

2023年3月15日

関係各位

SPICA 問題に対する光赤外天文コミュニティの総括

光学赤外線天文連絡会

要旨

光赤天連（旧略名：光天連）が 2000 年代半ばに TMT 計画と相補的な次世代スペースミッションの最重点計画と位置づけ、以降その推進を後押ししてきた SPICA ミッションが、2020 年 10 月に中止された。その直接の要因は主推進機関である ESA におけるコスト超過問題である。ただし、その中止の遠因として、数百億円規模という大型ミッションに見合った支援をする体制が光赤天連内で不十分であったこと、特に組織としてのミッション推進のための情報共有の体制が未発達のままであったことが挙げられる。その結果として、SPICA を支援しきれなかったことは、重く受け止めなければならない。最重点計画と位置付けながらも、いくつかの重要な時期に SPICA 検討チームや宇宙研執行部とのコミュニケーションが不足がちとなったことや、科学コミュニティ内でのサイエンス検討の際に技術・コストの課題を十分に考慮できていなかったことは、反省すべきである。今後、光赤天連が大型プロジェクトを支援していくためには、光赤天連と当該プロジェクトチームとの間はもちろんのこと、プロジェクト推進機関の執行部をも含めた双方向のコミュニケーションを促進し、光赤天連がプロジェクトに主体的に参画するべきである。また、長期間のサイエンスの展望に立ち、技術開発やプロジェクトマネジメントの重要性を再認識し、大学における天文技術開発をコミュニティ全体で活性化させるなど、大型プロジェクトを支える体制をコミュニティとして整えなければならない。光赤天連は、SPICA の教訓を活かし、長期的な観点で大規模なプロジェクトを実現できるコミュニティに発展していく必要がある。

1. 背景

SPICA は日本独自の冷却技術を投入した口径 3m 級の次世代赤外線宇宙望遠鏡を実現する計画として 1990 年代から進められてきた[参考文献 1, 2]。2007 年からは JAXA 主導での大型科学衛星枠（日本の予算 500 億円規模）の国際協力計画として進められた。しかしながら、予算獲得の目途が立たず、2013-14 年以降は欧州宇宙機関 ESA 主導の計画として移行し、日本では JAXA 戦略的中型科学ミッション(300 億円以下)の枠で進められてきた。2018 年には ESA Cosmic Vision M-class の 5 号機候補として選定され、2021 年のダウンセクションに向けて日欧協力で検討が進められていた。しかし、ESA における大幅なコスト超過問題が発覚し、2020 年 10 月初めに ESA 科学局幹部と宇宙研執行部の会談で SPICA ミッションの中止が決定された。

光赤天連は、光赤天連声明「次世代赤外線天文衛星 SPICA の推進」（2013 年 6 月）[参考文献 3] にあるように、SPICA 計画の積極的な推進と実行体制の整備を早急に進めることを、我が国の光赤外線天文学コミュニティの総意として、関係機関へ強く要望してきた。具体的には、2005 年にとりまとめた将来計画検討書「2010 年代の光赤外線天文学」において SPICA ミッションを地上の TMT 計画と相補的な「次世代スペ

ースミッションの最重点計画」として採り上げ、強く推薦したことを皮切りに、2008年には光赤天連 SPICA タスクフォース（第一期）を設置し、焦点面装置の審査を主導するなどした。2013-14年に国際的な推進体制が大きく変化してESA主導となった直後、宇宙研においてSPICAタスクフォースが設置されて宇宙研内の体制が強化されたときにも、光赤天連タスクフォース（第二期）を始動させると共に、将来計画検討書「2020年代の光赤外天文学」（2016年8月刊行）においてSPICAミッションをスペースの最優先課題であると再確認した。さらに2018年9月に発足した宇宙研設置のSPICA研究推進委員会に光赤天連メンバー4名が委員として参加するなど、ミッションの推進を強く支えてきた。これら、光赤天連からの支援は、SPICAミッションの「学術の大型研究計画に関するマスタープラン」（第22期2014；第23期2017；第24期2020、日本学術会議）への採択や、「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想」（ロードマップ2012；2014；2017、文部科学省 科学技術・学術審議会）への採用にも大いに寄与したと自負できる。

それだけに、検討プロセスの途中段階においてSPICAミッションが中止に至ったことは唐突であり、遺憾であった。長期間にわたり中心的な計画として光赤天連が支援してきたSPICAが中止となり、将来計画の礎において大幅な変更を余儀なくされたことの影響は計り知れない。

SPICA中止問題に関して、宇宙研から委嘱を受けた第三者委員会による詳細な報告書（「国際共同プロジェクトにおける概念設計 検討委員会 報告書」、2021年8月16日付、以下「第三者委員会報告書」と記す）[参考文献4] が公表されている。さらに、それを受けて宇宙研としての総括（「今後の宇宙科学・探査の進め方へ向けた改善方策」、2021年10月、以下「宇宙研総括文書」）[参考文献5] もなされている。それらの検討結果も踏まえながら、SPICAの科学ミッション遂行に責任を持つべき科学コミュニティの立場から総括をすべきとの意見が、光赤天連の中から多く沸き上がった。そこで、この問題を主体的に捉え、科学コミュニティとして改善すべきであった要因を整理しておくべきとの趣旨に立ち、光赤天連運営委員会が主導して「SPICAへの関わり方に関する総括ワーキング・グループ」を設置し、2022年3月から12月にかけて、総括文書を取りまとめた。本書は、SPICAミッションを完遂させるために光赤天連として何が足りなかったのか、そして将来の大型プロジェクトを推進するために光赤天連はどうすべきか／どうあるべきなのかという観点を中心に、科学コミュニティの視点からSPICAミッションの中止問題を総括するものである。

2. SPICA中止に至った要因の整理

SPICAミッションの中止に至った経緯や要因の分析が、宇宙研の第三者委員会報告書[参考文献4]に記述されている。この第三者委員会報告書は、中立的な立場から入念に調査を重ね、関連する事実と問題点を網羅的に示している。この報告書の一部を以下に抜粋する。

- SPICA計画中止の直接原因はESA側のコスト超過であった。（中略）一方、JAXA側にもコスト超過の懸念が続いていて、ESA側の担当であったSIA¹とFGS²の全てを受託する事ができなかった。（§3）

¹ Science Instrument Assembly（科学観測装置の組み上げ）

² Fine Guidance Sensor（精密指向制御装置）

- ESA 側のコスト超過の大きさが把握されたのは 2020 年 7 月の MCR³の結果とされている。この時期が遅くなったのが手遅れになった直接的な原因であるが、それは質量推定値の大幅超過問題のためでもあった。その要因の一つは、M5 一次選抜後の 2018 年 7 月に行われた CDF⁴ study の検討が甘かった事である。その後、ESA 側では企業による概念検討が開始され、2019 年 9 月に ESA Progress Meeting 2 において深刻な質量超過が報告された。(中略) 2018 年の CDF study において SPICA-J⁵提案の M-PLM 型(ただし、横置き)をベースラインとする検討、併せて望遠鏡縮小などのトレードオフ検討が行われていれば、後年で質量超過問題が深刻化しなかった可能性がある。(§ 4.3)
- 旧 SPICA 時代、SPICA-J はミッション提案の ISAS 所内グループを中心に、JAXA 研究開発本部の技術者や大学所属の研究者を含めて構成されたが、過去に経験のない大型国際共同ミッションを遂行する体制とは言い難かった。(§ 4.4)
- 2013 年、常田前所長の指導により新 SPICA への転換が図られた際、(中略)体制強化が行われ、併せて所内に執行部と PI メンバー⁶から構成される SPICA タスクフォース(SPICA-TF)を設置した。この体制の下、ESA とも協力しながらミッションのサイエンスと規模を一応満たす提案を持って 2014 年の CDF study に至ったことは評価される。(§ 4.4)
- しかし、2015 年末に SPICA-TF が活動停止した後、ISAS として SPICA のための ESA 対応や ISAS 執行部と SPICA-J のコミュニケーションなどの役割を担う仕組みがなくなった。(中略)国際的責任を果たすためにも ISAS 執行部と SPICA-J が密接に連携して ESA 側に機動的に対処しつつミッションの実現を目指す「SPICA-TF」のような枠組みを再構築すべきであった。(§ 4.4)
- チーム体制として、(中略)新 SPICA 移行後の体制は常田前所長の指導に沿って変更されたが、チーム内の意思疎通と合意形成が十分でなく、(中略)それが所内と所外のメンバーの円滑な連携が必ずしもうまく機能しない一因となった。(中略)宇宙科学ミッションの場合、ISAS 執行部としての支援・意見交換も必要だが、このようなチーム内の問題に対して本来は研究者コミュニティの自主性の下に ISAS 内外を含めコミュニティの自立的な解決の努力が求められる。(§ 4.4)

