



深宇宙軌道決定システム

宇宙科学研究所 加藤 隆二

1. はじめに

わが国の深宇宙ミッションはハレー彗星の観測を目的とした「さきがけ」、「すいせい」に始まり、月の重力を利用した軌道制御(月スウィングバイ)を行う「ひてん」、GEOTAIL(本年7月打ち上げ予定)とつづき、さらにLUNAR-A(月オービター)、PLANET-B(火星オービター)が計画されている。ミッションの高度化にともない軌道決定に対する精度要求も高くなってきており、軌道決定がミッション達成の鍵の一つを握っていると言っても過言ではない状況である。

2. 軌道決定の目的

軌道決定の目的として、①探査機との通信リンクの確立、②探査機の位置、速度の決定があげられる。

(1) 探査機との通信リンクの確立

探査機との通信リンクの確立のためには、追跡

局のアンテナの予報角を計算し、アンテナを探査機に向ける必要があるが、地球周回衛星の場合は電波が強く自動追尾が可能のため予報角の精度としては比較的余裕がある。しかし深宇宙探査機の場合は通信距離が長いため(火星オービター投入時で約2億2千万km)電波が弱く、指向性の高い巨大アンテナや高利得受信機を用いて受信利得を高くとり、追尾方式としては精度の高い角度予報データをもとに正確にアンテナを探査機に向けるプログラム追尾方式を採用せざるを得ない。巨大アンテナとして、長野県にある臼田宇宙空間観測所の64mφアンテナが用いられ、わが国唯一の深宇宙探査機との交信の窓口となっている。またアンテナ予報角は、相模原の深宇宙管制センターの軌道決定システムで求められる。

(2) 探査機の位置、速度の決定

ハレー彗星探査ミッションにおいては探査機の

位置、速度は、上述のように通信リンクの確立に必要な精度で十分であったが、月スウィングバイ技術を利用する「ひてん」、GEOTAIL、さらにオービターとなるLUNAR-A、PLANET-Bなど正確な軌道制御を必要とするミッションでは、さらに高精度な軌道決定値（位置、速度）が要求されている。また、科学観測側からの要求も高くなって来ている。

3. 軌道決定システム

軌道決定システムでは、追跡局で取得した追跡データをもとに探査機の現在の位置、速度を統計的手法により求めるとともに未来の軌道の予測をして追跡局のアンテナの予報角を計算している。

追跡データとしては、レンジデータ、ドップラーデータが使用される。追跡局から送信された電波は探査機で折り返され再び追跡局で受信されるが、その時の伝搬時間がレンジデータであり視線方向の距離を表しており、また周波数のずれがドップラーデータであり、視線方向の速度を表している。レンジデータの誤差はmのオーダー、またドップラーデータはmm/sのオーダーと精度は高いが、これは視線方向の一次元的情報であって、それと直角方向の距離及び速度に関する情報はほとんど零であり、探査機の三次元空間における位置、速度を決定するには非常に不完全なものである。ところが幸いなことに地球はかなり大きな半径を持った回転体であり、自転速度も比較的大きい。したがって、ドップラーデータの表す速度ベクトルは探査機の速度ベクトルと地上の追跡局の回転ベクトルの合成ベクトルとなり、自転方向の位置情報がその中に含まれてくる。結局、地球赤道面方向の二次元的な情報で三次元的な情報を統計的に求めることになる。

この追跡データをもとに高精度の軌道決定を行うためには、探査機に働く精密な加速度モデルが必要であり、深宇宙においては太陽、月、惑星の重力および太陽輻射圧とともに太陽重力による相対論力

も考慮にいれている。また、追跡データに関する深宇宙特有の処理として時刻付けと一般相対論効果の補正がある。電波の往復伝搬時間は地球周回衛星の場合、せいぜい数分の1秒であるのに対し、深宇宙の場合、例えば火星到着時では22分もかかり、その間探査機、追跡局ともかなりの距離移動する。追跡データの統計量の計算には、追跡局からの送信時刻、探査機での受信、送信時刻、追跡局での受信時刻の3つの時刻での追跡局、探査機の位置、速度を正確に知る必要があり、それらの値は直接測定できる追跡局での受信時刻から光速を考慮して求めている。また、一般相対論効果は、太陽重力場の時空の歪による電波の曲がりや地球の公転、自転運動や太陽重力場による追跡局にある時計の刻みの変動として現れるため補正を行っている。

4. 軌道決定精度向上に向けて

上述のようにレンジ、ドップラーによる軌道決定では二次元的情報から三次元的情報を求めるため精度に限界があり、惑星間では約0.7 μ ラジアンといわれており、火星ミッション（距離2億2千万kmと仮定）では約150kmの精度となる。精度向上の方法としては、光学航法および Δ （デルタ）V LBIが考えられる。

