

# 大学入学から今までを振り返って

前川 吉孝  
Yoshitaka MAEGAWA



理工学研究科電子情報学専攻修士課程 1年

---

### 1 なぜ龍谷大学に入ろうとしたのか。 なぜ電子情報学科を選んだのか。

一番の理由は、第一志望を落ちたことである。昔から、電気電子機器に興味があった私は、電子情報学科に進むことを決断した。

### 2 学部ではどういう生活（勉強・サークル・バイトなど）をしていたか。

この質問は、胸を張って勉学に励んでいました!! といいたところですが、現実には全然そんなことはありません。学部の時は、みんなと遊ぶためだけにバイトをし、お金を稼いでいました。親からいわすと「勉強をしないで何をしてるんだ!!」と怒られるかもしれません。友人との交際を優先させた結果、学部時代の友人とはいまでも仲良く遊び昔話などをしています。私は大切な友達を手に入れ幸せだと心から思います。もちろん、学部の時に勉強を怠ったツケは感じています。しかし、私はあの時の生活に後悔はしていません。

### 3 大学院に進学しようと思ったきっかけは何か。

私は、中学の時（少し遅め?）に初めて CD コ

ンポを親に買ってもらいました。

嬉しくて、嬉しくて、ずっと説明書を読み色々な機能を試していました。そうしていた時、ふと私は思いました。「あれ? なんでこのボタン一つで CD の曲が録音ができるの?」っと不思議に思い、親や学校の先生に色々話を聞きました。いろんな話を聞いていくうちに、普段使っている電子機器に興味を抱き、「大きくなったら物造りがやりたいなー」と漠然ですが思い始めました。それから月日が経ち、高校1年の秋、高校内のコース（文系・理系）を選択するとき、興味のあることは何か先生に尋ねられました。少し考え、一番に思いついたのが「CD コンポ」についてのエピソードでした。そのことを、先生に告げると「それをもっと知りたいなら理系だな」といわれました。率直にいうと、私はその時まで数学が嫌いだったため、文系に行こうとしていた。しかし、中学生の時の高ぶっていた気持ちを思い出し、理系に進むことにし、理系学部の大学に行くことにしました。4回生から研究室に所属し、研究を始めました。始めはもちろん意味のわからない論文や先生とのディスカッション。何度も嫌気がさしました。しかし、「せっかく高校から理系の勉強をしてきたのに物造りをしないでどうする!」と少々自分にいいきかせ乗り越えました。

いざ、就職か進学かを決定するとき。私は、今のまま社会にでて自分に何ができるのかを問いただした結果、何もできないと悟りました。

これが現実である。大学院にいけば、即戦力のような働きができるのか？といわれればそんなことは決してないだろう。しかし、即戦力となる確率は上がり、一步でも二歩でも優秀な技術者に近づくことができると考え私は大学院に進学することを決めました。

#### 4 大学院でどういう生活をしているか (学部時代との違い)。

一番の違いは、毎日の「意識レベル」の違いである。今までは、バイトやサークルの友達と遊ぶことがメインだったが、研究中心の生活になった。この変化は、自分に大きなプレッシャーを与えることになったが、学部のとときと違い使命感がでてきた。研究が2年目になった今、研究についても少し理解が深まり、自分がやらねばいけないことや、研究目標を達成させるためにどうすれば一步でも近づけるかを工夫できるようになった。これは、大きな進歩だと思う。

#### 5 大学院でやりたいと思っていたことが できているか。できていないのはなぜか。

理想と現実の違い、まだまだできていません。できていない理由は、間違いなく自分の能力の無さと経験の無さである。普段、時代の流れとともに便利な商品が開発されている。私を含め多くの人は当然

のことと考え、何も違和感を感じていないだろう。しかし、新しい物を開発することは本当に難しいことだと実感した。しかし、達成したときの喜びは何ともいえない喜びである。大学院に進学し、私は目標を達成することもとても重要だが、その目標に向かってどれだけ頑張り、どれだけ近づけたかも重要なことであると知りました。

#### 6 10年後の自分はどのような仕事、 どのような生活をしていると思うか。

10年後、私は社会人8年目になっている。想像もできない。ここからは、理想を述べたいと思います。中学から憧れていた、研究職（物造り）につく。それから、自分が商品開発に関係した物が電機屋で売られ、その商品が消費者に感動を与えることができれば、とても嬉しいです。そして、我が子に胸を張って自分の仕事内容を話せるようになりたいです。

#### 7 10年後の自分にとって、光学特論は どういう意味を持ちうるだろうか。

直接私の仕事に関係するかどうかは今わかりません。しかし、この授業の内容は今話題の「光」であるので興味深い。また、10年後、理工学部を卒業した証として、周りの人々にとって参考になるような「光」に関する知識を話したいです。これだけでも、私にとって「光学特論」を受講した意味があると思います。

# 本音で語る自分の歴史

渡 邊 優 一  
Yuichi WATANABE



理工学研究科電子情報学専攻修士課程 1年

---

## 1. 高校生時代

受験生時代の私はふざけた存在だった。公立高校に進学して当初の成績は良かった私だったが、受験年を迎えるころにはクラスの平均か、それ以下の成績でしかなかった。サッカークラブや今に続く趣味へ、年を重ねる度に傾倒していった。学生の本文をおろそかにしたのだ。つまりは、ものの分別や優先順位を理解し、実行できない学生だった。

そんな私が龍谷大学工学部電子情報学科に入ったのは親の勧めからだった。ソフトもハードのどちらかを選択できるこの学科なら、将来の選択肢が広がるだろうし、おもしろいだろうというのが親の主張だった。私にしても、計算機には興味があった。それがハードなのかソフトなのかわからなかったので、親の勧めに従った。ただし、交通の便などを考えると龍谷大学工学部は遠いので塾に通い、近くの関西大学も受験した。が、こちらは不合格となった。センター試験も受けたが散々な結果だった。

## 2. 龍谷大学への進学

公募推薦で見事龍谷大学に合格・進学した私は、片道2時間程度の通学時間が必要となった。学部生活は楽しく順調な滑り出しだったように思う。講

義に対しても周りからすれば真面目な学生とも思える行動をとっていたし、一時は予習復習もしっかりし、成績も決して悪いことはなかった。入学後しばらくして、サークル（漫画同好会）やバイトを始めた。順風満帆だった。一日のサイクルとしては、朝起きて大学へ行き講義を受け、昼はサークルに出て漫画に関して語り合い、夜帰宅してからは創作活動に向かいあったり、ゲームをして遊んだりした。また復習や予習も必要があれば行った。土・日は一日バイトをするのが習慣だった。

私は“研究”が“たのしいもの”であると思っている。それが苦しくても、しんどい思いをしても、学ぶ楽しさと研究のやりがいがあればそれでよいと思うし、逆に単に苦痛だけならばそれは研究とはいえないと思う。

さて、私は先生からの勧めと進学するのに手が届く位置に自分が立っているといった理由から大学院への進学を決めた。特段、院に入って“自分の定めた研究がしたい”ということではなかった。大学院への進学を決めた時は私が思う“研究”というものがあつた。そしてちょうどそのころ、アトランタで行われた RoboCup という競技会へ向け、AIBO(Sonyの犬型ロボット)を動作させるプログラムを組んでいるころでもあつた。競技会の発表に TCP/IP、実

際には UDP だったが、通信に関してのプログラムを作る必要があった。全く知らないもののプログラムを組まないといけないことは苦痛であったが、ここで私は“学ぶ楽しさ”を感じた。実際に、卒業研究を行う上でさらに知識を深めること、新しいことを知ることで私のモチベーションは持続し続けた。

### 3. 龍谷大学大学院への進学

大学院へ進学し、まずは卒業研究の延長を行った。つまり、計算機上でのシミュレーションだったものを、実際に他の機器でプログラムを走らせることを目標にした。無線端末間通信の研究を行っていたので、802.11/b の無線キットと呼ばれる無線通信機器を利用することになった。初めて触れるもので、プログラムも標準化したがついていないとはいえ、プログラムの開発環境に慣れるまでしばらく時間がかかるのは当然のことだ。前期の最終的な目標としては、研究室公開のプレゼンテーションに間に合わせるということだったので、研究室に夜遅くまで居残ることも、学部生ではほとんどしなかった土曜日出勤もした。また、研究・講義に加えて研究室固有のゼミが毎日ひとつ行われ、参加した。

### 4. 学部生と院生の違い

学部生時代と一番違うところはやはり“院生”であることだ。下の学部生に対して示しをする必要があるし面倒も見なければならぬ。また私の上（院生2回生）がいないため、研究室の雰囲気作りもしなければならぬ。研究室の新しい仲間が入ってくるときは不安を感じた。それから半年、4回生はほっておいても彼らなりに自分で進んでいくことがわかった今、特に気を遣ったりすることはない。

## 5. 現状

先に述べたように、院に入って“自分の定めた研究がしたい”といったものはなかった。研究として大まかな方向が見えているだけだったので、やりたいことができているかと問われれば返答に窮する。あえて言うなら、臭いセリフかもしれないが、“たのしく”研究をしたいというのが大学院でやりたいことだった。それができていないのは、周囲の環境の変化に自分が付いていけていないことからだ。たとえば、学部生と院生の違いだ。大学院に入っても自分がしていることが今までとそんなに変わらない、もしくは悪くなっていると感じることからの失望感である。それにとまなう自分のモチベーション低下のせいだ。夏季休講中にそれがピークとなり、研究室に行くことさえ億劫だった。が、今は少し落ち着いている。ここから逆にモチベーションをあげられたら、と思う。

## 6. 講義をどう思っているのか

光学特論が今後の自分にとって意味を持ちえないのはわかっているが、講義自体は私の研究の範囲外のこともあって受けていて“たのしい”。だからこそ講義に出席している。

## 7. 未来について

10年後の自分はこのままいけばたぶん、冗談ではなく路頭に迷っていると思う。「変わらない生活こそ幸せ」と言い張り、環境の変化の対応に対して意固地になることと、「時が問題を解決する」という思考スタイルを変えない限り真実になりえる。私自身、危機感は感じている。

# ACM/ICPC に参加して

盛 竜 太  
Ryouta MORI



理工学研究科数理情報学専攻修士課程 2年

---

## 1. はじめに

私は大学3年生の2005年から大学院1年生の2007年までの3年間、Association for Computing Machinery International Collegiate Programming Contest (ACM/ICPC) に参加しました。

ACM/ICPCとは名前の通り、世界最大規模の計算機・情報処理関係の学会であるACMが主催する「国際大学対抗プログラミングコンテスト」であり、学生のプログラミング技術の向上を図ると共に、国際交流の場を提供するという目的で開催されています。

本稿では、コンテストの概要、参加した感想、出題される問題、国内予選突破への準備について述べます。

## 2. ACM/ICPC について

本章では、ACM/ICPCの歴史、概要、ルール、順位の付け方について述べます。

### 2.1 歴史・概要

このコンテストは1977年に米国アトランタで初めて開催され、現在まで続いています。日本では1998年に初めてアジア地区予選が開催されました。

また、このコンテストは1年に1回開催されますが、まずは7月初旬頃に「国内予選」が開催されます。この国内予選で上位入賞すると、11月初旬頃に開催される「アジア地区予選」に出場することができます。そしてアジア地区予選で優勝すると「世界大会」出場することができます。

コンテストの国内予選は、インターネット上で開催され、Web上に表示される問題を解きます（基本的に大学で参加）。アジア地区予選は、毎年日本国内のどこかの大学がホスト校となっており、国立オリンピック記念青少年総合センターで開催されました。世界大会は毎年、どこかの国で開催されています。

