



### 「中高生による Stars-A0 衛星を用いた研究体験」 ～Stars-A0 衛星観測研究計画立案プロジェクト～

平成 30 年 8 月 6 日（月）と 8 月 20 日（月）の 2 回シリーズで、課外講座「中高生による STARS-A0 衛星を用いた研究体験」が附静岡大学浜松キャンパス次世代ものづくり人材育成センター 2 階地域連携スペース（浜松市中区城北 3 丁目 5-1）で行われました。

講師の先生は、静岡大学教育学部 内山秀樹 先生（X 線天文学）はじめ以下の先生方です。

- ・ 茨城大学 理学部 准教授 野澤 恵 先生（太陽物理学）
- ・ 静岡大学教育学部 准教授 中村 美智太郎 先生（西洋哲学・倫理）
- ・ 静岡大学教育学部 准教授 郡司 賀透 先生（理科教育）
- ・ 静岡大学教育学部 准教授 町 岳 先生（教育心理学）
- ・ Stars-A0 衛星学生メンバーの皆さん
- ・ 教育学部学生 TA の皆さん

受講者は、中高生：浜松市内中学校 10 名、附属浜松中学校：8 名、浜松北高校：6 名、浜松市立高校：6 名、浜松学芸高校：6 名、西遠女子学園高校：3 名、高校教員 4 名 校計 35 名でした。

#### 講座の概要

超小型軌道上望遠鏡衛星 Stars-A0 (静岡大学工学部能見研究室が中心で開発。30 年度 H2A ロケット相乗りで打ち上げ決定済み。) を使った観測研究計画を、中高生が 5 名ずつのチームになって話し合いながら作り上げ、最終的にプレゼンを行う企画です。中高生のアイデアを元に議論を通じて、Stars-A0 衛星ならではの独創的で面白い観測研究計画が生まれることを期待しています。また、議論の方法やその大切さを中高生に学んでもらうことも目指しています。

#### 活動レポート

今回の体験では、8 月 6 日、20 日の 2 日間にわたり、Stars-A0 衛星を用いてどのような観測を行うかを中高生がグループ毎に話し合い、プレゼンテーションをし、議論をしました。

1日目 9:00~16:30	2日目 9:00~16:30
<ul style="list-style-type: none"> <li>・オリエンテーション・アイスブレイク <ul style="list-style-type: none"> <li>・教育学部 教育心理学教員</li> </ul> </li> <li>・Stars-AO衛星紹介講義 <ul style="list-style-type: none"> <li>・Stars-AO工学部学生メンバー</li> </ul> </li> <li>・天文観測の基礎 解説講義 <ul style="list-style-type: none"> <li>・教育学部 X線天文学教員</li> </ul> </li> <li>・工学部見学</li> <li>・個人アイデアの再検討</li> <li>・議論のレッスン1 <ul style="list-style-type: none"> <li>・議論のルール</li> <li>・教育学部 哲学教員</li> </ul> </li> <li>・チームでの観測研究計画の作成</li> <li>・中間発表 <ul style="list-style-type: none"> <li>・理学部 太陽物理学教員（茨城大）</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・オリエンテーション</li> <li>・チームでの前回以降の情報共有、観測研究計画の作成</li> <li>・議論のレッスン2 <ul style="list-style-type: none"> <li>・プレゼンテーションの仕方、発表の聞き方、質疑の仕方</li> <li>・教育学部 哲学教員</li> </ul> </li> <li>・プレゼンテーションの作成</li> <li>・最終発表</li> <li>・議論の意義についての振り返り <ul style="list-style-type: none"> <li>・教育学部 教育心理学教員</li> </ul> </li> </ul>

### < 2日間のプログラム >

観測研究計画立案において大切になるのは、まずは面白いアイデアですが、観測実現性、つまり本当に Stars-AO で観測出来るのかということを中心に考えなければいけません。今回の体験にあたり、各々が自分のやりたいことを考えて持ち寄ってきましたが、本当にそれが出来るのかを考えるとところから始まりました。

Stars-AO 衛星は 10cm 四方の超小型衛星です。低コストで打ち上げられる一方、欠点もあります。それは、

角度分解能が悪いことです。人間で例えるなら、視力です。Stars-AO 衛星の視力は何と、約 0.12（実際に参加者達で計算して確かめました）で、あまり細かいものは観測できません。視野は広いので、如何に長所を生かして欠点を補い、よりよい観測（写真撮影）を行うかが、今回の話し合いのキーポイントとなりました。