(1) 光学航法

この方法は、惑星本体あるいはその衛星と近くの恒星とを1枚の画像に納め、それらの幾何学的位置から逆に探査機の惑星に対する位置を決定する方法である。この方法は惑星の位置の不確定の影響を受けないため惑星フライバイやオービター

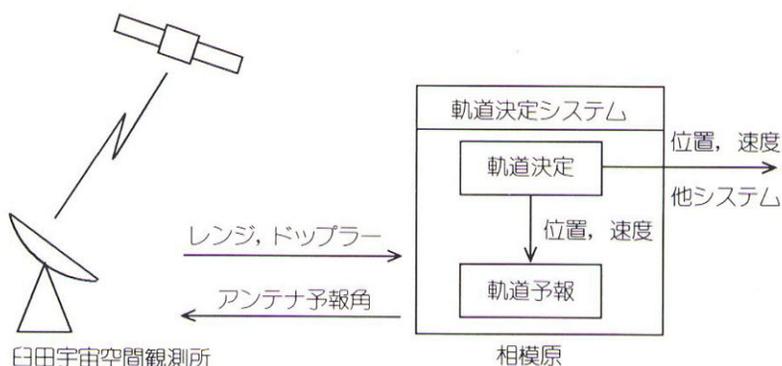


図1 深宇宙追跡システムの概要

ミッションに適している。またこの方法は視線方向と垂直な方向の情報をもたらすため、レンジ、ドップラーによる方法との併用により精度向上が期待できるが、その効果は搭載カメラの性能に大きく左右される。

(2) ΔVLBI

VLBI(超長基線干渉技術)は、測地を中心として広く使われ始めており、宇宙研でも白田宇宙空間観測所の位置決定に使用し数十cmの決定精度が得られている。これは、非常に長い距離にある2つの大型電波望遠鏡によって数十億光年もの距離にあるクエーサーからの電波を受信し、水素メーザーなどの原子時計による正確な時刻付けを行ってテープに納め、後に両者の相関処理を行って電波の到達時刻の差を検出し、2局の距離を数cmのオーダーで測定する技術である。また、逆に2局の距離が正確にわかっているならば、電波の到達時刻の差からクエーサーの方向が精度良く求められ、電波天文分野で成果をあげている。

この技術の探査機の軌道決定への応用がΔVLBIである。図2に示すように基線の長い2つのアンテナで探査機とクエーサーを観測することにより、クエーサーに対する探査機の位置が大気・電離層のゆらぎの影響を受けることなく決定できる。クエーサーの方向は長い間の観測で知られているので、ドップラーデータとの併用により高精度の軌道決定ができ、PLANET-Bへの適用を検討している。

また目的の惑星にオービターがある場合にはク

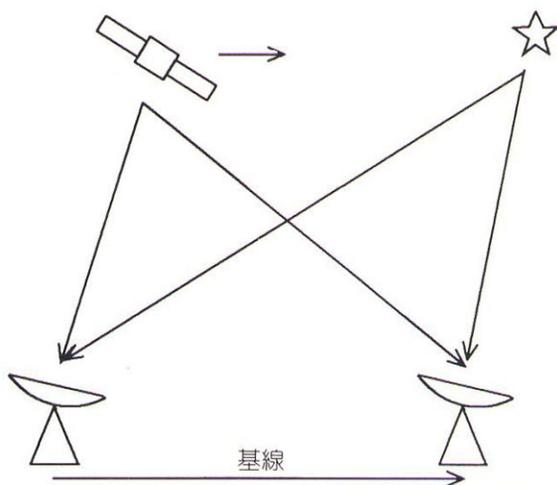


図2 ΔVLBI

エーサーの代わりにオービターを使用することにより惑星の位置の不確定の影響を受けない位置決定ができる。

5. おわりに

MUSES-B (VLBI衛星)は地球周回衛星ではあるが観測にからむ軌道決定業務は宇宙研が担当することになり、地球近辺での衛星の加速度モデルの詳細化等、ミッション達成に向け決定精度の向上をめざし、上述のVLBI技術を用いた航法への応用の基礎となる研究も含め検討を行っている。

以上軌道決定グループは、先進的な工学実験、研究の位置づけのもと軌道決定の精度向上をめざしミッション達成に向け研究を進めている。

(かとう・りゅうじ)

お知らせ



宇宙への招待 (平成4年度宇宙科学研究所一般公開)

