

総合科学技術・イノベーション会議 評価専門調査会

「アルマ計画」評価検討会（第1回）

議事概要

日時：平成29年1月26日（木）15：01～17：23

場所：中央合同庁舎8号館 共用C会議室（5階）

出席者：角南座長、久間議員、原山議員、上山議員

國枝委員、滝委員、原委員、満田委員、三宅委員、横山委員

事務局：生川審議官、上谷企画官、広瀬参事官補佐、高橋上席政策調査員

説明者：文部科学省研究開発局宇宙開発利用課 新地宇宙科学専門官

国立天文台 林台長、チリ観測所 菊池主任研究技師

議事：1. 開会

2. 評価検討会の調査・検討の進め方について

3. 研究開発概要の説明と質疑応答

4. 討議

5. 閉会

（配布資料）

資料1 国家的に重要な研究開発の事後評価の実施について（平成28年11月30日 評価専門調査会）

資料2 評価検討会運営要領（案）

資料3 事後評価に係る検討のスケジュール（予定）

資料4 調査検討の視点（事務局案）

資料5 「アルマ計画」の概要（文部科学省）

参考1 総合科学技術・イノベーション会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価について（平成17年10月18日 総合科学技術会議、平成26年5月23日一部改正）

参考2 総合科学技術・イノベーション会議が事前評価を実施した研究開発に対する事後評価の調査検討等の進め方について（平成21年1月19日 評価専門調査会決定、平成26年7月4日一部改正）

（机上資料）

- ・総合科学技術会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価「アルマ計画」について（平成15年11月25日 総合科学技術会議）（冊

子)

- ・国の研究開発評価に関する大綱的指針（平成28年12月21日 内閣総理大臣決定）（冊子）

議事概要：

【事務局】 そうしたら定刻になりましたので、ただいまから文部科学省「アルマ計画」の事後評価の検討会第1回を開催させていただきます。

本日はお忙しい中、それから、急なお願いにもかかわらず御出席を頂きまして、誠にありがとうございます。

そうしましたら、まず、始める前に資料の確認をさせていただきたいと思えます。資料の一覧につきましては、議事次第にも記載しておりますけれども、それも御覧いただきながらと思えます。

まず、資料1ということで事後評価の実施について（11月30日）というもの、それから、次にこの次第に書いていませんが、資料1補足という横向きのスライドです。それから、次、資料2ということで運営要領（案）、それから、次、資料3としまして検討のスケジュール（予定）、それから、資料4としまして調査検討の視点（事務局案）というもの、それから、資料5としまして、本日文部科学省の方から説明いただく資料、ちょっと厚めのものです。

それから、次、参考1、参考2ということでありまして、それから、資料の一覧に載せておりませんが、「追加の説明及び資料提出を求める事項について」というものと「意見収集票」というものを更に付け加えてお配りしております。ここまでは配付資料ということでお持ち帰りいただいて結構でございます。

資料につきましては、後日公表いたしますので、それまでの間は委員限りということで、よろしく願いいたします。

それからあと、配付資料のほかに机上に事前評価をした際の冊子、白いものです。それからもう一つ、評価をするに当たって我々の一番もとになっているガイドライン、改訂したばかりなんですけど、大綱的指針の冊子、黄色いものをお配りしております。大変申し訳ないんですが、この二つの冊子についてはお持ち帰りいただける部数がないので、置いていただければと思っております。

以上、資料の過不足等ありましたら、途中でも結構ですので、事務局の方にお申し付けください。

そうしましたら、まず初めに、資料1を使って今回事後評価をするに至った経緯等ごくごく簡単に御説明したいと思います。

資料1を御覧いただけますでしょうか。

そもそもこの事後評価を実施するというのは、平成17年の総合科学技術会議決定等々に基づいてやっておるのですが、今般この文部科学省のアルマ計画、これにつきましては25年度をもって終了しておりまして、その後、本格運用からおよそ3年がたって一定の研究成果が出てきたということで、今般事後評価を実施するというに至ったものでございます。

それで、2ポツのところにありますけれども、11月30日の評価専門調査会、で評価専門調査会のもとにこのアルマ計画の事後評価をするための評価検討会を設置して調査検討し、最終的な評価結果をまとめようということに至っております。

一番下にありますが、この評価検討会は非公開で実施をさせていただきます。先ほどもちょっと触れましたけれども、評価検討会終了後に会議資料ですとか皆様の氏名を公表させていただこうというふうに考えております。

経緯の説明は以上でございます。資料1の補足というものは、説明は割愛させていただきます。

続きまして、本検討会の座長でございますけれども、評価専門調査会の専門委員から慣例として選ばせていただいております。今回は角南委員に座長をお願いするという御了解を頂いております。ということで、これからの進行につきましては、角南座長の方によろしくお願いしたいと思います。

【座長】 このたび座長を仰せつかりました角南でございます。

文部科学省のたしか大型研究のロードマップのヒアリングか何かで私も昔委員をさせていただいたときに、最初にこのアルマ計画について話を伺ったなというふうに思って、もうあっという間に月日がたって、もう事後評価ということでございますが、非常に国家的に重要な研究開発プログラムということで、アルマ計画の事後評価でございます。そういう意味では、先生方には大変お忙しい中集まっていただきましたけれども、是非ともきちっと次につながるような事後評価にしていただければいいかなと。

もう一つ、やっぱり国際プログラムでございますので、その辺の難しさというところも非常に私個人としてはこのプログラムで非常にいい経験が多々あるんだろうなと思っていますので、その辺も是非浮き彫りにしていただいて、次につなげていけばいいなというふうに思っていますので、よろしく願いいたします。

それでは、本日が第1回目ということでございますので、事務局の方から出席者の方々の御紹介をお願いします。

【事務局】 そうしましたら、皆様のお手元に委員限りということで委員名簿をお配りしているかと思っております。多分、上の方のどこかにあると思っております。それ

の順に御紹介をさせていただきたいと思えます。

そうしましたら、まず最初、総合科学技術・イノベーション会議の議員で評価専門調査会の会長の久間議員です。

【委員】 久間です。よろしくお願ひいたします。

【事務局】 続きまして、総合科学技術・イノベーション会議の原山議員です。

【委員】 原山でございます。よろしくお願ひします。

【事務局】 続きまして、同じく上山議員です。

【委員】 上山でございます。どうぞよろしくお願ひします。

【事務局】 また、改めての御紹介になりますけれども、評価専門調査会の専門委員で、今回座長をお願ひしました政策研究大学院大学の角南委員です。

【座長】 角南でございます。

【事務局】 次からは今回の評価検討会にお呼びした外部有識者の方々になります。

まず、名古屋大学の國枝委員です。

【委員】 國枝です。よろしくお願ひいたします。

【事務局】 続きまして、株式会社日本経済新聞社の滝委員です。

【委員】 よろしくお願ひします。

【事務局】 続きまして、浜松ホトニクス株式会社の原委員です。

【委員】 よろしくお願ひします。

【事務局】 続きまして、宇宙航空研究開発機構の満田委員です。

【委員】 よろしくお願ひいたします。

【事務局】 続きまして、キャノン株式会社の三宅委員です。

【委員】 よろしくお願ひいたします。

【事務局】 続きまして、東京大学大学院の横山委員です。

【委員】 よろしくお願ひいたします。

【事務局】 続きまして、事務局を御紹介いたします。

まず、大臣官房審議官の生川です。

【事務局】 よろしくお願ひします。

【事務局】 続きまして、評価担当参事官補佐の広瀬です。

【事務局】 広瀬でございます。よろしくお願ひいたします。

【事務局】 続きまして、同じく評価担当の上席政策調査員の高橋です。

【事務局】 高橋です。よろしくお願ひします。

【事務局】 最後になりますが、評価担当企画官の上谷です。よろしくお願ひします。

以上です。

【座長】 それでは、この検討会の進め方について事務局の方から御説明をお

願いたいと思います。

【事務局】 そうでしたら、資料2を御覧いただけますでしょうか。運営要領（案）でございます。ポイントだけかいつまんで御説明します。

まず、第3条、検討参加者の欠席というところになりますけれども、本検討会は代理出席を認めておりません。もし欠席される場合はということで2項にありますけれども、書面により意見を提出することができるというふうにしております。

それから、第5条でございます。繰り返しになりますけれども、本評価検討会は非公開で、会議資料については、評価検討会の終了後に公表するというところでございます。具体的には、この後スケジュールを御説明しますが、評価専門調査会その場で公表するということになります。

それから、「ただし」というところにあります。基本的に全て公表しますが、一部公表に適さない部分については非公表ということになる場合もあります。それから、3項ですけれども、議事概要は今申しました非公表の情報と氏名を除いて公表をするということですので、どなたが発言したか分からない形での議事概要になるというものでございます。

説明は以上です。

【座長】 ありがとうございます。ということで、この検討会の運営はこのようにしてまいりたいと思いますけれども、この案で御了承いただけますでしょうか。

ありがとうございます。それでは、この運営要領に従って評価検討会を進めたいと思います。

続きまして、本日の進め方、今後のスケジュールあるいは調査検討を進める上での視点の案について事務局から御説明をお願いします。

【事務局】 そうでしたら、資料3、資料4ということで続けて御説明をさせていただきますと思います。

まず、資料3になります。今後のスケジュールでございます。

本日は二つ目の黒丸の1月26日、第1回の評価検討会ということ。この後、もうしばらく事務的な説明をさせていただきますが、この後、文部科学省と国立天文台の方に入ってください、資料5を使って説明していただきます。その後、委員の方と説明者の方々の間で質疑応答していただき、その質疑応答が終わった後は、文部科学省には退出を頂いて、フリーのディスカッションを頂くというのが本日でございます。

それから、第2回、3月10日でございます。第1回と第2回に先ほど配付資料の説明をしましたが、追加の意見ですとか追加の質問事項等というのをメールベースでやりとりさせていただきます。そういうのも踏まえま

して、第2回では、文部科学省から再説明をしていただき、質疑応答し、また、文部科学省には出ていただいてフリーでディスカッション、取りまとめに向けたディスカッションをしていただくということを考えております。

それから、第2回が終わった後には評価結果の原案、これを取りまとめます。評価結果原案はとりあえずまず事務局で取りまとめまして、委員の皆様方の方にまた展開をさせていただきます。外部の有識者の方々には、ここまでお付き合いを頂きたいというふうに思っております。評価結果原案が取りまとめましたら、3月28日の評価専門調査会、ここで座長から報告を頂いて、評価結果案にいたします。日程は未定ですけれども、最終的には総合科学技術・イノベーション会議で決定と、こんな流れで予定をしております。

資料3の説明は以上です。

続きまして、資料4、これも皆様方に事前説明の際に御説明した内容と全く変えておりませんので、ポイントだけささっと御説明をさせていただきます。

これは今回評価をするに当たっての視点の事務局案でございます。これにつきましては、また後で内容について御議論いただければなというふうに思っております。

大きくは4つありまして、一つ目が国際共同プロジェクトにおけるリーダーシップを発揮したかという観点で、日本の負担は妥当だったのかですとか我が国の存在感を示せたのか、アジア地域におけるリーダーシップを発揮できたか、科学技術的なプレゼンスの向上に寄与したか、人材育成が図られたかといったようなのがまず大きな1点目です。

それから、2点目としましては産業のイノベーション創出に与えた効果ということで、技術的成果の国際的優位性というのが培われたか、それから、次のページを御覧いただきまして、産業への波及効果というのがあったのか、これが大きな2点目です。

それから、大きな3点目としては社会・国民の支援を得るための取組ということで、アウトカムが明確になっているのかですとか、国民への情報発信が適宜適切に行われたかといったような観点、これが大きな三つ目。

それから、最後4つ目としまして、今後の運用・整備計画ということで、今後の計画におけるアルマの位置付けが明確なのかどうか、それから、10年間のプロジェクトだったわけですが、その中で得られた知見というのがその後ちゃんと生かされているのかどうかといったようなところを大きく4つ評価する際の視点として、事務局案としてまとめさせていただきます。

説明は以上です。

【座長】 ありがとうございます。ただいまの説明に対して、何か特段御質問等ございますでしょうか。よろしいですかね。

特に視点の追加及び新たな視点で必要なものがあるということになれば、これは議論を後ほどしますので、その中でまた御指摘いただいたら、またそのときに追加等も検討できるのではないかと思いますので、よろしく願いいたします。

では、どうですかね。

【事務局】 では、入っていただけますか。

【座長】 では、文部科学省の方に入ってください。

(説明者入室)

【座長】 本日はお忙しい中、評価検討会に御対応いただき、ありがとうございます。

では、説明者の御紹介を事務局の方からお願いしたいと思います。

【事務局】 そうしましたら、たくさんの方がおられるので、メインテーブルの方、3名の方だけ御紹介させていただきます。

まず、文部科学省研究開発局宇宙開発利用課の宇宙科学専門官の新地さんです。

【文部科学省】 よろしく願いします。

【事務局】 続きまして、国立天文台の台長、林さんです。

【国立天文台】 よろしく願いいたします。

【事務局】 同じく国立天文台のチリ観測所主任研究技師の菊池さんです。

【国立天文台】 よろしく願いいたします。

【事務局】 以上でございます。

【座長】 ありがとうございます。

それでは、本日は事業の内容について文部科学省の方から30分程度御説明を頂いて、その後、60分程度の質疑応答ということで予定させていただいております。

まず、文部科学省の方に御説明いただく前に、注意事項について御説明いたします。

まず、1点目は、この評価検討会は非公開という扱いでございます。傍聴は事務局限りとしたしております。

それから、二つ目に、会議資料につきましては、会議の終了後に原則公表するというようにしております。非公表扱いのものがありましたら、説明の中でその旨、非公表という理由も含めて申入れをお願いいたします。

