

地球電磁気学研究連絡委員会報告

— 地球電磁気学の発展的将来 —

平成5年7月26日

日本学術会議

地球電磁気学研究連絡委員会

この報告は、第15期日本学術会議地球電磁気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。

#### 地球電磁気学研究連絡委員会

- 委員長 行武 毅（九州大学理学部教授）  
幹事 國分 征（名古屋大学太陽地球環境研究所長）  
委員 荒木 徹（京都大学理学部教授）  
大家 寛（東北大学理学部教授）  
小口 高（東京大学名誉教授）  
加藤 進（日本インドネシア科学技術フォーラム副会長）  
河野 長（東京大学理学部教授）  
西田 篤弘（宇宙科学研究所教授）  
濱野 洋三（東京大学理学部教授）

# 地球電磁気学の発展的将来

はじめに

地球電磁気学は、地球磁場の研究、および地球周辺の空間を流れる電流に起因する変動磁場の解明に始まり、今日では、当初の範囲をはるかに越えて惑星や太陽系空間を包含する大きな研究分野に成長した。

1882-83年の第1回国際極年以来地球電磁気学の分野では全地球的な協力によって研究を進めてきたが、1960年代からはとくに目ざましい成果を挙げた。地球内部の研究においては古地磁気研究がプレートテクトニクスの確立に中核的な役割を果たしたし、宇宙空間研究においてはプラズマの研究がその対象域を電離層を越えて磁気圏、太陽圏に拡大し、惑星や彗星のプラズマ、その太陽風との相互作用など宇宙空間を満たすプラズマと磁場の激しいダイナミックな挙動を明るみに出していった。一方電離層より下部においては、成層圏との間に存在する厚い大気層に探査のメスが入られ、ここにおいても大きく流動し変動する中層・超高層大気の様相が明らかになった。

この発展を受けて、1990年代以降の地球電磁気学は緊密な国際協力のもとに地球・惑星内部や太陽・惑星系空間のダイナミクスの全体を系統的に把握し総合的に理解することを目指すとともに、現象の根底にある素過程について本質的な理解を深めることを指向している。

ところで、過去20年間を振り返ってみると、プレートテクトニクスで代表されるような地球惑星科学の革新的な進展にたいして、日本の科学者が主導的な役割を果たしてきたとは必ずしも言いきれない。さらに、現在の研究・教育体制は20年前と本質的に大きな違いはない。したがって、いま新しい将来構想のもとに研究者の意識および研究体制の両面で大きな変革を行わなければ、地球惑星科学の大転換期に乗り遅れ、今後の10年あるいは20年間においても日本は受動的な役割を果たすにとどまるであろう。

このような時期にあたって、日本学術会議地球電磁気学研究連絡委員会では21世紀の初頭約10年間を見通す将来計画の策定を行うこととし「宇宙空間」「中層・超高層大気」および「地球および惑星内部」の三つの分野についてそれぞれワーキンググループを組織し、1990年春から作業を行ってきた。この報告はその作業内容の要約である。

第1節において、宇宙空間、中層・超高層大気、地球および惑星内部それぞれの分野における現状認識と問題点、将来展望と研究課題について述べ、第2節でそれらを推進するに必要な具体的措置、第3節で研究・教育体制にふれる。

## 1. 現状と課題

### 1-1 宇宙空間

この分野の研究は1960年代初めの人工衛星探査時代の幕開けとともに飛躍的な発展をとげた。その結果、太陽風、磁気圏尾部や衝撃波面の実測などによって磁気圏の基本的構造と地球周辺のプラズマのふるまいに関する知識は格段に豊富になった。しかし、同時に新たな謎も生み出されることとなった。磁気圏、電離層などそれぞれの領域内での素過程については理解が深まったが、それらが複雑に絡み合った非一様な系としての理解は不十分な状態である。また人工衛星による観測データもこれまでは空間的にきわめて限られた範囲のものであったが、今後は更に拡大して3次元的構造とその時間変化を明らかにすることがまず必要である。

