

# 高専における宇宙工学分野の PBL (Project Based Learning) 教育

～ 問題発見・解決型学習による技術者教育 ～

群馬工業高等専門学校  
機械工学科 平社 信人



群馬工業高等専門学校の外観

## はじめに

平成 21 年に群馬高専機械工学科に着任してから 5 年が過ぎた。群馬高専に赴任する以前は、重工メーカーに約 9 年間勤務し、主に宇宙開発に携わる業務を遂行してきた。高専において、宇宙開発の現場で得た経験を技術者教育に活かしたいと考え、衛星設計コンテストに応募したり、宇宙工学における研究課題を取り扱ってきた。衛星設計コンテストとは、全国の高等学校、専門学校、高等専門学校、大学、大学院の学生を対象とした宇宙開発に関するアイデアや設計を競うものであり、宇宙開発のすそ野拡大を目的としたコンテストである。筆者自身も学生時代に最終審査会に参加した思い出があり、学生に宇宙工学分野における工学教育を実施するのに最も適したコンテストであると考えている。高専赴任以来、毎年、応募してきた衛星設計コンテストであるが、5 回目の応募にしてようやく最終審査まで到達することができた。去る 2013 年 11 月 9 日に、神奈川県相模原市で開催された第 21 回衛星設計コンテスト最終審査会に参加し、「太陽炉を用いた火星での製鐵」を課題に取り扱い日本機械学会スペースフロンティア賞の受賞に至った。本稿では、高専における技術教育、研究教育の現状を紹介し、また、これらの衛星設計コンテストへの取り組み、宇宙工学分野に対する技術者教育、研究教育の取り組みについて紹介する。



写真 1 衛星設計コンテスト受賞メンバー  
左から、新井君、天野君、上杉君、岩崎君

## 高専の技術者教育

高等専門学校は、中学卒業後の技術者を志す 15 歳が意志をもって入学してくる学校である。高専では、その意志を預かり、早い時期に技術者としての資質を磨き育成する義務を担っている。高専は、本科と呼ばれる 5 年間の課程と専攻科と呼ばれる本科卒業後の 2 年間の課程から構成され、技術者教育と学術研究を実施する高等教育機関である。高専における技術者教育の特徴として、低学年次から実験や実習などの実践的なカリキュラムがあることが挙げられる。工学におけ

る実践教育として、はじめに目で観て学び、手を動かすなどの実践経験を積みあげた後、学問や理論を学ぶことにより、理論や学問と実践経験が密接に関連づけられていることを学び取ることができ、習熟が早く理解も深まると考える。その結果として、高専生は手を動かすような仕事を得意とし、またフットワークが軽い印象を持たれている。

## 高専における進学状況

高専は、1962年に発足してから50年を迎え、発足当時の早期の中堅技術者育成としての役割が、今現在、社会を取り巻く状況の変化に伴い変わりつつあり、変化し続ける社会ニーズに応え得るカリキュラムが必要である。近年、高専の卒業生の進路先として、大学に編入学する学生が増加する傾向にあり、また、専攻科に進学した学生も、そのほとんどが専攻科修了後に大学院へと進学している。群馬高専における専攻科への進学率は約2割程度であり、専攻科進学以外の本科卒業生のほとんどが大学に編入学している。一般に、高専在学中に学業成績が優れている学生は、大学編入後も学業成績が優秀な傾向にあり、研究においてもその能力を発揮することが多く、また、成績上位者の中には研究者を志す学生も見受けられる。事実、高専卒で大学等の研究機関の研究者として活躍する人たちは多勢おり、高専は技術者育成の場のみでなく研究者を輩出する機関になりつつある。高専では、本科における最終学年の5年次に、研究室に所属し卒業研究に取り組む。さらに専攻科に進学した学生も在籍期間中の2年間を研究室に所属し特別研究に取り組むこととなり、専攻科進学者においては合計3年間の研究に取り組むことになる。高専における研究活動は、大学や大学院における研究活動に比べて、設備も研究の質も量も劣るものであるが、大学編入者や専攻科を経て大学院に進学する学生は、大学生、大学院生よりも早期にこのような研究経験を積むことにより、長期に及ぶ研究期間が確保される。実際、今年度の機械工学科の5年生（20歳：大学2年生相当）において、研究成果を国際会議で発表するケースが2件見受けられた。