コンテストで出題される問題では、入力データに対して、定められた処理を行い、結果を出力するプログラムを作成することが求められます。そしてプログラムが完成するとプログラムを審判団に送ります。すると、審判団が用意したデータ（参加者にはわからない）でプログラムの正誤を判定されます。作成したプログラムが正しいと「正解」、プログラムが正しくないと、「不正解」というメッセージが返ってきます。つまり、プログラムが正しくないと、「不正解」というメッセージのみが返ってくる

ため、プログラムのどこが間違っているのかわからず、自分たちで考える必要があります。

## 2.2 ルール

ACM/ICPC の特徴として、個人戦ではなく、1 チーム 3 人のチーム戦であるという点があります。チームのメンバーは同じ大学（大学院）の学部 1 回生から修士 1 回生までの中で自由に組むことができます。また同じ大学から何チームでも出場することができます。

このコンテストは「与えられた問題をより多くより早く解く」ということを競います。しかし、チームの 3 人で使用できるものは、1 台のコンピュータ・1 台のモニター・1 つのキーボード・1 つのマウスのみとなっています。つまり、3 人で 1 台の PC を使用して、問題を解いていくということになります。

また、事前に作成しておいたプログラムの使用、電卓などの電子機器の使用、チームメンバー以外とのコミュニケーション（会話、メールなど）は禁止されています。しかし、事前に作成したプログラムでも印刷したものを見ること、事前に印刷したプログラムを、コンテストの時間内に入力することは許されています。

ちなみに国内予選の競技時間は 3 時間、出題問題数は 6 問です。

## 2.3 順位・選抜方法

コンテストの順位の決め方は、まず「与えられた問題をより多くより早く」解いたチーム順に順位を付け、その後以下の手順でアジア地区予選の出場チームを選抜します。（2007 年度の場合、アジア地区予選出場チーム数は年度によって異なるため）

0. 当該チームを A として以下を適用する。
  1. その時点で選抜チーム数が 10 に満たない時、A と同じ大学で選抜されたチーム数が 4 に満たない時、A を選抜チームとする。
  2. その時点で選抜チーム数が 20 に満たない時、A と同じ大学で選抜されたチーム数が 3

に満たない時、A を選抜チームとする。

3. その時点で選抜チーム数が 30 に満たない時、A と同じ大学で選抜されたチーム数が 2 に満たない時、A を選抜チームとする。
4. その時点で選抜チーム数が 39 に満たない時、A と同じ大学で選抜されたチームがない時、A を選抜チームとする。
5. その時点で A と同じ大学で選抜されたチームがなく、選手のうち 2 人以上が女性の時、A チームを選抜する。

## 3. ACM/ICPC に参加して

私は大学 3 回生から大学院 1 回生までに 3 回このコンテストに参加しました。

結果は、1 回目：同学年（3 回生）の友人と出場し、国内予選敗退。2 回目：同学年（4 回生）の友人（前年とは違うメンバー）と出場し、国内予選敗退。3 回目：3 回生と 4 回生と大学院 1 回生（私）で出場し、国内予選突破、アジア地区予選敗退。つまり、私は 3 回出場し 1 回だけアジア地区予選に出場することができました。

本章では、ACM/ICPC に 3 回出場した感想、出場するための事前準備などについて述べます。

### 3.1 参加のきっかけ

私が 3 回生の時に樋口先生がコンテストへの参加を目的とした、基礎セミナーを開講されていて、その基礎セミナーに参加していた友人の紹介でこのコンテストのことを知りました。

そして、そのチームのメンバーが 1 人足りなかったこともあり、友人の勧めでコンテストに参加することにしました。

### 3.2 事前準備

#### • プログラミング技術の向上

まず何よりもプログラミング技術がなければ、問題を解くことはできません。そのため、プログラミング技術を向上させるために、過去に出題された問

題を簡単なものから解いて行く形で、準備を始めました。

初めのうちは、コンテストに出題される問題の中で、最も簡単な部類に入る問題を解くことにさえ時間がかかってしまいました。チームのメンバーは大学の実習でのプログラミングは、それほど苦労せずに作成することができるメンバーだったため、全員がそれなりにショックを受けました。

しかしこれは、大学の実習での出題形式と、コンテストでの出題形式が大きく違っていたために、問題をすばやく理解することができなかつたことが原因でした。これは、問題を何問も解いていく中で、自然と解決されていきました。

次に、簡単な問題が解けるようになってきたところで、解く問題の難易度を徐々に上げていったのですが、最も簡単な部類に入る問題以外は、すぐに解くことはできませんでした。

ところが、これらの問題を解く上で必要な文法などは、全て2回生までに講義で習っている内容でした。しかし、チームのメンバーは大学の実習以外のプログラムを作成したことがほとんどなかったため、プログラム作成のテクニック、応用力などがなかったことが原因で、問題を解くことができませんでした。

この少し難しい問題については、樋口先生に解説していただきながら、考え方、解き方、プログラム作成のテクニックを徐々に学んで行きました。

このように準備を進めて行き、コンテスト前には、チームのメンバー全員が「時間をかければ少し難しい問題も解ける」というレベルになっていました。

#### • リハーサル

チームメンバーのプログラミング技術がある程度向上してきたところで、コンテストと同じように、「1台のPCを3人で使用して問題を解く」というリハーサルを行うことにしました。

1台のPCを3人で使用してプログラムを作成する方法として、「3人が別々の問題を解く」「2人がアルゴリズムを考え、1人がプログラムを作成す

る」などが考えられますが、私たちのチームは、「3人が別々の問題を解く」という作戦を選択しました。この作戦でプログラムを作成する場合、だれか1人しかプログラムをPCに入力することができず、他の2人はPCを使用せずに、プログラムを作成する必要があります。これまでは問題文を読み、PCに入力しながら、プログラムを作成していた私達にとって、紙でプログラムを作成するということは初めての経験でした。

このように、考えられる準備をしてから、実際にリハーサルを行いました。

実際にリハーサルを行ってみた結果、3人で1台のPCを使用するというのは、私たちの予想以上に難しいものでした。

私たちはPCを使用していない2人は、「問題を解くためのアルゴリズム」を考えていればよいと思っていました。しかし、実際にはPCでは「プログラムの入力」だけでなく、「デバッグ」もする必要があります。デバッグに予想以上に時間がとられてしまいました。また、「PCを1人で独占せず、別のメンバーにも使わせないとイケない」という気持ちから、焦りが生まれたということもありました。さらに、メンバーの作成したプログラムのデバッグを共同で行うときに、プログラムの書き方に個性が強すぎたため、デバッグをする前に、メンバーの書いたプログラムを理解するというのに、時間がかかってしまいました。

このリハーサルから私たちは、「PCを使用していない2人は、アルゴリズムを考えるのではなく、プログラム（入力するだけのもの）を考える必要がある」「プログラムを考えたら、PCを使用せずにしっかりとデバッグする」「PCを使用する時間配分を考える」「プログラムの書き方をある程度統一する」ということが必要だと感じました。

### 3.3 初めての国内予選

何回かりハーサルを重ね、チームにとって最善の作戦、PCの使用方法などについて何度も考えた上

で、私たちは国内予選に臨みました。

国内予選の結果は、6問中2問正解で、アジア地区予選への進出圏外というものでした。

2問は正解でしたが、3問目ももう少しで正解できそうなところまで来ており、アジア地区予選への進出ラインが3問正解だったため、とても悔しい結果でした。

国内予選中は、事前準備の成果もあり、PCの使用などについて大きな問題もなく、臨むことができました。

アジア地区予選に進出できなかった要因として、「簡単な問題に予想以上に時間がかかってしまった」「メンバーの作成したプログラムをデバッグするときに、アルゴリズムについては考えず、プログラムのみを考えていた」などということが考えられました。

初めての国内予選を終えて、アジア地区予選進出まであと少しだった、純粋にコンテストの準備から予選までが面白かったなどの理由から、来年も必ず出場しようと思いました。

### 3.4 2回目の国内予選

3回生の時に初めて出場した国内予選での結果が、非常に悔しかったため、4回生でもACM/ICPCに参加しました。

1回目の参加と同様に、まずは「メンバーのプログラミング技術の向上」から準備に入りました。また、2回目は1回目のように、3人で別々の問題を考えるのではなく、メンバーを2人と1人に分け、「2人で難しい問題を2問解く」という作戦で国内予選に臨みました。

2回目の国内予選の結果は、6問中2問正解で、アジア予選進出圏外という、1回目と同じ結果でした。またアジア地区予選への進出ラインも3問正解でした。

2回目の国内予選で、アジア地区予選に進出できなかった要因として、「2人で問題を解く中で、1問目で予想以上に時間がかかってしまい、2問目を考

える時間が短かった」などということが考えられました。

ACM/ICPCに2回出場し、2回ともアジア地区予選まであと少しというところだったため、来年も出場して、来年こそはアジア地区予選に出場しようと思いました。

### 3.5 3回目の国内予選

ACM/ICPCに出場できる最後の年である大学院1回生になり、今度こそアジア地区予選に出場するために、まずチームのメンバー集めから始めました。メンバーは最終的に、前回別チームで出場していた4回生、ACM/ICPCに興味を持った3回生と私の3人になりました。

前回までと同様にまずは、メンバーのプログラミング技術を向上させるという準備から始めました。そして、リハーサルなどを重ねチームの作戦として、「3人が別々に問題を解き、6問中3問正解を目指す」ということになりました。

3回目の国内予選では、作戦通り3人がそれぞれ1問ずつ解くことがで、初めて6問中3問正解することができました。

3問解くことができたため、メンバーはアジア地区予選に進出できたと思ひ喜びました。しかし、国内予選終了後に結果を見てみると、1位差でアジア地区予選進出できない順位でした。そのため、メンバーはがっかりしていましたが、後日ワイルドカードでアジア地区予選に選出されました（ワイルドカード：国内予選で次点のチームなどが、審判団の判断によってアジア地区予選に選出されるもの）。

ワイルドカードでアジア地区予選への出場が決まり、メンバーはアジア地区予選へ向けての準備を開始しました。

### 3.6 アジア地区予選

#### • 日程・開催地

2007年度のアジア地区予選は、11月2日～3日に、国立オリンピック記念青少年総合センター

(Fig. 1) で開催されました。

2日は、開会式・オリエンテーション・システムのテスト・歓迎パーティーがありました。開会式・オリエンテーションでは、アジア地区予選についての説明があり、システムテストでは、実際に競技で使用するシステムになれるために、各チームでエディタ、コンパイラ、使用できるコマンドなど様々なテストを行いました。そして、その後歓迎パーティーで主催者などの話のあと、出場者が待ち望んでい



Fig. 1 アジア地区予選の会場



Fig. 2 歓迎パーティー

た、食事タイム (Fig. 2) になりました。

3日は、メインのアジア地区予選競技があり、競技終了後に問題の解説、表彰式・閉会式がありました。アジア地区予選終了後の問題の解説 (Fig. 3) では、問題のサンプルデータの一部が「風船」と「ICPC」というアスキーアートになっているという解説もあました (Fig. 4)。参加者の多くはこのことに気づいていなかったため、会場から驚きと拍手が起こっていました。そして、閉会式の後ビンゴゲームなどが行われました (Fig. 5)。

#### • 国内予選とアジア地区予選の違い

アジア地区予選も国内予選と同様に、「時間内により多くの問題をより早く解く」という点は同じです。国内予選と最も異なる点は、全てが英語であるという点です。「全て」とは、会話 (説明含む)・配



