

要旨

宇電懇からは、次の5つの提案を推薦した（括弧内は提案責任者）。

1. きゃらばん-submm, 銀河中心ブラックホール検出・高画質撮像装置（三好真）
2. 超広視野・広帯域の大口径ミリ波サブミリ波単一望遠鏡による暗黒宇宙の大規模構造の探査（川辺良平）
3. 南極天文学の推進:南極 10m テラヘルツ望遠鏡（中井直正）
4. LiteBIRD（羽澄昌史）
5. ALMA 拡張アレイ（亀野誠二）

これらのうち、LiteBIRD を除く 4 提案は、まだ構想・準備段階にあり、最終計画の策定にはさらに時間と検討が必要である。今後の検討進展により、この中からコミュニティ全体の強い支持を得ていく計画が浮上してくる可能性は十分にある。一方 LiteBIRD は、計画も具体的で準備も着実に進められている。ただし、この計画は第一義的には高エネルギー物理（素粒子物理）分野の進展に基づく提案であり、電波天文コミュニティの将来計画としてもより強固な位置づけがなされるように、さらに分野間連携を深める方向性を模索すべきである。

各提案の概要と現状評価（名称は適当に略した）

1. きゃらばん-submm 銀河中心ブラックホール検出・高画質撮像装置

（概要） アンデス高地に口径 12m 級の固定局を 2 つ設置し、これらと小型移動 VLBI 局を組み合わせ、従来の固定局ベースでの VLBI では到達しえなかった高画質・高分解能撮像を実現しようとする提案である。ALMA との結合も視野に入れている。当面の目標は、銀河系中心 SgrA* の撮像である。降着円盤などブラックホール(BH)近傍構造の撮像により、究極的には BH ホライズンの様子を明らかにし、強重力場における一般相対論の検証に道を拓くことを目指す。

（考慮すべき関連計画） SgrA*をはじめとする銀河中心 BH の撮像を目指す計画はいくつかあるが、現在進行中の特に注目すべきものとしては、Event Horizon Telescope (EHT) 計画がある。これは、ALMA の Phase-up 機能を新たに実装し、既存のミリ波・サブミリ波大口径単一鏡と組み合わせる VLBI 観測により、ブラックホール近傍構造の解明を目指す。これに対し本計画は、小型移動局により短基線を充実させ、より高画質なデータに基づくブラックホールの存在検証を目指しており、両者には一定の相補性が認められる。

（現状と課題） この提案で鍵となるのは、VLBI に特化した小型移動局の導入であり、その実証が現時点での最優先課題である。これにはまず、科研費レベルの予算から始めるのが良いと考えられる。一方、固定局の検討については、いくつかのアイディア（かなり野心的なものも含む）を構想している段階にすぎない。この点は科学目標を共有する関連計画の進捗も踏まえつつ、国際協力の模索など体制面も含め、更なる現実的検討の進展を望みたい。

2. 大口径ミリ波サブミリ波単一望遠鏡による暗黒宇宙の大規模構造探査

(概要) ALMA サイトの近くに、口径 35-50m クラスのミリ波サブミリ波単一鏡を建設する。これにより、多素子・広帯域分光機能を持つ 3D カメラを搭載し、電波版 SDSS ともいべきサブミリ波銀河サーベイを展開する。これにより、宇宙再電離期に至る時代にまで遡って、暗黒物質分布の根幹と銀河の形成・進化を描き出す。この他、SZ 効果や星間化学、星・惑星系形成などの幅広いサイエンスも展開し、ALMA や SPICA とのシナジーを上げることを目指す。

(考慮すべき関連計画) 現存する IRAM 30m 望遠鏡、LMT 50m 望遠鏡に加え、チリ・チャナントル山に建設を目指す CCAT 25m サブミリ波望遠鏡計画がある。これらとの棲み分けや、科学面でどう協力・競争していくのかを、さらに明確にする必要がある。提案グループもその点は認識しており、特に CCAT や LMT のグループとは密接に連絡をとりながら検討を進めている。

(現状と課題) ALMA と相補性を持つ大口径単一鏡は、様々な研究分野で波及効果が期待できるという意味で、今後コミュニティから広く支持される可能性を秘めている。ただ現状では、その口径も確定していないなど、計画としては検討段階にある。また、上記のスコープを独自で実現しようとする場合、本当に「中規模計画としての予算規模」で収まるのかという疑問がある。ALMA の運用と並行しながらこれだけの規模の新計画を実施していく方策についても、体制面を含め、コミュニティ全体を巻き込んだ真剣な検討がさらに必要である。

