半で走るロボットであったため、この時点の状況では勝てる見込みがありませんでした。事前に再び操舵制御のゲインを変更し、5.6 [m/s] 設定の賭けにでましたがやはり発振は止まらず、ゴール直前で派手にコースアウトしてしまいました。逆転ブレーキの開始が不安定な走行に止めをさしているようです。コースアウト後の衝突でラインセンサ基板を固定している樹脂ネジの 1 本が破断し、センサ基板が回っていました。
- ・「決勝 1 回戦敗退」で終わり、とがっかりしていましたが、人数が少ないため「3 位決定戦」のアナウンスで名前を呼ばれました。基板の位置を戻し、速度を 5.2[m/s] に設定しました。加速だけは良いものの、基本的に無理のある設定で、1 回戦と全く同じようにコースアウトしました。「同じ位置で落ちるということは、何かがあるのでしょうか」と滝田先生のアナウンスがありましたが、事象はその通りで、もはやガタガタのロボットが、ブレーキ開始と同時に落ちていたのです。

全体として、初期加速だけは安定し事前検証通りの性能でしたが、他要素は設計目標に未達でした。

■ おわりに

◆ 結果に思うこと

タイムだけなら3番、決勝トーナメントは本来4位となるところが繰り上がりで3位となりました。決勝でロボットの回路が壊れ、コース損傷による失格が出たとのことでしたが、自分としては電源回路、モータ駆動回路が走行時において破壊し、発煙・発火するといった重大事象が生じないように、素子の仕様・特性を把握した上で余裕のある回路設計を行いました。

回路に関しては、壊れる条件が把握できない、レース中に過熱等で壊れそうな部品がある状態で競技に参加すべきではないと考えます。このような状態を放置してしまうと、他に損害を与えるリスクを抱えてしまうだけでなく、他の一般用途で活用できる回路技術の習得が果たせないからです。「限界を承知で、限界を超える」ということも、電池という誤用リスクの高い化学物質に接続された回路では、大きな危険につながります。電池自体にリスク要因を与えている場合は尚更のことです。

◆ 今大会の反省点

(1) 一定速走行領域の安定性が欠落

実際のコースを走るまでは、スタート後2秒で6.0[m/s]まで加速し、あとは緩やかな加速でほぼ一定速を保ったままゴールまで走ることを想定していました。この場合、減速前の速度が6.3[m/s]に達していなくても、4秒台後半で走り切ることになります。電源回路についても、7.0[m/s]程度まで加速することを前提に設計を行いました。しかし実際には、ほぼ一定速で走る区間で、操舵系の制御、構造の問題が露呈して想定した速度域での安定走行が維持できず、結果として5[m/s]弱の低速でしか走れないロボットとなってしまいました。

実コースでの検証が大会前日の試走まで行えなかったということもありますが、事前に

- 細かいパラメータ調整が容易な、より安定性の高い操舵制御系
- 重量が多少増加しても、より高速な制御に対応でき、十分な強度を持つ操舵機構の検討および実現が十分にできていなかったことが、真の問題であると思います。

(2) スタートゲートの”開”検出

大会前日の試走で、2005全国大会でのゲート検出成功が、確実に行える保証のない“偶然”に近いものであったことが分かりました。今大会でも2005全国大会と同じように自宅でスタートの事前検証を行いました。試走日にはゲートが開く前から走行が始まりゲートを強く押ししてしまいました。

2005全国大会ではスタートで問題の出るロボットが多数ありましたが、自分の試走と同様に“実際のゲート”で事前検証せず、いきなり本コースに置いたものと考えられます。ゲートについては寸法、位置と共に“スタートバーは白色”という規定がありますが、走行コースのように具体的に表面材が何であるかは定義されていないため、実際と異なる材料で検証している場合が多いと思います。このことで生じるゲート”開”の誤検出、不検出を避けるためにも、会場に用意された調整用ゲートは必ず活用すべきだと思いました。

◆ ドラッグカーレースの魅力

長距離の試走を行う環境が確保しづらいこと、競技を開催できる場所が限定されることなど、ドラッグカーレースには競技への参加者、レース機会が増えにくい要素があると思います。それでもこの競技は、動力源が指定モータ1個で直線走行のタイムを競う競技であることから、マイコンカー競技でも実用しない速度域での直進安定性をいかに軽量のロボットで実現するか、必要充分のブレーキ性能を得るにはどうすれば良いか、出力の大きな昇圧回路を小さく軽く作るためにはどうすれば良いか、などのチャレンジ要素も多数あり、参加者は少ないながらも各人が持ち寄ったロボットは、どれも見た目から大きく異なる、とても個性溢れるものでした。再びこの面白いレースを戦う機会があれば、必ず参加したいと思っています。