Fig. 3 問題解説

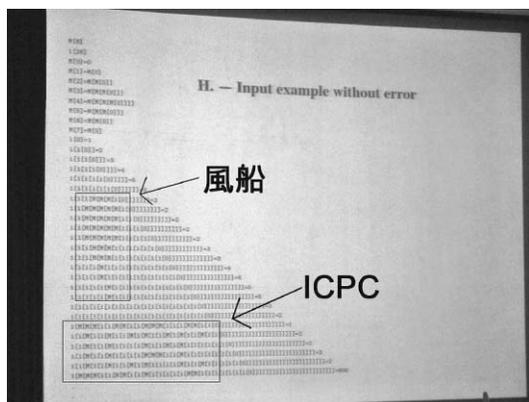


Fig. 4 サンプルデータのアスキーアート



Fig. 5 ビンゴゲーム

布物・問題文など、とにかく全てが英語になっています。そのため、アジア地区予選の受付、審判団への質問などは全て英語で行う必要があります。さらに、競技についての説明も英語で行われるため、聞き逃さないように注意しなければなりません。

アジア地区予選では、競技の時間は5時間、出題される問題は10問となっています。また、コンテストは9:30開始で14:30終了ということもあり、別室に飲み物と軽食が準備されていましたが、ほとんどの参加者は休憩を取らず、5時間ずっと問題を考え続けていました。

#### • アジア地区予選の結果

アジア地区予選の結果は、10問中2問正解というものでした。比較的簡単な問題もありましたが、英語力の問題などもあり、競技結果は10問中2問正解と悔しい結果に終わってしまいました。

しかし、アジア地区予選に参加して、他大学の学生との交流など、非常に有意義な経験ができました。また、アジア地区予選で上位に入っているチームの事前準備の方法などを聞き、私たちとは、準備の段階から考え方が違いました。さらに、その準備方法などを聞き、「もう1年早くアジア地区予選に出場できていれば」と思いました。ちなみに、アジア地区予選で優勝したチームは、参加チームの中で唯一9問正解していました。

## 4. 出題される問題について

ACM/ICPCで出題される問題は、非常に簡単な問題から、非常に難しい問題まで、さまざまな難易度の問題が出題されます。

本章では、出題される問題について述べます。

### 4.1 出題される問題の難易度

出題される問題の中で、最も難易度の低い問題は、「繰り返し」と「いつかの分岐」があれば解ける問題もあります。しかし、難易度の高い問題は、問題を読んでも解き方が全く分からない問題もあります。

また、出題される難易度の高い問題以外は、2回生までの講義で習う文法の組み合わせ・応用で解くことができます。

### 4.2 出題される問題の種類

ACM/ICPCで出題される問題は、「シミュレーション」「探索」「再帰」「文字列操作」「グラフ」「幾何」「動的計画法(DP)」などに分類されます。

#### • シミュレーション

問題に示されている処理を実行した結果を求める問題。難易度は比較的低いものが多い。

#### • 探索

問題に示されている条件と合致するものを探す問題。難易度は低いものが多いが、難易度が高い問題でも使用される。

#### • 再帰

再帰的アルゴリズムを、他の種類の問題の中に使用して解く。再帰的アルゴリズムの使い方をしっかりと理解していないと解けない問題が多数ある。また、再帰的アルゴリズムを使用する問題の多くは、再帰的アルゴリズムを使用しなくても解くことができる。しかし、後で述べる「解法の難易度」「実行速度」などの関係から、再帰的アルゴリズムを使用せずに解くのは非常に難しくなる。

## • 文字列操作

入出力に文字列を使用して問題を解く。文字列の入出力方法、文字列操作の標準関数などを理解していないと解けない問題が多数ある。しかし、文字列操作に慣れていれば、比較的簡単に解くことができる。

## • グラフ

最短経路アルゴリズムなどを使用して問題を解く。グラフ問題を解くさまざまなアルゴリズムを理解している必要があり、難易度の高い問題が多い。

## • 幾何

範囲内に入っている点の数、線の形、線の交差判定などを使用して解く問題。平面幾何の問題が多いので、平面幾何に詳しくないと、非常に難易度の高い問題になる。また、数学の知識がないと解けない問題もある。

## • DP

動的計画法を使用して問題を解く。動的計画法の構造、使用法を理解している必要があり、難易度の高い問題が多い。

### 4.3 実際の問題

ACM/ICPC で出題される問題は、Fig. 6 のような形式で出題されます。

この問題は「2007 年度アジア地区予選の B 問題」であり、問題の内容としては比較的簡単な問題になっています。また、国内予選では英語と日本語両方で問題が出題されます。

ちなみにこの問題は、「入力された数字の前後の素数差を出力し、入力された数字が素数の時は 0 を出力する」という問題です。つまり、「10」が入力されると、「10」の次にくる素数の「11」と、「10」の前にくる素数の「7」の差である「4」を出力する。「11」が入力されると、「11」は素数なので「0」を出力するという問題です。

ACM/ICPC で出題される問題は、「問題の説明」「入力」「出力」「テストデータ」「テストデータの結果」の 5 つで構成されています。

ACM International Collegiate Programming Contest  
Asia Regional Contest, Tokyo, 2007-11-03

**Problem B**  
**Prime Gap**  
**Input: B.in**

The sequence of  $n - 1$  consecutive composite numbers (positive integers that are not prime and not equal to 1) lying between two successive prime numbers  $p$  and  $p + n$  is called a prime gap of length  $n$ . For example, (24, 25, 26, 27, 28) between 23 and 29 is a prime gap of length 6.

Your mission is to write a program to calculate, for a given positive integer  $k$ , the length of the prime gap that contains  $k$ . For convenience, the length is considered 0 in case no prime gap contains  $k$ .

**Input**

The input is a sequence of lines each of which contains a single positive integer. Each positive integer is greater than 1 and less than or equal to the 100000th prime number, which is 1299709. The end of the input is indicated by a line containing a single zero.

**Output**

The output should be composed of lines each of which contains a single non-negative integer. It is the length of the prime gap that contains the corresponding positive integer in the input if it is a composite number, or 0 otherwise. No other characters should occur in the output.

**Sample Input**

```
10
11
27
2
492170
0
```

**Output for the Sample Input**

```
4
0
6
0
154
```

Fig. 6 問題の写真

## • 問題の説明

この問題がどういう問題かということ、この問題ですべきこと（解くべき内容）が書かれています。

## • 入力

入力として与えるデータについてと、データの条件（上限・下限など）が書かれています。

## • 出力

出力するべきもの、出力するものの条件などが書かれています。

## • テストデータ

問題の簡単な入力データがいくつか書かれています。また、この入力データは全体で一つのデータになっており、データが終了するとプログラムも自動的に終了しなければなりません。

## • テストデータの結果

テストデータの出力結果の正解が書かれています。問題はどのように構成されていますが、「入力」のところで指定される条件の多くは、言いかえると

「int 型の範囲を超えないものとする」「正の整数以外の入力はない」などの、「細かいことは気にしないでいい」ということが書かれています。

ちなみにこの問題のパターンは、4.2の種類で分類すると、「探索」に分類される問題です。

## 5. 国内予選突破への準備

ACM/ICPCに参加する上で、チームとしての作戦はいくつか考えられますが、本章では私のチームがとっていた「メンバーそれぞれが別の問題を解く」という作戦を元に説明します。

### 5.1 プログラミング技術の向上

何よりも各メンバーのプログラミング技術を向上させなければ、問題を解くことはできません。また、ACM/ICPCの問題を解くには、ACM/ICPCの問題になれるということも重要です。

そのため、ACM/ICPCで過去に出題された問題を、簡単なものから順に解いていくという方法が有効です。さらに、同じ問題でも解法がいくつかある問題は、一度解いた問題も別の解法を使用して解くということも重要です。

過去に出題された問題を解いていく中で、自分の得意な問題パターン、メンバーそれぞれの得意なパターンを見極める必要があります。

ちなみに、私は4.2の種類で分類すると「再帰」を使う問題は、あまり得意ではありませんでしたが、3回目に一緒に出場していた4回生が「再帰」を使う問題が得意でした。このように、メンバーの得意な問題パターン、不得意な問題パターンが異なっていると、ACM/ICPCで好成績を残せる可能性が高くなります。

### 5.2 さまざまな解法

出題されるほぼ全ての問題には複数の解法があります。

この複数ある解法の中から、簡単に素早く実現できる解法を選ぶということが、非常に重要です。も

し、問題の解法を見つけることが出来ても、「実現することが難しい解法である」などということになると、時間内に完成できない可能性が高くなります。また、プログラムが完成しても実行速度が遅いと、コンテストの時間内に結果が得られません。そのため、できるだけ簡単かつ、ある程度時刻速度の速い解法を見つけることが非常に重要になってきます。

4.3の問題の場合、「入力された数字から、値を1つずつ増やして（減らして）行き、前後の数字から素数を見つける」という方法が考えられます。しかし、この方法でプログラムを作成すると、数字が入力されるたびに、前後の数字が素数かどうかの判定をする必要があるため、非常に時間がかかってしまいます。そのため、この問題の場合上のアルゴリズムでプログラムを作成することはよくありません。この問題の場合、最初に素数を求め、数字が入力されるたびに、最初に求めた素数を使用して計算すると、時間が大幅に短縮できます。

この問題のように素数を使用する問題は、「エラトステネスの篩」と呼ばれる手法を使用して、素数を求めると、素早く簡単に素数を求めることができます。

### 5.3 プログラムの書き方

ACM/ICPCはチーム戦であるため、自分一人ではなく、チームメンバーが見て理解できるプログラムを作成する必要があります。しかし、競技には制限時間があるため、きれいなプログラムを書くことに集中して、時間がかかってしまったら意味がありません。そのため、チームで前もってプログラムの書き方ある程度決めておき、普段からメンバーの書いたプログラムを見るということが大切になります。

### 5.4 問題の見極め

問題を解く上でまず問題のパターンを見極める必要があります。

まずは、その問題がどのメンバーが得意な問題か、問題を解くのどのくらいの時間が必要である

かなどということを見極めます。

次に、問題を解くメンバーが決定したら、問題を解くアルゴリズムを考え、実行にどの程度時間がかかるかを考えます。アルゴリズム、実行時間の見積もりが終了した段階で、プログラムを考えていきます。

この時、実行時間が長くなりそうな時、もっと良いアルゴリズムがありそうな時は、別のアルゴリズムを考えることが重要です。

### 5.5 PC の使い方

ACM/ICPC では、1 チームで 1 台の PC しか使用することができません。そのため、PC の使用方法が問題を解く上で非常に重要になってきます。

PC では、プログラムの作成だけでなく、デバッグをする必要もあり、デバッグには多くの時間がかかります。しかし、限られた時間で多くの問題を解くためには、1 つの問題のために PC を使い続けることはできません。そのため、問題のプログラムを紙で (PC を使用せずに) 考える必要があります。また、PC を使用する時間を短縮するために、「アルゴリズム」を考えるのではなく、「プログラム」を考え、紙に書いたプログラムを写すだけにする必要があります。この「紙でプログラムを考える」ということは、普段 PC を使いながらプログラムを考えている人には、意外に難しいことなので、普段から、紙でプログラムを考える練習をしておくことが重要です。

### 5.6 ライブラリの準備

ACM/ICPC では、前もって作成したプログラムを、PC に入れておくことはできません。しかし、前もって作成したプログラムを、紙に印刷して、それを競技中に参照することは許されています。そのため前もって、ライブラリの準備をしておく必要があります。

準備するライブラリは、素数の求め方など、過去の問題を解いていく中で使用したものを整理して準備しておきます。

備しておきます。

## 6. まとめ

3 年にわたり ACM/ICPC に参加して、何よりも、プログラミング技術が向上しました。

プログラムの書き方、プログラム作成のテクニックなど、さまざまな面で自分にプラスになりました。

また、アジア地区予選に進出できたことで、他大学の学生と交流でき、いろいろな意味でいい刺激になりました。

ACM/ICPC の国内予選では、問題の難易度にもよりますが、数年前は 6 問中 2 問をある程度早く正解することができれば、アジア地区予選に進出することができました。しかし、ここ 2.3 年は、6 問中 2 問正解では、時間が非常に早くないとアジア地区予選に進出できなくなり、2008 年度の国内予選では、6 問中 3 問正解した多くのチームがアジア地区予選に進出できませんでした。このように、国内予選のレベルは年々上がってきており、今後確実にアジア地区予選に進出するためには、6 問中 4 問正解する必要が出てきました。