それから、3点目は議事概要についても公表することとしております。文部科学省からの説明に係る部分については、公表前には事実確認等をいたしますので、よろしく願いいたします。

では、御説明の方をよろしく願いいたします。

【文部科学省】 それでは、文部科学省宇宙開発利用課の新地でございます。よろしく願いいたします。

冒頭、私の方からアルマ計画の概要について若干説明をさせていただきます。アルマ計画の事後評価に係る調査検討の視点に関する実質的な説明につきましては、実施主体であります国立天文台からさせていただきたいと思っております。

それでは、資料5の4ページ目を御覧ください。資料の右肩にページを付しております。

アルマ計画の概要ですけれども、宇宙・銀河系・惑星系の誕生過程を解明するために、日米欧の国際協力によって南米チリのアタカマ高地に建設いたしましたアタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計による国際共同研究を推進するというものでございまして、日米欧の国際共同事業で世界最高性能の電波望遠鏡を実現すると。日本の実施主体としましては、国立天文台を中心に国内の複数の大学や台湾、韓国の東アジアの連携機関等が実施しております。日本の所要経費としましては、建設費の総額が251億円、年間運用経費約30億円で運用を行っております。

5ページを御覧ください。アルマ望遠鏡の運用体制でございます。

体制図にありますように、日本、米国、欧州の三者協定の下に運用主体であります日本では国立天文台、米国は北東部大学連合、国立電波天文台、欧州は欧州南天天文台の各機関の代表者及び各地域の科学者で構成されるアルマ評議会を設置いたしまして、合同アルマ観測所、アルマ所長の下で各地域センターが連携協力をし運用を行っております。

予算の分担としましては、日本が25%を分担、望遠鏡の時間としましては22.5%となっております。

6ページを御覧ください。アルマ計画の参加国の機関を整理しております。

今回の説明ではちょっと省略をさせていただきます。7ページ、アルマ計画の計画期間でございます。

建設期間は平成16年から25年の10年間、計画内容としましては、ミリ波からサブミリ波まで観測できる巨大電波望遠鏡、12メートルのアンテナを54台、7メートルのアンテナを12台等建設。日本は主にアタカマ・コンパクト・アレイシステムと呼びますACA、こちらは7メートルを12台、12メートルを4台、それから、ACA用の高分散相関器とサブミリ波を中心としました3つの周波数Bandの受信機を分担しております。

アルマ計画は建設完了後30年プラスアルファの運用期間となっております。平成23年から24年の初期科学運用では4分の1のアンテナの台数で初期科学の観測を開始しております。25年からの本格運用では、太陽系以外の

惑星系形成や銀河形成の解明に取り組み、生命の起源に結びつく様々な物質の探査を実施しております。平成35年以降、更に本格運用を継続することを計画しています。

8ページ目はアンテナの写真を載せておりまして、9ページは三者協定の時の写真でございます。

10ページにまいりまして、アルマ計画の科学目標でございます。

アルマ望遠鏡の特徴を活かしまして、三つの科学目標の達成を目指しております。目標に対する進捗及び達成度合いにつきましては、次の11ページに示しております。11ページを御覧ください。

一つ目の科学目標、太陽系以外の惑星系とその形成を解明、こちらの現在の進捗状況ですけれども、原始惑星系円盤を高空間分解能で分解しまして、惑星が誕生する現場を明らかにしました。他にも地球軌道に似た軌道を持つ惑星の誕生現場を初めて観測することに成功しております。達成状況としましては、惑星系形成の多様性を解明するための観測結果が続々輩出されておりました。本科学目標の達成に必要な空間分解能を実現しているところでございます。

二つ目の科学目標、銀河形成と諸天体の歴史を解明、こちらの進捗でございますが、史上最遠方の酸素を検出、重力レンズ効果によるアインシュタインリングの可視化など多くの発見がございました。達成状況としましては、遠方から近傍の様々な銀河の観測結果が輩出されておりました。本科学目標の達成に必要な観測感度を実現しております。

三つ目の目標でございます膨張宇宙における物質進化を解明、こちらの現在の進捗でございますが、最も単純な糖分子や枝分かれ構造を持つ有機分子などの発見がありました。アミノ酸など生命に直接関連する分子の発見には至っておりません。達成状況としましては、本研究は運用期間30年プラスアルファをかけて臨むものでございまして、惑星形成領域からの糖の分子の発見など、今後を期待できる成果が着実に出てきておりました。目標達成に必要な分光能力を実現しているところでございます。

アルマ計画の概要の説明につきましては以上となりまして、それ以降、以下の説明につきましては、国立天文台の方からさせていただきたいと思っております。

【国立天文台】 それでは、私の方から資料4にございますアルマ計画の事後評価に係る調査検討の視点というところを一つずつピックアップして述べさせていただきます。評価の視点が10項目以上ございますので、時間も限られておりますので、少し早く御説明させていただきます。

まず、最初の視点でございますけれども、国際共同プロジェクトとして施設の整備及び運用に係る日本の負担は妥当であったか。施設の整備、運用状況ということでございますけれども、アルマは総工費1,500億円という中で、

日本は251億円の負担でこれを実現しております。経費のことはともかく、これは日本としては初めてこのような国際的な大きな研究基盤の建設にほぼ対等な立場で参画するということを実現したことでありまして、それによりまして、日本単独では不可能であった規模の大きな事業を国際協力の分担ということでなし遂げたというふうに思っております。

14ページを御覧いただきますと、日本の貢献割合が書いてございます。日本25%、北米、欧州は37.5%、その下は時間配分でございますが、これはチリに10%の時間を差し上げているものですから、1割ずつ少なくなっております。日本が25%、4分の1という分担を251億円でなし遂げたということは、これは北米、欧州は建設の途中で思ったよりコストがかかるということが判明しまして、彼らはコストを上昇させた。それから、更にアンテナの台数も当初、北米と欧州で64台つくろうとしていたところ50台に減らしたということでありました。日本は当初予定どおり251億円で25%の貢献を実現しております。

具体的に日本が何を貢献したかということが15ページに書かれております。

日本の分担はACAシステムと書いてありますが、アタカマ・コンパクト・アレイというふうに呼びます。欧米のアンテナが非常に広がった地面の上にアンテナを分散させているのに対して、日本は非常に小さな領域にたくさんのアンテナを配置して、ちょっと難しい専門的な表現になりますが、空間的に広がった成分をきちっと検出して、天体の正しい像をつくり上げるという役目を果たしております。このために7メートルのアンテナを12台、12メートルのアンテナ4台を製作しております。

また、受信機でございますが、これはアンテナ66台に1台ずつ、1チャンネル1台ずつ乗せますので、日本はBand 4、8、10と言われる3チャンネルを実現しておりますが、受信機の総数としては66掛ける3プラス予備ということで220台近くの受信機の世界最高性能のものを搭載しております。北米、ヨーロッパはそれぞれBand 3、Band 6、Band 7、Band 9を搭載しておりまして、1国で三つのBandを200台以上も受信機の仕様を満たしてつくって納入したというのは、国際的な中でも非常に高く評価されております。それ以外に相関器でありますとか、それに附随するものをつくって納入しております。

16ページでございますが、取得したデータの取扱いについて1ページ触れさせていただきました。少し複雑な絵なので、御覧になりにくいと思いますが、ここで御説明申し上げたかったことは、アルマのデータはこういう観測をしたいとって申請した方がもし採択されましたら観測はなされるんですが、そのデータは観測されてから1年後に完全に世界に対して公開されるというこ

とでございます。1年以内の占有期間が終わりますと、全てのデータは世界の全ての、これは天文学者に限らずどなたでもアクセスして、そこから科学的データを引き出すことができる、そういうシステムをとっているという絵でございます。

次に、視点の2番目でありますが、欧米に対して我が国の存在感を示すことができたと言えるか、また、共同プロジェクトによりどのようなノウハウが得られたか、今後に生かすべき反省点は何かということで、一言で言いますと、我が国の存在感はどうであったかというふうに御質問いただいたものと思っております。

アルマ計画は、日米欧三者で世界的な規模で初めて日本が対等な立場で世界で唯一無二の望遠鏡、サブミリ波望遠鏡を実現したということ、それから、それによって人類史上極めて大きな意義のある望遠鏡をつくったということで、欧米に対しても、日本及び東アジアが強い存在感を示せたというふうに思っております。

日本の建設参加は欧米に比べまして2年遅れましたけれども、日本が参画後は建設を着実に進めまして、実は標高5,000メートルの観測サイトに最初のアンテナを納入したのは日本でございます。これは欧米等も非常に驚いたところでございますが、日本の高い技術力によってそれを実現したわけでございます。

次のページにいていただきまして、18ページですが、我が国の存在感で、次は世界的に通用する先端的技術開発ということでございます。ここでは特にBand 10と呼ばれます900ギガヘルツ帯、ほとんど1テラヘルツですけども、電磁波の波長にしまして350ミクロン程度のところでございます。その左側に図が書いてございまして、私どもがアルマの受信機を開発する前は、これ縦軸が雑音、横軸が周波数でございますけれども、雑音が非常に多うございました。それに対して、緑色の角張って折れた線がアルマの仕様でございまして、ここは日本が手を挙げるまで欧米のどこもやろうと言い出しませんでしたし、日本がやると言ったときに本当にやれるのかと随分不安を持たれました。しかし、最終的にはその赤い点で書いてありますように、仕様を実現いたしまして、66台プラス予備の受信機を納入いたしております。

次に、19ページにまいりまして、国際共同プロジェクトにより得られたノウハウという観点から御説明させていただきたいと思っております。

これは、国立天文台は、国立天文台になる前の東京天文台の時代からある程度の大型計画に着手しまして、着実に天文台としてノウハウを積み上げてきたことで、アルマへの道のりをまずつくれたというふうに思っております。その最初は電波天文学でありますと、野辺山の45メートル電波望遠鏡でございま

す。これは国内において大型計画を実現するというプロジェクトでございました。

次に、すばる望遠鏡でございます。これは初めて海外の最適地に望遠鏡をつくるという計画の推進でございました。しかし、これは日本一国でなし遂げたものでございます。

3番はアルマ計画でございまして、これは海外の最適地に国際協力で、たった一つだけ望遠鏡をつくるという計画でございまして、更に複雑さが加わったわけでございますけれども、こういう国際計画に日本が対等に参加できたということは、国立天文台にもノウハウが蓄積しましたし、また、国際的なレビューでも非常に高く認識されているところでございます。特に国際的な大型プロジェクトを進めるためのプロジェクトマネジメントでありますとかシステムエンジニアリングでありますとか、通常は研究者が所有しなくてもいいようなノウハウをこの間、国立天文台は積み上げてまいりました。将来の計画に関しましても、こういうノウハウを生かして実践していきたいというふうに思っております。

次に、20ページでございしますが、更にノウハウの続きということで幾つか列挙してあります。

この計画の実現への道のりでございますけれども、日本は確かに最初に2年遅れました。しかし、この2年の間を決して無駄にせずに、日本の分担となるACAシステムを設計し、提案し、欧米からそれならば非常に重要なファンクションなので、アルマと一緒にやろうということで、2年遅れではありますが、参加できたこと、また、2年遅れではありますが、きちっと予算を整備していただいたこと、先ほども申しましたが、日本が最初にアンテナを納入し、トップレベルのマイルストーンを実現したこと、先ほど申しましたBand 10を実現したこと等々数々ございまして、建設期は欧米の二者協定と日米欧三者協定を併用していたんですが、今は運用に入っておりますので、完全に三者が平等な、ただし、分担だけは日本が少し低いというような協定に基づいて運用を進めておるところでございます。

21ページにいきますと、我が国の存在感としてこれがどういうロールモデルになるかということを書かせていただきました。アルマ計画の実現により、こういう国際大型科学研究プロジェクトにおいて、あらゆる面で日本が十分に責任を負って協力する力を有する国であるということが世界的に認知されたというふうに思っております。例えば右側には、これは日本の新聞ではございません。ニューヨークタイムズがアルマに取材に来たときの1面トップの写真でございしますが、ここに写っている写真は日本の研究者が標高5,000メートルのサイトで床に座ってお弁当を食べている姿でございます。アルマが国際プ

プロジェクトであるということは当然ニューヨークタイムズも分かっているわけではございますが、このように日本のチームが山頂で実際に活躍しているところを取り上げていただいたことにより、世界的に広く認知されたものというふうに思っております。

次期大型計画に向けてのロールモデルとなるために、この国際パートナーと対等な立場での大型計画の推進のノウハウというのは、具体的に言いますと、プロジェクトのあらゆる面に関して貢献を果たすということが極めて重要であったと私どもは思っております。あらゆる面と言いますのは、マネジメント、先ほど申しましたが、そういう面に限らず安全対策、それから、広報でありますね。これも全て一緒にやっているというのは極めて重要な影響を持ちます。それから、現地の職員がストライキをされましたけれども、それに対応することも欧米と一緒に協賛して対策を考えていくというようなあらゆるところ、つまり成功のみならずリスクや失敗なども共に負って進んでいったということが非常に重要なことだと思っております。

次のシステムマネジメント、プロジェクトマネジメント、システムエンジニアリングは先ほど述べましたので、省略いたします。

現在、国立天文台はTMTという次期の大型国際協力プロジェクトを実現しようとしているわけですが、これらのノウハウは次期の望遠鏡に対しましても、非常に強い力となって現在発揮されているものと思っております。

