

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

目 次

はじめに	
審議経過	
評価専門調査会名簿	
評価検討会名簿	
1 . 評価の実施方法	1
(1) 評価対象	1
(2) 評価目的	1
(3) 評価者の選任	1
(4) 評価時期	1
(5) 評価方法	2
過程	2
項目	2
その他	3
2 . 評価結論	3
(1) 総合評価	3
(2) 指摘事項	4
参加遅れによる不利の克服について	4
我が国の特長を活かした研究の推進について	5
国民への説明責任について	5
その他	6
補足資料	
補足 1 府省への質問事項	7
補足 2 評価の視点(論点・考慮すべき事項)について(案)	11
補足 3 評価コメント	12
参考資料	
参考 1 第 1 回評価検討会府省提出資料	21
参考 2 第 2 回評価検討会府省提出資料	63
参考 3 後日府省提出資料	106

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化を図り、優れた成果の獲得や研究者の養成を推進し、社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動である。中でも、大規模な研究開発その他の国家的に重要な研究開発については、国の科学技術政策を総合的かつ計画的に推進する観点から、総合科学技術会議が自ら評価を行うこととされている（内閣府設置法 第26条）。

このため、総合科学技術会議では、新たに実施が予定される国費総額が約300億円以上の研究開発について、あらかじめ評価専門調査会が、必要に応じて専門家・有識者を活用し、府省における評価結果も参考として調査・検討を行い、その結果を受けて評価を行い、その結果を公開するとともに、評価結果を推進体制の改善や予算配分に反映させることとしている（総合科学技術会議 平成15年3月28日）。

「アルマ計画」は、平成16年度予算概算要求において文部科学省が新たに実施することとした研究開発であり、日本負担の建設費総額256億円に加え、年間運用費30億円の大規模新規研究開発である。総合科学技術会議では、評価専門調査会において当該分野の専門家や有識者を交え調査・検討を行い、その結果を踏まえて評価を行った。

本報告書は、この評価結果をとりまとめたものである。総合科学技術会議は、本評価結果を関係大臣に意見具申し、推進体制の改善や資源配分への反映を求めるとともに、評価専門調査会においてその実施状況をフォローすることとする。

審議経過

- 9月11日 評価専門調査会
評価対象、担当議員・委員、進め方を確認
- 9月17日 第1回評価検討会
ヒアリング、追加質問と論点候補の抽出
追加質問を回収し府省へ対応を要請
- 10月 6日 第2回評価検討会
追加ヒアリング、論点整理
評価コメントを回収し中間とりまとめを作成
- 10月15日 評価専門調査会
中間とりまとめの検討
- 11月19日 評価専門調査会
評価案の検討
- 11月25日 総合科学技術会議
審議・結論

評価専門調査会 名簿

会長	大山 昌伸	総合科学技術会議議員
	井村 裕夫	同
	阿部 博之	同
	薬師寺泰蔵	同
	黒田 玲子	同
	松本 和子	同
	黒川 清	同

(専門委員)

秋元 勇巳	三菱マテリアル株式会社取締役相談役
石田 瑞穂	独立行政法人防災科学技術研究所研究主監
伊丹 敬之	一橋大学大学院商学研究科教授
市川 惇信	東京工業大学名誉教授
江崎玲於奈	芝浦工業大学長
大石 道夫	財団法人かずさDNA研究所長
大見 忠弘	東北大学未来科学技術共同研究センター 客員教授
加藤 伸一	トヨタ自動車株式会社相談役
國井 秀子	株式会社リコー執行役員
国武 豊喜	北九州市立大学副学長
末松 安晴	国立情報学研究所長
鈴木 昭憲	秋田県立大学長
谷口 維紹	東京大学大学院医学系研究科教授
寺田 雅昭	食品安全委員会委員長
中西 準子	独立行政法人産業技術総合研究所化学物質 リスク管理研究センター長
馬場 鍊成	科学ジャーナリスト
畚野 信義	株式会社国際電気通信基礎技術研究所社長
藤野 政彦	武田薬品工業株式会社相談役
増本 健	財団法人電気磁気材料研究所長

評価検討会 名簿

大山	昌伸	総合科学技術会議議員
江崎玲於奈		評価専門調査会専門委員
座長	畚野 信義	評価専門調査会専門委員
増本	健	評価専門調査会専門委員
小平	眞次	国立木更津工業高等専門学校教授
佐藤	勝彦	東京大学大学院理学系研究科教授
知野	恵子	読売新聞編集局解説部次長
松本	零士	アニメーション作家 日本宇宙少年団理事長
満田	和久	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部 教授

1 . 評価の実施方法

(1) 評価対象

『アルマ計画』

【文部科学省】

- 平成16年度予算概算要求額：11 億円
- 全体計画：日本負担の建設費総額 256 億円、
年間運用費 30 億円

(2) 評価目的

国の科学技術政策を総合的かつ計画的に推進する観点から、新たに開始が予定されているアルマ計画（アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計の建設及び観測）の評価を行う。

評価においては、アルマ計画について、国際共同プロジェクトであること及び本計画が我が国天文学に占める位置付けにも留意しつつ、その必要性、効率性、有効性等を検討する。

