

# 96年惑星科学夏の学校・フロンティア セミナー報告

戸田康史<sup>1</sup>，佐々木晶<sup>2</sup>，はしもとじょーじ<sup>1</sup>

夏恒例となっている惑星科学夏の学校・フロンティアセミナーが、今年は7月19日から24日まで静岡県修善寺の修善寺ユースホテルで東京大学地球惑星物理学教室の大学院生を幹事として開催された。惑星科学フロンティアセミナー（以下フロンティアセミナー）は7月19日から21日まで「惑星科学とりモートセンシング」をテーマに、惑星科学夏の学校（以下夏の学校）は7月21日から24日まで「惑星地球の化学組成」をテーマに行われた。このうち23日から24日の2日間は、昨年度と同様に電磁気学会の若手の会主催による電磁気学夏の学校との共通セッションとして行われた。今年で夏の学校は8回目を迎えたことになるが、昨年までと大きく違う点は今年から日本惑星科学会の後援を受けることになったということである。これまでの夏の恒例行事から学会の公式行事へと移行した最初の夏の学校となったわけである。

ここに今年の夏の学校・フロンティアセミナーの活動報告を記すが、それぞれのセッションに関する報告に関しては、オーガナイザーを務めた東京大学地質学教室の佐々木晶（フロンティアセミナー）と東京大学地球惑星物理学教室のはしもとじょーじ（夏の学校）が執筆している。

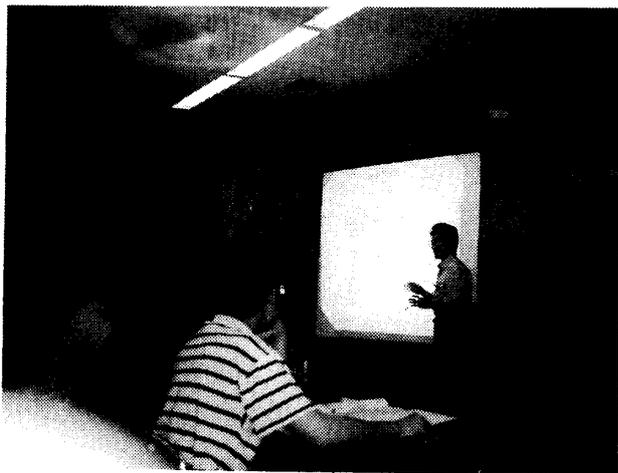
## 1. 準備, 当日の様子

昨年度の幹事校である神戸大学の方々から、前もって前年度の準備のスケジュールをいただいていた

のだが、そのスケジュールと比較すると今年の夏の学校の準備は非常にあわただしいものであったと思う。大まかなスケジュールだけ記しておく、会場の決定は年が明けた1月中旬、（夏の学校に関して）テーマの決定、講師の方への講演依頼は5月中旬と、一度夏の学校の幹事を経験された方が聞くとおよそ恐ろしいほどぎりぎりの準備だったと思う。共通セッションをおこなう電磁気学夏の学校の幹事校（京大）の方との折衝で、折衝にあたったこちらのスタッフが誰も記録をとっておらず、同じやりとりを相手と無駄に繰り返すということなど、失敗談・苦労話は枚挙にいとまがないのだが、ここでは省略させていただく。テーマ決定後は準備の遅れを取り戻すべく開催に向けてスタッフは雑用に追われる日々であった。今年はフロンティアセミナー、夏の学校ともに終了後に集録を作らない代わりに講演の予稿を講演者の方に書いてもらい、当日にそれを参加者に配るといった形をとったが、表紙はスタッフの1人の力作であった。その予稿集ができあがり、ようやく一息つけたのは当日の3日程前であった。

準備の出足が遅かったために心配されていた参加者もフロンティアセミナーが42人、夏の学校が78人と例年並の人数が参加し当日を迎えることになった。参加者の傾向としてはテーマの性格からかフロンティアセミナーには、大学関係以外の研究機関の方の参加が目立ったということも挙げておきたい。また、学部の1年生が参加していたことにも驚かされた。セッションに関する詳しい報告は後のセクシ

