

天文学研究連絡委員会報告

— 21世紀に向けた天文学長期計画について—

平成6年6月27日

日本学術会議

天文学研究連絡委員会

この報告は、第15期日本学術会議天文学研究連絡委員会の審議結果を取りまとめて発表するものである。

- | | | |
|-----|-------|--------------------------|
| 委員長 | 杉本大一郎 | (日本学術会議第4部会員、東京大学教養学部教授) |
| 幹事 | 松本 敏雄 | (名古屋大学理学部教授) |
| | 岡村 定矩 | (東京大学理学部教授) |
| 委員 | 池内 了 | (大阪大学理学部教授) |
| | 磯部 琇三 | (国立天文台助教授) |
| | 内田 豊 | (東京大学理学部教授) |
| | 奥田 治之 | (宇宙科学研究所教授) |
| | 小田 稔 | ((財) 国際高等研究所長) |
| | 海部 宣男 | (国立天文台教授) |
| | 加藤 正二 | (京都大学理学部教授) |
| | 古在 由秀 | (東京大学名誉教授) |
| | 小平 桂一 | (国立天文台長) |
| | 坂下 志郎 | (北海道大学理学部教授) |
| | 笹尾 哲夫 | (国立天文台教授) |
| | 佐藤 勝彦 | (東京大学理学部教授) |
| | 佐藤 文隆 | (京都大学理学部教授) |
| | 祖父江義明 | (東京大学理学部教授) |
| | 高原 文郎 | (東京都立大学理学部教授) |
| | 竹内 峯 | (東北大学理学部教授) |
| | 田原 博人 | (宇都宮大学教育学部教授) |
| | 藤本 光昭 | (名古屋大学理学部教授) |
| | 森本 雅樹 | (鹿児島大学教養部教授) |

21世紀に向けた天文学長期計画について

1. 天文学の果すべき役割

20世紀の天文学は、観測と理論に基づいて、我々が激しく膨張する宇宙に居ること、そして膨張につれて冷却を続ける宇宙の中での物質進化が我々の物質世界を産み出したことを明かにした。また、物質界を支配する物理法則の現れかたも宇宙の歴史の産物であることが認識されるに至った。いまやさらに、宇宙の歴史の中でのわれわれの地球・生命・人類の起源、また他の宇宙生命の可能性など、人類にとって基本的意味を有する課題も、現実の研究対象になろうとしている。

人類の知的活動が本格的に宇宙に乗り出すであろう21世紀に向けて、宇宙への関心はますます高まっている。人類は太古の昔から、宇宙の本質、宇宙の果てや起源を問い続け、そこに新しい現象や物質、新しい物理学を見いだしてきた。こうして、天文学は最も古くに成立した科学でありながら、しかも現代的な意義をもつ最先端の科学であり続けている。天文学は、宇宙における物質界と人類およびその歴史について、それは何かを常に問い直し続け、また宇宙における物理法則とその極限状態における表れを解明し続けていくことによって、人類の永続的な関心と期待に応えていくであろうし、また応えていくべきである。

そのような人類の期待に応え、日本の天文学研究が世界の天文学の発展に寄与していくための具体的方策について、天文学研究者は関連分野の研究者の協力も得ながら広範に検討を重ねてきた。本報告は、その結果を取りまとめ、提言するものである。

2. 現代天文学の流れと展望

1960年代を一つのピークとする「発見の時代」において、電波、X線、赤外線など新しい観測手段が登場し、ビッグバンにより誕生した宇宙背景放射の確認、クェーサー、パルサー、星間空間の分子、爆発する電波銀河、中性子星やブラックホールをはじめとするX線天体、赤外線星や赤外高光度銀河など、人類の宇宙観を塗り替える大発見が続いた。さらに1980年代にかけては、新技術を導入した各種望遠鏡が発達し、これら新しい現象の観測と理論による詳しい研究と意味づけがめざましく進んだ。

1990年代の現在、再び技術の新しい展開によって、天文学の観測と理論に新しい革命が起ころうとしている。電波ではVLBI（超長基線電波干渉計）や高精度大型干渉計、可視・赤外線では口径8m級の新世代望遠鏡、またニュートリノや重力波などを捉える新しい観測手段の開発が進み、多彩な大型計画が各国で推進されつつある。理論では、コンピュータの高速化によって、巨大かつ複雑な宇宙現象をシミュレーションによって数値的に実験することが可能になった。