(3) 評価者の選任

評価専門調査会において、有識者議員、専門委員数名が中心になり、さらに外部より当該分野の専門家、有識者の参加を得て、評価検討会を設置した。

当該分野の専門家、有識者の選任においては、評価専門調査会会長および会長により指名された評価検討会座長がその任に当たったが、この際、予算概算要求段階において、当該研究開発に参加が予定されている研究者を排除した。

(4) 評価時期

予算概算要求された大規模新規研究開発を対象とする評価であり、その結果を推進体制の改善や資源配分に反映させる必要があるため、予算概算要求提出後、9月より調査・検討を開始し、年内に評価結論を得ることとした。

(5) 評価方法 過程

- 第 1 回評価検討会において、当該研究開発の担当課室長・研究責任者(予定)から研究開発概要のヒアリング[参考 1]を行い、 の調査・検討項目を念頭に問題点や論点候補について議論した。これを踏まえ、評価検討会委員から追加質問を回収し、府省へ対応を要請[補足 1]した。
- 第 2 回評価検討会において、質問事項についての追加ヒアリング[参考 2]を行い、評価の視点(論点・考慮すべき事項)について(案)[補足 2]を参考にして、問題点や論点に対する考え方を議論した。これを踏まえ、評価検討会委員から評価コメントを回収[補足 3]した。また、府省から後日提出された資料[参考 3]を評価検討会委員に配布した。
- 評価検討会における調査・検討内容と評価コメントに基づき評価案を作成した。
- 評価専門調査会において、評価案を検討し、総合科学技術会議本会議において、審議を行い結論を得た。

項目

評価検討会では下記項目について調査・検討した。

- A . 科学技術上の意義
当該研究開発の科学技術上の目的・意義・効果。
- B . 社会・経済上の意義
当該研究開発の社会・経済上の目的・意義・効果。
- C . 国際関係上の意義
国際社会における貢献・役割分担、外交政策との整合性、及び国益上の意義・効果。
- D . 計画の妥当性
目標・期間・資金・体制・人材や安全・環境・文化・倫理面等からの妥当性。
- E . 成果、運営、達成度等
投入資源に対する成果、運営の効率性、及び目標の達成度等。評価結果の反映状況の確認等。

(ただし、Eについては、新規研究開発であることから、その内容を考慮。)

その他

評価検討会は非公開としたが、資料は原則として検討会終了後に公表し、議事録は発言者による校正後に発言者名を伏して公表した。

2. 評価結論

(1) 総合評価

「アルマ計画」(アルマ：アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計)は、日米欧の国際協力により、南米チリの標高5,000 mのアタカマ高地に、最大14 kmの基線長で、直径12 mのアンテナ64台と、これらによる撮像の性能を高度化するための12 mアンテナ4台と7 mアンテナ12台(コンパクトアレイ)からなる大型干渉計型の巨大電波望遠鏡を建設し、ミリ波から最も波長の短い未開拓の電波であるサブミリ波を使用して、太陽系外の惑星系とその形成を解明し、宇宙の諸天体の起源と歴史を読み解き、膨張宇宙における物質の生命への進化の過程の探求を目指すものである。

本望遠鏡の空間分解能は、0.01 秒角であり、世界最先端のすばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡を10倍上回るものであり、また、ミリ波・サブミリ波に限れば、これまでの電波望遠鏡を100倍上回るものである。また、サブミリ波は、温かく高密度のガスや塵から選択的に放射されることから、惑星形成の現場の撮像や生命の材料分子の検出に適しており、宇宙生命の起源に迫る観測に威力を発揮すると期待される。

本計画の素案は、我が国が最初に提唱し、開発準備ではリードしていたが、建設開始の段階では、米欧が先行し、我が国は2年遅れで参加する計画となっている。具体的には、米欧がミリ波中心の基幹部分の建設を開始し、その後

我が国は、サブミリ波受信機やコンパクトアレイ・システム等の建設・製作により参加するというものである。我が国は、サブミリ波受信機について高度な技術を持っており、また、本計画全体を完成させ、高度な撮像性能を実現するには、我が国が建設・製作する機器・設備が不可欠であることから、米欧から我が国の早期参加が強く要望されている。

本計画は、我が国が世界をリードしているサブミリ波に関する技術を活かして参画するものであり、この計画によって新たに得られる科学的知見の価値はもとより、サブミリ波等に関する技術から他の科学技術や産業への応用・発展の可能性や、このような宇宙の誕生や物質の生命への進化の過程を探求するというスケールの大きな国際協力計画に我が国がリーダーシップを持って参加していることが青少年に夢、誇り、自信を与えるといった面からも高い価値を持つと考えられる。

したがって、本計画を速やかに推進することが適当であるが、以下の指摘事項への対応が必要である。

(2) 指摘事項

参加遅れによる不利の克服について

現在、我が国は、米欧より2年遅れで建設に参加する計画となっているが、遅れて参加することが我が国の研究活動に不利をもたらさないようにすることが重要である。このためには、全体計画の推進において、我が国の参加が財政面及び重要技術の提供といった面で、他の各国にとっても大きな利益になるという理解を十分に得ていく必要がある。