<sup>1</sup>東京大学地球惑星物理学教室、<sup>2</sup>東京大学地質学教室



ョンに書かれているが、会場の様子を見ると例年に比べて若干静かだったような気がする。講師の方々は非常に興味深い講演を下されたのだが、質問など聴衆の発言がやや少なかったのは少し残念であった。多少内容が難しかったのかもしれないが、わからないところは即座に質問するという参加者（特に若い学生）の積極的な姿勢も必要であったと思う。

セッション以外に自由時間や夏の学校夜の部（宴会）を楽しみにしてくる人の期待も裏切らないように、この点でもスタッフは気を配った（スタッフのほうが楽しみにしていたという話もある）。修善寺には温泉があり毎晩のように出かけていく参加者の姿もあった。また、会場近くの小学校グラウンドを借りてソフトボール大会も2度にわたって開かれた。特に23日には共通セッションを行った電磁気学夏の学校の参加者と対抗戦を行い、惑星科学のチームが



見事勝利をおさめたことは報告しておきたい。

参加者の中には不満な点はいくらかあったかもしれないが、おおむね問題なく日程を消化できたのではないかと思う。

## 2. フロンティアセミナー

本年度の惑星科学フロンティアセミナーは、佐々木がオーガナイザーになり、「惑星科学とリモートセンシング」というタイトルで開催した。

リモートセンシング(Remote Sensing)という言葉は、1960年代に、人工衛星からの広範な電磁波領域を利用した観測をさす言葉として、導入された。現在では航空機による観測も含めて、多種多様な遠隔非接触観測を総称する用語として使われている。現代の惑星科学にとって、天体探査機や高分解能望遠鏡によるリモートセンシングは、表面地形・地質、大気・気象などに関する基本的なデータを与えるという点で、最も重要な手段である。

日本でもようやく、本格的な惑星探査がスタートした。1997年の月探査衛星LUNAR-A、1998年の火星探査衛星PLANET-Bには、軽量のカメラが搭載される。また、2001年末に打ち上げられる小惑星探査衛星MUSES-Cには光学カメラにフィルターを組み込んだ分光撮像、赤外の分光観測が計画されている。さらに、2002年に打ち上げられる計画の月探査周回衛星では、可視・赤外の分光撮像機器のほか、レーザー高度計、レーダーサウンダーによるリモートセンシングが計画されている。また、X線およびガンマ線の分光による表面の組成の調査も行なわれる計画である。

しかし、日本の大学ではリモートセンシングを専門に教育しているところは少なく、地球惑星科学関係の学科の学生が体系的に学ぶ機会是非常に少ない。リモートセンシングデータを研究に利用している研究者でも、その基礎・背景を必ずしも学んではいな

い。今回のフロンティアセミナーでは、リモートセンシングとは何ぞや、というところから、地球で現在行なわれているリモートセンシング技術を知るということを主目的とした。さらに、日本で計画進行中の惑星探査について紹介して、現在の技術を使って何ができるか考えるきっかけにしたいという思惑があった。

今回のフロンティアセミナーでは、5人の専門家に講演をしていただいた。ユーザーのみの立場ではなく、リモートセンシングの技術的な部分に詳しい方に講演をお願いした。また、日本で計画進行中の惑星探査でのリモートセンシング機器について、その概要と狙っている科学について、話す機会を設けた。

#### 講演

山口 (名大・理)	リモートセンシングの概要と 実例
松永 (地質調査所)	熱赤外リモートセンシングの 地球科学への応用
増田 (気象研究所)	地球観測技術衛星による偏光 観測
田中 (地質調査所)	SARインターフェロメトリー
中野 (地質調査所)	NASAの惑星・衛星探査機デ ータの取り扱い方

#### 日本の惑星探査とリモートセンシング

中村・岡田 (宇宙研)・山路 (京大・理)	LUNAR-A LIC
寺藺・春山 (NASDA)	月探査周回衛星
齋藤 (西松建設)	MUSES-C AIC
佐々木・出村 (東大・理)	PLANET-B MIC

