

スポーツカーの企画・設計・製作を通じた教育研究

大塚 幸男

(受領日：2010年4月23日)

高知工科大学システム工学群

〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

E-mail: otsuka.yukio@kochi-tech.ac.jp

要約：本大学“自動車設計生産システム研究室”では、自動車技術の教育研究をおこなっている。環境、エネルギー、安全、若者のクルマばなれなどの課題を踏まえて、将来の自動車はどうあるべきかを、学生とともに原点に戻って考え企画し、実際に自動車を設計・製作しているので紹介する。オリジナルスポーツカーの企画、デザイン、設計、及びCAD/CAEを行い、高知県企業のご協力を得ながら、'09年度はガソリンエンジンの超軽量小型スポーツカー“FlyingFish”を製作し、さらに'10年度は、電気自動車“FlyingFish - EV”を完成させる予定である。超軽量かつ空気抵抗の小さい、すなわち温暖化ガス排出量の少ない環境重視の車であり、また運転を楽しめるスポーツカーを目指している。自動車の企画から設計・製造、さらには研究まで、スルーに全て体験することは、学生たちにとっても非常に良い経験となっており、また技術や知識だけではなく、チームワーク、コミュニケーション、スケジュール管理など、ものづくりに重要な心がまえも学ぶことも期待される。

1. 緒言

自動車づくりとは、2～3万点にも及ぶ部品を設計、製造、加工し、組み付けてエンジン、ボディ、シャシなどのユニットを構成し、自動車としての機能を発揮させる膨大な営みである。また、近年、設計生産プロセスにおいて、コンピューター技術、特にCAD/CAE(コンピューターによる設計とシミュレーション)が重要不可欠になってきている。それら最先端技術を駆使して、自動車は、短いリードタイム、高品質・高機能、低コストで造られている。

私自身、30数年間自動車会社にて技術開発の仕事を行ってきたが、4年ほど前に本大学に異動し、‘自動車設計生産システム研究室’を立ち上げることになった。そこで、学生とともに、将来の自動車は、どうあるべきかを原点に戻って考え、実際に自動車を作ることにした。自動車の企画、デザイン、設計、及びCAD/CAEを行い、高知県の地元企業、高知県工業技術センターなどのご協力を得ながら、製作を行ってきた。'09年度は1台目のガソリンエンジン車(車名：FlyingFish)を完成させ、2台目は将来期待されるリチウムイオン電池を用いた電気自動車

(FlyingFish - EV)を完成させる予定である。超軽量・小型かつ空気抵抗の小さい、すなわち温暖化ガス排出量の少ない環境重視の車であり、また運転を楽しめるスポーツカーを目指している。さらに将来的には、高知県において新しい技術を創出し、活性化に貢献したいと思っている。

現代のものづくりが、非常に細分化・専門化する一方、逆に、その基盤の弱体化とかクルマ離れということも指摘されている。そのような技術動向、経営環境を踏まえて、自動車の企画から設計・製造まで、スルーに全て体験することは、学生たちにとっても非常に良い経験となっている。技術や知識だけではなく、チームワーク、コミュニケーション、スケジュール管理など、ものづくりに重要な心がまえも学び、更には、ものづくりの楽しさを感じているようである。

以下の章においては、その具体的な実施状況について、企画、デザイン、設計、CAD/CAE、製作について紹介する。

2. どのようなクルマを作りたいか

2.1 基本企画

まず、クルマを取り巻く環境を全員で考えてみ

ると、非常に厳しい状況になっており、特に、地球環境、エネルギー、安全、若者の車ばなれを考慮してコンセプトを固める必要があるという共通認識となった。何回もディスカッションを進めるなかで、次のようなコンセプトでスポーツカーを設計製作し、また将来の新技术研究も進めることとした。

基本コンセプト

- ①高知工科大学オリジナル設計製作
- ②環境重視の超軽量小型スポーツカー
- ③車名“FlyingFish”

すなわち、本大学オリジナルデザインのボディ、フレーム、シャシを持ち、且つ自分たちで設計・製作すること。外観デザインはそのクルマの特徴、主張を表現するものとした。またスポーツカーといえども、昨今では当然のことながら環境、エネルギー、安全問題を重視する必要がある。車名は、本学のシンボルである“FlyingFish”とした。

具体的には

- ①空力、運動性能に優れるミッドシップスポーツ
- ②超軽量で安全(アルミ活用フレーム)
- ③小さくコンパクト(軽自動車規格)
- ④高性能、軽量シャシ
- ⑤必要十分なパワートレーンの最適配置

