

青字部分は世話人による口頭での質疑・議論の議事録です。(敬称略)

黒字部分は google doc による質疑の記録です。

09:45-10:00 趣旨説明 野上大作

◇ セッション1: 国際計画での経験

10:00-10:40 初の外国設置施設となったすばる望遠鏡 家正則

光天連や日本学術会議の後押しを得て、国立天文台が1991年度から9年計画でハワイに建設されたすばる望遠鏡は、文科省として初の外国設置の大学共同利用施設となった。建設に至る経緯、国際交渉の経緯を振り返り、この画期的計画の学界への功績と反省点についてコメントする。

10:40-11:20 SPICAでの経験と今後への教訓 金田英宏

日欧協力を軸に進められてきた赤外線天文衛星計画SPICAは、2020年7月に発覚した欧州宇宙機関ESA側のコスト超過が原因で、2020年10月に検討中止となった。プロジェクト副PIおよび装置PIとして、2014年の新しいSPICAの立ち上げ以降、国際協力に深く携わってきた立場から得た経験と今後への教訓を述べる。

(但木・国立天文台) SPICAにおけるISASやプロジェクト側の問題点について、わかりやすくまとめてくださりありがとうございます。一研究者としては長尾さんの質問(コミュニティとしてプロジェクトを成立するために何か貢献できることはなかったのか?という点)が重要だと感じました。今後の天文関連の衛星プロジェクトを成立させていく上で、コミュニティ側ができることは何かあるのでしょうか? ISASに人を送り込むという話もありましたが、もう少し浅く関わっている研究者ができることについて何かコメントがあればお聞きしたいです。

(金田) 質問をありがとうございます。コミュニティが一枚岩になることが重要だと思います。どうしても皆が集まれば、個々人の興味で、あれがやりたい、これもやりたい、いや別のミッションのほうが良い、という感じになってしまうのですが、これは対JAXA的には非常に悪い印象を持たれるので、光赤天連全体の総意で推す、推せるようなミッションを考えることが理想だと思います。

(児玉・東北大学) SPICAはすばるコミュニティーをうまく取り込めなかった点が残念だったと思います。光赤天連でも2010年代はTMTとSPICAが日本の将来計画の2大柱として位置付けられ、SPICAに対してコミュニティーからの強いサポートがありました。ところが、口径が4mから2.5mにダウンサイズしたこと(宇宙研の中型予算の上限が引き下げられた)がターニングポイントでした。さらに観測装置も広視野撮像はやめて分光に特化することになるなど、当初描いていたSPICAとかなり違うものになってしまい、すばるコミュニティーの関心が少し離れて行ったことは否めません。科学的にはむしろWISHへの期待が大きく、それと競合した点もあります。これらの経験をもとに、将来に向けては、光赤外のスペースミッションは、すばる(NAOJ)とあかり(ISAS)の両方のコミュニティーが一丸となって進めることが肝要だと思います。プロジェクトの推進には結局はコミュニティーの後ろ盾が鍵だと再認識させられました。そしてそれこそが光赤天連の役割だと思います。

(金田) コメントをありがとうございます。光赤外が一枚岩になって進めることが重要です、理想的には、潜在的な競合相手であるX線や惑星関係者からも理解が得られるミッションが望ましいと思います。ただ、SPICAのような大きな規模のものを、ここまでのレベルに持ってくるのに相当な苦勞がありましたし、人材も含めて多くのリソースが投入されたので、こういう形で止まってしまうのは非常にもったいないことをしたと思いますし、これが無駄にならないように将来に繋げていければ、と思います。

(家・国立天文台) 一つ質問です。スライドから察するにTMTやALMAでプロジェクト管理に使われたWBSシステムはSPICAでもあったのだと思いますが、スケジュール管理やコスト管理に関するStandingなManger+Committeeへの日本側の参画が人員不足で十分でなかったという理解でよろしいでしょうか、それともそのようなStanding Managerの体制がESA側でも機能していなかったのでしょうか？

(金田) 質問をありがとうございます。人員不足だったということよりも、我々現場レベルの人間がプロジェクト全体のコストや所掌・スケジュールなどのクリティカルな管理に関して、直接的に口を出せないことに苦勞しました。後期のSPICAはESAリードとなりましたので、プロジェクトの進め方はESAに準拠せねばならず、management間での議論が必要でした。ところがISAS側ではmanagementレベルでそのような体制が存在せず(あるいは貧弱)、ほぼ全てが提案プロジェクトチーム任せというところがありました。そのため、結局、我々は日本担当部分のクリティカルな管理は行えていましたが、ESA側の状況を含めて全体を把握することが非常に困難でした。

