

# 天文学・宇宙研究の動向と我国の対応

—天文学将来計画について—

## 日本学術会議天文学研究連絡委員会

### 目次

- I. はじめに
- II. 天文学・宇宙研究の意義
- III. 天文学・宇宙研究の動向と展望
  - III-1. 総説
  - III-2. 位置天文学・測地学
  - III-3. 太陽及び太陽系研究
  - III-4. 恒星及び銀河・宇宙の研究
  - III-5. 電波天文学
  - III-6. スペースからの天文学
  - III-7. 理論天文学
- IV. 我国の天文学・宇宙研究推進のための緊急課題
  - IV-1. 総説
  - IV-2. 大型プロジェクトの推進
  - IV-3. バックアップ体制の確立と中・小諸計画の推進
  - IV-4. 理論研究の推進
  - IV-5. 研究体制と国際協力体制の確立
- V. むすび

### I. はじめに

1960年代に始まり、1970年代に更に力強い流れとなった天文学の最前線の急激な拡張、深化は科学史上でも特筆に値するものであるが、この流れは1980年代に入っても休むことなく宇宙の描像を書きかえ続けてきた。発展する科学諸分野の中でも、特に我々をとり巻く宇宙の本質について探る天文学・宇宙研究は、人類の知的探求心のうちでも最も根源的なものに根ざしており、人類の存在の哲学的基盤、更には人類の未来への道標を与えるものですらある事を考える時、この分野の研究の水準は一国の“文化力”を示すものであるといっても過言ではない。欧米諸国においてもこの事は強く認識され、各国とも天文学・宇宙研究には力をそそいでいる。一方、我国における天文学・宇宙研究の流れは明治以来の着実な発展に基盤を置き、殊に最近是我国における基礎科学全般と歩調を合せて研究先進国の一角を占めるところ迄到達したといえる。ここから先端迄の道は険しい。しかしこれは我国の天文学・宇宙研究の研究者としても、一流文化国家たる事を目指す我国としても、進まない訳にはいかない道であろう。

以下では世界及び我国の天文学・宇宙研究の現状及び動向を展望し、我国のこの分野の研究を更に押し進めるためには何が必要であるかを考えたい。

### II. 天文学・宇宙研究の意義

人類をとり巻く大宇宙の構造やその中の諸現象について系統的な理解を打ち立てようという努力が天文学・宇

宙研究であるといえる。天文学は最も古く成立した科学でありながら近來益々科学の最先端の一つとして目覚ましい発展を続けている。宇宙初期の原初大爆発や QSO の如き大規模現象、ブラックホールや中性子星の如き極限的現象、更にはその中に地球上の生命の如き複雑精緻な存在すらをも含む宇宙の限りなく巨きく且つ深い構造性は、人類のその依って来たところの宇宙についての最も根源的な知的探求の対象であり、未来にわたって人類の科学の中心の一つでありつつけるであろう。

古の先哲達は太陽や夜空をめぐる星の動きが我々の乗っている“地球”の回転を反映しているものである事を知り、それらの動きを更に詳しく調べる事によって地球が他の惑星と共に太陽のまわりを回る存在である事を認識した。そして太陽が、夜空に輝く無数の星の一つを至近距離から眺めたものである事に気づいた時、人類はそれ迄の素朴な人間中心の宇宙観を脱却して客観的科学的宇宙観の形成に踏み出したのである。そしてこのような立場から夜空を眺めた時、初めて壮大な宇宙と、その中に想像を絶する規模で起っている諸現象を正しく認識する事が可能となったのである。天文学は宇宙における人類の位置づけを通して我々の世界観に深い影響を与えつづけ、まさに人類の文明の根底を形成して来たといっても過言ではない。

更にこの宇宙観の歴史的転換過程からニュートン力学を始めとする近代科学の芽が発生し、それが現代の科学・技術全般の目覚ましい発展の源泉となった事を考えると、天文学と人類の文明との関わりは更に重い意味を持って来る。実際、現代の量子物理学の出発点となった分

光学から人類の未来のエネルギーとして論じられている核融合に至る迄、地上の実用科学と考えられているものの中でも天体の研究からその端緒が得られたものは枚挙のいとまがない。宇宙は森羅万象を内包するが故に、その研究は地上の自然の中にもその一端が現われている大自然の神秘を、より根源的な姿で我々の前に示してくれるのである。この事は最近の20年程の間の天文学の足跡をたどると更に明瞭となる。

広く知られている中性子星やブラックホールの発見はその顕著な例と云える。物質を構成している原子核が総て崩壊して、中性子ばかりが1立方センチあたり $10^{15}$ グラムという超高密度で詰め込まれた、一つの「巨大な原子核」ともいえる星が極めて華々しい現象を伴ってその存在を人類に顕示したのは1960年代に発展した電波天文学により発見されたパルサーとしてであり、X線観測にもX線パルサーとして登場した。星の進化の最終段階でその中心部分が不安定化し、その爆縮によって押しつぶされる事によって生ずると考えられるこの中性子星は、半径わずか10km程の中に太陽に匹敵する質量を持ち、地球表面の $10^{11}$ 倍の超強重力場、 $10^{12}$ ガウスという超強磁場を持ち、種々の極限的現象が演出される舞台となっている。また、より重い星の中心部での崩壊により生ずると考えられるブラックホールもその特異なX線輻射を介してその暗黒の姿を人類の前に見せ始めている。この様な、地上の実験室では得られるべくもない極限的な対象は自然の本質を理解する上で極めて重要な研究対象である事は言う迄もない。

他の一例として超低温希薄星間雲中の星間分子がある。温度数十度K、粒子密度が1立方センチで $10^9$ 個といった低温希薄星間雲の中では分子やラジカル(不完全分子)が形成されはじめている。これらの分子やチリが熱を吸い取って放射してしまう事によりガス雲は更に冷えて収縮し、「星の発生の巣」となる更に低温で密度の高い分子雲が作られると考えられている。これらの分子雲中の或る種の分子は極めて強いレーザー効果を起し、強い電波を放射している。この様な輻射を詳しく調べる事により最近ではかなり複雑な有機分子迄がこの様な冷たい星間雲の中で形成されている事が判って来ている。これにより、生命現象を考える時に基本となる有機物の「たね」は星間雲中で既に発生している事、それらは宇宙のはるか遠く迄、地上の生命体を構成する有機物と同じ炭素鎖を基本とする有機物である事など、将来興るべき「宇宙生物学」に極めて重要な示唆を与えた。

これらの最近の天文学・宇宙研究から得られた重要な知見の一、二の例をとってみても、人類の文明の中での天文学・宇宙研究の重要性及びその位置づけはおのずから明らかとなる。即ち、天文学・宇宙研究は、我々の棲

む地球という安定、適温、且つ大気により紫外線、X線から保護され、又地球磁場により高エネルギー粒子から遮蔽された生命の安住圏から、外部の本来の激しい現象の起きていた大宇宙について我々が知ることを許す貴重な情報チャンネルなのである。我々の体を構成する原子の一つ一つに至る迄宇宙の激しい現象を経て初めて形成されたものであること、また、生命の発生が原始太陽系分子雲にあったかもしれないという最近の知見などを考えると、宇宙は文字通り我々人類のよって来たところの“故郷”であり、その探求は上述の様人類の文明の根底概念形成に直接関わっているものであると云ってよい。この事の意義は必ずしも一般に広く認識されては居らず、いかに強調されても強調されすぎることはないと思われる。

以下ではIII章で更に具体的に天文学・宇宙研究の最近の動向と追求すべき諸問題、更にIV章では我国における研究の現状と今後とるべき方向について述べよう。

### III. 天文学・宇宙研究の動向と展望

#### III-1. 総 説

**現代の天文学・宇宙研究:** 現代の天文学・宇宙研究はII章にふれた宇宙観の枠組の上に構築されている。その最近の発展は前述の如くニュートン力学に始まる自然法則の物理学的把握に基づいて発展した現代科学・工学に基盤をもつものであって、1920年代以後発展した量子物理学によって特に大きな進展が見られた。

**天体の物理学の確立:** 量子物理学は天体からの光を分光することによりその源の物理状態を知る事を可能とした。こうして天体自身の性質や状態が初めて科学的分析の対象となり、その結果、その放射する光を通して様々な星、及びその集団たる銀河の研究が進み、中心での熱核反応によりエネルギーを放出しつつ進化する無数の星から成る動的な宇宙像が1960年代頃迄にその形を整えて来ていた。

しかし、これは可視光という狭い波長域で見た宇宙像であって、宇宙はそれ以外にもまだまだ多彩な顔を持つ事が判ったのは1960年代に至って大発展をとげた電波天文学によってであった。

**電波天文学の発展:** 地球大気は可視光以外の広い波長域の電磁波に対しては不透明なのであるが、この地球大気に光の波長域以外の唯一の“窓”が電波領域に存在している事が判明したのが1930年代、エレクトロニクスの発展等により本格化した電波技術によりその波長域の電磁波を用いて宇宙を見る手段が大きな発展を遂げたのが1960年代なのである。1960年代が天文学上の大発見に彩られているのは実はこの電波域で見た宇宙が光で見

慣れた宇宙とは全く違った様相を呈していた為である。電波では、光で夜空をかざっていた星は殆んど見えず、光では見えなかった諸々の現象が浮び上った。光では見えなかった我々銀河の中心やその渦巻構造、超新星爆発の飛び散る残骸、星がその中で形成される超低温分子雲、中性子星の存在（パルサーとして）、系外活動銀河、クェーサー、更には宇宙初期の原初大爆発の冷え残りの3度K宇宙背景放射、等々の発見は宇宙の現象の多様性、極限性を我々の目の前につきつけ、我々に宇宙観の大きな変更を迫った。

**スペースへの進出:** 更に1960年代に始まり1970年代に入って本格化したスペースからのX線、紫外線等による観測は可視光域以外の波長での観測の重要性を更に強く認識させた。即ち、地球大気圏外にとび出すことにより地球大気のフィルター効果から逃れたスペースからのX線、紫外線観測は、宇宙の激しい爆発現象の核心部などの超高温領域の様相を我々に示し、近接連星中の中性子星やブラックホールへの物質の落ち込み、活動銀河中心部の爆発過程などの超高温、高エネルギー現象について多くの知見をもたらした。また、更に最近では、スペースからの遠赤外観測が地上から可能な近赤外観測で得られた手掛りを更に押し進めて、宇宙の低温構成要素についての詳しい情報や我々の太陽系以外の他の惑星系の存在についての情報をもたらした。

**新しい宇宙像の探求と解明:** この様に1960年代から1970年代にかけて“人類の宇宙を見る目”が劇的に拡大した事の強烈な衝撃は天文学・宇宙研究を大きく変貌させた。しかしこの衝撃はもう通過してしまっただけかというかと決してそうではない。新しい天文学は今ようやく最初の発見の時代から、より本格的詳細観測の時代に移った段階であり、多くの貴重なデータの蓄積をみているが、新しく見つかった対象の実体はまだまだ解明されていないものが多い。宇宙の巨きく深い構造性を考える時、この実体の解明が進むにつれて始めてそこに潜んでいるより深い構造性が浮び上り、更にそれらについてのより高次の観測が要求されて来るのである。