8月6日の前半はこのような観測実現性を考える上で欠かせないことを内山先生や研究に携わる大学生の方達から学びました。見える、つまり Stars-AO 衛星で観測できるには、大きさと明るさが程良くなければいけません。観測対象が大きすぎると、視野から飛び出てしまい、小さすぎると、角度分解能（カメラで捉えられる最小の角度）を下回ります。観測対象がカメラに丁度収まり、小さすぎないかを計算しなければいけません。また、観測対象が明るすぎると、ダイナミックレンジ（1ピクセル



<オリエンテーションのようす 静大内山先生>

(カメラの画面を構成する小さな正方形)が集められる光の量の限界)を超えて、画面が飽和(真っ白になること)してしまい、暗すぎると、十分な光が集まらず、検出出来ません。露光時間(シャッターを切るのに掛ける時間)を調節して、集める光の量を加減すると共に、ダイナミックレンジの限界と検出限界をはみ出さないようにしなければいけません。これらのことを踏まえて、実際に計算しながら、話し合いを進めました。

話し合いに入る前には、実際に Stars-A0 衛星を作っている現場を見学しました。なかなか見ることのない精密な機械、大きな機械などを見学し、人工衛星を作るのに如何に多くの人に関わっているか、如何に精密に作られているかを体感しました。



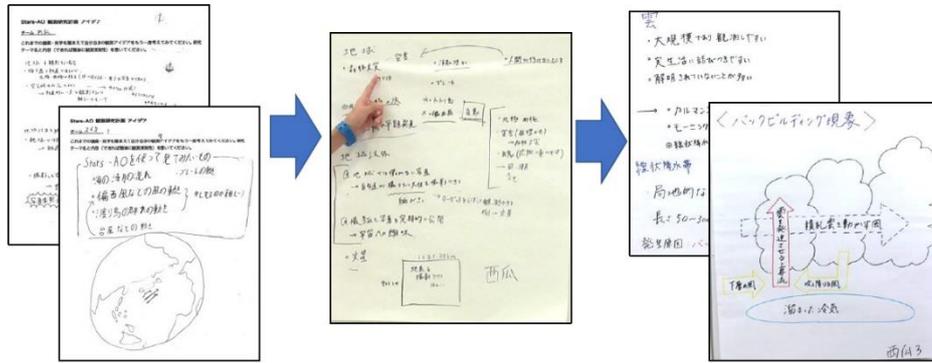
<昼休みの研究室見学のようす>

そして8月6日の後半から20日の前半にかけて、グループ毎に話し合いを行いました。途中で議論の仕方を専門の中村先生から学びながら、より本当の観測研究計画立案に近い形で、より高度な話し合いを心がけました。話し合いでは、それぞれが持ち寄った意見を出し合い、それに対する意見を出し、観測実現性を考え、実際に計算したり、調べたりしながら意見を各グループ1つに絞っていきました。どのグループも議論が白熱し、建設的な意見を出し合っていたと思います。途中で中間発表を挟み、意見を客観的に見ることも行いました。そして各グループ1つの意見をまとめ上げ、プレゼンテーションに向けて、皆が納得できるように、よりその計画の精度を高めていきました。

これらの過程を経て、いよいよ最終発表となりました。各グループがそれぞれ面白いアイデアの詰まった、観測実現性の高い意見をプレゼンテーションしました。出された意見には、以下のようなものがありました(順不同)。

- ・スペースデブリ(宇宙ゴミ)の観測→除去する際にデータとして活用する
- ・日食の影を撮影→日食の動きを見る
- ・ISSの撮影→動くものどうしの撮影に挑戦
- ・北極の氷の減少を観測→現状を伝える・線状降水帯の観測→原因究明に役立てる
- ・変光星の観測→変光星の研究に役立てる
- ・日本以外から見える天の川の撮影+暗黒星雲の観測→宇宙に興味を持ってもらう

これらの観測研究計画は、出来る限り、実際に行うそうです。中高生の考えた計画ですが、その分、面白いアイデアが多く、観測実現性も努力して計算したので高いです。これらの計画が無事に実行され、更なる研究・開発に役立つことと思います。