このような流れの中で、膨張宇宙の起源と構造を調べ、150億年にわたる天体の生成史を解明する研究、また恒星と惑星系の誕生過程に関する研究、われわれの太陽系と人類の発生を探る研究が、大きい関心を呼んでいる。一方では、宇宙現象から発生する重力波が直接に測定できるようになりつつあり、一般相対性理論における強い重力場も直接の研究対象になってきている。さらに宇宙の質量の大部分を占めるダークマターの存在が次第に明かになり、その解明が迫られるなど、物理学の根幹にも関わる新しい重要課題も生まれている。

このような天文学発展の歴史の上にたち、21世紀の天文学は、更なる技術革新によって質・量共に飛躍的に前進する観測に支えられ、宇宙の構造と歴史をさらに明かにしていくであろう。日本の天文学がそれに応えていくためには、従来のいわゆる「天文学」の枠を越えて、関連分野との融合的連携へと進むことが重要である。すでに現在、物理学や化学分野との協力関係が天文学研究のなかで大きく育ってきている。21世紀に向けてのこの計画では、これら関連分野との連携を、情報科学や工学も含めてさらに発展させることを十分に考慮した。

3. 推進すべき日本の観測装置計画

[日本の天文学の状況と展望]

日本における天文学研究は、理論分野では早くから、恒星の内部構造と進化、太陽系の起源、宇宙論などにおいて、顕著な先進的業績をあげてきた。

観測面では、1982年に国立天文台（当時は東京大学東京天文台）野辺山宇宙電波観測所が完成して、ミリ波では世界最大の口径45メートルの電波望遠鏡や高感度ミリ波干渉計によって、ミリ波天文学で世界の第一線に立ち、化学分野と協力して星間分子の研究、星・惑星形成などの研究を国際的にリードしてきた。また1988年には国立天文台が改

組・拡充によって発足し、地上からの観測や技術開発を本格的に展開する足場が築かれた。現在ハワイに建設中の口径 8 m のすばる望遠鏡は、可視・赤外線領域において世界最高水準の観測を可能にする。

スペース（宇宙空間）からの天文学では、宇宙科学研究所の一連の X 線観測衛星を軸とした展開とその成果は、世界の X 線天文学に確固たる先進的立場を築いた。それによって、中性子星は手に取るように理解されるようになったし、さらに銀河や銀河団の X 線による新しい観測が展開されている。さらに 1996 年に予定されている世界最初のスペース VLBI による超高分解能の電波干渉計観測を目指して、準備と実験が進行している。

神岡鉱山に設置された地下ニュートリノ検出装置（東京大学宇宙線研究所）であるカミオカンデは、1987 年、超新星爆発に伴って放出されるニュートリノ検出に初めて成功するなど、画期的な成果をあげた。その発展として、スーパーカミオカンデの建設や重力波検出の実験が天文・物理の協力で本格化するなど、分野間で共同した宇宙の新しい研究も、めざましく進みはじめている。

こうして、我が国の観測天文学は、世界で第一線のデータを取得しながら、宇宙の研究を総合的に進めるようになったし、その基礎の上にさらなる展望を開く実力を蓄えてきた。現在、建設が進められている上記の新鋭装置群が成果を産み出しはじめる 20 世紀の終わりから 21 世紀初頭において、日本の天文学はさらに新しい側面からの宇宙研究に展望を開き、国際的に天文学をリードする寄与をなしていく責任を負っている。また、第 1 章ですでに述べたように、現代における天文学への社会的・文化的期待にも応えていかなければならない。

こうした観点から、天文学研究連絡委員会は、地上・スペースそれぞれからの観測の展望を考慮しつつ、広範な研究者による検討を進めた。その結果、21 世紀初頭の天文学を開く大型装置として、我が国として以下のものを推進し実現すべきであり、またそれが可能であるとの結論に達した。

以下では推進すべき装置計画の概要と目的について述べる。また次章では、我が国の天文学の発展を実現するうえで欠かせない（装置計画以外の）重要課題についてまとめる。なお、詳しい説明は、別冊の資料編として近日中にまとめる予定である。

[実現すべき地上からの観測装置計画]