(松尾・国立天文台) SPICAは光赤天連、ALMAは宇電懇という枠組み自体に問題があるように思います。今では、ALMAで遠赤外線観測が行われているし、SPICAではサブミリ波の観測に興味を持たれているのですから。欧米の将来計画の議論に参加することは多いのですが、コミュニティーの枠組みを取っ払った議論が必用だったのではないかと強く思います。

(金田) コメントをありがとうございます。私も全く同感です。

11:20-12:00 ALMA Construction and Operations 井口聖

ALMA望遠鏡の立案、建設、運用そして今後について、ご紹介する。

(本原・国立天文台) なんだか内輪の話じゃないかと突っ込まれそうですが、システムエンジニアリングの話でALMA-Jでシステムエンジニアリングはどのようにして進められたのでしょうか？ガッツリやるとなると片手間では難しく、その道のプロ(あるいは専任に近い人)がいないと効率的に進めていくのがなかなか難しい印象なのです。

13:30-14:20 IceCube宇宙ニュートリノ観測実験ー日本グループの挫折と成功 吉田滋

IceCube実験によるニュートリノ宇宙の知見と、そこに至るよもやま話を語ります。

(家・国立天文台) 研究会の本題では無いのですが、見せて頂いたスライドに 10^{14} eVまでのガンマ線のエネルギースペクトルと 10^{18} eVあたりの超高エネルギー宇宙線のエネルギー

ペクトルが表示されていたのがありましたが、両者の関係をどう理解したらよいのか分かりにくかったのでお聴きします。宇宙線のほうはより低エネルギー側にもパワー則で伸びているが縦軸の表示範囲内で二つを並べられたという理解でよろしいでしょうか？

(吉田) はい、そのとおりです。高エネルギーサイドにフォーカスしたかっただけの理由です。

14:20-15:00 KAGRA 大橋正健

KAGRA計画の立案、実現、運用について説明する

15:10-15:50 ひので：国際太陽天文台での経験から 清水敏文

太陽観測衛星「ひので」は、欧米が参加した日本主導の国際太陽軌道上天文台である。立案段階（1991年～）、開発段階（1998年～）、運用段階（2006年～）の活動、問題となったことと克服の仕方、そしてコミュニティの役割と期待することに関して国際協力の視点で、また全フェーズに関わった一研究者の視点でレビューする。

15:50-17:00 議論

推進団体としてのSPICAのまとめ 野上大作

(匿名) 金田先生をはじめ、SPICAの開発を担当なさっていた方のご苦勞、お察し致します。また、コミュニティを代表して検討委員会への対応をなさった野上先生も大変お疲れさまでした。一方で、金田先生の講演を公演を拝聴し、気になる点がありますので、コメントさせていただきます。コメントの内容を考え、匿名とさせていただくことをお許してください。

金田先生は、ご講演の中で、関係者の中でしっかりとした議論が行われないうまま、気が付いたら口径3.5 mのSPICAに決まっていた、という趣旨の御発言を協調なさっていた様に感じます。私も、ミッション立ち上げ期における議論と、その結果得られる関係者の同意の重要性を再認識致しました。一方で、金田先生はご講演の中で新しミッションを提案なっております。外野からの意見で申し訳ないですが、中間・遠赤外線分野でどのような議論がなされ、どのような合意が得られているのか、正直なところしっかりとした情報がありません。金田先生の講演に基づくならば、現時点では新たなミッション提案よりも中間・遠赤外線分野での議論と合意形成が最重要ではないでしょうか。次世代のミッションはそのミッションを誰が率いるのかも含めて、SPICAを実際に担当されていた方だけではなく、あかり衛星を担当なさっていた方々、地上の中間赤外線観測の方々などを巻き込み、幅広い方々の参加のもとで議論をつくし、合意を得ることが先決であると感じます。そのエビデンスが明確に示されない限り、光赤天連では中間・遠赤外線分野の新しいスペースミッションをサポートすべきではないと提案致します。是非、野上委員長にはそのような意識を持って頂きたいと思えます。それが、スペース中間・遠赤外線分野の復活に向けた、唯一の手段ではないでしょうか。

