

R/Cカーの世界を拓く新型シャーシ創造の5年間

藤井 健（徳山高専機械電気工学科5年）

1. 緒言

私は中学時代からR/Cカーを始め、徳山高専機械電気工学科の自発性を尊重する教育の中で、4台のR/Cカーを自作した。そして、これまでのR/Cカーで用いられてきたダブルデッキ構造に代わるセンターウォール構造を考案し、特許出願するに至った。このセンターウォール構造は車体の剛性を高めると同時に、柔軟性を併せ持ち、変形しても歪が残留しないという優れた特徴を有し、スピードアップを至上命題とする世界のR/Cカーの構造を一変する可能性を秘めている。この発想に至るには、設計はもとより、加工、組立、材料選択など、ほぼすべての作業を自分ひとりでできるようになることが必要であったと思う。そしてそのことを可能にしたのは、学生の自発性を尊重した創造教育である。この論文では私が創造教育のなかでセンターウォール構造をいかなる過程で生み出したかということと述べるとともに、新型シャーシが持つ優位さを説明したい。

2. 徳山高専機械電気工学科の創造教育について

これからの社会には創造力を持った技術者が必要との考えから、徳山高専機械電気工学科では創造教育が実践されている。創造教育では学生自身がテーマを決め、自発的に学習する「創造演習」、ものづくりを通して学生一人一人が自由な発想力、計画力、想像力を養う「創造製作」、学生が提案するテーマで卒業研究を行なう「自己提案型卒業研究制度」、技術者に必要な特許や実用新案などの権利に関する基本的知識を身につける知的財産権に関する教育などが行なわれている。また、創造教育ではないが、ものづくりの根底をささえる加工技術力を磨く「工作実習」がある。さらにパソコンが使用できるCAD室、工作をおこなう実習工場が他の学校よりも自由に使い、自由な発想、自発的な製作をうながすようにされている。

3. 1/10 電動ツーリングR/Cカーについて

R/Cカーは、毎年さまざまなカテゴリーにおいて最高峰の世界選手権が行なわれるなど、人気の高いホビーである。1/10電動ツーリングR/Cカーはラジコン人口が最も多いR/Cカテゴリーであり、日本、アメリカ、ヨーロッパ、最近ではアジア地域でも絶大な人気を誇っている。競技用R/Cカーは更なる速さを追及するべく進化しているが、その中でも1/10電動ツーリングカーはシャーシ構成が複雑で設計自由度が大きく、世界中の多くのメーカーが自社の個性や速さを打ち出すべくさまざまなシャーシを開発している。