**人類の宇宙を見る眼:** この実体の解明は、前述の原子スペクトル及び、原子核反応の量子物理の導入に続き、電磁流体力学、プラズマ物理、物性論、素粒子論、一般相対論等の物理学の他、分子やラジカルの振舞、高分子への成長等を論じる分子化学等々を導入した理論サイドからの解明と、進展する工学技術の助けを借りて地上にもスペースにも着々と実現されて行く“人類の宇宙を見る眼”というにふさわしい巨大装置による観測とが車の両輪として活躍して今後益々加速されて行くと考えてよい。

以下では便宜上天文学の分野を位置天文学・測地学

(Ⅲ-2節)、太陽及び太陽系研究(Ⅲ-3節)、恒星及び銀河・宇宙の研究(Ⅲ-4節)、電波天文学(Ⅲ-5節)、スペースからの天文学(Ⅲ-6節)、理論天文学(Ⅲ-7節)、に分けて、それぞれについて最近に至るその分野の動向と、追求すべき研究課題、そのための研究計画、等について考察することにする。

### Ⅲ-2. 位置天文学・測地学

**宇宙の座標決定:** 現代の宇宙観の枠組を与えた進展の基礎にあったものは、広大な宇宙空間の諸現象の正確な座標の決定であった。その計測を実行し基礎理論を究明してきた学問が位置天文学・測地学である。天体物理学の隆盛の前にややもすれば古典的のみなされがちであったこの分野も、今日、観測精度の飛躍的向上に支えられて、活気に満ちた新たな発展の局面を迎えようとしている。

**VLBI, レーザー測距:** 最近十年余りの間に開発された「宇宙測地技術」と呼ばれる VLBI (超長基線電波干渉計) 並びに月及び人工衛星レーザー測距の技術は、数千 km 離れた2地点の距離を数 cm の精度で測定する。これは角精度に換算すると千分の1秒角台に達し、従来の眼視天文観測や測地測量の精度を実に2桁も上回る。また、時刻及び周波数標準の精度も、GPS 衛星の利用、水素メーザーの登場等によって著しく向上している。

**スペースからのアストロメトリー:** さらに大気圏外からの星の位置観測 (スペース・アストロメトリー) も近い将来に実現しようとしており、ヨーロッパ諸国を中心とする Hipparcos 計画では、千分の1秒角の精度による精密相対位置観測が予定されており、将来は人工衛星を用いた VLBI 計画も考えられるであろう。これらによる三角視差と固有運動測定精度の向上は、星の光度、質量、宇宙距離尺度等の改訂と精密化に大きく寄与し、特異星の進化段階の確定、銀河のダイナミクス研究の進展、近傍銀河の固有運動の測定、他の惑星系の探索、などへとつながって行くであろう。今や、銀河系外電波源に準拠し同時に高精度で星の位置及び固有運動とも結びついた天球基準座標系の確立、高精度で同期された文字通り世界的な国際原子時系の成立、全地球的に統一された測地座標系の確立など、位置天文学者・測地学者の長年の夢の実現も不可能ではなくなって来たといえる。

光学位置天文観測の技術革新も目覚ましい。我国では、自動光電子午環、光電自動アストロラップ等の新鋭機が活動を開始し、東京天文台の新しい PZT (写真天頂筒) の計画も進んでいる。優れた観測技術の成果は、海上保安庁水路部が星食観測国際センターを担当することになったことにも見られる。国外でも、中国の光電アストロラップ、真空 PZT 等による大幅な精度向上が報

告されている。

計測技術の進歩に呼応して、一般相対性理論を系統的に取り入れ千分の1秒角の精度で力学的一貫性を実現した天体暦の計算、天文時や基準座標系の基本概念の再検討など、従来の枠組を一新する理論研究も進んでいる。基本星表 FK 5、北天 PZT 星カタログ、天文経緯度観測、星の視差カタログ、等の基本資料作りも完成を迎えようとしている。

**地球科学との関連：**地球回転運動研究は、大気、海洋、固体地球の角運動量交換過程を軸に広範な諸現象の追求を通じて地球の動態の解明に向っている。さらに、全地球的測地座標系の確立と近來話題となっている地球プレート運動の実測が表裏一体の関係にあるという例でも判るように、今日の位置天文学・測地学は現代地球科学の最先端の諸課題と密接に結びついている。

既に欧米各国では、位置天文学・測地学用 VLBI 網や人工衛星レーザー測距網など、最近の発展動向を踏まえた観測研究体制の整備に努めている。また、国際固体地球観測計画、地球回転観測のための各種技術と解析法の相互比較を行う MERIT 計画など重要な国際計画が進んでいる。IPMS (国際極運動事業、水沢)、BIH (国際報時局、パリ) に代る地球回転観測の総合的観測センターの設立が予定され、従来の国際共同観測体制も大きく姿を変えようとしている。

こうした中で我国の位置天文学、測地学の在り方を考える際に、次の二つのことが重要である。

**基準座標系の結合：**ひとつは、多様化しつつある各観測手段がそれぞれ独自の役割を持ち、互いに相補的な関係にあることである。実際、VLBI 固定局定常観測網が地球回転の常時精密監視とプレート運動実測に最適の手段であるのに対し、月及び人工衛星レーザー測距は、軌道運動の力学の一層の発展を促すとともに、VLBI では相対的にしか決まらない測地座標系の原点を地球重心に結びつける。移動 VLBI 局、レーザー測距局は、固定局を基準として国内測地網への編入及び地殻変動監視を行う。一方、光学天文経緯度観測は、宇宙測地技術で決まる幾何学的測地座標系とは異なる、鉛直線(重力ベクトル方向)に準拠した天文測地座標系を構成する。さらに、スペース・アストロメトリーは、星の相対位置を精密に決定するが、それを赤道座標系、黄道座標系、太陽系諸天体の運動等と結びつけるには、子午環観測や星食観測が不可欠である。従って、精度向上の主役である宇宙測地技術はもちろんのこと、在来の観測手段をも改良、発展させ、準拠座標系の結合に必要な相互の関連づけ(コロケーション観測)を進め、総合的な観測体制を整えることが最も重要である。

**我国の地理的重要性：**もうひとつは、我国の地理的位

置の重要性である。日本はヨーロッパと北米と共にかねえの三脚を成し、しかも三つのプレートが交わる地殻運動が最も活発な地域に位置する技術先進国である。位置天文学・測地学が飛躍的発展の段階を迎えた今、その果たすべき役割はきわめて大きい。

このような視点から我国における最近の動向を見ると、東京天文台における月及び人工衛星レーザー測距技術開発の先駆的実験をはじめ、郵政省電波研究所における K-3 型 VLBI システムの開発と日米共同実験、建設省国土院における測地観測用移設可能型 VLBI の導入、海上保安庁水路部における人工衛星レーザー測距観測の開始、東京天文台の自動光電子午環及び緯度観測所の光電自動アストロラープの観測開始などの重要な進展を確認出来る。

**VLBI 国内観測網計画：**残された課題のうちで最も大規模かつ緊急を要するものは、地球回転運動の監視並びに国際測地網への参加と日本周辺のプレート運動の実測を主目的とする VLBI 固定局定常観測体制の整備である。これは、総合的観測体制の核となるもので、我国への国際的期待に応えるために最も必要な手段である。これは電波源の構造、分布、運動等の解明を通じて天体物理学諸分野との広範な協力、交流も期待される。これらの点については関係研究者の一致した認識となっており、既に大口径アンテナ1基、中口径アンテナ2基から成る固定局網を中心とする VLBI 国内網の案をもとに具体的計画を練る作業が始まっている。同時に新 PZT の開発、移設可能型 VLBI 測地観測システムの充実、移動レーザー測距局の導入、時刻同期用 VLBI ターミナルの導入等の計画の推進も必要である。これらの整備を進め、将来は各種観測手段をコロケーション観測で結合した総合的位置天文・測地観測網に発展させるべきである。これに関しては、観測網を支える組織体制の確立も重要である。現在測地学審議会と緯度観測所では、我国における地球回転運動の観測・研究並びに緯度観測所の将来について、今後の在り方の検討が始まっている。このような動きが我国の天文学・宇宙研究の一環としての組織体制作りの一歩となることが望まれる。

### III-3. 太陽及び太陽系研究

太陽は我々地球上の生命の源であるが、その実体は我々に最も近い恒星であり、銀河系の構成要素である恒星で何が起きているかを目のあたりに見るこの上ないサンプルである。同様に太陽系もそれらの恒星のうちの或るものまわりには惑星系が生じ、それらの惑星には条件さえ整えば知的生命さえ発生し得るという事の動かしがたい実例を与えていると見ることも出来る。この様に太陽及び太陽系の研究は、人類の棲む地球の環境の研究

という意味の他にも天文学研究上極めてユニークな意義を持っている。ここでは問題を太陽の研究と太陽系の研究に分けてそれぞれ手短かに展望してみよう。

**太陽の研究：**太陽の研究は III-1 節で述べた現代天文学の進展の影響を最初に且つ最も強く受けた分野といえる。それは、III-1 節で述べた光の分光技術はもとより、電波天文技術、スペースからの X 線等による観測技術等の新しい情報チャンネルの観測技術も、先ず全天で最も明るい対象たる太陽に向けられ、そこで改良され研ぎ澄まされて、はるかに暗い宇宙の対象を見る力が養われたという事情によっている。

**太陽面現象と太陽面爆発の解明：**光の領域の太陽観測では従来光球面の粒状斑現象等として現れる対流構造、黒点の構造やその 11 年周期等の振舞などの解明が進んだ。これに加えて干渉フィルターなどの開発は超粒状斑の存在を初めて示し、超粒状斑の縁の上空のスピキュール群の如き彩層の構造や、太陽面爆発に伴う H $\alpha$  フレアの発生など、彩層のダイナミクスが明らかになって来ている。また、日食の他散乱光の少ない高山に置かれたコロナグラフ等によって鉄の高階電離イオンのスペクトル線等を用いて太陽の高温外層大気（コロナ）の研究も進められて来た。我国では諸外国の施設に伍して、東京天文台の三鷹、岡山、乗鞍、京都大学の花山、飛驒などの観測所がこれらの光による太陽研究の分野で貢献して来た。

**電波、X 線観測：**電波や X 線などの情報チャンネルが開けると、III-1 節で述べた様に、それ迄光では見えなかった高温低密度構造、非熱的擾乱、等の激しい現象が見え始め、遷移層からコロナ、太陽風につながって大きく広がる高温外層大気の振舞、その中での爆発現象、プラズマや高エネルギー粒子の惑星間空間への噴出などの存在が始めて知られ、干渉計などの観測技術の進歩によってこれらは更に詳しく調べられる様になって来た。電波ではオーストラリア、米国、フランス等と並んで我国でも名大空電研究所の豊川、東京天文台の三鷹、野辺山等の観測所で観測が行われ、我国の精度の良い観測が目ざされている。