なお、このコメントは井上先生がご提案なさっているGREXについてのものではありませんので、勘違いなきようお願い致します。GREXについては、着実に進めていくことを期待致します。

以下は世話人による議論部分の議事録：

(野上) これまで、光赤天連として

- ・ SPICAタスクフォース (2008-2015)
- ・ マスタープラン2014, 2017, 2020での推薦
- ・ 将来計画検討報告書2010年代, 2020年代, 2030年代で1章を割いて取り上げる
- ・ 声明の発出

等を行い、コミュニティとしても

- ・ 観測装置SMIの開発のかなりの部分を担う
- ・ JAXA/ISASのSPICA研究推進委員会やサイエンス検討会等への参加

等を行ってきた。

ところが、SPICA計画は中止となるに至った。

SPICAの計画中止を受け、今後宇宙科学における国際共同ミッションを確実に進めていくために、ミッション定義段階(概念検討から概念設計まで)のより効果的な活動を検討する事を目的として、「国際共同プロジェクトにおける概念設計検討委員会、委員長：向井利典名誉教授」が設置された。

その委員会で、SPICA計画の活動が終了に至った要因分析を行い、重要なポイントと識別された時点における課題や判断の妥当性を確認・整理し、得られた知見を基に、将来の大型国際共同ミッションの推進に向けた提言(科学コミュニティ・提案チームに対する提言、組織論的観点、マネジメント体制の観点、技術的観点)がまとめられた。提言の詳細はSPICA終了審査が完了した段階で公開される(10月を予定)報告書を参考の事。

ここで、上記委員会メンバーでもある野上さんによって報告書の内容の一部が読み上げられた。ただ、公開前であるという事を鑑み、記録に残すのは不相当と考え、文字にはおこさなかった。この報告書を受け、ISASとしては今後の宇宙科学・探査プログラムにおける国際協力活動へ活かすため、プロジェクトマネジメントプロセスへの取り組みを進めている事になっている。

今回の議論では、光赤天連が推進団体として、何ができなかったを明らかにしたい。SPICAに対してコミュニティとして、もう少しこうすればよかった、という意見を募りたい。

(家) 検討委員会の報告書の提言を受け、今後プロジェクトマネジメントをしっかりと、といった新しい方向性を実現するプラットフォームとして、もう一度SPICAを復活させるという可能性は無いのか？ヨーロッパ側も諦めている気配はあるが、アメリカが何故遠赤外に参加しなかったか？の分析は必要だと思うが、遠赤外が本当に重要だという光赤外コミュニティの共通認識があるのなら、新しいミッションでそれを実現する可能性に加え、SPICA復活を検討する余地は無いのか。

(中川) 今後どう進めていけばよいか、ということについては議論中である。アメリカはSPICAには、検出器の部分で100M US\$の貢献で参加することを検討し、Mission of opportunityのプロポーザルも出したのだが、これは不採択だった経緯がある。NASAはDecadal SurveyにOST(実質的に巨大SPICAと言える)を提案している。OSTはアメリカ単体ではできず、国際協力が必須である。Decadal Surveyの結果を見た後、新ミッションやSPICA復活等の対応を考える事になるだろう。感度の曲線等を見るとSPICA(OST)が無いと、他波長と遠赤外で感度の大きなギャップが出来てしまう。だから、何らかの復活(遠赤外ミッションの)は果たしたいと考えている。GREX-PLUSはSPICAでやろうとしていたサイエンスの一部を復活できる可能性がある。

(野上) SPICAの遺産のかなりの部分はGREX-PLUSに受け継がれている。冷却技術等は色々なスペースミッションに応用できる。これらは生きていくのだと考える。

(長尾) 金田さんの講演の中で、SPICAは最初のプロジェクト立案のところで背伸びしすぎたのでは?というコメントがあった。SPICAは最初のプロジェクト立案(3.5m, 6K)の時にどのような議論があったのか? 1.5m, AKARI-2という案が捨てられた経緯は?

(中川) 1990年代後半にAKARIが口径70cm、冷却ミッションで行くというのが決まり、その次のミッションとしてAKARIを質的にも超えるものを作りたい、科学的にも大きな発展が見込める、技術的にも冷却技術で大きな発展を見込む、ということで仕様が決定され、当時の多くの方の意見を聞き、国際会議等を開いて議論を重ね、パラメータが決まった。しかしその経緯が広く認知されていないという事は、議論が必ずしも十分ではなかった、ということなのかもしれない。今後に向けての反省点だと思う。

(長尾) すばるの時のように、パラメータ設定を国際会議等を通して収束させていったということだが、光赤天連のメンバー、コミュニティが広く参加する形でその議論は行われたのか?