次に、よい点ばかりではなくて、一つ教訓として、我々はどういうところが困ったかということをも22ページで御説明したいと思っております。

これは、国際プロジェクトでは予期せぬことがやはり起こることがございます。そういう場合に、欧米は必ず予備費、コンティンジェンシーですね。これを組み込んでありまして、いざという場合にそれを使うことで危機を乗り越えることができます。残念ながら日本はこういうシステムがなかなかございませんものですから、いざ緊急の事態が生じたというときに予備費を出せないということがございまして、そういう場合には国際的に対等な立場という観点から見まして、少し失望されることもあったかと思っております。

それから、安全意識及び安全対策ですね。これはアルマだけに限ったことではございませんが、やはり私ども国際的な場所でプロジェクトを進めてありまして、私どもの職員が暴漢に遭って死亡するという事件もあったものですから、特に注意を入れて赴任者が現地で無事に仕事ができるように心がけるということが重要に思っております。

次に、視点の3番目、東アジアにおけるリーダーシップでございますが、アジア諸国との連携では、建設期は台湾、それから、現在運用期に入りまして、台湾はもちろん韓国とも共同で運用を進めてありまして、それぞれに実質的な

分担をしていただいております。日本はその中でのリーダーとしまして、台湾が行うプロジェクトに対してプロジェクトマネジメント等や技術開発等で指導的な役割を担っております。また、東アジアの中核的な機関としまして、各種ワークショップ等を開いたりしまして、常に韓国、台湾と歩調を合わせて先へ進むということを進めております。

次に、4番目でございますが、アルマの運用により得られた研究成果は示されているか、これにより、天文学分野における我が国のプレゼンスは向上したと言えるかということなのですが、24ページの絵を御覧いただきますと、まず、これまでの望遠鏡による観測が左側にありまして、右側にアルマによる観測がございます。これらは共同の観測で実現したものではありませんけれども、今までの観測に比べて感度、空間分解能、圧倒的に高いレベルを誇っております。科学的に非常に大きな成果が実現されているということでございます。

幾つかその中から例を見ますと、例えば25ページを御覧いただきますと、これはうみへび座のある若い星の周りの円盤でございますけれども、惑星がつかられていく円盤ですけれども、最初の絵はハーバード大学のショーン・アンドリュースという方がとったわけでございますが、その後、例えば茨城大学の塚越さんらがここを詳しく調べて、例えばここに海王星の質量程度の惑星が誕生している可能性というようなものを別途観測して指摘したりしてありまして、世界的に見ましても、強い科学的プレゼンスが示されております。

次の26ページも同様でございますが、最初の26ページの左上の図は、これは想像図でございます。想像図でございますが、これは宇宙最遠方の銀河からの酸素の中間赤外線を検出したということでございまして、実はアルマの広報を先ほど一言述べましたが、アルマの広報は全世界共同でやっているものですから、こういう成果が出ますと、日本国内だけではなく世界同時発表になります。この発表は海外でも非常に高く注目されまして、海外ウェブサイトも含め400件以上の記事で取り上げられるということで、日本発の成果が世界的に瞬時に広がって見ていただけるということでございます。そのほか、各大学の先生方のやっつけ研究、下に書かれておりますが、それぞれの方がアルマを使いまして、非常にすばらしい研究をしていただいております。

27ページにまいりますと、科学的なプレゼンスは、しかし、数値としては本当にあるのでしょうかということなのですが、まず、論文数が書かれております。これまで出ました論文数のうち東アジアで、右側の円グラフを御覧いただきたいんですが、20%の論文数を占めております。時間をもらえる割合が22.5%なので、1割程度それよりは少なくなっておりますけれども、その貢献割合に比例したぐらいの論文は出ているというふうに思っております。

28ページを御覧いただきますと、では、日本の天文学者がどのぐらい書い

ているかというわけですが、アメリカに次ぎまして日本が82編、16%の論文を書いております。ヨーロッパの各国、イギリス、フランス、ドイツ等天文学が非常に盛んな国はございますが、そういう国に比べましても、もちろん人口比はございますが、16%という2倍以上の出版数を誇っているわけですし、国際的に非常に強いプレゼンスを示しているというふうに思っております。

次に、5番目でございますが、国際的な舞台でリーダーシップを発揮できる人材及び若手研究者の育成は図られているかということですが、これもかいつまんでお話ししますが、この国際的なプロジェクトの中で、例えば下に写真が2枚張ってございますが、東アジアのプロジェクトマネジャーを務めております国立天文台の井口教授の発表している写真なんですけれども、プロジェクトマネジャーとして欧米のプロジェクトマネジャー及びアルマの所長、副所長と常に議論をしながら、実は今日もその議論で彼はいないわけなんですけれども、日本が決して不利にならないように、また、日本が優位になるように常に話を進めております。

また、写真2の右側ですが、水野准教授が現地の職員、彼は実は国際職員としてチリに派遣されているわけですが、現地の職員として部下が100人もいます。その100人にスペイン語で毎日仕事を指示して、きちっと仕事をなし遂げているというようなことで、人材としても国際的に通用する人材が育っているというふうに思います。国際職員は、アルマでは40名おりますけれども、その4分の1、25%が日本からの派遣でございます。これは日本が25%貢献が義務付けられているわけから10名いるわけではございません。職の公告が出て、それに応募して、ちゃんと国際的な人事委員会の中でこの人がよいということで採択されて職員となるわけでございますので、この10人を派遣しているということは、非常に大きなある意味国際的に評価されているということの意味付けているというふうに思っております。

人材育成につきましては、その裏の30ページでも書かせていただいておりますが、Band 10でありますとか日本天文学会の賞でありますとか、あるいは海外の大学で活躍する若手の研究者等多数輩出いたしております。

次に、産業のイノベーション創出に与えた効果でございますが、32ページまでちょっと飛ばさせていただきますと、サブミリ波受信機デバイスやアンテナ技術等、本事業の中でどのような技術が使われたか、それらは日本の強みを生かしたものとなっているか、世界的に優位な技術と言えるかということでございますが、先ほど申しましたように、このアンテナに関しましては、日本が第1号機を納入しております。もうこの事実そのものが日本の優れた技術がきちっと生かされていると、また、日本の強みを生かしているということだと思っております。数々の賞を頂いております。

33ページの受信機についても、先ほど詳しく説明しましたので、ここでは省略いたしますが、決して世界が手を出そうとしなかった1テラヘルツ帯の受信機でちゃんと仕様を満たして納入したということで、多数の賞も頂いております。

34ページ、本事業で培われた技術成果は産業のイノベーション創出に寄与したと言えるか、今後どのような経済波及効果が期待されるかということで、詳しくは述べませんが、アンテナ技術、光伝送・検出技術、超伝導素子技術、導波管技術、相関器技術、受信機技術、どれでもあるものは企業を中心に、あるものは私ども国立天文台を中心に特許取得等をしておりまして、産業イノベーションの創出にも寄与したというふうに思っております。

次のページも産業への波及効果が書いてございまして、通信への応用ですね。これはアルマ用に開発されました非常に雑音の小さいHEMTと言われます増幅器ですね。こういうものは近いうちに、これまでもBSやCSのアンテナに利用されていたわけですが、より高感度の増幅器として、またすぐにそういうものに利用されると思いますし、医療技術や極低温技術等、アルマは冷凍機を使いますので、冷凍機の開発等で大きく貢献したものというふうに思っております。

次は、社会・国民の理解を得るための取組でございます。これ、頂きました資料4では、社会・国民の支援を得るための取組となっておりますが、最初に私どもの頂いた資料は「理解を」と書いてありますので、その線に沿って書いております。

アウトカムの明確性でございます。プロジェクトで期待されるアウトカムは明確になっているか、国民に対して分かりやすいものと言えるか。私どもアルマの目標としましては、非常に分かりやすい目標を掲げていると思っております。太陽系以外の惑星系とその形成を解明、これは具体的に言いますと、私たちの地球がある太陽系、この太陽系はどうやってできたのか、それから、銀河系がどうやってできたのか、生命の材料はどこからやってきたのかという非常に人類の根源的な問題に挑戦しておりまして、国民に対しても理解を得やすいものとなっているものと考えております。

次のページにいきまして、国民への情報発信でございますけれども、これは望遠鏡の建設中から積極的に国民に対して発信をしております。日本各地で講演会等も行い、いつも非常に強い興味を国民の皆様から示していただいております。また、先ほども申しましたが、日本国内だけではなく海外も含めて、アルマの広報は世界同時発信なものですから、様々な海外のテレビ番組も含めまして、非常に多くの報道で取り上げていただいております。詳細はちょっとそこに書かれておりますが、省略させていただきます。

地元とのコミュニケーションが39ページに書いてございます。国際的なプレゼンスとして対等な立場で参画するためには、こういう地元もチリの人たちに任せるわけではなく、日本から派遣されている職員及びチリ観測所にそれをサポートする職員が何名かいるわけですが、そういう人たちが地元で積極的に講演会等、あるいは星を見る集い等を催して、地元への理解に努めております。

40ページは安全対策ですね。これもそこに詳細が書かれております。やらなければいけない基本的なことが書かれておまして、その対応を行っているということでございます。

次に、41ページのアルマ計画の今後の運用・整備計画でございます。

一つ目は42ページでございますが、新しい望遠鏡等の設置を含む今後の我が国の運用・整備計画は明確になっているか、その中で、アルマの位置付けは妥当と言えるかということでございますが、すばるからアルマ、それから、アルマからTMTと日本としてステップを踏んでノウハウを蓄積し、国際的な大型計画を実現してまいりたいというふうに思っております。

特に地上天文学としては、電波天文学と可視光・赤外線天文学、この二つの波長における天文学が地上から実施可能でございまして、この二つの波長帯で世界のトップレベルの装置を共同で建設し、大学共同利用機関として日本を初め多くの研究者に機会を提供するということが重要だと思っております。アルマの次はTMT、TMTはアルマ望遠鏡と同等の空間分解能、100分の1秒角で宇宙を見ることができるといふものでございます。アルマ、つまりミリ波サブミリ波帯はガスや塵を観測することで惑星系の誕生や銀河の進化、生命の起源の研究を進めてまいります。TMTのように可視光になりますと、星や惑星を直接観測することができます。そうしますと、例えば惑星の上になんかのバイオマーカーがあるかというようなことで、アルマの結果とあわせて、生命の探査とかいう非常に根源的な問題に迫ることができるというふうに思っております。

43ページはそのロードマップが書かれております。現在、野辺山の45メートル電波望遠鏡、建設が終わりまして、運用を始めて35年になりますが、そろそろ世界的な競争力に疑問が持たれ始めておりますので、あるところでクローズする計画を進めております。

一方、すばる望遠鏡は可視光・赤外線の望遠鏡としていまだに有り難いことに世界の最先端を走っておりますので、TMTが十分に活躍を始めるまでは何とか運用をキープしたいと思っております。アルマは今の主力装置でありますので、30年プラスアルファの運用を目指しております。TMTは建設を何とか実現し、2020年代の後半に先ほど言いましたような目標を目指して運用を開始したいというふうに思っております。

得られた知見とその活用というのを44ページで述べさせていただきます。

10年間にわたる事業の中で、適切なタイミングで評価は行われたか、その中でプロジェクトのうまくいかなかった点、うまくいった点、今後に生かすべき知見は得られたか、得られた知見はどのように生かされているかということでございますけれども、建設期においては、国際的な外部評価をアルマとして毎年受けております。かなり集中した審議でございます。また、運用期は数年に一度の割合でレビューを実施する、これは今後の予定でございます。

45ページになりますと、これまでに受けた評価が羅列してございます。日本人は必ず含んでおりますが、基本的に全て国際レビューでございまして、例えばコスト増に対してどう対処するか、サイエンスの目標を決められたコストの中でどう実現するかということに対して重要な審議をしていただいております。その下には具体的にどう変わったかということが書いてありますが、ここは省略させていただきますして、46ページは、更に国際外部評価の続きでございます。

建設の次は運用でございますが、運用についても経費はどのぐらいがふさわしいかということを含めた国際的な評価委員会で、何年かに一度必ず評価をしております。それから、安全が極めて重要ですので、安全も別途評価をしております。

次の47ページ以降は、今までの評価等の反映状況を細かく記したものでございますので、ここは省略させていただきますして、少し時間を超過してしまいましたが、これにて私の御説明は終わりとさせていただきます。どうもありがとうございます。

【座長】 ありがとうございます。それでは、御質疑をお願いしたいと思います。どなたからでも結構ですので、よろしくお願いします。

【委員】 すみません。御説明ありがとうございます。確認なんですけれども、10ページ、11ページのところの説明で、11ページの方の達成状況の中にそれぞれ目標達成に必要な空間分解能の実現ですとか観測感度を実現というふうに書いてありますけれども、これは10ページの上の方の四角に入っているハッブル宇宙望遠鏡の10倍とか電波望遠鏡の100倍とか、こういう数値が達成されたという意味と受け取ってよろしいのでしょうか。

【国立天文台】 おっしゃるとおりです。この仕様とも言えるハッブルの10倍、これまでの100倍、これまでの相関器の10倍という性能を実現していることが確認されたということでございます。