今後とくに重点を置いて進めるべき研究対象をまとめると、1) 太陽と太陽圏、2) 地球磁気圏、3) 磁気圏・電離圏結合、4) 惑星の磁気圏・電離圏、となる。

「太陽と太陽圏」の今後の研究においては、太陽コロナから太陽風への遷移領域、内部太陽圏から外部太陽圏への遷移、および太陽風プラズマから星間空間プラズマへの遷移領域に焦点が置かれよう。この研究動向に沿ったものとして特筆すべきは、2000年代初頭の打ち上げを目指している米国NASAのソーラープローブ計画である。太陽から4Rs (Rsは太陽半径) まで探査機を接近させようとする画期的な試みで、日本からの計画への参加を積極的に考える必要がある。このほか太陽同期衛星による太陽および太陽風の観測、太陽活動および太陽風の総合的地上観測、高エネルギー宇宙線観測による太陽圏大規模構造の研究、計算機シミュレーションによる太陽圏の研究、などが今後推進すべき課題である。

「地球磁気圏」の研究は広く惑星の磁気圏を研究する上での原点である。1980年代の研究は、磁気圏内のプラズマ現象の多様性を浮き立たせた。個々の現象には切り離して説明できたものがあるが、磁気圏全体としての基本的なメカニズムの定量的な理解が進んでいない。多面的に絡み合ったシステムとしての全体像を得るには、個々の観測の強化と同時に、点から多点、多点から面の情報へと、情報の性質を変えてゆかなければならない。このために、複数(5-10個程度)の小型衛星と親衛星を打ち上げて磁場、電場、粒子の観測を行うクラスター衛星計画の推進、静止軌道衛星および準静止軌道衛星による磁気圏モニタリング、理論・計算機シミュレーションなどを積極的に実施すべきである。

「磁気圏電離圏結合」の研究においては、オーロラとそれにかかわる粒子加速がひとつの重要な焦点である。沿磁力線電場の存在は理想的電磁流体力学の破綻を象徴していると同時に、磁気圏と電離圏領域の境としての高度数千キロから一万キロの領域の重要性を明らかにした。ここでも、個々のミクロな現象の競合過程と、そのマクロな場へのはねかえりが問題となろう。また、電離層レベルと磁気圏レベルの磁力線をつなぐ正確な磁気圏磁場モデルや、磁気圏プラズマ組成密度などの標準モデルの構築が望まれる。さきに述べたクラスター衛星計画や、南北極域地上多点観測網によるオーロラ現象の観測、極地域レーダ観測とくに北極における非干渉性散乱(IS)レーダー計画、ロケット観測計画、理論・計算機シミュレーションの推進が必要である。

他の太陽系天体の電磁現象は、それぞれの惑星の周辺環境の違いに大きく影響されている。水星、木星、土星、天王星、海王星のように固有磁場をもつ惑星では、それに基づく磁気圏の存在することが確認されている。これにたいして、金星や火星のように固有磁場をもたない惑星では、太陽風と電離層または中性大気が直接接するという地球にはない形の境界面が存在する。これら他の惑星の磁気圏や新たな境界面の詳細を研究する「比較惑星磁気圏学」が、いま大きな展開を見せようとしているところである。現在米国、ヨーロッパではこれから21世紀にかけて、かずつの惑星探査計画がある。わが国でも宇宙科学研究所で開発中のM-Vロケットなどにより火星や金星の探査を計画すべきである。また将来は、衛星VLBIによる惑星電波観測計画も考えられるし、地上干渉計網による惑星電波の観測も有効である。

## 1-2 中層・超高層大気科学

超高層大気物理学では、IGY（国際地球観測年）に始まる1950年代以降約30年にわたる研究で、電離層やオゾン層の成因を含む鉛直線構造の基本知識が整備された。その結果、電離層の外側に広がる磁気圏や太陽系惑星空間を対象とする宇宙空間プラズマ物理学が分化し、一方、中層・超高層大気においては力学的側面の研究が主要な課題となった。とくに対流圏気象学と超高層物理学の境界領域として未知のことの多かった中層大気に関しても、MAP（中層大気国際協同観測計画）に始まる1980年代の研究で、対流圏から伝播する各種波動に関する力学理論の確立や、大型レーダーを始めとする高性能観測手段の開発が進み、また基本的理解のためのメカニスティックな数値モデルの作成も試みられ、それぞれの高度・緯度領域ごとの現状に対する定性的な認識がほぼ整った。