そこで、1/10電動ツーリングR/Cカーの構造について簡単に説明したい。

現在主流となっている1/10電動ツーリングカーのシャーシは10年以上前のオフロードバギーで確立されたカーボンダブルデッキ構造であり、図1に示すようなものである。

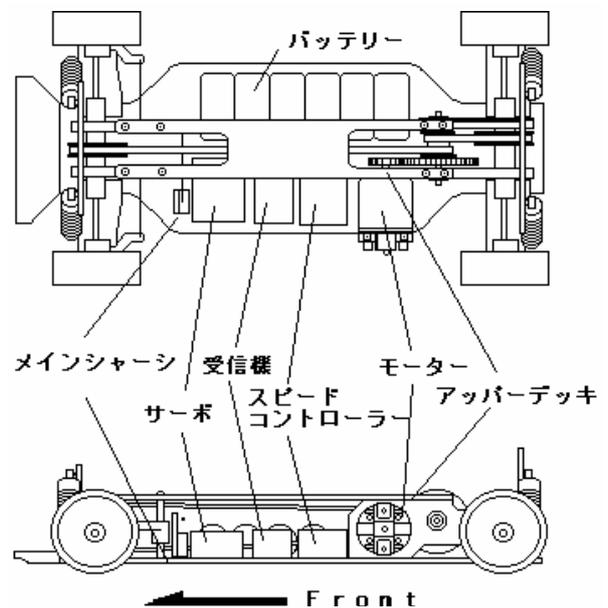


図1 ダブルデッキ構造

シャーシの剛性は、メインシャーシ、アッパーデッキ、バルクヘッド、これら3つの材質や形状、レイアウトによって形成されている。

ダブルデッキ構造に組み合わせられる駆動系として、ベルト駆動とシャフト駆動がある。アッパーデッキが

ない状態で、図2にベルト駆動、図3にシャフト駆動を示す。

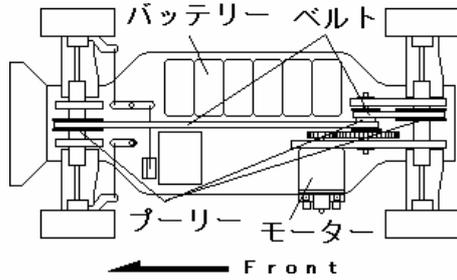


図2 ベルト駆動

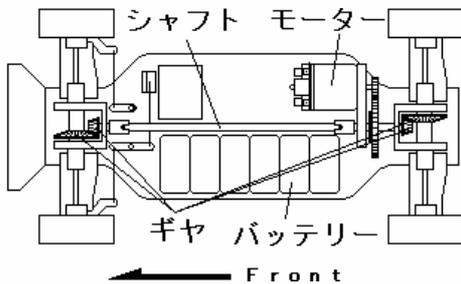


図3 シャフト駆動

続いてシャーシの剛性について述べる。そこでロール、ピッチについて図4を示す。

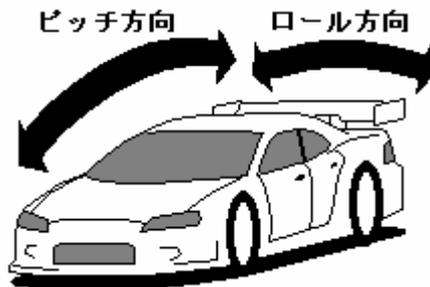


図4 ピッチ、ロール

シャーシの剛性は、ピッチ剛性が高いほど良い。なぜなら、ピッチ剛性が高いほど、コーナーリング時の荷重移動時間が短くなり、素早い旋回が可能となるからだ。ピッチ剛性に対し、ロール剛性は高ければ高いほど良いというものではなく、シャーシのねじれ(シャーシロール)をある程度許すことでタイヤの接地感や操縦性を高めたりするなど、シャーシロールをセッティングの一部として取り入れることが多い。すなわち、1/10 電動ツーリング RC カーのシャーシは、ピッチ剛性は硬く、シャーシロールはしなやかであるという、相反する要素をあわせもつ構成が良いといえる。

シャーシには図5のような薄いポリカーボネート製のボディが搭載される。



図5 ボディ

4. 私の徳山高専におけるR/Cカー製作の足取り

4・1 **機械電気工学科1年** 私は徳山高専1年のとき、初の自作 R/C カー製作を行なった。当時の私は周囲の情報に振り回されやすい性格で、雑誌やインターネットのシャーシやセッティングの情報を鵜呑みにしていた。そんなとき、自分で確かめてもないのに、本当かどうかもわからない情報を信用してよいのかという考えが頭の中に浮かんだのである。そこで、自分だけのシャーシがあれば、そのシャーシが良く走るも全く走らないも全て自分の責任で、そのシャーシが思い通りに走ったとき・思い通り操縦できたとき、自分に自信が付くのではないかと思ったのが自作シャーシを作ろうと思ったきっかけである。

自作 R/C カー1号では、

重量物をできるだけシャーシの中央に配置し、シャーシの運動能力を高める。

自分の設計力、デザイン力、工作実習で得られた加工能力がどの位あるのかを知る。

という2つの目標を掲げ、製作を行なった。製作したものは FRP 製のアッパーデッキと、メインシャーシで、実習工場のボール盤、ヤスリなどを使用し、手加工によって切り出した。図6は自作 R/C カー1号である。1号は前記したようなダブルデッキ構造のシャーシである。



図6 1号

実際にサーキットで走行させてみると、初めはとても走らせにくい車であったが、見慣れないおかしなシャーシを見て「これは面白いシャーシだね」と興味を持って声をかけてくれた地元の方々がいるとセッティングや走らせ方をきちんと教えてくださり、私も分からないところは納得できるまで質問した。その結果1号は非常に走らせやすいシャーシになった。しかし車重が重く、加工精度の悪さから駆動ロスも多い車であった。

1号の製作により、重量物を中央に配置することで対応力の高いシャーシになること、自分の加工能力はまだまだであるということが分かった。この1号はたくさん問題をかかえながらも、たくさんのラジコン仲間を作ってくれた印象深い1台となった。

4・2 機械電気工学科2年 2年生では創造教育の一環である「創造製作」の授業がはじまった。創造製作では共通のテーマで学生が作ったロボットを競わせる「競技」と、自分でテーマを決めて製作を行なう「自己提案」があるが私は後者を選択し、自作シャーシ2号の製作を行なった。