入場無料

日時 7月25日(土) 午前10時～午後4時30分
 場所 宇宙科学研究所 (相模原市由野台3-1-1)
 公開 ・組立調整中の第15号科学衛星 (ASTRO-D) 公開
 ・ロケット、衛星の試験設備等公開
 ・太陽観測衛星「ようこう」の成果発表
 ・月探査計画の概要
 ・宇宙科学の将来計画

・次期大型ロケットM-Vの紹介
 ・各研究プロジェクト紹介
 ・クリーンなエネルギー源を求めて (太陽発電衛星)
 ・21世紀の宇宙輸送システム(レールガン)
 ・M-3S II型ロケット原寸大模型、他
 映画会 ・衛星打上げ実験記録映画各種上映

科学衛星・宇宙観測シンポジウム

日 時 平成4年7月6日(月)～8日(水)

場 所 宇宙科学研究所2階会議場

問合せ先 宇宙科学研究所研究協力課共同利用係

宇宙利用シンポジウム

日 時 平成4年7月13日(月)～14日(火)

場 所 日本学術会議講堂

0427(51)3911 内2234・2235



★表紙写真 ～撮影：前山勝則～

表紙写真は宇宙研A棟から望んだ相模湖の方向に落ちる夕日です。意外に山が近いのが分るでしょう。4月は天候が悪く、写真は前山さんが1ヵ月待ち、5月1日の良い条件を捉えた力作です。(紀伊恒男)

★第11回宇宙科学講演と映画の会開催される

宇宙科学講演と映画の会が、5月9日(土)午後2時から千駄ヶ谷「津田ホール」において開催された。

この行事は、本研究所が創設された日(4月14日)を記念して毎年行われているもので、本年は小川原教授の「太陽フレアの謎をさぐる」・三浦教授の「宇宙構造物の世界」の講演と映画「宇宙研究のあゆみ」・「M-3S II-6号機 太陽観測衛星(ようこう)」が上映された。

当日は朝から雨で来場者の出足が心配されたが、西村前所長、余米前管理部長をはじめ、文部省研究機関課の宮嶋課長補佐・佐藤専門職員も来場され、本研究所からも所長外多数の出席があり、開場30分前には待合ロビーが満席になり、開場予定時間を10分繰上げてスタートした。

司会はベテラン的川助教授、秋葉所長の挨拶により開演され、小川原教授の講演には「ようこう」の撮像した「太陽フレア(爆発現象)のビデオ」等も紹介され、又、三浦教授の講演も伸縮する宇宙構造物のモデル等を使用しての説明に約500

人の来場者は大喝采であった。

講演後の質疑応答コーナーでは、

- ・太陽は274年周期で縮まっているのは本当か？
- ・太陽を焼却炉としてゴミを処分してはどうか？
- ・宇宙ステーションから地球へ向けて階段を作ってはどうか？

など多数の質問があり、応答時間が不足する程であった。

(財)宇宙科学振興会も職員を派遣し、ビデオ販売等会場の雰囲気盛り上げに協力し、午後6時30分過ぎ、大成功のうちに閉会となった。

(柴崎正夫)

★「ようこう」記者発表

4月30日(木)、霞が関ビル内東海大学校友会館において、太陽観測衛星「ようこう」の成果についての記者発表が行われました。

本所からは小川原嘉明教授、他に東京大学理学部の内田豊教授、常田佐久助教授、国立天文台の小杉健郎教授、アメリカ側軟X線望遠鏡担当者としてローレン・アクトン氏が出席し、「ようこう」搭載の硬X線望遠鏡が撮像した太陽フレア核心の画像を今回初めて公開し、又軟X線望遠鏡で連続的に記録した太陽コロナや太陽フレアのダイナミックな動きのわかる映像などが発表されました。

会場には、新聞社、科学雑誌社の他、テレビ局からも取材に訪れ、熱心な質問が多数あり、発表された「ようこう」の成果は、翌日の新聞各紙の他、テレビニュースにおいても広く紹介されました。(五十嵐 勉)

★ブラックホールX線星

「ぎんが」は3個の非常に明るいX線新星を発見し、GS2023+338、GS2000+25、GS1124-683と命名した(「ぎんが」が発見したX線星をGSで示し、後ろの番号はその天体の位置を赤経赤緯で表わす)。これらはいずれもX線スペクトルやその変化の様子などからブラックホールではないかと



予想していた。最近、そのうちの2個、GS2033+338とGS1124-683について可視光の観測から連星の軌道周期がわかり、これからX線星の質量が推定された。その値はいずれも中性子星の質量の上限値である太陽質量の3倍よりも大きく、我々の予想が正しかったことが確認された。特にGS2023+338についてはその下限値が、5%の確度で太陽質量の6倍であり、今までに知られているブラックホールX線星の下限質量としては最も確かなものである。(横野文命)