これらの事実把握と分析に基づき、第三者委員会報告書では ISAS 執行部やミッション提案チーム、科学コミュニティに対して提言をまとめている。以下にその一部を抜粋する。

- 大型国際共同ミッションを計画・推進する場合、ISAS 執行部とミッション提案チームが密接に連携して、相手機関とその参加の科学コミュニティに対応する体制を構築する必要がある。(§ 5.2)
- 国際約束になるので、十分な実現性があることを早期に確認する必要がある。(中略)その後の適当な段階で ISAS 執行部側もプロジェクトマネジメントの知見・経験を有する要員を充て、フロントヘビーな投資を行う必要があ

³ Mission Consolidation Review Phase A の前半終了時に ESA によって行われる中間審査。Phase A の後半に進むかどうかの判断が行われる。

⁴ Concurrent Design Facility 新たな宇宙ミッションに対して、そのミッションを構成する様々な要素について並行して概念検討を行い、技術面およびコスト面での成立性を検討する。この後に MDR(Mission Definition Review), MCR, MSR(Mission Selection Review), MAR(Mission Adoption Review)等を経てミッションの採択に至る。

⁵ (日本の)SPICA 検討チーム

⁶ SPICA 検討チームの代表メンバー

る。(§5.3)

- 国際共同ミッション提案を準備する主体はメインとなる側の科学コンソーシアムになるが、双方（日本と相手国）の当該科学コミュニティの間でミッション目的、要求仕様だけでなく、技術的、コスト的な実現性の見込みなどについて共通認識を深めることが大切である。(§5.1)

これらの提言については、本文書の付録1も参考にされたい。

3. 光赤天連としての総括

前節で述べた議論を念頭においたうえで、光赤天連としての総括を以下にまとめる。

SPICA ミッションは2010年9月にJAXAのシステム要求審査に合格した後、予算拠出のめどが立たない状態が続いた。その間、SPICA検討チームが様々なリスク低減を図りつつ、並行してJAXAは2012年度前期にSPICA計画推進検討チームを設けて経営レベルを含めた推進の方策を模索した。しかし、2013年に宇宙研は500億円規模の大型科学衛星枠の設置を断念した。ただし、SPICAを中止とはせず、欧州主導で推進する体制へと大きく舵を取った。このプロジェクトとして重要なフェーズに、光赤天連内では予算獲得については宇宙研やSPICA検討チームの問題とみなされ、光赤天連が主体的に向き合った形跡は見られない。2013年6月に公表した光赤天連声明においても、それまでに議論を尽くしてきた科学的目標や意義を謳ってはいるものの、コミュニティとして計画推進をどうサポートするかに関する言及は無く、大型ミッションに見合った支援をする体制や情報共有の体制といった仕組みへの理解が不足していたことは否めない。

この理解不足を考える観点として、光赤天連の性格の変遷があったことに注意しなければならない。光学天文連絡会（光天連；光赤天連の旧名）は、すばる望遠鏡の実現に向けて1980年代以降の国内のコミュニティを挙げての議論を主導し、主推進機関の東京天文台（後に国立天文台）との連携を密にしつつ、科学的、技術的両側面からプロジェクトを支援した。しかし、建設の目途が立った後は活動が一時低調になったため、1997年に光天連が改革された[参考文献2]。その結果、すばる望遠鏡の運用体制の議論に加え、スペース赤外線天文学やその他の多様な関連プロジェクトの推進などを議論し支援する団体として「新生」光天連（後に光赤天連）が発足した。光赤天連は、各プロジェクトにコミュニティとして深く関わることよりも、光赤外分野の活動を広く見渡しながらか、各プロジェクトを評価し支持することを目的とするようになった。その一方で、光赤天連としての大規模プロジェクトを支えるための仕組みづくりは低調なままであった。ここにまず一つの大きな反省すべき課題がある。

SPICAが2013-14年にESA主導となった直後は、宇宙研内の体制が強化され、宇宙研タスクフォースが有効に機能し、ESAと宇宙研執行部、SPICA検討チームとの間のコミュニケーションの役割を担った。宇宙研によるSPICAプロジェクトの再定義活動がひと段落し、ESAとの新しい枠組みに基づいた新SPICA計画が動き出した2016年6月には、宇宙研タスクフォースが役目を終えて解散し、その後はSPICA検討チームがその役目を負うことになった。宇宙研執行部も含めた人員体制の変化の過程で、宇宙研執行部とESA、SPICA検討チーム、さらに光赤天連を含めたコミュニケーションの役割を担う体制の再構築が必要な状況にあったが、光赤天連としては問題が把握できておらず、主体的な働きかけができなかった。ここに情報共有の体制の問題があったと考えられる。この時点で積極的にその状況の把握に努め、SPICA検討チームと一丸となって宇宙研執行部に対して体制強化を働きかけるべきであった。

この時期に、国内で他の近赤外域の広視野宇宙望遠鏡が戦略的中型のミッションに提案されてもいる。そのような状況下で光赤天連は、2014年11月、2016年2月にシンポジウムを実施し、特にスペース計画に力点を置いた議論の場を設けて、SPICAが最優先のスペースミッションであることをその都度確認した。また、欧州主導となった後の主鏡径縮小と観測装置の仕様変更にあたり（付録2）、光赤天連タスクフォース（第二期）が中心となり、新たなSPICAが独自性を発揮できるサイエンスの再検討をとりまとめた[文献6]。2020年7月にESAのコスト超過問題が発覚し、SPICAの主鏡口径のさらなる縮小の議論が行われたが、この際、サイエンスからの議論は光赤天連のメンバーも多数参加して有効に行われた。

しかし、技術・コスト面の厳しい状況については、必ずしもその情報が共有されず、中止への流れを止めることができなかった。すなわち、重要な時期に科学コミュニティとSPICA検討チームとのタイムリーな情報共有ができておらず、サイエンスの検討において技術・コストの課題への理解と対応が不十分なまま、中止に至った。また、その際に光赤天連が宇宙研執行部と直接やりとりすることは無かった。光赤天連の声を宇宙研執行部に深く浸透させるには至らず、ESA側との粘り強い交渉を支えるほどの大きな力にはなりえなかった。そのため、これだけの大プロジェクトであり、問題解決にあたって関係者が一丸となって弾力的に対処すべきときに、問題意識が統一できておらず、対応の時機を逸したと考えられる。

