



▲SS-520観測ロケット2号機噛み合わせ（撮影：杉山吉昭）

〈研究紹介〉

連続月震観測シミュレータの開発について

高知大学理学部 村上英記

1. はじめに

まず2003年の打ち上げを目指して準備をすすめているLUNAR-A計画（月探査計画）の概要について紹介する。この計画の目的は、月の起源と進化を解明する上で鍵となる月内部構造を解明するためにアポロ計画では不十分であった月深部構造についての新しいデータを取得することにある。LUNAR-Aでは月震計（上下動1成分，水平動1成分）と熱流量計を搭載したペネトレータを月面の表側と裏側にそれぞれ一機ずつ投下し月震と熱流量を計測する。そして取得したデータは、約2週間ごとに上空に飛来する母船を経由して地上に送る。

観測を効率よくおこなうためには、さまざまな観測運用支援システムの開発が必要となる。ペネトレータ搭載の電池容量，メモリ容量，さらにペネトレータ母船間の通信容量といった限られたリソースをうまく使うために，さまざまな観測運用支援システムをサイエ

ンスPIが協力して作成をすすめている。ここでは，その中の一つである連続月震観測シミュレータについて紹介する。

2. アポロ月震観測の成果

連続月震観測シミュレータについて述べる前にアポロ計画における月震観測の成果を簡単に紹介する。1970年代のアポロ計画では，アポロ12号，14号，15号そして16号の宇宙飛行士が月面に月震計を設置し，観測データは連続的に地上に送られた。各観測点に配置された月震観測システムは，上下動1成分の短周期月震計（SP）と，上下動1成分および水平動2成分の長周期月震計から構成されていた。長周期月震計は，LFモードとLPモードと呼ばれる2つの特性を持っていたが，高い感度を得るためにほとんどLPモードでの観測がおこなわれた。月震計の感度応答曲線を図1に示す。この図に，LUNAR-Aで使用する月震計の特

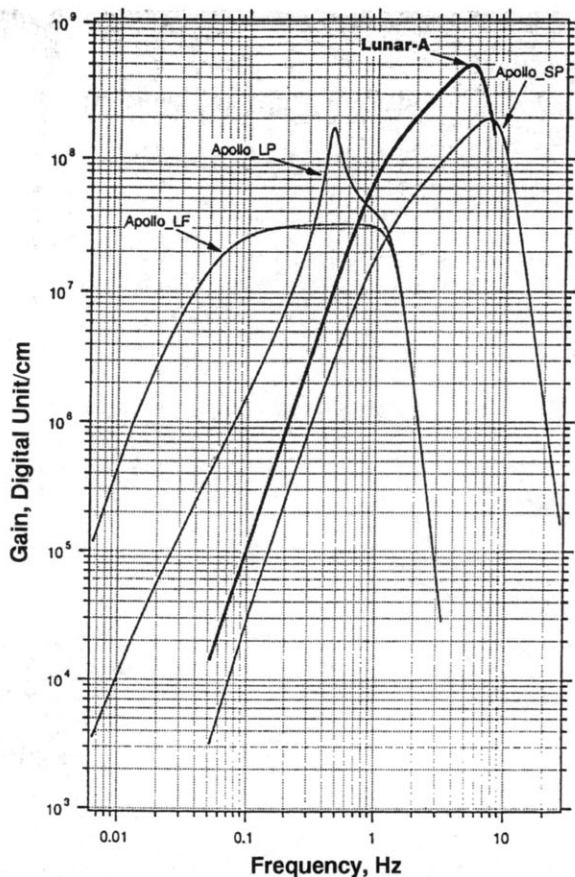


図1 月震計の感度応答曲線

性も比較のために示す。LUNAR-A月震計の特性は、周波数帯域としてはSP月震計に近いが感度としては数倍の感度を持っている。LUNAR-A月震計は、深発月震の卓越周波数が1Hz近傍であるために1Hz付近での感度がアポロ月震計を上回るように設計されている。

