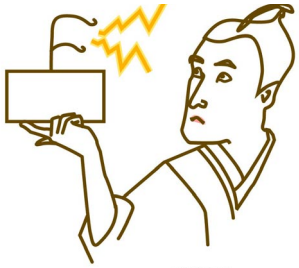
『君は、現代の平賀源内になれるか？』



TOKYO
INSTITUTE OF TECHNOLOGY

ゑれコン事始め

阿部 正紀，嶋田 隆一
髙橋 宏治，山田 明，廣川 二郎

大岡山ゑれきてるコンテスト

学生チームが手造りした人力発電機の性能を競う「大岡山ゑれきてるコンテスト（ゑれコン）２００４」が１０月３日（日）、ディジタル多目的ホールで開催された。今年度前期から開講された電気電子工学科の授業科目「電気電子工学創造実験」の公開競技会である。３分間の発電エネルギーをトーナメント形式で競った。対戦する２チームの電力、電流、電圧などのディジタルデータと波形グラフが、実時間で大型画面スクリーンに映され、また各チームの発電機の出力で扇風機を回し、筒から七色の風船を飛ばす風景はカラフルで迫力満点。

本授業科目は、産学連携教育支援プログラムとして、１０社から、経済的、人的、技術的支援をいただいた。また、コンテストでは、各企業の社名を冠した賞が授与され、その審査には、各企業から来賓として出席された方々があたった。審査委員長は、本学名誉教授で、現在、武蔵工業大学教授の深尾正先生にお願いした。

競技の開始前の休憩時間には、観客および審査員の方々に、手造り発電機を見ながら学生から説明を受ける機会をもうけた。また表彰式前の休憩時間には、賞品つきクイズを行うと共に、観客の方に発電機を回して液晶テレビを映すことを試みた。リハーサルなしのぶっつけ本番で、電圧も波形も安定しない“手造り発電出力”でうまくいくだろうかと懸念したが、果たしてテレビ画面が映しだされ、会場は歓声につつまれた。おりしも、競馬中継場面であった。回して手は、歓声に後押しされて途切れないようにがんばって回す。その姿は、また会場に大きな拍手を呼び起こした。

審査結果と講評が深尾正先生からなされ、優勝チームに学長賞が、海外出張中の学長に代わり、小川浩平副学長から授けられ、副学長の閉会の辞で大岡山ゑれきてるコンテストは終了した。あいにくの大雨にもかかわらず約 150 名（そのうち学外者１００名以上）の参加があった。

図１ゑれコン風景

図２　白熱の決勝戦

図３　質問する審査員

図４　目を輝かす将来の工大生

図５　閉会の辞

図６　手造り開始。この筒から風船を飛ばしてほしいと訴える教員

図７　コイルは巻いたが・・・

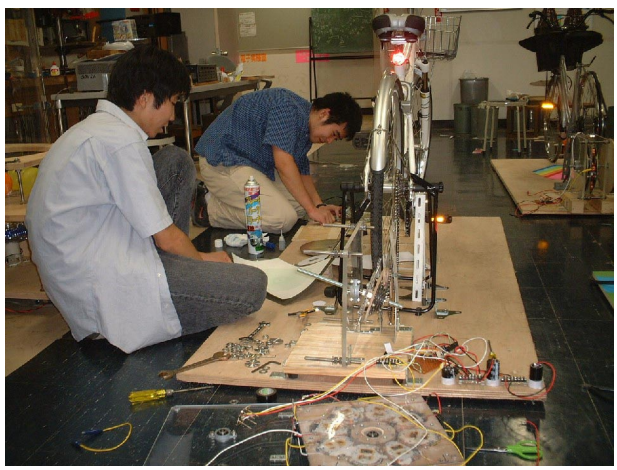


図８　優勝チームの作製風景

平賀源内をめざそう！

電気電子工学科でも本格的な創造性教育科目を始めるため、一年以上の準備を経て本科目が開講された。今年度のテーマを、「『人力発電機と変換制御回路を組み合わせた装置』を自ら設計・製作して、『ゑれコン』で成果を競う」と定めた。