4. SPICAの教訓を次世代へ：大型プロジェクトを推進していくために

今後、光赤天連がプロジェクト、特に国際的な大型プロジェクトを支援していく上で特に留意すべきと思われる観点を、以下に列挙する。これらは、SPICAミッション中止の総括として挙げられたものであり、SPICAのようなスペースミッションに対してボトムアップでどのような取り組みをすべきか、という観点での提言になる。この提言は、地上望遠鏡を含めた一般的な大型プロジェクトにおいても有効なものが多く、コミュニティ構成員の共通の教訓となるだろう。

前節で述べた総括において指摘している問題点は、根本的には光赤天連において大型ミッションの推進に見合った支援体制が不十分なままであった、という問題に帰着される。この問題の解決の糸口は、以下の3点に集約される。

- (i) 科学コミュニティとプロジェクトチーム、およびプロジェクトのホスト機関の執行部との間のコミュニケーションの強化
- (ii) 実験系学問に関するコミュニティを挙げた意識改革と人材育成および人事交流の促進
- (iii) プロジェクトマネジメントの重要性の理解

科学コミュニティの構成員がこれらの観点を常に意識し、それぞれの立場からプロジェクト推進へ主体的に関わる意識を持つように変わっていくための提言を、以下で論じる。

(i) 当事者間コミュニケーションの強化

光赤天連は、光赤外コミュニティ内で推進されている各旗艦的プロジェクトに対して、プロジェクトチームとの間で相互に、且つ密に連絡をとり、情報の共有を図るべきである。特に、プロジェクトで本質的な方針転換が行われた場合や、トラブルが発生した場合には、プロジェクトチームのみに解決を委ねることなく、光赤天連としても解決に向けて主体的に取り組むべきである。そのような場合には、例えば、プロジェクトのホスト機関の執行部に直接コンタクトして、情報を共有し、対応を議論するよう努めるべきである。このように、光赤天連の代表と

プロジェクトチームおよび執行部とが話し合う機会を積極的に設けるなど、主体的に参画すべきである。国際プロジェクトにおける所掌分担に関する課題や、技術・コスト面の制約条件を踏まえた検討など、立場によって、あるいは技術開発面の理解度によっては光赤天連として直接の対応が難しいものもある。しかし、普段から情報を共有することによって、科学コミュニティが陰に陽にプロジェクトチームを支え、プロジェクトチームがホスト機関の執行部と一体となって動く原動力を醸成することが必要である。このためには、プロジェクトチーム側もコミュニティとの密な情報共有と対話を心がけることが必要である。

(ii) 実験系に関する意識改革と人材育成および人事交流の促進

将来のプロジェクトで有効となるハードウェア・ソフトウェア開発技術を担う人材の必要性を、光赤天連のメンバーが広く認識し、分野を挙げて育成していく意識改革が求められる。

宇宙研総括文書では、科学コミュニティに対し、研究機関（宇宙研や国立天文台など）と大学との間での人事交流が要望されているものの、研究機関と大学との人事交流は必ずしも十分とは言えない。その理由のひとつに、大学と研究機関では人事に関する評価軸が違ふことが挙げられる。大学ではサイエンスを主体とした即効性のある教育・研究への期待が大きい。一方で、10-20年後のサイエンスの展望に立った時、次世代の観測で必要となる技術開発の比重は極めて大きく、サイエンスを主導する人材に加えて、サイエンスと技術をバランス良く兼ね備えた人々やグループが大学の教育の現場に立ち、技術面にも明るい研究人材を育成していく必要がある。教員を雇用・配置する際には、そのような配慮も心がけるべきである。このようにコミュニティを挙げて大学における天文技術開発を分野総出で活性化させていくコンセンサスが必要である。

装置開発に基づく科学の重要性は本来、各大学における小規模のプロジェクトから、機関を跨いだ中型・大型計画まで、共通に当てはまるものであり、普段の研究活動においても常に意識しておきたい点である。また、同様の技術を活かすことができる他波長・他分野との交流、研究機関と大学との人事交流を活性化することも有効である。

(iii) プロジェクトマネジメントの重要性の理解

プロジェクトが大型化するほど、目指すサイエンスが多くの人々の関心を引き、広い分野にわたってポジティブな派生効果を伴うことが求められる。しかし、サイエンスを追究するだけでなく、その技術の実現性（成熟性）やコストを直視し、現実的に対処していかななくてはならない。特に最先端の大規模なプロジェクトの推進においては、装置開発とサイエンスは表裏一体であり、且つコスト超過は決定的に重大な問題である。したがって、技術とコストを含めた実現性を常に意識し、慎重に検討を進めていく必要がある。特に、根幹となる仕様・性能の見直し（たとえば望遠鏡口径の縮小）は、科学目標の変更を伴う恐れがあり、プロジェクトを支える科学コミュニティの士気にも大きく影響しかねない問題である。このことを踏まえ、プロジェクトの初期段階から根幹となる仕様・性能について現実的に判断すること、そのための知識や経験を科学コミュニティとして積むこと、変更が不可避な状況においては科学コミュニティを挙げて有効な対策を議論することも必要となろう。

宇宙研総括文書では、プロジェクトマネジメントを担う人材の育成を科学コミュニティに対し求めている。大型の天文プロジェクトは数が少なく、そのマネジメントを学べる機会は限られる。しかし、上記のように小規模のプロジェクトにおいてもプロジェクトマネジメントの観点が自然に採り入れられるようになれ

ば、サイエンスと技術やコストの成立性をシビアに論じられる人材の育成に寄与すると考えられる。また、近隣の研究分野との技術開発交流・人事の交流を進めることによって、人材の幅がさらに広がり、大プロジェクトの各フェーズに適任のプロジェクトマネージャー候補を割り当て易くなることも期待される。普段から既存分野の枠を超えた広い研究連携に目を向けておくことも大切である。

5. おわりに

旗艦的な大型プロジェクトの中止は、当該コミュニティの構成員にとって大きな痛手となる。すばる望遠鏡が実現しなかった場合の日本の天文学の損失が想像できるだろうか。今回の SPICA ミッションの中止はスペース天文学の人材育成に大きな穴を開けた。数世代先を見据えてプロジェクトを繋ぐことの必要性を構成員が再認識し、それぞれの立場からプロジェクトの推進を支える光赤天連となっていくことが必要である。

光赤天連は近年、長期にわたる大型プロジェクトを支援していくため、将来計画検討委員会を常設化し、2030年代の天文学の議論を本格化させている。SPICA ミッション中止の教訓として、将来計画検討委員会の活動においても4章に記した観点を含めることを提案する。また、今後は光赤外線に閉じずに多波長・他分野連携でスペースミッションの検討を行う機会が増えると予想されることから、光赤天連としても、天文衛星や探査機のミッションにおける宇宙研と大学との関わりについて学ぶ機会を増やし、人材交流の活性化に繋げるなど、積極的な働きかけをしていくべきである。

今後の大型プロジェクト全盛の時代には、アーカイブデータやカタログに基づいた研究がより活発になると予想される。このこと自体は、科学成果の創出という観点からは歓迎されるべき方向である。ただし、この傾向に一極化するようなことがあると、それは科学研究者と開発研究者との乖離をより進めることになりかねない。サイエンスを推進してきたチームが、それ単独ではなく、むしろ開発チームと共に研究を進めることにより、本質的に良い仕事をしてきた例は枚挙にいとまがない。すなわち、観測装置をよく知ることは良いサイエンスに繋がる。また、よりよい観測を実現するためには中小規模のプロジェクトに基づいた基幹技術の創生や新奇的な取り組みも要求される。研究者各人が、将来にわたる長期的展望に立って、様々なプロジェクトを実現させる重要性を再認識し、プロジェクトの推進を支えることを提案する。