**ひのとり衛星：**スペースからの観測の分野でも米国等の観測衛星に続いて我国でも“ひのとり”衛星が 1981 年に打上げられ、Skylab, SMM 衛星等の大型撮像装置に比べるとスケールは小さいながらも硬 X 線撮像、軟 X 線やガンマ線スペクトル観測等で第一級の成果を挙げた。

**太陽の磁気活動、振動：**外層大気の異常加熱、太陽面爆発現象等は、平行して発展した光球面の磁場、速度場の研究とのつき合せにより黒点活動域その他の磁場活動やその規則的変化（太陽活動周期）と深い関係を持つ事

が判り、一般の星の磁気活動の機構に対しても大きな手掛りを与えた。一方光球面速度場の詳細解析は太陽全体が 5 分周期、2 時間 40 分周期等で振動している事を示し、太陽ニュートリノの検出と共に見えない太陽内部の構造、核反応等についての診断の手掛りを与えた。我国でもこれを更に詳しく調べる計画も論議されている。これらは表面磁場の振舞から内部における磁場発生機構を推定する試みと相俟って研究の次のステップが太陽内部に向って進み始めている事を示している。太陽外層の電磁活動現象、太陽振動現象、内部の磁場発生等についての我国の理論サイドの研究も高い国際的評価を得ており、新しい観測サイドの充実と相俟って更にその推進が望まれている。

太陽物理学のこれからの方向としては、従って、大気中での爆発現象、異常加熱等の表面活動の機構を解明すると同時に光球面の速度場、磁場の詳細観測により理論的取扱いと併せて内部の流れや磁場の発生機構を推定する事が挙げられよう。これは更に一般の星の表面活動や内部の運動が星の質量や連星系をつくっているかどうか等にどの様に依存するかを調べるための基礎を与える。

我国の太陽面活動の研究には、従来の三鷹、岡山、乗鞍等の観測所に飛驒天文台の光学望遠鏡が加わり、また、電波では野辺山、豊川の既存の干渉計の活躍がある。

**太陽電波大型干渉計画：**これらに加えて分解能 10 秒を目指す新しい大型電波干渉計（III-5 節参照）が東京天文台、名大空電研究所などの研究者により共同で計画されている。

**ひのとり II 号計画：**スペースでは“ひのとり”衛星の成功を更に押進める“ひのとり II 号”の計画（III-6 節参照）の検討が進められている。

**太陽周期望遠鏡計画：**光球面の速度場、磁場を太陽活動周期にわたって高精度で測定して太陽活動の原因その他に迫ろうとする計画“太陽活動周期望遠鏡”も考えられている。これらは角分解観測の困難な一般の星について X 線、電波による観測が次第に可能となり、その活動現象が実際に検出され始めた現在、それらに対する描像を提供する上でも極めて重要な役割をもつものである。

**太陽系研究：**太陽をめぐる 9 個の惑星とそれらの衛星を始めとし、大は小惑星から小はダスト粒子迄を含む無数の小天体、及びそれらの間を秒速 300~700 km という高速度で吹き抜けている太陽からのプラズマ流（太陽風）が太陽系の構成要素である。

**太陽系天体の運行：**太陽系天体の運行はニュートン以来の古典力学の対象として互の摂動まで考慮に入れた精密な取扱いがなされ、数億年後の太陽系天体の相互位置関係迄が詳細に計算されるに至っている。この分野は人工衛星の運動の問題と共に伝統的に我国の貢献が大きい

分野である。

**太陽風擾乱:** 一方太陽風プラズマの研究は古くは地磁気や電離層の変動、宇宙線強度の変動に始まり、さらに 1960 年頃より米・ソの衛星により本格化された。これは天文学の伝統的方法、即ち「その源から飛んで来る光子（電波からガンマ線に至る電磁波）を検出し調べる事によりその源の物理状態を調べる」方法とはかなり異なる「その場所に行って粒子密度等を直接測定する」という方法をとっている関係もあり、特に我国においては地球科学分野の研究者の進出に依存している面も多いが、太陽風高速流、磁場セクター構造、太陽面爆発に伴うプラズマ放出等は地球や惑星の環境擾乱の観点から重要であるのみならず、太陽活動そのものについての重要な情報源でもあり、遠くの QSO 等の点状電波源を用いて電波伝播経路途中の太陽系プラズマの様子を探る研究も行なわれている。天文学と地球科学にまたがるこれら太陽系プラズマの研究は STP (Solar-Terrestrial Physics 太陽地球間物理) と呼ばれて天文学者・地球物理学者の協力により進められているものである。

**惑星学と太陽系形成論:** 一方、諸惑星及びそれらの衛星自体についての研究も伝統的には天文学者により地上望遠鏡によって行われて来たが、これも最近では米国・ソ連の人工惑星の軟着陸、フライ・パイ等「そこに行って調べる」方法により地球科学系の研究者の進出の著しい分野となっている。理論天文学サイドからは銀河円盤、X線星の質量降着円盤等、角運動量を持つ流体の重力による吸着において薄円盤の形成の例は多く、太陽系の生成論はこの一般現象の一例としても注目されており、降着円盤から惑星に進む進化等の説明も観測サイドの進展と相俟って押し進められている。これ迄はスペースからの諸惑星、衛星の研究は人工惑星打上げの力のある米国・ソ連が推進力であったが、我国でもハレー彗星回帰を狙って、人工惑星第一号 Planet-A を打上げる計画が進んでいる。これを機に我国においてもこの分野の研究の発展が期待されている。

### III-4. 恒星及び銀河・宇宙の研究

長い歴史を持つ可視光での天文学は写真技術の導入によって 19 世紀末から、本格的な科学観測の時代に入った。今世紀前半には、多くの望遠鏡がつつぎと建造され、膨大な観測事業の積み上げにより、恒星の分光学的研究などが大いに発展した。そして現在は、エレクトロニクス技術の驚異的な発達に伴って、天体からの光子の一つ一つを全て検知するという観測天文学の最終目標に向って、可視光での天文学に大きな飛躍が起り始めている。

恒星及び銀河・宇宙の研究は、個々の恒星を対象とす

る恒星の物理学と、星間ガスや恒星の集合としての銀河系、銀河・銀河団を対象とする銀河天文学とに大別される。この節では、これらの分野での研究の世界的な動向を概観し、つぎに我国での研究をふりかえって、我国が今後これらの分野でとるべき方策について論じる。

**恒星の物理:** 恒星の研究は、今世紀前半における観測技術の発展と恒星光球構造論、恒星内部構造論の確立によって基本的な部分は形作られた。近年は観測における空間、波長、時間の分解能の向上への努力が集中的に行なわれているといえる。点にしか見えないような恒星の表面構造を調べようという恒星干渉計やスペックル干渉計の開発、恒星表面の磁場や自転、脈動などの速度場を測定するための超高分散分光技術の発展、そしてバルサー、X線天体などにみられる激しい活動現象をとらえるための高時間分解能測光器の発達などに、その方向が表われている。大型望遠鏡による精度の高い分光観測は恒星の微小な脈動の様子をとらえることにより恒星の内部構造を調べる“星震学”にまで発展しつつある。恒星を無数の太陽とみなすこの方向は、我々の太陽や太陽系の歴史、進化を調べる上でも重要となっている。事実恒星の速度を精密に測り、そのフラつきから他の惑星系を発見するという試みも行なわれている。

**スペースからの恒星の観測:** 恒星の研究が近年質的変化を遂げようとしている原因のもう一つは、観測の多波長化にある。Einstein 衛星による星のコロナの発見、Copernicus 衛星、IUE 衛星による星からの質量放出現象の観測、SAS 衛星や“はくちょう”衛星による高密度星への質量降着現象の解明は、恒星と星間空間との相互作用が恒星の世界で普遍的に起こっていることを明らかにした。また水素 21 cm 線やミリ波による星間雲の発見や、赤外線により発見された赤外線星の研究は、恒星の母体となる分子雲や、胎児ともいえる初期収縮期の恒星の観測を可能にした。これらの新しい情報チャンネルを通して観測される現象は、観測波長域の拡大に対応して、広汎な温度、密度領域でのものであり、中性子星の起高密度物質の物性など地上では研究し得ない極限状態での物理学・化学への情報をもたらしている事は II 章にも述べた。

**銀河の研究:** 一方、銀河の研究も、前述のような恒星と星間物質についての基本的理解をもとにして精密化への歩みが始まっている。我々の銀河系のはずれにある球状星団中の個々の星々や、マゼラン雲、アンドロメダ星雲など近傍の銀河中の個々の星々を解像して、直接に測光、分光観測をすることも可能になり、吸収の影響が少ない赤外線や電波により銀河中心域の星や星間雲までも観測できるようになった。このため銀河の中での星々の年齢や化学組成の分布が明らかになり、銀河形成や進化

についての研究に、新しい局面が開かれつつある。銀河の形態の多様性についても、二次元測光に加えて近年速度場の観測が進歩し、その統一的な理解へ向けての研究が進んでいる。しかしながら、力学的な釣り合いの仮定から求められる銀河の力学的質量と、明るさから推定される銀河の光学的質量とが大きく異なるといういわゆる「見えざる質量」の問題など、まだ解明されていない問題も多い。

**銀河団と宇宙構造:** 個々の銀河の研究をもとにした銀河団の研究も近年進み始めた。ここでも X 線観測や電波観測によって、銀河団中に銀河間物質が発見され、銀河の進化過程における銀河間物質との相互作用などが重視され始めている。「見えざる質量」の問題は銀河団ではより著しく、その答が宇宙全体が閉じているか開いているかという宇宙論の大問題と直接に関係しているだけに、極めて重要であるといえる。重力場による光線の相対論的屈折は質量を推定する有力な手がかりとなりうるが、最近の二重、三重クェーサーの発見は、このような重力レンズ効果が存在することを実証した。

**激しい活動をする銀河:** 銀河天文学のもう一つの大きな柱は、クェーサーやセイファート銀河中心核などにみられる激しい活動現象の研究である。膨大なエネルギー解放を伴うこれらの現象は X 線、紫外線、光、赤外線、電波の各波長で特徴的な放射を示している。このとてつもない現象の究明を目指して巨大ブラックホールなどの理論モデルが、つぎつぎと提唱されているが、謎は深まるばかりである。この現象の解明は今日の天文学の最重要課題といっても決して過言ではない。

**宇宙論の進展:** アインシュタインの一般相対論に始まる宇宙論においては銀河の赤方偏移や天体の化学組成分布、宇宙背景放射の観測等が「一様等方膨張宇宙」という 20 世紀の宇宙像を築いて来たが、最近になって網目状の超銀河団分布やその間に広がる超空洞という宇宙の大局的不均一構造が発見され、従来の単純な描像は揺ぎ始めている。銀河宇宙の誕生と進化は素粒子の形成にも深い関わりを持つと考えられ、宇宙全存在の謎に対する鍵の存在が感じられ始めている。