「君は、現代の平賀源内になれるか？」のキャッチフレーズに応じて、２１名が受講した。主体は電気電子工学科の２年生１５名であったが、３年生４名および協力企業の新入社員２名を加え計２１名。２名チーム×９＋３名チーム×１＝１０チーム編成で、発電機の手造りとゑれコンに挑戦した

授業内容としては、学期中に「創造性と独創性」、「もの造り」などに関する講義を受け、夏休みに、「発電機の原理」、「安全対策」などのレクチャーを受けるとともに発電機を作製した。

各チームには、「手回し」発電機を作製するための基本部品として、ネオジム磁石（２０ｍｍφ×６ｍｍ、３０個）、磁石を回転するための鉄円板や、クランクハンドル、コイル用のエナメル線、ダイオードなどが支給された。夏休み開始直後（８月４－６日）の三日間で手回し発電機を大方仕上げ、新学期直前の９月 13−16 の四日間（およびゑれコン直前までの連日連夜の自主的参加）で、足こぎにするなどの機械的装置および、変換制御回路を作製してパワーアップを図るとともに、外装に思い思いの工夫をこらした。このために必要とされる部品は、学生から提案された内容を教員がチェックして、注文または自ら調達した。また、コイルの性能をアップするための軟磁性鋼板や、変換制御回路に用いる半導体素子などの専門的な特殊部品は、予め用意し、その存在と用途を学生に知らせておき、申し出に応じて与えた。ネオジム磁石とこれらの専門部品は、協力企業から提供していただいた。

最先端材料の威力

学長賞（トーナメント優勝）は、自転車の変速機を活用して発電機をチェーン駆動したチームに授けられた。発電機のニックネームは「硫酸カルシウム号」。手巻きコイルを石膏で固めたからである。コイルのみならず、すべての機械システムが堅牢に作られていた。さらに、発電出力の回転角度を検出して電流と電圧の位相差を補正する変換制御回路と組み合わせて電気的にもパワーアップをはかり、３分間の平均電力１２３ワット、瞬間最大３２１ワットを記録し、最大瞬間パワー賞をも合わせて受賞した。また学長賞の副賞として、企業から、北海道風力発電所見学旅行にも招待された。人力で１００ワットを超える平均電力が得られたのは予想外であって、最先端材料である“超強力”ネオジム磁石の威力が、学生が工夫した電気的・機械的システムによって見事に引き出された。

準優勝は、ハンドル手回し方式で、プーリーを水車に見立てて、エレガントに装った「草原と川」の作製チーム。コンテストでは、トーナメント方式の対戦を勝ち抜いた「硫酸カルシウム号」と「草原と川」の間で決勝戦が行われた。当初は、自転車による脚力発電機は、手回し発電機よりけた違いに有利ではないかと懸念した。しかし実際の決勝戦では、手回し式でも平均電力６２ワットを出し、システムの工夫次第で、手回しでも自転車の脚力に迫ることが分かり意外の感を受けた。

遊び心を発揮した学生

自転車を利用した足こぎ方式には、優勝チームのチェーン駆動式以外に、自転車の後輪を利用してベルト駆動式にしたものと、ローラー駆動式にしたものがあった。その内の一つは、猛牛に見立てられていた（図 15)。また直接足こぎ方式で、競馬馬（こぎ手は騎手）に見立てた逸品もあった（ただ残念ながら、ゑれコンでは整備不良のため発電能力を出し切れずパーフォーマンスのみ秀逸であった)。また、手回し方式には、準優勝チーム（草原と川）のようなハンドル・プーリー駆動方式以外にも、ダブルハンドル・プーリー駆動方式があり、また、性能よりもアイデアを楽しむ、「からくり動画つき」や、「音を楽しむボンゴ？もどき」もあった。