この 6 問中 4 問というのは、事前準備をしっかりとっておけば、到達できないものではないと思います。

今後ぜひ ACM/ICPC に挑戦し、アジア地区予選に進出し、さらに世界大会と狙って行って欲しいと思います。

最後になりましたが、ACM/ICPC に出場するにあたり、指導をしてくださった樋口先生をはじめ、多くの方に指導、協力していただきました。この場をお借りして御礼申し上げます。

### 参考文献

1. ACM Japan Chapter Homepage : <http://www.acm-japan.org/>
2. 2007 年度アジア地区予選東京大会 : <http://www.logos.ic.i.u-tokyo.ac.jp/icpc/2007/jp/index.html>
3. ACM/ICPC 国内予選突破の手引き : <http://www.deqnotes.net/acmicpc/>

# バイオテクノロジーと滋賀医科大学での研究

坂上 倫久  
Tomohisa SAKAUE



理工学研究科物質化学専攻修士課程 2006年3月修了

## はじめに

2008年、ボストン大学名誉教授である下村脩先生は、緑色蛍光タンパク質（GFP）の発見が医学研究に多大な影響を与えたとして、ノーベル化学賞を受賞されました。また、京都大学の山中伸弥先生は、人工多能性幹細胞を世界で初めて作製し、その業績は世界中の研究者に衝撃を与えました。このように、近年のめざましいバイオテクノロジーの発達によって、生物を扱う研究が一気に加速し始めました。ここでは、現在のバイオテクノロジーの動向と、タンパク質と遺伝子工学研究について紹介し、私が現在滋賀医科大学行っている研究内容と、それに伴う実験技術について触れたいと思います。

## 1. バイオテクノロジー

最近、『バイオ』という言葉は日常生活においても頻繁に耳にするようになりました。バイオテクノロジーは農学から、薬学、医学、歯学、理学、獣医学、工学に至るまで、幅広い分野と密接に関係する技術であります。バイオテクノロジーとは、細胞や個体の増殖、あるいは生物が行う反応に手を加え、それを利用する技術の総称で、細胞、個体を対象とするものと生物反応を利用したり、物質生産を目的

とするものといった、二つに分けられます。前者には、保存工学、培養工学、細胞工学、発生工学、再生工学などがあり、後者には遺伝子工学、タンパク質工学、固定化酵素、生物工場などが挙げられます。では、バイオテクノロジーを駆使すれば、どのような事が可能になり、どのような課題が出てくるのかについて、クローン動物に代表されるような発生工学を例に考えたいと思います。

1996年、ヒツジ乳腺細胞核由来のクローンが登場し、哺乳類の体細胞からクローン動物が作られたという点で世界から注目を集めました。その後、1998年にはマウス、2000年にはネコ、2002年にはウサギなど、これまで10種類以上の哺乳類のクローン動物が誕生しています。これらの動物は、分化した体細胞から調整された核を、脱核した受精卵に移植し、発生を促すことによって作製されます。本来であれば、オス側の精子とメス側の卵子というそれぞれの異なった遺伝情報を含む半数体のゲノムを持った配偶子が出会い、受精し、発生段階に至るわけがあります。しかし、クローン動物の場合、体細胞中の二倍体ゲノムそのものを移植するため、遺伝学的には、同質の個体として発生・分化するわけであり、つまり、クローン動物は、形質、性質ともに同類の個体として発生するものと期待されていまし

た。しかし、この動物の細胞は両親の体細胞からのゲノムをもらったとあえずの二倍体であり、生殖細胞内での修飾を受けていないために、個体としての能力（寿命，抵抗力，生殖能力）に欠陥が生ずるという報告が近年なされています。このように、発生させることができて、その後の生育に障害が生じてしまうということが分かって来ており、この技術においても問題は多く残っています。また、これらの技術革新に伴って、クローン動物作製を疑問視する声も少なくなき、倫理的な問題も多く存在し、これらの技術を使った研究を規制する枠組みが作られつつあります。一方、これらの技術は再生医学の分野にも応用されており、この技術と幹細胞を組み合わせることによって、損なわれた臓器を修復したりすることが可能になるかもしれないと言われており、再生医療分野では今後の研究が大いに期待されています。

## 2. タンパク質と遺伝子工学

生命体の主要な生体物質としては、タンパク質、糖質、脂質、核酸などが挙げられ、糖質や脂質はエネルギー源として知られています。タンパク質は20種類のL-アミノ酸がお互いにペプチド結合によって鎖状に連なった構造をしています。生体内には様々なタンパク質が存在しており、それぞれが重要な役割を担っています。骨、筋肉などの組織の構造タンパク質、細胞内や細胞外において、生体内での代謝や異化に関わる反応の触媒酵素、免疫グロブリンや血液凝固・線溶系のタンパク質の例に示されるような生体防御に働くもの、さらには、生体の恒常性を保つためのホルモンのような生理活性物質として働くタンパク質など、様々な生理機能を有しています。これらのタンパク質は、細胞の核内に存在するDNAという設計図をもとに、必要に応じて転写や翻訳を経て生合成されます。これまで、生物を対象に研究を行う時、生体内の微量タンパク質の解析が非常に困難でした。しかし、2003年にヒトゲノムプロジェクトが完了し、全てのヒトDNA塩基配

列が解読されて以来、目的のヒトタンパク質を、必要に応じて大量に試験管内で合成させることが可能になりました。最近では、糖尿病患者に投与されるインスリンに代表されるように、臨床で使われる医薬品としてのタンパク質が遺伝子工学で生産されています。また、天然には存在しないようなDNAの合成も可能で、組換えDNAから組換えタンパク質を大腸菌に作らせ、そのタンパク質の機能解析を行うということもなされています。これらの技術を総称して遺伝子工学技術と呼んでいます。遺伝子工学には、DNAを特定の位置で切ることが出来る制限酵素、DNA断片を繋いだりできるリガーゼ、特定の領域のDNAを増幅させたりするポリメラーゼなどの、酵素タンパク質が非常に重要な役割を担っています。

## 3. 私の研究内容

### (1) 不妊症とそれに関わる研究

私達の研究室では、生化学・分子生物学的手法を使ってタンパク質の構造や機能について解析を行っています。ブタ精漿を対象に、プロテオミクス研究と呼ばれるタンパク質の網羅的解析によってピックアップしてきたタンパク質にスポットを当て、そのタンパク質の生殖との関わりについて解析を行っています。現在、私たちは補体系と呼ばれる自然免疫機構を構成する一つの補体制御タンパク質に着目して解析を進めています。

日本や欧米諸国では全夫婦のうちの一割が不妊に悩まされていると言います。WHOの報告によると、現在では世界中で6000万～8000万組の不妊夫婦が存在すると言われています。不妊症の原因については、精子形成異常による無精子症、精子の運動能の欠損など、特定のタンパク質の産生・分泌の不全もしくは亢進によって引き起こされるものが多いと言われています。最近、哺乳類において、精漿中の補体制御としての活性が精子異常や不妊と関係があると報告されてきており、生殖と補体系との関連が指摘されています。

## (2) 補体系とは

これまで研究の概要を述べましたが、そもそも補体系とは何かについて、簡単に紹介します。

免疫系には後天的に生じる獲得免疫と先天的な自然免疫があります。補体系はその後者の免疫機構の一つであり、哺乳類をはじめとする脊椎動物や、一部の無脊椎動物において、細菌などの細胞壁を構成する分子を認識出来るタンパク質を産生する能力が予め備わっています。補体系を構成するタンパク質は20種類以上あり、異物を認識できる分子が異物と結合して活性化すると、連鎖反応的に次々と補体系に関わるタンパク質が活性化し、最終的に膜侵襲複合体と呼ばれるタンパク質複合体が形成され、これが細菌の細胞膜に穴を開け、破壊することで、生体防御の役割を担っていると言われていました。補体系が活性化した時、活性化分子はチオエステル基を分子表面にむき出しにして細胞膜のアミノ基やカルボキシル基と共有結合を形成し、その場で膜侵襲複合体を形成し、細胞に穴を開けようとします (Fig. 1)。しかし、時に活性化分子は血管内皮細胞などの自己細胞にまで結合し、自己細胞を破壊する能力を持っています。そのため、人間の細胞表面には補体制御因子タンパク質と呼ばれる、活性化した補体分子と結合して不活性化できる分子が存在しています。言い換えると、非自己細胞上では活性化し、自

己細胞上では活性化しないと云ったバランスが保たれているのです。

## (3) 精子が形成され受精に至るまで

受精というのは、精子が卵子に入り込み、発生・分化可能な状態になることをいいます。この精子が卵子に入り込むまでには、多くのステップを経なければならないということはよく知られています。その機構を、哺乳類の場合について簡単に紹介します。

精巣の中で形成された精子は、はじめに精巣上体と呼ばれる管の中を通ることでゆっくりと成熟します。この精子の運動性はあまり活発ではありません。精子がよいよ射精される段階になると、精管内の精子は精囊・前立腺・カウパー腺と呼ばれる分泌腺からの分泌液と混ぜ合わされ、一気に射精されます。ちなみに、射精された後の精液から精子を除いた液体成分のことを精漿と呼んでいます。この段階の精子は、まだ受精能力を持たず、運動性もそれほど高くないといわれております。射精された精子は、メスの生殖器に入り、生殖腺から分泌された液体に暴露されることとなります。精子はこの分泌液と混合されることによって受精能を獲得 (キャパシテーション) できるといわれております。精子に受精能力を獲得させる因子として、様々なタンパク質が知られています。主な因子としては、親水性の強い高濃度のアルブミン、精子内のカルシウム濃度を低く保つ受精制御因子を除去するタンパク質、タンパク質分解酵素などが知られています。精子が受精能力を獲得すると、細胞膜の性質や精子内の代謝が劇的に変化します。糖脂質・糖蛋白・コレステロールの分布変化、膜流動性の増加、総表面電荷の減少、精子内のカルシウム濃度の上昇などが報告されています。受精能を獲得した精子は、ホルモンなどの様々な刺激を受けることで、運動能力がピークになります (ハイパーアクチベーション)。また、精子の先端にはアクロソームと呼ばれる消化酵素が貯蔵されたコンパートメントが存在し、卵子の表面に存在する透明帯と結合することが出来ると、この消

C3 の構造

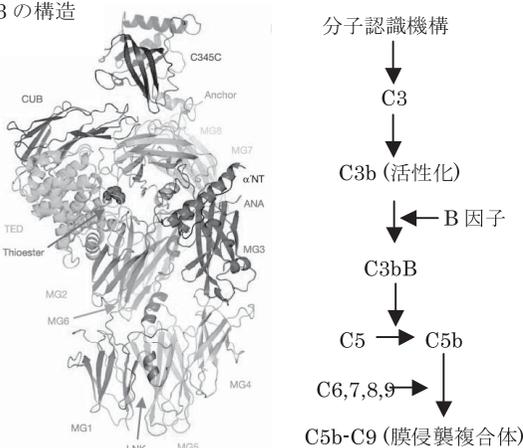


Fig. 1 C3分子の立体構造と補体活性化の経路

化酵素が一気に放出され、卵子の透明体を消化しながら卵子の内部に貫入していきます。侵入した精子の核は卵子の核と融合することで受精が完了します。

#### (4) 実験技術の紹介

私たちの研究室ではプロテオミクス研究から、精漿中に補体制御因子 H が存在することを明らかにしました。このタンパク質は分子量が 140 kDa の糖タンパク質であり、補体系の活性化の中心的な役割を担う C3 と特異的に結合し、活性化を制御していると言われております。また、精巣、精巣上体頭部、精嚢腺で生合成され、射精と同時に精子の頭部に特異的に結合するという事も明らかにしました。これらの研究における、実験技術を簡単に紹介します。