最後に、4章に記した次世代へ向けた教訓は、一朝一夕ではなし得ない。従って、今後大型プロジェクトを成功させるためにも、光赤天連メンバーには常日頃、個々の中小規模プロジェクトの推進において、これらの教訓を活かして欲しい。

文献

- [1] Nakagawa, T., Hayashi, M., Kawada, M., Matsuhara, H., Matsumoto, T., Murakami, H., Okuda, H., Onaka, T., Shibai, H., & Ueno, M. "HII/L2 mission: future Japanese infrared astronomical mission", 1998, proc. SPIE, 3356, 462

- [2] 光天連会報 81号「会員再登録特集号」1997年5月2日
- [3] 光赤天連声明：次世代赤外線天文衛星 SPICA の推進 2013年6月
http://gopira.jp/seimei/seimei_20130617.pdf
- [4] 第三者委員会による報告書：国際共同プロジェクトにおける概念設計 検討委員会 報告書（2021年8月16日付）
光赤天連 内部公開サイト URL（パスワード制限あり）
http://gopira.jp/siryogopira_member/gopira_member/open_pass
- [5] [4]の報告書を受けての宇宙研の総括：今後の宇宙科学・探査の進め方へ向けた改善方策（2021年10月） [4]の内部公開サイトで併せて掲載
- [6] 光赤天連 SPICA タスクフォース（第二期）最終報告書 2015年8月
http://gopira.jp/stf/GopiraSTF_report.pdf

SPICA 問題に関する光赤天連総括文書 補足資料（付録 1－3）

付録 1 に、第三者委員会報告書（2021 年 8 月 16 日付）における「科学コミュニティ・検討チームに対する提言」の各項目、それを受けての宇宙研総括文書（2021 年 10 月付）における「対処方針」「科学コミュニティへの要望」、及びその「対処方針の措置結果」（2022 年 8 月 31 日付、宇宙科学研究所長 報告）の写しと共に、各項目への光赤天連からの回答案をまとめた。この回答案は、本総括文書をまとめる際に考え方を整理するための基礎としており、本総括文書の内容を補足・補強するものと期待される。

付録 2 に、SPICA 計画における主鏡口径や焦点面装置の年次ごとの変遷をまとめた表を掲載する。

付録 3 に、本総括文書案をとりまとめた「SPICA への関わり方に関する総括ワーキング・グループ」（以下、本 WG と記す）のメンバーと活動履歴、及び謝辞を記す。

なお、SPICA プロジェクトの推進に関連する委員会等について本 WG でまとめた年表を、関連資料として光赤天連のページで併せて掲載する予定である。

付録 1

以下は、第三者委員会報告書（「国際共同プロジェクトにおける概念設計 検討委員会 報告書」、2021年8月16日付）における「5.1 科学コミュニティ・検討チームに対する提言」、「5.2 組織論的観点」「5.3 マネジメント体制の観点」「5.4 技術的観点」の各論と、それを受けての宇宙研総括文書（「今後の宇宙科学・探査の進め方へ向けた改善方策」、2021年10月）における別紙1「ISASの対処方針 各論」でのISASからの「科学コミュニティへの要望」、及びその「対処方針の措置結果」（2022年8月31日付、宇宙科学研究所長 報告）の写しに、光赤天連からの回答(案)を追記した表である。計6つの表がある。

ISASの対処方針 各論①

No.	科学コミュニティ・検討チームに対する提言	宇宙科学研究所の対処方針	科学コミュニティへの要望	アクションアイテム	処置結果	光赤天連からの回答(案)
5.1a	国際共同ミッション提案を準備する主体はメインとなる側の科学コンソーシアムになるが、双方（日本と相手国）の当該科学コミュニティの間でミッション目的、要求仕様だけでなく、技術的、コスト的な実現性の見込みなどについて共通認識を深めることが大切である。	<p>(チーム間のコミュニケーション)</p> <ul style="list-style-type: none"> 国際協力ミッションでは、相手方のコスト実現性の妥当性を確認することは困難であるが、双方の課題等について認識を深めることは重要と考えられる。 ISASとして、双方の検討チーム間で適切なコミュニケーションがなされるよう、国際共同ミッションの初期段階で実施すべき事項を検討チーム側へ提示するなど、支援を強化する。 	<p>(チーム間のコミュニケーション)</p> <ul style="list-style-type: none"> ミッション探求段階や定義段階における相手国とのコミュニケーションの主体はPIが主導する検討チームになることから、相手国側との調整責任者の明確化など、必要な情報や課題等を確実に共有し、連携して検討を進めることができるようなチームビルディングをしていただきたい。 	<ul style="list-style-type: none"> 「国際共同で進めるミッションの初期段階実施ガイドライン」を策定。<担当：〇PO室、科学推進部(計画)／期限：2021年度末> 	<p>今回報告シクローズ： 「RPR-PR22008：国際共同で進めるミッションの初期段階実施ガイドライン」にまとめた。(別紙1)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 技術的・コスト的な実現性の見込みなどについても、互いの科学コミュニティの間で共通認識を深めるべきであるという点は賛同できる。この観点は、これまでの光赤天連内においては必ずしも共有されていなかったと思われることから、今後、適切に対応したい。 2022年8月の宇宙研所長報告で示された「RPR-PR22008:国際共同で進めるミッションの初期段階実施ガイドライン」は、ミッション定義段階における宇宙研と相手国機関双方の責任者を明確化すると共に、プロジェクト検討チームと宇宙研執行部との密な連携を図るなど、SPICAの教訓を活かして直接踏み込んだマネジメントが謳われており、賛同したい。
5.1b	提案準備の具体的な作業としては、ミッション目標の策定から観測装置や宇宙機システムの機能・性能に対する要求、それらのコスト予測を含むリソースとのトレードオフ検討、国際分担の最適化など多岐にわたる検討を経て提案書を作成する事になるが、実現性の目途を得るには宇宙機関ともよく相談しながら検討する必要がある。日本の場合、大学共同利用システムと理学・工学一体の体制というISASのメリットを有効に活用することができる。	<p>(早期の実現性の確認)</p> <ul style="list-style-type: none"> ミッション初期段階の検討チームの活動において、実現性の目途を得るために行うべき実施事項を検討チーム側へ提示するなど、支援を強化する。 	<p>(早期の実現性の確認)</p> <ul style="list-style-type: none"> 科研費等の外部資金も活用に加え、技術的な実現性の見極めとミッション要求のトレードオフ等、プロジェクト化を見据えた検討チームとしての主体的な検討・判断をしていただきたい。 			<ul style="list-style-type: none"> 第三者委員会からの提言はおおむね同意する。第三者委員会は、「実現性のめどを得るためには、ミッション検討チームないしは提案するコミュニティが宇宙機関とよく相談して検討すべき、日本の場合は理工一体のISASのメリットを活用できる」としている。光赤天連としても、責任ある立場にあることを踏まえ、宇宙研及びプロジェクト検討チームとのコミュニケーションを主体的に強化していく。 宇宙研もミッション検討チームへの、特にミッション定義段階での主体的な検討・判断への支援を強化するとしており、心強い。ぜひ、宇宙研のメリットを活用した有効で弾力的な機関対応をお願いしたい。
5.1c	検討チームにはDown selectionに勝ち残るための戦略とチーム力が必要である。また、計画立案からプロジェクト化、ミッション実現に至る間には種々の問題が生じ、場合によっては計画変更の検討なども必要になる可能性がある。そのような場合、プロジェクトマネジメントの視点とサイエンスの要請など、全体を見渡せるリーダーの指導力と体制が求められる。	<p>(プロジェクトマネジメント人材の育成)</p> <ul style="list-style-type: none"> 検討チームにおいて検討を主導するリーダーの存在は重要である。ISASとして、プロジェクトマネジメントやシステムズエンジニアリングの知見・経験を持ち、コミュニティに指導力のあるリーダーの育成について必要な施策を強化する。 	<p>(プロジェクトマネジメント人材の育成)</p> <ul style="list-style-type: none"> 科学コミュニティにおいても、プロジェクトマネジメントやシステムズエンジニアリングの知見・経験を持ったリーダー人材の育成に積極的に取り組んで頂き、この方が検討初期段階でPIとしてチームを牽引していただきたい。 	<ul style="list-style-type: none"> PM教育等(CE室と一緒に)の充実。<担当：科学推進部(〇HR、計画)、PO室、期限：2021年度中に素案、2022年度中に実行> 	<p>今回報告シクローズ： 「RPR-PR22007：宇宙科学・探査ミッション人材育成としてのプロジェクトマネジメント技術の向上について」にまとめた。(別紙2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> プロジェクトマネジメントに長けた、大プロジェクトを牽引する者としてふさわしい人材を育成すべきことは論を待たない。ただし、中規模・大規模プロジェクトの数は限られることから、可視赤外線天文分野に閉じてそのような人材を育てられる機会は数少ない。電波天文や高エネルギー天文、重力波望遠鏡やニュートリノ観測など共通の技術開発が鍵を握っている近隣分野と普段から交流を重ねることで、適材適所な人事交流を図ることを目指す。加えて、広い科学コミュニティにおいてプロジェクトマネジメントに長けた人材を評価し厚遇すべきである。

