

ソーラーカープロジェクト 2013

代表者 小野本成克（工学B 3年）
構成員 森弘惇一（工学B 4年）尾林知輝（理工M1年）林田聡司（工学B 4年）
宅野和大（理工M2年）岡田拓也（工学B 4年）
藤田達也（工学B 4年）岡本尚士（工学B 3年）

1. プロジェクトの目的

本プロジェクトは、ソーラーカーの設計、製作を通して個々の工学的視野を広げ、ものづくりの楽しさを知ることが目的とします。製作したマシンを毎年夏に開催される国内最大のソーラーカーレースである「ソーラーカーレース鈴鹿 2013」に出場することを目標とし、大会の結果などから自分で問題を提起して解決する能力を養うことも目的のひとつとしています。そして、活動を通してより多くの人にソーラーカーを知ってもらい、環境問題やものづくりの大切さを知ってもらうことも目的とします。

2. プロジェクトの内容

今年度のプロジェクトの内容は、主にソーラーカーの製作と大会への出場です。以下にこれまでに行った活動のスケジュールを表1に示します。

表1 これまでの活動スケジュール

活動期間	主な活動内容
2013年2月～8月	ボディの製作、車体の整備・調整
8月	「ソーラーカーレース鈴鹿 2013」に出場
8月～12月	ソーラーパネルの資金集め
12月～2014年3月	次期ソーラーカー設計・製作

3. 活動状況

3-1 車両製作

前年度はボディとパネルを分離した形状にしていたが、昨年の大会・試走での走行結果から、

- I. 進行方向によって空気抵抗が大きく変化する
- II. パネル固定のために余計に重量が増加した
- III. 視界が前方のみに限られ、レース中のドライバーへ負担が大きい

といったことが分かったため、従来の翼断面形に戻し、上記した3つの問題点を改善しました。

ボディ材料は前年度と同じゼットロンという独立気泡発砲ボードにFRP樹脂を塗り、強度を上げたものを使用しました。前年度は多くの場所にFRPを使用し強度を上げていましたが、今年度は応力集中が大きいところのみFRPを使用したことで、前年度よりボディの重量を軽くしました。また、大学から大会会場までの運搬のしやすさを考え、ボディを2分割できるように設計し製作しました。



図1 ボディ製作の様子



図2 色付け前のボディ



図3 完成したボディ

3-2 試走

7月22日(月)に学区内で走行テストを行いました。走行中にシャーシ側につけたタイヤカウルが地面と接触しそうになりました。そこで、ボディとタイヤカウルを固定する部品を取り付けたり、タイヤカウルを固定するワイヤーの絞りを強くしたりしてタイヤカウルの落下を防ぎました。

7月26日(金)に学区内で走行テストを行いました。走行中に前輪から異音が生じました。新しく購入したブレーキディスクが以前使用していたものより大きかったことのためにブレーキパッドとブレーキディスクの干渉によって異音が生じたことがわかりました。そこで、ブレーキパッドの位置を調整し、干渉を抑えました。



図4 学内テスト走行の様子

3-3 大会

ソーラーカーレース鈴鹿は、1992年にスタートし、国際自動車連盟(FIA)が公認する世界最高峰のソーラーカーレースです。私たちの参加するエンジョイIIクラスで、車体性能だけでなく、ドライバーのエコランも問われるクラスとなっています。以下に概要を表2に示します。

表2 レース概要

参加チーム	大学生、高校生のチームや企業チーム
レース方式	4時間もしくは5時間の耐久レース
エンジョイIIクラス レース規則	レース時間：4時間 蓄電池：鉛蓄電池 太陽光パネルの出力：最大480W以下

大会は8月2,3日に開催された。2日に車検、フリー走行(予選)。3日に4時間の決勝レースが行われました。車検では、車体寸法や重量の測定、ブレーキ試験、ウィンカーやブレーキランプの点灯確認など様々な試験が行われました。今年は規則改定で第1ロールバーの規定が厳しくなっておりましたが、無事に車検をクリアすることができました。

午後からフリー走行・予選が行われ、このフリー走行において、私たちはデグナーコーナーで横転事故を起こしてしまいました(原因は後述)。幸いドライバーに怪我はありませんでしたが、車体の破損状況が大きかったため、フリー走行の継続を断念しました。具体的な破損状況はボディ左半分の骨組みとキャノピーが半壊し、5枚のパネルが発電不能になり、タイヤホイールが歪んでしまいました。このように、決勝レースへの参加も危ぶまれる状況でしたが、徹夜の復旧作業によりなんとか翌日のスターティンググリッドにマシンを並べることができました。



