

pico-EV・エコチャレンジ競技会の運営とものづくり指導 Manufacturing Training and Steering through Development of Pico-EV Competition Vehicles

原 圭吾 (職業能力開発総合大学校)

Keigo Hara

pico-EV・エコチャレンジとは経費や規模の面で適度な、学生による設計の競技大会である。学生自らの力により、最小容量のエネルギー源 (単三ニッケル・水素充電池 1.2V,1950mAh 相当 6 本) を用いて長距離走行を可能にする超小型電気自動車(pico-EV)の設計・開発・製作・評価を行ってその技術を競う。さらにその過程における安全・日程・経費の管理、かつこれらを実現するために必要なチーム体制と、その運営方法などを経験することによって人材の育成を図り、併せて技術者に必要な基礎知識を身につけさせることを目的として実施している。本報では、pico-EV・エコチャレンジへの参加を通じたものづくり指導にスポットを当て、その過程や成果について報告する。また競技会のレギュレーション開発や運営についても報告する。

キーワード：ものづくり指導、電気自動車、競技会

1. はじめに

全国の職業能力開発大学校・短期大学校 (以下、能開大と略) は、技術革新に対応できる技能と技術を兼ね備えた実践技術者の養成を目的として設立されている。訓練対象者は高等学校を卒業した方、または同等以上の方を対象にした専門課程 (2 年間) と、専門課程修了者を対象とした応用課程 (2 年間) で教育訓練を行っている。教育訓練カリキュラムはものづくり系の実験・実習が 7 割程度を占め、独自の「実学融合」教育を実施している。特に応用課程では、生産現場に密着した製品の企画・開発から製作までの創造的なものづくり能力の習得を目指している。しかし実際の教育訓練においては問題点がないわけではない。例えば実習・実験科目の内容が、機械装置や計測機器類のオペレーション中心であったり、学外からの競争や刺激が少ないケースが見受けられたりする。このような背景を踏まえて、これまで筆者は学生に対し各種のものづくり競技会などへ積極的に参加したり、企業ニーズを踏まえた課題を提供したりして、実学を重視した教育訓練を展開するように心掛けてきた。

そのような中ものづくり指導の一環として、日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門エコメカトロニクス研究会が企画した「pico-EV・エコチャレンジ」2012年の第1回大会から、3年間連続で参加してきた[1]。第2回大会からは競技運営にも携わり、大会レギュレーション作成および安全責任者として参加している。本報では、「pico-EV・エコチャレンジ」の参加を通じたものづくり指導および支援にスポットを当て、その過程や効果について報告する。

2. ものづくりをめぐる教育界の動向

我が国のものづくり人材の育成にあたっては、大学の工学関連学部、高等専門学校、専修学校、能開大などが大きな役割を担っている[2]。

また理科教育まで範囲を広げると、高等学校では「スーパーサイエンスハイスクール」および「目指せ、スペシャリスト」の二つが取り組まれている[3]。これらは若者の理科離れを食い止める施策の一つである。以下、各教育訓練現場で実施されているものづくり人材育成について示す。

(1) 大学の工学関連学部

大学においてはこれまで研究活動が重視されてきたため必ずしも実践的な教育が行われてこなかった。これらの課題を解決するために、インターンシップやグループ演習、問題解決型学習などを取り入れた教育に改善するような取り組みが進められている。

(2) 高等専門学校

産学連携による教育プログラムの開発や、長期インターンシップの実施、学生主体の課外活動の充実などといった教育内容や方法の改善が進められている。ものづくり人材育成の面で社会から高く評価されている。

(3) 専修学校

職業や実際の生活に必要な能力の育成や、教養の向上を図ることを目的としており、地域産業を支える専門的職業人材を養成する機関として取り組みが進められている。

(4) 能開大応用課程

製品の企画開発等の具体的なものづくり課題を設定し、課題解決課程を通じて技能技術を習得する課題学習方式と、実際の現場を模擬し、5人程度のグループ編成

で、各人が役割を分担し相互研鑽を行う、ワーキンググループ方式を特徴とした人材育成の取り組みが進められている。[4]