【委員】 説明の中で欧米がアンテナを減らしたので、若干当初に比べたら性能が出なかったというような説明もありましたが、それはこれに影響していないんですか。

【国立天文台】 アンテナを減らすことで観測効率はちょっと下がりますし、感度が多少は下がりますけれども、干渉計という望遠鏡の特徴でございしますが、アンテナの数の2乗に比例して感度が決まりますし、空間分解能はアンテナをどれだけ広い範囲に置くかで決まりますので、先ほど申しましたように、このレビューを経て欧米のアンテナ30何台だったものを25台に減らしてどうなるかをシミュレーションして、影響がないことはないんですけども、当初の仕様を実現できるということで、その数に減らしておりますので、問題なく実現しております。

【委員】 分かりました。

もう一点、東アジアにおけるリーダーシップということで、台湾と韓国と連携をしているという御説明でしたけれども、これは具体的にどういうふうに連携しているんですか。例えば要するに日本がもらっている25%の観測時間みたいなものをシェアして、そのかわりに何らかの見返りをもらうとか、そういうような関係なんですか。

【国立天文台】 台湾とは建設当初から、韓国とは運用期から、日本の5%、したがって、日本が30億円という目標でございしますので、それぞれ年間1.5億円分の貢献、これは必ずしもキャッシュとは限りません。例えばアルマに関しましては、常に新しい受信機等を開発していくということが国際的な約束になってございしますが、日本としては、その資金は得られていないものでございしますから、例えば台湾を中心に新しい受信機、今計画しておりますのはBand 1というまだできていないところなんですけど、そういうものを台湾の貢献として、平均として毎年1.5億円になるように貢献していただいていると。そういう形で協議しながら、必ず何か日本としても得るところを持って、彼らとしても得るところがあるような共同で進めているわけでございます。

【委員】 分かりました。ありがとうございます。

【座長】 どうぞ。

【委員】 説明どうもありがとうございました。

一番最初に聞いたかったのは、こういう計画で観測を始めたところで、今まで想像もしなかったすごいことがあったとか、思いもよらないことが多分感度が上がると、そういう期待があるんですが、どうせシミュレーションをやっ
て見えていたようなこと、考えられたことが見えたといっても、ああ、そうかというところが皆さんあると思うんですけども、これで本当にどんなびっくりすることがあったか、もしあったらお話しいただきたい。

【国立天文台】 24ページを御覧いただきますと、アルマのビフォー、アフターという絵が載っております。それで、委員がおっしゃるように、このアルマのアフターの絵はシミュレーションをいっぱいやって、アルマならこういう

絵が見えるという予想がございました。しかし、やはり予想で見るのと現実にこれを見るのではちょっと違ったものがございまして、実現したという実感を持った次第でございます。

実は私、立場上この絵を一番最初に見る機会に恵まれてまして、最初にこの絵を見たときに、また何かこんな適当なシミュレーションをやったというふうに思っていたんですが、よくメールを読みますと、最初にとられたデータだと書いてありましたもので驚いてしまったわけでございます。そういうことで、今のところまだシミュレーションで言われたこと以上のものは、これからに期待するとしか言えないんですけれども、シミュレーションで言われていたからといって、それが本当に見えるかどうかはやはり科学の世界ですから、やってみなければ分からないものがございまして、まず、それが確実に見えたということで、それ自身が実は私個人にとっては驚きでございました。

【委員】 これ今ちょうど観測を始めて何年か動き出しているところですけども、これから毎年やっぱり30億かけて運用していくと。30年かけると。こういうことはわりとさっき申し上げたように、ぱっぱと最初にいいところを見てみると、大体こういうところが面白いところだろうというのが見えてくるとか、先ほど言った発見の領域はどこかとか、30年かけて、ただそのデータを積み重ねるわけではない、マップをつくるわけではないと思うんですね。その辺は何か今後の計画というところに余り書いていなかったんですが、いかがでしょうか。

【国立天文台】 こう言うところとちょっと答えとしては非常に曖昧なものになってしまうかもしれませんが、これはちょっとすばる望遠鏡の経験をもとに言わせていただきますと、すばる望遠鏡をつくるときに、すばる望遠鏡の主焦点は、あのとき日本の天文学者、日本どころか世界の天文学者のほとんどがそんなものは要らないと、お金がかかるだけだと、こう言われていたわけなんです。

ところが、すばる望遠鏡は日本でたった一つだけの8メートル望遠鏡だったものですから、共同利用機関として日本の天文学者の皆さんの希望を満たしたいということで、あの主焦点をつくったわけでございますが、つくった後、あの主焦点こそがすばるの最高の世界に比類ない性能であるということが分かってまいりまして、今や8メートルから10メートルクラスの望遠鏡は世界に10台を超える中で、いまだにすばる望遠鏡は非常に強い力を持っているわけでございます。

アルマでそれがもし何かというのを私が分かっていたら、間違いなく今そちらの方向に走るんですが、そこはもう少しお時間を頂きたいと思っているところでして、先ほど達成した性能ですばらしい観測が続々と出てまいります。その中で必ずやアルマではこういう方向に走るべきであろうという考えがまとま

ってくると思いますので、それをもとにそちらを強化していきたいというふうに思っております。

【委員】 期待しています。

【国立天文台】 ありがとうございます。

【委員】 一言よろしいですか。複数台の高感度な電波望遠鏡による観測で期待した解像度は、実際の観測では様々な環境によって変わりますよね。それに対するロバスト性をまず評価して、それに対する結果がどうだったかという説明がなかったので、その辺を教えていただければと思います。

【国立天文台】 まず、標高が5,000メートルという高地にございますので、10Bandあるうちの低い方の周波数帯、これは波長にしまして3ミリから0.8ミリぐらいまででございますね。ここはほぼ常時この仕様という性能を達成しております。そういう意味では、こういう波長帯はある意味、いつでも使えるということで予備的な周波数に設定されることがございますが、一方、波長が短くなりまして、周波数で500ギガを超えて1テラに近いようなところになりますと、さすがの標高5,000メートルのアルマの高地でも観測できるのは、1年を通して10分の1ぐらいしかございません。そのことは最初から分かっておりました。ですから、Band10のような高い周波数は、最初はやめようということをお願いしていたわけです。

ただ、日本にとってはそれが非常にチャレンジングだったものですし、何とかやろうということで実現はいたしました。運用も開始しておりますけれども、そういう意味では、観測できる比率が全夜数の1割程度しかございませんので、いいときを狙ってその周波数で性能を出すということをやっております。

それから、それだけ高い周波数になりますと、電波の位相がやはり大気の揺らぎによってかなり誤差が生じるものですから、高い空間分解能を生じることがなかなか難しゅうございます。その辺は今、観測をしながら半分ぐらいの時間をエンジニアリングに使って、徐々に追い求めていっているところでございまして、ある意味、Band10のような高い周波数は先ほど申しましたように、例えば0.01秒角の性能が出ているかということ、まだこれからだというふうに思っておりますが、いい性能が出ておりますので、必ず実現できるというふうに思っております。

【委員】 分かりました。このように電波望遠鏡などの設備はそろったけれども、性能の追求はまだこれからということですね。

【国立天文台】 おっしゃるとおりです。

【委員】 ありがとうございます。

【委員】 細かい技術のところなんですけれども、32ページですね。日本製のアンテナは他国では達成できなかった高い鏡面精度を実現と書いてございま

すけれども、この鏡面精度がいいということは、分解能か何かに効いてくるということなのでいいわけですね。

【国立天文台】 分解能はアンテナの間隔だけによって決まります。では、鏡面精度がいいと何がよいかといいますと、アンテナは効率というものがございます。結局鏡面精度が悪いと焦点に集まらずにどこかに電波が行ってしまうわけでございますが、精度がいいので効率が非常に高い。効率として60%ぐらいの効率でアンテナ全体で集めた電波を最後のディテクターまで持ってこられるということでございます。

【委員】 分かりました。それで、何かもったいないんですけれども、ほかの国でこの技術を共用せずに使わなかったというのは何かもったいないなと思うんですが。

【国立天文台】 それは正に日本の技術だとやはり私どもは思っております。例えばアメリカ、ヨーロッパとも日本とは当然違った形で仕様を満たそうとしたわけでございますが、アメリカのアンテナは少し仕様を満たすのにやはり苦労しております。日本はアタカマ砂漠という標高5,000メートル、温度の最低気温が摂氏マイナス10度、最高気温が30度になるというようなところで、全ての気温状況に応じて鏡面精度を維持して観測するためにどういうことをやればいいのかというのをきちっとシミュレーションして、それをきちっと実現したということで、例えば北アメリカが仕様を満たすのに大分苦労しているのを思うと、日本のアンテナは一発で仕様を満たしてしまったというわけで、第1号機も日本はもう完全に大丈夫だということで、遅れて参加したにもかかわらず納入がちゃんとできたというところで、それが見えているというふうに思っております。

【委員】 ただ、せっかく日本にそういう技術があったものですから、そのアメリカの方も使っていただければもっといい結果が出たんじゃないかなと思っただんですが。

【国立天文台】 ちょっと話が変わりますが、TMTでは日本の技術が高く評価されておまして、今日の議題ではないんですが、望遠鏡本体も日本がつくるということになっております。そういう意味で、日本のこういう精密制御技術は極めて高く世界的に評価されていると思っております。

【委員】 ありがとうございます。

【委員】 御説明ありがとうございます。2点お伺いします。

一つ目ですが、17ページで何度か繰り返して御説明いただきましたが、2年参加が遅れたということについて、その経緯をお教えいただければと思います。

【国立天文台】 2年参加が遅れた経緯は、ちょっと説明しにくいんですけれ

ども、予算を付けていただけなかったということを申し上げざるを得ないとは思っております。

【委員】 ありがとうございます。

遅れてしばらくの間、発言権など制約があったというふうに伺っておりますが、それはもう取り戻せたと、こうした成果のおかげで取り戻したというふうに聞いておりますが、そういう理解でよろしいですか。

【国立天文台】 その間、日本は指をくわえて待っていたわけではございませんで、できる限りのことはやりまして、アンテナについても、こういうことだったら過酷な条件のもとで仕様を満たせるというようなことの研究を進めまして、関連企業と一緒に進めて、予算が付いたら直ちにつくり始めて、第1位で納入したということで、その2年間は決して無駄ではなかったと思っております。

【委員】 ありがとうございます。

もう一つが39ページ目の地元とのコミュニケーションなんですけど、ハワイでの御経験を積んで、そして、チリでこうした地元との関係も良好になるように努めておられるという中で、ハワイとチリの違いというのがありましたらお教えいただければと思います。というのは、ハワイはなかなかアメリカ本土に対する抵抗感が強くて、いろんな意味でTMTも御苦労されていると思うので、チリとの関係はどのようなものかお教えいただければと思います。

【国立天文台】 望遠鏡という規模がだんだん大きくなってまいりまして、世界の各国で大きな望遠鏡をつくる事業が実施されるわけでございますけれども、実は私どもが聞き及んでおります望遠鏡の計画で、現地の反対運動がなかったというものはございません。必ずではございますが、一部の方の反対がございます。チリでも実は反対運動がございます。ですから、この39ページに書かせていただきました地元とのコミュニケーションというのは、地元の方に理解をしていただいて、なるべくなら反対されている方もこれは決して環境に害を及ぼすものでもありませんし、地元にとってもよいものですよということを御説明して理解を頂く努力の一環としていただいております。

ハワイの場合には、これはTMT関連でございますけれども、やはり根深い問題がございます、努力はしているつもりではございますが、なかなか全ての方に理解を得られないところは私ども非常に難しいところかというふうに思っております。

【委員】 16ページのところで幾つかお聞きしたいことがあるんですが、まず、この観測提案の部分なんですけど、これは地域センターが三つあって、受付は地域センターで受けるんですけど、これはそのままスルーして観測提案の審査委員会と、一つのアルマの中で一つの組織がやっているんでしょうか。

【国立天文台】 観測提案審査委員会ですね。ここはたった一つしかないかという御質問ですね。

【委員】 そうです。全部一緒にやっているのか、それともそれぞれの地域センターごとにやっているのでしょうか。

【国立天文台】 全世界で一つの審査委員会しかございません。アルマは年に1回観測提案の機会がございますが、1回に出てくる観測提案は全世界で1,600件になります。この審査委員会は、1,600件の審査提案を1週間、世界の100人以上の天文学者を1か所に集めまして、1位から1,600位まで順位を付ける委員会でございます。それをやっております。

【委員】 そうだとすると、幾つかお聞きしたいんですけれども、地域ごとの何%というのはどういうふうな担保のされ方をされているのでしょうか。

【国立天文台】 1位から1,600位までありまして、その中で上から順番にとっていきます。そうすると、日本のレベルが低いと、日本はすごく下位の申請までとらなきゃいけないかと私どもも心配していたんですが、欧米と割と伍したところまでの順位のところまでとられているので、安心しました。

【委員】 一応それは考慮して決めるようにはなっているけれども、余り調整はしなくても済んでいると、そういうことでしょうか。

【国立天文台】 いえ、ここは非常にやはり重要なセンシティブなところですので、日本としては22.5%に満たない場合には、必ず22.5%になるように、これは必ずそういう割合とか誰が採択される予定かというのは前もって天文台に来ますので、割合を見てみて、22.5でなければちょっとおかしいのではないですかということを言っております。

【委員】 分かりました。

もう一つは100人の中に日本人はどのくらいの割合で入っているのでしょうか。

【国立天文台】 大体100人のうち15%から20%ぐらいは入っております。1週間やっぱり缶詰にする、しかも、これが6月なものですから、日本の研究者にとっては非常に授業の途中、抜け出していくのは苦しい時期なんです。欧米は夏休みなものですから、日本にとってはちょっと不利なことになっておりますが、15人から20人ぐらいでいつも参加していただいております。