図5 事故後のタイヤカウル



図6 事故後のキャノピー



図7 事故後のボディとパネル

決勝レースでは、始めの2周は前日に横転したことによる車体の影響を確認するためにペースを落として走行しました。3周目以降は、レース前に計画していた走行ペースにしたがって周回を重ねました。15周目にドライバー交代を行い目標のペースでゴールに向けて走行しました。しかし、残り時間15分のところで左フロントタイヤのパンクに見舞われ、ピットまでの自走が困難と判断し、レース終了までコース外で待機しました。大会の結果は25周で、クラス16台中11位と昨年の28周よりも周回数を落としてしまい、ドライバーの練習走行不足が課題となる結果となりました。



図8 決勝スタート前



図9 大会の集合写真

3-4 事故原因の考察

i 事故状況

事故時の走行経路の概略図を図10に示します。進入速度が少し高いものの、昨年の車両の運転経験から、コーナリングは可能と判断し①デグナーの第1カーブに時速70kmで進入しました。しかし、②第1カーブ進入後、左前車輪に荷重が偏り始め、③第2カーブ進入後完全に右前輪が浮き、ボディをすりながら時計周りに旋回し始めました。④旋回し終わると完全に横転してロールバーをすりながらすべり、⑤停止して横転した状態からもとの状態に戻りました。

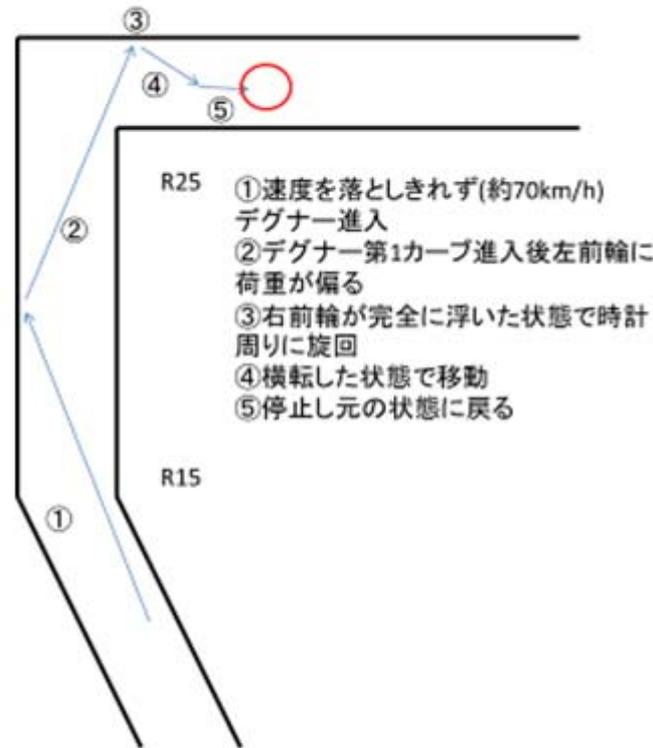


図 10 事故時の走行経路の概略図

図 11 に事故後のロールバーの状態を示します。ロールバーの素材は中実のチタンでできていますが、およそ 3～5mm ほど削れています。傷跡から、横転後最初はコースに対して斜めに進み、その直進していることがわかります。またチタン焼けを起こしていることからかなりの摩擦熱が生じたことがわかります。



図 11 ロールバー損傷部分

ii 原因考察

今回の横転は、ドライバーが新型車の挙動特性を十分に把握しないまま、昨年と同じ性能と判断し、速度超過でコーナーに侵入したことが原因ですが、なぜ昨年と車体挙動が大きく異なったかについての考察を行いました。

まず、今大会に向けてボディ形状の変更、そしてバッテリー搭載位置を変更しています。このうち、車体挙動に特に大きく影響を与えると考えられるバッテリー位置変更後の車体特性の変化について考えます。昨年度のボディ形状の変化に伴いバッテリーの搭載位置を図 12 のようにドライバーの両脇に 4 つずつ搭載した状態からドライバーの後ろに 8 つ搭載した状態に変更しました。バッテリーの重さは 1 つ当たり 6kg あるのでこれにより車体の重量バランスが大きく変化したことが考えられます。

