

series わたしの仕事 (15) 国立天文台

中本崇志 (H23/2011卒)

○ はじめに

私はソフトウェアエンジニアです。京機会なのに「なぜソフトウェア？」と思われるかもしれませんが、私は中学生のときからプログラミングが好きで、ソフトウェア開発の仕事はずっと志していました。大学受験で学科を選ぶにあたり、ソフトウェアだけを学ぶのでは面白くないと思い、あえて情報学科以外の中からなんとなくつぶしがききそうな物理工学科、そして機械システム学コースに進みました。学部と修士では松久先生の振動工学研究室に在籍し、2011年に修士号を取得しました。実験（装置製作も含む）とシミュレーションの両方を一人でやる研究室だったので、技術者としての基礎が身に付いたと思います。

○ 海外インターンシップと最初の会社 Cosylab

修士課程の途中でVulcanus in Europeという奨学金プログラムに当たり、1年間休学してスロベニアという国で語学研修と、Cosylab社でのインターンシップを経験しました。応募時に学業成績や推薦状を提出するのですが、成績はかなり悪い方でしたが、機械学会関西学生会などの学外活動が評価されてマッチングに通った、と後で聞きました。海外企業では専門分野とその分野の成績や実績を問われることが多いですが、そういった学外活動も評価に繋がるというのはちょっと意外でした。同社は加速器や核融合炉といった大型物理実験施設向けの監視制御システムを主に開発する会社で、そこでソフトウェアとハードウェアを結び付けてモノを制御することを覚えました。インターンシップ中には、客先である国際核熱融合実験炉（ITER）に出向いて仕事もしました。ITERは日本も参加する国際プロジェクトです。この頃から、国際プロジェクトに技術者として関わるってカッコいいなと思い、国際プロジェクトを志向するようになりました。

修士取得後に正社員として採用され、同社の最初の海外拠点である日本支店を立ち上げました。顧客開拓のための営業や入札対応業務を最初のうちは行っていました。仕事が取れず、技術者としての仕事がなかなかできずに苦悶していたのをよく覚えています。数年たってようやく軌道にのり、技術者としての仕事がで

きるようになってきました。ただ、多くの国際的な科学技術プロジェクトは国立の研究機関が主導しており、よりプロジェクトの中核に関わりたいと思い、ソフトウェアエンジニアの募集がかかっていた東京・三鷹の国立天文台に移りました。

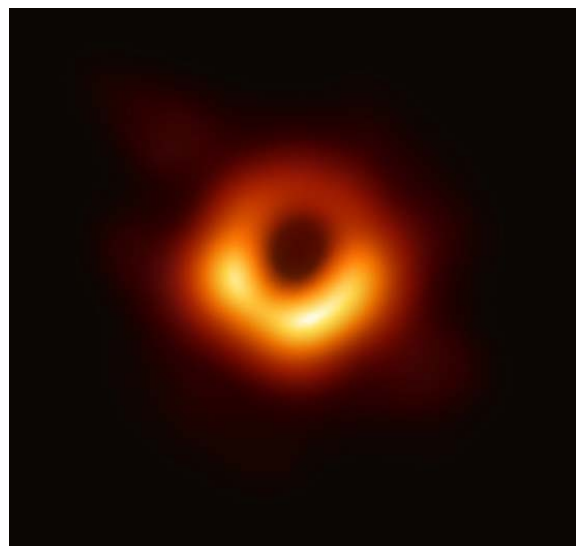
○ 国立天文台（ALMA編）

大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台には世界中の天文学者が集い、天体観測や理論研究などが行われています。それだけではなく、世界水準の望遠鏡を建設・運用し、台内外の天文学者の共同利用に供することも重要なミッションの一つとなっています。つまり、国立天文台が望遠鏡を作って、大学などの研究者がその望遠鏡で観測します。望遠鏡建設・運用のため、数多くの技術者を国立天文台は擁しており、私もそのうちの一人です。近赤外領域では補償光学、電波領域では干渉計技術などにより、宇宙望遠鏡と比べて地上望遠鏡の方がコストや解像力などの点で利点があり、国立天文台ではこれらの地上望遠鏡が主力プロジェクトとなっています。

