

問題解決力教育の薦め

－ 大学での超小型衛星開発の経験より －

特別研究員

中須賀真一

東京大学では超小型衛星の研究開発で世界をリードしてきたが、あわせてこれを学生の教育に利用してきた。地上とは異なる非常に厳しい宇宙環境で、しかも故障しても修理には行けない人工衛星を長期にわたり運用できるように開発することは、技術的にも労力的にも極めて困難なことであるが、学生は自ら積極的にそれに参加し、のめりこんで作業を行い、そしてそれを通して明らかに成長していく姿を目の当たりにしてきた。

「何が何でも成功させたい。」その強い思いに裏打ちされた問題解決能力の鍛錬、それがこの超小型衛星の経験を通して私が強く感じた教育のあるべき姿である。本稿は、この経験をベースに教育の一つのあり方を議論したものである。

I 東京大学における超小型衛星開発とその教育への活用

東京大学は2000年ころより超小型衛星の研究開発を開始し、2003年には世界初の1kg衛星CubeSatの打ち上げに成功した。その後、次第に機能・性能をアップすべく少しずつ大きな衛星を研究開発し、すでに13機の衛星の打ち上げ運用に成功し、世界における超小型衛星分野をリードしてきた。研究開発の成果は、複数のベンチャー会社に引き継がれて社会への還元とビジネス化がなされ、日本における宇宙開発利用に大きな影響を与えてきている。以下（図1～図3）にいくつかの開発衛星と撮影した地球画像を載せる。

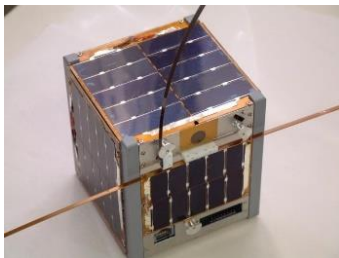


図1 1kgのCubeSat XI-IV



図2 ほどよし4号(2014年)



図3 ほどよし4号の撮影写真

さて、この超小型衛星プロジェクトは宇宙工学、モノづくり、システム工学、プロジェクトマネジメントをはじめとして、学生の教育に画期的な機会を提供してくれている。まず、1～2年程度の短期間で宇宙プロジェクトの1サイクル、つまり、アイデアの創出から衛星の基本思想の検討、設計、製作、地上試験、その成果のフィードバック、打ち上げ、運用、結果解析のすべてを経験させることで、たとえば、それぞれの段階で何に気をつけないといけないかを肌で感じさせることができる。また、工学においては、実際に設計し製作したものが、現実の環境の中でどのように動作するかを確認し、その結果を考察して初めて教育が完了する。紙の上の設計を教員が採点するだけでは、学生も納得しないし、本当の意味での「評価」にはならない。現実からの厳しいフィードバックこそが最高の評価者である。

もう一つ大事な教育は、宇宙開発にとって極めて重要な資質であるプロジェクトマネジメントやチームワークの素養の実践的な鍛錬である。学生は試行錯誤しながら、4つの重要な管理項目、つまり、お金・人・時間、そしてリスクの管理を勉強する。効果的なミーティングの仕方、文書の残し方・利用の仕方などはいくら講義や授業で言っても身につかない。文書を残さないとあとでどうなるか、そこで痛い目にあって初めて真にやらないといけなく感じる。その観点で、実践が、そして何よりも、きちんとやるべきことをやらないとあとで痛い目にあう経験こそが非常に重要な教育なのである。

ここで大事な教育の一つの要素が「失敗の経験」である。学生は衛星開発の前の最初の鍛錬としてCanSat というジュース缶サイズの衛星を半年ほどかけて開発し（図4）、それをネバダ州の砂漠に持って行ってアメリカのアマチュアロケットで高度4kmまで



図4 GPS実験のCanSat

打ち上げ、落下する最中に衛星と同様の実験を行うイベント（ARLISS という）を経験させる。CanSat は実は失敗の宝庫であり、技術は年々進化するものの、参加する学生は常に初心者であるため成功率は50%程度。アメリカに行く費用は大学から出せないで自腹であり、講義とは別に開発に山のように時間を取られて作ったものが結局は失敗に終わる、その経験は実はものすごく貴重なのである。「無茶苦茶に悔しい、なぜ失敗したんだろうか、今度は絶対失敗しないぞ」という振り返りが学生を成長させるのである。そのような経験もなく、JAXAに入ってから何百億円のプロジェクトに参加して安易な作業をして失敗した人が「失敗したけど、私にとっては非常に勉強になった」と考えるのは許されないであろう。失敗は「小さなプロジェクト」のうちにかくさん経験しておくべきなのだ。