1 台目：ガソリンエンジン車

FlyingFish - G

2 台目以降：電気自動車

FlyingFish - EV

すなわち、温暖化ガス排出量をできるだけ減らし、且つ運動性能を上げるために、空気抵抗をできるだけ少なく、超軽量で、パワートレーンを後車軸の前方に配置したミッドシップとした。軽量化は特にアルミニウムを活用して超軽量、且つ安全性も確保した構造とする。若者のクルマばなれは、経済的側面も大きく、軽自動車の規格内に収めることが必須であり、小さくコンパクトとした。駆動源については、当面はガソリンエンジンが主流と考えられるが、近い将来の電気自動車の拡大も見えてきており、1 台目はガソリン車とし、2 代目以降は電気自動車にすることとした。

ガソリン車の基本スペックを表1に示すが、エンジン、トランスミッション以外は全て自分た

ちで設計製作することにし、車重は従来より約30%軽い580 kg 以下を目指すこととした。

表1 FlyingFish の主要緒元表

項目	仕様
ボディタイプ	2 ドアコンバーチブル
車名	Flying Fish
トランスミッション	5MT (BEAT 純正)
全長(mm)	3400
全幅(mm)	1480
全高(mm)	1170
ホイールベース(mm)	2280
トレッド F/R(mm)	1210/1210
最低地上高	135mm 以下
車重	580 k g 以下
重量比	40:60
使用エンジン	HONDA BEAT E07A 型
排気量	656cc
最高出力(PS/rpm)	64/8100
最大トルク(kgm/rpm)	6.1/7,000
タイヤ Front	155/55R14 60H
タイヤ Rear	165/50R15 60H
ブレーキ F / R	油圧式ディスク
サスペンション F/R	ダブルウィッシュボーン

2.2 外形デザイン

外形スタイルデザインのコンセプトは、高知工科大学のシンボルである“FlyingFish”：飛び魚をイメージした。すなわち「軽量スリム、エアロダイナミックに飛びまわる」デザインを目指し、何種類か作成し研究室コンペをおこなった。その結果、図1(フロント)、図2(サイド)、図3(リア)のデザインを進めることとなった。そのポイントは

- ①低フロントノーズのウエッジシェイプを基本に、流麗な曲面構成
- ②フレッシュで魅力的なフロントデザイン
- ③翼をイメージさせるガルウイングドア



図1 初期スタイルデザイン(フロント)



図2 初期スタイルデザイン(サイド)



図3 初期スタイルデザイン(リア)

3. どのようにつくるか

3.1 チームワーク

クルマづくりを進めるにあたり、研究室のメンバー（修士、学部計13名'09年度）の役割を決めて進めることにした。すなわちボディ班、エンジン班、シャシ班に分け、それぞれリーダー役を決め、全体スケジュール、詳細スケジュールを立案し、毎週定期ミーティングにてフォローすることにした。ただ実際は、授業、卒業研究、修士研究、就職活動、アルバイトなど多忙な学生も多く、リーダー役は相当苦勞し、何度も計画を修正した。

3.2 ボディ

ボディ外形スタイルイメージは固まったものの、実際のボディ製作にあたり、空気抵抗が少なく、安定走行できるように、空気力学特性を向上させるためにCADモデル(図4)を作成し、空気流れのシミュレーション(CAE、図5)を実施した。すなわち、空気抵抗係数Cd値、揚力係数Cl値を小さくできるような流線形の“エアロボディ”を目指した。

一方、実際のボディ製作は、最近の自動車会社では、CADデザインモデルからNC加工して自動車モデルを製作するが、大学では設備的に不可能であり、手づくりで行なった。すなわち、図6

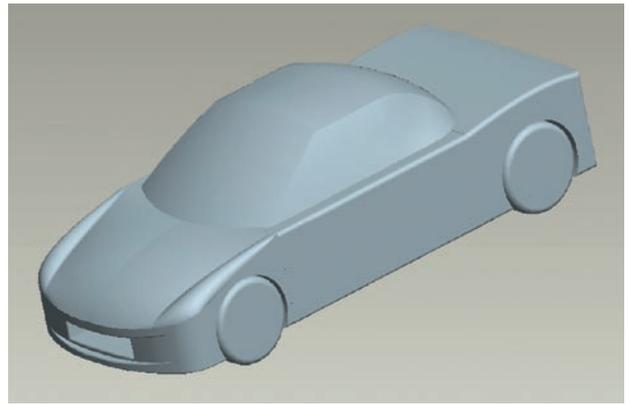


図4 CADモデル(ハードトップモデル)

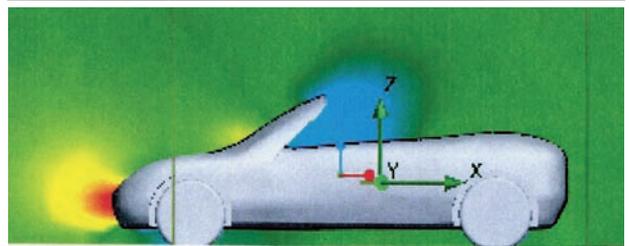


図5 空気流れのCAE例(オープンモデル)