(5)スーパーサイエンスハイスクール

平成 14 年度から取り組み、主として普通高校対象である。科学技術、理科、数学教育を重点的に行う学校をスーパーサイエンスハイスクールに指定し、将来の国際的な科学技術系人材の育成を目的としている。

(6)目指せスペシャリスト

工業高校や農業高校などの職業高校を対象とした試みで平成 15 年度から始まっている。バイオテクノロジーやメカトロニクスなど先端的な技術・技能等を取り入れた教育や伝統的な産業に関する教育を行っている高校を指定し、技能の修得法や技術の開発法などを推進し将来のスペシャリストを育成する。

3. pico-EV・エコチャレンジの目的

ものづくりに重点を置いた教育訓練システムでは、与えられた課題をゼロからスタートし、いろいろなアイデアを検討し、積み上げていく。そして実際に加工し、組み立てることで製品を完成させる。このような創造的な活動を思う存分、味わってもらうことが重要である。そのような指導法の一環として pico-EV・エコチャレンジを知るようになった。

pico-EV・エコチャレンジとは従来の技術者に求められてきた素養に加え、省エネルギー、エコロジーの観点からもものづくりを考えることのできる人材養成を目的に、比較的取り組みやすい省エネルギー対応の超小型電気自動車競技会のことである。pico-EV・エコチャレンジでは「日常的な勉強や研究の成果を超小型電気自動車(pico-EV)の設

計に適用し、pico-EV・エコチャレンジを通して工学を実践する。自らの力によって、最小容量のエネルギー源を用いて長距離走行を可能にする pico-EV の設計・開発・製作・評価を行ってその技術を競う。さらにその過程における安全・日程・経費の管理、かつこれらを具体化するために必要なチーム体制とその運営方法等を経験することによって人材の育成を図り、併せて技術者に必要な基礎知識を身に付ける。」(pico-EV・エコチャレンジ 2015 競技レギュレーションから抜粋)を目的としている。すなわち、pico-EV・エコチャレンジは学生の設計活動であり、設計と技術の総合的な評価を行う競技大会である。製作にあたっては学生が主体となり、自らの力で設計・開発・製作・評価を行い、その技術を競い合う競技である。[5][6]

具体的には、最小容量のエネルギー源を用いた 3 輪以上の一人乗り超小型電気自動車のことを、pico-EV と定義している。最小容量のエネルギー源としては単三充電式ニッケル水素電池 (Panasonic 充電式 EVOLTA BK-3MLE) 6 本のみが用いられ、他のエネルギー源を用いることは一切認められない。実際の競技会ではレギュレーションに記載された周回コース (屋内の体育館内) を 30 分間走行してその距離を競うものである。

4. 競技レギュレーションの開発

競技会場のレイアウトを図 1 に示す。36m×24m の体育館内にコースを設置し、4 台の pico-EV が A,B,C,D の地点から時計回りで周回する。そのために最大 4 台が混走する。車両の大きさは L:1500mm 以下、W:700mm 以下、H:1000mm 以下、H':30mm 以上となっており (図 2 参照)、車両下部には床面保護用の緩衝材が取り付けられている。開発された pico-EV は、最大速度 10km/h 程度に達す