中層・超高層大気科学はいま再び質的変容を遂げようとしている。その指向するところは、下層大気や宇宙空間、さらには水圏、生物圏、雪氷圏、固体圏との相互作用を包含したひとつの地球システムのなかでの中層・超高層大気科学である。既存の各分野の研究対象は有機的に統合され、「領域現象間相互作用」「長時間スケール」「新しい物理学の開拓」の三つの柱が中層・超高層大気科学のあらたな展開を支えるうえで重要となろう。

中層大気・超高層大気・電離層などそれぞれの領域内の現象についての理解は進んだが、全高度領域の統一的観測が未達成であるため、領域間の相互作用について定量的把握がなされていないものが多い。「領域現象間の相互作用」ではこのように高度領域間の相互作用にとどまらず、水平方向、つまり赤道域・中緯度域・極域間の相互作用や、物質循環などを考える場合、手法的にも力学・化学の結合が重要である。例えば赤道大気の準2年周期変動と南極オゾンホールとの相関が指摘されているが、この解明には低緯度および南半球での観測の蓄積が不可欠である。このように鉛直方向・水平方向の相互作用、力学・化学過程の解明のためには赤道域および極域での拠点観測所による観測にくわえて地上・航空機・気球・ロケット・人工衛星を用いてリモートセンシングと大気のサンプリングを組み合わせた総合的観測が必要である。

これからの中層・超高層大気科学では、これまでの種々の相互作用の素過程に関する研究成果をもとに、「長時間スケール」の視点からの研究が重要である。これには観測による実証が可能な地球大気の経年変動と、それよりずっと長い惑星・地球大気の歴史に関連するものがある。最近、赤道成層圏大気波動効果によると考えられる約2年の周期的変動が発見された。大気海洋相互作用によるとされる約4年周期の変動も見いだされている。またオゾン減少、二酸化炭素濃度の増加など大気組成の変化という深刻な問題もある。このように数年から数十年におよぶ、主として下層大気起源とみなされる変動はこれからの重要な研究課題である。さらに時間スケールの長い気候変動、地質時代の気候変動、地球および惑星大気の起源と進化の問題は大気圏科学のもっとも新しい研究課題である。これらの研究を推進するうえでは、さきに述べた地上・航空機・人工衛星などによる観測のほかに探査機による惑星大気の観測を実施する必要がある。

さらに21世紀の研究のあり方を考えてみると、中層・超高層大気圏内の科学にとどまらず、隣接する地球・惑星科学諸分野をも統合し、新しい理論的概念・手法を導入した”より普遍的な新しい大気科学”の形成が課題となろう。

### 1-3 地球および惑星内部

地球や惑星内部で起こっている現象を理解するためには、力学、熱学、電磁気学など様々な方法を用いた総合的な研究が必要であるが、ここでは地球および惑星の内部活動とその現れである表層現象や外部環境との相互作用に焦点を絞った地球惑星科学において、電磁気学的アプローチをどのように進めるか、またそのためには何をなすべきかについて述べる。

プレートテクトニクスの展開とともに、1970年以降固体地球科学は飛躍的な発展を遂げた。一方、惑星探査が進展し、地球を太陽系の一員として地球・惑星活動を総合的に理解しようとする動きが強まった。

地球電磁気学は、地球・惑星の基本的な場である電磁場を研究対象・手段とすることにより地球活動を理解しようとする分野であり、大陸移動、海洋底拡大などの研究において、プレートテクトニクスの確立に決定的役割を果たした。現在ではプレートテクトニクスの範囲を越えて、より地球深部のマントル下部や核の活動とその相互作用、さらに惑星の活動までも視野においた地球惑星科学が進展しつつある。地球や惑星の電磁場はこれらの惑星深部でのプロセスに直接関連した現象であり、新しい地球惑星科学にとって地球電磁気学の役割はますます重要なものとなる。

地球および惑星の内部に焦点をおいた地球電磁気学の研究は、(1)地球内部の構造、物質、状態に関する研究、(2)地球内部の活動に関する研究、(3)地球および惑星の進化の過程に関する研究、の3つに大別されよう。しかし、最近20年間の研究の進展をみると、これらの研究が互いに独立したものでなく、時空間に広がるひとつの地球システムの解明をめざして、お互いに関連して研究を進めてゆくべきものであることがわかる。

