

スペースプラズマ共同利用研究について

伊 藤 富 造

1. は し が き

十数年前、ロケットによる宇宙空間観測が始められた当時は、観測技術としては従来実験室内で用いられていた測定方法をほとんどそのまま応用したものが多かった。しかし最近では、測定精度やデータの信頼度に対する要求が高まり、宇宙空間の物理的環境に適した、あるいは飛しょう体に搭載するに都合のよい独自の観測技術を生み出す必要にせまられてきた。そのために、従来の室内実験では、必要としなかったような特殊な装置を用いて宇宙空間によく似た物理状態を作り、基礎研究や搭載前の機能試験を行なうことが考えられた。また宇宙空間の物理像を正しく理解するためには、飛しょう体による直接観測や理論的研究と共にモデル実験も有効な手段となり得る。

このように地上の実験室内で行なう宇宙空間物理の実験的研究を総称して、Laboratory Space Science とよんでいる。そのうち特にプラズマ実験に関する研究は、わが国のロケットによる観測が最初電離層プラズマの観測に目ざましい成果をあげたゆえもあって、わが国では、比較的早くから Laboratory Space Science の萌芽ともいえるべき室内実験が行なわれていた。その例としては Resonance Probe の研究が代表的なものである。そして 1950 年代の末には低密度プラズマ実験用の Space Chamber の構想が打出され、1960 年代に入ると郵政省電波研究所、電々公社電気通信研究所、東北大学電気通信研究所にそれぞれ独自の構想にもとづく Chamber が建設された。このような経緯を経て、1964 年宇宙航空研究所が設立された当初から、共同利用研究施設としての多目的スペースチェンバーの建設が立案され、次節に述べるような経過で建設され、本年度より、宇宙研の共同利用研究活動の一環としての共同研究が開始されたのである。

2. 共同利用研究発足までの経過

昭和 40 年度からその後 3 か年にわたるスペースチェンバーの建設が開始され、その実行計画作成のために、玉木章夫教授を委員長とする計画委員会が設置されて、宇宙科学実験用スペースチェンバーと材料試験用小型チェンバーの建設案の大綱が定められ、さらに宇宙科学実験用スペースチェンバーの具体案を作成するために、平尾邦雄教授を委員長とする建設小委員会が組織され、3 か年にわたって細部に至るまで詳しく検討を行なった。その結果 40 年度に本体および制御装置が、41、42 年度に周辺装置が完成し、43 年度には所内関係者により運転、調整および後方拡散型プラズマ源によるプラズマ発生実験が行なわれた。スペースチェンバー室設備およびプラズマの発生実験については、別に詳しく報告する予定であるが、概要は次のとおりである。

- (1) プラズマ容器本体: 約 $2\text{ m}\phi \times 3\text{ mL}$, 非磁性ステンレス製.
- (2) 真空排気系: 36 吋油拡散ポンプ 2 台並列を主とする. 到達真空度 $1 \times 10^{-8}\text{ Torr}$ 以下
- (3) 加熱系: 熱油媒体循環系により 200°C まで加熱可能
- (4) ガス導入系: 本体内に各種ガスを $10^{-2} \sim 10^{-6}\text{ Torr}$ の範囲で導入可能
- (5) 空心コイル: ヘルムホルツコイルで, 中心磁界 $0.4 \sim 100$ ガウス.
- (6) 可動探針: 本体内部を三次元的に走査可能
- (7) 制御系: 真空排気は自動運転装置により行なわれる.
- (8) プラズマ: 電子密度 $10^3 \sim 10^7/\text{cm}^3$, 電子温度 $1 \times 10^3 \sim 7 \times 10^3\text{ K}$

この装置を用いた共同利用研究を開始するに先だち, 研究の具体案を作成するために, 所内外の関係者によりスペースプラズマ研究専門委員会* が組織された. この委員会で共同研究の進め方全般にわたって検討した結果, 共同研究テーマの種類としては

- (1) 飛しょう体搭載用観測機器の基礎研究および試験
- (2) 宇宙空間プラズマのシミュレーション実験
- (3) 宇宙空間プラズマ物理に関する基礎研究

のいずれかに属するものとし, 44 年度共同研究テーマの公募を行ない, 15 件のテーマを採択し, 5 月より実施に入った.