【委員】 最後の質問です。20何%になった場合の競争率というのは、結局地域ごとでどのくらいになっているのでしょうか。

【国立天文台】 競争率は東アジアで台湾、韓国を含みまして大体今4倍です。アメリカで5倍程度、それから、ヨーロッパがちょっと厳しくて、ヨーロッパは天文学者の数が多いものですから、6倍から7倍という程度で、ヨーロッパが一番難しいところになっております。

【委員】 説明どうもありがとうございました。

日本の優れた技術で有利なプレゼンスを確保しているということを理解したんですけれども、遅れて参加をしたということについて、遅れた後で参加して、そこで日本の技術を生かせるようなシステムなり仕様に導いていくということが非常に重要かと思うんですけれども、日本が停滞している間に仕様の方向付けとして有利に持っていくような活動等、苦勞されたのではないかと思うんですが、そのあたりをお伺いします。

【国立天文台】 まず、日本が2年遅れたことに関するデメリットとしましては、仕様は完全に欧米で決められたということですね。ですから、日本が後から仕様を変更するわけにはいかなかったと。ただし、今日御説明しましたアタカマ・コンパクト・アレイというのは、実はもともとつくりたいというのは欧米にあったんですが、欧米の総工費の制限から諦めていたところなんですね。それをこの2年間に日本が提案を、これは非常に重要だということは日本も分かっておりましたので、日本が参画するとしたらこれを売りにしようということで、そこで参画しました。

ですから、例えば1個1個のアンテナの仕様はもう欧米で決められていたんですが、それをどういうふうに配置して、どう観測すればいいかというようなことは、割と日本が自由になったところであります。

次に、実は2年遅れたことによるメリットもございました。それは、欧米の二者協定は完全に同じ、イコールな協定でございましたから、お金がかかって、当初の予定であります30何台ずつのアンテナに非常にコストがかさんでできて、その数が実現できないということになったときに、これはヨーロッパもアメリカも同時に減らして、ヨーロッパとアメリカは1対1のコントリビューションですので、1対1を満たすように調整いたしました。

ところが、日本はそれとは別の協定で、2年遅れて全然別の協定で独立してACAをつくりなさいという協定で参画していたものですから、その欧米のコストオーバーランの影響を受けずに、日本としていただきました251億円の予算の中できちっとものをつくって納入したということで、これは最初の協定で完全にイコールにならなかったせいで、逆にちょっと得をしたかなというふうに思っているところでございます。

【委員】 ありがとうございます。

【委員】 大変勉強になって、いろんなことを考えさせられたんですけれども、私自身の質問というのは、このアルマ計画そのものと天文学を含めた日本の基礎研究との関係についてお伺いしたいと思います。特にアルマ計画がうまくいったかどうかということだけではなくて、このような国際協力の展開を成功裏に導いたということが我が国における天文学という領域における例えば博士人

材の進捗に影響を与えているのか、そういう研究者が増えているのか、あるいは人材育成に成功したかというような質問もありますけれども、こういうものがあつたために一般的な、この計画以外の天文学の財政的な支援ということと、それがどのような関係性を持っているのかということをお伺いしたいと思います。

特にこういうことを次々に行っていくということは、非常に大きな財政的な負担というのが発生するわけですが、その財政的負担を国としてサポートするだけの意味が国力堅持ということではあると思いますけれども、今後の基礎研究そのものにどのような影響あるいは意味を持っているのかということをお伺いしたいなと思います。

【国立天文台】 まず、最後の質問からお答えさせていただきたいんですけれども、ガリレオが望遠鏡を発明して以来、天文学という分野、これは高エネルギーでも似たようなものですが、大きな望遠鏡をつくることによって宇宙を観測することで正しい宇宙の知見が得られてきたような学問でございますので、計画が大きくなってしまふのはどうしようもないといひますか、そうでなければ世界最先端が行けない世界でございます。

そのような中で、アルマ計画の意義といひますのは、ある程度国のレベルではサポートできないような場合には、対等な立場で国際協力をしていく道を選ぶべきではないかということ、これはその実験であつたというふうに思っております。日本として建設の段階から全てにおいて、2年遅れましたけれども、欧米とある意味対等な立場で東アジアをリードしてこれがやってこれたということで、今後、日本の経済状況がどうなるかは分かりませんが、そんな中でも限られた予算の中で、私たちは今回、このアルマで国際共同プロジェクトを進めるノウハウを先ほども御説明しましたように得られたと思っております。限られた予算の中で、しかし、国際共同を通じてプレゼンスを発揮できると。それがやはり今後の大型計画の道ではないかというふうに思っております。

日本国内で例えば国立天文台が大きな望遠鏡をつくと、大学に予算が来ないのではないかというような懸念は確かにございます。これはすばる望遠鏡のときでも、すばるじゃなくて大学にお金を回してくれというのがありました。ただ、これは天文学という学問の性質で、先ほども申し上げましたが、やはり世界の最先端になる装置をある国が有さないアクセス権がないと、どうしても裾野が広がりません。裾野そのものにもっとばらまきと言つたら悪いんですけれども、お金を分配したらという提案はよく聞くんですが、確かに突発的な優秀な研究は出ますが、層として非常に大きな天文学の流れをつくるような研究にならないものですから、大学をサポートすることは非常に重要でございますけれども、一方で、限られた予算の中で何とか国際協力で最先端の装置の建

設を引き続きしていきたいというふうに思っております。

一方、国立天文台は大学共同利用機関でございますので、こういう装置をつくった上で、大学の方々もここは本当に大学の先生方の頭脳を發揮していただきたいところなんですけれども、様々な形で大学の先生方をサポートする試みをしております。例えばこのアルマ地域センターというのが日本にございますが、ここで大学の先生方がうちにはもうお金がなくて自分一人では研究できないというときに、時限付きではございますが、ポスドクを1人分、アルマの研究をするということでしたら天文台で雇いますけれども、先生がなさっている研究をされていていいですよということで派遣したりするというようなこともやっております、大学の先生方のサポートを様々な形でしていく工夫はしているというつもりでございます。

以上で答えになっておりますでしょうか。

【委員】 共同研究機関よりも大学に予算を向けるべきだという議論をしたいわけではなくて、むしろ裾野としての天文学あるいはそこに進学するような博士課程の増加ということと、こういうような大規模な投資がうまく相乗効果を持っていると、そういう理解を我々はもっと持たなければいけないんじゃないかと思っておりますが、そういうような言説というか、そういう方が少し弱いのではないかというような意味でお伺いをしたわけです。

【国立天文台】 では、もう一言お答えさせていただきたいんですが、これはアルマだけに限ったことではございませんが、すばるも含めまして、実は非常に幸いなことに過去20年間で日本の大学において天文学を研究される方々の職員数が増えております。これはやはりすばるなど、今はアルマでございますけれども、成果を日本の多くの天文学者が出して、それを国民に還元することで非常に若者の多くが天文学を勉強したいというふうに言い始めていること、それが理由だと思っております。

そのため、これまでは天文学の先生がいらっしゃらなかったような大学でも、天文学の教員を雇いたいという公募が出る場合がございます、それは非常に有り難いことだと思っております。そういう意味では、すばる、アルマと大型計画を実現してきたことによって、日本で大学生、それから、大学院生、更には研究者までを育てる全体の数は明確に増えております。全体として発展しているというふうに思っております。

【委員】 今のにもかなり近いんですけれども、28ページのところに論文数で国別にデータが出ているんですが、一般論で言うと、大型の国際共同研究機関をつくるという一つの背景には、国際的な共同プロジェクト、ここがいわゆるドライバーとなって出てくるんじゃないかということで、日本の論文もいいんですけれども、日本の研究者がこういうことに接することによって、次のフ

エーズでもって国際協力にいわゆる流れが出てきているのかという実感を我々が持てるのか、データとすると、共著論文というのが増えているのか、その辺の質問が一つです。

それともう一つ、アルマ、これ今事後評価ですけれども、国際的な競争である種のグループごとに様々なインフラをつくっているわけですね。その中で、アルマの今後30年コミットしながらやっていくわけ、活用していくんですけども、ほかの国際共同利用観測に関しては、どういう形でもって天文台として関係性を持ちつつ、日本の研究者が様々な施設を使えるような形で道筋を付けているのか、その辺のアルマを超えた戦略性みたいなのを教えていただければと思います。

【国立天文台】 一つ目の質問は、こういう国際プロジェクトへの参加で論文を書くときに、例えば研究者同士の国際的な研究協力が進んで、例えば国際共著論文が増えているのかというような御質問でしたでしょうか。

実は、天文学の分野では、特にすばる望遠鏡に端を発しまして、アルマもそうなんですけれども、多分国際共著論文の数では、この天文学の分野は他の国際的な研究分野である高エネルギー、物理学、そのほかのところに匹敵する、あるいはそれ以上の国際共著論文数を誇っていると思っております。

例えば、すばる望遠鏡を使った成果の国際共著論文数は3分の2を超えます。このアルマでも研究者はチリでありますとか日本にもいるんですが、日本でも国立天文台、三鷹にございますアルマのオフィスは外国の研究者が一番多いところでございます、必然的に、それを国際共著と言うのかどうか分かりませんが、国際性は非常に高くなっております。また、こういう国際プロジェクトでございますので、ここの中で仕事をしているうちに欧米にも特に能力を認められる機会が多うございまして、ちょっと途中でも触れましたが、例えばオランダの有名大学で教鞭をとるような方もいらっしゃるようになって、そういう意味では、国際共著論文だけに限らず人材としても国際的に活躍できる人を育てておるのではないかというふうに思っております。

二つ目の質問が少し私にはよく理解できなかつたんですけれども。

【委員】 例えばSKAとかほかの枠組みというのも並行して世の中では進んでいるわけで、それは日本の場合、アルマに集中してやっているというのも分かるんですけれども、ほかのも横目でにらみながら、あるいは研究者レベルでもって参画できるような形で、様々な形の関係性を持つことができるので、その辺のところの全体的な戦略みたいなのをお持ちでしたら教えていただきたい。

【国立天文台】 分かりました。現在、国立天文台として次期大型プロジェクトとして進めていますのは、TMTでございます。それで、基本的に共同利用機関でございますので、次にどういう大型計画をやるかは、最も根本のところ

は日本の天文学者が何をやりたいかということで、ワンボイスをつくれるかどうかにかかっております。光赤外としてはすばるでいい成果を出した研究者たちがTMTという言葉聞いたときに、是非やるべきだということで一致してこれをプッシュしましたので、国立天文台としてはそれを進めております。

電波のアルマもその昔に野辺山を中心に観測していた電波天文学者がワンボイスで、次は世界の最適地に世界最大の電波望遠鏡をそのとき、当時既に国際協力という言葉が入ってございましたけれども、つくるべきだということのワンボイスに基づいて進めてまいりました。

では、ちょっとぜいたくな話でございますが、TMTの後はどうするかということですが、これはやはり今までの歴史から見ますと、このアルマで研究がどういう方向に進むかというのを少し見きわめたいというふうに思っております。SKAも確かに並行して進んでおりますが、残念ながら今の時点では、日本の電波天文学者のボイスは幾つかに分かれておまして、SKAにも興味があるし、別のことにも、南極にも望遠鏡を持っていきたいという方々もいらっしゃいますので、そこは天文台としてはユーザーの意見を見きわめながら、ユーザーがワンボイスになるような方向があれば、それを応援してTMTの次にそういうものを実現していきたいと、そういうふうに考えております。

【委員】 今の話にもちょっと関連するんですけども、43ページですね。今後の計画におけるアルマの位置付け、これはこれ以外にも天文コミュニティでやっていらっしゃる大きなプロジェクト、例えば宇宙望遠鏡みたいなものも含めればまだあるんでしょうけれども、これは是非とも縦割りにして、毎年どれくらいのお金が要るかというのを今後10年、20年どれくらい必要なのかと。もちろんTMTはまだ建設されていないので分からないかもしれませんが、全体として天文コミュニティが使っている資金量というのは減っているのか、増えているのか、余り変わらないかということが分かればちょっと知りたいんですけども。

【国立天文台】 これは私から申し上げるべきことなんでしょうか。

【文部科学省】 国立天文台の方に大型の計画の予算として付いておりますのは、アルマ計画で申しますと、29年度はまだ予算案でございますけれども、26億円弱、それから、すばる望遠鏡には16.5億円ほど、TMTについては建設の途中ですけれども、11億円ほど、これを合計しますと、大体50数億。

【座長】 50数億円ですね。

【文部科学省】 そうですね。それほどになっておまして、これは年々増えているのかといいますと、なかなか財政状況が厳しいものですから、実際に必要となる額がすべて措置されているというものではございませんが、かなりの

金額として措置されていて、実際のプロジェクトを動かしているというような状況になっております。

【国立天文台】 天文学関連分野では、国立天文台が行っております地上天文学のほかに JAXA、宇宙科学研究所がスペースからの天文学を進めております。こちらにも多分、これは委員の方がよく御存じだと思うんですが、同額以上の予算が投入されているものと思いますし、また、最近では東大の宇宙線研で KAGRA というような重力波望遠鏡の建設も進んでおります。