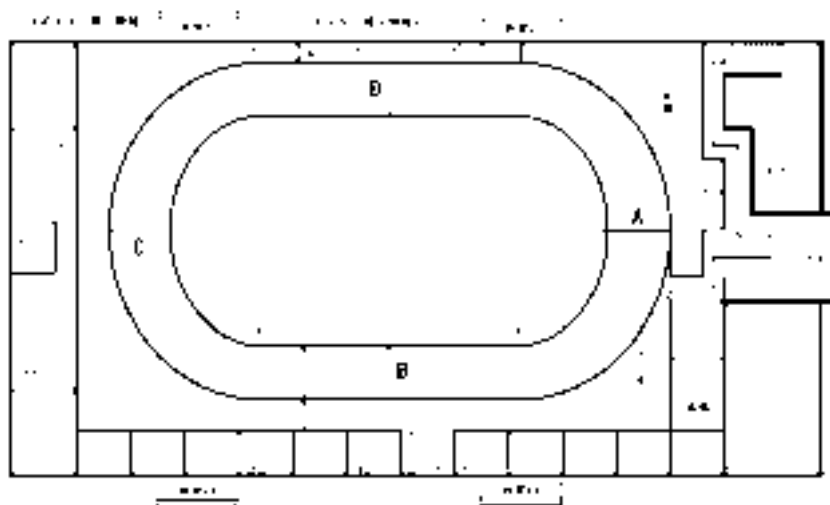


図 1 競技会場レイアウト

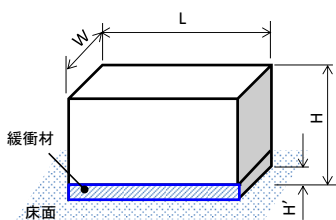


図2 車両の大きさ

るものもあり、車両同士の衝突や転倒など安全面の配慮がレギュレーション開発の大きな問題となった。そこで競技参加前に3回の車検実施を義務付けるとともに、安全責任を明確にするために、各チームには1名の安全担当者をおき、競技開始前には安全担当者ミーティングを実施するようにした。

(1)チーム車検

各チームはチェックリストに基づいて車両の状態を確認し、FA がチーム車検に問題がないか事前にチェックする。

(2)静的車検

まずドライバが乗車しないで、車両本体の組立状況についてマーシャルが確認する。特に突起物や変形、配線等についてチェックを行う。次にドライバが乗車した状態でブレーキテストや緊急脱出について確認する。

(3)動的車検

車両を駆動させ20mの直線コースを走行し、マーシャルの合図と同時にブレーキをかける。制動距離が1m以内であることを確認する。

競技に参加した各チームのFAがこの競技を通じて学生に期待することは、製作・開発過程を通じて、安全や経費管理、チーム運営などを実践的に学び、人材育成と技術者として必要な知識、技能を習得することである。そこで競技会では単に走行距離を競うだけでなく、開発した車両の技術や特徴について学生自身が競技参加者全員に対しプレゼンテーションをする時間も設けるようにした。

5. pico-EV の製作を通したものづくり指導過程

5.1 1号機(2012年)の開発

製作にあたっては学生グループの課外活動として実施した。その結果、開発チームは5名で構成しリーダーや設計などの各責任者を決定した。

まず、チーム全員でレギュレーションの調査・検討から始めた。しかし競技会そのものが第一回目の大会であったため、情報がなくどのようなコンセプトで開発してよいか迷った。参加を決めてから、本番まで2ヶ月程度の期間しかなく、開発スピードが求められた。また開発予算の確保に四苦八苦した。開発に当たってはチーム全員でブレインストーミング手法を活用し、与えられた制

約条件で競技会へ参加できる車両構成を検討した。

開発費を削減するために、部品の再利用やリサイクル部品の活用も含め、チーム内で打ち合わせを行った。特に開発チームで重視したことは、pico-EV の開発趣旨である「超小型」にスポットを当てたことである。車両本体を小型化すれば、競技会場までの運搬負担を下げるだけでなく、製作費用の低減も見込めるという利点があった。そのため、一人で持ち運びができる程度のサイズと重さを同時に満足するような車両構成を検討し、設計することとした。

スケジュール管理を徹底するために作業工程表を作成し、無駄な空き時間が生じないように工夫した。走行実験や評価作業は長時間必要になると予想されたため、機構設計と電気系の設計は平行して進められるように工夫をした。

車体は組み立て性を向上させるために、溝付のアルミフレームで構成した。駆動用モータは減速機付きのDCモータとした。ギア比の選定にあたっては、計算で求めた値を中心として、いくつかの候補となる減速機を準備して、実際に走行させることで最終決定をした。ステアリング部は簡単な構造とするために、市販のキャスターを用いている。その結果、車両の大きさは縦300mm×横600mm×高631mm、質量9kgとコンパクトな構造を実現できた。開発したpico-EVの構造を図3に示す。また図4に大会で学生が乗車している様子を示す。開発結果として、初号機の開発費は75,000円となった。競技会の公式記録では30分で1134m(速度37.8m/min)の走行距離となった。