★オーストラリアにおける日米共同気球実験

電離した炭素原子(C⁺)の出す遠赤外スペクトル線(158 μ m)を使って銀河系内の新領域(光解離領域)を調べるといった研究が昨年、アリゾナ大学のグループと共同で進められている。昨年はテキサス州のパレストインにある気球基地から2機の気球を打ち上げ、いずれも成功裡に観測が行われ、銀河中心をはじめ北半球から見える銀河面の主要部分のC⁺ガス雲の分布地図を描くことができた。これを南天の銀河面に拡張するため、今年度はオーストラリア中央部のアリス・スプリングスに遠征することになった。風の条件から言えば早く出発したかったが会計年度の都合で4月1日を待って空路現地入りした。その後観測器の組立、調整は順調に進み、10日余りで打上準備完了となったが、先行のゴダードグループ(ガンマ線観測)が打上げ時に大事故を起こし、そのあおりを食って第1回目の打上げは4月25日までずれこみ、あげくのはては、放球後30分にして気球が割れるという不運に見舞われてしまった。幸い回収された観測器の損傷は軽微で急拠修復、再調整して5月8日第2回目の打上げを行った。ところが、放球時に気球保護用のプラスチックシートが観測器にからんで上がるという事故が発生し、これまた観測不能という結果になってしまった。二度とも放球の失敗ということでNASA側は責任を感じたか、予定外の三度目の実験の機会が与えられることになり、元気をとりもどし準備を始めたところ、砂漠では珍らしい雨が1週間も降りつき、結局3回目の打ち上げは5月24日であった。

打ち上げ後は、全てが順調に動作し約11時間にわたって南天の銀河面の主要部分の他、大マゼラン星雲の観測というおまけまでついた。今回の実験は最終的には大成功に終わったが、気球実験の難かしさ、おそろしさをあらためて思い知らされた遠征であった。(奥田治之)

★GEOTAILケネディ宇宙センターへ

新造シャトル「エンデバー」が処女飛行に出発してからちょうど14時間後の5月8日午前9時40分、雲一つないフロリダの青空の下、GEOTAILを搭載したジャンボチャーター便はケネディ・スペース・センター(KSC)内の滑走路へと無事着陸した。ところが、飛行機のドアが故障して開くまでに一時間以上の待ちぼうけ。写真はようやくドアが開き衛星コンテナが姿を現わしたところである。

その後衛星は前後を警備の車にはさまれ、時速10kmでクリーン・ルームのあるビル(AO)へと搬入された。警備と言えばNASAのやり方は徹底していて、クリーン・ルームの前には常に監視人が座っており、我々といえども写真付IDと許可証を入室の度に見せなければ、衛星に近付くこともできない。この許可証やこれとは別のKSCへの入構証が大問題で、出発前に申請をしておいたにもかかわらず、かなりの人がゲートで足止めを喰っている。原因は米国人にとっては暗号にすぎない日本人の名前をコンピュータへ入力する際のタイプミスが殆んどで、西田が「無しだ」、中谷(一)が田舎



谷に、或いはTOHMAのHがNになっていたりする。作業は現在までのところ順調で、輸送後の入念な衛星外観チェックも無事終了し、安全規程上NASA側から要求されているRCS系の耐圧証明試験が行われている段階である。これと並行して、一旦ラックから外して運ばれてきた大量の電気系地上支援装置の再組立と検査が5月末まで実施中である。巨大化したNASAの情報伝達の悪さや言葉の問題にもめげずに皆元気にやっていけるのも、予め申請しておかないとクリーン・ルームが定時に閉鎖されてしまうシステムによるのかもしれない。何しろ夏時間のため帰ってから日没まで3時間はあり、宿舎は内之浦と同じように浜辺にあるのだから。従って帰国の際、真黒に日焼けしている人がいても、それは作業が順調で残業がなかった証拠と御考え頂きたい。(上杉邦憲)

★ASTRO-D総合試験始まる

この4月15日より、ASTRO-Dの総合試験が始まった。来年2月5日予定の打ち上げに向けて、12月まで、各種の試験が続けられる。

振動試験が、ASTRO-Dを打ち上げるM-3S II-7号機およびSFU関係機器のためのものと重なって従来より早い実施を余儀なくされたこと、打ち上げ後X線望遠鏡がアウトガスで汚されることのないよう衛星のペーキングを2週間ほど予定していること。そして、何と言っても、衛星が複雑になって各種作業・試験に時間がかかることなどから、8ヵ月を越える長丁場となる。搭載各機器に対しては、昨年10月から12月までの一次噛み合わせ試験、今年1・2月の姿勢制御系性能評価試験のあと、単体環境試験・最終調整をゆっくりす