ですから、これらを合わせますと、相当な額にはなるわけですが、国立天文台としての予算は、ここ数年変動はさほどございません。ある意味では、極めて大きく増えているということはございませんが、TMTの建設が今中座しておりますので、これが進んで完成するまでは少し必要になるかと思いますが、基本的にはいつも私ども言われておりますのは、やっぱりスクラップ・アンド・ビルドをきちっとしてくださいということでございまして、ロードマップでは、野辺山の宇宙電波観測所も役割を終えたら閉じるということをご予定しております。

それから、すばる望遠鏡も大変よい性能を持っておりまして、これを閉じるのは非常に心苦しいんですけども、これも今、すばる望遠鏡は先ほど日本が一国としてつくった望遠鏡として初めて海外に設置したと申しましたけれども、今、海外からすばる望遠鏡を使いたいという要求が非常に強いんですね。それで、私どもとしては、これのオペレーションを日本一国ではなくて海外にも参加していただいて、もうちょっと国外にもオポチュニティーを開く、日本の天文学者には不満ですけども、これを何とか世界的に開くことで全体の経費を下げ、次のTMT、それから、アルマの長期運用につなげたいということで努力をしておる次第でございます。

【委員】 もう一つ、すみません。難しい問題ですが、産業への波及効果ということ、これは評価が難しいと思うんですけども、ここに文章で書かれていることは、スピルオーバーする可能性があるとか応用が期待されるとか期待値しか書いていないわけですよ。これももちろん天文台がどうこうできる問題ではないと思うんですけども、もう少し何か具体的な成果があれば楽しいと思うんですけども、余り言えないんですね、ここは。

【国立天文台】 ちょっとなかなか直接的な回答はございませんけれども、今回プレゼンの資料で述べさせていただいた中では、例えば冷凍機の技術というのが一つ大きなところかなと考えております。これはもともとメーカーを申し上げると、住友重機ですけども、そちらの方で冷凍機開発を言ってみれば電波天文学と一緒に話を進めてきたわけですけども、例えば電波天文学で要求されるセンサーに対する温度安定性、こういったものは非常に厳しいところが

ありまして、そういったところの安定性を高めるようなやり方をメーカーと一緒に考えていくとか、そういうところで非常に性能が上がっていくような作業をメーカーとしてやってきたと思っております。

実際、冷凍機は住重がほとんど世界のシェアをほぼ独占して、医療応用の方で非常に大きなシェアを持っておりまして、これは一つ、アルマだけではないのですけれども、電波天文で培われた技術が一つ大きく産業に寄与しているいい例じゃないかなと思っております。

【委員】 今の質問に関係するのですが、この資料には全て国立天文台と幾つかの大学で行ったと書いてあるけれども、産業界もかなり参画しています。産業界から見ると、この手の仕事は利益が出るものではありませんが、受注自体が名誉であるし、それによって技術の底力が付くのです。ですから、こういった研究は、特に日本が強い分野ですから絶対継続すべきだと思います。

ところが、来年度は30億、40億といった予算を国は出さないかもしれないという話が伝わってきます。そういうことでは駄目です。国際連携で展開すると決めた宇宙事業に、日本が予算を出さないなどということはありませんでしょう。国際的に約束したことを継続して支援するのが国の役割だと思います。

それから産業への波及効果には、超伝導素子などが考えられますが、実は驚いたことに産業界では研究開発している企業がなく、すべてを国立天文台で行っています。超伝導素子もそうですが、相関器、HEMT、極低温技術の活用、MRI、これらのとんがった技術は産業界で積極的にやるべきだと思います。それによって他の産業のキーパーツになりますから、国際競争力が出てくるはずです。これらの分野に国も補助金も出すべきだし、産業界も積極的に研究者をエンカレッジしてほしいと思います。

【国立天文台】 どうもありがとうございます。

【委員】 今の産業の関係で34ページなんですけれども、特許が3件、4件とか取得と書いてございますけれども、規模で考えると余りにちょっと少ないなということで、これは取得したのがこれだけで、もっとたくさん出願しているという意味なのか。

【国立天文台】 これは国立天文台として取得した特許でございますが、先ほど委員の方から御発言いただきましたように、望遠鏡をつくるという仕事は余り儲からないんですけれども、これをやっていただいた企業は100を超す特許を取得しております。

【委員】 この天文台の方で取得した特許というのは、何のためにとったということですか。どこかに独占させるということなんでしょうか。

【国立天文台】 結局天文に使うということで、これで正直言って儲けようとかそういうことではないんですけれども、一つの成果のあらわし方として論文

数は科学観測ですから、科学ミッションですからよくありますけれども、それ以外にも特許みたいな形で技術力を持っていると、そういったところを一つ示すというのが大きな意義の一つかなと思っております。

【委員】 一つの研究のアピールみたいな形ということですか。

【国立天文台】 はい、そうです。

【座長】 これ事後評価ということであるんですけども、ほかのこれまでの事後評価と違った点は、もう本当にここに書かれているように、これから年間30億という予算で運用していくということで、非常にそういう意味ではすごく重い意義のある事後評価になるんだろうなというふうに思っています。

それで、今日ちょっといろんな御質問があった中で、やはりそういう意味で毎年、毎年予算のプロセスの中で、やっぱり問われるような質問というのは幾つも出たと思うんですね。波及効果にしても、それから、さっき委員のおっしゃったような産業界、これ特許だけではなくて、例えば私が個人的にほかの委員会なんかで関わっているISSのようなところであると、あるいは「このとり」のような、そういうところに参加した企業がそれを自分のブランド力としてアピールしている。ですから、そこでこれをつくったあるいはこれに関わった企業が別に特許とか収益とかだけではなくて、例えば広告に使っているとか、それから、企業の宣伝に使っていると。アルマはこんなのをうちはやっていますよみたいな、そういうのもできれば資料として協力していただくと評価の幅がやっぱり広がってくるし、それから、委員がさっき話したような、やっぱり科学技術政策としてのインパクトというものもこれから30年とおっしゃいましたけれども、どのようなインパクトがあるのか。

今、若手の研究者を世界的に戦えるようにするとか、いろんな御案内のようなミッションというか、国としてやろうと言っていることがあるので、そういったところの裾野の部分、それから、これはほかの委員の方の専門かもしれませんが、要するに社会におけるインパクトはすごく意外と重要だと思うんですね。ほかの分野に比べると、やっぱり天文とか、それから、宇宙というのはアマチュアの非常にファンが多い。そのことによって御案内のとおり、ある探査ミッションなんかは救われたりとか、予算の削減から救われたりとか、そういうこともあるものですから、今日いろいろと御説明された中で、もう少し幅広に天文学全体にどれぐらいの効果が、これが及ぼした効果というのはどういうものなのか、それから、アマチュアのやっぱり天文ファンというものが増えるというのも私は非常にいいことだと。

そういう評価も含めて、我々が評価をできるように、少しもし何かそういうデータあるいはこの間お邪魔したときに見せていただいた4Dでしたか、ああいうあれをいっぱい見に来ているわけですよ。どれぐらいの人がこのことに

よって見て、こういう感動を持ったとか、そういったこともわりと幅広く集めていただいて、この委員会の方にも出していただければ、そういう評価の中に入れていけるといふふうに思いますので、是非御協力をお願いしたいと思いません。

それで、1点確認で、たしか私、昔聞いたと思うんですけども、48ページにこれまでの評価をされてきましたよね。まず1点、これは文部科学省さんの方に聞いた方がいいのかもしれませんが、2年遅れたというところ、結構これも一つのこの計画の特徴といえれば特徴かもしれませんが、なぜ3年目に予算が付いたのかと。2年付かなかつたんですけども、3年目に付けた根拠というものがそのとき一体何だったのかなというところもちょっと知りたいなというのがあります。

それから、この48ページのところで評価結果の反映状況と、最初に平成18年度の概算要求に対してというのがあるんですけども、ここで東アジア地域での協力をもっと広めろというような注文が付いたと。そこで、中国、台湾、日本で研究会というのを共同組織ということを書かれているんですが、その結果として中国は入っていないですよ。台湾と韓国と。なぜ台湾と韓国になったのかというところの補足的な説明と、それから、今後例えば東南アジアとか、それから、アジア以外の地域ですね。例えばアフリカも含めた、そういった日本がこれは科学技術外交としても非常に重要視している地域における展開みたいなものも今後あり得るのかどうかみたいところもせつかくですから入れていただくと、多分この事後評価そのものが今後も生きていくような気がしますので、その辺、いかがですか。

【国立天文台】 ありがとうございます。3月にもう一回予定されていると思いますので、そのときの資料にはそういうことまで含めて盛り込むようにしたいと思います。

アジアの中で経済発展が著しい中国、韓国、台湾は、前に評価を受けたときから取り込む努力、一緒にやる努力をしております。台湾はわりと最初の時期で入っていただきました。韓国はここ10年の天文学の進展といいますか、予算の増が非常に大きいものがございますが、当時はまだ興味はあるものの、電波天文学者の数も少なく余り入っていただけませんでした。中国はいつも一緒にやろうと言っているんですけども、中国はちょっと自国一国でまだやりたいというものが物すごく強くございます。

それから、東南アジアは最近経済発展が著しいものがございます。タイでありますとかマレーシア、ベトナムはまだまだ発展途上ですが、多分あと10年から20年もすれば、もう今から、特にアルマにはベトナムは非常に興味を持っておりまして、先ほど運営費30億円掛ける30年というようなことを言い

ましたけれども、その後でちょっとすばるのことを言いましたが、行く行くはほかの国にも機会を広げて、日本としての負担も減って、しかも、みんなで成果を出せるような体制が望ましいと私は個人的に思っております。

【座長】 ありがとうございます。

あと御質問等、いかがでしょうか。この後も多分書類というか書面あるいはメール等で多分我々の方からも追加的な質問があればまた送らせていただくということになるとは思うんですが、どうですか。この場でもう少し確認したいこと。

はい。

【委員】 予備費がなくて困ったという話がありましたよね。これは何か改善されたんですか。

【国立天文台】 現時点では、やはり日本の予算制度として予備費という形でつくるのが非常に困難な状況ですので、改善といたしますか、今後是非そういうことができるようになったらいいとは思っておりますが、まだ同じ状況だと思っております。

【委員】 ここでの御説明、これ具体的に本当に欧米との信頼関係を損ないかねないような事態が実際にあったんですか。

【国立天文台】 最近の例では、平成27年に実際にアンテナが故障して、日本の7メートルアンテナが2台故障してとまったという事態がありました。これはちょっともう少し申し上げますと、ケーブルを吊っているタイラップが経年劣化を起こして外れまして、それがファンに絡み込んで、結局冷却ができなくなってとまったというような事象だったんですけれども、結局予備費的な予算が措置できなかったもので、しばらく停止したままという状態が実際に起ったりいたしました。

【委員】 つまりそれは日本のアンテナだから、日本が直してほしいというふうに言われて、でも、日本側は予算がないからすぐに直せないということで欧米が困ったという話なんですね。

【国立天文台】 おっしゃるとおりです。各国がデリバリーしたものはその国といたしますか、三つの領域が責任を持ちますので、日本のつくったものが壊れた場合には日本が責任を持ちます。お金がないときはそのまま放っておくしかないんですけれども、これをやり過ぎると、日本のプレゼンスといたしますか信頼性を欠くこととなります。

【座長】 よろしいでしょうか。コンティンジェンシーについては以前も何年か前に非常にこれは重要なポイントだというふうに私も伺って、非常にそのときから頭の中にもうこびり付いているんですけれども、そのときは例えば緊急的な集会があったり人を派遣したりというような、ハードだけじゃなくてソフ

ト面においても当初の予算に盛り込んでいない国際活動なりいろいろなことがしづらいつらいつらとか、そんなことも多分あったと思うので、是非この点についてもできればそういう事例について次回に向けて、そういう情報も提供していただければ非常に有り難いと思います。

いかがでしょうか。ほかに追加的な質問。

はい。

【委員】 少し細かいことになるんですけども、技術的なところで、18ページのところでBand 10という一番波長の短いところ、ここが海外ではできなかったけれども、日本がどんと進めたというところを強調しておっしゃられたと思うのね。2点質問があって、これによって例えば技術的に世界でできないことが技術的に進んだかと。それがどういうところに今後発展するか。一番短波長なので興味があります。それから、こういうところが進むに当たって技術的な進歩がどう展開されたのかなということは是非伺いたいと思います。

もう一つは、こういう中で、逆に海外の技術でこれほと思って、この場で協力する中で学んだことがあるんだらうかと。ただ一緒に機械を持ち込んだだけじゃないだらうと思うんですね。技術的な検討を一緒にしたと思うんですが、そういう中で逆に向こうに学んだこととかがあれば教えてください。

【国立天文台】 最高周波数でありますBand 10を日本が実現したということで、この技術を生かして、先ほど台湾がBand 1という、これ一番低い周波数、30から50ギガヘルツ帯を今開発としてやっていると言いましたが、これはその先の話なんですけど、Band 11という、つまりいよいよ1テラヘルツを超えるようなところ、ここを日本として提案してみようというふうに思っておりますし、また、一つの受信機で検出できる帯域が最近の天文台の研究開発によりますと、非常に広い帯域がとれるようになりましたので、10チャンネル分、10台受信装置がなくても、1台の受信装置で非常に広い帯域をカバーできるようなことも国立天文台の開発から出てまいりました。したがって、今後は非常に広い帯域を持つ受信機で置き換えていきたいというふうに、これも開発項目としてまだ全く正式には提案しておりませんが、検討しているところでございます。