リモートセンシングの関連する分野は幅広く、とてもこの5人の方で全体をサーベイできるわけではない。今回は、今後の惑星科学との関連を意識した

ため、農業や森林のリモートセンシング、海洋汚染・環境のモニタリングなど、地球では重要な分野であるが、割愛した部分もある。

はじめに、名古屋大学の山口氏には、リモートセンシングについて基礎的な点からの概説をお願いした。リモートセンシングの定義（電磁波の反射・放射を用いて広域を探査する技術）、分類、長所・短所、電磁波の性質についての基礎的な事項をまず説明。その後、写真による地形判読、スペクトルパターンによる岩相識別、合成開口レーダーによるリモートセンシングの話まで、時間たっぷりの講演をしていただいた。

地質調査所の松永氏は、熱赤外リモートセンシングについての講演。この波長域（8—12ミクロン）は、表面からの熱放射が太陽光反射より支配的で、しかも大気で吸収されないため、様々は応用があり重要である。表面温度計測、夜間観測、硫酸塩・炭酸塩鉱物の同定、さらには水分量などを求めることができる。また、国内外の様々な衛星センサーについても紹介された。

2日目、気象研究所の増田氏は、衛星からの偏光観測について講演された。今年打ち上げられるADEOS衛星には、偏光観測を初めて行なうフランスの可視・近赤外域放射計POLDERが搭載される。これまでの放射輝度の観測と合わせることで、雲やエアロゾルの粒径や形状に関する情報を得ることができる。

地質調査所の田中氏は、干渉合成開口レーダーの(SAR Interferometry = INSAR)話をした。干渉の手法を使うと、2枚の合成開口レーダー画像から地形計測ができるだけでなく、3回以上のデータ（地形デジタルデータがあれば2回）から、その時間変化を求めることができる。この変化は電波の波長のオーダーで計測できるので、mmオーダーの地殻変動が、リモートセンシングで得られることになる。この手法の現状、問題点、兵庫県南部地震前後の変

動, について紹介した.

地質調査所の中野氏は, NASAの惑星・衛星探査機データの取り扱いかたについて講演をした. 月の地形データを球面調和関数展開をして, 高度分布図を作る話, Voyagerのデータでは撮像情報が欠けているため位置決めが苦労した話, カラー画像で情報を強調する話など, 具体的な事例を交えた話はわかりやすかった.

最後に, 3日目の午前中に, 日本の探査計画でのリモートセンシング機器について何人かの方に説明をお願いした. このセッションの性格を決めるまでに時間がかかり, 何人かの講演者には数週間前, 場合によっては直前をお願いすることになってしまった. この点はオーガナイザーの責任である.

講演者の方々には忙しいところ, 時間をさいいただき, 事前に話の内容について数ページの紹介を, 図表や参考文献とともに書いていただいた. どうもありがとうございました.

今回の特徴として, 惑星科学以外の分野(地質学, 気象学, コンピュータ科学, 企業研究所)からの参加者が比較的多かった. これはリモートセンシングという, 比較的一般性のあるテーマであったためである. 一方で, 参加募集の段階で, 惑星科学を専門とする学生の興味を引いたかという点, 力及ばずといった反省になる. 「リモートセンシングは重要だから学ばなければいけない」という親心がかえった災いした点もある.

フロンティアセミナーで紹介していただいたものは, 幅広いリモートセンシングの分野のごく一部である. これがきっかけとなり, 参加者が興味をもって, それぞれの研究分野でリモートセンシングのデータを役立てたり, 惑星探査での遠隔探査に興味をもって参加してくれるようになれば企画者冥利に尽きるということである.

### 3. 夏の学校

今年の夏の学校は「地球って何でできてるの?」という素朴な疑問を出発点にして以下のようなプログラムで開催された.