具体的には、我が国が優位なサブミリ波に関する技術を十分に生かす形で参加し、また、我が国を中核とするアジア諸国の連携や国際連携プロジェクトの提案等で我が国の存在感を示すことが重要であり、これらを参加機関間の交渉の場で十分に生かすことによって、施設利用面等で可能

な限り有利な条件を引き出すことが必要である。

実際、建設費における我が国が占める割合は約 22 % であるが、観測時間の割り当てについては、サブミリ波の技術的優位性等を活用しつつ、約 25 % 程度の獲得を目標に協議が進められており、今後とも、基本的にこのような方針で臨むことが適当である。

また、現在交渉中の 3 者アルマ協定書の案では、我が国は米欧とともに「3 パートナーの一員」とされ、運用において同等な発言権を持つとされており、この立場が維持されることも重要である。

我が国の特長を活かした研究の推進について

我が国は、野辺山宇宙電波観測所の開設によってミリ波の電波天文学を開拓し、ミリ波とサブミリ波分野における受・発信デバイスの開発・製造の実力が世界的に認知されている。

本計画は、このような背景の下に、膨大な建設費を国際的に分担し合うものであり、我が国が従来得意としてきた惑星系形成に関する学問分野をさらに発展させ、「惑星誕生の場の観測や生命関連分子の探索を通じて宇宙における生命の起源に迫る」という壮大なテーマに取り組むための絶好の場ということができる。

本計画において我が国は、建設・製作を担当するサブミリ波受信機やコンパクトアレイ・システム（干渉計の欠点を補い正確な電波画像を実現するシステム）等の性能を十分に生かすような国際連携プロジェクト等を提案し、これを本計画におけるキープロジェクトと位置づけるなど、科学的・技術的イニシアティブを積極的に発揮して、我が国の研究者の実質的なプレゼンスの向上や、優れた研究成果の獲得につなげていくべきである。

国民への説明責任について

本計画は、大規模な国際共同プロジェクトであり、建設

地がチリという我が国から遠く離れた場所にあるという特徴を持つ。したがって、国内からはその意義や活動が見えにくくなる可能性もある。このため、本計画の進捗状況や我が国の国際的な活躍、研究の成果等を国民に向けて十分に、かつ分かりやすく説明することが重要である。特に、宇宙、天文といった分野は、一般に実感をもって捉えることが難しいことから、例えば、4次元のビジュアル技術を駆使する等して、広く国民の知的好奇心を充足するような工夫をすべきである。

その他

国立天文台は、本計画への参画に当たり、我が国の天文学コミュニティの意見を調整して、当面本計画を最優先するとの意思統一を行うとともに、他の電波望遠鏡の運用体制を合理化、あるいは運用を終了するなど、スクラップ・アンド・ビルドの自助努力を行うとしている。このような姿勢は今後の同様な計画への参加、実施等において一つのモデルになるものと考えられ、高く評価できる。今後の具体的運用に注目していくこととしたい。

本計画のような大型の研究については、国際共同研究で行うことが効果的である場合が多いと考えられる。今後は、本計画における経験も生かしつつ、優れた大型国際協力プロジェクトへの時機を得た参画、費用分担方法等について、的確な意思決定が行い得るよう、文部科学省及び科学技術・学術審議会等において適切に検討されることを期待する。

《補足資料》

- 府省への質問事項：補足 1
- 評価の視点(論点・考慮すべき事項)について(案)：補足 2
- 評価コメント：補足 3

府省への質問事項

1. 計画の枠組み等について

○経緯

- ・アルマ計画に至るまでの、各国の計画と実績の経緯を説明されたい。
- ・今日に至るまでの、各国による国際共同研究の研究についての打ち合わせ（交渉）の詳細な経緯及び我が国の対応と計画の変遷を説明されたい。

○不利克服への対応

- ・現状の不利（貢献金額の差、参加決定の遅れ、2年遅れで無理を言っ
て割り込むような状況等）からくる様々なハンディキャップや不
利益をどこまで克服し、どの程度の貢献（主体的で質の高い研究）
が可能であるのか、その具体的な理由と根拠、今後の欧米との対応
（交渉）の方針（戦略）と実施計画（戦術）及び見通しについて、
説明されたい。

○リーダーシップを発揮する仕組み

- ・サブミリ波という日本の得意技術をこれから持ち込むわけだが、こ
の分野で日本が実際にリーダーシップを発揮できるような仕組みを
どのようにして整えるのか。

○システム比較

- ・システムの性能、達成できる研究の質、及び考えられるメリットと
デメリットについて、客観的、公正な視点（欧米だけではここまで
しか出来ず、日本が加わることでこんなによくなるというようなプ
ロモーションのための主観的な論旨ではないように）で、次に関す
るケーススタディを説明されたい。（簡潔に整理して、分かりやすく、
全体的に比較できる形で説明されたい。）

米欧日の全体システムで行ったとき

米欧（メインフレーム）のみで行ったとき

日本（サブフレーム）のみで行ったとき

日本が参加しなかった場合（チャンネル4，8，10の受信機
の提供もなし）

○計画の妥当性

- ・計画の妥当性について、定性的な説明はあったが、より具体的な妥
当性の説明が必要であり、特に予算、体制、責任者、人材確保など
の努力目標を示して説明されたい。