周りの教育者の姿勢も大事だ。失敗しそうになったら「それじゃあだめだよ、こうしないと」と手を差し伸べることが現在の教育では多いように思う。過保護なのである。しかし、それでは一番失敗が心に突き刺さるはずの「本番での失敗」を経験しないため、心に強く残らないのだ。逆に「適当にやっても先生が見てくれているから安心だ」などと安易になる可能性もある。私は学生が開発するのを見ていて、このままだと失敗しそうだと思う時にも、指摘をしないで本番での失敗を待つこともある。その時はかわいそうであるが、教育効果はそちらの方が圧倒的に大きいからである。

2019年小惑星リュウグウにタッチダウンをし、2020年にリュウグウの砂を地球にもってかえって大成功した「はやぶさ2」のプロジェクトマネージャーの津田君は我々の衛星開発の第一世代で、CanSat や CubeSat で鍛えたおかげで、JAXAに入社するなり即戦力として驚異的な貢献をしたと聞いている。彼は1999年の最初のARLISSに参加したが、彼の担当するCanSatは通信アンテナが最後まで完全な電波を取れなかった（70点であった）ため、最後の段階で市販のアンテナに切り替え、満足な試験もせずにロケットで打ち上げた。その結果、アンテナがもげて全く通信もできない結果（0点）となった。彼はアメリカでもものすごく落ち込んでいたことを覚えているが、その経験が、はやぶさ2において、事前に徹底的に試験・検証をしたものを使うという姿勢につながったのだと感じる。子どもの喧嘩は大事。体が小さいうちに喧嘩をして、怪我の痛さや「加減をすること」を知っておかないといけなく。それは技術分野においても同じで、怪我をしないように喧嘩を止めることは決して良い教育ではないのである。

II 学生を突き動かす力

衛星開発は明らかに問題解決のプロセスである。ある目的を持ったシステムを、宇宙という過酷な環境で、

しかも人手から離れて数年にわたって運用できるように開発する、それは非常に困難な問題解決である。それを解くにはできることをすべてやらないといけない。私も助言はするがわからない問題も多い。そして打ち上げまでの時間が限られている場合、自分で勉強して解決するのは間に合わないの、それこそ薫をもつかむような気持ちで、外部のわかる人に助言をもらいにいく。予算が足りない場合は、何とかお金のかからない方法を考え、企業に必死で頼んで安くしてもらおうような努力も行う。そのような姿勢は、卒業論文などに向けた研究とはまた違った必死さが見られ、より大きな成長をもたらしているように見える。それはなぜだろうか？

それは、宇宙工学を志す学生にとって、衛星開発は「絶対成功させたい」対象だからである。絶対成功させたいと思えば、なりふり構わず解決の方法を考える。その思いが強ければ強いほど、問題解決による鍛錬の効果は大きい。教育の一つの大事な要素は、そのような「どうしても実現したい」「どうしても手に入りたい」と思わせるような題材を学生や生徒に提供することではないだろうか。強いモチベーションを学生がもてば、それで先生の仕事はほとんど完了。あとは学生が解決を探る中で、自分の力で育っていくのである。

Ⅲ 問題解決の教育が足りない

数年前、アメリカで育った高校生の姪から「おじさん、自分の行く大学を検討したいので、相談に乗ってくれない？」と頼まれた。彼女からは、自分には将来こんな目標があると最初に説明があり、そのためには、どんな能力を身に付ければいいのか、さらにそのためにはどんな大学でどんな分野を勉強すればよいか、という順番で議論をした。彼女は大学を決めるというタイミングで、まさに人生設計の問題解決のプロセスを経験しているのだ。日本ではそこまで真剣に自分の人生を設計して大学を決める高校生は少ないと私は考えて、彼女に「ほかの友達もこんな風に先まで考えて大学を決めているの？」と聞くと、その答えは「みんなやっているよ。当たり前でしょ。」であった。

人生は問題解決の連続で、ほとんどの場合「正解」はない。また数学や国語など単一の科目の知識だけで解決できる問題は、高校の教科までである。衛星開発においても正解は決してなく、より正解に近い方向にもっていく方策が複数あるだけで、しかもそれは、物理や電気工学などの単一分野の知識だけでは見つからない問題ばかりである。最終的に得たい成果をゴールに設定し、それをどうやれば実現できるかを考え、そのために必要であったら、その必要な科目、たとえば数学や物理、電気工学や通信工学、ときには経理やファイナンスを大学で教わってなくても自分で勉強する。日本は、そのような「問題解決をどう進めるか」のフレームワークで教育を与えていない気がする。まずは、基礎知識を無批判に覚えなさい、と言う。それが何のためなのかの説明もない。その状態で勉強せよというのは、よほど意識が高いか、勉強が好きな生徒以外には難しいのではないだろうか？

より大事なことは、問題解決のやり方を教えることではないだろうか。ゴールをまず設定させ、それを実現するために、どう戦略を立て、どう勉強すべき分野を選び、どんな方法で勉強するか。知識が必要であれば、パソコンで簡単に検索できる時代である。そんな簡単に見つけられる知識を覚えさせるのではなく、問題解決の道筋を教えると同時に、実践の中でそのやり方を生徒の頭に定着させることが大事ではないだろうか？