それから、では、海外から逆に学んだことは何かとおっしゃいますと、やっぱり技術的に非常にたくさんのお話を学びました。これは人によって違いますが、私としてはやはり先ほどちょっと述べましたプロジェクトマネジメント等で、まず技術的に非常にしっかりした組織が海外にはできていて、つくらなければいけないものをきちっとつくと。もちろん日本でも技術的につくらなきゃいけないものはつくっているんですけども、海外の方がやはりそういうマネジメントは上かなという気がしたものでございます。

もう一点、海外は特にアメリカ合衆国なんかはアンプですね。先ほどHEMTというデバイスを使ったアンプのことをちょっと述べましたけれども、そういうデバイスはアメリカ合衆国が今一手に引き受けておりまして、それは日本もその技術を使って日本独自の開発もしたいんですが、当面はアメリカから購入するという形で、現物支給を受けてアンプに組み上げるというような形でやっておりますので、お互いいいところを融通し合っつけております。

例えばちょっと長くなりますが、このBand 10の受信機はアルゼンチンがアルマのアンテナと同じようなものをアルゼンチンの標高の高いアンデス山脈に二つつくるので、それ用の受信機を天文台から買いたいという要求がございまして、そういうことで、もう売り買いするようなものではないかもしれませんが、実費ぐらいで研究協力ということでアルゼンチンに提供したりしております。

【委員】 もっと一般に商業のものに何か展開ができるような1テラヘルツ、テラヘルツは非常に人気の高い社会的なBandですよね。

【国立天文台】 委員もよく御存じかもしれませんが。例えばエックス線用のCCDは、では商業にどれぐらいなるかということ、ちょっとやっぱり違ったニーズがあって、私どももこの受信機は最高性能なんですけれども、絶対温度4度じゃないと動かないとか、いろいろ商業するにはちょっと合致しないところはございますが、ただ、ここ30年の電波天文学の歴史を見ますと、昔はミリ波なんて絶対誰も使わないと思っていたものが今やミリ波は車載レーダーに使われて、車の自動運転等に利用されようとしております。そのときに使うガン発振器でありますとか、受信用のHEMTアンプでありますとか、私たちが30年前にこんなことをやっているなというのが今実用化されておりますので、今は世界最高性能の超高価格受信機でもいずれは民生用の役に立つんじゃないかと期待しております。

【座長】 よろしいですか。

追加的あるいは更に質問がなければ質疑応答はこれまでにしたいと思います。また、先ほど申し上げましたように、追加的な質問等が多分あると思いますので、また、それは事務局を通してそちらの方にお送りします。

次回、第2回の検討会が3月10日に開催ということになっておりますので、また御対応の方を御協力お願いいたします。

【国立天文台】 どうもありがとうございます。3月10日までに今日の宿題を出させていただきますので、またよろしくお願い申し上げます。

【座長】 ありがとうございます。それでは、説明者の方は御退席いただいて。
(説明者退室)

【座長】 ありがとうございます。

あと、この残りの時間で討議ということになっておりますけれども、御自由にいろいろと御意見、御感想あるいは特に資料4の視点で、いろいろとこういう視点で評価したらどうかというのを書かせていただいていると思うんですが、加えて何か視点を足すとか修正とかというのがございましたら、それもあわせて発言いただければと思います。

どなたからでも結構ですので、いかがでしょうか。

【委員】 質疑の中で委員がおっしゃった、このアルマだけに限らずこういった大型施設というのは、どれくらい天文学の日本の全体の水準を引き上げているか、あるいはひいては日本の基礎研究、理学全般をどれくらい引き上げているかというのはなかなか計測しにくい話だと思うんですけれども、それはある程度というかかなりの程度我々はちゃんと評価しなきゃいけないなど。恐らくそういう意味では、かなり意味があったんじゃないかというふうな印象を受けたんですけれども、もし数字が出てくるのであれば、先ほどおっしゃったような天文学の講座がどれくらい増えているとか、博士課程の学生さんが増えているとか、それがアルマのせいだけとはもちろん言い切れませんが、そういうものをちょっと知りたいなと思いますね。

あと、ちょっと若干心配になったのは、このアジアのリーダーシップという話で、注文を付けられて、東アジアで何か頑張れと言われたので、無理やり韓国、台湾と手を組んだというような、そういう話になってはいはしないかという何かちょっと余計な心配をしてしまったんですけれどもね。そういう下心とか裏口みたいなことから始めちゃうとよくないなと思うんですけれども、そこは余りはっきり言えないでしょうけれどもね。

【座長】 どうなんですかね。僕も多分、この時期、鳩山政権、いや、もっと前か。でも、とにかく東アジア共同体とか世の中の雰囲気は今も若干今度は東南アジアとかになっているんですけれども、多分いろいろとそういう予算のときにそういう議論があったんじゃないかなということで、もしかしたらそういう背景があるのかもしれませんが、委員、何か御存じですか。

【委員】 一般的なことしか申し上げられないんですが、そのころから大分各国の経済力が上がってきたので、天文学が最後に来るんですよ、やっぱり。そこまで来ないと天文学に人が行かない、技術が行かない、お金が行かないという状況だったところがぐっと韓国と台湾が伸びてきたので、機運は高まっていたと思います。日本からも実は天文台から台湾に引き抜かれて、現役の教授が引き抜かれたりして、向こうも蓄えていたところがあって、そこに多分話が来たんだと思って、裏からお願いして出してくれるような状況ではないと思いますので、やっぱり金額的にも億の単位ですから。そういうのは、天文学としては一般的にそんな気がしますが、

【座長】 あと、さっきの天文学全体におけるインパクトというか。

【委員】 それは、ちょっと委員から。

【委員】 ちょっとまだ3年なので、アルマで直接どうというのはかなり厳しいんじゃないかと思います。やっぱりこういうのは10年スケールで物事が起こる話だと思うんですね。だから、すばるによる波及効果は明らかにあると思うんですけども、アルマだけでどうかと言われると、結構まだ3年は出すのは難しいかなというふうに思いますね。ただ、裾野という……

【委員】 でも、何か論文の数を望遠鏡ごとに区切ってみたら……。

【委員】 サイエンスの世界ではなくて、もうちょっと広い意味だとすると厳しいかなと思いました。

【座長】 どうぞ、もう自由に。

【委員】 少しだけ今のお話の続きで恐れ入ります。補足で、私は高エネルギーの素粒子の方の出身で、広くサイエンス系を見せていただいているんですけども、やはりプロジェクトがあるときに博士論文が出るわけであって、プロジェクトがない準備段階のときには装置開発はありますけれども、そこで爆発的に博士がたくさん出るという状況にはございませぬ。そういう意味では、分野として継続的に人材育成をしていくという意味においては、プロジェクトが途切れずにあるということが国としては非常に重要な観点なのかなという印象は持っています。

【委員】 この評価の視点のくくり方なんですけれども、1というのがリーダーシップの発揮というふうにくくってあって、次に、直に産業へのイノベーションの創出による効果になっているんですね。やっぱりこれはサイエンティフィックなインパクト、効果、その中には人も含めてというのが一つの項目としてあった方がバランス感があるし、そもそもそのためにこういうのをつくったわけですよ。それがないと、何かリーダーシップをとるために、いわゆる日本が旗振りするために何かやって、次は産業で、そこで3が社会に直接行っちゃうんですね。やっぱり項目立てが一つほしいなというのがあります。薄まって入っているんですけども。

【座長】 そうですね。それは是非また……

【事務局】 考えます。

【座長】 やっぱり科学技術政策としての評価としても多分その視点が最初に来るというところがあるんだと思うので。

【委員】 最後に来るということは、最初に切られるということですかね。予算が全体でなくなって、それは非常にシリアスな現実で、やっぱりそれは科学技術政策として本当にこういうことを考えないといけないと思うんですけどもね。例えば僕が関係している大学のランキングもそうですけれども、結局指

標とか判断基準が、そのときに思い付いたことが先行して、それまでの大きなものにちょっと歪みを生じさせるということがしばしば起こっている。こういう天文学みたいところで産業応用とかそんなのをそもそも言うこと自体がまだ違和感があって、指標というのを入れることは重要なんだけど、その指標そのものの強弱といいますか、それはちょっと考えないと、しばしばこれ誤ったところに行くかなと。学術研究とは全然別なんだと、それはやっぱりあると思うんですね。

それは同時に、そういうことがやっぱり以前ならごく当たり前にサポートすべきだと思っていたところがどういう論理でサポートできるのかということも、これ大学人としては真剣に考えないと、さっき委員が言ったみたいに社会的な何かいろんな夢を語るとかそんなのを含めてもいいでしょうけれども、その指標づくりといいますか、それはちょっと大学人としては本当に考えないとこういう分野は守れないんだらうなという気がしますね。

【座長】 どうぞ。

【委員】 私はこの平成15年のときの事前評価のメンバーだったんですけども、そのときに出了た議論として一つ印象に残っているのが、こういう宇宙をやっている国の子供とやっていない国の子供は全然夢が違うんだと。だから、それが非常に大事で、国としてこういうものをちゃんとやっていくことの重要性というのは議論されたんですね。

そういう意味で、継続的にこれをやっていくということは非常に大事で、その中でやっぱりサイエンスの成果としても高いものをちゃんと出すというその両方が必要なんだらうなというふうに思います。

【委員】 評価の検討で2番目に産業のイノベーション創出に与えた効果という項目が入っていますが、これはどこから出てきたのでしょうか。事前評価のときに書かれたものですか。

【事務局】 基本的にそのちょっと御説明は詳細しませんでしたけれども、事前評価とフォローアップ、どういうことを指摘されているか、それは一応参考を横目に見ながら今回の視点というのを考えています。そういう意味では、事前評価のときに産業の話がされているから入れてあるというのが実態です。

【委員】 入れるのはいいけれども、順番がおかしいと思います。それぞれのファンドは目的にめり張りを付けるべきでしょう。本件は明らかに学術研究のためのプロジェクトですから、産業応用の項目を上位に入れることに違和感を感じます。

ただ、産業応用の項目をなくすのはよくない先ほど言いましたように、この電波望遠鏡に使われているコンポーネントには、すごい技術が含まれているのです。ガリウムナイトライドデバイスも昔は高価でしたが、今では当たり前に

使われる時代になりました。ここで使われているデバイス、受信機、冷凍機などが小型化されて、将来は一般産業につながっていくと思います。ですから、産業応用の項目は順位を下げて入れておくべきです。そうすることによって、MRIなどの産業で、日本の産業競争力は必ず強くなると思います。

つまり、開発した一流の技術を他分野にもつなげていくことが大事だと思います。繰り返しになりますが、評価項目の順番を変えることを考えたらいかがですか。

【委員】 今おっしゃったように、先ほど特許と質問したんですけれども、結局仕方なく出していると思うんですよね。このイノベーションとか何とかいう話を強調し過ぎたものですから。だから、そんなことをやめて、いや、確かにこれ本当に基礎研究で、私の会社でももう2年ぐらい前から渡部潤一先生だとか、あるいは梶田先生、それから、村山先生ですか、カブリの。呼んで市民向けに講演をお願いしているんですけれども、やっぱりみんなもうわくわくして、すごいなという形になっているんですよ。

それで、うちの会社もいろんなところにやらせていただいて、もちろん赤字でやったりもするんですけれども、ただ、我々が考えているのは、あれをやったのは車でいうとF1をやったんだと。そうすると、すごく技術も高まりますから、それがカロラに使えるんじゃないかということで、そういうことで企業にとってもメリットがあるものですから、今回のものも本当に参画した企業にとっては、非常に今後10年たったときにそれが次のデバイスに使えるんだというメリットがあるので、余りそれを強調されない方が、でないとちょっと萎縮しちゃうんじゃないかなと思ったぐらいで、今日ちょっと御回答を聞いてそう思いますけれども。

【委員】 本当にそうだと思うんですけれども、指標として科学技術のサポートを判断するとき、知識へのチャレンジ性みたいなことなんだと思うんですよ。チャレンジ性はなかなかはかれないんですけれども、本当にF1でコマ何秒単位でやるみたいなことと同じことなんですよ、結局。チャレンジしているということがビジネスへ波及効果があるということなので、なかなかそれちょっと学術の世界で入らないんですよ、そういうものが。

ただ、アメリカの大学の経営戦略を見ていると、盛んにトランスフォーマティブという言葉が出るんですよ。トランスフォーマティブというのは、今までの知識をトランスフォームして変えちゃうというところがあるかどうかというのを指標に実は入っていて、そういうことができるような学者をリクルートしましょうみたいに書いてあるので、今の現状では、こういうものはなかなか日本の大学の中で評価されないけれど、それは本当にちゃんとやらないといけないという気がしますけれどもね。

【委員】 ちょっと外れちゃうかもしれませんが、C S T I という組織がイノベーションという言葉が入ることによって、世間の見方が明らかに変わったわけです。これは、今日はアルマの評価であってC S T I の評価じゃないんですけれどもね。C S T I の評価にも関わると思うんですよ、これは。今おっしゃったような新しい知識のチャレンジだとかトランスフォーマティブな新しいアイデアを出してくるということをこの国の政府は皆様方ちゃんと評価してくれるかどうかということに対して、科学者の方々とか、あるいはメディアの人間は、本当にそういうことを考えていらっしゃるのかと不審に思っている面があるから、萎縮しちゃっているわけですよ。つまりこういうものを出されちゃうと、産業応用を何か出さなきゃ駄目だとか特許の件数を書かなければいけないというふうに思っちゃっているわけですよ。別に指導したわけではないかもしれませんがね。