上に述べた様な恒星物理学、銀河天文学の研究を進める原動力になったのは、天文観測に適した高山に次々と建設された最新型の大望遠鏡と、観測波長域の拡大を目指して大気圏外へ打上げられた軌道望遠鏡であった。

**諸外国の大望遠鏡:** ハワイ島マウナケア山頂に並ぶカナダ・フランス・ハワイ共同望遠鏡、連合王国赤外線望遠鏡、米国 NASA 赤外線望遠鏡やチリーのアンデス山脈に並ぶヨーロッパ南天文台、汎アメリカ天文台、カーネギー南天文台の望遠鏡群などはいずれも過去 10 年以内に続々と建造された口径 3~4 m クラスの新鋭の大型

望遠鏡である。国際協力によって、国際的な観測適地に大型望遠鏡をつくらうとするこの志向は、さらに強まり、英国提唱のヨーロッパ北天文台がスペインのカナリー諸島の高山に建設されつつある。これと同時に、即応的な随時観測を行ったり、複雑な大型観測機器を開発活用するために、各国とも、かなりの口径の望遠鏡を手近かな国内あるいは近隣の適地に建造している。ソ連の 6 m 望遠鏡、アングロ・オーストラリア望遠鏡、西独のカラ・アルト天文台、フランスのピク・デュ・ミディ天文台のものなど、枚挙にいとまがなく、インド、イラク、中国もこれらに続きつつある。口径が 2 m 程度以上の望遠鏡を数えるならば実に世界で 40 台近くになっている。また、その多くは、赤外域での観測も可能なように設計され、赤外観測にも適した立地条件を選定していることに注目すべきである。更に近い将来に、口径 15 m~20 m 程度の超大型望遠鏡を建設することを目標に、米国を始め各国で技術的検討が始まっている。

これらに付随して進んでいるのは、これらの大型望遠鏡を最大限に有効に活用するための望遠鏡制御装置と観測機器などの周辺装置の開発である。始めにふれたように光子一つ一つを無駄なく検知するために、これら先端的天文台では、最新のエレクトロニクス技術などを充分に活用し得る体制と設備を備えている。また、遠隔地高山での観測を効果的に行うためのリモート・コントロールの工夫も大切な要素となって来るだろう。

**スペーステレスコープ:** 軌道望遠鏡については III-6 節で詳述されるが、恒星物理学・銀河天文学の分野では、ハッブル・スペース・テレスコープ (HST) 計画に寄せる期待が大きい。これはその優れた性能により、新しい境地を切り開くものとなる。しかし一方、軌道望遠鏡のコストはとびぬけて高いために観測時間にも制約が強く、限られた重要天体のみ向けられるので、高空間分解能を要する光学域観測と、地球大気を通らない X 線、紫外線、赤外線などの波長域での観測は軌道望遠鏡で行い、それ以外の観測、特に高波長分解能を要する観測や特殊な大型装置を要する観測は地上大型望遠鏡で行うという分業がさらに進むものと予想される。このための重要天体の選別や追跡観測等は地上の大型望遠鏡で行なわなければならない。地上の大望遠鏡の存在は不可欠であり、益々その必要度は高くなるであろう。

**我国の歩み:** 次に我国のこれらの分野での研究をふりかえってみよう。

恒星の研究は我国では、1960 年に東京天文台岡山天体物理観測所が設けられ、188 cm 望遠鏡が動き始めてから本格的に進められた。この望遠鏡は、続いて岡山と東京天文台堂平観測所とに設けられた 2 台の 91 cm 望遠鏡とともに、主に恒星のスペクトル観測や測光観測に用

いられた。その結果、低温度星、Ap型、Be型などの特異星、連星、フレア星、惑星状星雲などについて優れた観測的研究がなされた。またX線星 ScoX-1 やきりん座のX線源 X 0331+53 などの特異天体が、188 cm 望遠鏡により同定されたことも特筆すべきであろう。又、1973年には赤外天体の観測を目指して京大理学部上松観測所が設けられ口径 1 m の赤外線望遠鏡も動き始めた。恒星に関するこれらの観測は、我国の理論研究とも互いに刺激しあいながら進展してきた。特に低温度星や特異星の表面大気構造の理論や恒星の脈動理論では、我国の研究は高く評価されており、近年の大型電子計算機の発達により、恒星の誕生から超新星爆発などによる死に到るまでの進化や連星系の進化の研究においても、世界をリードしようとしている。

しかしながら、建設当時は東洋一で世界でも屈指の望遠鏡であった 188 cm 鏡も、現在では口径では 40 番近くなり中口径望遠鏡の地位に甘んじる事になってしまった。技術革新が目覚ましいエレクトロニクスの天文観測への応用も進められてはいるが歩みが遅く、1970年代中頃からは世界的な観測水準から見ると（低温度星の観測など一部の研究を除くと）我国の光学天文観測は残念ながらかなり遅れをとっていると言わざるを得ない。

恒星の脈動理論などの研究が進み、速度場、磁場などの変動現象が理論的に予測できるようになっているだけに、観測装置の能力不足が借しまれている。また、X線や電波など他波長で発見された天体などを光学的に観測するためにもより大きな最新の望遠鏡の建設が強く望まれている。

銀河の観測も我国では 188 cm 鏡による特異銀河の研究や銀河の二次元測光から始まった。1974年に東京天文台木曾観測所に 105 cm 広角シュミット望遠鏡が完成してからは銀河系、他の銀河関係の研究も活発になり、紫外超過銀河、紫外超過恒星状天体のサーベイ、赤外線観測との協力による赤色巨星のサーベイ、大型計算機による画像処理を活用した銀河の定量解析などが進められてきた。京都大学理学部の大宇陀観測所の 40 cm シュミット望遠鏡を用いた H II 領域や暗黒雲のサーベイも始められた。このように銀河天文学においてはシュミット望遠鏡の果たした役割が大きいが、188 cm 鏡はもともと恒星の研究に適した設計であったことと、1970年頃から岡山地方の夜空が工業化とともに急速に明るくなったため、銀河の様な暗い天体に対してはその能力を十分に発揮できない状態となってしまった。銀河天文学の分野でも我国では、銀河渦状腕構造の理論や、銀河の三次元構造モデル、銀河の化学進化の研究などの面で優れた理論研究がなされており、恒星の場合と同じように、理論と観測のバランスを回復するためにも、銀河天文学に

も適した大型望遠鏡の建設が強く望まれている。

**我国の計画:** 上に述べた状況をみると、我国の光学天文観測が、四半世紀前に建造された 188 cm 望遠鏡一本に頼らざるを得ないという現状は、世界の最先端に伍してこれからの恒星物理学、銀河天文学を切り拓いてゆくには、余りにも不十分であると言わざるを得ない。また、その観測時間も増大する研究者の要求を満しきれない状況となってきている。木曾観測所の 105 cm 広角シュミットカメラ、野辺山宇宙電波観測所に完成した 45 m 宇宙電波望遠鏡、宇宙科学研究所の X 線天文衛星を始めとする軌道望遠鏡と有効な協同観測をし、我国の理論研究の一層の進展を計るためにも、国際的な観測適地に、最新鋭の装備をもった恒星物理学及び銀河天文学の両方に適した大口径光学・赤外線望遠鏡を建造することが急務である。

**全国共同利用の大型光学・赤外線望遠鏡計画:** このような背景のもとに関連研究者の間で計画案の検討が進められている目標口径 7.5 m 級の大型望遠鏡の建設を一刻も早く推進することが強く望まれる。この場合、研究の効率化を期すため新しい望遠鏡は全国の研究者の共同利用に供するものとし、目覚ましい技術革新の成果を最大に採用して新しい観測装置を開発し、大量の観測情報を高速処理していけるような研究体制と設備を備える必要がある。(IV-5 節参照)

**補助望遠鏡計画:** 更に、この様な世界最大クラスの大口径望遠鏡を効率よく活用して行くためには国内に 2~3 基程度の中小口径の望遠鏡を併行して建設する事が望まれる。これは大型鏡のための準備的観測、機器開発の為の実験機として、また、大型鏡ではやりにくい継続的長時間の観測等において、重要な相補的役割を演ずるのであろう。これはまた若手研究者の養成という見地からも強く望まれるものであり、この様な大型計画とそれのバックアップ計画の実現により我国の光学天文学がその持っている力を十分に発揮して世界の最先端に伍して進むことが出来るようになる事が切に望まれている。

### III-5. 電波天文学

宇宙からの電波は 1930 年代に発見され、この“第二の窓”を通しての宇宙研究が“電波天文学”として確立されて来たことは III-1 節に述べた。

観測対象は連続スペクトルでは超高温希薄プラズマ中の高エネルギー現象、線スペクトルでは低温気相からの原子、分子スペクトルなどで、可視光など従来の方法では直接観測にかからない対象、現象であった。

**電波天文の歩み:** 1960年代に観測機器の大型化、干渉計技術の開発が進みパークス(豪) 64 m, グリーンバンク(米) 43 m などの電波望遠鏡、カルグーラ(豪)、豊



川（日本）などの太陽電波干渉計，ケンブリッジ（英），ウェステルボルグ（蘭）などの開口合成望遠鏡等が建設された。そしてそれらの新しい装置によりクェーサー，パルサー，宇宙背景放射，星間分子などの発見が相次ぎ，放射源の二次元作像が可能になり，太陽についても活動領域のこまかい構造，バーストのダイナミックな姿が明らかになって来た。1970年代は，アンテナの高精度化によって短波長での観測が盛んに行われるようになり，超長基線干渉計（VLBI）等によって空間分解能が飛躍的に向上した時期であった。これらにより電波領域で波長が長いための固有の困難とされていた解像観測やスペクトル観測が，光学観測をしのぐ精度で行える様になって来た。

**新しい諸現象の宇宙での位置づけ：**60年代に発見された種々の新しい天体現象が宇宙の全体像の一環として位置づけられ，X線などの新しい観測結果と合せて総合的に研究されるようになった。例えば電波源のカウント，宇宙背景放射などではじまった“宇宙論的”な観測は同位元素存在量の測定，銀河間ガスの探査などの観測的研究と結びついて発展しているし，例えば VLBI 観測によって 1/1000 秒角の分解能で調べられたクェーサーは光，X線などでも観測され，宇宙初期における銀河爆発という位置づけが与えられ，更にくわしく調べられている。また，パルサーの発見，星間分子の発見，質量放出をする星の電波の観測などによって星の進化のダイナミックな面がとらえられ，この面でも電波の観測は光，X線，赤外線などによる観測，理論的な研究と結びついて発展しつつある。

恒星の質量放出の最も身近な例である太陽活動は惑星間空間，地球環境をしらべる上でも重要で，ダイナミック・スペクトル観測，干渉計による高分解能観測などが常時行われ，衛星からの紫外，X線観測，地上からの光による観測とつき合せて研究されている。