- 国際的推進
 - ・日本の参加が決定した後の、具体的参加者構想について説明されたい。特に、すでにある体制への参加者と貢献度について具体的に説明されたい。
 - ・現在、中国、台湾、韓国などとの個別的協定を予定しているとのことだが、本計画のような長期的大型研究計画では、最初からアジア諸国の合同体制と将来の展開計画が必要であると考えられるが、今後の具体的構想について、どのように考えているか説明されたい。
- 運用
 - ・現在想定されているアルマの運用方法を簡単かつある程度具体的に説明されたい。特に次のことがわかるように説明されたい。
 日本のデータの取り分が* %であるということが、どのように実行されるか。また、* はどのように決定されるか。
 日本の天文学研究者（さらにアジアと世界の天文学者）にアルマはどのように利用されると想定しているか。
 - ・すばる運用費とアルマの運用費とあわせると 60 億円を超え、現在の国立天文台の予算を大きくオーバーするが、自然科学研究機構の予算において、すばる、アルマが適切に運営されうるのか、具体的に説明されたい。
- 3 者合意
 - ・米欧と日本の三者で計画し、すでに合意されていたとのことですが、この合意は公的合意でしょうか、個人的同意でしょうか。同意に対する責任は何処にあるのでしょうか。
- リスク
 - ・この研究計画にリスク（期待している観測成果が機器・設備の不具合等のために得られない）が存在するか。
 - ・仮にリスクがあるとすれば、それはどのようなシナリオが想定されるのか。
 - ・それぞれの想定リスクに対しては、どのように対処するのか。

2. 意義、役割、効果等について

- 日本参加中止等の場合の意義等
 - ・もし来年度予算において認められず、日本が参加中止あるいは計画縮小となった場合には、建設を既に開始した米欧自体の研究の意義と効果はどのように変わるでしょうか。要するに、米欧のみの場合の具体的な研究目的、内容とその効果はどうなるのでしょうか（全く意味がなくなるとは思えない）。
 - ・また、日本における天文学研究に対する損失を説明されたい。

- インパクト

- ・アルマに日本が関わる場合の（あるいは不幸にして関われなかった場合の）電波天文学以外の分野を含めた日本の天文学全体へのインパクトをどのように予想しているか。
- ・さらに、日本のサイエンス全般、青少年を含む一般の人たちへのインパクトをどのように予想しているか。

- 天文学への役割

- ・現在の天文学研究では、宇宙創生、宇宙における生命探査の2つが重要であるが、両者について、アルマ計画のみならず、ACAが果たす役割について具体例を示して説明されたい。

- 技術的波及効果

- ・先端技術をさまざまな民生技術にスピノフさせていくために、産業界等との連携体制をつくるべきと考えるが、国立天文台あるいは文科省としてはどう考えるか。

- ミリ波とサブミリ波の違い

- ・ミリ波観測とサブミリ波観測の本質的な違いを、3つの主要な科学目的にからめて、整理して説明されたい。

3. 設備・機器等について

- 受信機の開発

- ・今後の受信機開発予定として、研究体制の確立、目標とする性能の実現等の見通しを説明されたい。

- システム構成

- ・12mアンテナはメインの64台のアンテナのうち、いくつかと共用できないのか。

- 耐用年数、更新投資

- ・この施設の機器の運用年数（研究テーマとして陳腐化するまでの年数）と物理的耐用年数を説明されたい。
- ・運用開始後の施設・機器の更新投資はどれくらい必要か。

- メンテナンス等

- ・アンテナのメンテナンスは3000m級の場所へ移動して行うことになっているが、その効率はどうか。予備アンテナ等は存在するのか。一部のアンテナが動作していないときのシステムとしての動作は保証されているのか。

- 高地対応

- ・5000mの辺境の地に、液体ヘリウム冷却を要するような高度な施設と設備と400人もの技術者が駐在するが、機器メンテナンスは適切に行いうるのか。具体的に説明されたい。

- ・また、電力等の機器のためのユーティリティ確保、人員駐在のためのインフラなどは、建設費の中に含まれているのか。具体的に説明されたい。
- 冷凍機
 - ・液体ヘリウム温度冷凍機の信頼性（MTBF）、全アルマシステムにおいて約100台の冷凍機が支障なく運用される確率（見込み）とその根拠、現在までの最大規模システムの実績について、説明されたい。

4．その他

- 情報公開
 - ・納税者に対する説明やフィードバックは、このような大計画では特に重要です。アルマ計画の波及効果の中で、国民的夢の創出効果が上げられていますが、具体的にはどのような方策で行おうと考えてるのでしょうか。これまでも、すばるなどの観測結果は、インターネットやマスコミなどで公開されていますが、アルマでは何か、新たな計画をお持ちでしょうか。もし見学希望（関係者以外）があればどのように対応する考えか。
- プライオリティ
 - ・文科省内における本ビッグプロジェクトのプライオリティは？
- 日本発のプロジェクト
 - ・アルマを利用した、日本発の新しい国際連携プロジェクトを何か考えてないのか。

評価の視点(論点・考慮すべき事項)について(案)