私は主に2つのプロジェクトに関わっています。1つはALMAという電波望遠鏡です。計66台のアンテナで天体からの電波を捉え、干渉させることで、天体画像を取得する望遠鏡です。日米欧の国際プロジェクトで、南米チリのアタカマ砂漠の約5,000mの高地に建設されています。直近では、M87中心の超大質量ブラックホールの直接撮像にALMAが使われたのがみなさんにとって一番身近な成果かと思えます。



ALMAがある5,000mの高地
日本が担当したアンテナの前で



M87中心のブラックホール画像
(Credit: EHT Collaboration)

私がこのプロジェクトに加わったときには建設はすでに終わっており、運用フェーズに入っていました。ただ、ALMAに限らず、大型の物理実験施設では常に最新の研究成果が効率的に得られるよう、建設後に性能や信頼性の向上を行い続けます。その一環として、私は韓国との合同チームで、新しい分光相関器を設計・開発しています。ALMAではアンテナで受信した電波をデジタル信号に変換します。各アンテナからは96Gbpsのデジタル信号が出力され、それらが一ヶ所に集められ、FFTを用いて相互・自己相関処理をリアルタイムに行います。国立天文台はFPGA技術を用いた専用設計の相関器を開発・保守していますが、その機能の一部をより安価な汎用計算機とGPUを用いて実現しようとするのが私の仕事です。そうすることにより、ほとんどの機能をソフトウェアで実装することができ、将来的な拡張性にも優れたものとなります。

多くの国際プロジェクトでは、新しいシステムや装置を導入するのに世界各国の専門家による設計や計画の審査を受けなければなりません。この審査を「レビュー」と呼びますが、レビューを様々な段階で受け、パスしていく必要があります。私は最終設計段階のレビューのために各種エンジニアリングを行い、大量の英文文書を作成し、レビューアからの容赦ない指摘や質問に答えていくということを最近行いました。レビューが終わった後には、疲れがどっとでましたが、一方で国際プロジェクトに貢献できた実感をもつことができ、技術者として経験値を積むことができたと思います。

ちなみに、機能のほとんどはソフトウェアで実現されるのですが、実際に設計を進めていくとハードウェアの問題にぶつかることが多かったです。例えば、計算機を含む多くの電子機器は高度5,000mで使うようには設計されていません。電子機器にとって高地で一番問題となるのは放熱の問題です。計算負荷により発生する熱は、通常は空気の自然対流や強制対流により放熱させます。しかし、高地では空気が薄いために放熱性能が悪くなるのです。普通の計算機は計算性能を落とすなどして過熱を防ぐようになっているので安全ではあるのですが、必要な計算性能は確保しなければいけません。性能を確かめるには現地で試験するのが手っ取り早いのですが、日本からチリは遠い上、5,000mの環境は人間にとっても過酷でもあり（人によりますが、私は酸素ボンベがないとキツイです）、しかも望遠鏡はすでに運用段階に入っているため、現地試験を実施するのは簡単ではありません。

せん。そこで、ベンチマークソフトを用いた低地での実験と解析などを組合わせて、必要な性能が5,000mの環境でも得られることを示すことになりました。この解析には熱流体力学の知識が必要で、社会人になってはじめてヌセルト数を使用しました。「つぶしがきく」と思って進んだ物理工学科でしたが、そこでの学びがこんなところで活かしています。

○ 国立天文台（TMT編）

私はTMTというプロジェクトにも関わっています。TMTはThirty Meter Telescopeの略で、その名の通り口径30メートルの光赤外望遠鏡です。日米加印中の5か国による国際協力により建設を目指しており、設計が進められています。私は近赤外撮像装置と望遠鏡制御システムのソフトウェア設計・開発などに携わっています。設計途上なのであまり記事として書くことがないのですが、この記事を書く直前に、プロジェクト本部があるアメリカ・カリフォルニア州ロサンゼルス近郊のパサデナというところに異動しました。国立天文台では、研究技師系と呼ばれる技術者のポジションは公募という形で広く台内外から採用・昇任がなされており、私も公募による選考を経て今のパサデナでのポジションを幸いにも得ることができました。国際プロジェクトの中枢にさらにもう一歩近づくことができたと感じています。これからの仕事を楽しみにしているとともに、重責を感じているところです。