しかし、この問題解決の教育が十分効果を持つには、先に述べた「絶対実現したい」「絶対手に入りたい」と生徒に思わせないといけない。設定するゴールが、生徒が本当に欲しいもの、実現させたいものだったら、真剣に問題解決に取り組むであろう。その題材を提供する、あるいは生徒が設定するお手伝いをするのが、教育者として非常に大事な仕事ではないかと考える。

それを考えるにつけ、日本の教育はそれと逆のことをやっているのでは、と思うことが多い。先に述べた「知識を覚えよ」を偏重する教育がその一つである。小学校の時に、たいいていの子どもは何か夢中になる。

子どもはもともとそのような特質を持っているものである。どうやったらほしいものを買ってもらえるか、どうしたら上手になるか、子どもなりに真剣に考えるだろう。なぜなら、それを実現したい、手に入れたいと強く考えるからである。しかし、小学校の高学年になってくると「そんなことをしていると勉強の妨げになるからやめなさい」と親が妨げる。特に東大生は「受験勉強を優先しなさい」と言われ、やりたいことができなかつた人も多いただろう。貴重な問題解決の機会を阻害されたと同時に、「そのように何かに熱中することはいけないことなのだ」と教えられて育つのである。

日本人は、この問題解決の鍛錬が足りないとよく感じる。研究においても、人の研究成果や人のプログラムをベースにそこに上乗せしてより高度なものを作っていくという積み上げの能力や、他の分野と連携して問題解決する能力が基本的に弱い。企業の経営においても、ある分野の技術が必要であれば、その技術を持った会社を買収したり連携したりすれば早いのに、社内で開発しようとし、今の世界の技術進化のスピードに対応できていないケースも多くみられる。「他人のふんどしで相撲は取らない」、「自分の力ですべてやるのが美学だ」と考える日本人の潔癖さが災いしているかもしれないが、問題解決することが至上命題であり、なりふり構わず一番いい方法を取る、ということをおさいころから鍛えられていないことからくる欠点であると感じている。

IV 簡単なところから始められる「問題解決の教育」

このような「問題解決の教育」は、生徒や学生のそれぞれの年代で強く興味をもって実現したいと考えるテーマを与えてあげることで簡単に実現できる。超小型衛星開発はまさにドンピシャで、航空宇宙工学科にきた学生に響くテーマだ。それを少し簡単にした CanSat を使った教育をここ数年、福井県教育総合研究所と共同で中高生相手に進めている。電子回路の入った CanSat を作る際には、電子回路を勉強することが主目的になってしまい、問題解決の教育にはなかなか至らない。そこで、電子回路を一切使わず、「気球から落下する際の飛行時間を12秒にしなさい。そこからのずれが基礎点になる」「着陸した時に CanSat が直立するとボーナス点」「着陸した時の衝撃で風船が割れたらボーナス点」というようなお題を与え、最初から生徒が問題解決に取り組めるようにしている。パラシュートのサイズや CanSat の重さを実験しながら調整し、身近にある工作道具を使って、どうやれば立つか、風船が割れるかを真剣に考える。特にコンテスト形式にして競わせることで、モチベーションは一気に高まる。自分のアイデアを他のチームに見せない、という姿になったら真剣に勝とうと考えている証拠であり、そこまでいけば教育者の仕事は完了である。そして失敗もた

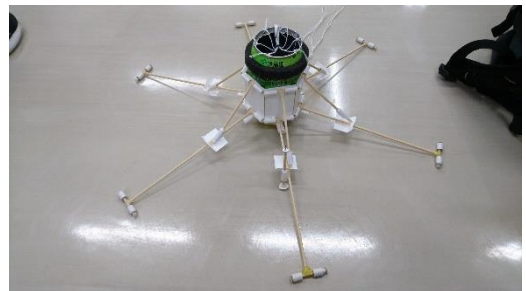


図5 中高生の作った「直立する CanSat」

くさん経験できるのだ。図5はある中高生チームが開発した「直立する CanSat」であるが、気球に入っているときは足がすばまっていて、落下する最中に広がる見事な設計であった。

日本は実質的な資源のない国であり、唯一の資源と言えるものは人材である。欧米に比べ数分の1の予算で、欧米よりも10年以上先に行く技術を作り上げた「はやぶさ2」は、まさに山積する難しい問題解決をした結果の成果である。日本人はモチベーションさえあれば、地道に、真剣に問題解決する国民であり、その「まめさ」「ねばり」そして「集中力」は世界一ではないかと思う。

様々な分野で「はやぶさ2」が生まれることを期待したい。それには若いころからの、高いモチベーションを与えようという問題解決力教育の繰り返しなくしてはあり得ないと思う。