例えば、図 13 のように左前輪と後輪（駆動輪）を回転軸として、右前輪が θ 分浮いた状態を想定します。

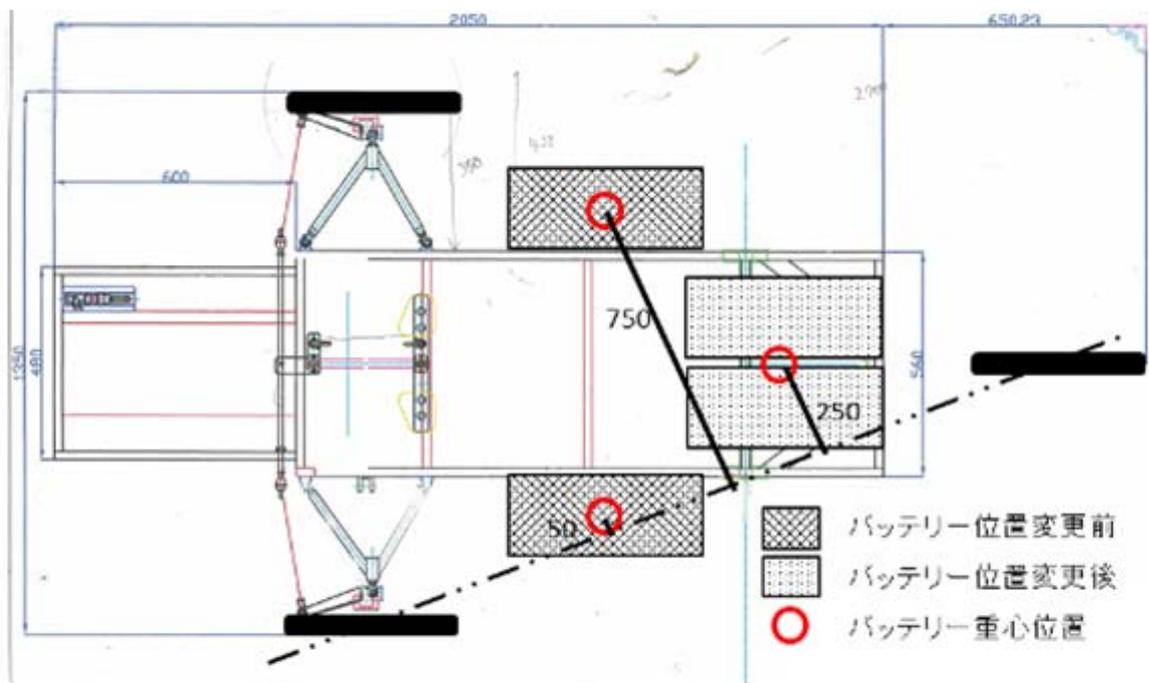


図 12 バッテリーの搭載位置変化と横転想定時の回転軸

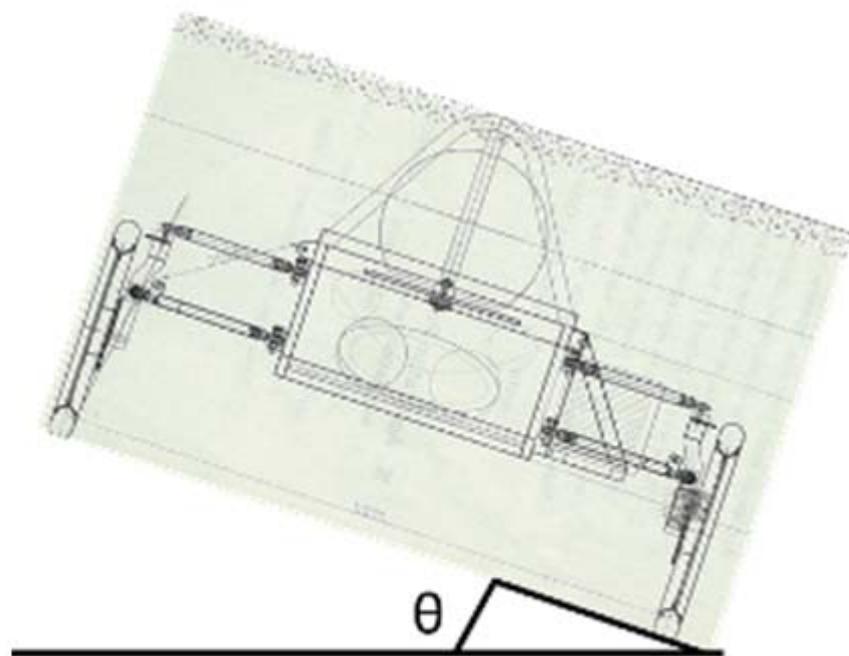


図 13 横転時の車体の傾き

バッテリー以外の荷重を無視し、バッテリーの荷重によるモーメントのつりあいについて考えます。まず、バッテリーを横に積載した状態だとそれぞれのバッテリーの重心位置から回転軸までの距離が 50mm と 750mm となるので、バッテリー1つの質量 M 、重力加速度時 g 、横転させるモーメント N 、回転軸周りの車体の回転モーメント I として、モーメントのつりあい式は

$$\begin{aligned} I\ddot{\theta} &= N - 4Mg(0.05 + 0.750) \cos \theta \\ &= N - 3.2Mg \cos \theta \end{aligned}$$

となり、復元力が $3.2Mg \cos \theta$ 生じます。

次に、ドライバー後方に積載した状態だと重心位置から回転軸までの距離が 250mm となるので、バッテリー

位置変更後の回転軸周りの車体の回転モーメント I' として、モーメントのつりあいは

$$\begin{aligned} I' \ddot{\theta} &= N - 8Mg(0.250) \cos \theta \\ &= N - 2Mg \cos \theta \end{aligned}$$

となり、復元力は $2Mg \cos \theta$ 生じます。つまり、バッテリー位置の変更によって、片輪の浮いたときの復元力が 37.5%減少したことがわかります。今回の横転はこの復元力の減少をドライバーが把握しきれていないために起こりました。今回、事故時に乗車していたドライバーはサーキットでの試走経験もありましたが、そのときの車体はバッテリー位置変更前のものであったため、バッテリー位置変更後の高速度域における走行は初めてでした。レース前に高速度域での走行ができずに車体性能がつかみきれなかったことが大きな原因です。改めて、試走の重要性を痛感させられました。