## 技術者としての資質

これまで、高専における教育内容と現状について述べてきたが、次に、技術者として求められる資質につ

いて、多少、筆者の私見も交えながら述べたいと思う。技術者に必要となる資質として、実践経験に基づくノウハウの蓄積やそれらに裏付けされた判断力、決断力を兼ね備えることが挙げられる。また、技術者には、予期せぬトラブルに多角的かつ総合的かつ迅速に対応できる能力が求められる。技術開発において、一人で完結できる業務は極めて少なく、チームで仕事を遂行していく場面が多く、チーム構成員の信頼を獲得する必要がある。また、より高い技術を練るうえで、話し合いは必要不可欠であり、他の人の意見を聞き入れ、自分の考え、主張を説明し、説得しなければならず、このような場面においてコミュニケーション能力、リーダーシップを持ち合わせる必要がある。これらの要素を習得するための技術者教育として、高専ではPBL教育を推奨している。PBLとはProject Based LearningあるいはProblem Based Learningと呼ばれるもので、アイデア、立案、計画、実行力や技術力、コミュニケーション能力、リーダーシップなどの総合的な力を養うのに適した教育方法である。また、現在、高専において、コミュニケーション能力、リーダーシップなどの技術者としての素養の習熟度合いを定量的に評価し保証するための取り組みが検討されている。

## PBL教育としての衛星設計コンテスト

衛星設計コンテストでは、先述の資質を試される場面が多々ある。これまで、与えられた課題やノルマを遂行することのみであった学生にとっては、自ら課題を設定したり、何をすべきかを自分で考えて行動することは未体験で不慣れである。技術者とは、常に問題意識を持ち、また、自ら問題を設定することができ、何をすべきかを常に考えていなければならない。調べ事ひとつとってみても、これまで教科書やインターネットで容易く得られていた既知の情報とは異なり、得られる情報量も圧倒的に少ない。また、リーダーには、ばらばらの方向を向いた個々の高い能力と強い主張をひとつの方向にまとめあげなければならず、強いリーダーシップが求められる。また、メンバ全員が専攻科1年であり、学業が忙しく衛星設計コンテストのための時間が取れないなど、予期せぬ技術以外の諸問題が多々発生した。これらの苦難を乗り越え、衛星設計コンテストの最終審査会において日本機械学会スペースフロンティア賞の受賞に至ったことはとても光栄なことであり、また、メンバーのタフな精神力を伺い知ることができる出来事である。

筆者の所属する群馬高専機械工学科ロボット工学研究室では、宇宙工学分野への技術教育として、中学生向けの体験授業に研究室所属学生の設計によるロケットグライダーの製作や飛行を取り扱い、また、先に述べた衛星設計コンテストへの参画を通じPBL教育を実施している。また、宇宙工学分野の研究教育として、コールドガスロケットエンジンの推力制御や火星における探査活動支援のための火星測位システムの研究課題を取り扱っている。次に衛星設計コンテストで取り扱った課題と宇宙工学分野における研究教育の一部を紹介する。



写真2 太陽炉概観

### 太陽炉を用いた火星における製鉄技術

PBL教育として相応しいとされる衛星設計コンテストに、今年度は「太陽炉を用いた火星における製鉄」という課題でアイデア部門に応募した。火星は現在、人類の移住先として注目されており、有人探査に関する研究が広く行われている。火星に人類が居住する際、地球での我々の生活と同様に多種多量の物資が必要になると考えられる。これらの物資の輸送に既存のロケットを用いると、高額な費用と片道6か月以上の長い輸送時間を要するため、物資の全てを地球からの供給に頼るのは困難であると考えられる。一方、火星の地表に存在する砂には比較的高い割合の酸化鉄が含まれており、この酸化鉄を還元して純度の高い鉄を生成することにより、人々の日常生活や研究活動等に多用されている鉄製品を現地で生産することが可能になると考える。また、鉄の生成に必要な熱エネルギーを太陽炉を用いて調達する手法を提案し、大規模な発電設備や他

