

国際電波望遠鏡計画 SKAO による現代天文学の開拓

① ビジョンの概要

現代天文学では、宇宙の初期状態の解明、惑星の誕生過程の解明、そして生命始原物質の生成の解明が重要課題である。大型電波干渉計建設計画 SKAO に参画することで、国際競争力ある世界最高の成果を得ながら、これらの課題の解決に挑む。天文学を中心に宇宙物理学、地球惑星科学を横断した新しい学問を開拓し、世界最大級の学術情報基盤の開発およびデータ科学の推進を通じて社会イノベーションに貢献する。

② ビジョンの内容

現代の天文学は、インフレーションとビッグバンを宇宙の開闢とする一様等方な膨張宇宙の描像を築く一方で、惑星系や星間物質の多彩な姿を明らかにしてきた。この相反する特徴を左右する、宇宙に広く存在する磁場と天体の源となる中性水素ガスの様相の、特に初期宇宙の状態の理解が十分に進んでいない。また近年、太陽系外惑星形成過程においては、ガス・ダストを成分とする惑星系円盤が多く発見されているが、そこから惑星が誕生していく過程が未解明である。さらに、地球外にて生命始原物質の発見がなされているが、その生成・進化過程の理解が待たれる。以上の現代天文学の重要課題の解明に必須な世界最大の電波干渉計計画 SKAO (Square Kilometre Array Observatory) によって、当該研究分野は飛躍的に進展する展望がある。日本は野辺山宇宙電波観測所 45m 電波望遠鏡やミリ波電波干渉計による研究を経て、日米欧の国際共同プロジェクト ALMA へ参加し、世界初のスペース VLBI 計画 VSOP、世界最高の位置計測精度を達成した VERA などでも多くの実績をあげてきた。また独自のシミュレーションを始めとする理論天文学、さらに惑星科学・地球物理学・データサイエンスを融合したコミュニティが成長している。これらの技術的・科学的な存在感から、日本が SKA の第 1 期から計画に参画することは国際的にも望まれている。年間 1 エクサバイトに達するビックデータを世界中の計算機にて分散管理するシステム SRCNet (SKA Regional Centre Network)、そしてそのデータから天体・天体現象を抽出するのデータ科学の開発と実践は、社会イノベーションに貢献する。

③ 学術研究構想の名称

国際電波望遠鏡計画 SKAO による現代天文学の開拓

④ 学術研究構想の概要

本構想が対象とする SKA 計画の第 1 期システムは、従来の 10 倍近い感度および空間分解能を達成する望遠鏡を 2030 年代に運用開始し、この波長でなければ達成できない科学目標に挑む。日本は「宇宙再電離」「宇宙磁場」「パルサー重力理論」を 3 大科学目標に定め、性能出し(AIV/CSV)や SKA 地域センター(SRCNet)において技術貢献中である。日本の経費は建設に総額 100 億円、運用に年 7 億円程度である。名古屋大学が実施機関となって国立天文台が支援し、国内の大学・研究機関とも役割を分担し貢献する。日本の研究者に SKAO の観測機会を供し、世界最高水準の成果を上げながら、人材育成や人的交流による研究力強化を狙う。SKAO は情報技術や省エネルギー技術の革新で社会波及効果が見込めるだけでなく、発展途上国の開発や国際交流・協力としての価値も高い。

⑤ 学術的な意義

メートル波・センチメートル波の観測は、宇宙電波の発見、中性水素輝線の発見、クエーサーや宇宙ジェット、星間メーザーの発見、パルサーの発見(1974 ノーベル物理学賞)、宇宙マイクロ波背景放射の発見(1978 ノーベル物理学賞)、パルサーからの重力波の間接証明(1993 ノーベル物理学賞)、様々な天体における磁場と高エネルギー粒子の発見、そして高速電波バースト(FRB)の発見など、天文学・宇宙物理学的の発展に多大に貢献してきた。SKAO はそのメートル波・センチメートル波で 2020 年代唯一の次世代大型望遠鏡である。SKAO の第一期システムは、宇宙再電離と呼ばれる未知で暗黒な時代の原初のブラックホールや銀河の誕生史の解明、その次代から今に至るまでの天体形成研究のボトルネックであった磁場の分布と形成進化の解明、パル