「地球内部の構造、物質、状態に関する研究」についていえば、例えば、海洋地域においてプレート構造を反映する電気伝導度構造や、内陸の下部地殻の一部に高電気伝導層の存在すること、地磁気縞模様に関連した海洋地殻構造などが明らかになった。これらの新知見は力学的、熱的な構造と関連させて地球活動を理解するために重要である。とくに、下部地殻の構造は今後大陸の形成過程の研究にとって必要不可欠の情報であり、研究の積極的推進が望まれる。最近、下部マントルについては地震トモグラフィーなどの進展により力学的構造が明らかになりつつある。今後、マントル遷移層、核・マントル境界の電磁氣的構造を解明することが地球活動の理解の上で必要であり、加えてマントル物質の超高圧下での電気伝導度などの物性を明らかにすることが重要である。

「地球内部の活動」は、地震、火山活動など地球表層の活動と、核や下部マントルのような地球深部での活動とが特徴的である。最近十数年間に、地震、火山活動に伴う電磁場変動の研究が著しく進展し、地球表層活動の理解に役立っている。日本列島全体を見渡した観測と同時に、断層地域、火山地域での重点的同時連続観測を推進すべきである。一方、マントル深部および地球核のダイナミクスの解明は地球磁場起源の解明と密接に関係してくる。いわゆるダイナモ理論の推進、とくに他の惑星磁場との比較を含めた理論の展開を促進すべきである。同時に、グローバルな電磁場変動の観測が必要で、これまでの観測が主に陸域に限られていた欠陥を補うため、長期的には海域での海底観測所の設置や、人工衛星による地球磁場観測のルーチン化を図る必要がある。

「地球・惑星の進化過程」の解明のうえで、古地磁気学の果たす役割は大き

い。地球初期の磁場や隕石の磁化の研究、地球磁場逆転と地質時代境界との関係、磁場変動と気候変動など数多くの研究がなされてきた。最近では海底や湖底堆積物コアの獲得方法の技術的進歩により過去数万年の磁場変動、磁場逆転が精密に議論できるようになった。今後の研究推進のひとつの方向は、日本周辺海域の、特に堆積速度が早い（数m/1000年）海底の掘削による最近数万年の磁場変動の精密解析と、中程度の堆積速度（10cm/1000年）の堆積物の獲得による逆転時の磁場変動の解析であろう。そのためには日本独自の装置と専用の観測船とを保有することが重要である。

上に述べた研究の現状と展望に基づき、今後の研究課題と研究計画を次のようにまとめることができる。

- (1)地球惑星磁場の起源の解明：このためには、(a)ダイナモ理論などの理論的研究、(b)グローバルな磁場変動観測の推進、(c)古地磁気学による過去の磁場変動の解析、(d)惑星探査、を緊密な連絡をとりながら進めることが必要である。
- (2)地球磁場変動史：地球進化過程の究明に必要で、(a)海底磁気異常の精密観測、(b)古地球磁場変動の連続的観測、(c)太古時代の古地磁気研究、(d)地球環境と磁場変動の関係の解明、などを推進すべきである。
- (3)地球惑星内部3次元構造：地球活動を反映した構造を調べるために3次元構造の解明の段階に移行しつつある。(a)グローバル観測、(b)高密度のアレー観測、(c)超高圧実験、(d)古地磁気学による構造発達の研究、(e)惑星探査、(f)資源探査技術の開発、の研究を進めることが必要である。
- (4)地殻活動の監視：リアルタイムで地球活動を観測、監視することは地球科学の原点であると同時に地震・火山噴火予知のような社会性の高い課題と直結する。(a)予知技術の開発、(b)マグマの探査と活動の監視、(c)活構造の探査と活動の監視、(d)電磁環境の監視、(e)地殻活動史の研究、を推進すべきである。

## 2. 研究推進のための具体的措置

前節で、宇宙空間、中層・超高層大気、地球および惑星内部の研究において、研究の現状ならびに今後推進すべき課題を述べた。これらの課題を推進するうえでは、ハード、ソフト両面での整備が必要であるが、全体の課題や推進計画をまとめてみると、異なる課題のあいだで実は同じものが要求される場合がある。例えば上の三大研究分野のいずれでも必要とされている惑星探査のようなものである。これら重複しているものや共用できるものは整理するなどして、先にのべた研究課題を実行し目標を達成するには、なにが必要で、なにを重点的に整備したらよいか、をこの節でまとめた。