1．参加遅れの不利克服について

本計画への参画は、欧米の建設開始から遅れての参加になるが、一般的に、遅れて参加する場合、不利な立場での参加となる懸念がある。本計画への参画の場合、それらの不利を克服し、存在感を示すことができるのか。どのようにして不利を克服すべきなのか。また、たとえ不利な状態であっても、参画すべきなのか。

2．サブミリ波における優位性の活用について

サブミリ波に関する技術については、我が国が世界最高レベルのものを有しているとのことであるが、この技術を活用して参画するのであるから、我が国が本分野でリーダーシップを発揮するとともに、欧米に対して、建設費の割合以上の優位な立場になるように、参加すべきではないか。また、どのようにすれば、リーダーシップを発揮し、優位な立場で参加できるのか。

3．我が国としての貢献について

本計画は大規模な国際共同プロジェクトであることから、国内的には、本計画の意義や成果を国民に対して十分に、かつ、分かりやすく説明するとともに、国際的には、特にアジア諸国との連携を図り、推進していくことが必要ではないか。例えば、日本発の新しい国際連携プロジェクトなどを考えていくことが重要ではないか。

評価コメント

1. 評価の視点に対する意見

- ・参加決定の遅れが、長年の努力の足を引っ張り、不利を招いたことは明らかである。この状況を克服するのは、一番早くからそれを提案して来たなどという情緒的な主張は通らない。我が国の参加が、計画全体に大きなメリットをもたらすものでなければならない。これには我が国の実力、特に技術力の高さにもものを言わせることができることがカギである。
- ・2年の遅れを取り戻し、かつ日本のプレゼンスを強める方策は、日本の担当するACAが本領を発揮するキーププロジェクト、たとえば惑星系探査などを提案し、全体の観測計画でイニシアティブをとる、強い努力が必要である。それによって、日本の存在感は一段と深まり、遅れも克服できるものと考えられる。そのような外交的手腕、技術的力を海部台長をはじめとする研究者はもっていると判断する。
- ・ACAシステムを加えた際のシステム高度化の定量的表現？
→ひとりよがりの説明、もっと積極的な自己主張(PR)がほしい。
- ・我が国のミリ波天文学における実績とサブミリ波帯半導体の実力は世界的に認知されており、特に後者は首ひとつ先行していると言って良い。
- ・宇宙天文学に対する日本の戦略的な取組み？
→「天文学は未知の世界、すばる、サブミリ波、X線天文学のシナジー追求のシナリオ創りは難しい。」では不満！
- ・現時点(現状)でも、我が国が「三パートナーの一員」と位置付けられていること、金銭的貢献度(22%)を越える(25%前後の)貢献度を獲得することを目標に協議を行っている(行えている)ことは、これらの優位性を十分に生かして、不利な状況にもかかわらず、十分なタフさとリーダーシップを発揮していると認められるとともに、交渉相手が我が国の実力に対して十分な敬意を払っていることを示している。(どの国でも、予算を獲得するのは至難の技であり、例え1-2%でも自分の金銭的貢献度を下げてまで、相手に譲るということは大変なことである。)
- ・我が国独自の研究成果を基とした特徴ある計画であり、サブミリ波帯の大型干渉計画を具体化するもので、目標を明確に絞って提案している点で、高い評価を与える必要がある。なお、この計画が将来

の天文学分野の発展の中で、どのような位置づけがなされているかを明瞭にする必要がある。例えば、明瞭な研究目標として、「生命の起源」について本計画ではどこまで明らかにできるか、今後どのようなことが期待されるかを判りやすく説明することが、一般社会に対して必要であると思う。

- ・本計画の意義や今後得られる成果の国民に対する説明については、かなりの努力が行われていることが、質問に対する回答から理解されるが、質問への回答ではなく、より積極的に発信する（発信していることを周知することも含め）姿勢を期待したい。
- ・東アジア諸国との連携については、それら諸国の研究者の育成に長年力を注ぎ、人的財産（人脈）を築き上げてきた先見の明と実績は評価される。今後は、このネットワークを生かして、より大きい、ダイナミックな国際協力の目標を定め、具体的な構想を打ち出し、実行していくことが望まれる。
- ・現在日本は、経済政治科学などにおいて欧米と並んで世界3極構造の一極を担っているが、今後のアジア地域諸国とりわけ中国の台頭を考えると、日本のみが一極ではなく極東アジア地域が一極となると考えられる。そこでのイニシアティブを考えると、アルマ計画はまさに国立天文台で育った中国、韓国、台湾の研究者がそれぞれの国で活躍しており、天文台が東アジアの中核として体制を組むことのできるも判例となると考えられる。
- ・政府間でなく機関間の約束による国際協力を確実に進めるにはどのように担保したらいいのかという点。
- ・評価の視点1、2、3はお互いに関係したものであると思います。すなわち、参加遅れの不利を克服し日本のリーダーシップを発揮する(1)ためには、サブミリ波における優位を活用し(2)、また、アジアとの連携や、国内の他のプロジェクトとの連携などによる日本発の新しい国際連携プロジェクトを考えていくことが重要(3)である。
- ・評価の視点の1及び2は関連している。
- ・なし。