TMTの完成予想図（クレジット：国立天文台）

○ プロジェクトの国際化と大型化にともなって

物理・天文分野における大型施設は、性能向上のために施設がより大型化していく傾向にあります。建設費が一千億円を超えると、日本だけでは費用を賄うこ

とができないため、複数の国で一つの施設を建設・運用するのが2000年頃からの傾向となっています。国立天文台で最新の二大プロジェクトであるALMAとTMTはどちらも国際プロジェクトです。また、望遠鏡は大気の揺らぎや晴天率などを考慮して世界各地の中から建設地が選定されるため、条件の悪い日本国内には新しい大型望遠鏡はこの先ほとんど建設されないだろうと思われます。そのため、国立天文台に所属する技術者には、プロジェクトの国際化や大型化への対応が強く求められています。言語が英語なのは当たり前として、IECなどといった国際規格への対応や、系統的なプロジェクトマネジメントやシステムエンジニアリングなどがその典型例です。また、ソフトウェアの分野は開発手法や技術トレンドの変化が早く、ソフトウェア業界の慣習とプロジェクト全体のやり方をうまくマッチさせていかなければなりません。

また、多くの国際プロジェクトでは、各国は資金提供をするだけではなく、in-kind contributionとして施設の一部を製作するなどして責務を果たす必要があります。望遠鏡の場合には、貢献の割合によって各国の観測時間割当が決められるため、生産性は技術者にとってとても重要な点になります。一つのプロジェクトの下で、各国の技術者は協力しつつも、ある点では競争でもあると私は感じています。世界的な競争の中で、国立天文台の技術者は、個人としても組織としても生き残りをかけて自分たちのスキルを上げていかなければなりません。「ソフトウェアは全部××国で作れば良いよね」などと言われたら、私は居場所がなくなることでしょうし、そうなりつつあるところに危機感を抱いています。

大型化に伴ってプロジェクトが長期化する傾向にあり、プロジェクトに所属する技術者一個人として見たときに大きな問題だと感じています。望遠鏡を建設から運用開始するまでに10年などといった期間が必要になってきています。国立天文台の規模では同時期に大型建設プロジェクトは1つか、せいぜい2つ程度しか走らせられません。そうすると、大半の技術者は生涯のうち建設に携われるのは2~3回程度となってしまう、学んで次に生かすというサイクルがほぼ回らないことになってしまいます。モチベーションを保つのも容易ではなく、うまく区切りや小プロジェクトを設定し、レビューなどといった機会を利用して評価を受けることで、成長の機会を求めていく必要があると今のところ私は考えています。他の業界でも似たような状況があるのであれば、そののところどう取り組んでいけばよいのか、せつかく京機会という場があるので、情報交換とかできれば良いなど