ISASの対処方針 各論②

No.	科学コミュニティ・検討チームに対する提言	宇宙科学研究所の対処方針	科学コミュニティへの要望	アクションアイテム	処置結果	光赤天連からの回答(案)
5.1d	<p>ミッションの実現性を高めるためには、新規の観測装置や検出器などのキー技術のフロントローディングが重要である。ISASの予算には限度があるので、科学研究費等の競争的資金も活用し、技術ロードマップの戦略を持って技術開発に取り組む必要がある。</p>	<p>(早期の実現性の確認)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ISASとしては、宇宙科学技術ロードマップを踏まえ、限られた基盤費や技術フロントローディング予算を活用して、将来のミッション候補に共通的なキー技術について、戦略的な技術開発とリスクの見極めを行い、プロジェクトの立上げ強化を進める。 	<p>(早期の実現性の確認)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 提言の通り、宇宙科学技術ロードマップ等により共通の認識を深め、科学コミュニティとISASで連携したフロントローディング活動を実施していただきたい。 		N/A	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 将来の大プロジェクトの実現に直結するキー技術の開拓・実用化を光赤天連全体で後押ししていくような枠組みを構築する。具体的には、大学における技術にも明るい人材の育成が重要であることの再認識を促すとともに、大プロジェクトを支える基幹技術や新奇的研究を推進する中小プロジェクトの活性化を働きかけていく。

ISASの対処方針 各論③

No.	組織論的観点の提言	宇宙科学研究所の対処方針	科学コミュニティへの要望	アクションアイテム	処置結果	光赤天連からの回答(案)
5.2 a	<p>大型国際共同ミッションを計画・推進する場合、ISAS執行部とミッション検討チームが密接に連携して、相手機関とその傘下の科学コミュニティに対応する体制を構築する必要がある。</p> <p>1. 適当な段階で執行部側にも国際的責任を果たす責任者を置き、長期間に渡る国際ミッションに一貫した態度で責任を持つことが必要である。</p> <p>2. 同時に、検討チーム側にも大型国際協力を担うチーム力が必要であり、プロジェクト準備段階の審査でその力があるかどうかの判断が求められる。</p>	<p>a1、b (国際協力の調整の進め方)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 双方でボトムアップにより競争的に選定する立上げ方は、特に大型の国際共同ミッションの実現において計画的・安定なプログラム進捗の支障となる。5~10年後以降における宇宙科学のフレームワークの在り方についての議論を開始する。 ✓ 5~10年の間に立ち上げる計画については、戦略的中型計画については完全な公募型の選定方式を改め、戦略的な立案と実施を行う。国際調整についても早い段階から執行部とチームで連携のうえ、戦略的・組織的に実施し、低リスクでプロジェクト成立するスキームの構築を目指す。 ✓ 公募型小型計画においては、コミュニティに対する公平性の観点で、一定段階まではボトムアップでミッションを検討することが重要である。プリプロジェクト候補審査を通過後、ISASが組織として検討チームと連携をしつつ国際調整含め組織的な対応を行っており、今後も継続的に支援する。 ✓ 上述のISASの基本方針について、海外機関ともよく調整を進める。 ✓ 国際調整においては、機関間、及び検討チーム間それぞれで相手方に適切なカウンターパートの配置を行うよう求め、フェーズアッププロセスで確認していく。 	<p>a2 (検討チーム力の強化)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 国際共同ミッションにおいて、機関間同士のコミュニケーションが機能するためには、検討チーム間の主体的なコミュニケーションや問題解決等への姿勢が前提となることから、検討チームとしてのチームビルディングや相手方との主体的な国際調整をしていただきたい。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 理工委に、宇宙科学の将来フレームワーク検討委員会を立ち上げ(2020年12月立ち上げ) ✓ 理工学委にミッション立上げ実施方法検討TF(戦略的中型分科会、公募型小型分科会)を立ち上げる。(2021年9月立ち上げ) ✓ 上記TFの議論を踏まえ、宇宙科学・探査ロードマップC改訂に反映する。<担当: 科学推進部(計画) / 期限: 2021年度末 > ✓ 具体的には今後制定する「国際共同で進めるミッションの初期段階実施ガイドライン」<担当: ○PO室、科学推進部(計画) / 期限: 2021年度末 > ✓ PM教育等(CE室と一緒に)の充実を図る。<担当: 科学推進部(○HR、計画)、PO室、期限: 2021年度中に素案、2022年度中に実行 > 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ クローズ: 2020/10の理工合同委員会で設置承認し活動を開始(2022年10月より第2期に移行予定)。 ✓ クローズ: 2021/7の理工合同委員会で設置承認し、活動を開始、2022/1に検討結果をISAS所長に答申し、活動終了。 ✓ クローズ: 宇宙科学・探査ロードマップC改訂を2022/4/6に制定した。 ✓ 5.1aと同じ ✓ 5.1cと同じ。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 検討チーム間でのコミュニケーションや問題解決への取り組みが一義的に重要であることはその通りである。光赤天連は、検討チームや宇宙研執行部とのコミュニケーションの維持と情報共有に努めながら、必要となれば検討チームに代わりホスト機関の執行部に提言をするなど、責任ある立場としての役割を果たしていきたい。 ✓ 宇宙研においても、「RPR-PR22008:国際共同で進めるミッションの初期段階実施ガイドライン」で示されているように、ミッション定義段階において、所長が指名して宇宙研経営層の責任者を置き、相手機関責任者やプロジェクト検討チームとの連携を強化している。これは第三者委員会の提言に沿った改革案として評価できるものであり、国際プロジェクトを有機的に推進していくマネジメント体制が敷かれるようになることを期待される。 ✓ ミッション定義段階まで(つまりMDR通過まで)は、科学コミュニティの人材がプロジェクトを率いることが依然重要であると考え。MDR後のプロジェクト準備段階へスムーズに移行するためにも、ミッション定義段階における宇宙研執行部と相手国機関との交渉・調整を行う体制をスムーズに構築することは重きわめて重要であり、光赤天連はプロジェクト検討チームと共に科学コミュニティの立場から宇宙研執行部をバックアップしていきたい。
5.2 b	<p>両機関で計画を支える共同体制を構築し、適当な段階で相手機関にもISAS執行部の責任者に対応する人員の配置を要請し、密接な連携体制を構築する。</p> <p>➢ 相手機関で競争中のミッションの場合、公平性の観点から難しい場合もあるが、「適当な段階」とは一次選抜後が一案である。</p>	<p>a2 (検討チーム力の強化)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ プロジェクトマネジメント及びシステムズエンジニアリングの知見・経験を有する人材の育成や、国際共同ミッションの初期段階において検討チームが行うことが望ましい検討事項等の整理・提示など、検討チームの活動に対する支援を強化する。 ✓ フェーズアッププロセスにおいて、検討チーム側に必要な体制が整備され、実質的に機能し得ることを確認することとする。 				