上記の様な研究動向の中での世界各国の動きを概観してみよう。

**ミリ波電波天文学：**大型電波望遠鏡としては，西ドイツ，エッフェルスベルグの 100m 望遠鏡が 1971年に 1960年代の技術の集大成として完成したが，それ以後望遠鏡建設の重点はミリ波観測を主眼とするものに移った。米国で 14m，10m，スエーデンで 20m などのミリ波望遠鏡が完成し，観測が行なわれている。ソ連の RATAN 600 は特殊な構成ながら波長 6mm まで使用可能といわれている。我国で 1982年に完成された野辺山宇宙電波観測所 45m 望遠鏡はミリ波で使用できる大型望遠鏡の最初のものとして成果が得られ始めている。ドイツ，イギリスもそれぞれ 30m，15m のミリ波望遠鏡を建設中であり米国も 10m サブミリ波望遠鏡を計画

している。これらによってミリ波の分子分光の分野では観測は飛躍的に発展し，原始星のまわりのダイナミックなガス運動，より短波長での高励起状態のスペクトルの観測，銀河系外天体の分子スペクトルの観測などが盛んに行なわれる様になって来た。

**VLA 大干渉計：**干渉計では開口合成技術の集大成として完成した VLA（米国）は 1 秒角以上の分解能の作像が可能で，光による観測の分解能を既に追い越したといえる。野辺山に建設された 10m 5 素子干渉計は，分子スペクトル線によるはじめての本格的な開口合成望遠鏡として分子雲のマッピングを可能にするほか，連続スペクトルでも短波長での観測で特色を発揮し始めている。

**VLBI 大陸間干渉計：**VLBI 観測もヨーロッパ，アメリカの観測所を結びつけて常時，定期的に行なわれ，超光速現象の解明，H<sub>2</sub>O メーザー源の固有運動の測定などの成果が挙げられている。この様なネットワークへの野辺山 45m 望遠鏡の参加により更に画質のよい，分解能の高い観測が可能になるであろう。

太陽電波の観測ではコロナ上層の電波現象をダイナミックに描き出したカルグーラ（豪）のラジオヘリオグラフの活躍が目立った。40，80，160 MHz で太陽の二次元画像が得られるこの装置によって長波長帯での観測はほぼ完成の域に達したといえよう。より短波長による太陽大気下層の電波現象に対しては，我国では豊川，野辺山などの干渉計によって常時作像観測が行われ，種々な現象をとらえているが，分解能が数十秒～一分角の程度と不十分で現象の本質にせまりかねている。一方，VLA（米）やウェステルボルグ（蘭）などの大型干渉計を使用すれば 1 秒角以下～数秒角の分解能での観測が可能である。高い分解能のため個々の現象に対してはすぐれた成果が得られているが，装置の主目的が宇宙電波観測となっているため，利用時間にきびしい制約を受けるため太陽バーストの様な突発的な現象の観測には非効率的でかつ現象の変化の追跡が困難であるという制約はまぬがれない。

**野辺山宇宙電波観測所とバックアップ体制：**上述の様な国際状況の中にあつて，我国では野辺山宇宙電波観測所の施設が完成され，ミリ波では先端を行く観測がはじめられている。これらを考慮して，現在我国の電波天文学で何が要求されているかを考えてみよう。

当面の問題としては，共同利用施設としての野辺山観測所を常に国際レベルのものとして充実，発展させて行くための研究開発，これと表裏一体となる我国全体としての研究体制の確立がある。宇宙電波関係の開発項目としては a) ミリ波における低雑音受信機，b) 干渉計用スペクトル分析ハードウェア，c) 実用的 VLBI，d) こ

れらを総合的に機能させる画像処理技術などがあり、そのための人材の確保と強力な開発チームの確立が急務である。研究体制面では全国に多くの強力な研究グループが必要で、それらが大型装置の共同利用、独自装置の建設と利用などによって活発に成果を挙げることがのぞまれる。現在、名大空電研、同理学部、木更津高専、宇都宮大学などのグループが活躍しているが充分とはいえない。共同利用装置の完成によりその様なグループの成長の条件が研究面で保証されたので、ポストの確保等の面で積極的な策を打ち出す時期に来ている。

**太陽電波大型干渉計計画:** 他方太陽電波関係においては従来の発展のうえに立つ新しい観測装置の必要性を挙げなければならない。我国における太陽電波の研究は、これまで11年の太陽周期を迎えるごとに観測装置の画期的な拡充に裏打されて発展をとげて来た。しかし、第21太陽活動期(～1980年極大)は大型宇宙電波望遠鏡の建設と重なったため新しい装置の建設は行われず既設の装置の高性能化が行われたにとどまった。飛翔体によるX、ガンマ線観測等の発展とともに太陽電波観測の重要度がますます高まって来ている現在、より高性能な太陽電波観測装置の必要性を強調したい。高エネルギー現象の素過程たる太陽面爆発の解明は単に太陽だけでなく広く宇宙に共通する一つの重要な課題であり、時間的空間的分解のもとに多面的な詳しい情報が得られる太陽についてこれを調べるのは非常に効果的である。常時高時間分解で観測すべき太陽電波にはそのための専用装置が必要な事は上に述べた。太陽専用の装置として少くとも10秒角程度の空間分解能を有する多周波同時観測が可能な大型干渉計の建設が望まれている。この様な太陽電波大型干渉計としては観測波長は短cm波帯2周波共用、空間分解能は2次元10秒角、時間分解能は～1秒で、全国共同利用に共するものとして考えられている。

**次期宇宙電波計画の萌芽:** 更にスケールの長い将来の大型装置の計画についても、大型宇宙電波望遠鏡の完成をみた現在、具体的な問題として考えはじめる必要がある。これについては例えば、キューサー観測用VLBI(日本列島上にアンテナを配置し、1/1000秒に近い分解能でキューサーをモニターする。将来は韓国、中国等とも結ぶ)、広視野フェイズドアレイ(小開口アンテナで大開口合成をおこない、短波長域で広視野の変動電波源を監視する)、等が提案されている。これらの他、スペースVLBI等の特色のある計画案についても更にくわしい検討を始めるべきであろう。

### III-6. スペースからの天文学

III-1節で述べた様に天体を観測する波長域が可視光から広がるにつれて次々と新たに新天体現象が発見さ

れ、天文学に飛躍的な発展がもたらされて来た事は既に述べた。

**宇宙空間からの天文観測:** 1960年代の天体X線源の発見と、それにつづく各種X線衛星の打上げは、高温天体プラズマ、中性子星の物理とそれに関連した天体現象についての新たな分野をきりひらき、スペースからの天文学の重要性をクローズアップした。

**X線、ガンマ線観測:** Einstein衛星によるX線観測、SAS-2、COS-B衛星によるガンマ線の観測は星のコロナ、宇宙線と星間物質との相互作用等について新たな現象を明らかにし、天体現象の研究には“全電磁波帯”での観測が不可欠であることを示した。

**紫外線観測:** スペースからの天文学はX線、ガンマ線領域に限らず紫外線領域の観測においても重要な役割を果たしている。OAO、OSO衛星シリーズのUV衛星、IUE衛星、等は紫外分光によって高温度星の大気構造、星間水素分子、星間吸収の紫外超過等の重要な発見をもたらした。太陽物理においても、Skylab衛星からの軟X線によるコロナの観測、SMM衛星、“ひのとり”衛星による高エネルギー現象の観測等の成果が示すようにスペース観測の占める重要度は増えつつある。

**赤外線観測と可視光:** 最近赤外域においてもIRAS衛星が赤外銀河や原始惑星系の発見などめざましい活躍をした。今後ともスペースからの天文学の占める重要度は増大することは疑いないが、その方向としては次の三点が考えられる。第一は波長域の拡大である。ここでは赤外衛星IRASによってその重要性が確認された赤外域、及びHST(ハッブル・スペース・テレスコープ)で代表される可視・紫外域の分野の補強がとりわけ重要であろう。第二は装置の大型化であり、より高精度の観測を行うおうとするものである。第三はスペースからのこれらの望遠鏡を地上望遠鏡の様な恒常的観測設備とし、他波長域との共同観測により天体現象の本質に迫まろうとする方向である。これらの三つの方向は独立なものではなく、お互いからみ合って発展してゆくことが予想される。

具体的な各分野での諸外国の計画としては次の様なものが考えられている。

**世界の計画:** X線天文学においてはESA(ヨーロッパ宇宙開発機構)により1984年に打上げられたEXO SATに続いて1986-87年には西ドイツのROSAT衛星が予定され、後者はX線源のカタログ作りとX線の撮像を主な目的としている。アメリカでは小型衛星XTEとともにEinstein衛星の次世代大型X線衛星としてAXAF衛星が計画されている。

可視、紫外においては1986年に打上げ予定のHSTが最も注目されるものである。deep sky surveyによりこれまでになく質的变化をもたらす発見がなされることが期

待される。HSTを補完するものとしてのスペース・シュミット・テレスコープ(SST)計画, UV衛星としてのStarlab, AstrometryをめざすHipparcos計画, 等の多くのプロジェクトが計画されている(III-2, 4節参照)。これまで技術的な問題(冷却系, 検出器等)のためにたちおけていた赤外線域での計画も1983年の米, 蘭, 英三国によって打上げられた赤外天文衛星IRASによる全天の掃天観測のあとを受け, 西ドイツのGIRL(1987年), アメリカのSIRTF(1980年代), ESAのISO等が1980年代後半から1990年代始めにかけて計画され, 本格的なスペース赤外線天文学が始まる気運にある。以上の諸計画はこれまでの実績をふまえた諸外国の次世代大型プロジェクトであるが, 実現するかどうかについては前途は必ずしも明るくない。

**我国の衛星計画:** 一方我国の状況はどうであろうか。研究規模が過大でないことが一つの要因ではあるが, 日本の宇宙観測は宇宙科学研究所の下に長期計画を持ち, それが着実に進行しつつある。ある意味では一歩ないし二歩これまでおけて来た我国のスペースからの天文学を今後10年の間に第一線に立たせる機会を我々が今持っているともいえる。この様な時期に国際協力を含む適切な計画と, それを可能にする体制を持ち, 計画を着実に実行して行くことは我国の天文学の発展の上で重要であるだけでなく, 国際的に果す役割も大きいと考えられる。以下スペース天文学の各分野における我国の将来計画について述べる。

X線天文学の分野では我国初の天文衛星“はくちょう”がX線バースター現象の解明を中心として大きな成果をあげたのに続き, 1983年に打上げられた“てんま”衛星は主として銀河系内のX線源のスペクトルについての主要なデータを出しつつあり, X線天文学における日本の地位を飛躍的に高めた。“てんま”以後のX線衛星としてのAstro-C衛星は大面積カウンターにより系外銀河, 特に活動的な銀河中心核のX線観測を主目的とするもので, 1987年打上げが予定されている。

**Astro-D計画:** さらに次世代の計画としてX線による撮像観測を目指すAstro-D衛星の計画が90年代初めを目標に検討が進められている。

**赤外域の計画:** 赤外線天文学の分野では我国ではこれまで気球, ロケットを用いて銀河, 恒星の観測が活発に進められて来た。スペースにおける赤外線観測の重要性はIRASの成功によって一層増大した。我国においても中規模の軌道赤外線望遠鏡を後述のスペース・ステーション或は大型の国産衛星により打上げる事が検討されており, それに必要な基礎技術の開発を早急に推進する事が計画されている。