勝手に思っています。

○ 技術者視点で国立天文台の良いところ

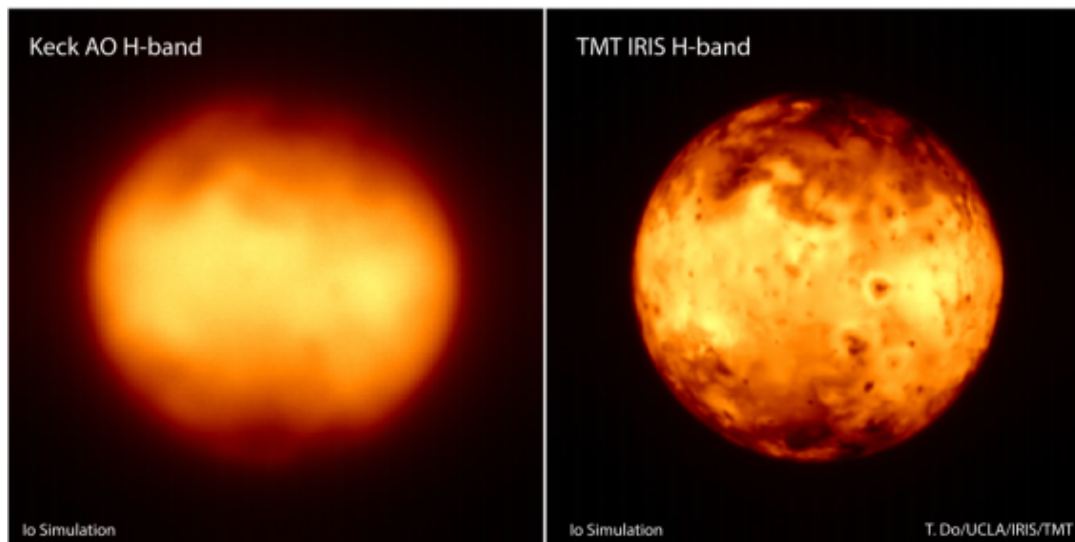
望遠鏡本体などの大型装置の設計・製作などでは、メーカーの協力を仰ぐ必要があり、国立天文台の技術者の仕事の中心は仕様策定やインターフェースの取り纏め、テスト・検証などになります。一方で、国立天文台では自分たちで装置の設計・製作もできるところが他の国立研究機関と比べたときの強みです。例えば、メカニカルエンジニアリングショップと呼ばれる工場が台内にあり、一通りの工作機械があるので、装置の設計から製作、評価までを行えます。TMTの近赤外撮像装置では、国立天文台の研究者・技術者が光学・機械・電気電子・ソフトウェアの設計を行います。近赤外装置では、装置自身からの熱輻射が観測の妨げになることから、油などの液体潤滑剤が使えない液体窒素温度・真空環境下で光学部品をアクチュエータで動かすことになるのですが、そういった特殊環境下でも動かせる装置を設計できる機械系技術者がいるのはとても強力です。開発要素も多々あり、このような環境下でも装置が信頼性をもって動作するかどうかを確認するためのプロトタイプ試験に、私はソフトウェアエンジニアとして関わることもあります。こういった開発から設計までが台内で完結できるのはとてもよい環境だと思います。

ソフトウェアに関して言えば、デバイスに近い下位のソフトウェアについてはメーカーが設計・開発をすることが多いですが、上位のソフトウェアは他国の大学や研究所と共同で国立天文台の技術者が設計・開発・試験を担当することが多いです。エンドユーザーは天文学者になるため、ソフトウェアエンジニアを台内に擁することで、天文学者からの要求に比較的素早く対応できるのがユーザー視点のメリットです。また、自分たちで設計して、コードを書いて、試験・運用まで一貫してできる環境というのは、技術者個人の成長という観点でとても良いことだと考えています。

国立研究機関ということもあり、メーカーと比べると、自分達で設計・開発した技術に関しては公開する方向の力学が働きます。他国でも似たような文化が共有され、同じプロジェクトやチーム下では詳細な技術文書などがお互いに見られたりしますので、とても参考になります。一方で、自分が設計するものはみんなに見られるので、中途半端なことや誤魔化しがきかないところは大変なところでもあります。見られなくても、ちゃんとやらなければいけないのは重々承知して

いますが。

ちなみに、国立天文台の技術者としてやっていくにあたって、天文の知識はほとんど不要です。星座の名前を聞かれても私は全く分かりません。上位要求仕様は天文観測の視点から記述されるので、それを下位仕様や設計に落とし込むのに天文の知識が必要なときもありますが、全ての技術者がそれを行うわけではありません。とはいえ、天文の知識があった方が理解が早いし、楽しいので、私は時間を見つけて勉強するようにしています。分からないことがあれば、同じオフィスにいる天文学者に聞けます。要求仕様書やサイエンスケースの全てが理解できるわけではありませんが、素人ながらもサイエンスの面白さが分かるので、やる気につながります。あと、自分の仕事を説明するのにきれいな天体画像が使えるのはこの分野ならではのと思います。ビジュアル、重要ですね。



TMTが完成すると右のように地上からでも木星の衛星イオがくっきり見えるらしい (Wright et al., The InfraRed Imaging Spectrograph (IRIS) for TMT: latest science cases and simulations, 2016より)

○ おわりに

国立研究機関の（研究者ではなく）技術者という、京機会会員の中では比較的珍しい仕事をやっていると思います。メーカーなどとは少し異なった競争原理や技術者への要求がありつつも、必要とされる素養は大きく変わらないかと思っています。物理・天文分野ではプロジェクトの国際化・大型化の流れの中で成果の出せる技術者が必要とされており、そういったところにも私たちが活躍する場があるんだということで、この記事が（特に若手の）皆さんのキャリアに少しでも参考になればと思います。