図 1 SKAO の想像図。左側が南アのアンテナ群で、右側が豪州のアンテナ群が合成され描かれている。

サーの精密観測による人類初のナノヘルツ重力波の検出とその源である巨大ブラックホールの成長史の解明およびアインシュタイン重力理論の検証、中性水素量の探査範囲の大幅拡大による銀河のガス量の解明、原始惑星系円盤での惑星形成過程の解明およびアミノ酸探査による生命誕生の謎の解明、マルチメッセンジャーや時間領域天文学の開拓、そして地球規模の VLBI に貢献する。我が国においては、Subaru、ALMA、XRISM や TMT という望遠鏡に、従来なかったメートル波・センチメートル波電波の研究が加わることで、協調かつ相乗的に日本の研究者からの国際的に優れた研究成果の成果創出に貢献できる。SKA1 のような巨大な国際計画は、少子化の中で次の世代の若手研究者を呼び込み、そして育てる大きな求心力でもある。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

SKA の構想は 1990 年頃にボトムアップ的に生まれ、様々な検討を経て SKA0 へと集合した。世界各国は SKA0 の先行機で科学的成果を得つつ、その装置の開発で技術実績を積み上げている。日本は特に SKA 先行機を用いた研究が進む「宇宙再電離」「宇宙磁場」「パルサー重力理論」を 3 大科学目標に定める。国立天文台サイエンスロードマップにおいて「優先度が極めて高いプロジェクト」として評価を得ている。技術面は国内 VLBI 研究のヘリテージを活かし、AIV/CSV への人的貢献や VLBI システムの開発、高周波受信機(Band6)の開発を構想する。SRCNet の開発にも貢献する。技術貢献は参加が遅れると機会を逸するため緊急性がある。

⑦ 社会的価値

国連 SDGs「4. 質の高い教育」総合科学の要素がある天文学は STEM 教育や生涯教育の推進に役立つ、「7. 近代的エネルギーへのアクセス」AI・ビッグデータの効率的な処理技術や高信頼性・高耐久性の技術、省エネルギー環境技術の振興に寄与する、「9. 産業と技術革新の基盤」周波数が共通な電波通信の情報通信技術と大容量データ転送技術の開発に寄与する、「10. 人や国の不公平をなくす」グローバルサウスも深く関わる多国籍計画の中で EDI の価値を理解し国際性のある人材の育成と国際親善に貢献する、「17. パートナーシップ」社会インフラ整備に資するとともに発展途上国との共同研究開発を通じて技術支援も叶う。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞AA0.5 と呼ばれる最小アンテナアレイの建設が LOW は終了し MID は実施中。今後 AA1、AA2、AA*、AA4 と拡大し、AA2 の段階で当該周波数において世界最高性能に至り、AA*や AA4 にて従来よりも飛躍的な性能を獲得する。AA*の観測は LOW で 2030 年、MID で 2032 年を予定し、並行して AA4 の建設に進む。日本は AA*から AA4 へ拡大する際、MID アンテナ 60 台分の受信機・デジタイザ・コンプレッサー等の調達に関わる予定。コミュニティが参加を支持する限り、SKA0 への参加を継続する。

＜実施機関と実施体制＞SKA0 は条約にもとづく政府間機構であり意思決定は SKA0 評議会が行っている。評議国は SKA 条約を批准したオーストラリア、カナダ、中国、ドイツ、インド、イタリア、オランダ、ポルトガル、南アフリカ、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリスの 13 カ国に加えて、フランスと韓国も参加間近である。日本は条約には加わらない連携国での参加で SKA0 評議会の理解を得ている。名古屋大学が、資金管理、地域センター運営、科学検討などに責任を持ち、これを支援するプロジェクト室を国立天文台に設置して、マネジメント、外交交渉、技術貢献を担当する。山口、熊本、鹿児島、大阪公立、石川県立の各大学・宇宙科学研究所の技術貢献も予定する。日本 SKA 協会（登録約 280 名）を中心に 500 名規模・40 機関以上の多様な研究者コミュニティを基盤とした体制で臨む。人事交換プログラムや若手ポストを創設することによって、国立天文台や大学間での人的交流も促進し、競争力の強化と若手研究者の育成を目指す。

＜総経費＞第一期システムの建設から初期運用までの総経費は 2022M€、うち建設費に 1117M€、運用費に 905M€ である。2031 年以降の定常運用経費は年間 123M€と積算がある。SRCNet の建設経費は 250M€、2031 年以降の運用経費は年間 35.4M€と推定する。

＜所要経費＞研究者コミュニティの大きさと科学計画から、日本は目標値として 2%程度の貢献を行い、それに応じた観測時間を得たいと考えている。為替レートを 170 円/€と想定すると、所要経費は 100.53 億円、うち第一期システムの建設および開発に 87.51 億円、SRCNet 日本ノードの開発運用に 7.79 億円、そして国内経費に 5.23 億円である。2031 年以降の運用経費は年間 7.24 億円、うち第一期システムの運用経費に 4.67 億円、SRC 運用経費に 1.26 億円、国内経費に 1.22 億円である。

⑨ 連絡先

土居 守（国立天文台台長）