天体からの燃料供給への依存性を高めずに製鉄を行うことができると考える。火星での製鉄設備の構築を実現するため、火星の砂を原料とし、太陽炉から熱エネルギーを得る製鉄設備について提案し、実現性について検証を行った。太陽炉は、反射鏡面を溶鉱炉に太陽光があたるように円周状に16個配置することで、製鉄に可能な熱エネルギーを得ることができる。

### 火星測位システムに関する研究課題

火星における研究として、火星での自律探査活動を支援するための探査機自身の火星における緯度、経度といった自己位置情報を計算する手法の提案や火星製鉄技術、火星の昼と夜の温度差に着目した動力機関について研究を実施している。これらのテーマのうち、ここでは、火星測位システムについて紹介する。火星探査活動において、より効率よく活動範囲を有効に広げるためには、地球からの指令を待つことなく行動するための自律性が求められ、また、自律探査行動においては、自己の位置を常時、把握する必要がある。本研究では、火星における自己位置を把握するため、太陽の移動軌跡を計測することで太陽軌道面を特定し、自己の緯度、経度を算出する手法を提案中である。また、加えて太陽のでていない夜間における自己位置特定手法として、衛星の輪郭形状から太陽方向を解析し見えない太陽位置から太陽軌道面を特定する手法も提案している。また、ここで提案する測位システムの有効性を確認するため、太陽光や衛星を捕捉するための自動追尾システムを構築し、先端にカメラを備え付け太陽や衛星の画像を捉えながら指向方向制御を行い、自動追尾しながら撮像を実施し、提案した2種類の自

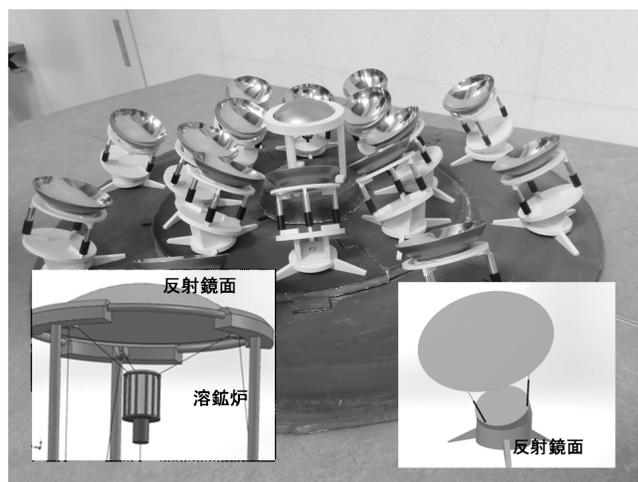


図1 太陽炉概観

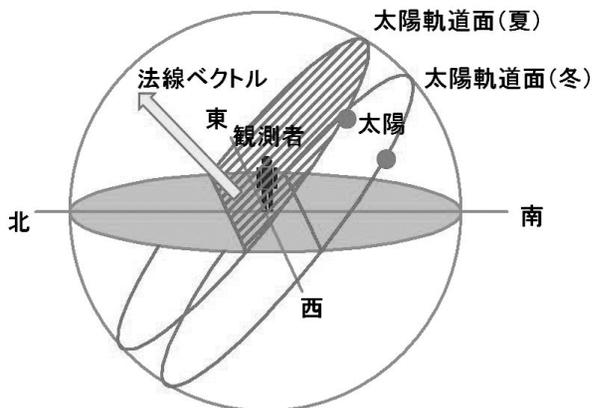


図2 太陽の移動軌跡と太陽軌道面

己位置特定手法の有効性を確認済である。この研究課題は、宇宙科学研究所で毎年開催されるアストロダイナミクスシンポジウムや宇宙科学技術連合講演会で学会発表を行っており、宇宙工学分野の研究教育として、成果を挙げている。