来年度はバッテリーの位置を元の位置に戻し、横転の可能性を下げるようにします。さらに、車体製作の開始時期を例年より 2ヶ月早め、十分な試走時間をとれるようにします。

3-5 今大会の反省

今年は、昨年に劣るレース結果に加え、車両転倒というプロジェクト発足以来の大きな事故を起こしてしまいました。これに対しメンバー全員で反省会を行い、下記の問題点を確認しました。二度と事故を起こさないよう、これらの問題に対策してきたいと思います。

<意識的問題点>

問題①車両開発の準備期間の不足

研究室に新たに配属される学生が多く満足な準備が出来ない中で、ボディの全面変更という大きな変更を行い、大会直前まで車体製作に追われ、試走を行うことが出来ず、車両特性を十分につかむことが出来ませんでした。

問題②ドライバーのタイム優先思考

タイムを狙うことを優先し、車両特性、コース状況の把握など安全確認が十分に出来ていない状態で車速を上げてしまいました。

問題③プロジェクトとしての安全認識の低下

過去に事故を起こしていないという実績から、組織として安全に対する意識が低下しており、安全に対する対策、チェックが十分ではありませんでした。

問題④不十分な走行計画

チーム内でミーティングは行っていましたが、序盤は試走間隔で様子を見るなどと抽象的なことしか決めておらず、具体的な走行速度などを明確に決めていませんでした。

対策①

車体製作の開始時期を早めるのはもちろんのことですが、それに加えて明確な設計図を作成するとともにミニチュアモデルなどを製作し、設計に問題がないか確認して、作業効率を上げます。

対策②

試走の結果に基づいた安全な速度域でドライバーに走行させます。

対策③

今回の経験をもとに改めて作業時や走行時の危険性を認識し、安全設計を心がけます。また、後輩が入った時もこれらのことを伝えられるようにします。

対策④

忙しくてもミーティングの時間を設けて、走行計画など具体的に決めて、それらの内容を書面に残し、チーム内で遵守させるようにします。また、しっかりとしたデータの取れる場所で試走を行い、具体的な走行計画を練れるようにします。