### (1)探査機による惑星探査

太陽・地球・惑星・太陽系空間を統一的なシステムとして理解することを目標として研究を進める場合、探査機による惑星探査は不可欠で、わが国も積極的に推進すべきである。

わが国の探査機による惑星探査の対象としては、まず地球型惑星(火星、金星)を選び、多くの点で地球と共通のパラメーターを持ちながら太陽からの距離の差、磁場の有無や自転速度の相違によって個性的な状態が作り出されているこれらの惑星の磁場ならびに電離圏と大気圏の観測を実施し、新しい知見を得る

ことを計画するべきである。2000年代に入ってからでは大型の探査機によって地球型惑星の研究を発展させるとともに、対象を拡大し、大気を欠く水星の磁気圏と太陽風の相互作用、あるいは自転運動を主要なエネルギー源とする木星磁気圏のダイナミックスの研究等を進めることが重要となろう。これらの惑星探査計画は諸外国の計画との連携によって相互に補完しながら有機的に推進して行く必要がある。

## (2) 海外拠点観測所の設置

中層・超高層大気、電離圏、磁気圏の研究分野でのひとつの大きな課題は、赤道域、中緯度域、極域間の相互作用や物質循環である。この研究推進のためには、極域と赤道域に拠点観測所の設置が必要とされる。

大気圏や磁気圏の大規模なダイナミックスを駆動するエネルギーは、地球上の特定の緯度領域で集中的に生成あるいは供給される。大気現象においては赤道域、磁気圏現象においては極域がそれである。わが国は従来これらの重要領域に海外観測チームを派遣し短期集中型の観測を行って研究成果をあげて来たが、南極昭和基地を除き定常的な観測拠点は持っていなかった。しかし今後の研究発展のためには大型観測機器を中心にすえた観測拠点を設置し、国際協力によって長期間の観測を実施して行く必要がある。

中層・超高層大気については、インドネシアを候補地として赤道拠点観測所を設置し、地表2kmから高度1000kmにわたる大気各層を連続的に長期観測し、大気波動、乱流パラメーター、拡散係数、電離層電場等のデータを得ることのできる大型レーダーを中心とする観測を行うことが望ましい。レーダー観測とともに電波、音波、光を用いた各種地上リモートセンシング、気球観測、航空機観測を実施し、水平方向にも観測領域を拡大することによって総合的な観測をめざすべきであろう。

極域現象については、従来わが国の観測が重点をおいてきた極光帯よりも高い緯度であり、太陽風と直接のつながりを持つ極寒域の観測を強化する必要があるため、スピッツベルゲンを候補地として非干渉性散乱(IS)レーダーを設置し、太陽風プラズマの侵入とこれに伴う大規模なプラズマ流動の発生をモニターすることが望ましい。これによって太陽風のエネルギー流入を把握し、惑星による太陽風直接観測との比較によってエネルギー流入機構の解明をすすめる。極域は大気科学にとっても興味深い領域であり、極域拠点観測所ではこの観点からの長期観測も実施することが望ましい。これらの観測は全地球規模の環境変動の監視と原因究明という社会的要請にもこたえるものである。

## (3) 航空機観測体制の確立

航空機は、成層圏やオゾン層の中で直接観測やリモートセンシングを行うことにより組成や化学過程について広範な情報をもたらすことのできる重要な観測手段である。高度5km付近を飛行し成層圏をリモートセンシングで観測する比較的小型の飛行機と高度10km以上の成層圏飛行ができ、しかも航続距離の長い大型機とを併せ持つことが望ましい。航空機観測は気象分野の雲や放射の観測領域でも重要であり、これらを総合した航空機観測体制の確立を必要とする。