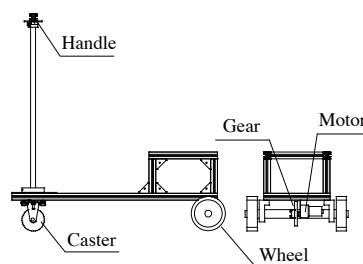


図3 1号機の構造



図4 1号機の走行時の様子

5.2 2号機(2013年)の開発

2号機の開発では学生3名のチームで行い、開発期間は3ヶ月間とした。初号機の性能向上を目的としたために、2号機では全てをゼロから開発するのではなく、初号機の改造で対応することとした。そのために開発予算は40,000円とした。車輪と駆動機構を改造しステアリング部は初号機と同一のものを使用した。

車輪の部品加工では、形状が複雑になるためにワイヤ放電加工機を用いた。また板金材はレーザ加工機を用いた。NCフライス盤で穴加工などの追加加工を施し、軸系は半自動旋盤のサイクル機能を使用し、加工時間の短縮に努めた。

駆動用モータはコアレスDCモータとし、車軸へ動力を伝達するために歯車機構を採用した。計算と走行実験により適切なギア比を決める必要があるため、モータの取り付けブラケットに取り付け穴を事前に複数準備しておき、減速比によって定まる軸間距離でモータを固定できるように工夫した。タイヤは様々な部材を車輪に巻き付け、実際に走行させながら適切な材料を検討した。床面を傷つけず、できるだけ硬く入手性のよい材料で走行実験を繰り返した。その結果、高圧ホースを円周状に加工し、図5のように車輪に巻きつけた場合が最も走行距離が伸びる結果となった。

開発した2号機の構造を図6に示す。車両の大きさは縦280mm×横675mm×高632mm、質量10kgとなった。



図5 高圧ホースを利用した車輪

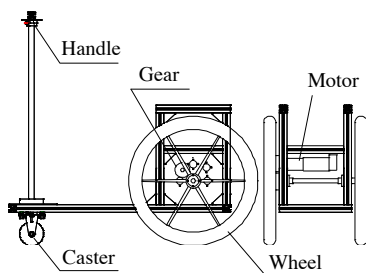


図6 2号機の構造



図7 2号機の走行時の様子

開発結果として、2号機は駆動モータにリサイクル品を活用するなど、材料を工夫したことで、30,000円程度に収めることができた。走行距離は20分(第2回大会は走行時間を20分と規定していた)で1504.5m(速度75.2m/min)となった。初号機と比較して約2倍の速度向上が実現できた。この要因としては、駆動モータの変更により消費電流が軽減されたこと、およびタイヤ構造を変更したことである。図7に大会で学生が乗車している様子を示す。

5.3 3号機(2014年)の開発

1号機および2号機の開発において重視したことは「単純でメンテナンスが容易かつ小型な車両」であった。そのため車両にはボルト結合で容易に組み立てができる、アルミフレームを利用していた。競技会終了後、開発をおこなった学生は、車両の小型化だけでなく、車両を構成する材料に金属以外を利用するアイデアを出した。

そこで3号機(2014年)の開発にあたっては大会レギュレーションで示されている「自然への再生と加工/修復が容易な材料を選定することが望ましい」を開発ポイントとして取り上げ、車両を構成する材料を段ボールで構成することとした。また直列接続された6本の単三電池7.2Vから12Vへ昇圧型DC-DCコンバータを通して変換を行い、DCモータへ供給した。DCモータにはギア減速機(104:1)がビルトインされた容量41.3Whのものを用いた。

車両に用いた段ボールは形状がパットタイプ(板状)、Aフルート(5mm厚)、ライナーK6、中芯200gのものを用いた。本来、再生材料としては既に廃棄された段ボールを用いるべきであると考えたが、段ボールを構造部材として採用するのが初めてであったことで、古紙の含有率が少ない品質の高いもので開発することとした。