3. 南極天文学の推進

(概要) サブミリ波から赤外線において地上で最高の観測環境にある南極高地ドームふじ基地に、口径 10m のテラヘルツ望遠鏡を設置して、南天の高感度全天掃天観測を行う。これまでになされた可視・赤外線の観測では行方不明な、宇宙再電離に必要な残り 7 割の「暗黒銀河」の探査に寄与する。基本的には筑波大中心の観測プロジェクトであるが、観測時間の 1/4 を共同利用に供する。これを実現するため、南極天文学の新研究拠点の設置も、筑波大で模索する。

(考慮すべき関連計画) 遠方サブミリ波銀河サーベイは、上記項目 2. や CCAT と科学目標が共通している。上記 2. が分光観測による赤方偏移決定を視野に入れるのに対し、本提案は、南極の特徴を活かしたテラヘルツ・サーベイに特化している。波長の相補性はあり、遠方にあるやや高温の銀河の検出に威力を発揮する。ただし、2つの装置を実現することで得られるシナジーがどれほどのものなのかという点の見極めには、専門的見地から更に議論が必要である。

(現状と課題) 筑波大内で概算要求を検討している。大学発のプロジェクトとして、コミュニティも支援している。南極を天文学サイトとして活かす第一歩という意義も大きい。一方でサイトの特性上、計画の予算見積もりとスケジュール上の不確定性は大きい。また、同様の目標を持つ他の大型単一鏡計画との役割分担について、今後踏み込んだ議論が必要と考えられる。

4. LiteBIRD

(概要) インフレーション時におこったと予想される原始重力波の痕跡を、宇宙背景放射の偏光観測により探ろうとする提案である。直径 60cm 程度の反射望遠鏡と 100mK に冷却された多色超伝導検出器アレイを搭載した小型科学衛星を開発し、CMB 偏光度を全天にわたり精密測定する。前景放射を分離するために 50-270GHz の周波数帯域をカバーする。かつてない精度で得られる前景放射の情報は、天文学的にも有意義なものとなる可能性がある。

(考慮すべき関連計画) 提案グループは現在、QUIET や POLARBEAR といった地上実験を国際協力の元で推進している。これらで得た成果の延長線上に、LiteBIRD が狙いとしている領域がある。欧米での同様の計画に比しても、小型化という特徴を活かした LiteBIRD が一歩先んじている。

(現状と課題) 現在成熟しつつあるミリ波検出器技術を最大限利用し、高エネルギー物理（素粒子物理）分野と天文学分野の境界を拓こうとする点で、タイムリーかつユニークな提案と評価できる。ただし、本計画を通じて得られる前景放射情報が、天体や宇宙物質に関する研究にどう活用できるかは、なお検討が必要である。この点も含め、高エネルギー物理分野との連携強化をさらに模索すべきである。予算や技術面での不確実性も残されているが、開発検討は順調に進んでいる。

5. ALMA 拡張アレイ

(概要) 300km 基線を実現するような ALMA アンテナを 5 つ程度建設し、0.6 ミリ秒角の空間分解能が必要な新しいサイエンスを切り開く。サブミリ波銀河の中心核を分解し、成長しつつある巨大ブラックホールの性質を探る他、恒星起源を含む様々な熱的放射を新たなターゲットにすえ、ALMA と VLBI の狭間となっている研究領域を埋めることを目指す。

(考慮すべき関連計画) 国際プロジェクトとしての ALMA の下での拡張が必須な提案である。つまり、ALMA の Future Development の一環として、国際協調のもと推進する必要があるが、将来、国際コミュニティを含め高い評価を得る可能性は十分ある。また、南米には ALMA と VLBI 結合可能な新アンテナの建設を模索している国もあり、それらとの調整が必要になる可能性もある。恒星物理学の分野では、現在発展しつつある近赤外干渉計との優劣比較が必要である。

(現状と課題) ALMA 基線をさらに一桁拡張するという提案は、約 20 年前からあった。現状はその概念を踏まえ、具体的な科学的意義を探る議論が始まった段階である。設定する科学目標に応じて最適な基線長も変わる。それに対応して、様々な実現形態が考えられ、それぞれに必要な予算も大幅に異なると予想される。今後 ALMA によって得られる成果を横目で見ながら、徐々に計画を練っていく必要がある。計画の具体化には、検討状況・時機いずれの面からも、まだ若干遠い段階にある。