## (4) 理論研究の強化

宇宙空間科学及び中層・超高層大気科学は不均一、非定常なガスやプラズマ



を対象とする開放系物理学であり、そこでの過程はしばしば非線形的な成長をとっている。このような複雑な系に生起する現象を理解するためには理論研究を高度に発展させることが重要であるが、この分野における理論専攻分野は存在しないに等しく、憂慮すべき状態にあり、大学や研究所の理論分野を創設強化することが急務である。また数値シミュレーションの技術を発展させることにより、宇宙空間や中層・超高層大気における複数の素過程の競合や非線形発展などを三次元的に追求して行くために、シミュレーションによる研究のための環境整備が必要とされる。

#### (5) 海底地磁気観測所の設置

自己浮上型磁力計などによる数カ月程度の観測は現在でも行われているが、これらの臨時観測では地球核から発生する主磁場の変動をとらえることができない。地震学のポセイドン計画と同様に西太平洋海域海底に均質に配置された恒久的な観測点が必要である。このためには電源供給やデータの吸い上げなど多くの問題を解決する必要があり、技術開発が必須である。当面は太平洋横断ケーブル(TPC-1)など海底敷設ケーブルの利用や、関東東海地方、西南日本、東北北海道など陸地から比較的近距離の浅海、大陸棚などの設置から初め、技術的な進歩の後に西太平洋の深海への設置を目指すべきである。

#### (6) 地磁気観測所の整備

さきに述べたように、最近地磁気観測所の重要性は一層高まってきている。特に地震予知や火山噴火予知など災害軽減を目指す研究には永年変化や外部変化に起因する変動の補正が基本的重要性を持っており、地磁気観測所の役割が大きい。この意味では現在の国内の配置は幾分片寄っており、西南日本、特に中国四国地方に観測所がないことが種々のデータ補正、永年変化の研究の障害となっている。西南日本での地震災害や火山災害の危険度から考えても、早急に地磁気観測所を西南日本に設置すべきであろう。

一方で、都市開発や鉄道電化、電力輸送方式の変化など電磁環境の悪化が進んでおり、わが国での地磁気観測を著しく困難にしている。基準観測所の観測を維持することはきわめて重要で、対策が必要である。

また現在地磁気観測所を持続して維持することが困難になったために閉鎖する動きが多く、発展途上国にあり、国際的な問題となっている。このため、日本の観測所組織を維持するとともに、測定ハード・ソフト面や観測技術者の養成をも含めて、日本が主に東アジア・太平洋地域の観測所維持のために国際協力すべきであろう。

#### (7) 海底堆積物コア採取用専用船の建造

地磁気永年変化モデルの研究から明らかになったように、高い時間空間分解能を持ったグローバルモデルによる磁場の記述から地球磁場の本質的なふるまいが明らかになる。このような研究を、直接観測の数百年から地磁気逆転を含む数百万年まで拡大するためには、海底堆積物コアの系統的採取を行うのが最も現実的である。このために深海掘削計画によって開発された新しいコア採取の技術(ハイドロリックピストンコア)を用いて、海底の堆積物を100~300m程度連続的に採取する専用船を建造することが必要とされる。これは備船によっても実現可能であり、堆積物コアからは地磁気永年変化だけでなく、生物種の変

遷、火山活動、酸素や炭素の同位体比など、様々な指標を用いて過去から現在への地球環境の変化を研究することができるため、この計画をぜひ学際的協力のもとに推進すべきである。

#### (8) 磁場観測のための科学衛星

地球磁場のグローバル観測にはMagsatのような極軌道を飛ぶ人工衛星が最も効果的である。これには200-400kmの低高度で比較的短期間に地殻・上部マントル起源磁場の精密マッピングを行うものと、1000-1500kmの高高度で10年以上の期間にわたり観測を続けて、永年変化の精密測定を行うものとの二種類が必要である。これらの人工衛星は米欧などでの計画(例えばMagnolia)などと相補的になるよう国際協力の上で実施されるべきものである。

#### (9) データネットワークとデータベースの整備

計算機能力の増大とネットワーク伝送速度の増加に伴い、大量の生データや画像データをネットワークで利用できるようになることを予見し、地球電磁気に関わる大量の観測データの転送、データベース化や解析に関するシステムと体制を整備して行く必要がある。このためには世界資料センターを充実させるとともに、総合的な業務を行うナショナルデータセンターを発足させることが望ましい。