車両の構造を図8に示す。後輪の車軸とハンドル、前輪のキャスターおよびモータ取付板以外は全て段ボールで組み立てられている。

段ボールの加工には炭酸ガスレーザ加工機を用い、切

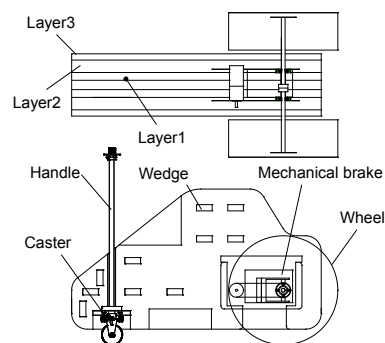


図8 3号機の構成

断時に段ボールの焼損を防ぐために、窒素ガスを吹き付けながら加工した。切断された段ボールは何枚かを組み合わせ接着剤で積層しながら、立体的な車両形状を作り出した。車両内部にはモータやバッテリー、電気回路などのアクチュエータやハードウェア部品を収める必要があるため、車両本体を図 8 に示す 3 つの層で形成した。これによって車両内部に立体的な空間や穴を作り出した。段ボールで積層された各層には、全断面に貫通している角穴が縦・横方向に明けられている。この角穴に対し、段ボールの平板をくさびのように打ち込み、各層を固定すると共に、車両にかかる様々な方向の荷重について強度を保つように工夫した。次に車両構成要素の詳細を記す。

(1)車両本体一層目・二層目

車両一層目の構造を図 9 に示す。16 枚の段ボールを積層し厚さ 80mm の立体形状を作っている。前側にはハンドルを通すための穴を形成し、中心部にはバッテリーや駆動回路を設置する空間となっている。後側にはモータと車軸を設置するための空間を形成している。

pico-EV・エコチャレンジは安全を最優先するためにメカニカルブレーキの設置が必須である。そこで図 10 に示すように、車両二層目上に配置された鉄板に、学内で廃棄されていた自転車前輪のブレーキを取付けた。

(2)車両本体二層目・三層目

車両二層目にはモータおよび動力伝達機構を設置した(図 11 参照)。今回設計した車両は後輪駆動であるため、歯付ベルトを用いて後輪車軸へ動力を伝達する構成としている。この二層目上に図 12 に示す三層目を取り付け、一層目から三層目を結合するために、角穴部分に段ボール製の平板を打ち込んで固定した。

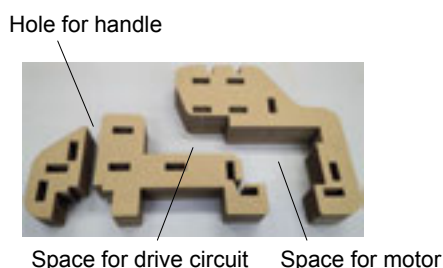


図 9 第 1 層目の構造

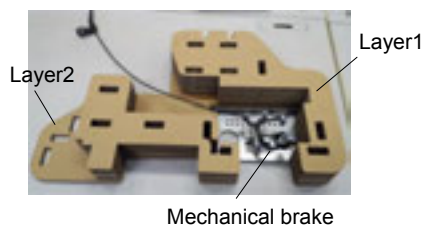


図 10 メカニカルブレーキ

(3)車輪

車輪の構造を図 13 に示す。24 枚の段ボールを積層して製作した。車輪には 8 箇所のスリットを設け、段ボール製の平板を打ち込んで固定した。

(4)製作結果

70m 周回コースを走行させ、5 分間の走行実験をおこなった。床面は木質(体育館)で、屋内を走行させた。走行の結果、走行距離 310.7m、速度 62.1m/min となった。大会の様子を図 14 に示す。昨年開発した車両は速度 75.2m/min であり、昨年比 82.6% の低下となった。これは車輪と床面の摩擦や、段ボールを利用したことによる組立精度の違いによるものである。なお大会本番時には、