##### (A) プロテオミクス解析

プロテオミクス解析とは、あるタンパク質の集合体を網羅的に解析することが出来る手法です。このプロテオミクス解析には、二次元電気泳動法と呼ばれるタンパク質を可視化し、総合的に解析するという技術や、プロテインシーケンサーと呼ばれるタンパク質の同定に用いる技術が使われます (Fig. 2, 3)。タンパク質は、それぞれ構成するアミノ酸に応じた電荷と分子量を持ちます。これを利用して、ポリアクリルアミドゲルと呼ばれるゲルの中で二次元的に分けることができ、これをタンパク質と特異的に結合出来る色素を結合させることで、タンパク質

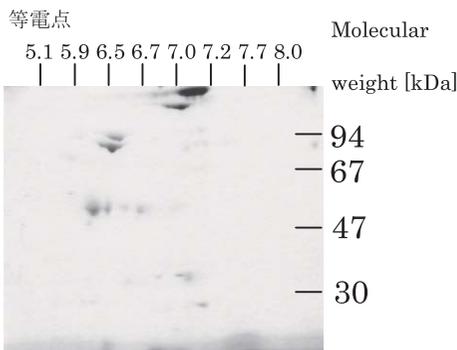


Fig. 2 二次元電気泳動

の集合体をスポットとして得られます。そのスポットを、プロテインシーケンサーと呼ばれる機械でタンパク質の N 末端のアミノ酸配列を解析し、データベース上を検索することで、そのタンパク質の正体を明らかにすることができます。がん細胞と正常細胞に含まれるタンパク質群を二次元電気泳動法によって比較し、正常細胞では見られないスポットを解析する事で、がん化する原因タンパク質を同定するといった臨床的な試みもなされています。

##### (B) RT-PCR 法とウエスタンブロッティング法

DNA のタンパク質をコードする部分は外部からの刺激に応じ、RNA ポリメラーゼによって mRNA に転写されます。その後、mRNA は細胞質内のリボソームでタンパク質に翻訳され、生理機能を発揮することになります。すなわち、ある組織において、目的のタンパク質が現場 (臓器) で生合成されているかどうかを見る場合、その組織における RNA 量とタンパク質量を検討する必要があります。はじめに、組織から total の RNA と total のタンパク質を調整します。前者は RNA から DNA に逆転写 (Reverse Transcription) した後、ポリメラーゼ連鎖反応 (Polymerase Chain Reaction) と呼ばれる反応を利用して目的のタンパク質をコードする塩基配列だけを増幅させます。その増幅された産物をアガロースゲル電気泳動で泳動し、DNA に特異的に結合できる蛍光分子を添加し、可視化することで間接的に RNA 量を検出できます (Fig. 4)。一方後者の方は、アクリルアミドゲルを使って分子量ごとに分

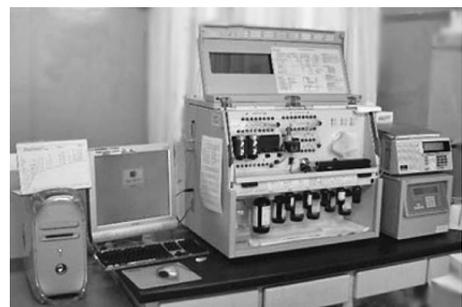


Fig. 3 プロテインシーケンサー



Fig. 4 RT-PCR 結果

A: 精巣, B: 精巣上部頭部, C: 精巣上部体部, D: 精巣上部尾部, E: 前立腺, F: 精嚢腺, G: 肝臓



Fig. 5 ウェスタンブロットング結果

A: 精漿, B: 前立腺, C: 精嚢腺, D: 血漿, E: 腎臓, F: 精漿より精製された H 因子, G: 血漿より精製された H 因子

け、それをタンパク質が結合出来る PVDF 膜に転写します。転写された膜に、目的のタンパク質を認識できる抗体（一次抗体）で処理し、さらには発光物質を結合した一次抗体を認識出来る抗体（二次抗体）で処理し、膜上の発光を検出することで、目的のタンパク質の存在が明らかに出来ます (Fig. 5)。これらの手法は、臨床系・基礎系など、生物を扱う広い研究分野で汎用されており、タンパク質や核酸を扱う研究では非常に重要なツールとなっています。

### (C) 免疫蛍光染色法

細胞膜上において、目的のタンパク質の局在を明らかにしたいときに利用されます。この場合、調整された精子細胞をポリリジンコートされたスライドガラス上に固定します。さらに目的のタンパク質を認識できる一次抗体、さらには蛍光分子を結合した二次抗体で処理します。これを蛍光を検出できる顕微鏡で観察をすることで、細胞における目的のタンパク質の局在を明らかにすることが出来ます (Fig. 6)。最近では、試験管内ではなく生体内もしくは細胞内において、リアルタイムに目的のタンパク質の発現を見る技術が進んでいます。目的のタンパク質をコードする DNA 配列の下流に GFP (green fluorescence protein) をコードする DNA 配列を組み込みます。そうすることで、目的のタンパク質が生

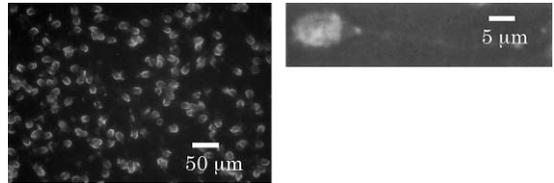


Fig. 6 射精後精子膜上の H 因子の局在 (免疫蛍光染色)

成される際に GFP も結合しているために、目的のタンパク質が発現すると蛍光を発し、それを検出することで局在が分かるという技術です。

### おわりに

私は龍谷大学大学院理工学研究科物質科学専攻を終了後、化学の視点から生物を理解したいと思い、滋賀医科大学大学院博士過程に進学しました。これまで生化学研究をする上で難しいと感じたことは、タンパク同士もしくは酵素と基質の反応を見るということでした。タンパク質は非常にデリケートな分子です。試験管内で酵素の機能を調べるにあたっては、生体内から取り出しますので、精製というステップが必要となります。精製には、タンパク質にもよりますが平均して2~3週間程度要します。精製は酵素が失活しないために全てのステップを低温かつスピーディー、正確に行う必要がありますので、自分の生活サイクルはタンパク質の気分に合わせてはいけません。精製途中に失活もしくは分解を受けると一ヶ月丸々結果を出せないという現実にも遭遇します。博士課程においては論文を出さなければなりませんし、時間的にも余裕はありませんので焦りも出ます。しかしその反面、タンパク質がいかにデリケートな分子であるかを知ることで、それもまた生物の代謝系の緻密さを理解し、絶妙なバランスによって代謝系が成り立っているのだということを知られます。いろいろなファクターによって結果が左右されるほど、生物というのは複雑で、緻密で、ダイナミックに対応しているのだと驚かされます。従って、先入観にとらわれることなく、自分の行った実験に対して、生物が出した答えを、いくつ

もの視点を持って見つめることが大切であると感じました。現在では多くの研究者は簡易的に大腸菌を用いてタンパク質を大量発現させ、それを使って実験を行うことができます。革新的な技術や事実の裏には膨大なデータと膨大な労力の積み重ねと正しい科学への理解があることに気付かされる度に、生物を対象にした研究への醍醐味を感じる毎日です。

#### 参考文献等

- [1] 中村桂子, 松原謙一 (監訳): Essential 細胞生物学 南江堂
- [2] 田村隆明, 松村正寛: 基礎分子生物学 東京化学同人
- [3] 免疫学辞典 東京化学同人
- [4] Bert J. C. Janssen, Eric G. Huizinga, Hans C. A. Raaijmakers, Anja Roos, Mohamed R. Daha, Kristina Nilsson-Ekdahl, Bo Nilsson & Piet Gros: Structures of complement component C3 provide insights into the function and evolution of immunity. *Nature*. 437, 505–511 (2005)
- [5] 大久保岩男, 賀佐伸省: コンパクト生化学 南江堂
- [6] 鈴木善祐 (編): 実験生殖生理学の展開 ソフトサイエンス社
- [7] 藤井俊策, 湯澤映, 田中加奈子, 中村理果, 福原理恵, 木村秀崇, 福井淳史, 水沼英樹: 生殖に置ける精漿の免疫修飾作用 青森臨産婦誌
- [8] 滋賀医科大学実験実習支援センター. [http://www.crl.shiga-med.ac.jp/home/kiki\\_bumon/g\\_book/pseq/492cLC.html](http://www.crl.shiga-med.ac.jp/home/kiki_bumon/g_book/pseq/492cLC.html)

## ディスカッションの重要性

中村 哲士  
Satoshi NAKAMURA



理工学研究科物質化学専攻修士課程 1年

### 1. はじめに

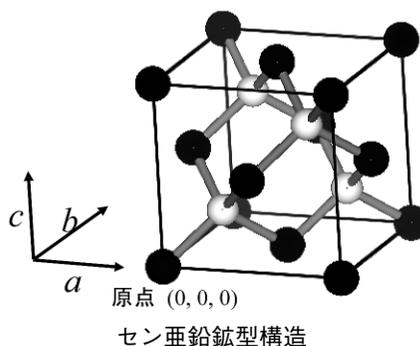
このタイトルを読まれた学生の皆さんは、堅苦しいタイトルだなあと思われたかもしれません。今回は、ディスカッションの重要性について述べたいと思います。私は、執筆時点では物質化学科修士課程1年で和田研究室に所属しています。私が4回生で体験したことから、ディスカッションの重要性を考えていきます。

ディスカッションと雑談はどのように違うのでしょうか。またディスカッションすることで何が得られるのでしょうか。私がディスカッションの重要性について感じたのは、ここ2年の間です。それまで人とディスカッションなんかしても、面白くないし、疲れるし、面倒だし、そもそも話すことなんてないと思っていました。しかし、研究に関するディスカッションを通して、ディスカッションがいかに重要であるか認識しました。

### 2. 私の体験

私が所属する和田研究室では、機能性無機材料を研究しています。例えば、圧電セラミックスや太陽電池材料の開発、そして計算科学を用いた材料研究です。圧電セラミックスや太陽電池材料は、元素が

規則的に配列した結晶構造を持っています。4回生前半の研究は、計算科学を用いてCdTe（テルル化カドミウム）結晶中のCu元素が別の場所に移動（拡散）していくというものです。CdTeは太陽電池材料のひとつで、セン亜鉛鉱型構造です。（下図）



図中の黒球と白球は元素を示しています。このセン亜鉛鉱型構造に、CdとTeのそれぞれの元素を割り当てます。ここで原点(0, 0, 0)（黒球）は左下の原子を考えます。これは格子の角に当たります。元素を置くことができる座標は、原点(0, 0, 0)か、 $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ （白球）のどちらかになります。私は0, 0, 0にCdを置き、 $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$ にTeを置きました。そこで先生と結晶構造についてディスカッションすると、先生は私の言うことがまったく

理解できないと言われました。私は非常に困惑したのを覚えています。伝わらなかった原因は、先生は原点  $(0, 0, 0)$  に Te を置き、 $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$  に Cd を置いて考えておられたからです。さらに私が原点の位置を先生に伝えていなかったため、混乱が生じたのです。さらに、このセン亜鉛鉱構造は、原点の位置を  $(\frac{1}{4}, \frac{1}{4}, \frac{1}{4})$  ずらし、格子を移動させると Cd と Te の座標が入れ替わるという特徴を持っています。このように、同じ結晶構造を考えていても、基準となる座標が双方で違うと、話がうまく噛み合わなくなります。日常でも同じようなことは体験することでしょう。このような反省から、私は先輩とたくさんディスカッションすることを心がけました。またどんな人でも、自分と同じ考え方で同じ結論に辿りつけるように話をまとめるようにしました。長い時間、ディスカッションに付き合ってくくださった先輩方には非常に感謝しています。