<各班ごと、個人アイデアから、中間発表、最終発表と実施可能性を探りながら練り上げていきます>

**日本以外から見える天の川の観測 + 暗黒星雲の観測**

**<観点>**

- ① 大きさ ② 明るさ ③ 場所 (観測地点)
- ① 可能
- ② 天の川全体像と暗黒星雲 両方を同時に、露光時間を段階的に変える。  
→ 暗黒星雲を識別できるか  
肉眼 7等級位まで見える。  
露光時間  $10^{-1}$  にすれば観測できるのでは。  
 $10^{-2}$ 、 $10^{-3}$  でも観測したい。
- ③ 日本の上空。  
ブラジル、北極・南極

**採用できないか、案**

**カシオペア座の観測**

**<理由>** 地球からの距離が遠いから点に見えないのでは、ないか (2028年2228年)  
カシオペア座だけに注目しなくて良い。

二) Stars-AOの利点の広い範囲を見られることを利用した方が良い!!

さらに  
ブレが生じるという理由が出た  
衛星の回転軸が調べられるのでは、ないか  
↓  
パターンの計算が難しいため  
天の川を観測する案に決定!

**フィジビリティについて**

① 天の川の全体画角と暗黒星雲の画角

$$\tan \theta = \frac{50000}{26100} = \frac{500}{261} = 1.9157$$

$$\theta = 63^\circ \quad 2\theta = 126^\circ$$

$$\tan \theta' = \frac{340}{26100} = \frac{34}{2610} = 0.01302$$

$$\theta' = 1^\circ \quad 2\theta' = 2^\circ$$

② 明るさ  
三段階  $10^{-1}$   $10^{-2}$   $10^{-3}$   
→ 等級の幅を変えて天の川の像をつかむ  
その過程で暗黒星雲を観測

③ 観測地点

日本と真逆のブラジル、極の北極・南極にしよう。

比較する際、日本からは見えない、正反対の場所であるブラジルと、極である北極・南極で撮ったものを使うと良いと考えたから。

**<まとめ>**

この観測を行うことで、日本からは見えないような天の川を見ることが出来る。  
また、等級別の天の川も、露光時間を変えることで、つかむことが出来る。



< 講義と研究計画立案のようす >





<最終発表のようす>



<講座修了後の集合写真>

## 解説

トップガン課外講座「Stars-A0 衛星観測研究計画立案プロジェクト」にご参加いただいた皆さん、どうもお疲れ様でした。教育学部で、普段は人工衛星を使って X 線天文学を研究している内山です。今回は本科学教室を企画させていただきました。浜松にある静岡大学工学部の能見研究室が中心となり、一般の技術者の方々と開発している Stars-A0 は、CubeSat と呼ばれる大きさわずか 10 cm 角の小さな人工衛星です。CubeSat はできることも限られているのですが、一方で人工衛星の今までにない新しい利用方法に挑戦することができます。Stars-A0 の最大の挑戦は、高感度カメラで撮影した画像データを、アマチュア無線で使われる比較的周波数の低い電波で地上に高速通信することです。しかし同時に、中高生の皆さんに人工衛星（軌道上望遠鏡）を自由に使って科学研究をしてもらう、という大きな衛星では難しい、新しい挑戦も目

指しています。その一環として皆さんには今回、Stars-A0 を使った観測研究計画を立案してもらいました。

今回皆さんが行なった、衛星の性能を元に実現性 (feasibility) を検討しながら、どんな天体を観測すると面白いのかを提案 (proposal) するのは、実際の天文学者も行ないます。私も X 線天文衛星「すざく」の観測提案を毎年一所懸命考えていました。こうした観測提案や、その後の研究で大きな助けとなったのが、共同研究者や (特に) 同じ様に研究をしている友人や同僚との議論 (話し合い) です。議論をすることで、自分のアイデアが明確になったり、今まで気づかなかった側面が明らかになったり、そして何より自分 1 人では思いつかなかった新しいアイデアが生まれてきたり、ということが何度もありました。また、人工衛星搭載装置の調整や開発に関わる中で、様々な制約 (予算や時間) の下で、色々な観点や情報を鑑みて、何かを同意し決定する際には、やはり議論がとても大事 (逆に言うと十分な議論がなされないまま進めると大きな失敗をしてしまう) と感じる場面も経験しました。こうしたことから、科学の営みにおいて議論は根本的なものだな、と私は感じてきました。