### おわりに

高専は、中学卒業後の理系学生を預かり、5年の歳月をかけて早期の技術者を育成する機関である。この5年の間に、おなじクラス内において、学力の上位者と下位者との間の学力差は相当量に達し、これらの大きく広がった学力差を持つ学生同士が同じ講義を受け、同じ合格基準で試験を受けている。全卒業生の質を保証するために画一的な基準を策定することの重要性を充分認識しつつ、上位者の伸びこぼしを大変もったいないと感じる日々である。高専の教員は、教育者、技術者、研究者としての3つの役割を担っており、多忙な職業であるが、本稿で述べた技術者教育に取り組む中で、学生の急激な成長を目の当たりにすることがあり、学生から感激を頂くことが多々ある。直接指導を行った教え子から、宇宙業界に就職が決まったという報告を聞くたびに、微力ではあるが、筆者の取り組みが間接的に宇宙開発に貢献できていることを実感することができる。高専教員は、技術者教育というとてもやりがいのある職業であり、常に感動を味わうことのできる職業である。

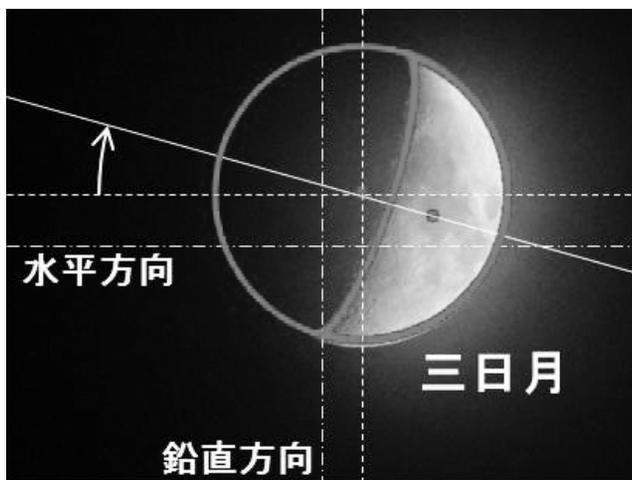


図3 衛星(月)の輪郭解析



群馬工業高等専門学校は、全国に12校ある高専1期校として1962年に設立された学校です。昨年度、設立50周年を迎え、50周年記念事業の一環として立ち上げられたプロジェクト「青少年科学技術啓発ロボット製作」において、学生主導のもと乗用二足歩行ロボットの製作に成功しています。また、高い技術力を持った

た学生が、日々、ものづくりや研究に励んでいます。

群馬高専では、専門学科として、「機械工学科」「電子メディア工学科」「電子情報工学科」「物質工学科」「環境都市工学科」の5学科から構成されており、1年、2年の2年間は、混合学級と呼ばれるすべての学科の学生が均等に混ざったクラスに所属し、より大きな仲間意識を育みながら、学科の垣根を超えた幅広い視野を持つスケールの大きな技術者教育を行っています。

また、他高専と比較して、大学編入者が多く、卒業生の8割が進学します。また、専攻科進学者のうち、8割近い専攻科修了生が大学院に進学します。

筆者の所属する機械工学科では、力学を中心とする機械工学の基礎学力を重視したカリキュラムを組んでおり、メカトロニクス技術、設計技術、工作機械を用いた実践的なものづくり教育に力を入れています。機械工学におけるエンジニアリング・デザイン教育の取り組みとして、2段歯車減速機的设计/製作があります。ポンチ絵から2D/3D-CADを使って図面を描き、設計に必要な計算手法や構造解析をプログラム化しながら設計に反映させ、最終的に3次元造形機による2段歯車減速機の製作までを実施しています。



学生主導のもと製作した乗用二足歩行ロボット