紫外領域のスペース天文学については世界的にみると

既にかかなりの数の衛星が打上げられ, 我国は立ちおけている現状である。早急に開発計画を必要としている分野であるが, その第一歩として1990年代に打上げをめざす紫外天文衛星(UVSAT)が検討されている。

**UVSAT 紫外衛星計画:** UVSATは光・紫外域を目的とするHSTと相補的役割を果す真空紫外領域での分光観測を中心とする紫外線望遠鏡である。これはこの分野での我国初の衛星計画であるが, これを一つの段階として, 次のより本格的な軌道望遠鏡STJ(Space Telescope of Japan)の構想もある。

太陽関係では1981年2月に打上げられた“ひのとり”衛星が着実にデータを出し, 太陽フレアの発生機構解明の上で大きな成果をあげた。

**ひのとりII号計画:** “ひのとり”衛星以降の太陽観測の衛星計画としては“ひのとり”の成果を更にもう一步押し進めて軟X線作像に挑む“ひのとりII号”が太陽極大期にあたる1990年始めに計画されている。

**PLANET-A計画:** この他, 前にもふれた太陽系探索の我国初の人工惑星Planet-Aもハレー彗星の回帰を狙って1985年に打上げようとしており, この面での成果も期待されている。

**スペース・ステーション:** 1984年に入って起って来た大きな動きとしては米国のスペース・ステーション計画がある。これは数人の乗員が常駐する今迄にない大規模なもので, 将来の宇宙時代への出島となる事を目指している。我国及びヨーロッパ連合の協力が要請されており, スペースからの天文学にとって有効な基地となっていく事も期待される。我国でも分担バレットからの天文観測の可能性が検討されている。

上記以外に, 現在のところ具体的な計画としては提案されていないが, 我国のスペースからの天文学において今後注目される分野としては, スペースにおけるガンマ線天文学, 電波天文学, 位置天文学等があげられる。これらに関係する研究者ができるだけ早い時期に計画を検討し, 参入することが期待される。

これまで述べたのは大型プロジェクトに関する計画であるが一方でこれらの計画を進めるときにも, より小規模な気球・ロケットを用いる観測も忘れてはならない。ロケット観測は観測時間が短かく制約も多いが, 未だ観測面で十分な利用価値があり, 又搭載機器の開発研究, 研究者, 技術者の養成を行う上に欠くことができない。気球観測も現在天文観測に重要な役割を果しており将来も必要度は変わらないと考えられる。更に赤外線天文学では飛行機に搭載した望遠鏡も重要であり, 米国では口径2m級の飛行機搭載望遠鏡も考えられており, 我国のこれに対する参加も考えられるであろう。気球, ロケット等も装置の大型化, 高額化に伴い, それらを確実に回収

する事の出来る海外基地利用等も含めて、より効果的な運用を考えるべきである。

スペースからの天文学においては極限状況におけるオペレーションであるので、技術、装置の信頼性が特に必要とされる。この面でも宇宙工学との緊密な協力が今後とも特に重要である。天文観測の上で必要不可欠な姿勢制御技術の確立はその一例である。

**宇宙科学研究所の整備:** これら各種計画を遂行する体制としては今後とも宇宙科学研究所が共同利用研究所としてその中心となり、全国の大学、研究所が協力することが望ましい。しかしながら前記各種計画の遂行、それらに必要な技術開発に関して人的資源は大きく不足しているのが現状である。新たに増員、他分野からの転入等によりスペースからの天文学にたずさわる研究者人口を増やすことが是非とも必要である。上記の各分野のスペースからの天文学に近い将来天文学全体の中でも大きな役割を果たすであろうことを考慮し、その中心となるべき宇宙科学研究所が、今後要求されるであろうスペース・ステーションへの対応、スペース・テレスコープで代表されるX線以外の波長域の研究及び諸技術の開発等にも対応する事を可能とする体制が充実・整備されて行く事が強く望まれる。

### III-7. 理論天文学

**理論天文学の特質:** 天文学の持つ最も大きな特徴として、実験室の物理には見られないような広範な現象が存在するということが挙げられる。それは、空間や時間的な広がりがあり、また、絶対0度に近い低温から宇宙初期や星の内部に現れる超高温、殆んど物質のない銀河間空間の様な低密度から宇宙初期や中性子星内部などの超高密度、一般相対性理論が主要な役割を演ずる強い重力の場、などの極限状態が存在することによっている。これはそれ自体で、又さらに互に絡みあって、物質の相互作用に関しても実験室では見られない形態の現象をひきおこしている。

このような現代の天文学の理論的解明過程は、自然科学の他の分野でこれから発展すべき研究課題に関しても多くの示唆を与えるものである。実際、過去の天文学では、天体の運行の追求は、力学の形成と発展をもたらし、今世紀になってからは、たとえば、恒星系の力学はプラズマ物理や電磁力学などの基礎を提供したことは前にも述べた。理論天文学は、自然科学に対して、より広い視点を与えるものとしての存在意義は非常に大きいといえる。西欧各国において、数理学の中で理論天文学の占める比重がかなり高いこともこの様な理由によると思われる。I、II章で述べた様に、人類文明の根底を与える天文学の自然哲学的側面も重視しなければならないの

である。

個々の観測的研究に密着した面であっても、天文学の場合には、現象が実験出来るスケールではないので、主として観測されたデータから物事を明らかにして行かなければならない。そのために、モデルや数値実験を使った観測の解析が極めて大切となる。これはその後どの様な観測をすればよいのかを知るために極めて重要な役割を果たす。とくに最近のように、観測が大がかりなものになってくると、前もって問題点を理論的に詰められるだけ詰めておくことは、資源及び時間の経済から考えても極めて大切なこととなる。天文学の現象の多くは、非線形性が本質的な役割を果たしているので、数値シミュレーション的な研究が重要となる。最近における計算機の発達によって、これまで不可能と思われて来た2次元、3次元の形状をも考慮した動的現象まで取扱えるようになった。

**我国の理論天文学研究:** 我国の天体力学、恒星内部構造と恒星の形成や進化、超新星爆発などの研究、中性子星表面のダイナミックス、太陽や恒星の内部対流や振動現象の研究、それらの内部の磁場発生やその周辺の電磁流体的な激しい現象の研究、低温度星や低温星間ガス中の分子形成の研究、連星系や降着円板の振舞の研究、銀河の腕形成その他のダイナミックスの研究、宇宙の初期やその大局構造の研究、一般相対論的宇宙論の研究等々についての我国の理論的諸研究は国際的にも高い評価を得て来た。更に最近是我国の電子計算機の進歩という有利さを活かした独創的な研究が多く見られる。今迄述べて来た観測面での充実とも関連し、我国の理論天文学研究は更に力強い進展を見せる事が期待される。従来、ややもすると副次的なものと考えられて来た理論面の研究も、我国の天文学が世界の天文学の先端に伍して行くために前述の様な大プロジェクトを推進するにあたって、その方向性を考えるうえでの理論研究本来の役割を十分果たす事が期待される。理論天文学の研究も更に強く推進すべき重点の一つであり、我国の天文学・宇宙研究の研究体制の中で重要な位置づけを与えられるべきである。

## IV. 我国の天文学・宇宙研究推進のための緊急課題

### IV-1. 総説

現代の天文学・宇宙研究の世界及び我国における研究状況について III章にその概略を述べて来た。この章での我々の目的は、これらの考察を総合して今後世界の天文学・宇宙研究の動向の中で我国の貢献度を高めて行くための方策を論ずることにある。

**巨大科学となった天文学:** III章で述べた様に1960年代に始まった新しい情報チャネルの開拓によって天文学・宇宙研究は大きな変革を受けた。開拓につづくこれらの情報チャネルの強化、本格化は発展する工学の支えを得て天文学が次第に大規模科学への方向をたどる事によって実現されて来た。即ち電波天文学においては波長の長さによる分解能の悪さを克服して解像力を高めるために、アンテナ・干渉計システムの大型化が要求され、また、スペースからの天文学においては十分な目的を達せるだけのペイロードを積むための飛翔体の大型化等がこれを要求して来た。電波天文学においてはIII-5節に述べた様に諸外国では、ジョドレルバンク(英)、パークス(豪)、グリーンバンク、アレシボ(米)、ボン(独)、等、単体パラボラの大型化、ケンブリッジ(英)、ウェステルボルク(蘭)、オーエンスバレイ(米)、VLA(米)等干渉計の大型化、飛翔体としてはIII-6節にふれた様に米国を例にとるとOSOシリーズ、OAOシリーズ、SASシリーズ等の天文衛星からSkylab衛星、Einstein衛星を経て更にスペースシャトルを用いて軌道に打上げられるハッブル・スペース・テレスコープ等、大型且つ本格的なスペース天文台ともいふべきものが打上げられる機運にある。

我国でも幸い諸方面の理解が得られて、電波天文学分野では長野県野辺山に45m高精度パラボラ及び10m5パラボラ素子干渉計が建設され1982年より観測体制に入った。また、スペース・プロジェクトについては乗物の大きさその他の面でまだ十分とはいえないまでも、宇宙科学研究所の推進により“はくちょう”、“ひのとり”、“てんま”等の特色ある天文衛星が成果を挙げ、Planet-A、Astro-C等の衛星の打上げの準備も着々と進められており、我国も遅まきながら米国、ヨーロッパ諸国に続いて天文学・宇宙研究の新局面に対応するための一歩を踏み出しているといえる。

しかし我国においてはこれらの電波、X線観測等と協働してそれらを結ぶところの地上の光学赤外域の望遠鏡が著しく立ち遅れている事を指摘しなければならない。諸外国では光学分野においても機器の大型化が進められ、III-4節にもふれたマウントウイリソン・パロマー(米)に続きキットピーク(米)、セロトロロ(米・チリ)、サイディングスプリングス(英・豪)、マウナケア(米・欧)、カナリー(欧)……等に大望遠鏡が続々と建設されている。我国既存の岡山188cm望遠鏡は二十数年前の建設当時でこそ世界屈指のものであったが、現在ではかろうじて中級機の一つに数えられるに過ぎないものとなってしまった。また、先端的でないというだけでなく、数多くの観測者の要求が(露光時間が長く必要である事などのため)満せなくなっており、諸外国の施設

と比べて非常に遅れをとっているといわざるを得ない。このため天体諸現象の本質の理解のために必要な異った波長域の情報の総合において光学域が弱く、せつかく電波、X線等で我国自前の情報が得られても光学・赤外域ではデータを外国に仰ぐことにもなる。このため我国の観測者同士の緊密な連携が活かせない現状にある。

**大型光学・赤外線望遠鏡:** III章でも述べた様に各チャネルからの情報の総合により初めて宇宙の全体像把握が可能となり、その実体に迫る事が出来るという事の当然の帰結として、これらの情報チャネルの協働が国内的にも国際的にも強く要請されている時、我国においても一日も早く十分な集光力、解像力を持つ大型光学・赤外線望遠鏡を建設することが望まれている。