LP月震計データを使い月震は、熱月震、隕石衝突月震、浅発月震、深発月震の4種類に分類されている。熱月震、隕石衝突月震、浅発月震、深発月震の波形例を図2に示す。

熱月震は、夜明けから夕方までの太陽が昇っている間に発生し継続時間が他の月震に比べて短い。温度変化によるクラックが原因とされている。LUNAR-Aで

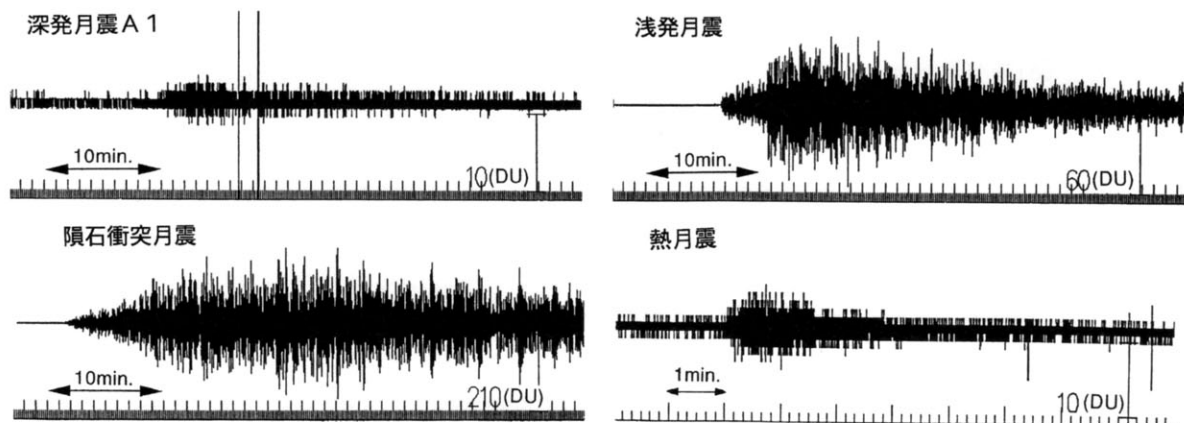


図2 アポロ月震計で得られた月震波形の例

は継続時間が短いことを使い計測しないようにしている。

隕石衝突月震は文字通り、月面に隕石が衝突することにより発生する月震である。衝突点の分布は月全体に広がっているが、それらは接近したいくつかのまとまりになっており流星群との関連が示唆されている。

浅発月震は、わずか28例が観測されているのみであるが、他の月震より高周波成分が卓越しており震源の深さは100kmよりは浅いと考えられている。震央分布や発生周期には規則性がなく、その発生原因は不明である。

深発月震は、波形の類似している109個のグループが同定されており、それぞれA1, A2, ..., A109という番号がつけられている。そのうちの52グループは震源が決定されている。震源の深さは703kmから1181kmである。一般的に振幅は小さくS/N比も良くない波形であるが、振幅変化や発生周期は、地球と月の位置関係に大きく依存している(図3)。月-地球間の潮汐力が発生原因におおきく関わっていると考えられている。

観測された月震波形の走時データから月の深さ約1000kmまでの地震波速度構造が求められているが、深い部分については研究者により構造が異なっている。また、1000kmより深い部分についてはコアの存在を含めてよくわかっていない。これらの不明な月深部の構造について新しいデータを得ることをLUNAR-A計画は目指している。

アポロ計画により得られた成果は多いが、解析されたデータは取得されたデータの一部にしかすぎない。例えば、熱月震を除いてカタログ化されている月震の数は、隕石衝突月震が1743個、浅発月震が28個、深発月震が3145個、未分類が7633個で、分類されたものは全体の4割にとどまっている。また、良好な観測記録が極めて少ないという理由からSP月震計の記録はほとんど利用されていない。LUNAR-Aにより得られる