以下の 2 つの装置計画は、建設中のすばる望遠鏡やスーパーカミオカンデにつづき、そ

これらの成果の上に立って、21世紀初頭の日本における地上からの観測的天文学研究の主力を担うべき装置である。その頃には、すばる望遠鏡は可視光・赤外線領域で量・質共に豊富な観測データを取得しているであろうが、以下の装置はそれぞれ新しい側面からの観測を開拓するものであって、すばる望遠鏡とは相互補完的に運用され、宇宙と天体に関する理解を一段と深めるものとなる。

(1) 大型ミリ波サブミリ波干渉計 (LMSA)

従来のミリ波天文学開拓の成果と技術的基盤の上に立って、新しい極限的望遠鏡としてLMSAを実現する。これは、電磁波では未開拓な波長域として残されているサブミリ波領域の研究を国際的にリードするに十分な装置である。乾燥した高地を選んで、口径10mクラスのパラボラ・アンテナ約50台を建設するもので、地上設置型としては究極的な大型・高精度電波干渉計となる。最大2kmの基線長と、8.5mmから0.35mmまでの観測波長によって、0.1秒角までの高解像度・高感度のスペクトルイメージングを実現する。太陽以外の恒星のまわりで現在進行している惑星系の形成過程を詳しく明かすると共に、銀河における爆発的星形成や宇宙論的な距離にある原始銀河など、広く現代天文学の重要課題に迫り、すばる望遠鏡に続いて地上からの観測天文学に新しいフロンティアを開拓する。

(2) 大型重力波望遠鏡

重力波は、日本の高度な技術力を動員して、未だ観測されていない全く新しい宇宙へのチャンネルを開こうとするものである。重力波検出装置の初期モデルは、物理学・工学など関連研究者との協力のもとに各国で開発が進められているが、21世紀には大型重力波望遠鏡として、多様な天文・宇宙現象を直接に観測出来るよう、本格化されるべきものである。現在、日本で進めている技術開発の上に立って、長さ3kmの高感度レーザー干渉計型の大型重力波望遠鏡を建設し、超新星爆発や、中性子星の合体によるブラックホール形成に際して放たれる重力波を観測するとともに、宇宙初期の情報を残していると考えられる現象を観測し、新しい宇宙の認識手段を開く重力波天文学を確立することをめざす。天文・物理・工学の共同で開発・建設を進め、また、外国でも開発されている重力波観測装置と共に、国際的観測システムを構成する。

[実現すべきスペースからの観測装置計画]

宇宙科学研究所を中心とする高度な技術の蓄積とMVロケットの実用化によって、日本

におけるスペースからの天文学は新しい可能性を獲得した。21世紀初頭にかけて、この可能性をふまえた先進的計画を実現しなければならない。そのためには、従来の成果を受け継ぐと共に、新しい観測の展開を進めることが重要である。それは、日本のスペース天文学を進めるとともに、一層の大型装置計画への前進と、国際水準をリードする新しい展開へ導くものである。こうした観点から、以下の計画は順次実現を図るべきものである。

(1) 赤外線天文衛星 (IRIS)

本格的赤外線観測衛星としては日本で最初のものであり、早急な実現を図るべきものである。口径80cmの冷却望遠鏡と、近赤外線からサブミリ波に至る各種観測装置を搭載した衛星を、高度900km程度の太陽同期軌道に打ち上げる。2段スターリング冷凍機を初めて採用するなど最新の冷却技術を駆使すると共に、大規模アレー検出器技術のスペース天文における展開を行い、赤外線衛星としては最高の集光力・角度分解能・検出限界をめざすものである。宇宙論的遠方にまで届く深いサーベイ観測を行い、銀河の誕生から現在までの進化過程を解明すると共に、比較的近い銀河にあっては、星間物質・褐色矮星・惑星系の形成など、広範な天文学の課題に挑戦する。スペースからの天文学研究者が中心になって装置を開発するが、地上観測装置と有機的に連携して観測を進める。

(2) 推進すべきその他のスペースからの観測装置計画

ASTRO-E (DUET) 以後のX線天文衛星

1999年に打ち上げが予定されているASTRO-Eをさらに発展させた次世代のX線天文衛星として進めるものである。大型化・高機能化によって、銀河団・銀河間空間などの宇宙高温プラズマの起源や進化を中心に、広範かつ詳細な観測を可能にするほか、極限状態を反映するガンマ線波長域の開拓的観測や極端紫外線域など、宇宙観測の新しいフロンティアの形成を担う。