#### 惑星地球の化学組成

～もういちどたしかめたくて... 夏～

##### 1. 太陽系と地球の元素存在度

海老原充(都立大・理)

##### 2. 地球形成論 倉本 圭(東大・気候センター)

##### 3. マントルの組成

高橋栄一(東工大・地球惑星科学)

##### 4. Light elements in the core

奥地拓生(東工大・地球惑星科学)

##### 5. 揮発性元素の存在量

橋爪 光(阪大・理)

化学組成を知るのにいちばんいい方法は対象を直接に分析することである. しかし我々が手にすることができる地球の試料はごく表層に限られている. そのため分化している地球の組成を知るには, 間接的な方法に頼らざるを得ない. プログラムの1と2では, 地球をつくったであろう材料物質と地球形成時とそれに続いて起こったであろう物理・化学プロセスから地球の組成を推定する試み, 3～5では手に入る限られた試料の分析と実験の結果から地球の組成を推定する試みについて講演をしてもらった.

はじめに海老原氏が太陽系の元素存在度についての講演をおこなった. 太陽系の元素存在度を推定するのにC1コンドライトを利用することについて疑問が投げかけられ, 現在の推定の限界についてコメントがされた. C1コンドライトの組成が宇宙化学的に地球の組成を推定するさいに必ず引き合いに出されることについて, その妥当性をきちんと検討する必要があることを思い出させた.

倉本氏は比較惑星の見地から見た地球の化学組成の特徴と地球形成過程について講演した。鉄の酸化還元度、揮発性元素の欠損などの特徴が、いつどこでどのようにつくられたのかはほとんどわかっていない。地球の材料物質が原始太陽系星雲のなかで受けた過程や地球の形成・分化がすすんだ過程について、これからより詳しい検討を加えていく必要があるだろう。

次に高橋氏は地質学と惑星科学をそれぞれ歴史学と考古学になぞらえながら、地球マントル組成の推定に関する講演をした。我々が手にしている試料から推定される上部マントルの組成と宇宙化学的に推定されるマントルの組成の相違といった問題や、地震波速度異常トモグラフィの解釈とマントルの物質循環についてなどについて、わかりやすい解説がなされた。

はじめ1時間半の時間を予定していた奥地氏の講演は、演者の希望により講演時間を急遽2時間に延長しておこなわれた。コアの主成分は鉄であり、かつそこに10%程度の軽元素が混入していると考えられる根拠を述べた後、軽元素の候補について熱のこもったレビューがなされ、またコア中の軽元素と地球進化を結びつけて観測から軽元素の正体を明らかにする方法について演者の議論が展開された。演者の意気込みに応えるように聴衆からも活発に質問・コメントが出された。若い学生にとっては非常に刺激的な講演であったと思う。

最後に橋爪氏から揮発性元素の存在量に関する講演がなされた。演者の定義した地球の個性「海があり(海洋)、山があり(大陸)、そして君がいてほくがいて(生物)」は揮発性元素の重要性を見事に言い表していると言えよう。気液間の分配係数と海洋底玄武岩ガラス中に閉じこめられたガスの組成からマントル中の揮発性元素の存在量を推定する方法などが説明された。しかし下部マントルについてはほとんど何もわかっていないことや、物質循環がどの程度あ

るのかといった基本的なところにも問題が残されていることは明らかである。

今回の夏の学校ではここ数年の夏の学校と趣を変え、演者を少数精鋭(今回は特に演者の質に注意した)にしてひとつひとつの講演時間を長くするようにした。これは大勢の質の低い演者が無目的に講演をしていた過去の夏の学校に対するアンチテーゼである。オーガナイザーとしては講演時間を長くすることで問題に対する理解が深まり活発な議論がなされることを期待していたが、参加者の多数にとっては講演内容が難しすぎたようで活発な議論までには到らなかった。夏の学校の参加者の多くは若い学生で、講演のバックグラウンドを知らなかったことが原因のようである。一部のわかっている者にとっては非常におもしろい夏の学校になっていたが、難易度が高すぎたことは反省しなくてはならないだろう。ただ演者の個人的な能力の高さのおかげで、参加者の多くが講演内容には満足しているというアンケートの結果がでたことは救いであった。