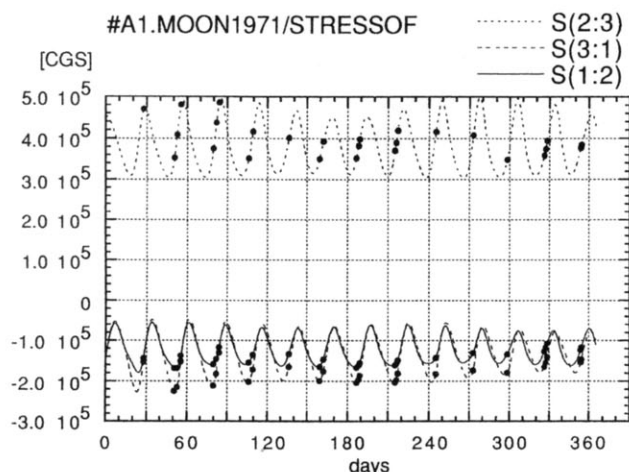


図3 深発月震A1発生日(●)と潮汐応力(実線、波線)の関係

データから多くの情報を得るためにも、未分類のデータやSPの記録も含めてこれらのデータの再解析が重要になる。

3. 連続月震観測シミュレータとは

連続月震シミュレータを一言でいえば、アポロ計画で得られている連続月震データ(約125Gbyte)をLUNAR-Aの月震計測システムで観測するとどうなるかをコンピュータ上でシミュレーションするものである。シミュレータの構成概念を図4に示す。

シミュレータは次の3つのことを目的として開発をすすめている：1) 月震波形要素を使った月震の特徴抽出、2) 月震波形要素を使った月震活動の統計処理、3) 観測条件を変えた時のデータ取得状況の把握。

最初の目的である月震波形要素を使った月震の特徴抽出は、図5に示す月震波形の特徴を表す幾つかのパ

ラメータを使って月震を分類するための基準データを取得しようというものである。これは、次に述べるLUNAR-Aの観測方式のために必要になってくる。アポロ計画では月面上の月震計測システムから地球上に連続的にデータを送っていたが、LUNAR-Aではリソースの制約並びに月の裏側にも観測点を設けるためにデータを直接に地球に転送することができない。そのために月震観測の主たる方法としてイベント・トリガー方式を採用している。これは、ある条件を満たした月震のみを観測するというもので、観測条件はコマンドで変更できるようになっている。それでも、ペネトレータと母船の間の通信容量が小さいので取得した月震波形すべてを送ることができない。それで、計測時に月震波形の特徴を表すパラメータを演算により求め月震観測テーブルに編集しておき、通信の初期にこのテーブルを転送して地上に降ろす波形データ指定するようになっている。この時に、月震観測テーブルのデータから隕石衝突月震なのか浅発月震なのか、あるいは深発月震なのかを判断する必要がある。そのために、すでに分類されているアポロの月震データを使い月震観測テーブルの要素を計算し分類のための基準データを求めておく必要がある。それぞれの典型的な波形を使用しておこなった予備解析では、最大振幅では「深発月震 $\leq$ 隕石衝突月震 $\leq$ 浅発月震」、 τ (トリガー後最大振幅までの時間)については「深発月震 $\leq$ 隕石衝突」という関係が得られている。ただし、観測条件により値は変わるのでさまざまな観測条件について月震観測テーブル要素を求めておく必要がある。また、すでに開発済みの深発月震の発生周期予測プログラムによる