次期太陽観測衛星

1991年に打ち上げられた太陽X線衛星「ようこう」、1992年に完成した野辺山の「電波ヘリオグラフ」による、太陽表面爆発現象とコロナの活動に関する画期的成果をさらに発展させる。0.1秒角の分解能をもつ光学望遠鏡と、1秒角以上の分解能のX線望遠鏡を主力とする。太陽光球面の磁場構造を飛躍的な高解像度で観測し、太陽内部からコロナまでの活動の関連を根本的に解明することを目指す。

次期スペースVLBI

宇宙空間におけるVLBI装置は宇宙や天体の構造や運動を驚異的な精度で観測するもので、将来の天文学における革命的な主力装置の一つとなるであろう。世界で初めて、1996年に日本が実現をめざすスペースVLBI（VSOP）がその第一歩であるが、それを発展させる次期計画についても具体的立案を急ぐべきである。

4. 我が国の天文学の総合的發展に向けて

21世紀を担う天文学の長期的展望は、上に述べてきたような魅力ある大型装置の実現のみによって開かれるものではない。計画している観測装置がその有効性を十分に発揮するためには、新しい方向を産み出す豊かな研究の環境と広い裾野の実現が望まれる。それらの点については、天文分野に限らず一般的に解決されるべき課題は数多いが、ここでは天文学に特有な側面のみについて言及する。

1) 大学・研究現場の改善

天文学においては関連する学問分野の範囲がきわめて広く、他分野との接点を育て、広げるうえで、大学の役割は特に重要である。このため、大学等における研究条件の改善は最大の急務の一つである。

天文学においては、先端技術を採用するにあたって、極度に微弱なシグナルを受ける、長期にわたり定常的・安定的に観測に使う、スペースに打ち上げて用いるなど、天文学に特有な研究・開発・運用が必要である。そのためには独自の技術開発の体制や設備を備えることが不可欠であるが、とりわけ大学において、この面での立ち遅れが著しい。

また、こうした研究・開発・装置運用等を並行して進めるには、日本の研究機関・大学の人員は少なきに過ぎる。欧米の相当機関に比べ圧倒的な人員不足のなかで、大学共同利用機関などが大学院生と協同して、それらを精一杯に行っているというのが現状である。大学の研究者、研究を支える事務系・技術系職員の配置が不可欠であるが、補完的方策として、科学研究費を拡大して、任期付きのPDF、観測運用担当者などを一定期間採用出来るようにしてはどうだろうか。

大学においては、他分野との接点を育て、長い目で見た基礎的技術や新しい視点の導入によって新しい天文学の基盤を作り、かつ意欲的な若手研究者を育成することが求められている。そのためには、各大学および大学連合組織が自らの実験設備・観測装置を持つことがきわめて重要である。同時に全国的情報ネットワーク、シミュレーション、データア

ーカイブサービスの充実、共同利用機関における大型プロジェクト等に、各地方の大学から参加・協同するうえで不可欠である。

2) 国際協力

天文学においては、地上の一地点からカバー出来る天空と時間域が限られるということもあって、従来から国際協力関係は密接に保たれてきた。最近では大型の先端的観測装置を観測適地に国際共同で建設し、共同運用するのは常識になっており、今後も国際化はさらに急速に進むであろう。日本には格段の国際協力・協同研究への対応と貢献が求められている。アジア諸国との協力は遅れているが、これにも本格的に取り組むべきである。国際協力に関係する事務等は、研究者が研究の時間を割いて行っており、かなりの負担になっている。国際協力をサポートする体制を研究面からだけでなく、事務の面からも充実することが必要である。また、海外における観測や国際協同研究のために必要な海外旅費を確保することのできる、予算上の措置が必要である。

3) 研究成果の社会への還元と普及

天文学の今日的成果の社会への還元、教育への貢献は研究者の重要な責務として受けとめている。研究機関は社会の関心に応える体制を強化し、かつそうした活動を支援する必要がある。公開天文台や社会教育へも参加し基礎科学への関心を高める努力、またそれらを支援する体制についても具体的に検討し、実現していくべきである。