### 3. ディスカッションを通して

ディスカッションを通して得られることは、

- 自分の考えをまとめるきっかけになる。
- 自分の間違いに気づく。
- さまざまな人から意見を聞くことで、違う視点から物事を考えられる。

といったことです。

ディスカッションする上で、自分が何について何を話したいか、おぼろげに分かっている、いざ話したり書いたりすると、うまくできないことがよくあります。これは自分の考えがまとまりきっていないからです。学生の皆さんはレポートやプレゼンテーションの資料を作成していて、何を書いているか、何を言えばいいか、悩んだことはありませんか。レポートやプレゼンテーションでは、自分がいいことを見つけて、それを図と文で説明すればよいです。

自分の間違いに気づくことができるのは、ディス

カッションしていて、つじつまが合わない部分を本人や相手が気づくからです。つじつまが合っていないままディスカッションを続けると、他にもつじつまが合わない部分が見つかって、自分の信用を失う原因になることがあるので、注意が必要です。

さらに、さまざまな人から意見を聞くことで、違う視点から物事を考えられます。年齢差のある人とディスカッションすると、同年代の人とは違ったことを言われることはよくありますし、専門分野が異なる人とディスカッションすると思わぬ発見や驚きがあります。同じグループにいる人とディスカッションをしてみても初めて、相手が自分とは違う考えを持っていることが分かることもよくあります。

### 4. ディスカッションしよう

前半で私のディスカッションの例を示しましたが、ディスカッションの内容はどのようなものでも構いません。雑談と異なるのは、ディスカッションではしっかりした自分の意見を持っていること。そして、相手の言うことを理解し、自分の言うことを相手に理解してもらうことです。そのためには、はっきりと主張し、曖昧な表現や分かりにくい表現を避けます。また、自分の主張が正しい根拠も用意しておく、より相手を説得させやすくなります。

学生の皆さんは、ディスカッションをする機会が増えます。特に卒業研究では重要になってきます。そのとき、物事をひとつひとつ考えて、先生や先輩、同級生とディスカッションして欲しいと思います。

### 5. まとめ

ディスカッションでたくさん相手と話すと、終わったときにすっきりします。それまで、モヤモヤしていたものが消えるような感覚です。そのとき、さらに互いを理解していると思います。それには、長い時間がかかるかもしれませんが、決して無駄にはならないと思います。

# 「まいど 1 号」搭載宇宙ブームの開発と 種子島宇宙センターでの最終確認作業



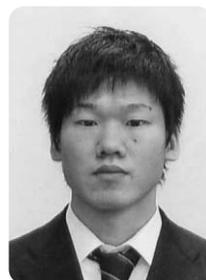
酒井 健  
Takeshi SAKAI

理工学研究科機械システム  
工学専攻修士課程 2年



垣内 喝  
Katsu KAKIUCHI

理工学研究科機械システム  
工学専攻修士課程 2年



園田 裕介  
Yusuke SONODA

理工学研究科機械システム  
工学専攻修士課程 2年

## 1. まえがき

龍谷大学機械システム工学科の杉山研究室では、小型衛星「まいど 1 号」(コードネーム：SOHLA-1)に搭載され、宇宙空間で展開実験を行うブームの開発を行ってきました。龍谷大学が開発したブーム 2 式を載せた SOHLA-1 は、2009 年 1 月末、種子島宇宙センターから国産ロケット H-II A 15 号機によって、打ち上げられる予定です。ブームの開発は 2004 年度にスタートしました。以来 5 年の歳月を経て、龍谷大学の学生の手と頭による開発が完了しました。その間、厳しい打ち上げ時の機械的環境ならびに宇宙環境に耐えるため、展開試験、振動試験、熱真空試験といった実証試験を 13 回実施しました。

本報告では、龍谷大学ブームの開発の概要をまず紹介します。つぎに、2008 年 12 月 12 日(金)から 12 月 15 日(月)まで、杉山吉彦教授、院生の酒井健、垣内喝、園田裕介の計 4 人が種子島宇宙セン

ターに出張して実施した、宇宙へ旅立つブームの最終確認作業を報告します。

## 2. 龍大宇宙ブームの開発

### 2.1 ブーム BBM から FM へ

2003 年の秋、東大阪の中小企業(東大阪宇宙開発協同組合：SOHLA)を中心に、いくつかの大学が協力して、小型衛星を製作する計画がスタートしました。大きさ 50 cm×50 cm×50 cm、質量 50 kg のコードネーム「SOHLA-1」という名の小型衛星です。新聞紙上などのメディアでは、「まいど 1 号」としてよく知られています。龍谷大学機械システム工学科の杉山研究室では、「SOHLA-1」の構体に、機軸対称に配置された、2 枚の外装パネルに取り付ける 2 式の“ブーム”を開発しました。ブームとは、展開する棒を意味します。Fig. 1 に、ブーム収納時の SOHLA-1 のイメージを示します。Fig. 2 に、軌道上でブームを展開した状態での SOHLA-1 のイメージを示します。Fig. 3 に、ブーム本体の 3

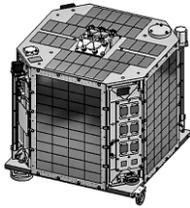


Fig. 1 ブーム収納状態の SOHLA-1

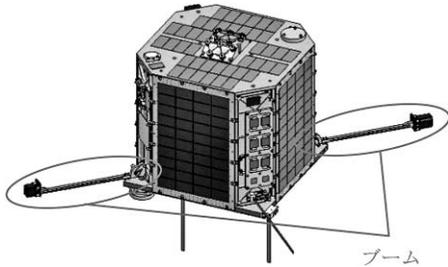


Fig. 2 ブーム展開状態の SOHLA-1

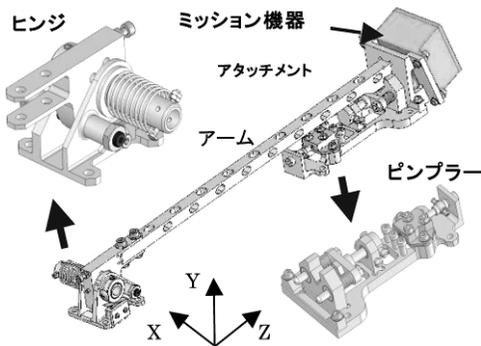


Fig. 3 ブーム PM 本体の 3D-CAD 分解図

D-CAD 分解図を示します。

本ブーム開発は、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の技術指導・助言を受けながら、2004 年度に、検討モデル (BBM: Bread Board Model) を開発しました。Fig. 4 に、ブーム BBM を示します。

2005 年度に、工学モデル (EM: Engineering Model) を開発しました。Fig. 5 に、ブーム EM を示します。2006 年度には、試作モデル (PM: Prototype Model) を開発しました。Fig. 6 に、ブーム PM を示します。そして、2007 年度には、実際に衛星に搭載して宇宙へ打ち上げる飛行モデル (FM:

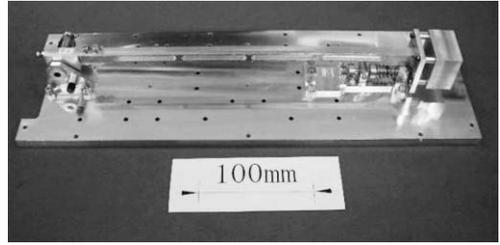


Fig. 4 ブーム BBM  
(ミッション機器のダミーマスを搭載)

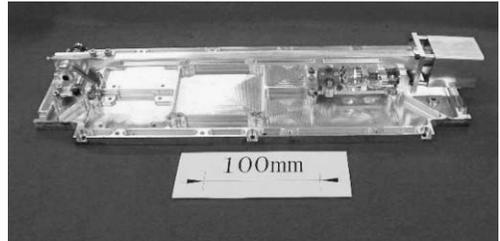


Fig. 5 ブーム EM  
(磁気センサのモデルを搭載)

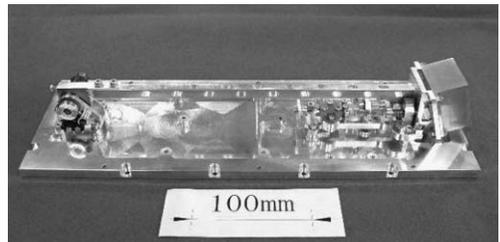


Fig. 6 ブーム PM  
(マイクロモニタカメラのモデルを搭載)

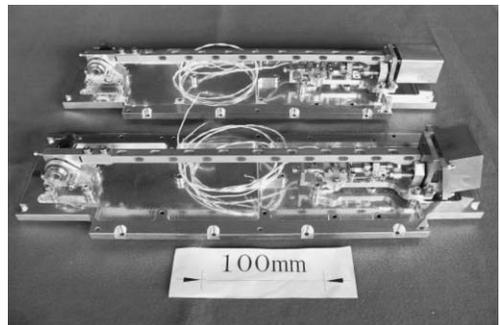


Fig. 7 ブーム FM  
(上: 磁気センサのモデルを搭載  
下: マイクロモニタカメラのモデルを搭載)

Flight Model) を開発しました。Fig. 7に、ブーム FM を示します。

この開発には、卒業研究での取り組みから始まり、大学院での修士論文研究としての取り組みまで、この5年間に、計10名の杉山研究室の学部生と院生が参加しました。本ブームの開発の特徴は、何よりも、設計、加工、組立、試験のすべてを学生自身の手で行った点にあります。したがって、本ブームは、龍谷大学の学生による“手造り”ブームです。ブームの先端には、磁気センサとマイクロカメラを搭載しますが、それぞれ、大変に重要な役割を担当します。磁気センサは、宇宙空間の磁気データを取得します。衛星構体内には電流があり、電流により磁場が発生します。したがって、宇宙空間の磁気データを正しく取得するためには、磁気センサを構体からできるだけ離して支持する必要があります。

マイクロカメラは、宇宙空間に浮かぶ衛星自身と外装パネルに貼られている記念プレートを撮影する目的で、ブーム先端に搭載されます。Fig. 8に、外

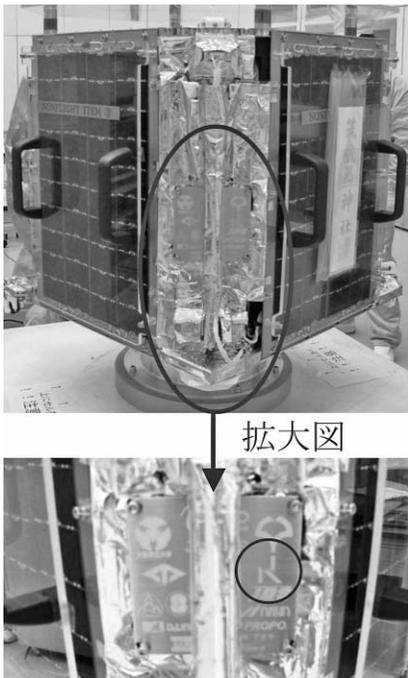


Fig. 8 記念プレートと龍谷大学のロゴ

装パネルに取り付けられた記念プレートを示します。この記念プレートには、龍谷大学のロゴマークが入っています。このように、ブームは、大変に重要なコンポーネントです。飛行モデル (FM) の完成までには、作っては試験し、改良につぐ改良の連続でした。

## 2.2 実証試験

宇宙は地上と環境条件が全く違うため、宇宙機器は様々な実証試験をクリアする必要があります。特に、ロケットの打ち上げ中には、大変に厳しい機械的（振動）環境にさらされます。開発の過程で実施した試験を、Table 1にまとめて示します。2004年度から総日数で60日以上、筑波宇宙センターや種子島宇宙センターに滞在し、試験と確認作業を実施しました。