このように､学生の自由な発想で楽しませてくれ､本授業科目は、創造性とともに学生たちの豊かな個性を引き出すことができたと自画自賛している。

図９　準優勝「草原と川」

図１０　ジョッキー、勝負前の雄たけび

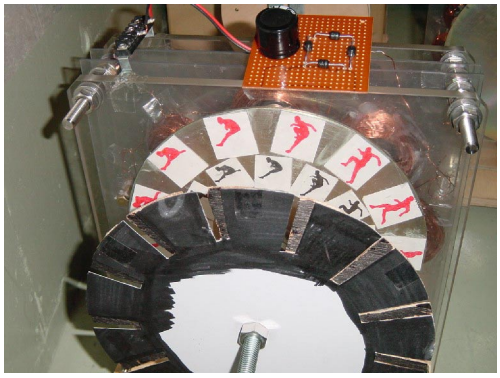


図１１　からくり動画つき発電機

図１２　「草原と川」の屋台骨造り

当世学生“もの作り”事情

とはいえ、すべてがスムースに行ったわけではない。前半の三日間の作業を終えた懇親会の席上で、相当数の学生が、「作業がつらく、この先うまくできるか自信がなく不安だ」と訴えた。これには、われわれ教員も暗澹たる思いになった。はたして全員が発電機を完成できるか？　ゑれコンは成功するか？

学生が不安になったのも無理からぬことであった。少数の例外を除いて、彼らのほとんどは、「もの造り」の経験がない。われわれは、中学や高校で、板を切り出して彫刻して本立てを作るなどしたものだが、最近はそのような工作の実習がほとんどないようである。現在、電気系の平均的な学生がしたことのある工作といえばプラモデル、電子工作といえば学校で行ったキットの組み立てぐらいである。彼らは、のこぎりの使い方も知らない、釘もまともに打てない。それが、いきなり、難しい磁気回路理論を聞かされ、ボビンを手造りしてコイルを巻いて、電気システムと機械装置が複雑に絡んだ装置を組み立てるのだ。しかも、子供のころから半田ごてを握っているような電気系教員にガミガミ指図されれば、自信喪失するのもむべなるかな。

ところが、夏休み休暇５週間を経た後半はちがった。ハンドルを回し、ネオジム磁石が自分のまいたコイルを横切るときに発生する電気信号をオッシロスコープで観ることから始め、やがて１台の扇風機を回すことに成功。この頃から、自信喪失学生の目も輝いてきた。もの造りの面白さに目覚めたのだ。

教員による“もの作り”

われわれ教員も、電気電子工学創造実験を初めて担当する過程で、“もの作り創造実験”を行った。

まずは、手作りコイルの作製法。かつては、電気系のいくつかの研究室に巻き線機がころがっていたものだが、今はまず見かけない。もはや秋葉原でも売っていない。かろうじてインターネットで巻き線機を購入した。ところが、きゃしゃにできていて、エナメル線に力をかけて巻くと、回転カウンターのギヤが空回りして使い物にならないと学生が指摘してきた。いろいろと改善策を試みたがうまくゆかない。そこで、デジタル回転計（20 万円／１台）の中古品をネットで 2 万円／１台で購入して接続した。巻き線機は、中国製で２千円／１台の安さ。なんともアンバランスであった。

最大の課題は、競技会で用いるために、発電出力パワーをディジタル的および視覚的に実時間表示する装置のみならず、ディスプレー用の風船飛ばし装置を造ることであった。学生が発電機を手造りする作業を指導するかたわらで、教員がこれらの装置の手造りに挑戦した。

発電パワー表示装置は、いろいろと検討したが名案が浮かばない。その内に、われわれの目的にそのままかなう「ディジタルパワーメータ」が市販されていることが分かった。しかし、200 万円もの高価な代物である。そこで製作している企業に借用をお願いしたところ、快く、しかも技術的サポート要員を派遣して、貸しくださったので、一件落着した。

図１３　テストラン

図１４　発電パワーの表示

風船飛ばし装置は、透明アクリルの円筒（直径 40 ㎝×長さ 2m）を購入して、最適条件（扇風機と筒の底部間の距離など）を試行錯誤で決めた。あとで学生たちから、教員が一生懸命に風船飛ばし装置を作っている姿を見て、自分たちも風船を飛ばすためにがんばる気持ちになった、と聞かされた。実は、われわれも、「円筒に３台の扇風機で送風したときの乱流発生をいかに抑えるか」などの問題を、各自の蘊蓄を傾けて議論し、結構楽しみながら造り上げた。指導者も一緒に楽しむ、これが創造性教育の一番大事なポイントではないかと悟った。