2. その他考慮すべき事項に関する意見

- ・本計画が中止、或いは延期された時のインパクトとその功罪の度合いについて、検討しておく必要がある。
- ・本アルマ計画の内容については、文部科学省の科学技術・学術審議会の分科会において、極めて的確な評価と指摘がすでになされており、とくに大きな不備や不足が無いと考える。
- ・本委員会では、幾つかの大型研究計画の中での国家的位置づけと順

位づけが主目的であることを考えながらコメントをする必要がある。

- ・ 科学衛星も含め、天文研究の装置に関する将来計画の中でのアルマの位置づけ。現時点では、あまり明確ではないように感じる。
- ・ 共同作業に必要な普遍的原則ではあるが、特に国際的な共同研究計画が成立するためには、それぞれの参加者の実力（相補的な関係等によって参加者全員へメリットをもたらすこと）と相互の信頼関係という形而下的及び形而上の両面の条件が不可欠である。アルマ計画のようなビッグプロジェクトでは、それに金銭的貢献が重大要素となって加わり、それに関連して、参加各国の違い（予算年度、各種システム、経済的状况等）が複雑に絡まり、大きな困難をもたらす。
- ・ アルマ計画では我が国の金とシステムの問題が、信頼関係に悪影響を齎し、我が国の科学技術的实力によって、辛うじて決定的な破綻を免れているというのが現状であると観察される。このような状況から、これ以上の延期は更に信頼関係を悪化させ、より不利な状況に置かれることは容易に推測でき、本計画の推進が意味を見出し難い状況に陥ることも懸念される。従って、現状での延期は中止と同じ程度のインパクトを齎すと考えられる。

その場合の想定されるインパクトとしては、研究者（コミュニティ）へのインパクト（志気の阻喪、研究能力の弱体化、国際的競争からの脱落、若い人材のこの分野への吸引力の喪失と人材育成への支障、これらから来る研究者とそのコミュニティのモラルの低下、国際的信用の喪失・・・）、産業界へのインパクト（これに含まれる各種先端分野の技術・経験・実績等獲得の機会の喪失、それによる競争力の低下や将来のビジネスチャンスの喪失、アカデミックな色彩の強い（利益が低く、不確実な）計画への協力に対するインセンティブの減退・・・）、社会・国民へのインパクト（我が国における社会的規模でのこの分野への興味・関心の低下、国民的プライド獲得の機会の喪失・・・）等が考えられる。

一方、国立天文台自身による、約35%の自助努力により、本計画実施の純増負担は約20億円/年（×8年）であるとされている。これら（比較的軽微な単年度負担と中止或いは延期した場合のインパクトの深刻さ）を比較・勘案すると、直ちに実施することが適切であると判断される。

- ・ 副次的効果として、約35%の自助努力を行うために必要なスクラップ・アンド・ビルドの過程で、自然現象を対象とする博物学的研究に有り勝ちな、マンネリに陥った研究の見直しが進み、国立天文

台自身の改革が大きく前進することが期待される。

- ・特にありません。
- ・なし。

3 - A . 科学技術上の意義

- ・科学技術上の目的は妥当であり、意義の大きさについては、今更論じる間でもない。所期の目的を達すれば、科学技術的效果も大きいと期待される。
- ・本研究の科学技術上の意義は極めて大であり、天文学の終局の目的である宇宙形成と生命の起源を追求する国際的計画であることは異論のないところである。ただし、本計画は天文学の進歩の一つの段階であり、科学技術としての未来へのストーリーを明示することにより、専門外の人達の賛同と協力を得ることができると考える。
- ・アルマ計画自身は天文学のほとんどの分野に関係する汎用の電波望遠鏡であるが、その大きな課題は、宇宙における生命の存在問題にかかわる太陽系外惑星系探査、またビッグバンの起源、宇宙構造の起源にかかわる原始銀河探査などである。特に日本が担当する、A C Aはこれらの研究において、鍵を握るものである。学術的意義はきわめて大きい。
- ・基礎科学の観点からは、アルマがめざす3つの主要観測テーマは、それぞれ現在の天文学・宇宙物理学の最重要テーマの一つであり、日本が持ち込むサブミリ波の技術により、その科学研究の達成度は格段に高まると考えます。日本の参加によりアルマ計画は2000年代2010年代の天文学・宇宙物理学における最重要計画の一つとなると言えます。
- ・日本の建設参加により、現存する電波望遠鏡の100倍以上の分解能を確保でき、未開拓であった新たなサブミリ波領域の高分解能観測が可能となる。この観測で宇宙の解明が飛躍的に進展し、生命への物質進化が追及できる。遅れていた35年前の我が国の天文レベルが野辺山観測所やスバル等の実現により、世界のトップに並び、この計画に参加できる実力を持つ状況にある。来年度の建設参加を逸すると、天文と科学技術に取返しのできないハンデギャップを招くと危惧される。
以上のことより、科学技術上の意義は絶大であると考える。
- ・アルマ計画に伴う技術開発による技術面への波及効果ですが、これについても、たとえばテラヘルツ帯を利用した通信や非破壊検査など、大きなものがあると予想します。
- ・日本が優位に立つ技術を使って、未知の宇宙を観測しようという試

みは、技術開発、科学成果の両面から十分に期待できる。

- ・国内の研究促進や、青少年や一般の人々の科学への関心を高めることにもつながるだろう。
- ・ねらいを定め日本のイニシアティブを発揮する世界を作るべき！
- ・科学技術上の目的、意義、効果は大きいと考える。