(中川) 当時は光赤天連としてのコミットメントというより、この分野に興味がある研究者が議論に参加しているという状況だった。光赤天連としてSPICAにコミットメントしていくというのは、光赤天連にSPICAタスクフォースが出来上がってからであり、パラメータ設定というよりは、SPICA搭載の観測機器をどうしていくか、という所に光赤天連に深くコミットしてもらっていた。そういう意味では口径3mクラスの望遠鏡を冷却して飛ばすという方向性がある程度決まってから光赤天連に話した、というような流れになっており、口径設定に関して光赤天連として議論したか、といわれるとそうではなかったと考える。

(稲見) 金田さんの講演の中で、日本の科学予算が3.5mを計画した時と同レベルで続いてきていけば、SPICAは出来たのではないかと、というコメントがあった。最初の段階でのパラメータ設定が問題というよりも、その後の方向転換(口径縮小等)の方が問題だったのではないかと? 当時はAKARIが成功して、ハーシェルも打ち上がった時期であり、その次の物を作るといった時にハーシェルよりも小さいものを作るといふ解は難しかったのではないかと?

(金田) 日本単独で500億円で3.5mをやるのはやっぱり無理である。1000億円かかる。やるには国際協力が必要で、JAXAとESAが組んで進めていく必要があった。ただ、500億円の予算があれば予算が問題となって計画中止とまではいかなかったと思われる。しかし、その予算があっても口径2.5mへの縮小等は避けられず、計画の遅延もあっただろうと思う。

地上ものと違って宇宙ものは打ち上げてなんぼ、という所がある。どんどん打ち上げて実績を積んでいくというのが大事。であるから、少々口径がハーシェルに足りなくても、頑張っで打ち上げていくというのも一つの戦略だったのではないかと思う。

(稲見) それであればやはり途中で方向転換が問題だったのではないかと思う。

(金田) 旧SPICA(3.5m)で無くなった時に、ヨーロッパがそれでは参加しないと断ったとしても、思い切って2mにするなり、もっと縮小して確実に進むものをすべきだったように思うし、それについてきてくれる新しいパートナーを探す事も必要だったのではないか。そこが反省のポイントだと思っている。

(松尾) 電波天文の立場から。2000年頃は口径10mの(遠赤外ができる)望遠鏡があるといいなと思っていた。長波長の観測は回折限界が辛く、ヨーロッパが大口径にこだわるのはわかる。当時は分光より測光観測の重要度が高く、多くの天体をサーベイで見つけたいという希望があって、Confusion limitが問題であるというのが共通認識であった。欧米は中間赤外よりは遠赤外～サブミリにかけての観測に重点を置いていた事もあって、角度分解能が落ちる口径縮小のオプションは考えていなかったと思う。

(野上) 当時、この案とこの案が対立していた、等はあったのか？

(金田) 奥田先生と芝井さんは3.5mではなくもっと小さいもの、2mクラスのことを考えていた。松本さん、中川さんとの間で激論になったと後になって聞いた。SPICAチーム内でも意見の相違があったようだ。当時のSPICAチームの総意として、3.5mということに合意できていたのか？

(中川) 2000年の議論は国際会議の議事録、プロシーディングがある。口径縮小に関する議論については、奥田、芝井、松本、中川というクローズな所で議論しただけではなく、オープンな所でも何度も議論した。その議論の記録がまとまった形で残っているかは把握していない。

(児玉) 「2010年代の光赤外天文学」という将来計画検討会に参加していた立場から。その時には、TMTと4m(3.5m)の宇宙望遠鏡SPICAというのが将来我々が欲しい物、という風に結論づけた。であるから、4mの望遠鏡があつたら素晴らしいという意見はコミュニティの方からもちゃんと出していた。4mの口径というのはロケットに入る最大の口径で、非常に夢のあるプロジェクトだった。光赤天連でもちゃんと議論したのを覚えている。

その時の宇宙研のコストキャップは500億円で、もちろん国際協力の道等もあり、できると思っていた。その後宇宙研のコストキャップがかかり、口径を縮小せざるを得なくなった。