2号では1号の反省をふまえたうえで、

ダブルデッキ構造では得られない高いピッチ剛性をメインシャーシと垂直な2枚のプレートで獲得する。

実車同様の自動車工学に基づいたサスペンション設計をする。

バッテリーを前方に搭載し重量物を中央かつシャーシ前方に配置させ、荷重移動時間を短くし、コーナリングスピードを向上させる。

駆動系を前後同じ長さのベルトを用いた2ベルト方式とし、駆動タイミングの適正化を行なう。

という4つの目標を立てた。この4つの目標を同時に達成することは非常に困難で、3次元CADを用いて何度も図面をひいた。さらに加工も困難であった。加

工は実習工場の先生方に援助して頂いて、NC工作機で行なったが、図面作成にてこずったため時間がかかってしまった。困難の連続であったが、なんとか2年の終わりには形にすることができた。図7は自作RCカー2号である。



図7 2号

初走行は創造製作発表会当日であった。自分の発表の番になり、恐る恐る走らせてみたが初走行にもかかわらず、スムーズな旋回を見せ、自分の苦労は無駄ではなかったと思うと同時に、目標を達成できたうれしさに心がいっぱいになった。

その後も2号の開発を続けた結果、ピッチ剛性向上と実車式サスペンションはスムーズなコーナリングに大きく貢献することが分かった。また、2号のようなシャーシ構成にすると、見た目が平面的なダブルデッキ構造に対し、躍動感のあるシャーシがデザインできることが分かったが、部品数が多くなるため競技規定の車重よりもかなり重く、シャーシロールによって駆動系にストレスがかかってしまうという問題を生じた。

2号によって得られたものは多く、できないだろうとあきらめそうなときでも根気よく何度もやれば突破口は見えてくる、そして多くの要素を同時に実現するためには、経験と努力が必要だということを実験することができた。

4・3 機械電気工学科3年 3年時にも創造製作の授業時間が設けられ、創造製作の競技内容が、自動制御ロボットによってポールを上って紙風船を落としたり、ゴム風船を割ったりするというものであり、魅力を感じたため「競技」に参加することを決めた。ロボット製作は全て手加工で行ない、とにかく無駄(得点を得るための動作、重量、ギヤ等の摩擦抵抗など)を省く、「シンプル」ということことに専念した。発表会では自分ただ一人最高ポイントを獲得し優勝をすることができ、さらに創造製作で学生が作った作品のなかで一

番技術力に優れたものに送られる創造製作大賞を獲得することができた。

3年の創造製作では、ロボットという違う分野で、過去のRCカー1・2号製作時に得られた加工能力や設計力を発揮することができ、自分の能力に自信がついた。3年の創造製作ではシンプル・イズ・ベストの重要性を改めて認識することができた。

4.4 機械電気工学科 4年 4年になると創造製作の授業があったが、テーマには電子工作を伴う必要から、授業ではラップタイムの自動測定装置を選び、3号の製作を授業と平行して行うこととした。3号では1・2号で問題であった重量の問題を解決するべく、

徹底した軽量化。

駆動に使用するベルトの長さを前後で変え、前輪に早く駆動が伝わるようにし、安定した走行特性獲得を狙う。

という目標を立てた。3号は1号同様に手加工によって製作し、手加工でどこまで精度の良いものができるかという挑戦をしてみた。図8は自作RCカー3号である。



図8 3号

3号はダブルデッキ構造である。そのため、2号に比べ平面的なデザインとなってしまった。だが、部品ひとつひとつの無駄を可能な限り削った設計を行なったため、目標どおり1・2号をはるかに凌ぐ軽量シャーシとなった。3号は軽く、精度よく加工できたため信頼性が高く、丈夫だったので自分の運転技術やセッティングの知識を深めることができた。

さらに運転技術向上によって今まで見えなかったシャーシの問題点を見つけ出すことができるようになった。その問題点とは、ダブルデッキ構造のシャーシは走行ミスや他車との接触によってシャーシが大きく変