3 - B . 社会・経済上の意義

- ・本計画は経済的効果を目的として行われるものではない。また、行うことによる直接的な経済的効果は特筆するほどのものではない。しかし、本計画に含まれる各種先端技術(サブミリ波アンテナ技術、サブミリ波半導体技術、超低温技術、微小信号検出技術、大量データ処理・計算技術等)の獲得による多岐にわたる波及効果は大きく、発展性は高いと期待される。
 - ・天文台の大掛かりな経済波及効果の調査は、非必の参考となるものと評価してよいであろう。さらに、サブミリ波電波観測において、企業、NTTなどとすでに共同開発研究も進めており、将来の実用通信技術の基礎研究ともなっており、波及効果は大きい。
 - ・経済面での意義や効果は、直接的なものより、社会面の効果から波及していくことで、長期的に効果をもたらすと考えるべきだ。
 - ・基礎科学の分野ですので、経済上の意義を評価することはあまり妥当ではないと考えます。
 - ・社会的意義については、国民のこの分野への興味・関心の発生・育成、科学的な知識レベルの向上、国民的プライドの高揚、若者の理科離れの防止等、幅広く大きな効果が期待され、この分野では特に高いコストパフォーマンスが期待される。
 - ・社会的には、人類の探究心を満足し精神的な豊かさをもたらすとともに、将来の日本を担う世代に対し自信と科学への興味をもたらすと思います。これらの効果は、定量的に計りがたいものですが、非常に重要なものです。
 - ・理科教育や科学への関心などの波及効果を考えれば、社会的意義は大きい。
 - ・宇宙に抱く人々の夢を広げ、科学する心を育て、教育に大きく貢献する。日本の参加は子供達の自信となり、国際的な場で活動する時の力となり得る。サブミリ波の開発技術は情報処理高速化でもキーテクノロジーのひとつとなり、経済的にも波及効果の大きい次世代情報処理技術を秘めている。使用される種々の最先端技術は他分野の生産技術にも波及効果が期待される。
- 以上のことより、社会・経済上の意義は大きく、予測を超えるもの

が期待される。

- ・本アルマ計画の社会・経済への貢献は、明確には見えるものではないが、投資する研究費に見合った貢献（あるいは効果）が見積もられるかどうかは不可能である。他の大型研究計画と比較し、相対的な価値判断が必要である。

3 - C . 国際関係上の意義

- ・共同計画参加へ参加・貢献することにより、欧米諸国のみならず、システム設置場所であるチリ等中南米諸国との信頼関係は向上し、さらには共同研究プロジェクトの計画・推進を通じて、東アジア諸国に対する人材育成、協力関係の確立、リーダーシップの獲得等、その意義は非常に大きい。国際親善を基本とする我が国外交政策との整合性も高く、我が国国益上の意義や効果も大きいと期待される。
- ・重要な大型研究計画の提案を世界に先駆けて行うことが必要であることは言うまでもないが、我が国にはこのような提案を有効に発信するシステムが弱く、このために大部分の国際的プロジェクトには後発で参加する形態が多い。この状況の中で、本アルマ計画は日本独自の強い提案として高く評価する必要がある。本計画が欧米追従型になったのは、我が国のシステムの不備を示すものであろう。
- ・長いスケールで日本がいつまでも世界の3極の一極であり続けることは困難であるが、すでに1. で述べたように、東アジア地域をまとめ日本を中核とした極東アジア地域連合形成の良き模範例となりうる。これは他の科学研究分野、さらに広くアジア共闘国際社会に対する波及効果も期待され外交的意義も大きい。
- ・ミリ波、サブミリ波の分光観測は、天文学・宇宙物理学の分野において、X線などと並んで日本が世界をリードしてきた分野の一つであり、この分野の国際大型プロジェクトを積極的に進めることは、大きな意義があると考えます。
- ・欧米とのボトムアップ型の国際協力であり、国際社会に十分貢献すると思われる。日本の参加によって、観測精度を高めるという役割分担も妥当だ。しかし、好きで参加が遅れたわけではないとはいえ、欧米二極間ですでに開始しているため、観測時間など様々な点で不利になることも予想される。
- ・20年前、米国と同時に、我が国でもこの計画の根幹となるLMA計画の立案を始め、この流れにヨーロッパが加わり、2001年に三者決議がなされた。サブミリ波領域を分担する日本の参加が最高性能を実現する鍵を握っており、欧米からも強く期待され、日本は分担金額の割合以上の貢献が可能である。この計画に参加す

れば、アジア諸国で日本が中心的な役割を担うことになる。

以上、国際関係上の意義は極めて大きい。欧米より2年遅れの現在、これ以上の建設参加の延期は日本の国益を損なうものと考ええる。

- ・計画の中止（撤退）延期による国際的信用の低下・喪失は、単にこの分野の研究コミュニティのみならず、我が国の科学技術への姿勢、更には外交上の信頼性そのものにも波及する深刻なものとなると懸念される。
- ・現在の時点で、日本が参加しないことによる国際的信用の失墜は大きい。日本の科学政策に対する評価は著しく失墜する。
- ・科学研究においても日本は、日本の経済的規模にみあった一定の国際的役割を果たす必要があると考えます。そのためには、日本が得意とする分野にある程度テーマを絞ることが必要であり、それにより大きな効果を上げることができると思います。
- ・国益という点では、日本が主導権を握れる計画を進めることがベストの選択肢であろうが、現状ではそうした計画はない。日本単独で進めることができる計画もない。
- ・国益として何をゲインするか戦略性が必要。