る暇もないきついスケジュールをお願いすることになってしまった。

試験は、機械噛み合わせからはじまり、現在電気噛み合わせが進められている。幸い、今のところ大きな問題は起こっていない。どうか、このまま無事に試験が進んでくれますように。

(井上 一)

★辛島教授が日本航空宇宙学会長に

さる2月の日本航空宇宙学会評議員会で次期会長に選任された本研究所の辛島桂一教授は、4月7日に開催された総会において、高島一明会長(航空宇宙技術研究所長)の退任に伴い、正式に会長に就任した。(的川泰宣)

★加藤隆子客員助教授に猿橋賞

本研究所客員助教授である加藤隆子・核融合科学研究所助教授に今年度の猿橋賞が贈られた。この賞は、「女性科学者に明るい未来をの会」がわが国の女性自然科学者の中から世界的に優れた業績をあげたものを毎年1名選び贈るものであり、対象となったのは「高温プラズマの原子過程の研究」である。太陽フレアや核融合プラズマなどの高温プラズマからは、その中で起こっているさまざまな原子過程により電磁波が放射されるが、それを解析することによりプラズマの性質(密度や温度など)を知ることができる。加藤さんは、そのスペクトルを原子過程の知識に基づいてより詳細に解析する方法を開発した。その成果は「ようこう」のデータの解析にも役立っている。それらの研究の一端はISASニュース1991年8月号に紹介されている。(市川行和)

「それが問題だ」

Geotailのための上杉教授の出張は、長期だったため国際線はビジネス・クラス、それに伴い米国内線は自動的にファースト・クラスとなりました。減多にないことなので、喜びのあまり日程表記載のシート番号2-Bを鶴呑みにして席に行ったところ、すでに人が座っているではありませんか。「2-Bは、私の席では？」と言っているところへやってきたスチュワーデス曰く：

“TO BE OR NOT TO BE,

THAT IS A QUESTION!”

この話には落ちがありまして、食事の時間となり、かのスチュワーデス嬢が「今日の食事はフルーツ・プレートかオムレツになっておりますが…」とのこと。先生すかさず答えて曰く：

“HAMLET!”

この手の話、大好きです。水準に達した実話をお待ちします。

(編集委員長)



火星のリング？

広島大学 佐々木 晶

火星のリングと言われて驚くかたも多いと思います。火星にはフォボス、ダイモスという2つの小さな衛星はあるものの、リングの存在は私達の常識ではありません。しかし思い出してください。15年前には、惑星のリングは土星だけに存在が確認されていました。その後、星の掩蔽(えんぺい)の観測から天王星にリングが発見され、ボイジャー探査機は、木星と海王星にもうすいリングの存在することを明らかにしました。火星にも、まだ検知されていないリングが潜んでいてもよいではありませんか。

火星の衛星フォボスとダイモスはいずれも半径10キロ余りの小さな天体で、自分自身の重力は小さく地球の100分の1以下です。表面からの脱出速度は毎秒10~20メートルで、人間が石を投げても外へ飛び出すほど小さい。そのため、隕石の衝突のときに表面から出るダスト粒子のかなりの部分が、衛星から放出される可能性があります。地球では大気摩擦で消滅してしまうサイズの微小隕石が、火星の衛星には頻繁に高速で衝突しています。結果として、フォボスやダイモスの軌道に沿って、衝突で放出されたダスト粒子が多く存在するかも知れません。

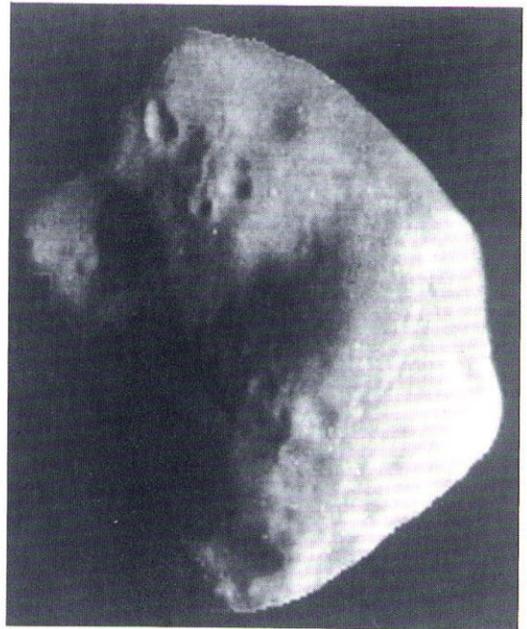
外惑星には、小衛星から放出された粒子による、うすいダストリングのあることが、ボイジャー探査機の観測で明らかになっています。ミクロンサイズ以上のダストは、ポインティング=ロバートソン効果によって角運動量を失って、惑星に向かって落ちていきます。それよりも小さい粒子は、惑星磁場のローレンツ力を受けて、軌道が乱されて広がってしまうと考えられています。