一方で日本の学生 (特に大学生) は議論が苦手だとよく言われます。これは仕方ないことだと私は思っていました。何故なら、私自身、議論の仕方やルール、またその価値を学校できちんと学ぶ機会がなかったからです。今回の科学教室では、どうかして議論の仕方を皆さんに学んでもらい、議論の大事さを実感してもらえないだろうか、と考えていました。

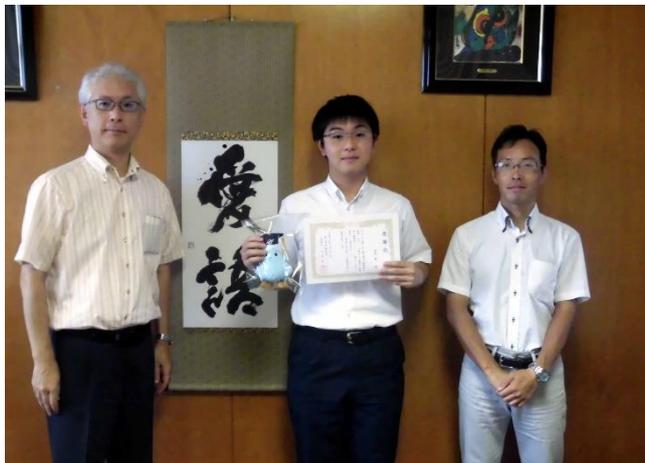
そこで、哲学をご研究されている中村先生と、教育心理学をご研究されている町先生に、今回の科学教室にはご参加いただきました。哲学は物事の本質とは何かを (いわゆる自然科学より広い観点から) 考え続けてきた学問です。この営みの中で、人類は非常にたくさんの議論を積み重ねてきました。そのため、哲学を学ぶ方は「どうやったらより良い議論ができるのか」ということも考え続けてきており、いわば議論の専門家です。そこで中村先生には、哲学が培ってきた議論や発表の仕方のルールを皆さんにお伝えいただきました。また、教育心理学は、学びの中で人の心がどう変化していくのか (逆に人の心の性質が学びの中でどう影響するのか) を研究する学問です。町先生が最後にされた「まとめ」の中で振り返ることで、議論の果たす役割を皆さん自身で捉え直すことができ、(私が科学の研究の中で感じてきた様に) 議論の大事さを改めて実感することができたのではないのでしょうか。正直、両先生のお話は、私が学生の頃に聞いたかった内容で、私自身大変勉強になりました。今回、トップガン科学教室に参加した皆さんは、どちらかと言うと科学や数学 (いわゆる理系分野) に興味のある方が多いと思います。しかし、哲学や心理学、そしてそれ以外の多くの分野の学問も同時に学ぶことの大事さも感じていただければと思います。

今回、皆さんが最終発表してくれた研究計画は、一見 Stars-A0 では難しい様に思われるものの、実現性もちゃんと検討されていて、観測してみると面白そうな大変挑戦的な内容ばかりでした。実を言うと私は「Stars-A0 は小さな衛星なので大したことはできないだろう」と自分が思考停止していたのを思い知らされた気がします。太陽物理学研究者の野澤先生と「これ面白いですよ」と、興奮しながら皆さんの研究計

画について話していました。やはり従来の常識に囚われすぎない若い方が科学に取り組むことは、その発展のためにとっても重要だな（そして私もまだまだ負ける訳にはいかないな！）と実感しました。私自身本当に楽しかったです。どうもありがとうございました。

Stars-A0 衛星は10月29日に「いぶき」2号と相乗りでH2A ロケット40号機により打ち上げの予定です。是非応援よろしくお願ひします。そして、打ち上げ成功後は（本科学教室の参加者の方に命名してもらった）「あおい」という名前と呼ばれることとなります。このStars-A0の運用が安定してきたら、今回皆さんに考えてもらった観測を（実現できるものから実現できる形で、になりますが）行なっていきます。観測データが得られたら、その解析を行う科学教室等も企画したいと思ひますので、ご興味のある方は（今回参加されなかつた方でも）今後も是非ご参加下さい。