<車体上の問題点>

問題①重量バランス

バッテリーの積載位置の変更により復元力が低下しました。

問題②整備性が低い

バッテリー積載位置がシャーシ内部にしたことによりバッテリーの出し入れに時間がかかり充電作業などの整備に時間を要しました。またボディの分割部分の接続とボディとアンダー部分の接続に時間を要しました。

問題③計器類が見にくい

コックピット上のボディとシャーシとの隙間を詰めすぎたため計器類がボディによって視認しにくくなりました。

問題④ソーラーパネルとキャノピー部分の干渉

今年の車体は全長全幅をできるだけ小さくし空気抵抗を押さえようとしたためキャノピーの近くにパネルが置くことになり、キャノピーの影がパネルにかかりやすくなってしまいました。

対策①

3-4 事故原因の考察より一昨年の車体形状、つまりシャーシ側面にバッテリーラックを取り付け、復元力を改善し横転を防止します。

対策②

バッテリーラックを取り付けることでバッテリーの取り出しを簡単にします。接合部の取り外しを簡易的なものにするとともに取り外し回数が少なくなる場所に接合部分が配置されるようにします。

対策③

コックピット上のボディとシャーシとの隙間を広げます。このとき、前方の視界がボディで見えにくくならないように注意して隙間の広さを設計します。

対策④

全長全幅を調整しパネルの位置を調整し、発電効率を上げます。

3-6 大会後の活動

i 資金集め

大会終了後のおもしろプロジェクトの予算は今年のボディの改良費と試走のための運搬費に充てる予定でしたが、大会での横転事故により新しいボディの製作費やシャーシの歪みの修正・改良費、パネルの購入費に充てることになりました。しかし、プロジェクトのみの予算では資金が不足しているため、パネルの購入資金と車体の修繕費を集めるためにソーラーカープロジェクトの卒業生と常盤工業会に協力を募りました。その結果、プロジェクトの卒業生からは 10 万円、山口大学工学部卒業生からは 20 万円、常盤工業会からは 30 万円程の資金をいただき、パネル購入と新しいボディ製作分の費用を確保することができました。

ii シャーシ形状の変更

前述してあるように横転事故を起こした原因からバッテリー位置を変更することにしました。一昨年のようにシャーシ側面部にバッテリーラック取り付け復元力と車体整備性が向上します。図 14 にバッテリーラックを示します。



図 14 バッテリーラック

iii 新しいボディ設計・製作

3-5 今大会の反省に記述した問題点を考慮しながらボディの設計を行いました。設計図から 10 分の 1 スケールの簡易模型を製作し設計ミスがないか確認しました。1 回目に作成した模型より多くの設計ミスを見つけることができました。2 回目の製作した模型は設計ミスが見られなかったためボディ製作に入ることにしました。図 15 に簡易模型を示します。

ボディ材料は今年と同様のものを使用します。現在、実寸大に印刷した設計図をボディ材料に貼り付け、それを加工しています。図 16 に来年度のボディ製作の様子を示します。



図 15 簡易模型



図 16 来年度のボディ製作の様子

3-7 今後の活動

今後の活動を以下の表 3 にまとめました。

表 3 これからの活動スケジュール

活動期間	主な活動内容
2014 年 3 月～4 月	ボディの製作, 車体の整備・調整
5～6 月	アンダー・電装関係の取り付け
6 月～7 月	試走, 車体調整, 走行計画の決定
8 月	「ソーラーカーレース鈴鹿 2014」に出場
9 月～11 月	大会の反省会, 試走
11 月	地域行事への参加
2015 年 1 月～3 月	ソーラーカーの改良, 車体整備・調整

4. まとめと今後の課題

今年の大会は準備不足によりドライバーが車体特性を満足につかめないまま大会に出場しました。そのため、フリー走行では横転事故を起こし、決勝では昨年よりも周回数を落としてしまい、ドライバーの練習不足とともに悔いの残る結果となってしまいました。

来年度は車体の安全性を重視するとともに早めにソーラーカーを完成させ、多くのデータを取るなどのしっかりとした準備をしてから大会に臨みます。そして、大会終了後は定量的観点から車体の改良が行えるようにします。

5. 謝辞

ソーラーカープロジェクトは、この 1 年間貴重な体験を沢山させていただきました。このような有意義な活動ができたのは、おもしろプロジェクト関係者様のご支援のおかげです。本当に感謝しております。ありがとうございました。今後もソーラーカープロジェクトは更なる飛躍を目指し活動していきます。どうぞご期待ください。