衛星から放出されるのはダストだけではなく、これまでの探査機の観測で得られているフォボスの密度は低く(2g/cm³)内部に氷が残っていると考える説があります。その場合は、フォボスはダストだけではなく、太陽光加熱で脱ガスした

水蒸気や二酸化炭素を巻き散らしている可能性があります。放出されたガス分子は解離して酸素原子や炭素原子になります。木星の衛星イオの軌道に沿っては、イオの火山活動で放出された硫黄、酸素がプラズマトーラスを形成しています。このようなトーラスも、火星の衛星の軌道に、非常にうすいながらも存在することは否定できません。

ソ連(現CIS)のフォボス2探査機は、フォボスの軌道に沿って、プラズマ密度や磁場の異常、細かいダストと思われる粒子の濃集を検出しています。残念ながら、この探査機の寿命が短かったため、何度も観測を繰り返してリングの存在の確認を得るには至りませんでした。宇宙科学研究所が1996年に打ち上げる予定のPLANET-Bでも、プラズマやダスト計測によって、フォボスやダイモス軌道にプラズマやダストの集中があるかどうか、観測する計画があります。火星にリングが存在するかどうか、解答が得られるかも知れません。

(ささき・しょう)



バイキング1号が写したフォボス

三度目の正直

中川 貴雄

オーストラリア大陸のまん中に、アリス・スプリングスという町があります。砂漠が広がるオーストラリア大陸の内陸部では唯一の町らしい町というわけで、その名前は世界地図にも載っていますが、実は人口2万人あまりの小さな町です。

この砂漠の中の小さな町に、4月から5月にかけて、気球搭載望遠鏡を用いた天体観測のために出かけてきました。目には見えない赤外線を使って、我々の銀河系、すなわち天の川の構造を探ろうとするのが我々の観測目的です。天の川は、もちろん北半球からも観測できますが、その主要部分は南半球からのほうがはるかに観測条件が良好です。これが、南半球の辺鄙な町にまで我々がわざわざ出かけていった理由です。

我々の観測器はBICE (Balloon-borne Infrared Carbon Explorer) と名付けられた手作り赤外線望遠鏡。決して大型の機械ではありませんが、様々な工夫により、極めて高感度で高い観測効率を持ったシステムになっていると自負しています。天の川の構造は、今までは電波天文学者が研究してきましたが、その観測には何年にもわたる歳月が必要でした。このBICEという高性能観測器を用いて、天の川の主要部分の観測を、二回にわたる気球飛翔によるわずか二晩の観測で片付けてしまおうというのが、私たちオーストラリア実験隊の野心でした。

しかし、事はなかなか思い通りには運ばないものです。

4月3日に現地入りした実験班は、日曜日も返上で観測器の整備を進めましたが、天候が思わしくなく、4月27日になってやっと第一回目の気球打ち上げ(放球といいます)となりました。当日は、天気快晴にして、ほぼ無風。絶好の放球日よりで、とても美しい放球が行われました。

しかし、放球された気球の形がどうもおかしいのです。気球打ち上げ前には、気球の首ねっこを「カラー」という道具でしばっておき、放球直前にこれを外すのですが、どうもこの「カラー」がはずれないまま放球されてしまったようなのです。高度17kmあまりまで上昇したところで、膨れ上がった気球に押され、ついに「カラー」がはずれましたが、その急激なショックで安全装置が働いてしまい、我々の観測器は気球から自動的に切り放されてしまいました。おかげで、観測には至らな

いまま、観測器はパラシュートにより、アリス・スプリングスの東方100kmの山の中に降下してしまいました。

幸い観測器は翌日には山の中から回収されました。我々は、連日連夜の突貫工事でこの観測器を修復・再調整し、5月8日に二回目の放球にこぎ着けました。捲土重来を期して行っただこの放球では、カラーも無事外れほったのですが、それも束の間、気球が妙なものを引きずっているのに気が付きました。気球を包むプラスチックの帯を、気球が引っかけて上がって行ってしまったのです。観測器の姿勢制御をOnにするコマンドを送りましたが、全く動きません。プラスチックの帯が観測器に完全にまとわりついてしまったのです。観測器のほとんどの機能はすべて正常に働いているのですが、憎きプラスチックの帯のために、望遠鏡が観測対象にむかないのです。いらいらしながら、空しい一晩を過ごすことになりました。一晩で、気球は1000km以上にわたる旅をし、東部のクイーンズランド州まで流れて行きました。