プロローグ

ゑれコン終了後の１０月５日（火）に、ディジタル多目的ホールで、学内関係者（主として電気電子工学科の学生と教員）の出席のもと、「技術報告会」が行われた。各チームごとに、作製した発電機について工夫したポイントや失敗談、反省点や学んだことなどが報告され、教員によって講評がなされた。

１０月２３日(土)－２４日（日）の工大祭にも急遽参加した。「ゑれコンスペシャル」と題して風船飛ばしとテレビ写しを行い、また手造り発電機を展示した。四～五歳の子供でも自転車をこいで風船を飛ばして楽しんでもらい、スタンプラリー帳片手の小学生から大人までが手回しテレビ発電に挑戦してもらった。

また、１１月２０日(土)に行われた東京電力技術開発センターのオープンハウスに、学生ボランティアと教員が参加して、主として小学生のお相手をして、デモンストレーションと説明を行い、理科離れ対策にいささかの貢献ができた。

また 11 月 19 日（金）に浜松で行われた計測自動制御学会システム情報部門学術講演会で、今回の授業とゑれコンの内容を高橋が発表した。

さらに、優賞チームのインタビュー記事が、進研ゼミの会員（高 2）向け情報誌 “My Vision” の 2005 年 5 月号に掲載されることとなった。学部学生の研究を紹介する新しい連載記事の第一号としてである。

来年度への展望

初めての “もの造り創造性教育”科目を、いわば見切り発車して試行錯誤しながら行い、それなりの成果が得られ、ほっとしている。来年度は、今年の成果と経験を生かして、引き続き人力発電機を扱い、学生の自由な発想で、非常用電源などに実用化できるレベルにまで高めたり、もっと楽しいデモンストレーションをあみ出すことなどを目標とする予定である。さらに来年は、もの造りを通じて、中小企業（特に大田区）との連携・協力を行うとともに、小中高生への啓蒙活動にさらに貢献することをも視野に入れている。

図１５　工大祭で。「猛牛」の発電機をこぐ子供

図１６　東電デモ風景

謝辞

おわりにあたり、本授業科目およびコンテストのために、非常勤講師としてその準備段階からご尽力いただくとともに「創造性と独創性」の講義をしていただい川上寛児・芝浦工業大学教授に感謝の意を表します。また、発電機の作製実習とゑれコンのためにご協力いただいた、西窪恵一（電子物理工学専攻・技術職員）、炭谷英夫（原子炉研・非常勤講師）、北原忠幸（原子炉研・非常勤講師）、宮林久雄（電気電子工学専攻・補佐員）、松井七五三（元・電気系技官）の各氏に厚く御礼申し上げます。

「産学連携創造性育成教育支援プログラム」として本企画に多大なご支援と暖かい励ましをいただいたつぎの各社に心から感謝の意を表します。

NTT 先端技術総合研究所、北野精機㈱、クリーンエナジーファクトリー㈱、J-Power 電源開発㈱、東京電力㈱、㈱東芝、㈱日立製作所、日立金属㈱、富士電機㈱、横河電機㈱　（五十音順）

本企画では、理工学振興会の清水勇専務理事および泉洋一郎事務局長の暖かいお励ましをいただくとともに、同会に管理法人として会計事務をしていただき、また研究資金のご援助を下さったことを厚く御礼申し上げます。

備考

本件の詳細は、下記 URL で御覧になれます。

http://www.taka.ee.titech.ac.jp/elecon/

図１７　現代の平賀源内たちがせいぞろい

（阿部 正紀：電子物理工学専攻教授
嶋田 隆一：原子炉工学研究所教授
高橋 宏治：電気電子工学専攻助教授
山田　明　：電子物理工学専攻助教授
廣川 二郎：電気電子工学専攻助教授）