また, スペースチェンバーと併行して建設されていた高密度プラズマ発生装置も本年度に完成し, 本年度後半より同様の手続を経て共同利用に供された. この装置の内容については, 本号に別に詳しく述べられているのでここでは省略する.

3. 昭和 44 年度共同研究の状況

i) スペースチェンバー

研究の実施に当り次の 5 研究班を編成し, 実験期間などの調整を行なった.

- (1) DC プローブ班, (2) RF プローブ班
- (3) 機器テスト班 (4) 質量分析, 粒子班
- (5) シミュレーション班

このような調整の結果, 所外研究者により実行されることになった研究は次のとおりである.

氏名	所属	研究題目	時期
宮崎 茂	電波研	レゾナンスプローブの比較実験	5 月
加藤 進	京大・工	プラズマカップリングプローブによる電離層観測の基礎実験	5, 8 月
岩井 章	名大空電研	REXS プラズマテスト	6 月

* 委員長: 平尾邦雄, 所内委員: 大林辰蔵, 高柳和夫, 伊藤富造 (幹事), 河島信樹, 久保治也, 江尻全機, 向井利典, 所外委員: 八田吉典 (東北大・工), 高山一男 (名大プラズマ研), 等松隆夫 (東大・理), 百田 弘 (京大・工), 土手敏彦 (理研), 宮崎 茂 (電波研), 松本 紘 (京大・工)

鎌田哲夫	名大空電研	K-9M-26 搭載用電波雑音観測器の試験	6, 7月
宮崎 茂	電波研	L-3H-5 搭載用 Retarding Potential Trap の試験	7 月
松本 紘	京大・工	スペースチェンバーによるプラズマ波動実験	8 月
土手敏彦	理 研	スペースチェンバープラズマの RF プローブによる空間電位の測定	9 月
雨宮 宏	理 研	オリフィスプローブの実験	10月
畚野信義	電波研	飛しょう体搭載用質量分析器の試験	11月
山下広順	名大・理	軟X線用比例計数管の紫外線に対する感度の測定	7, 12月
等松隆夫	東大・理	高速プロトンの電荷交換衝突の測定	12月
本沢忠夫	名大プラズマ 研	小型高速中性粒子測定器の性能試験	1 月

現在（12月末）までに最後の1件を残して他の実験はすべて終了している。これらの実験結果の中間報告を兼ねてスペースプラズマ研究会が12月11, 12の両日開催され、それぞれの実験結果が詳しく報告された。その内容の詳細に関心をお持ちの方は、近く発行される同研究会の報告集をご覧願うこととして、ここではその全般的な様子について述べる。

前出の研究テーマ一覧表でもおわかりのように、今年度のテーマの大部分は、既に試作ずみの観測機器のテストに属するものであった。従来わが国における（諸外国でもそれほど事情は違わないであろうが）飛しょう体用観測機器は十分なシミュレーションテストなしに搭載された。もちろんそのままでも良好な観測結果は数多く得られてはいるが、搭載機器特有の問題に当面することも少なくなかった。その一例として、畚野氏が今までに Bennett 型質量分析器を使用して数回にわたってロケット観測を行なって得られたデータと、同じ質量分析器を、実験室の小型真空槽内でイオン源を分析器の直前にとりつけて分析を行なった際に得られたデータとの間には、マスペクトルピークの形に大きな相違があらわれている。この点に特に留意して、畚野氏はスペースチェンバー内に流れのあるプラズマを発生させ、イオン組成の分析を行なったところ、ロケット観測結果と類似の形状をしたデータが得られ、種々の条件を変え検討した結果、ロケットとプラズマの間の相対速度、電位差が2種のデータの間の相違のおもな原因であることが明らかになった。今後スペースチェンバーを利用して相対速度、空間電位等をパラメータとして校正用データをあらかじめとっておけば、ロケットにより得られたデータからより詳しい情報が得られることであろう。

また、江尻、大林両氏のラムダ衛星搭載用インピーダンスプローブの試験のように、チェンバーを用いた最初の実験で試作機器の問題点が発見され、改造後あらためて実験を行ない満足すべき性能が確認された例もある。