打ち上げ中は、秒速4.3 kmと東京・大阪間を約120秒で到着してしまうような速度で大気圏を突き抜けます。そのため、空気との摩擦や、ロケット本体からの激しい振動が発生します。最終速度は秒速7.9 kmに達します。地上から大気圏（高度約90~100 km）を抜けるまでは、人工衛星はフェアリングによって大気による動圧力から守られています。しかし、フェアリング内にある衛星は、地上から宇宙へ到達するまでの間、大変に厳しい振動環境にさらされます。Fig. 9に、打ち上げ環境のイメージ図を示します。宇宙の軌道上では、真空環境、ならびに大きな温度差や宇宙放射線に耐えることが必要です。

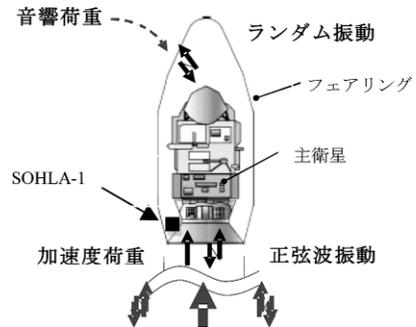


Fig. 9 打ち上げ中の振動環境のイメージ

Table 1 ブーム開発と実証試験

	Model	試験期間・場所	不具合・改良点
1	BBM	2005年1月17日(月)~18日(火) 筑波宇宙センター	・ロンチロック部分の減衰ゴム破損 ・試験中止
2	EM 熱真空試験	2005年7月5日(火)~6日(水) 筑波宇宙センター	・高温試験を実施(65℃, 80℃)
3	EM	2005年7月6日(水)~8日(金) 筑波宇宙センター	・加振後展開せず ・ロンチロック不良 ・ねじれ対策の必要あり
4	PM (1回目)	2006年8月21日(月)~25日(金) JAXA 関西サテライトオフィス	・1ピン式から2ピン式に変更 ・加振後正常に展開 ・応答が許容範囲を超える
5	PM (2回目)	2006年10月23日(月)~27日(金) 筑波宇宙センター	・減衰材を貼り付けた ・2割程度の減衰効果確認 ・ピンプラー改良の必要あり
6	温度試験	2006年12月5日(火) JAXA 関西サテライトオフィス	・低温試験を実施(-30℃, -45℃)
7	PM (3回目)	2007年4月25日(水)~27日(土) 筑波宇宙センター	・振動入力ポイントにポリイミドフィルムを 貼りつけ ・ハーネス, MLI 取付けて実施
8	FM (1回目)	2007年9月24日(月)~28日(金) 筑波宇宙センター	・ピンプラーを改良 ・ヒンジにラッチ不良 ・マイクロスイッチ作動不良の問題
9	FM (2回目)	2007年10月8日(月)~12日(金) 筑波宇宙センター	・ヒンジの改良 ・ロケット搭載条件をクリア
10	システム試験前展開試験 (1回目)	2008年2月25日(月)~26日(火) 筑波宇宙センター	・テグスカットを確認 ・ロックピンは抜けたがMY側が展開せず ・カプトンテープを金テープに貼り替えた
11	システム試験前展開試験 (2回目)	2008年3月10日(月)~11日(火) 筑波宇宙センター	・2式とも自動で展開
12	FM システム振動試験	2008年3月31日(月)~4月3日(木) 筑波宇宙センター	・不具合なし ・システム振動試験をクリア
13	システム振動試験後 展開試験	2008年10月21日(火)~22日(水) 筑波宇宙センター	・センサ側自動で展開 ・カメラ側手動で展開を確認
14	ブーム健全性確認作業 最終調整作業	2008年12月12日(金)~15日(月) 種子島宇宙センター	・ブーム外観に異常なし

このため、実証試験として、展開試験、振動試験、熱真空試験を行いました。特に振動試験をクリアすることが最も厳しい課題でした。正弦波加振で22 G、ランダム加振で20 Grms という非常に厳しい加振を120秒間負荷し、ブームに変形や破損がないか、そして、設計が正しいかを確認します。試験中には激しい振動のため、ブームから轟音が発生します。また、共振によって壊れてしまわないように、衛星構体より高い固有振動数を維持する必要があります。ボルトなどでしっかり固定すると、固有振動数は上がるのですが、ブームは展開機構なので、回転ができるよう、可動部の隙間が必要となります。

ブームが確実に宇宙で展開することが、第一の要求事項ですから、振動試験の後、必ず展開試験を実施しました。また、可動部分でのガタを許容しながらも、最低限必要なブームの剛性を確保すること、また、適切な減衰能を付与することなどが重要な課題でした。

ブームの先端に搭載するミッション機器は、精密機器で、壊れやすい機器です。したがって、ミッション機器の位置での振動応答を抑えることも大きな課題でした。また、展開動作に対する信頼性・耐久性についても評価する必要がありました。Fig. 10に、衛星に搭載された状態での2式のブームFM

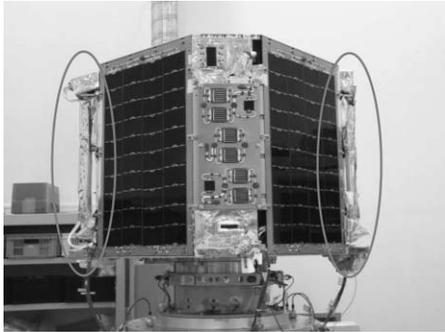


Fig. 10 SOHLA-1 に取付けられた状態での 2 式のブーム FM

を示します。

### 3. 種子島宇宙センターでの作業

#### 3.1 安全管理

種子島宇宙センターで作業をするにあたり、2008 年 12 月 9 日（金）に、東大阪市にある JAXA 関西サテライトオフィスにおいて、安全講習を受けました。本講習のため、JAXA 本部から輸送安全課の 2 名の方が、わざわざ大阪まで出張して、私達のための講習を行ってくださいました。主な内容としては、種子島内での交通事情と交通安全上の注意、種子島宇宙センター内での作業安全、ならびに、セキュリティ管理についてです。

まず、交通安全についてですが、種子島には、交通信号があまりないため、必ず交差点では左右の確認をし、普段以上の注意が必要となります。また、センター内は時速 40 km の速度制限があり、夜間は街灯がないため、午後 5 時以降はヘッドライトを点灯させるなど、常に慎重に運転する必要があります。

つぎに、衛星組立試験棟のクリーンルーム内での作業では、所定の防塵服、防塵キャップ、安全靴などの防塵具を着用しなければなりません。防塵服、防塵キャップは JAXA からお借りしました。しかし、安全靴は、サイズが合わないといけないうので龍谷大サイドで事前に購入し、持参しました。

最後に、セキュリティ管理について述べます。セ

ンター内に入るためには、ID カードが必要です。また、センター内を車で移動するには、事前に車両登録をする必要があります。また、現場記録のためにセンター内に持ち込むデジタルカメラの使用については、安全部門の許可が必要です。不具合処置および現場記録として必要な場合に限り、デジタルカメラを使用できます。これらのための必要書類はすべて事前に整え、許可を事前に得ておく必要があります。

#### 3.2 衛星の搬入から最終確認作業

小型衛星 SOHLA-1 に搭載されるブームは、龍谷大学のブームチームが開発したものであり、その最終確認作業は龍谷大学のブームチームが責任を持って実施しなければなりません。また、今回の種子島宇宙センターでの作業は、H-II A ロケット搭載前の最終確認作業となります。

作業は、2008 年 12 月 13 日（土）と 14 日（日）の 2 日間、第 1 衛星組立試験棟（STA 1）のクリーンルーム内で行いました。クリーンルームに入る前には、防塵服、防塵キャップ、安全靴を着用し、さらにエアシャワーを全身に吹き付け、ほこりを吹き飛ばしてから入室しました。Table 2 に、第 1 日目の作業記録を示します。Table 3 に、第 2 日目の作業記録を示します。

##### ・第 1 日目の作業概要

9:30 に作業前のブリーフィング（打ち合わせ会）を開き、その日の作業予定を確認しました。やがてトラックに運ばれて、小型衛星 SOHLA-1 が STA 1 に到着し、衛星の搬入を始めました。衛星は温度管理されたコンテナに収納された状態で、温度管理ができるトラックによって輸送されました。衛星は、筑波宇宙センターから鹿児島までトラックで輸送され、鹿児島から種子島までは船によって輸送されました。そして、種子島の港から種子島宇宙センターまでは、再びトラックによって輸送されました。トラックから降ろされた衛星は、まず開梱ルームに搬入されました。搬入の際、虫が開梱ルームに

**Table 2 12月13日(土)**

9:30	ブリーフィング(作業打ち合わせ会)
9:30~ 11:30	衛星搬入 机, いす, パソコン設置
11:30~ 12:00	電源ケーブル 地上支援機器(GSE)設置
12:00~ 13:00	昼食
13:00~ 15:00	衛星設置 コンテナ開き 接地線接続・養生
15:00~	ブーム健全性確認作業・外観検査
18:00	ブリーフィング

**Table 3 12月14日(日)**

9:00	ブリーフィング
9:30~	SOHLA-1システム最終調整作業 バッテリー充電
12:30	ブームチームの作業終了

入った場合に備えて、虫網の準備をし、対虫対策を実施しました。そして、衛星を設置するクリーンルーム内に机、いす、パソコンを設置し、作業場の準備をしました。11:30から電源を確保するため、コンセントの電圧が正しく100Vあるか、テスターで確認してから電源ケーブルをつなぎました。このように、すべての作業において100%の正確さの確認が要求されました。そして、地上支援機器(GSE)を設置し、パソコンの動作を確認しました。13:00から開梱ルームにおいて、コンテナのカバーを取ってから、衛星をクリーンルームに移動させました。衛星をクレーンで吊り上げ、注意深く、作業台に取り付けました。次に、接地線の接続・養生を行い、システム最終確認の準備が整いました。15:00からブームの健全性確認のために、外観検査を主とした最終確認作業を行いました。検査項目は以下になります。

- ・ブームにキズ、変形などが生じていないこと
- ・ボルトに緩みが生じていないこと
- ・MLIにキズが生じていないこと
- ・MLIの取り付け位置確認

**Fig. 11 龍大ブームチームによるブームの健全性確認作業****Fig. 12 作業終了記念写真(右より、杉山教授、垣内、酒井、園田、JAXAの中谷博士)**

Fig. 11に示すように、目視によってブームの健全性確認を行いました。金色に見える部分は、MLIと呼ばれる多層断熱材で覆われた部分です。宇宙空間では太陽光があたる所と当たらない所では温度差が激しいので、MLIで覆うことで温度変化を抑え、衛星の温度管理を行います。18:00に作業終了のブリーフィングを開き、進行状況、2日目の予定を確認し、その日の作業を終了しました。

#### ・第2日目の作業概要

9:00に作業前のブリーフィングを開きました。9:30からSOHLA-1システム最終調整作業、バッテリー充電を行い、ブームチームの作業は無事終了しました。Fig. 12に、作業終了記念の集合写真を示します。午後からは、ロケット、人工衛星を展示している、宇宙科学技術館の見学に行き、日本の宇宙開発について勉強しました。

## 4. 種子島と種子島宇宙センター

### 4.1 種子島

作業は12月13日(土)の午前9時30分からです。前日入りするために、12日(金)午前11時50分発の便で大阪国際空港(伊丹)を出発しました。大阪国際空港から種子島への直行便は、1日1便のフライトがあります。74席の中型ターボプロップ機ボンバルディアQ400(カナダ製)に乗って種子島に向かいました。