当初、気球の打ち上げは二回を予定していたのみでした。そのため、二回目の放球が失敗した時点で、実験班は完全に意気消沈してしまい、帰り仕度を始めました。しかし、事態急転。三回目の気球打ち上げが行われることが、にわかに決まりました。

気を取り直し、クイーンズランド州から回収されてきた観測器を再び突貫工事で修復・調整し、5月24日にいよいよ三回目の放球となりました。今回はかなりの強風下で放球が行われたこともあり、かなりはらはらしました。しかし、ついに気球は無事に打ち上げられました。祈るような気持ちで順番にコマンドを送り、観測器を一つずつOnにしていきました。全ての観測器が正常に動いています。素晴らしいS/Nの信号が次々にでてきます。一晩にわたる実験を終えてみれば、南天の銀河面の主要部分のみならず、我々のお隣りの大マゼラン雲までの観測ができました。実験は大成功です。

終わりよければ全て良し。実験予定期間を大幅に超過してしまい、連日の肉料理にも飽きてきた実験隊は、お茶付けと味噌汁の待つ日本に、いそいそと帰ってきたのでした。

(なかがわ・たかお)

進化はゆらぎから

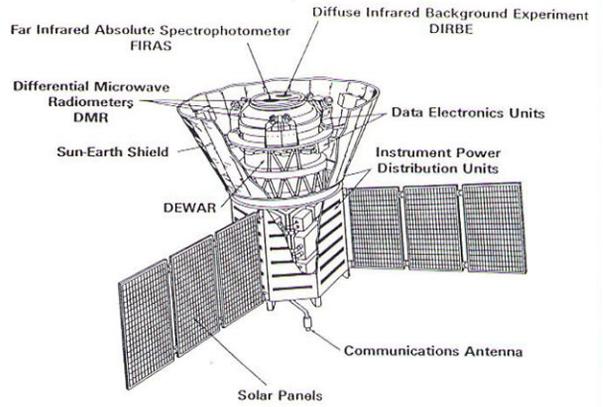
COBE衛星の最新観測結果

先日(6月1日)、NASA/GSFCのJ. マザー博士が、2週間ほどのあわただしい来日スケジュールの合間をぬって宇宙研を訪問された。マザー博士は宇宙背景放射の精密観測を目的とした人工衛星COBE (Cosmic Background Explorer) の開発、運用を中心になって進めてこられた方である。

COBEは、観測技術の急激な発達により華やかになってきた“宇宙論的な”(宇宙や銀河の進化を追いかける)観測の花形とも言えるプロジェクトである。1989年の末に打ち上げられてから、“なかなかデータを公表してくれない”という外野席の不満を後目に、さすがと言わせる観測結果を突然出してきて楽しませてくれる。

それらの結果の一つが、最近新聞にも取り上げられたマイクロ波背景放射の揺らぎに関するもので、マザー博士にお願いした講演でもこの話題が中心であった。

宇宙にある物質はランダムに分布しているのではない。星や銀河があり、その銀河の分布も最大何億光年にもわたる構造を持っていることが知られている。我々はこのような構造が形作られている現場を直接見ることはまだできないが、現在のような宇宙がつくられるずっと前の状態は見る事ができる。それを可能にしてくれるのがマイクロ波背景放射である。宇宙が始まってから10万年ぐらいのとき、それまで原子核と電子に分かれたプラズマ状態であった物質が中性化し、光と物質の相互作用がずっと弱くなった。物質は自分自身が作り出す重力に支配されており、密度が高い部分は重力が強いためさらに周りの物質を引き寄せてより高密度になるという進化を続け、次第に現在の宇宙の姿を形作って行く。光の方は、物質の中性化までは物質と同じ温度揺らぎを持っていたが、中性化以後は物質の進化にはそれほどは影響を受けず(宇宙膨張により冷えはしたが)、中性化の時の揺らぎを残したまま現在マイクロ波背景放射として観測される。従って、この背景放射の分布を見ると現在の姿の基になった物質密度揺らぎを知ることができる。COBEは、装置自身や銀河



COBE衛星

系内の放射源によるもの以外に、たしかに背景放射の明るさにむらがあることを見いだした。

COBE以前の観測では地球大気にじゃまされて上限値しかわからなかったが、それでも以前の理論的な予想値を下回り、中性化の時にそんな小さな揺らぎしかないのでは現在までに銀河は作れない!ということになりかねなかった。しかし、1980年代に入って、宇宙モデルの方にも、“インフレーション”やら“暗黒物質”という手品の種が仕込まれて危機はなんとか回避された。宇宙には直接見ることのできない暗黒物質があるという証拠はいろいろ見つかっている。これが光とはあまり相互作用のないものであれば、背景放射に現れる揺らぎは小さくても、実はその裏で暗黒物質によって大きな密度揺らぎがつくられていても良いのである。但しものには限度があって、現在のように観測精度が上がってくると、もういいかげん揺らぎが見えてきてくれないと困るところにはきていたのである。