結局はコストキャップが急にかかり口径を縮小しなくてはいけなくなって、プロジェクトが縮小していった、という印象がある。

(吉田) 将来の宇宙ミッションの事を考えると、SPICAを支える母体としての我々がどれだけSPICAを支えられてきたのか、というところをちゃんと反省すべきだと思う。SPICAはいろんな経緯があって計画が時々の状況によって変更せざるを得なかったが、我々はそれをちゃんとWatchして、その時々に応じてSupportするというようなことを一丸となってしてきたのか？というところをJAXA/ESAのゴタゴタ、予算削減のせいにするのではなく反省すべき。これなしには次の宇宙ミッションは支えられないと思う。すばるをやろうと言った時のあの熱意が無いと、なかなか次が厳しいと思う。

(野上) サイエンスを絞り込んでこれをやるんだ、というのが大事という講演もあった。光赤天連としてこれをやるんだとしっかり決めて推し進めていく事が必要。

(住) Cost estimateが早い段階でできていたかどうか、それができるシステムがあったかどうか重要なのではないか。身の丈にあったプロジェクトを設定できるかどうかはCost estimateがしっかりしていないと、研究者には判断できない。NASAには研究者が立案した計画のCost estimateをするチームがあり、そこがestimateしてそれを受けて研究者がまた考える、というようなシステムがある。今の宇宙研にそういうシステムはあるのか？我々光赤天連にはCost estimateはできない。

(金田) 旧SPICAの時はメーカーにCost estimateを依頼していた。宇宙研内部でcost estimateをやっていたことは無いと記憶している。国内メーカーはそもそもなかなかCost estimateを引き受けてくれないし、引き受けてくれてもマージンを積んで高い金額を言ってくる。WISHとSPICAが人気を二分していた。その中でSPICAがどんどん規模が小さくなっていき、ますます光赤天連からサポートを得られにくくなっている気がしていた。次のミッションは、すばるとあかりのチームが融合し、SPICAのヘリテージを活かしつつ一枚岩となって進めていく事ができるミッションを提案できればと思う。

(山田) コストを企業に評価してもらうためには、具体的な概念検討が必要。その中でどういう手順でどうやってCost estimateをしていくかは簡単な問題ではなく、それを宇宙研は十分にできていない。現状は宇宙研にプログラム室というところがあり、そこが提案のあった計画責任者と話をしながら企業との交渉のタイミングを見ながらアドバイスを出し、段階的にCost estimateの精度を上げていく、という方式である。各提案チームがやるコスト評価を独立して評価するプロセスもあるが、各提案チームが自助努力でやっていくには限界があると思う。今後はコスト評価の方法を一元化する必要があるのではないかと議論が理工学委員会の中でも出てきている。

光赤天連として推進したい計画を持つのは重要で、その上で、宇宙物理分野として、日本として推進していくべき計画だというコンセンサスを得られるようにしていくことが重要。

(中川) SPICAの場合もコストはメーカー検討だった。計画中止の直接の原因となったESA側のコスト超過については、ESA側のコスト評価をする所(CDF)の見積もりが甘かった。

(松田) 公開されている資料をもとに、望遠鏡の総経費と口径に関する図を作った。コストは口径のパワーローで表せるような関係があるように見える。そういうのを見ると大体のコストの規模感というのは見積もれたのではないか。ESAを巻き込むのとは別に、宇宙研がつくばJAXAと組んでコストキャップを克服しつつSPICAを進めて行くことは出来なかったのか？

(中川) つくばと組む道を探ってはいた。2013年くらいにJAXA全体の副理事長のもとに、タスクフォースを作り、JAXA全体でSPICAを進める可能性を探る事はやったが、成就しなかった。ただ、つくばの技術開発本部はSPICAに深く関わり、宇宙科学ミッションにつくばの技術グループがコミットする前例となった。

(野上) (まとめ) 最初のミッション定義段階でしっかり議論しておく事は大事だろう。Cost estimateをうまくできるような仕組みを作ればよいが、難しそうではある。我々コミュニティ側がSPICAが苦勞している時にちゃんと支えられたのか、反省は必要。光赤天連としてSPICAのプロセスをもう一度検証してみようという話はある。

(大藪) お金の問題もあるが、これだけ大きな計画をやっていく人材をコミュニティとしてどうやって育てていくか。光赤天連としてこのあたりの、人材育成をどう考えていくかという議論も必要なのではないか。