この様な情勢の中で我国の天文学・宇宙研究の推進のためには差し当り何をする必要があるかという事について、以下ではIV-2節で大型プロジェクトの推進、IV-3節でそれを活かすための観測機器技術科学(Astronomical Instrumentation Science)の振興及び周辺研究水準向上のための中小機器の充実等のバックアップ体制、IV-4節で理論面の研究環境整備、IV-5節ではこれら総ての推進のための基本であるところの人的能力の有効な組織のための方法論ともいふべき研究体制の問題、及びその国際版ともいふべき国際協力の問題、をそれぞれ扱うことにする。

## IV-2. 大型プロジェクトの推進

IV-1節で述べた様な現代天文学の趨勢のもとで我国の天文学・宇宙研究のために推進する事が必要と考えられるものは大型光学・赤外線望遠鏡を始めとしていくつかの大型プロジェクトを含んでいる。ここではそれらについてまとめてみよう。

**大型光学・赤外線望遠鏡計画の推進:** 先ず我国の天文学・宇宙研究関係者の最も強い要請として大型光学・赤外線望遠鏡の早期実現を第一に挙げたい。これは単にこれを使って研究をする研究者のみでなく、電波、X線天文などの研究者からも総合的描像を得るために必要な光学・赤外線域の情報を我国固有の研究設備により我国の研究者の手により得る事の重要性のため、強く要望されている。これに関してはここ数年、電波、X線天文などの研究者もまじえて全国の光学・赤外線天文関連の研究者が既に検討を重ねて来ており、光学天文装置における我国の立ち遅れを取り戻すために、緊急に海外も含めた最適の地に最新の技術を用いた目標口径7.5m級の大型光学・赤外線望遠鏡を建設する事が強く要望されている。最近迄光学望遠鏡は一つの完成した(工学的に限界に達した)機械であり、パロマーの5mの反射望遠鏡がこの極限を代表するものと考えられて来た。しかし最近の

工学諸分野, 即ち大型建造物建造技術はもとより, 光学, 電子, 情報処理, 自動制御等における技術革新は目覚ましいものがあり, 光学望遠鏡についても新しい飛躍の可能性が作り出されている。

**高感度検出器:** 例えば低温物性をとり入れた最新の電子技術による高感度光子検出器の導入は従来の写真技術をはるかに越えた高感度光子検出及びデータ処理を, 高速コンピューター制御により人間が介在することなく完全自動的に行なう事を可能とした。大型建造物の高精度化の技術の発達も著しいが, 更に, 複雑な機構駆動制御をコンピューターにより行なうことによって赤道儀マウントから経緯儀マウントへの移行が可能となり, 軽量鏡の開発により従来の斜軸で巨大重量を支える困難のあった保持機構が工学的により自然なものとなり, より大きな望遠鏡支持構造が可能となった。また, サーボ駆動技術の発達等により天体の高精度追尾が可能となって来た。光学位相再生技術の進歩などの寄与も期待される。また, 高度の自動制御, 遠隔操作技術等の発達も最大限に活かされるべきものであろう。諸外国では大型鏡の建設に既にこれらの一部又はかなりの部分をとり入れているが, 我国もこれらの諸技術では世界最高のレベルに到達する潜在力を持って居り, それらを最大限に活かして少しでも早く計画を前進させる事が望ましい。

**赤外線観測の重要性:** 尚, パロマー5m鏡の時代には未発達であった赤外線検出器等の大幅な発展もあり, 新しい望遠鏡は基本設計, 立地条件の選択の段階から近年特に重要性が増している近赤外線観測にも使えるものとする事が必要であり, また極めて効果的である。検討されている計画はこれを含んで居り, 大型光学・赤外線望遠鏡計画となっている。設置場所としては大気の影響が少なく, また赤外線観測にも適した場所として, ハワイ島マウナケア山頂が有力と考えられている。これが実現すると我国の光学・赤外線天文学も電波や, スペースからのX線, 紫外線観測と協働すべき有力な手段を持つことになり, 我国が恒星物理, 銀河天文学の研究で世界をリードする道を開くことになる。また, 例えば将来“人類の眼”ともいうべき超大型望遠鏡を国際協力により建設するという場合に, 我国の天文学・宇宙研究者がその有力なメンバーとして参加する事を可能としてゆくであろう。

**スペース諸計画の推進:** 次にスペース関係としてはX線バスターの発見等で活躍した“はくちょう”衛星, “てんま”衛星, Astro-C衛星(決定済み), 等に続きそれらを更に大きく発展させ, 米国のEinstein衛星なきあとそれに代る大型宇宙X線撮像衛星(Astro-D)計画, 我国で初めての紫外線観測衛星UVSAT計画, などIII-6節でふれたスペース関係諸計画の実現が強く望まれている。スペース観測計画はこの他太陽観測で成果を

挙げた“ひのとり”衛星を発展させる“ひのとりII号”衛星, スペース・ステーション或は衛星による赤外線観測, 等の計画の推進も含み, ひとりスペース天文研究者のみならず天文学・宇宙研究の諸分野からそれらの実現が強く望まれている。

**位置天文 VLBI:** 位置天文・測地学関係の大型プロジェクトとしては, 地球回転, 日本列島の変形等の精密測定を介して天体位置測定にも画期的精度をもたらす事が期待される超長基線電波干渉計(VLBI)計画がある。これは関係する他省庁との調整という問題を抱えているが, その早急な推進が望まれている。

電波天文関係では, 宇宙電波関係はここ数年は完成した野辺山45m電波望遠鏡, 10m5素子干渉計を最大限に活用する事が最優先であり, そのバックアップ技術開発体制の充実等が緊急の課題であるが, それをおこないつつ次の発展の構想を練っておく必要がある。

**太陽電波大型干渉計:** 太陽電波の関係では大型計画として太陽電波大型干渉計の計画がある。これは可能であれば次期太陽活動最大期に向けて分解能10秒角に達する大型干渉計を作るという計画であるが, 計画担当機関に関する調整の問題等が残されている。

#### IV-3. バックアップ体制の確立と中・小諸計画の推進

**中・小プロジェクトの意義:** IV-2節の様な大型プロジェクトは広い天文学研究の裾野の中・小プロジェクトの研究活動から供給される人材と研究動機によって発案, 推進される。また, それらの大型施設は, 常に最新の観測技術の発展によってサポートしつつ世界の研究の先端に位置せしめる努力があつて, はじめて常に活力を持ち続ける事が可能となる。

**機器開発:** 天文学関係の観測機器が一つの完成した(工学的に限界に達して企業レベルで調達できる状態になった)ものであった1950年代迄と異なり, 1960年代以後は電波, スペースの観測機器, 更に現在では光学望遠鏡に至る迄, 大きな技術革新の波と共に進まねばならなくなっている現実を見据えるならば, プロジェクトの大小を問わず機器の最高性能を達成し, 且つ引続いて起る観測技術の絶え間ない革新に対応して行く為には新技術が企業レベルに定着する前の段階で研究機関がこれを先導するステップが外国の例を見ても不可欠である。即ち, これが少くとも或る範囲で可能である様な観測技術開発体制を持つ事が上述の様な大型プロジェクトを真に機能させていくために必要なのである。このため“天文観測技術科学”ともいうべき分野の早急の育成が望ましい。これは既に電波天文の分野では現実の問題として議論されているが, 来るべき大型光学・赤外線望遠鏡の

関連においても十分考えておかなければならない。一般的にいて天文観測は高精度、高感度等を必要とし、また、人工衛星搭載装置のように極端な使用条件のもとに使用するものなどあって極限技術へのニーズを生み出し、米国の例を見ても明らかな様に、社会における工学技術の発展にも寄与が大きい。この事は自然科学研究から社会への直接的フィードバックとして注意しておきたい。

一方、始めに述べた様に、直接大プロジェクトと関係がないかに見える周辺の中・小プロジェクトの発展も全体の研究レベルを上げ、人材と研究動機を開発して行くという意味で大プロジェクトの成功を直接支えるものなのである。また、中・小のプロジェクト自身が非常に優れた計画である場合も多く、これらを伸ばして行く事によって学問分野全体の健全な発展がもたらされる。従って大プロジェクトが動き出しても中・小プロジェクトの意義は失なわれるどころか、かえって高まるという事を見落してはならない。

中・小プロジェクトの総てをここに言及する事は紙数の関係でも出来ないが、それらのうち二、三についてふれておこう。

**中クラス補助望遠鏡：**先ず大型望遠鏡による研究の基盤を広げる中クラスの補助的望遠鏡の提案がある。これは地方の研究センター的位置に多目的用途で2~3基、及び木曾観測所の大型シュミット望遠鏡のサポートの測光用望遠鏡として1基建造する事が提案されている。これらは大型光学・赤外線望遠鏡のバックアップ実験機として新しい付属機器の開発実験等にあてられ、国内の大学院生の大型機使用のトレーニング、研究者、技術者の養成等の為にも必要と考えられるものである。

**太陽周期活動望遠鏡：**太陽の周期活動の原因を探る太陽活動周期望遠鏡も中級プロジェクトの一つとして強い要望があり、また成果が期待されるものであり、実現が期待される。

**スペース関係バックアップ：**スペース関係では大型プロジェクトを支えるものとしてロケット、パルーンによる実験が挙げられる。これらは衛星搭載機器の開発等の他、小まわりの利く、X線、紫外、赤外等の諸種の小型実験の為に不可欠といえる。

**大型計算機、データ解析センター：**この他位置天文学関係のデータの総合解析のための位置天文データセンターや、他の天体物理関係の増大するデータの処理及び理論研究のための大型計算機の設置に対する要望も強い。これについてはIV-4節でもふれる事としたい。

#### IV-4. 理論研究の推進

理論研究は観測サイドの研究を合目的に推進する上でも文字通り不可欠であるといつてよい。新しい観測事

実の理論的解明過程は更に次のより高次の観測探索の動機を生み出すという関係にあるので、天文学・宇宙研究の発展と共に益々理論研究の重要性は高まるといえる。理論研究は従来は“紙と鉛筆”による研究として大きな経費を要せず、そのため、必要な研究環境の整備までがなおざりにされていたきらいがある。過去の天文学・宇宙研究においては研究領域あたりの研究者人口が少なかったためもあって観測研究の片手間に理論研究が行なわれて来た時代もあった。しかしこの事情は近來大きく変わって来ている。天文学の最前線の広がりに伴って観測面でも専門分化が進み、又詳細な理論解析が必要となるにつれて観測と理論の間の分化も進んだ。詳細な理論解析が可能となった背景には高速大容量電子計算機の発達があり III章でもふれた様に星の進化の計算などに続いて、例えば銀河力学における超多体問題、天体の激しい現象の流体・電磁流体シミュレーション解析等々、以前は不可能であったアプローチが可能となって来ている。

**大型計算機による理論計算：**大型計算機は今や理論研究において観測研究者にとっての大型望遠鏡に相当するものとなっており、天文学・宇宙研究の領域の理論研究者にとって大型計算機が地理的にも経費的にも出来るだけ容易に使用出来る状況が一刻も早く実現することが強く望まれる。