COBEが初めて上限値ではなく有意な値として観測した揺らぎの大きさは温度に直して $30\mu\text{K}$ で、現在の宇宙進化のモデルで許される範囲に入っており、皆さんほっと胸をなで下ろしたところであろう。観測屋としては、理論屋さんをもっと困らせる意外な結果ではなかったことに多少の失望を感じると共に、スペースでの観測の威力をまた見せつけられた思いがしている。(村上 浩)



花よ 月よ ISASよ

古賀 信夫

私と同じく、この4月に研究所を離れたX氏への本欄執筆依頼が、巡り巡って私のところにやって来た。

元広報担当の私が受けることとなった直後の鰻屋でのX氏の弁。(勿論X氏のおごりである。)

「仕事はおもしろいが振り返るには難しいところだ」又「今はまだ生々しくて……」。

実際、4月に離れて未だ5月だ。まして時代の先端いや最先端をゆく機関などというものは(失礼)、恐ろしいほど強力な重力場のようなところがあるものだ。漸く「事象地平」(event horizon)を遠く見る地点まで離れ得たというのに……。 (なに、「事象地平」が見えるわけがないって?)

過去は、その大切さに応じて重いものだ。そうして、そういう過去ほど、上手に想い出したいと願うのは当然だろう。X氏が時を選ぶのは賢明なことだと思ふ。

時を選べない私は、的川先生から頂いた「気候」を言質に、開き直るしかないか……。

1990年に打ち上げられた「ひてん」がスウィングバイの実験を無事終えて、最終的に月周回軌道に投入されたのは本年2月。その実験が近々行われると聞いた日の帰宅途上で月を見て思ったものだ。……ひてんが巡っている「月」と、いま頭上に美しく輝いている「月」とは同じものなんだな。なに、驚くにはあたらない。顕微鏡で見た怪物が蚤と知った驚きと一寸も違わないじゃないか。科学がすすめば何度でも起こりうることだ。

だが「月」も見限られたものだ。「ひてん」が巡る「月」が頭の中にある間中、この「月」は心の片隅でじっと息をひそめていたんだな。……そんなことを、石畳の一つ一つが正方形であることを再確認するようにして考え続けて歩いていたようであった。

以前佐賀の地に三年程の間住んだ。その地で一度妻と華道展を見に行ったことがある。如何にも

花材が亜熱帯的だなとその折りは感じただけであつたが(華道に造詣が深ければ別だろうが)、それからひとつきもたたず、今度は都内のデパートで華道展を義理もあって見に行くこととなった。

照明を極度に抑えた会場を一巡りして、一体、同じ華道展といつてもどうしてこれ程の違いがあるのか、しばしばうぜんとしたものであつた。

佐賀の会場には体育館が使われていて十分に明るさがあり、どの作品も野趣あふれるものだった。立華(りっか)など一寸粗野に過ぎるかなと思つた程である。

それに比べて都内で活けられた花には、「洗練され過ぎた個性」とでもいうような気配があつて、それぞれが間仕切りのライトの下で不機嫌にわかまっているといった風だった。

「自然」が芸術への飛躍の過程で失われるのは摂理だ。現代人の精神の欲するに従っているだけのことだ。生活に飾りがほしければ切り花を買ってくればいい。……

考えてみれば、都会で「花」とは、花屋から買ってきた根もない土もついていない「花」を指すのだろう。

「月」もまた同様に違くない。「日月は百代の过客」から「恒星、衛星」と化し、人生とともに歩む「歲月」でも「時」でもなくなっている。

都会人の心の中で「自然」が崩壊しはてしてしまったとは思わないが、危機的な様相を呈していることは否めないと思う。

「ひてん」が思い出させてくれた「月」を、そして「自然」を大切にしたい。宇宙科学には、いや、研究所にはたしかに「自然」への小径がある。ISASニュースという心とむ、美しい小径が。

(ある底本では「月日」となっていますが、私は「日月」でジツゲツと読み、「太陽と月は」と解しています。)(東京農工大学、こが・のぶお)

ISASニュース No.135 1992.6.

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎229 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 0427-51-3911

The Institute of Space and Astronautical Science

◆ISASニュースに関するお問合わせは、庶務課法規・出版係(内線2211)までお願いいたします。