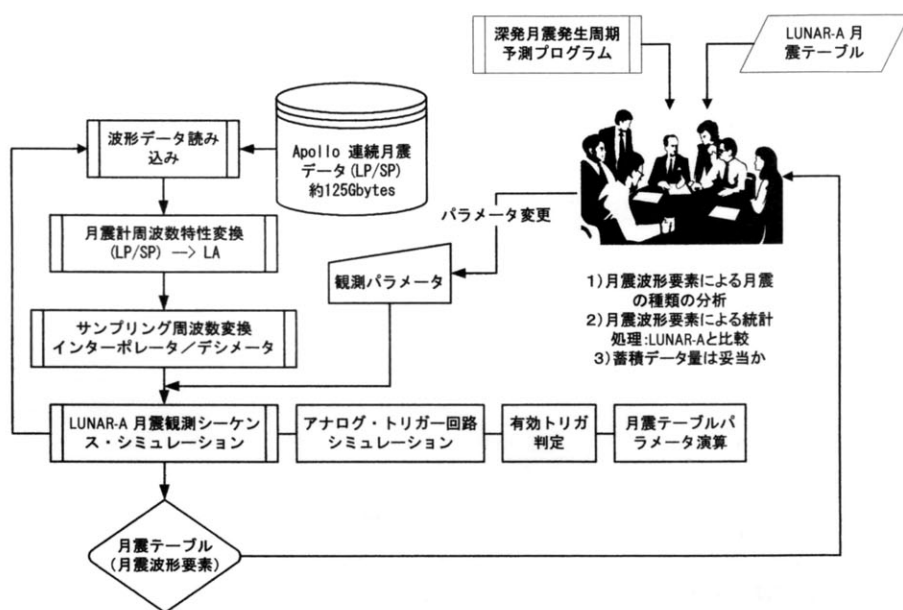


図4 連続月震観測シミュレータの構成図

深発月震活動予測と月震観測テーブルとを合わせて検討することにより高い確度で深発月震を指定できるものと考えられる。

次の目的である月震波形要素を使った月震活動の統計処理というのは、1970年代の地震活動度(発生頻度、振幅、月震の種類等)とLUNAR-Aの月震観測テーブルから推定される2003年から2004年にかけての月震活動度を比較することを目的にしている。アポロ計画における観測方式とLUNAR-Aの観測方式が異なるので、アポロ月震データについてLUNAR-A方式で処理する必要がある。実際には、

深発月震の周期性を考慮しながら実際におこなった観測条件で処理をおこない活動度の比較をおこなう。アポロ計画では月の表側にしか観測点を設けていないので月の表側における活動度の比較になる。月の裏側に月震計を設置するのはLUNAR-Aが初めてであり表側のように比較すべきデータはないが、月の裏側に震源があることがわかっているA33というグループの活動度により比較ができるかもしれない。しかし、LUNAR-Aの観測データにおいてA33をいかに同定するかという別の問題がある。取得したデータ中の深発月震のグループ分けについては別途検討中である。

最後は、観測条件を変えたときにどの程度のデータ取得量になるか、特定の種類の月震を観測するにはどのような観測条件を指定すればよいかなどを把握することを目的としている。これは運用中のメモリ・通信容量の有効利用をするためのシミュレーション、そして目的とする月震波形を取得するために必要になる。

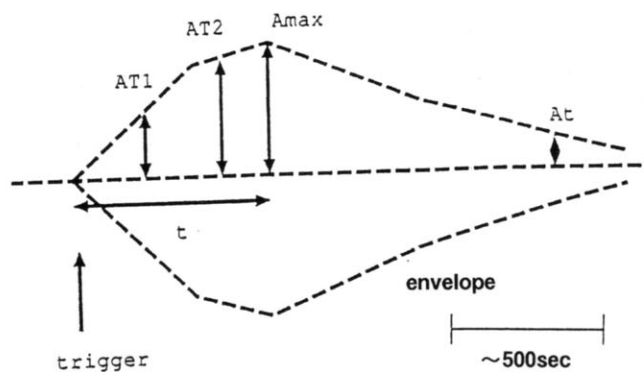


図5 月震観測テーブルに記載される月震波形要素

4. おわりに

現在開発中の連続月震観測シミュレータについて紹介した。これ以外にも月深部構造に関する新しい情報を得るためのさまざまなシステムやシミュレーションをおこなっている。LUNAR-Aによる新しい月震データが取得されるのが待たれる。(むらかみ・ひでき)

お知らせ



★ロケット・衛星関係の作業スケジュール(11月・12月)

	11 月	12 月
相模原		DASH 射場運用 #1 (NASDA/TNSC) 4 → 23
能代		ATREX 小型燃焼器実験 1 → 15
	SS-520-2 フライトオペ (ノルウェー：スピッツベルゲン) 15 → 26	

(TNSC:種子島宇宙センター)

★人事異動(教官)

発令年月日	氏 名	異 動 事 項	現(旧)職等
		(所 内 昇 任)	
12. 10. 1	川 口 淳一郎	システム研究系教授	システム研究系助教授

★シンポジウム

宇宙科学企画情報解析センターシンポジウム

開催日: 10月27日(金)

場 所: 宇宙科学研究所本館2階会議場

問い合わせ先: 宇宙科学研究所研究協力課共同利用担当 TEL: 042-759-8019



★平成12年度第2次大気球実験

平成12年度第2次大気球実験は、平成12年8月21日から9月4日まで三陸大気球観測所において実施しました。放球した気球はBT5型1機、B100型1機の計2機でした。