**観測研究者と理論研究者の交流の場の必要性：**理論サイドからの研究に必要な事はしかしこれに止まらない。従来なおざりにされてきた理論研究ポストの拡充、分業化が進む観測研究者と理論研究者の交流の場の確保等々が挙げられるが、これらについては更に次節の研究体制の問題でふれる事とする。

#### IV-5. 研究体制と国際協力体制の確立

天文学・宇宙研究は光から電波、X線、紫外線、赤外線へと観測波長域が広がり、それと共に宇宙の遠くをより良く“見る”ために装置が大規模化して来た事は既に述べたが、この大規模化は、高エネルギー物理学、核融合プラズマ物理学などの大規模科学の場合と同様に、天文学・宇宙研究においても従来の伝統的科学研究の方法論に新しい側面を導入した。

**巨大科学と共同利用施設、共同利用研究所：**それは実験機器の大型化に伴って全国に散在する研究グループが各々単独で並列的に計画を遂行する事が経費的にも、マンパワー的にも困難となって来たことに伴って“共同企画、共同利用研究(装置)”という概念がクローズアップされて来たことである。即ち一つの小グループが占有的に行なう事が正当化出来にくく、また在来の組織を越えた研究者の人的能力の組織化が必要な程、予算規模、必要マンパワーが大きなものとなって来た場合、共

同利用研究所（又は共同利用施設）の概念が出て来る。例えば人工衛星打上げがこの例で、宇宙科学研究所が全国の関連研究者の共同利用センターとして機能するべく発足した。この事は野辺山宇宙電波望遠鏡についても当てはまり、東京大学東京天文台附属ではあるが、全国共同利用施設としてその効果的運用が望まれている。これは例えば IV-2 節に述べた大型光学・赤外線望遠鏡が実現すれば、それについてもいえる事で、その共同利用性は積極的意味からも保証されるべきものであり、これを利用する研究者の従来の組織にとらわれない“横断的組織化”も必要なものとなる。

オープンな共同利用性は IV-1 節で述べた電波、X線等とのつき合せによる総合描像作り、理論研究者との討論などにおいても相互接触が有効に出来る開放された場を与えるものとして活かされる必要がある。

**人材、頭脳の有機的結集：**この様に共同利用の概念の中には人材、頭脳の有機的結集という意味も大きい事は見逃してはならない点であろう。

**研究体制の対応：**III章で述べた天文学・宇宙研究の変貌に伴って必要となる研究体制の対応の問題としては、先ずこれら巨大施設の活用を中心として既成の各研究所等が部門、組織等の一部の発展的再編成などを含む手段で、これを最も有効に活かすべく柔軟且つ効果的に対応して、我国の天文学・宇宙研究が世界のそれに伍して行くための努力を払う必要があげられる。しかし、より長期的には、巨大科学となった天文学・宇宙研究においては、素粒子、核融合等の巨大科学の場合と同様、それに適応するための研究所のあり方を含む体制の変化が必要となるであろう。即ち、明治以来の我国の科学研究は主として付置研究所を含む大学内の研究組織で行なわれて来たが、これは歴史的には大学が研究マンパワーを抱え且つ再生産するセンターであった関係で最も適切なものであったといえる。しかるにこの節の始めに述べた様な事情に伴って研究が大学の枠内に収まりにくい研究投資、マンパワーの規模を必要とするものになりつつある現状では、それに対応してどの様な研究体制を作っていくのが最も良いのかを真剣に考えねばならない時期が来ている。これは勿論ひとり天文学・宇宙研究のみの問題ではなく、文部省も我国の研究体制の全般の問題として学術審議会に諮問し、それに対する答申も出されている。これには従来の大学附置の研究機関や文部省直轄の研究機関等の国立大学共同利用研究所への発展的再編などが示唆されている。これは恐らく天文学・宇宙研究を含む大型機器を必要とする研究分野の場合、将来とるべき方向であろうが、実際のステップをとる迄には関係者が慎重な議論を十分に重ねる必要がある。特に天文学・宇宙研究の様にして全国の大学学部・大学院にその全分野を十

分稠密にカバー出来るだけの講座数が存在していない場合、研究所が大学を離れると、特に実験面において、必要なトレーニングを受けた人材の補給が困難となる可能性があり、少くともこれに関して適切な対策が立てられる必要がある。また、大学院大学に天文学・宇宙研究講座を拡充して国立共同利用研究所となった研究所への人材補給を確保すること、より広くは全国の大学の地学系教室に天文学教室を増強して底辺を拡充することなどもとるべき処置であろう。また、同時に、天文学・宇宙研究には長い時間のデータ集積を見て初めて結論の出せる息の長い研究、個人の創意とその展開に重点のある研究、特に萌芽的研究、が大プロジェクトによる研究と共存して居り、それらの研究においては伝統的アプローチの意義は決して失なわれていない事に留意すれば、大型プロジェクトのマンパワー組織論を単純且つ画一的に全分野に当てはめて、角をためて牛を殺す様なことは避けなければならない事も明らかであろう。更に共同利用研究所においても共同利用の名を狭く解して共同利用的でない研究、自由な研究上の発想が妨げられることになってはならない事はいう迄もない。この様な様々な点について対策が検討され、合意が成立して行くならば国立共同利用機関への移行は大きな積極的意味を持つであろう。

**国際協力の必要性：**天文学・宇宙研究はその性格上、特に国際協力の必要性が存在していることもここで強調しておきたい。即ち天文学・宇宙研究の分野では時差などの地理的相補性などからもアジア太平洋地域の先進国としての我国に対する欧米各国からの期待は大きい。殊に我国が経済大国となったといわれる今日では我国の大型機器建設に対する欧米各国からの期待は強く、技術的側面でも国際協力による観測機器開発などの呼びかけも多い。天文学・宇宙研究の全人類の性格を考えると、一日も早く我国の設備及び研究体制をこの様な国際協力が効果的に行なえるものにして行く必要がある。IV-2 節に述べた大型光学・赤外線望遠鏡の建設は、電波天文学やスペースからの天文学で既に踏み出している動きを補完し、我国が世界の天文学・宇宙研究に伍し、更にはそれをリードするための実力をつける上で大きな推進力となるものであるが、同時にその分野の国際交流のセンターの役割も果すであろう。将来考えられる“人類の眼超大型望遠鏡”の国際協力による建設などに我国の研究者が真の意味で参加する為には国内研究者の厚い層の育成、責任対応窓口の存在等が不可欠であるが、この様な共同利用の中核が成立している事は、電波、スペースと並んで光学天文学においても上記の国際協力・国際交流が成立するための基盤を与えるものと考えられる。この点に関するコンセンサスも併せてはかって行く必要がある。



## V. むすび

以上、世界における天文学・宇宙研究の動向と、その中で我国の天文学・宇宙研究がどのような方向を追求して行くべきかを全国の天文学・宇宙研究者の要請を集約しつつ論じた。我国の天文学・宇宙研究に従事する研究者は先進諸国のそれと比して質において劣らないが、その層の厚さにおいては米国は勿論、西欧主要国にも水をあけられているといわざるを得ない。また我国の応用諸科学と基礎科学の対比などの問題で常に論じられる様に、天文学領域関連の研究費においては、近年改善されつつあるとはいえ、米国や西欧主要国は勿論、例えば per capita ではオランダにも水をあけられているというのが実感である。研究者側の強い改善努力が基本であるが、同時に国の基礎科学政策レベルでの対応も強く望まれるゆえんである。

本文書で論じられたものは、大型計画関係としては大型光学・赤外線望遠鏡計画を始めとして、スペース関係の Astro-D、ひのとり II 号等の衛星計画、測地関係の VLBI 計画、太陽関係の電波干渉計等であり（勿論これらは常にその時点その時点で見直されて行くべきものだが）、この他に関連技術の先導的開発等のプロジェクトバックアップ体制、中・小諸計画の推進（国内中型望遠鏡、太陽周期望遠鏡等）、理論研究推進、次期宇宙電波計画の萌芽、そしてそれらを推し進め、活かして行く人間組織論としての研究体制の問題であった。本文書は装置計

画、特に大型計画については、その総合的解説としての性格を持っている。既に推進の合意が得られた大型光学・赤外線望遠鏡をその最初のものとして、他の諸計画についても、当該分野の関連研究者の間で具体案がまとめられ、その意義、マンパワー、引受け機関等について天文学研究連絡委員会で検討が行われ、その結果推進の合意の得られたものから逐次詳細が公にされて行くこととなる。一方、我国の天文学・宇宙研究分野の研究体制の問題は、関連機関内、及びそれらの間の合意なしには進まない問題である。これからの我国の天文学・宇宙研究の力強い発展に最も適した体制はどのようなものかということについて関係者の中で広く議論が行なわれ、比較的近い将来、関連各機関内及びそれらの間での合意が形成され、その方向が確立されて行く事が期待される。

本文書は日本学術会議天文学研究連絡委員会で議論されて来た我国の天文学・宇宙研究分野における将来計画について世界におけるこの分野の研究動向の考察と併せて解題を試みたものである。とりまとめは同研究連絡委員会将来計画小委員会のワーキンググループ（海野和三郎、内田 豊、小平桂一、杉本大一郎）が行なった。協力を得た笹尾哲夫、平山 淳、家 正則、森本雅樹、松本敏男を始めとし多くの方々へ感謝したい。本文書が同研究連絡委員会が我国のこの分野で進めるべきであると考えている諸計画に対する大方の御理解を得るための一助となれば幸いである。

## お知らせ

### 第3回アジア流体力学会議の開催について

(The Third Asian Congress of Fluid Mechanics)

**主 催:** アジア流体力学会議委員会、第3回アジア流体力学会議組織委員会

**開催日:** 1986年9月1日(月)~5日(金)

**会 場:** 日本都市センター

東京都千代田区平河町 2-4-1

**主な分野:** 1. 気体力学, 2. 境界層, 3. 乱流・流れの安定性, 4. 数値流体力学, 5. 水理学・河川工学, 6. 産業における流体力学・水力機械, 7. 空力音響学・空力弾性学, 8. 熱物質輸送・燃焼, 9. 多相流・反応性流体, 10. 生理流体力学, 11. 地球流体力学・宇宙流体力学, 12. プラズマ・電磁流体力学, 13. 環境流体力学, 14. その他

**日 程:** 予備登録締切: 1985年3月31日

論文 (extended abstract) 提出締切: 1985年9月30日

論文採否の通知: 1985年12月 (予備登録には first circular について用紙を使用し、庶務高木宛郵送して下さい。論文提出に関する詳細は second circular (1985年6月発送) に掲載されます。)

**登録料:** 20,000円 (論文集の代金を含む)。その他 banquet 8,000円, outing 2,000円を予定しています。

**連絡先:** 予備登録宛先および circular の請求先は下記へ。

〒183 東京都府中市幸町 3-5-8

東京農工大学一般教育部 高木隆司

TEL 0423-64-3311

(組織委員会庶務担当 高木隆司)