形したあと、図9のようにシャーシがねじれたままになりやすいということだ。

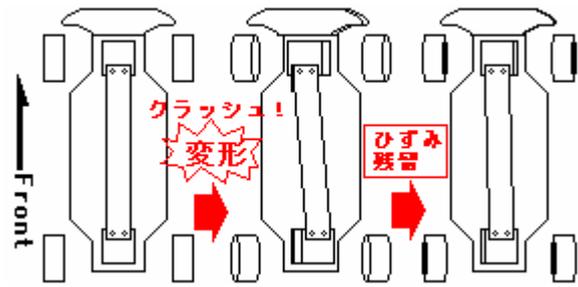


図9 ダブルデッキ構造におけるひずみの残留

このようにひずみが残留した状態で走行すると、直線をまっすぐ走ることができない、コーナーリングが不安定になるなど、非常に操縦が難しくなる。この現象は競技の現場で多く発生しており、世界屈指のドライバーであってもマシンがこのような状態にあると、レースをリタイヤしてしまうことすらある。また、ダブルデッキ構造はピッチ方向に変形しやすいため、素早い荷重移動ができず、タイヤの能力を十分に発揮できない。すなわち、ダブルデッキ構造はスピードアップのためには、構造的な限界があることが分かった。そして、このことからダブルデッキ構造に代わる新しいシャーシを考案することの重要性を認識した。

さらに3号を作ったことで2号の有効性を発見することができた。それは3号そして一般的なラジコンメーカーと同様なサスペンション形式よりも、2号のような自動車工学に基づいたサスペンションのほうが、操縦性が良く、前後のベルト長を前後で変えたものよりも、2号のように前後同長のベルトを用いた方が加速に優れるということである。

3号では3年創造製作のロボット製作で得られた「シンプル・イズ・ベスト」の考えを軽量化という形でRCカーにフィードバックすることができた。さらに、分析力が身に付き、新型シャーシを作る必要性を認識できた。

4.5 機械電気工学科 5年 5年になるとついに卒業研究が始まった。そこで、今まで自分がRCカーでやってきたことの集大成として、自作シャーシ4号の製作を「自己提案型卒業研究制度」を利用して自分のテーマとした。

4号製作にあたり、以下のことを目標にした。

ダブルデッキ構造の問題を解決すること、すなわちピッチ剛性の確保とシャーシロール時の残留ひずみの除去できる新型シャーシの考案。

1～3号で得た経験・技術を4号という形で実証する。

目標を立てたのはよいが、すぐ壁にぶつかってしまった。それは目標である。いろいろ考えをめぐらせている時、家にあったテニスラケットを見て思った。テニスラケットはただ硬い構造ではなく、衝撃を受けるとしなり、その後もとの形に戻る。そのとき、これだ！と思った。今までのダブルデッキ構造のようなRCカーのシャーシは、変形を前提に設計されていないが、初めから変形することを前提にし、ひずみを生じても元に戻るような設計を行えばよい。そこで私は図10のようなシャーシを考えた。

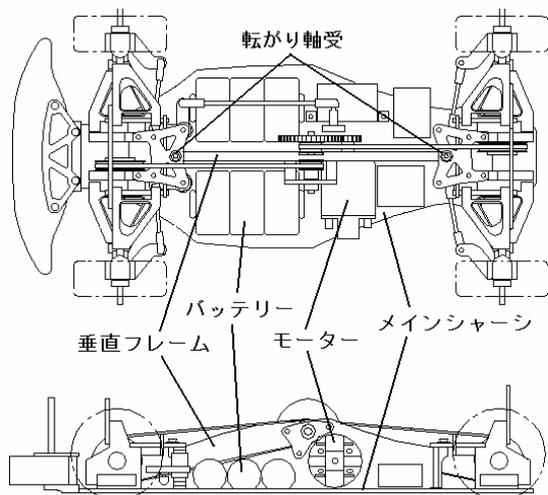


図10 4号図面

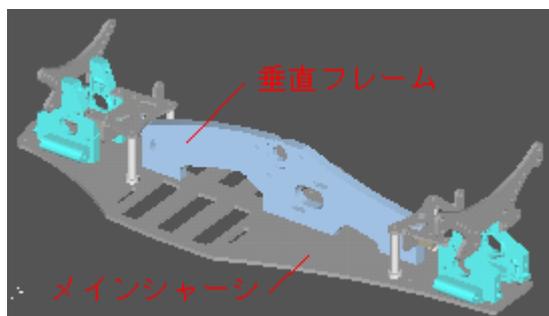


図11 3Dモデル

図11はシャーシの骨格となる部品を3次元CADで描き、組み立て製作した3Dモデルである。メインシャーシ上に一枚の垂直なフレームを配置することで、ピッチ方向の曲げには強く、ねじりにはしな