#### 4. 共通セッション

7月23日午後からは、昨年の夏の学校と同様に電磁気学夏の学校との共通セッションを行った。昨年の夏の学校では共通セッションを2会場で惑星科学、電磁気学それぞれがセッションを行ったためにあまり交流がはかられなかったという意見が多かったようである。そこで昨年度の反省にたつて、今年はお互いがどんな研究をやっているのか理解することから始めようということでポスターセッションを24日の午前中に行った。また、23日午後の講演についても幹事校同士がお互いに相手の分野の研究で聞いてみたいことをやりとりし、その希望に沿うような講演のできる方をそれぞれが探すという形をとった。

電磁気学の幹事からは惑星形成論と磁場形成についての話が聞きたいという希望があったので、

Bipolar outflowが惑星形成に果たした役割について名古屋大学理学部の渡邊誠一郎氏に講演していただいた。この講演はこちらの夏の学校のテーマとも関連が深く、また渡邊氏が初学者にもわかりやすい丁寧な講演をして下さったので、惑星科学、電磁気学の学生双方から質問がでたことはよかったと思う。惑星科学の方からは外惑星の磁場について、特にガリレオミッションについてもレヴューして欲しいという希望を出した。あちらの幹事の方もなかなか講演の依頼に苦労されていたようで、結局木星の磁気圏のMHDシミュレーションを行っている名古屋大学太陽地球環境研の荻野竜樹氏が講演をして下さった。多少専門的な講演内容だったが、こちらも双方から質問がでてスタッフとしても一安心であった。時間の都合上、両氏とも講演時間が1時間と短く話をまとめるのに苦労なさったのではないかと思う。講演を快諾していただいたこととあわせてここに感謝します。

24日の午前中のポスターセッションでは、双方ともに約20のポスターが展示され議論が行われた。お互いどのような研究をやっているか理解してもらおうというスタッフのねらいを果たすには、多少ポスターの数が少なかったように思う。今後夏の学校でこのような機会が設けられたときには積極的に発表してもらいたいと思う。当日は、ポスターセッションと平行してオリンピック観戦セッション（サッカー、日本・ナイジェリア戦）も別室で急遽開かれたのでそちらの方に参加する人も多く、多少残念であった。

来年度以降の夏の学校で電磁気学との共通セッションを行うかどうかは、その年の幹事校の方にまかされるわけですが、お互いがお互いを刺激するよい機会なので毎年でなくてもよいので続けていってもらいたいと思う。

## 5. 最後に

夏の学校・フロンティアセミナーの2本立てとなつてから5年が経過したが、そろそろ構成や運営の仕方を見直してもよい時期かも知れない。フロンティアセミナーの運営は、現在は夏の学校側に完全に依存している。最近では、フロンティアセミナーと夏の学校で参加者がかなり入れ替わるため、会計や部屋の割り振り作成などで、事務局の負担が増えている。時期を離して、フロンティアセミナーの方の運営は簡素化するか、テーマに共通性をもたせて、連続して参加する人を増やすとかの工夫が必要であろう。ともかくも最近では学会の数だけ夏の学校があるようで、真面目(?)な学生にとっては忙しい夏休みである。

さて、来年以降の幹事校について述べておくと、来年は東京工業大学、その次は神戸大学、その次の99年度は宇宙研と向こう3年間の幹事校を夏の学校当日の世話人会で決定した。ただし、再来年以降については幹事校ができそうな人数のいる大学・研究機関がでてきた場合には変更もあり得ることもつけ加えておく。

最後に、後援をしていただいた日本惑星科学会に感謝いたします。また、会場決定など我々のためにいろいろと気配りをしていただいたユースホステル協会の笠井さん、予稿集の印刷の際に便宜を提供してくれた東京大学理学部地球惑星物理学教室事務局にもお礼申し上げます。最後になりますが、代表とは名ばかりで仕事の遅い筆者を助けてくれて事務局として夏の学校を支えてくれた東大・地球惑星物理学教室の大学院生の皆様、そして誰よりも、快く講演を引き受けていただいた演者の方々と、今年のフロンティアセミナー、夏の学校に参加した方々に感謝します。どうもありがとうございました。今年修善寺で行われた講演、議論が今後研究を進めていく上で役に立ってくれたら幸いです。