

1 計画タイトル

大型電波望遠鏡「アルマ」の機能強化(アルマ 2)による国際共同利用研究の推進

2 問い合わせ先

井口 聖、自然科学研究機構国立天文台、s.iguchi@nao.ac.jp

3 マスタープラン提案時の提出元として想定される大学・機関・部局等

自然科学研究機構国立天文台 台長 常田 佐久

4 マスタープラン 2017 への採否状況

提案していません

5 計画状況 (実施中・提案中)

実施中

6 計画実施時期

アルマ望遠鏡は、2011 年から初期科学運用、2013 年には本格運用を開始した。アルマ望遠鏡は 30 年以上に渡る運用を計画しているが、並行して性能向上のための機能強化を実施する。機能強化のための初期検討はすでに開始されており、2020 年代前半から段階的に性能を向上させていく。

7 総経費および予算プロフィール

アルマ望遠鏡は日本を中心とする東アジア、北米、欧州の国際協力計画であり、運用経費は毎年約 120 億円(東アジア分担分は約 30 億円)、アルマ望遠鏡の機能強化費は 10 年間で総額 150 億円程度(東アジア分担分は約 40 億円)である。

8 計画の概要

アルマ望遠鏡は、南米チリの標高 5,000m のアタカマ高地に建設した 66 台のアンテナからなる巨大電波望遠鏡システムである。星や惑星の材料となる低温の星間物質が放つミリ波サブミリ波を高解像度・高感度に観測し、“In Search of Our Cosmic Origins”をテーマに研究を行っている。本計画では、アルマ望遠鏡の性能を画期的に向上させ、これを用いた国際共同利用研究に質的転換をもたらすことによって、天文学研究を大きく前進させる。

9 目的、学術的意義、当該分野・社会等での位置づけ

本計画では、アルマ望遠鏡で 1.長基線(30-50km)観測を実現するための装置(解像度 2 倍以上)、2. 広帯域・高感度受信機(感度 2 倍、帯域 2 倍以上)、3. 広帯域・高性能分光計、4. マルチビーム受信機(視野 4 倍以上)の開発を行い、以下の 3 大テーマを掲げて国際共同利用研究を推進する。

①惑星の誕生:アルマ望遠鏡の観測により、多くの原始惑星系円盤で多重リング構造が見いだされ、渦巻構造や非対称塵分布など円盤構造の多様性も明らかになりつつある。我々から最も近い原始惑星系円盤では地球軌道サイズまで描き出すことに成功したが、現性能では同様の観測が可能な天体は 5 つ程度に限られる。機能強化により解像度を 2~3 倍に高めることで、地球軌道サイズが分解できる天体数は 600 以上に増加する。多数の原始惑星系円盤を観測しその構造を中心星近傍(地球軌道サイズ)から遠方まで詳細に描き出すことで、惑星材料物質である塵の成長場所や惑星と円盤の力学的相互作用を明らかにし、惑星系形成シナリオの検証を行うとともに惑星系の多様性の起源を原始惑星系円盤に探る。

②銀河形成:アルマ望遠鏡で 130 億光年を超える距離の銀河に含まれる酸素

や塵からの放射を次々に検出し、宇宙誕生後 5～8 億年程度というごく初期の星形成活動を明らかにしたほか、2 階電離酸素輝線[OIII]が初期宇宙を探る新しい探針であることを確立した。機能強化により感度向上と観測周波数帯域・視野を拡大することで、検出効率を 32 倍以上に向上させる。[OIII]は、宇宙誕生後およそ 3 億年(赤方偏移 $z=15$)で発生したとされる第一世代星の超新星爆発のなごりや初期の超巨大ブラックホール周辺の電離ガスと関連しており、これを高感度・高効率で観測することによって宇宙における元素合成のスタート地点を探り、宇宙最初期の銀河と超巨大ブラックホールの発見に挑む。

③宇宙における物質進化:アルマ望遠鏡によって若い星の周囲で単純な糖類やアミノ酸の材料分子が発見された。機能強化によって感度・観測周波数帯域・分光性能を向上させることで、生命の起源に関連するアミノ酸・核酸前駆体の世界初検出を目指すとともに、原始惑星系円盤内での生命素材物質の分布と進化を明らかにする。また原始惑星系円盤内での重水素存在比の空間分布を明らかにすることで、生命活動に必須である水の起源を解明する。水、たんぱく質、核酸という生命の重要な要素をアルマ望遠鏡が解明することで、地球外生命探査という人類の究極的な課題に挑むうえでの極めて重要な基本条件を与える。

アルマ望遠鏡は、ミリ波・サブミリ波での超高感度・高解像度観測を実現する観測装置として世界的にも抜きんてた性能を有しており、将来的にも同波長帯で同等以上の性能を有する望遠鏡は計画されていない。今後アルマ望遠鏡の性能を革新的に向上させて国際共同利用研究を継続させることは世界中の多くの研究者の強い希望であり、日本の技術力を活かした超伝導デバイス開発やデジタル信号処理が重要な貢献となる。本計画で掲げる 3 大テーマは人類の宇宙観・世界観に関わる挑戦的な取組みであり、技術開発及び天文学研究において国際協力の枠組みの中で日本が確固たる立場で貢献を続けることは、人類の知の拡大に対する日本のプレゼンスを示す重要な機会である。

10 実施内容(実施機関・体制、国際協力等を含む)

本計画では、上記 9.に示した開発を国際協力によって行うとともに、機能強化したアルマ望遠鏡の国際共同利用研究を推進する。

アルマ望遠鏡は、日本の自然科学研究機構、米国国立科学財団、欧州南天天文台が協力して運用しており、費用は欧州と北米がそれぞれ 37.5%、東アジアが 25%を分担する。東アジア地域では台湾中央研究院天文及天文物理研究所と韓国天文宇宙科学研究所が日本を通じて計画に参加している。機能強化も同じ国際協力の枠組みで推進する。この国際協力の枠組みにおいて、日本はリーダーシップを発揮する重要な位置を占めている。

11 現在までの準備・実施状況

2011 年から、東アジア・アルマ将来開発ワークショップをほぼ毎年実施し、2020 年代以降の科学目標の検討と、その目標達成に必要な技術開発項目の議論を行ってきた。その結果、東アジアはアルマ望遠鏡の将来計画において議論をリードしている。アルマ評議会にて設立されたワーキンググループは上記 9.に示す開発項目を推薦し、アルマ評議会は 2020 年代のアルマの科学目標と開発項目を示した The ALMA Development Roadmap を策定した。一部の開発項目については、科研費を活用した予備的な研究を遂行中である。