ISASの対処方針 各論④

No.	マネジメント体制観点の提言	宇宙科学研究所の対処方針	科学コミュニティへの要望	アクションアイテム	処置結果	光赤天連からの回答(案)
5.3 a	国際約束になるので、十分な実現性があることを早期に確認する必要がある。ミッション提案段階では科学コミュニティの自主的な努力(5.1 c、d)、その後の適当な段階でISAS執行部側もプロジェクトマネジメントの知見・経験を有する要員を充て、フロントヘビーな投資を行う必要がある。そのためには、現在のISASフェーズアッププロセスの見直しが必要であろう。	<p>(早期の実現性の確認)</p> <ul style="list-style-type: none"> 国際共同ミッションの初期段階において検討チームが行うことが望ましい検討事項や、相手方と共有すべき事項等について整理・提示するなど、検討チームの活動に対する支援を強化する。 <p>(プロジェクトマネジメント人材の強化)</p> <ul style="list-style-type: none"> ミッションの進捗の段階に応じ、プロジェクトマネジメント及びシステムズエンジニアリングの知見・経験を有するエンジニアの配置に努めており、今後も継続して必要な要員の配置を進めることとする。 他方、主体者である検討チームにおいて、プロジェクトマネジメント及びシステムズエンジニアリングの知見・経験とサイエンスの観点など、全体を見渡し内外と調整ができるリーダーが重要である。特に大規模なミッションのリーダーは、ISASと密接なコミュニケーションができる環境でミッション検討を主導することが望ましい。そのため、ISAS教育職人事のなかで、提案責任者であるリーダーが外部機関に所属していた場合、必要に応じてISASに転籍して活動ができるような施策やプロジェクト終了後の大学との人事交流をISASで検討することとする。 <p>(フェーズアッププロセスの明確化)</p> <ul style="list-style-type: none"> 国際協力ミッションにおいても、早期の実現性の確認を行うため、フェーズアッププロセスを明確にする。 	<p>(プロジェクトマネジメント人材の強化)</p> <ul style="list-style-type: none"> 科学コミュニティにおいて、ISASミッションへの参加をルートの一つとするキャリアパスの構築や人材の流動化、各大学等におけるプロジェクトマネジメントの知見・経験を有する人材の育成など、科学コミュニティ側でも人材育成施策の検討を主体的に検討していただきたい。 上記人材育成のために、ISASの支援を踏まえた観測ロケットや大気球等も活用したOJT、および先行する別プロジェクトへの参加などを実施していただきたい。 上記プロジェクトマネジメント及びシステムズエンジニアリングの知見・経験を有する人材を、科学コミュニティは、研究者のキャリアとして評価し、プロジェクト後に大学へ還流する人事交流をしていただきたい。 	<ul style="list-style-type: none"> 「国際共同で進めるミッションの初期段階実施ガイドライン」に盛り込む。<担当：PO室、科学推進部、期限：2021年度末> PM教育等(CE室と一緒に)の充実を図る。<担当：科学推進部(○HR、計画)、PO室、期限：2021年度中に素案、2022年度中に実行> 大学院学生や若年向けの観測ロケットや大気球活動に参加させ、PMや大きな組織活動への参加を促す仕組みを検討する。<担当：科学推進部(○HR、計画)、PO室、期限：2021年度中に素案、2022年度中に実行> 人材育成に関する科学コミュニティとの議論について宇宙理工学委員会で報告する。<担当：所長/期限：2021年10月開催の理工委にて> 	<ul style="list-style-type: none"> 5.1aと同じ 5.1cと同じ クローズ： 大学院生を対象とした人材育成プログラムを観測ロケットの現場を活用する形で2021年度より試行。初年度は打上げ時の作業体験を中心とした短期集中の内容、2022年度は相模原でのかみ合わせ試験から内之浦での作業まで半年間程度にわたり参加可能な枠組みとしている。 クローズ： 科学コミュニティにおけるPM人材育成支援策について宇宙研からの提案を踏まえ理工学委員会で報告する。 	<ul style="list-style-type: none"> 第三者委員会の提言にあるように、十分な実現性を早期に確認するためにはフロントヘビーな投資が求められる。そのためには現在の漸進的な宇宙研のフェーズアッププロセスの見直しも求められる。 プロジェクトには大小があり、大プロジェクトのマネジメントは小プロジェクトのそれとは異なる点も多いが、機会が極めて限られる大プロジェクトに長けた人材を育成することは光赤天連だけでは容易ではない。必要とする技術の一部共通化が可能な他波長天文分野や重力波・ニュートリノ天文などの近隣分野にターゲットを広げて、大プロジェクトのマネジメントに長けた人材を育成・共有化し、適材適所で活用しあう枠組みを設けることが一つの現実的な解になり得ると考えられる。宇宙研と大学との人事交流を活性化するには、宇宙の総括文書にあるとおりプロジェクトマネジメントや装置開発技術を研究者の誇るべきキャリアとして評価しあうことが肝要であり、研究者コミュニティの個々のメンバーが意識改革を進めていく必要がある。 一方で、研究者コミュニティが責任をもてるプロジェクトマネージャーをあてがうことができるのはミッション定義まで、その後のimplementationフェーズではJAXA/ISASがプロジェクトマネジメントに特化した人材(例えば研究職ではなく一般職の人材)をあてがうことが重要になる。 ミッション定義段階までは、全体的なマネジメントができる人材を光赤天連ないし関連分野の研究者が担えるよう、プロジェクトマネジメントに長けた人材の育成に努めるべきである。そのような能力が高く評価されるようコミュニティ全体で計画性をもって取り組んでいくべきである。5.3aへの回答がここでも有効である。 加えて、ミッション定義の後、実際にプロジェクトを遂行していく段階では、プロジェクト実行機関がマネジメント人材を割り当てるべきである。
5.3 b	一般に、国際共同ミッションでは機関間のインターフェースをクリアにして双方の予算事情に関与しないのが原則であるが、大規模分担の初期検討段階では、全体的なリソース(コスト、スケジュール、宇宙機システム)の成立性、合理性について状況共有、議論が必要である。そこには全体的なマネジメントができるメンバーの参加が必須である。					