のように、車体ベースに発泡樹脂材料を固定し、削りとって行くことにより、クルマの原型モデルを作成した。しかし実際の作成過程においては、なかなかデザインイメージに合わず、大修正、小修正の繰り返しとなり、長期間を要した。特に軽自動車の寸法限度内に納めるためにデザインの自由度が制限され苦勞したが、やっと納得いく形状を得ることができた。この原型モデルからメス型を転写し、さらに転写して作成したボディが図7である。材質は軽量で高強度なFRP(グラスファイバー強化樹脂)である。

作成したFRPボディに塗装を施すことにより、図8のように美しい滑らかなボディが完成した。



図6 原型モデル



図7 FRP ボディ



図8 塗装後のFRP ボディ

3.3 フレーム

フレームのコンセプトは“アルミを活用した軽量安全フレーム”であり、まず図9のように、CAEで基本形状を作成し、CAEで強度、剛性の評価改良を行なった。この基本形状をベースに実際のフレームづくりを始めたが、なかなかボディ、車室、シャシ、エンジンとの調整が難しく、実物大のモックアップ(図10)を作成して、寸法を決め込んだ。また、特にフロントガラス、フロントピラーとの固定、調整などに苦労した。図11に完成したフレームを示すが、アルミとスチールの軽量ハイブリッドボディとなっている。

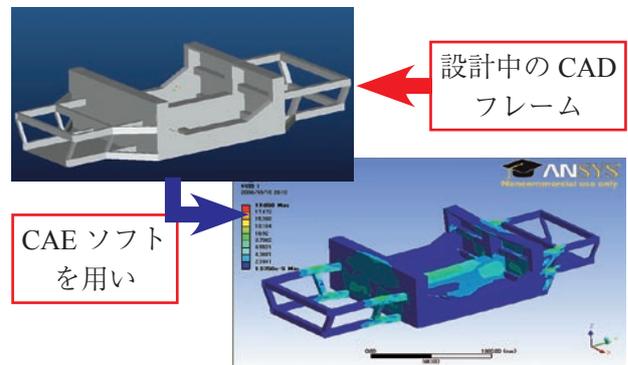


図9 フレーム CAE 結果



図10 モックアップ



図11 完成したフレーム

3.4 シャシ

“走りを追求した高性能シャシ”を目指して、4輪ダブルウィッシュボーン方式を採用した。この方式は、アライメント・コントロール、車の姿勢制御、操縦安定性確保に有利でスポーツカーに適したものである。その設計のポイントとして、軽量・高剛性、セット変更容易があり、狭いスペースを考慮してCAD設計した(図12)。また各部品の軽量化を徹底している。図13に完成したフロント、リアのサスペンションを示す。

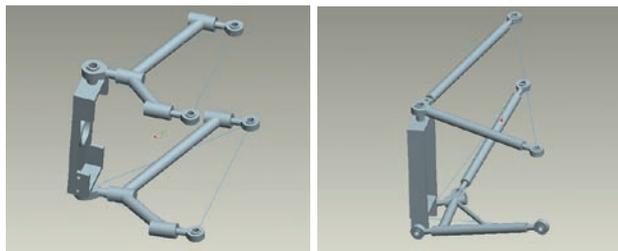


図12 サスペンション CAD モデル (Fr, Rr)



図13 完成したサスペンション

3.5 エンジン

軽自動車用の656ccエンジン、5段マニュアルミッションを用いて、リアミッドシップに配置した(図14)。ラジエータはフロントに設置した。ガソリタンクはフレーム配置スペースに合わせて新作した。今後、この車の特性に合うように、エンジン制御の最適化を進める。

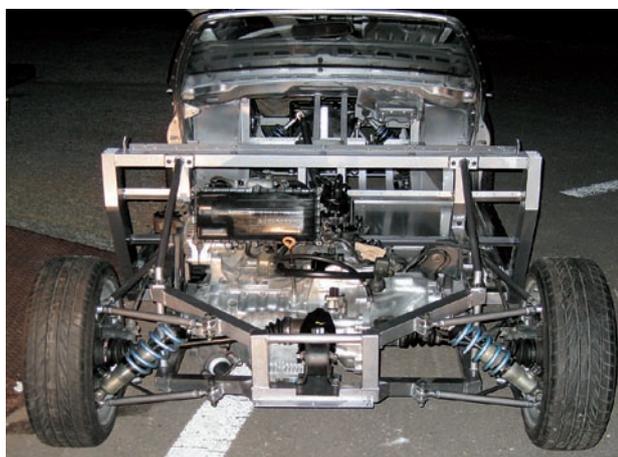


図14 ミッドシップエンジン

3.6 組み立て

完成した各部品、ユニットを再分解し、防錆塗装後、再組み立てを行なった(図15)。ボディ、ドア、フレーム、その他部品との調整が難航して苦労したが、10月の学園祭に間に合わせるべく夜を徹して作業し、何とか完成させることができた(図16、17、18)。大学の美しい内庭にマッチしたスポーツカーらしい流麗なデザインは、来場者に変大好評だった。