ここにあげた2例のように、スペースチェンバーによるシミュレーションテストは飛しょう体搭載前の観測機器の機能試験としてきわめて有効であることがわかったので、今後は可能な限りこの様な本格的なテストを行ない、所期の性能の確認をすませてから飛しょう実験に入ることが望ましい。この意味での機器テストとして平尾、小山両氏の電子温度計、宮崎、森両氏の RPT の実験も行なわれた。

また、岩井、早川両氏および鎌田氏の実験は飛しょう体内部の種々の電気系統の振動電流によって作り出される電磁界がプラズマ中の自然電波の観測にどのくらい悪影響を及ぼすかの試験であった。この様な実験も、搭載機器をそっくり収容できる大型チェンバーのプラズマ中ではじめて可能となったものである。

観測機器の基礎研究としては、各種プローブの実験や、本沢氏の中性粒子検出装置の実験などがある。このうち土手氏の RF プローブによる空間電位の測定の実験は、単にプローブ測定法の研究に止まらず、スペースチェンバー内プラズマの空間電位分布、特に磁場を印加した際の空間電位分布が高精度で測定されたので、他の研究のための参考データとしても非常に貴重なものが得られた。

このほかに物理的な基礎研究としては、松本氏らのプラズマ波動実験と、等松氏の高速プロトンの荷電交換に関する実験が行なわれた。松本氏らは、多種多様な角度からの実験を行なったが、現在までの解析により得られた注目すべき結果として、1) スペースチェンバープラズマ中にイオン音波の定在波が存在することの確認、および 2) 波動-波動相互作用により電子プラズマ波を用いてイオン音波の励起が可能であることが報告されている。この種のプラズマ波動に関する実験が電離層プラズマに類似の低温低密度プラズマ中でなされたのは全く初めてであり、しかも短時日の間に明確な結論が得られたことは、プラズマ波動実験のような基礎研究に関してのスペースチェンバーの有用性を示すものであろう。

等松氏の実験は、昨年度から今年度にかけて新たに設置され、実験に供されるようになったソーラーウィンドシミュレーターを用いて行なわれたもので、この結果は現在解析されつつあるが、この実験は実際に惑星間空間で生じていると考えられる現象の一種のシミュレーション実験でもある。

ii) 高密度プラズマ発生装置

この装置を用いた共同研究の公募は本年度後半に行なわれ、応募テーマは電機大学村川梨教授の「プラズマからふく射するイオン・スペクトル線の研究」が 1 件であった。この研究は委員会における審査の結果採択され、現在実験が行なわれつつある。

4. む す び

本年度は、共同利用研究の初年度のこととて宇宙研当事者も、来所研究者も共にいろいろな意味で未経験のことが多いので、おそらく今年度はお互いに共同利用研究に、また大型装置での実験になれることが先決で、成果をあまり期待することはできないであろうというのが開始前の関係者の予想であった。たしかに実際実験に入ってみると、思わぬ手違いもたまには生ずることがあったり、実験上のミスが生じたりはしたが、全般的にはかなりスムーズに行なわれた。あまり期待されていなかった成果についても、実験の大半が終ってふりかえてみると、このような不なれを克服してすぐれた実験結果を出された方々もおられる。また全然予想もされなかった現象を見出し、来年度あらためてその現象の解明に取り組もうとしている方々もおられる。

このようなことから見て、初年度としてはまずまず順調なスタートを切れたと考えてよい

であろう。

一方来所研究者からの要望事項も少なからずあった。たとえば、1 実験を半月以内に限ったこと、小型予備実験装置の不足、プラズマパラメータのモニタ装置が不十分なこと、宿舎がないことなどの改善がそのおもなものである。いずれも早急な解決はむずかしいことばかりであるが、宇宙研当事者としてはできるだけ努力をして要望に沿いたいと考えている。

また、今後は本年度の経験にもとづき、研究者間の意見交流、討論の機会を多くし、共同研究の中から新しいすぐれた成果が次々と生み出されることを期待している。

1970 年 1 月 28 日 宇宙科学