そこがやっぱりおっしゃるとおりすごく問題で、だから、今回のアルマだけに限って言えば、おっしゃるとおり科学技術政策の中で理学的なもの、基礎研究的なものをどういうふうに評価するんだというような一種のモデルケースという言い方がいいかどうか分かりませんが、こういう評価もあるんだと、C S T I はこういう評価もするんだということを示された方が僕はずっといいと思うんですよ。余計なことかもしれませんが。

【委員】 そのとおりだと思います。ちなみに、事業評価を行ったのは、今のC S T I の前の組織ですね。

【委員】 いや、ちょっと雑談になって申し訳ない。やっぱり一方でイノベーションという言葉を入れるとか、あるいは外交的な国力の話を入れるというのは、これはもうある意味、大学人が自らを守るためには入れないといけない活動で、そのことがメインテーブルの中心に来ることはあってはならないですけど。ただ、こういうことにナイーブであると、なかなか学術に対するサポートには含まれないという感覚は重要です。、そういう意味では、科学技術政策はどうしても政治的にならざるを得ないんですよ。その政治的な付き合い方ということに大学人がナイーブだと、逆に本当の基盤的なものに影響を与えてしまうということではもろ刃の剣だけれども、やらないといけないところもあるんだと思いますね。それはもう仕方ない。

【委員】 第5期基本計画では、学術研究と目的を明確にした基礎研究は目的が異なるものと定義しています。それぞれの研究の目的に合わせてファンディングエージェンシーがファンドしていくべきです。期待する研究成果も違いますということを明確にした上で、適正な予算配分をすることが重要だと思います。

【委員】　そういう意味でいうと、この科学的な到達点を彼らにちょっとまとめていただいた方がいいと思うんですね。さっき御質問があったように、いろんな波長があるじゃないかと。この中でアルマはどういうふうに到達したか。我々もよく使うんですけれども、いろんな波長でいろんな計画が世界にあって、ここが今低かったので、世界中でここを上げよう。ここまでみんな感度がそろろうと、いろんなものが見えてくるというような絵があって、そこを今回詰めたということが課題だったと。ちょっとそこが多分、この今の質問の順番で書けなかったのかもしれないんですけれども、そういうことは今回お願いしたらいいんじゃないでしょうか。

それから、もう一つだけ先ほどのことで、委員が言われたことですけれども、我々はいつも、僕は宇宙なんですけれども、宇宙でなぜ開発をするかというときに、産業応用なんかは考えていないんですけれども、宇宙とか天文とかだと、とにかくとんでもないゴールを示すんですね。つまり予算のことも関係なく売ることを考えずに、とにかくお金がかかってもいいからこれをやりたいと。そういうとんでもない目標をつくるどころが企業にとってはいいんじゃないかと。浜松ホトニクスが別にエックス線のCCDは売れないんですけれども、我々のためにつくっていただいたんですね。そういうのはやっぱりそのこのゴールを見せることが我々のさっきおっしゃったやっぱりサイエンスの目的があるんだけど、そのゴールに向けて全力を絞るということが理由だというふうに言いわけをしてきましたけれども、そういうふうに捉えていただけたらいいと思います。

【委員】　先ほど委員が質問されたBand 10の話ですけれども、私の理解の範囲では、国立天文台は余りはっきりそれに対してお答えなさらなかったような感じがするんですね。本当にBand 10がどこまで使えているのかという問題は確かに立派なデバイスなのかもしれませんけれども、そこがちょっと見えなかったのが気になるので、追加にお聞きしたいなという問題と、それから、これ基本的にアルマの中で日米欧でどういう論文のシェアがあったとか、どういう人材のシェアという話をしていきますけれども、世界の電波天文学とか天文学の中でこのアルマの中の日本人の貢献度という視点は今回の資料にはほとんどないわけですよ。それは正に基礎研究として、アルマはどれくらい高いレベルまで日本の天文学を引き上げたという観点を評価するためには必要だと思いますので、そこは恐らく追加的に何か資料がほしいところだと思います。

【座長】　事務局、よろしいですか。何かいろいろ……。

【事務局】　分かりました。

【座長】　やっぱりこのアルマ全体の評価なんですけれども、2年遅れでスタートしたんですけども、何か日本の技術とか製造能力とか、そういうのに助け

られたというところが結構このストーリーの面白いところだなと僕も最初から思ったんですね。やっぱり見えないものが見えるようになるとか、はかれないものははかれるようになるとか、そういうのは技術力じゃないですか。ですから、ある意味では、今回日本の信頼を勝ち取って、そして、日本なしではこの国際プロジェクトは進んでいないということを言わしめたのは、多分そういったところでのやっぱり評価が高かったというのはあるんだと思うんですね。

だけれども、産業競争力という、まだ何となくそうなのかと思うんだけど、さっき委員もおっしゃったように、やっぱり到達できない目標があっても、それを日本が誰よりも早く、2年遅れたのに第一号のアンテナを設置するなんていうのはすごいじゃないかというようなことが多分国際社会での評価もあったということだと思うので、やっぱりサイエンスもあり、テクノロジーもある。僕はこれすごくそういう意味では象徴的なプロジェクトだったんだろうなというふうに思います。

だから、今後はそういう意味での重要性というのは残しておかないといけないのかなというふうな気はしているんですが、これ専門の方というか、論文数というのは、だから、今日はシミュレーションだったものが実際見えるようになったということで論文が出るとすると、30年の間の論文数は今後だんだん減ってくるんですか。つまりもうだんだんやることがないというのは変なだけども、宇宙は無限だから見るものはいっぱいあるのかもしれないけれども、その辺のところとほかのところとの競争関係みたいなもの。野辺山のケースをおっしゃっていましたがけれども、その辺のこの意義というのは、大体何年ぐらいまであるのか、ちょっとこの分野の評価というのはどういうものなんですか。

【委員】 多分、今のすばるができたときの関係の論文数の増加を書いてもらうと、大体寿命が見えてくると思うんですね。その中で、またすばるはもう一つ、主焦点のカメラを大きくしたので、これでまた伸びていくと思うんですね。実はすばるがなかったら天文台の方と我々は仲いいんですけれども、岡山の望遠鏡でも多分ほとんど世界的な仕事はできていなかったんです。すばるができたおかげで、本当に世界のトップに出られたという事実はあるんですね。

電波も今度、野辺山が古くなってきたときに、これでアルマにばんと載ったので、また山が上がってきたというのは、多分数字はできるんじゃないかと思うんですけれどもね。

【委員】 多分論文なんですけれども、どんどん増えると思います、基本的には。これだけの分解能の性能はほかにはないので、やれるとすると、もっと周波数の高いところのVLBIが実は実験をやられているんですね。日本でもやっていますけれども、それができると空間分解能の高い観測が実はできるんで

すけれども、多分集光などが足りないので、これを凌駕するものはなかなか出ないと思います。

一方、今先ほどお話があったんですけれども、データを公開していくので、公開データで誰でもアクセスできることで論文がどんどん出てくるので、それで多分増えるんだと思うんですね。

もう一方で、論文のサイエンスの価値を評価する一つの指標としてサイテーションというのがあって、そのサイテーションの数というのがなかなかノーマリゼーションが難しくて評価のしようがないところはあるんですけれども、それが一つあって、それも多分どんどん増えていくと思うんですね。それを多分10年スケールでやると、かなりのちゃんとした評価ができると思います。私たちは衛星を使ったプロジェクトで同じような評価を自分たちでやってきているし、すばるも同じことを実は家さんたちがやられているので、何かその最初のところというのはどんな感じかなというのはやっていただけのんじゃないかなというふうには思います。

【委員】 すばると違って、アルマは60数台の電波望遠鏡で観測するわけでしょう。しかも、1台1台動かせる。従って、電波望遠鏡の数を増やしていけば更に性能は上がるのですか。だとすると、使える期間は大変長いと思います。

【委員】 これ事後評価ということで、これから30年使っていきますという話なんですけれども、この30年の間に機能とか性能というものをある程度また高めていくと、そういう計画というのを持っているのか持っていないのか、その辺というのがちょっとつかめないで、今後の進展というのはちょっと見えないところがある。

【座長】 何かBand 11とか、何かそういう箱というか、あれができるとそうやってちょっとアディショナルというのは何か発展性がありますよね。これ何か事後評価というのは違和感が出てくる感じもするんだけど、何でここで事後評価なのかと。

【委員】 アルマとほかの望遠鏡を使った干渉計という話もあって、それは地球サイズの干渉計ということですよ。そんなことも計画されていました。

【座長】 よろしいですか。

【委員】 ちょっと違った観点から恐れ入ります。国民への情報発信というところなんですけど、このアルマ計画は広報担当は非常に優秀な方が付いており、日本のプレス発表を英文化して、国際のジャーナリストのネットワークに流しています。なので、日本の研究に関しても国際的に記事になる率が高く、国際的なプレゼンスを高める広報という意味において、非常に機能していると思います。同時に、国内での講演会なども多く引き受けて、非常にうまくやっています。理想的な広報体制を整えているところかなというふうに思います。

ただ、これは天文だけではなくて基礎科学全体の広報の課題として、アジアに情報をうまく流す方法がまだ十分ではありません。今後、アジア地域への情報発信を強化する際に、どのように戦略的に組んでいくのかというのは、多分このアルマが頑張ることによって少し道筋が見えてくれば非常に有り難いというふうには感じております。

【座長】 その方、天文学の人。

【委員】 天文台の今、助教ですね。

【座長】 出身は天文学の人なんですか。

【委員】 天文学の東大の天文の出身の方で、非常に活躍されています。

【座長】 どうぞ。

【委員】 産業のイノベーション創出のところで評価の順位としては下げるとしても、きちんと評価というのは必要かと思うんですけども、幾つか御指摘あったと思うんですが、本日の説明でも少し苦し紛れでいろいろなものを並べて、こんな技術、こんな技術という説明があったかと思うんですが、このアルマをやることによってどの技術がやる前とやった後でどこがどう上がっていった。2年遅れで参入したということもあって、確実にできるものを作って、まずは使えるものを早くつくり上げたのかなと思うんですけども、その中でも何がしかの従来の技術に対しての進めた部分があって、そこが何かというところ、それから、これから継続的に性能を向上していくということで、どういう部分を更にやっていく。それが今の技術に対してどういうイノベーションになっていくかと、そういう部分のアルマによって伸びた部分、伸ばす部分というところの少し具体的な説明をしていただくと分かりやすいかなというふうに思いました。

【座長】 どうですか。この討論というか討議はまだ次回もしっかりやるということですよ。ですから、今日この場でとりあえず何も意見がなければ、後でまた今度の説明の、これから文科省に出す質問の手続とかそういうのはちょっと事務局の方から、本当に今日は熱心な御議論ありがとうございました。

それでは、事務局。

【事務局】 では、今後の流れを御説明いたします。

本日終わりましたら、きょう中若しくは明日の早い時間には追加の御意見、追加の御質問を出していただく様子をメールでお送りしますので、また何か言い足りなかったことがあればお送りいただければなど。それで大変申し訳ないんですが、1月31日、来週火曜日の昼までに出してください。非常に短期間、土日に仕事をしてくださいと言っているような感じなんですけれども、ということで短期間なんですけれども、出していただければなど。その追加で出していただいたものと今日いろいろ出していただきました御意見等、これをまとめ

て、まず文科省に今度説明していただくもの、それを向こうに投げるのと、それと次回御議論いただくための論点というのをまとめたいと思います。追加で文科省に再説明してくれという項目についても、それから、論点についても、また事前に委員の皆様の方に展開して御意見を頂きたいなというふうに思っておりますので、よろしくお願いします。

できるだけ時間的余裕を持ってはやりたいと思っておりますが、もしかしたら余り時間がない中でお願いすることになるかもしれませんが、よろしくお願いします。

それから、繰り返しになりますけれども、今回は3月10日、9時半からということで、ちょっと朝早いですけれども、場所はまた同じこの8号館の5階、共用C会議室、この同じ場所で予定しておりますので、よろしくお願いいたします。

それから、繰り返しになるんですけれども、配付資料の扱いについてですけれども、3月28日の評価専調まで委員限りということでよろしくお願いします。

私の方からは以上です。

【座長】 何か今の説明に対して質問等ございませんでしょうか。この評価の視点ですよね。これも修正をしていただいてということですか。

【事務局】 これはある意味今日の御議論でもう無視して、評価書の骨子のくらのイメージで論点をまとめたいと思います。今日の御意見だと、科学技術政策上の話ですとか学術研究であったり、この辺をまずメインに持ってきて、その後というような感じで、ちょっと構成はまたがらっと変えた論点を事務局で考えたいと思いますので、それもできれば事前にちょっとまたお送りして御意見いただければというふうに思っておりますので、よろしくお願いします。

【委員】 この意見収集票は、これ今の時点での仕分けになっていますよね。この中に今のようなことを盛り込んで……

【事務局】 なので、そのタイトルが邪魔だと思われたら消していただいて結構です。

【座長】 何でも書いてくれと。

【事務局】 はい。

【座長】 ありがとうございます。ほかに何か質問等ございませんでしょうか。ちょっと予定していた時間よりも早いんですが、たくさん宿題が出たということで、御意見なければ、これで閉会にしたい……

【事務局】 すみません。1点ちょっと言い忘れたことがあります。

二、三日後になると思いますが、議事録の確認のまた御依頼もあわせてさせていただきますので、よろしくお願いします。

【座長】 分かりました。

それでは、本日は長時間にわたり御討議いただき、ありがとうございました。
引き続きよろしく願いいたします。

【事務局】 どうもありがとうございました。

—了—