（内山秀樹）



（浜松学芸高校校長室にて感謝状授与のようす 左から内藤純一校長先生、発案者高校2年生 豊田聖さん、理科担当教員 伊藤信一さん）

愛称「あおい」は静岡大学が行った応募の中から、浜松学芸高等学校2年生 豊田 聖さんの考えた「あおい」が選ばれました。豊田さんが「あおい」と名付けようとした思いが、以下の文章です。

「Stars-A0」のA0はAstronomical Observationの略ですが、これはローマ字読みで「あお」と読めます。そこからこの人工衛星に対して私は、一面に輝く星空に向かって青い空を駆けてゆくというイメージを思い浮かべました。「あおい」には静岡県にゆかりのある徳川家の

家紋という意味もあります。浜松は徳川家康が青年期を過ごした出世城です。徳川家が世にはばたくイメージとStars-A0が空にはばたくイメージから「あおい」がふさわしいと考えました。

## コラム

## 宇宙への夢

宇宙と深海は、しばしば、人類に残された最後の開拓地であると言われます。今回の課外講座は、その宇宙に関する内容でした。最近では、日本が宇宙に関する科学や技術に関わることが増えており、少し前の情報ですが、2017年1月～9月に科学技術振興機構のサイエンスポータルで紹介されている科学記事131件のうち、最も多い34件（26%）が宇宙関係の内容でした。ちなみに、その次に多いのは、iPS細胞の応用など医療・健康・人間科学に関するもので32件ありました。これまでに日本では、H-IIシリーズのロケット開発が成功を続け、はやぶさによる小惑星イトカワの探査と地

球への帰還に多くの人が感動し、それに続くはやぶさ2による小惑星リュウグウの探査も佳境を迎えています。国際宇宙ステーションの運用や実験でも日本人が活躍し、日本人宇宙飛行士の数もかなり多くなってきました。また、宇宙の成り立ちや構造、宇宙を構成する物質やエネルギーについても次々と新しい発見があり、その分、謎も深まっています。

このような宇宙に関する科学技術のニュースをみると、自分とは遠い世界の出来事のようにも思えます。今回の講座は、実際に打ち上げられる人工衛星で観測する内容を自分たちで考え、そのアイデアが実際の観測に活かされるというものでした。参加者は、いわば宇宙での「本物の」観測計画に携わったことになり、宇宙での科学技術との距離感を一気に縮めたのではないのでしょうか。科学者や技術者になることは簡単なことではないので、それを目指す人には科学技術への夢が必要です。今回の講座の参加者に、その夢が芽生えたのであれば、将来がとても楽しみです。参加した皆さんの中に、月面で人が生活するステーションの建設、火星の有人探査、ダークエネルギーの解明などの研究や技術開発に加わる人がいるかもしれません。

(小南陽亮)

### 編集部子ども記者より

今回は、科学の議論という、中高生の多くがやったことのない、貴重な体験をすることが出来ました。僕はここで大きく2つのことを学べたと思います。

1つ目は、科学的な見方です。自分やグループのメンバーが考えたことを科学的に分析したり、観測研究計画を科学的に説明したりすることで、科学的に物事を見る力がついたように思います。科学的な見方がより高まったことで、今後のトップガンの活動や学校の授業でも、より深く学べると思います。

2つ目は、議論の仕方です。普段から議論をすることはありますが、より質の高い議論にするために大切なことを多く学びました。議論の中に無駄な意見なんて1つも無いこと、役割分担をしっかりと行い、助け合いながら議論を進めること等、先生に教えていただいたり、実際に感じたりしたことがここには書き切れなくらい、多くありました。多くの事柄は独断ではなく、多くの人の議論の上に成り立ちます。今後も議論することは多いでしょう。そのような場面で、今回学んだことを生かし、より質の高い議論になるように努めたいです。

今回の Stars-AO 衛星観測研究計画立案プロジェクトを通して、様々な面からの成長が見られたように思います。参加者1人1人がそれぞれの場で、生かして欲しいです。

最後になりますが、Stars-AO の愛称が「あおい」に決定しました。そして、平成30年度に打ち上げられる予定です。打ち上げ及び観測が無事成功することを願っています。

トップガンジャーナル子ども記者  
静岡大学教育学部附属浜松中学校  
3年 豊田 幸吉