3 - D . 計画の妥当性

- ・国立天文台の長年の経験・実績、国際的協力による慎重な検討を経て計画された本プロジェクトは、科学的目標、システムの構成・性能、建設から運営・保守に至るまで、十分に目配りされた、妥当な計画であると判断される。また資金的にも十分に検討されていることが認められる。高所での大規模施設の建設という未知の部分もあるが、安全面での問題は見当たらない。今後建設・運営に当たり、環境への十分な配慮が求められると共に、建設地に近いコミュニティへの融和に注意を払う必要がある。
- ・技術的、科学的計画は、長年にわたって国内電波天文学者が一体となって進めてきたものであり、資金計画も、日本の経済的地位から妥当なものであろう。また天文台は自らのリストラを通じて、運営経費の増大を抑えこれまでどおりの運営経費で進めようと計画をたてており、高く評価すべきである。
- ・永年の緻密な計画のもとで目標・期間・資金・人材の周到的な戦略が立てられており、他の大型研究計画と比較して妥当な計画であるとして、高く評価する。
- ・日米でアルマの根幹が立案された後、長期間、日米欧で計画を洗練してきた。独法化後に体制の改革を行ない、従来の観測規模を縮小して、資金、体制、人材等の合理化を図り、256億円の内、

96億円を運営費交付金で補える。完成後の運用費も運営交付金の枠内で運用する計画である。安全、環境、文化等の面においては、野辺山、ハワイ、富士山等の観測所の経験を生かし、国民に対して、より理解し易い情報公開を行なう。

以上のことより、この計画には十分な妥当性があるものとする。

- ・国立天文台内部で他のプロジェクトの整理等も行っており、一定の自己努力がなされていると思います。
- ・妥当である。

3 - E . 成果、運営、達成度等

- ・幅広い視点から詳細に検討された膨大な提出資料と説明から判断して、高い科学的成果が得られ、妥当な運営が行われ、投入される資源や計画された目標に対し、十分高い達成度が得られると期待される。
- ・平成16年度予算の決定後具体的になるよう、すでに準備が十分に行われており、計画実施中の運営はとくに問題が無いと判断する。ただし、成果、達成度については、十分な国の支援が実行されるかどうかには依るだろう。従って、本計画の採択後も十分な資金投入と強い支援を責任を持って果たすことが重要である。とくに、文部科学省の強いバックアップが続けられる責任体制が必要である。
- ・現在建設にもいたっていないので評価は難しいが、世界全体の電波天文学者が、一丸となって、一台の望遠鏡施設を建設しようとしている世界プロジェクトである。その評価システムもしっかりしている。大きな成果が得られるものと十分期待してよいと思われる。
- ・最も難しいサブミリ波受信機の開発も順調であり、バンド10のための超伝導素子や局部発信源の研究の成果も先行的に達成されている。富士山の山頂にサブミリ波望遠鏡を建設し、既に観測を遂行している。この計画で使用する12mプロトタイプアンテナの製作も順調である。

以上のことより、本計画には十分な準備と研究・開発が進められており、実現に向けて確固たる科学的な根拠に支えられている。

- ・科学観測装置であるので、その運用や運営は、科学者の自主性を基本として行われるべきものであると考えます（すなわち、観測は観測提案とピアレビューにより選定する）。しかし、科学者の自主性を尊重しつつ、たとえば"日本発の新しい国際連携プロジェクト"を立ち上げるような方向にガイドする強いリーダーシップも必要であると思われます。現在の体制の中に、それは存在するものと推察します。

- ・科学的成果、社会的効果等のより一層向上のために、より一層の努力を期待する。
- ・アルマ計画に期待できる点が多いが、それを実現できるかどうかは、計画の目的や成果をいかに一般の人々にもわかるように伝えるかにかかっている。
- ・インターネットや各地の講演会など、努力を重ねているが、さらにわかりやすく魅力的な内容にするよう検討してほしい。
- ・評価結果の反映等の確認については本計画のみでなく、少なくとも大型計画については行う必要がある。

《参考資料》

第1回評価検討会府省提出資料：参考1

- アルマ計画
文部科学省
- アルマ実施計画に関する評価について（報告）【省略】
科学技術・学術審議会学術分科会基本問題特別委員会天文学研究ワーキング・グループ
- ALMA 計画の社会経済効果の評価（サマリー）（本編）【省略】
株式会社野村総合研究所
- ALMA 計画に関する検討会議記録【省略】
日本学術会議学術体制常置委員会大型科学計画分科会
- 我が国における天文学研究の推進について（抜粋）【省略】
学術審議会特定研究領域推進分科会

第2回評価検討会府省提出資料：参考2

- 府省への質問事項への回答
文部科学省

後日府省提出資料：参考3

- 宇宙に生命のルーツを探る
文部科学省