ISASの対処方針 各論⑤

No.	マネジメント体制観点の提言	宇宙科学研究所の対処方針	科学コミュニティへの要望	アクションアイテム	処置結果	光赤天連からの回答(案)
5.3c	<p>相手機関で競争中のミッションにおいても、両機関の責任者は検討チーム（Study Team）の宇宙機全体（バス系、ミッション系）の検討状況を把握し、Programmaticな課題の兆候を検知したならば、両機関が緊密に協議できる環境を醸成し情報共有する仕組みを作る。</p>	<p>（プロジェクト遂行上の課題対応）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ISASは海外の宇宙機関と適宜、機関間会合を行っており、国際協力の推進へ向けた情報共有や必要に応じた課題解決に関する協議を行っており、今後とも関係の強化を進める。 ✓ 宇宙科学・探査ミッションについては、ISASで定期的に開催する開発状況確認会でマネジメント層も出席して開発状況や課題を確認、対処しているところであるが、プロジェクト化前のミッションの確認を強化するため開発状況確認会の実施方法、内容の改善を図る。 ✓ ミッション遂行の主体である検討チームとISASとの相互理解の下、課題を検知した場合、必要に応じチームへの是正措置の要請等、課題の早期解決に向けた具体的なアクションを今後も行う。 	<p>（検討チーム力の強化）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 国際共同ミッションにおいては、検討チーム間の主体的なコミュニケーションや問題解決等への姿勢が前提となることから、検討チームとしてのチームビルディングや相手方との主体的な国際調整をしていただきたい。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 開発状況確認会の実施方法、内容の改善を図る。＜担当：PO室／期限：2021年度末＞ 	<p>クローズ： 開発状況確認会で報告を求める対象のチームを整理した。実施方法等については継続的に改善を図り、開発状況や課題の確認・情報共有を促進する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 第三者委員会からの提言において「両機関の責任者」とあるように、本質的な課題が生じた場合には検討チーム間での協議はもちろんであるが、機関同士での緊密な協議や情報共有へ向けた取り組みも肝要であると考えている。
5.3d	<p>プロジェクト遂行上の課題対応として、その兆候を早めに見逃さず臨機応変な対応をする事が重要であり、（必要に応じて）タスクフォースを設置し必要な検討費用を措置し、検討チームと執行部が一体となって対処する体制を作る必要がある。</p>	<p>（プロジェクト遂行上の課題対応）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ISASは海外の宇宙機関と適宜、機関間会合を行っており、国際協力の推進へ向けた情報共有や必要に応じた課題解決に関する協議を行っており、今後とも関係の強化を進める。 ✓ 宇宙科学・探査ミッションについては、ISASで定期的に開催する開発状況確認会でマネジメント層も出席して開発状況や課題を確認、対処しているところであるが、プロジェクト化前のミッションの確認を強化するため開発状況確認会の実施方法、内容の改善を図る。 ✓ ミッション遂行の主体である検討チームとISASとの相互理解の下、課題を検知した場合、必要に応じチームへの是正措置の要請等、課題の早期解決に向けた具体的なアクションを今後も行う。 	<p>（検討チーム力の強化）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 国際共同ミッションにおいては、検討チーム間の主体的なコミュニケーションや問題解決等への姿勢が前提となることから、検討チームとしてのチームビルディングや相手方との主体的な国際調整をしていただきたい。 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 開発状況確認会の実施方法、内容の改善を図る。＜担当：PO室／期限：2021年度末＞ 	<p>クローズ： 開発状況確認会で報告を求める対象のチームを整理した。実施方法等については継続的に改善を図り、開発状況や課題の確認・情報共有を促進する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 担当機関によるタスクフォースの設置は、検討チームと執行部が一体となって対応するための体制づくりに肝要である。SPICAミッションにおいても2016年6月まで機能した宇宙研SPICAタスクフォースがリードして体制づくりと機関間の協議の枠組みを構築したことは功を奏した。2018年の第一次選抜の後にも、そのフェーズにおける重要課題の把握と解決を図る宇宙研SPICAタスクフォースの設置が必要であったと考えられることから、今後のミッションにおいても引き続き担当機関によるタスクフォースに協力していきたい。

ISASの対処方針 各論⑥

No.	技術的観点の提言	宇宙科学研究所の対処方針	科学コミュニティへの要望	アクションアイテム	処置結果	光赤天連からの回答(案)
5.4a	プロジェクト準備段階の審査においてミッション要求の妥当性を判断する場合、技術的実現性の見通しについてシステムズエンジニアリングの視点から審査する必要がある。特に、新規開発要素の技術レベル（TRL）を考慮したコスト・スケジュール等のリスクマージンの確保や開発計画の妥当性などを吟味する必要がある。	<p>（早期の実現性の確認）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 現状のISASのプロセスでは、プロジェクト準備審査前のプリプロジェクト候補移行審査（PrePhaseA2へのゲート）やダウンセクション前審査等で技術的実現性の見通しの審査を行うこととしており、今後も引き続き確実な審査を実施する。 	N/A		N/A	✓ N/A
5.4b	ESA CDF Studyは過去に未経験のチャレンジングなミッション検討では実際よりも楽観的な結果を結論する事がある。通常は行われていないが、ミッション要求のデスコープによるコストインパクトとリソースマージンのトレードオフ検討（ケーススタディ）をしておくことリスク対応になるであろう。	<p>（早期の実現性の確認）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ ESA-CDFはコスト評価とリンクさせることが必須と考えており、楽観的な結論に陥っていないか注意する必要がある。 ✓ 一方、コスト情報の収集と分析の強化が必要なことから、ISASにおいてSPICAでは未了であったが、コスト評価を現在のISASのプロセスでは定義しているため、引き続き実施する。 	<p>（早期の実現性の確認）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 技術的な実現性の見極めと、ミッション要求のトレードオフ等、プロジェクト化を見据えた、検討チームとしての主体的な検討・判断をしていただきたい。 		N/A	✓ ミッション要求のデスコープによるトレードオフ検討は重要であり、光赤天連および検討チーム、宇宙研が一丸となって必要なスキルを有する人材を育成していくべきである。
5.4c	<p>なお、全体的なコスト予測や日欧の分担を決める際、ESA側の企業が見積もるコストは日本の基準に比べて大幅に大きくなることに注意を払う必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ ESAのプライム（Prime contractor）は多国籍企業で、各国の企業に仕事を分担して請け負う必要（加盟国からESAへの出資金を還元する必要）があり、インターフェース作業が増える事、場合によっては経験の深い最適企業を選べない事もある。 ➢ 衛星システムの総合試験や射場作業を衛星本体の設計・製作と違う企業が請け負う（実際にそうなる）事を想定して、プライムの社内用文書・図面とは別に社外用文書を作成する必要がある、等々、仕事量が日本企業に比べて格段に多く、2倍以上になっても不思議ではない。 	<p>（プロジェクト遂行上の課題対応）</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 全体的なコスト予測を行う上で左記を留意する必要があるものの、現実的に相手方のコスト積算の妥当性を評価することは困難なため、相手方との情報交換を密にしてコスト超過の兆候を逃さないよう対応せざるを得ない。国際協力に関する全社的レッスズラウンドとする。 	N/A	<ul style="list-style-type: none"> ✓ LINKSへの登録。 ＜担当：PO室 ／期限：2021年12月末＞ 	<p>クローズ：</p> <p>LINKS(JAXA内で全社もしくは複数部門・プロジェクト等で共有される知識共有システム)へ登録する項目として、SPICAチームの挙げた内容と合わせて25件を提出済。</p>	✓ N/A