種子島は、本土最南端の鹿児島県大隅半島佐多岬から南方約43kmの位置にあります。島の形は、縦約58km、横は最大で12kmと細長く、島の最高地点は282mと低く平らな島です。隣には縄文杉で有名な屋久島があります。2000m級の山を配する屋久島とは全く対照的で、種子島は平坦な地形です。島の西側には、全長12kmにわたる長浜海岸がありエメラルドグリーンの海が広がっています。島の面積は約445km<sup>2</sup>で、約33,000人が暮らしています。12月でも気温は17℃位あり、滋賀県と比べて大分暖かい気候です。Fig. 13は、七色坂観望所から撮影した海岸の風景です。

種子島は、一つの市、二つの町から成っています。島の北部が西之表市、中部が中種子町、南部が南種子町です。種子島空港は、種子島のちょうど真ん中で、中種子町にあります。大阪国際空港から種子島空港までは約1時間20分の飛行時間です。私達が確認作業を行った「種子島宇宙センター」は、種子島の最南端にあり、空港から車で約40分南下する必要があります。なお、種子島内での公共の交通機関は大変に不便であり、レンタカーを使用して



Fig. 13 前之浜海浜公園の風景

の島内移動となります。

### 4.2 種子島宇宙センター

種子島宇宙センターは、種子島の東南端にある日本最大のロケット発射場です。この宇宙センターは、1969年に、旧宇宙開発事業団(NASDA)の発足とともに設立されました。

なぜ、宇宙センターが種子島にあるのか、その理由は以下のようです。まず第一に、ロケットの軌道制御のエネルギー削減、地球の自転エネルギーの利用から、赤道に近いことが重要な条件として挙げられます。二つ目の条件は、東向きに打ち上げられる衛星の需要が多いことから、東側が空間的に開けていることです。他にも、打ち上げ方向に定期的な船舶ならびに航空機の航路がないこと、広大な敷地を容易に確保できること、射場周辺に民家がないこと、交通の便が良いことなどが条件として挙げられます。全てを完璧に満足できている訳ではないのですが、種子島がこれらの条件に最も合った場所であると判断されて選ばれたようです。

種子島宇宙センターには、大型および中型ロケットを打ち上げる大崎発射場、小型ロケットを打ち上げる竹崎発射場、ロケット打ち上げ管理の中心となる総合指令棟、ロケットエンジンの燃焼試験場、人工衛星の組み立てや試験を行う衛星組立試験棟、追跡管制などの施設が設備されています。また、ロケットや人工衛星の仕組み等を分かりやすく展示している宇宙科学技術館もあります。

私達龍谷大ブームチームは、12月13日(土)に衛星搬入作業・外観検査を実施し、14日(日)にSOHLA-1システム最終調整作業・バッテリー充電を衛星組立試験棟で行いました。14日の作業は午前で終了したので、午後からは「宇宙科学技術館」を見学しました。

### 4.3 宇宙科学技術館

宇宙科学技術館では、ロケット、人工衛星、国際宇宙ステーション計画、地球観測、月・惑星など、



Fig. 14 N-I ロケットの実物大模型



Fig. 15 H-II ロケットの実物大模型

我が国の宇宙開発に関する様々な分野を、展示・紹介していました。宇宙科学技術館には、無料で入館見学できます。

Fig. 14 に、宇宙科学技術館の前に展示されている、N-I ロケットの実物大模型を示します。N-I ロケットは、全長 32.57 m、直径 2.44 m、重量 90.38 t で、旧宇宙開発事業団 (NASDA) が初めて人工衛星の自主打ち上げを行ったロケットです。Fig. 15 は、宇宙科学技術館の一般展示場で撮影した写真です。後ろに見えるのは、H-II ロケットの実物大模型です。

館内のロビーには、「宇宙メダカ」が展示されていました。この「宇宙メダカ」は、1994 年に向井千秋宇宙飛行士とともに、スペースシャトル STS-65 ミッションで 15 日間の宇宙旅行をしたメダカの子孫だそうです。

館内では、実物大のフェアリングやロケットエンジン、人工衛星などが展示してありました。

中でも、実物大の陸域観測技術衛星「ALOS」、通称「だいち」(寸法 約 6.2 m×3.5 m×4.0 m、重



Fig. 16 「だいち」の実物大模型

量 約 4 t) の熱構造モデルの大きさには、驚きました。

Fig. 16 は、「だいち」の前で撮影したものです。「だいち」は地図作成、地域観測、災害状況把握、資源調査などを目的とした人工衛星で、H-II A ロケット 8 号機で打ち上げられました。

この「だいち」は、私達が携わった SOHLA-1 と一緒に打ち上げられる主衛星「いぶき」(寸法 約 2.4 m×2.6 m×3.7 m、重量 約 1.75 t) より、ずっと大きな衛星でした。

なお、SOHLA-1 のような小型衛星は、主衛星の取り付け台のまわりの空きスペースに取り付けられて、副衛星 (相乗り衛星) として打ち上げられます。

他にも館内には、ロケットのしくみ、人工衛星のしくみ、未来の宇宙開発、宇宙環境について分かりやすく解説されております。したがって、宇宙科学技術館の見学は、人工衛星の開発に携わっている私達にとって、大変有意義な勉強となりました。

## 5. あとがき

今回の種子島宇宙センターでの打ち上げ前最終確

認作業によって、龍谷大学ブームチームによるブームの開発が完了しました。開発スタートから5年、ブーム開発にあたり、本当に多くの人との出会いと支援がありました。JAXAの方々を筆頭に、SOHLA関係者、大阪府立大の先生方や学生の皆さんに大変お世話になりました。この場をお借りして感謝申し上げます。特にJAXA宇宙実証研究共同センターの方々のご支援・ご指導がなければブームは完成しませんでした。ブームの開発には、先輩方および、同期、後輩を含め、杉山研究室の計10人の学生が関わりました。先輩から計画を引き継ぎ、無事に打ち上げを迎えることができ大変うれしく思っています。実際に宇宙に打ち上げられるブームの開発に参加できて、物造りの厳しさを実感しました。そして、この経験を通じて、社会に出てもしっかりと仕事ができる自信のようなものができました。

SOHLA-1が2009年1月末に打ち上げられると、ブームは3月末から4月頃に展開されるスケジュールです。厳しい実証試験を乗り越えてきたブームです。軌道上で展開し、無事ミッションを果たすことができると信じております。最後になりましたが、時には厳しく、最終一貫して熱心に指導して下さいました杉山吉彦教授に深く感謝致します。また、ブームの部品の加工で、デジタルクリエイションホールの本田尚義実験講師に、大変お世話になりました。記して感謝いたします。

これまで、杉山研究室のブームチームが学会ならびに研究会等で発表した講演資料を、参考文献としてリストアップしておきます。

#### 参考文献

- [1] 白子正高, 荒木孝二, 杉山吉彦, 本田尚義, 橋本英一, 中村揚介, 梅原伸仁, “小型衛星「SOHLA-1」搭載ブームの開発: ヒンジの開発とブーム系の動特性”, 日本航空宇宙学会主催, 第49回宇宙科学技術連合講演会講演集 (2005)
- [2] 荒木孝二, 白子正高, 杉山吉彦, 本田尚義, 橋本英一, 中村揚介, 梅原伸仁, “小型衛星「SOHLA-1」搭載ブームの開発: ピンプラーの開発とブーム系の

振動試験”, 日本航空宇宙学会主催, 第49回宇宙科学技術連合講演会講演集 (2005)

- [3] 白子正高, 荒木孝二, 杉山吉彦, 本田尚義, 中村揚介, “小型衛星「SOHLA-1」搭載ブーム: プロトタイプ・モデルの設計・開発”, 日本航空宇宙学会主催, 第50回宇宙科学技術連合講演会講演集 (2006)
- [4] M. Shirako, K. Araki, Y. Sugiyama, H. Honda, Y. Nakamura and C. Kobayashi, “Development of Space Boom for Micro-Satellite: Design of Hinge and Dynamics of Boom”, Proc. of the 13th International Congress on Sound and Vibration, ICSV 13-715, Vienna, Austria (2006)
- [5] K. Araki, M. Shirako, Y. Sugiyama, H. Honda, Y. Nakamura and C. Kobayashi, “Development of Space Boom for Micro-Satellite: Design of Pin-Puller and Vibration Test”, Proc. of the 13th International Congress on Sound and Vibration, ICSV 13-716, Vienna, Austria (2006)
- [6] 白子正高, 荒木孝二, 杉山吉彦, 本田尚義, 中村揚介, 岩丸康範, 棚橋秀行, “50 kg 級小型衛星搭載ブームの開発と振動試験”, 日本航空宇宙学会論文集, Vol. 55, No. 643, pp. 406-410 (2007)
- [7] 酒井健, 垣内喝, 関本慎吾, 白子正高, 荒木孝二, 杉山吉彦, 本田尚義, 中村揚介, 岩丸康範, 棚橋秀行, “50 kg 級超小型衛星搭載用ブームの開発: 展開ヒンジ・アーム系の開発と実証試験”, 日本機械学会関西支部懇話会, 第3回 NCP フォーラム, B-3 (2007)
- [8] 垣内喝, 酒井健, 関本慎吾, 白子正高, 荒木孝二, 杉山吉彦, 本田尚義, 中村揚介, 岩丸康範, 棚橋秀行, “50 kg 級超小型衛星搭載用ブームの開発: ピンプラー系の開発と実証試験”, 日本機械学会関西支部懇話会, 第3回 NCP フォーラム, B-3 (2007)
- [9] 部谷智史, 杉山吉彦, 守部浩平, 千葉正克, 中村揚介, “50 kg 級小型衛星 SOHLA-1 構体外装パネルの振動特性評価”, 日本航空宇宙学会主催, 第49回構造強度に関する講演会講演集 (2007)
- [10] 酒井健, 垣内喝, 園田裕介, 杉山吉彦, 本田尚義, 中村揚介, 岩丸康範, 中谷幸司, 河前拓郎, “小型衛星「SOHLA-1」搭載ブーム・フライトモデルの開発”, 日本航空宇宙学会主催, 第51回宇宙科学技術連合講演会講演集 (2007)
- [11] T. Sakai, K. Kakiuchi, Y. Sonoda, Y. Sugiyama, H. Honda, Y. Nakamura, K. Nakaya and T. Kawamae: “Vibration-Testing-Based Development of Space Boom for a 50 Kg-class Micro-Satellite”, Proc. of the 15th In-

ternational Congress on Sound and Vibration, ICSV 15-T 0352, Daejon, Korea (2008)

- [12] 垣内喝, 酒井健, 園田裕介, 杉山吉彦, 本田尚義, 中村揚介, 岩丸康範, 中谷幸司, 河前拓郎, “50 kg 級小型衛星搭載用ブームの開発と振動試験”, 日本航空宇宙学会主催, 第 50 回構造強度に関する講演会講演集 (2008)
- [13] 酒井健, 垣内喝, 園田裕介, 杉山吉彦, 本田尚義, 中村揚介, 岩丸康範, 中谷幸司, 河前拓郎, “50 kg 級小型衛星搭載用ブームの開発: 開発の流れと展開試験”, 日本機械学会関西支部 第 84 期定時総会講演会論文集 (2009)
- [14] 垣内喝, 酒井健, 園田裕介, 杉山吉彦, 本田尚義, 中村揚介, 岩丸康範, 中谷幸司, 河前拓郎, “50 kg 級小型衛星搭載用ブームの開発: ピンプラーの開発と振動試験”, 日本機械学会関西支部 第 84 期定時総会講演会論文集 (2009)
- [15] 園田裕介, 垣内喝, 酒井健, 杉山吉彦, 本田尚義, 中村揚介, 岩丸康範, 中谷幸司, 河前拓郎, “50 kg 級小型衛星搭載用ブームの開発: システム統合ならびに外装パネルの振動特性”, 日本機械学会関西支部 第 84 期定時総会講演会論文集 (2009)