### 3. 研究・教育体制の整備

学術的目標以外にも、地球電磁気学は宇宙開発、地球環境(過去から未来に向けて)の監視、地震・火山噴火予知、海底資源開発など人間生活に対し多方面でつながりを持っている。しかし現状ではこの方面の研究者は少なく、また大学等における研究者の養成は極めて不十分である。この分野は理学的な面と工学的な面が密接に関連しているため、理工学の両面を兼ね備えた地球惑星科学等を新設・強化するとともに、特にその中でも地球電磁気学関係の講座を増設する必要がある。

宇宙空間及び中層・超高層大気科学は共同利用研究所と大学の研究者、および各省庁研究機関の研究者によって推進されている。これらの機関に属する研究者が緊密に協力することによってプロジェクト研究と基礎研究が一体となって発展するように、客員部門の強化や人事交流を活発に行うことが重要である。

とくに惑星研究については、全国規模の惑星研究センターを設置し既存の研究所や大学との連携のもとに固体惑星から大気圏、電離圏、磁気圏にわたる惑星研究の推進にあたることが望ましい。

また、海底地磁気研究所、衛星による磁気探査、海底堆積物コア採取専用船の運用などは、いずれも現存する大学等の部門で実施することは不可能な規模のものである。従って既設の研究機関に技術開発を進めこれらの事業の推進をはかるための部門を増設するか、あるいはあらたに「地球惑星電磁気センター」といったものを設置する必要がある。「同センター」が設置されれば上記のような事業の他に電磁気関係のデータベースの整備やネットワークの維持、更に東南アジアなど国外の技術者の養成などの国際協力の側面をも持たせることができよう。

一方、中学・高校教育においても、教材に地球電磁気学研究的発展を反映

させることによって、研究の成果を一般市民に還元するとともに、将来を担う世代に早い時期からこの分野に関心をもたせる教育を行うよう、働きかけて行く必要がある。

## むすび

過去およそ30年の間に地球電磁気学は大きな発展を遂げ、一部は宇宙空間のプラズマを研究する分野に、一部は中層・超高層大気を研究する分野に、一部は地球および惑星内部を研究する分野へと成長した。この間それぞれの発展は目ざましく、数々の成果が挙げられたが、どの分野も、いまひとつの転機を迎えようとしている、と思われる。地球内部の研究を例にとっても、プレートテクトニクスを基盤として華々しい展開をしたあと、地球深部の研究を指向した途端、惑星としての地球という視点を抜きには進まなくなった。核とマンツルの分離はいつどのようにして起こったのか、内核の成長はいつまで続くのか、といった地球の成長進化過程を考慮しないでは現在の地球の構造や、磁場の生成過程を理解することができない段階になってきた。必然的に、他の惑星の磁場はどのようにしてつくられているか、その惑星の成長過程がどのように影響しているか、という問題が生まれてくる。同じようなことは磁気圏の研究分野でもある。地球磁気圏と他の惑星の磁気圏との類似性、あるいは相違性、さらには惑星の成り立ちがどのように影響しているかは、ひとつの大事な研究課題である。個々の研究分野がそれぞれの将来を見通したとき、そこに共通の視点として浮かび上がってきたのが、太陽系とその一惑星としての地球という見方である。それぞれの研究分野の間の関連と、それぞれが扱ってきた対象の間の相互作用の解明が大きな課題となってきた。太陽系あるいは地球をひとつのシステムと見立てて、そのシステムを総合的に解明しようという機運が生まれてきた。同じ源から一度違った方向を指向して発展した研究分野が、それぞれの研究成果のうえに、ひとまわり大きくなって再統合されようとしている。

このような時代の転回点にあつて、わが国の研究者が新しい研究の主導的推進力となるには、研究者自身が明確な将来展望をもつことが必要である。それなくしては、研究の流れは国外でつくられ、それに受動的に参加するという立場にふたたび甘んじなければならなくなるであろう。先導的研究を進めるには、課題を究め、目標を達成するのになにが必要かを整理しておくことが重要である。ある場合には大規模な施設設備が必要になろうし、ある場合にはそれほど経費なしに実行できることもあろう。それらの正確な認識にたつてはじめて大きな目標を効果的に実現することが可能になろう。この報告書はそのような展望を与えるものであることを期待している。