やかに変形する。さらに、垂直フレーム前後端には転がり軸受を設け、垂直フレームで生じたひずみを残留させず、シャーシは変形後、必ずもとに戻る構造とした。この構造を「センターウォール構造」と名づけた。

ここで重要になってくるのが、メインシャーシと垂直フレームの材料である。メインシャーシは軽く強度のあり、RCカーに広く使用されている2.5mm厚カーボン板を使用することにした。問題は垂直フレームの方である。この垂直フレームには、耐衝撃性がよいこと、軽量であること、モーターが接触するため熱に強いことが求められた。ジュラルミン、アクリル、ナイロン・・・、さまざまな金属、樹脂を考えた結果、警察機動隊の盾に使われるなど高い強度をもちながら軽量で、食器などに適した耐熱性も併せ持つポリカーボネートを使用することにした。4号ではNC工作機を中心に加工を行ない、加工能力を高めるため、プログラミング、工作機の操作全てを自分で行なうことにした。初めは実習工場の先生方に助言をいただきながらであったが、最終的にはNC工作機を一人で使いこなせるようになった。その結果、完成したものが図12の自作シャーシ4号である。完成した4号の仕上がりは美しく、重量も軽量に仕上がった。



図12 4号

4.6 新型シャーシの性能試験 製作の後は、従来のダブルデッキ構造を持つメーカー製 R/C カーより優れているのかどうかである。それを知るため、以下のような性能試験を行なった。

ピッチ剛性の測定

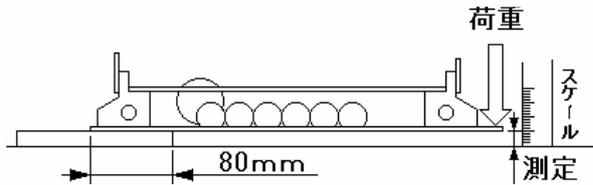


図 13 ピッチ剛性の測定

ピッチ剛性の測定は、図 13 のようにシャーシ後端から 80mmほどシャーシを固定し、荷重をかける前のシャーシ前端的地上からの高さ、シャーシ前端に荷重をかけたときのシャーシ前端的地上からの高さを比較し、たわみを測定する。荷重値は、車重 1.5kg を基準とし、0.5kg、1kg、1.5kg、2kgとした。

残留ひずみの測定

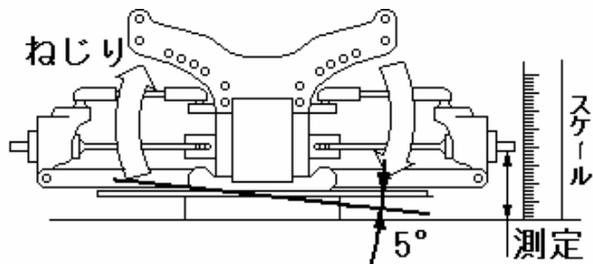


図 14 残留ひずみの測定

残留ひずみの測定は図 14 のようにシャーシ前端を固定し、シャーシ後端に強制的な 5度のねじりを加え、ねじりを加える前のアクスル高とねじりを加えた後のアクスル高の差を測定する。アクスル高の差に変化がある場合、残留ひずみを生じたことになる。

実走行によるラップタイム測定

山口県下松市にある R/C プロショップジョーレンズ様の協力のもと、ジョーレンズスピードウェイサーキット (図 15) を使用した。



図 15 コースレイアウト

一周約 190メートルのテクニカルコースで、1/10 電動ツーリングカーの1周のコースレコードは 16秒 85 である。操縦はコースレコード保持者の内田時雄氏に依頼して計測を行い、4号で一周のコースレコード更新を目指した。