図15 組み立て作業状況



図16 完成車(フロント)



図17 完成車(サイド)



図 18 完成車(リア)

4. まとめと今後の進め方

スポーツカー作りの概要を述べた。学生は、このような設計製作を行なう中で、各自、研究テーマを見つけ、卒業・修士研究、研究発表を行なった。その '09 年以降の発表例を文献 1) ~15) に示す。今後更なる新技術を織り込みレベルアップしながら、毎年 1 台程度、設計製作を継続していく予定である。

製作段階においては、本当にできるか、私自身も学生も半信半疑で進めてきたが、地元の皆様のご指導とご支援を頂き、完成させることができ、ここに感謝の意を表します。

ご協力いただいた会社、団体

TS Lightning

Blue Impact

Garage Danny

富士オートサービス

坂本鉄工所

高知県工業技術センター

文献

- (1) 堀川裕貴、大塚幸男“乗用車のフレームの超軽量化設計・製作”日本機械学会講演大会論文集 No.095-1('09-3, 中国四国支部、第 47 期講演大会、p359).
- (2) 沖大祐、大塚幸男“クラッシュアブルゾーンの最適設計”、日本機械学会中国四国支部第 39 回卒業研究発表講演会前刷集、'09-3, P276).
- (3) 山下大輔、大塚幸男、“車体底面の空気抵抗低減とブレーキの冷却性能向上”、日本機械学会中国四国支部第 39 回卒業研究発表講演会前刷集、'09-3, P108).
- (4) 大西博規、大塚幸男、“車体ボディの後部形状の最適化”、日本機械学会中国四国支部第 39 回卒業研究発表講演会前刷集、'09-3, P112).
- (5) 栗田慎一、大塚幸男、“車両フロント周り形状の最適化”、日本機械学会中国四国支部第 39 回卒業研究発表講演会前刷集、'09-3, P272).
- (6) 池勇磨、大塚幸男、“自動車サスペンションアームの最適設計”、日本機械学会中国四国支部第 39 回卒業研究発表講演会前刷集、'09-3, P275).
- (7) 三津山優至、“学生フォーミュラ車両の電子制御の最適化”、H 20 年度高知工科大学卒業論文.
- (8) 大西立起、“乗用車用アップライトの軽量化設計”、H 21 年度高知工科大学修士論文.
- (9) 稲瀬悠、“マスの集中化による電気自動車の駆動系設計” H 21 年度高知工科大学修士論文.
- (10) 小嶋悠介、“電気自動車における CVT を用いた回生エネルギーの高効率化と駆動ユニットの開発”、H 21 年度高知工科大学修士論文.
- (11) 清水龍威、“電気自動車での二つのモーターを用いたトルク制御での運動性能の向上”、H 21 年度高知工科大学修士論文.
- (12) 溝口聡史、“空気抵抗低減を狙ったドアミラー設計”、H 21 年度高知工科大学修士論文.
- (13) 池田創一、“オープンカーのハードトップ装着時とオープン時の空力特性の比較”、H 21 年度高知工科大学卒業論文.
- (14) 池田和弘“電気自動車のリアフレームの最適化”、H 21 年度高知工科大学卒業論文.
- (15) 清野雄也“自動車リアウイングの最適化”、H 21 年度高知工科大学卒業論文.

Education & Research through Planning/Designing/Manufacturing of Original Sport Car “Flying Fish” in KUT

Yukio Otsuka

(Received : April 23rd, 2010)

School of Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami city, Kochi 782-8502

E-mail: otsuka.yukio@kochi-tech.ac.jp

Abstract: Education and research activity of automotive technology in our Automobile design & production system laboratory in KUT is introduced. Discussing about environmental problem, energy, safety, and “kuruma-banare (young people lose interest in automobile)” surrounding automotive industry, students of our laboratory made concept-making, designing, CAD/CAE, and completed an original sport car, “Flying fish”. The concept is super-light-weight, low air-resistance, that is, ecology conscious and fun-to-drive car. The first gasoline engine car was developed in 2009, and the next electric vehicle will be done in 2010.

In the process, they could have lots of experiences in actual planning, designing, manufacturing of car, and also learned not only research & development ability in automotive technology, but teamwork, communication, and management method.