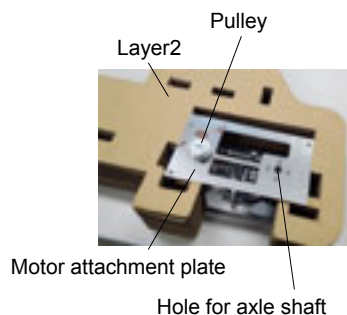


図 11 第 2 層目の構造



図 12 第 3 層目の構造

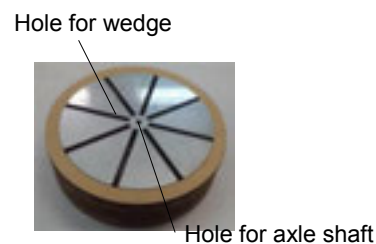


図 13 車輪の構造



図 14 3 号機の走行時の様子

歯付ベルトのフランジが外れてしまうというトラブルが発生し、リタイヤとなってしまった。

6. pico-EV・エコチャレンジで得たもの

「pico-EV・エコチャレンジ」への参加を目指し、ものづくり指導をしながら感じたことは、生きたものづくり技術を学ぶためには、学生自らが自主的に活動し考えてくることが重要であるということである。開発にあたって期間や予算など様々な制約がある中で、お互いが考えをぶつけ、コミュニケーションを取りながらゴールを目指すことが、技術・技能を学ぶために必要だと改めて考えさせられた。

また第3回目の参加では、段ボールを利用した車両を学生自身が提案し、設計、開発を行う中で、学生達は技術だけでなく創造力や発想力を養うきっかけになったと思われる。特に壊れない車両を作るため、段ボールの固定方法を検討したり、積層によって車両を立体的に作りあげることなど、学生達が議論を交わしながらものづくりをすることに高い教育効果を感じている。競技会後に行われた技術プレゼンテーションでは他の参加チームからも注目され、ベストプレゼンテーション賞を獲得することができた。

競技会参加前には段ボールで製作された電気自動車という珍しさもあり、地元新聞にも大きく取り上げられた。



図 15 テレビ取材の様子



図 16 新聞掲載記事 (山陽新聞朝刊 2014.2.22)

また競技会終了後は、複数のテレビ局から取材依頼があり、中国職業能力開発大学校で行われている「ものづくり」教育の様子をドキュメンタリー番組として放送していただく機会を得た。大学校の PR だけでなく、開発メンバーにも自信をつけるものとなった (図 15,16 参照)。

7. おわりに

「pico-EV・エコチャレンジ」は、技術を学ぶ学生にとって具体的なものづくりの場を提供でき、さらに他の参加者との交流を含めお互いが切磋琢磨できる場であると感じている。このような競技会を通じて、学生達に新しい技術・技能の向上を習得させるために指導していきたいと思う。

最後に「pico-EV・エコチャレンジ」の開催にあたり、大会運営関係者の皆様に感謝いたします。

参考文献

1. pico-EV・エコチャレンジホームページ
http://www.nbu.ac.jp/~picoev/_picoev2014/pico-EVekocharennji.html
2. 2014 年版ものづくり白書 (ものづくり基盤技術振興基本法第 8 条に基づく年次報告、経済産業省・厚生労働省・文部科学省)
3. 日欧の大学と職業—高等教育と職業に関する 12 カ国比較調査結果—、日本労働研究機構 調査研究報告書 NO.143、2001 年 3 月
4. 谷口忠勝:職業能力開発大学校における「応用課程」の教育訓練理念とカリキュラム編成、技能と技術、1999.5、pp15-21(1999)
5. 藤沢 徹, " Pico-EV 競技用車両と応用例", 太陽エネルギー, vol.37-6 , pp.15-20, 2011.
6. 宇田和史、高橋良彦, "竹集成材を用いた Pico - EV の開発", 日本材料学会学術講演会講演論文集, vol.61 , pp.254-255, 2012.

(原稿受付 2014/3/17、受理 2014/4/30)

*原 圭吾, 博士 (工学)
職業能力開発総合大学校, 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1 email:k-hara@uitek.ac.jp
Keigo Hara, Polytechnic University, 2-32-1 Ogawa-Nishi-Machi, Kodaira, Tokyo 187-0035