測定結果

図 16 にピッチ剛性の測定結果、図 17 に残留ひずみの測定結果、図 18 にラップタイム、図 19 に平均ラップとベストタイムを示した。

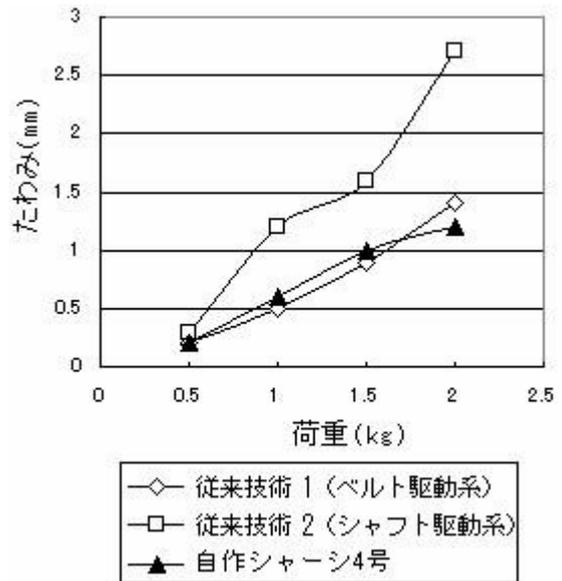


図 16 ピッチ剛性

シャーシ	変位 (mm)
従来技術 1 (ベルト駆動系)	0.9
従来技術 2 (シャフト駆動系)	1.0
自作シャーシ4号	0.0

図 17 アクスル高の変化

5. 結 言

図16、17を見ると、自作シャーシ4号のピッチ剛性は、もともとピッチ剛性を高く設計された従来技術1と同等であるが、残留ひずみは全く生じないことがわかった。このことからセンターウォール構造の4号は、従来のメーカー製シャーシに比べ、ピッチ剛性を確保した上で残留ひずみを生じにくいことが実験により証明された。これが新型シャーシの優秀さを最もよく示す証拠である。

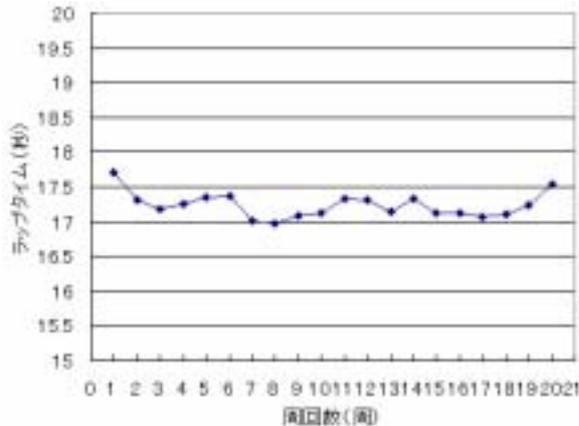


図18 ラップタイム

平均ラップ	17秒2335
ベストラップ	16秒97

図19 平均ラップとベストラップ

図18、19を見ると、平均ラップが17秒2335であり、サーキットにおいて終始安定した走行ができていることが分かる。操縦者によれば、従来のシャーシよりも安定した走行が可能で、クラッシュをしてもシャーシの変化が少ないため安心感があるとのことであった。4号車の完成直後の走行試験であり、ベストセッティングではない状態の中で、コースレコードに0.12秒まで近づくことができたということは、従来にはないセンターウォール型シャーシが、極めて高い能力を有しており、従来のレコードを破ることができると確信させるものであった。さらに近年、ニッケル水素電池からリチウムポリマー電池へ、DC モーターからブラシレスモーターへと、パワーソースの著しい変化が予想され、そのパワーを受け入れるためには高いピッチ剛性と耐クラッシュ性が求められることになる。よって、このシャーシがR/Cカーの基本構造を一変させるものになると考えられる。

オリジナルのシャーシを自作して、納得のいく走りを実現し、自分に自信をつけたいということから始まった私のR/Cカー作りの足取りを述べてきたが、最後の4号を含めて無駄なものは一つもなかった。1号から3号までの製作の中で、よりスピードアップをはかるには、従来のダブルデッキ構造には限界があることが認識でき、センターウォール構造にたどり着いた。そこにたどり着けたのは、車体の設計、加工、組立、材料選定、これらをほぼ独力でできるようになったからだと考える。革新的な技術というものは、設計やものづくりの能力が備わった時にこそ、生まれてくるのではないかと感じる場所である。

そして、自分の興味あることをとことん追求し、新たなものにたどり着くことができたのは、創造教育があったからだと思う。創造演習では、ルマンカーやR/Cカーセッティングなどについて資料を調べ、創造製作ではR/Cカー作りをするなど、いつも車のことを考え、作りつづけることができた。こうして私の興味や意欲はますます増大し、設計、加工能力の向上につながった。

今後は、センターウォール構造の有効性を示すための開発を続け、特許を活用しながら、世界のR/Cカーに採用されるように努力したい。また、学生の自発性を伸ばすことを認める創造教育が徳山高専だけでなく、さまざまな教育機関で広がり、夢を追いかけ成長する若者が増えることを期待している。