付録 2

SPICA 望遠鏡仕様および焦点面観測装置の変遷の表

SPICA焦点面観測装置と望遠鏡の変遷

時期	主導	MIR/CAM	MIR/LRS	MIR/MRS	MIR/HRS	コロナグラフ	系外惑星 大気	FIR/Spect. (欧州)	FIR/Spect. (USA)	FIR/Pol.	望遠鏡 口径/構成/ 温度
2007 ESA CV M1 提案	JAXA	4 bands $\lambda=5-38 \mu\text{m}$	...	R=3000-6000 $\lambda=14-38 \mu\text{m}$	R=30000 $\lambda=5-15 \mu\text{m}$	(optional) $\lambda=5-27 \mu\text{m}$	...	Imaging FTS $\lambda=30-210 \mu\text{m}$	(optional) sub mm	...	3.5m 縦型 < 6K
2010 JAXA SRR	JAXA	4 bands $\lambda=5-38 \mu\text{m}$	...	R=1000 $\lambda=20-36 \mu\text{m}$	R=30000 $\lambda=4-8 \mu\text{m}$ 12-18 μm	(optional) $\lambda=5-27 \mu\text{m}$	...	Imaging FTS $\lambda=30-210 \mu\text{m}$	(optional) sub mm	...	3.2m 縦型 < 6K
2014 ESA/ CDF 14	ESA	...	R=20 $\lambda=20-37 \mu\text{m}$	R=1000-2000 $\lambda=20-37 \mu\text{m}$	...	...	...	Imaging FTS $\lambda=30-210 \mu\text{m}$	...	...	2.0 m 横型 < 8K
2015 国際科学 審査	ESA	1 band $\lambda=34 \mu\text{m}$	R=50 $\lambda=17-37 \mu\text{m}$	R=1000 $\lambda=18-36 \mu\text{m}$	R=25000 $\lambda=12-18 \mu\text{m}$	...	(optional) R=300 $\lambda=5-20 \mu\text{m}$	Grating/FTS R=300/3000 $\lambda=34-230 \mu\text{m}$	...	...	2.5 m 横型 < 8K
2016 ESA CV M5 提案	ESA	1 band $\lambda=34 \mu\text{m}$	R=50-120 $\lambda=17-36 \mu\text{m}$	R=1300-2300 $\lambda=18-36 \mu\text{m}$	R=28000 $\lambda=12-18 \mu\text{m}$	...	...	Grating/FTS R=300/ 1500-11000 $\lambda=34-230 \mu\text{m}$	...	3 bands $\lambda=100/200$ /350 μm	2.5 m 横型 < 8K
2018 ESA CDF 18	ESA	1 band $\lambda=34 \mu\text{m}$	R=50-120 $\lambda=17-36 \mu\text{m}$	R=1300-2300 $\lambda=18-36 \mu\text{m}$	R=28000 $\lambda=12-18 \mu\text{m}$	...	...	Grating/FTS R=300/ 1500-11000 $\lambda=34-230 \mu\text{m}$	...	3 bands $\lambda=100/200$ /350 μm	2.5 m 横型 < 8K
2020/7 ESA MCR	ESA	1 band $\lambda=34 \mu\text{m}$	R=50-150 $\lambda=17-36 \mu\text{m}$	R=1300-2300 $\lambda=18-36 \mu\text{m}$	R=33000 $\lambda=12-18 \mu\text{m}$	...	...	Grating/FTS R=300/ 1500-11000 $\lambda=34-230 \mu\text{m}$	...	3 bands $\lambda=70/200$ /350 μm	2.67 m 縦型 < 8K
2020/9 JAXA Δ MDR	ESA	1 band $\lambda=24 \mu\text{m}$	R=60-160 $\lambda=17-36 \mu\text{m}$	R=1400-2600 $\lambda=18-36 \mu\text{m}$	R=29000 $\lambda=10-18 \mu\text{m}$	...	...	Grating/FTS R=300/ 1500-11000 $\lambda=34-230 \mu\text{m}$	...	3 bands $\lambda=70/200$ /350 μm	1.8 m 縦型 < 8K
2020/10 以降 最終案	ESA	1 band $\lambda=24 \mu\text{m}$	R=60-160 $\lambda=17-36 \mu\text{m}$	R=1400-2600 $\lambda=18-36 \mu\text{m}$	R=29000 $\lambda=10-18 \mu\text{m}$	...	...	Grating/FTS R=300/ 1500-11000 $\lambda=34-230 \mu\text{m}$	...	3 bands $\lambda=70/200$ /350 μm	2.5 m 縦型 < 8K

付録 3

「SPICA への関わり方に関する総括ワーキング・グループ」

メンバー

市川 隆（東北大）
川端弘治（広島大；委員長）
小山佑世（国立天文台）
東谷千比呂（国立天文台）
長尾 透（愛媛大）
本原顕太郎（国立天文台）

活動履歴

2021 年 09 月 光赤天連運営委員会での SPICA 問題に関する独自総括の発議
2021 年 10 月 第三者委員会報告書、及び宇宙研総括文書の公表
2022 年 01 月 SPICA への関わり方に関する総括ワーキング・グループ発足
2022 年 03 月 01 日 第 1 回 WG 会議
2022 年 03 月 04 日 光赤天連総会での当 WG の経緯報告
2022 年 03 月 17 日 第 2 回 WG 会議
2022 年 04 月 01 日 第 3 回 WG 会議
2022 年 05 月 20 日 第 4 回 WG 会議
2022 年 06 月 03 日 第 5 回 WG 会議
2022 年 06 月 24 日 第 6 回 WG 会議（若手研究者との意見交換を含む）
2022 年 07 月 08 日 第 7 回 WG 会議
2022 年 07 月 29 日 第 8 回 WG 会議
2022 年 09 月 02 日 第 9 回 WG 会議
2022 年 09 月 30 日 第 10 回 WG 会議
2022 年 10 月 21 日 第 11 回 WG 会議
2022 年 11 月 02 日 第 12 回 WG 会議
2022 年 11 月 18 日 第 13 回 WG 会議
2022 年 12 月 02 日 第 14 回 WG 会議
2022 年 12 月 16 日 第 15 回 WG 会議

第 2 回から 3 回にかけて、上述の第三者委員会による検討報告書および宇宙研による総括文書における「科学コミュニティに対する提言・要望」のレビューを実施。これらの文書に総括に関する本質的な観点が多く含まれていることから、提言・要望の各項目に対する光赤天連からの回答案を整理・議論して、ワーキング・グループとしての認識を整理し（付録 1 を参照）、統一化を図った上で、総括文書のたたき台を作成。第 4 回以降に認識をさらに整理しながら、総括文書案を練り直す作業を進めた。第 6 回では若手研究者 8 名（うち 1 名は文書により回答）に文書案のドラフトを示し意見交換を行う時間を設けた。さらに、7 月 12-13 日に開催された「光赤天連シンポジウム：2030 年代にどのような戦略的中型計画を推進するのか」、9 月 13 日に行われた光赤天連総会、および 9 月 22-24 日に開催された「光赤天連シンポジウム：2030 年代の天文学と光赤外地上・スペース計画：日本の戦略」において、当委員会による検討状況や総括文書案の一部を光赤天連メンバーに紹介して議論する場を設けて頂くなどして、文書の推敲の参考とした。2023 年 3 月 15 日に開かれた光赤天連総会にて、本検討報告書の承認を頂いた。

謝辞

宇宙研の鈴木仁研氏、及び中川貴雄氏には、本ワーキング・グループの事務局として、永らく、様々なご支援を頂きました。誠に有難うございました。

宇宙研の執行部の方々には、SPICA 推進に関する内部資料を本ワーキング・グループが参照すること、及び第三者委員会による検討報告書、宇宙研による総括文書のそれぞれ一部を本文書で引用することを御了承頂きました。併せて感謝申し上げます。

2022年6月24日に開催した第6回WG会議に当たり、上塚貴史氏(東大)、下西隆氏(新潟大)、但木謙一氏(国立天文台)、野津翔太氏(理研)、馬場俊介氏(鹿児島大)、播金優一氏(東大)、山岸光義氏(東大)、および高橋葵氏(国立天文台)には、本提言文書に関して貴重な御意見を多数寄せて頂きました。