B100-7号機は8月28日7時13分に放球しました。本実験は、宇宙科学研究所および東北大学が中心になって開発した液体ヘリウムを用いたクライオジェニックサンプリング法で成層圏の大気を大量に採集することでした。高度14kmから32kmまでほぼ等間隔に10点、大気圧に換算してそれぞれ25リッターの大気を採集することに成功しました。得られた大気試料は、関係する大学や研究機関に持ち帰り、さまざまな成分の濃度や同位体の測定が行われます。得られた解析データは、成層圏における大気循環や光化学反応過程の解明に大いに役立つものと期待されています。

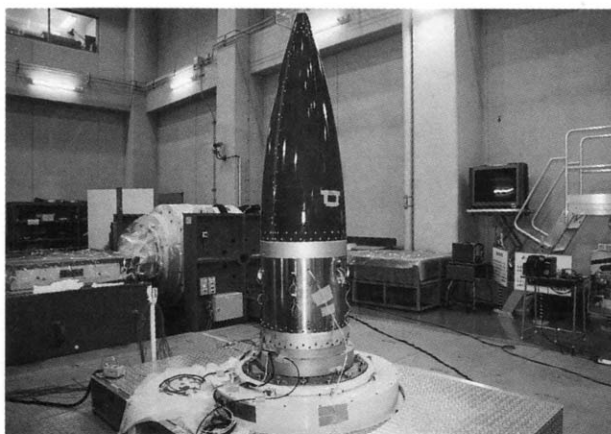
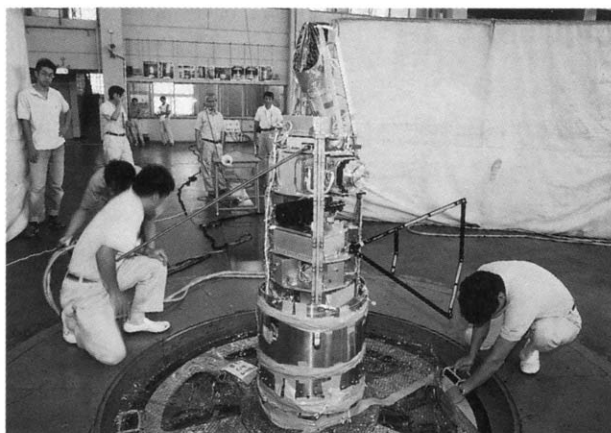
BT5-20号機は8月30日10時10分に放球しました。本実験は、東北大学が開発した光学的オゾンゾンデを用いて成層圏のオゾン濃度高度分布を観測することを目的として行われ、高度20kmから気球到達高度41kmまでのオゾン濃度の観測に成功しました。この観測は1994年から毎年この時期に行われており、本実験では一般的に使用されている電気化学式オゾンゾンデでは観測できない上部成層圏のオゾン量の経年変化を調べるための貴重なデータを取得することができ、これまでの実験と合わせて太陽活動度変動に伴うオゾン量の変化が確認されています。また、地上や人工衛星によるリモートセンシング技術では観測できない数キロメートル規模の上部成層圏のオゾン高度分布の波状構造を観測することに成功しました。

尚、当初実験を予定していたB80-5号機は、観測者側の都合により延期され、来年の5月期に実験を行うことに致しました。
(山上隆正)



★SS-520-2 噛み合わせについて

本年11月末にノルウェーのスバルバードから打ち上げられる予定のSS-520-2号機の噛み合わせ試験が8月28日～9月19日の23日間に渡って飛翔体環境試験棟で行われました。SS-520-2号機は高度約1000kmまで上がり、地球の極域にあるカスプと呼ばれる、地球の昼間側磁力線が集中する領域（この領域には太陽風のエネルギーが直接入り込むことが知られています）における電離層イオンの流出機構を解明する事を主な目的としています。このSS-520-2号機には、イオンや電子を測定する観測器や、プラズマ波動の波形を観測する観測器など全部で9つの観測器が搭載されています。今回のロケットは、変化の早い現象を捕らえるために20ミリ秒と非常に高い時間分解能で観測を行えるように各観測器が設計されているのが大きな特徴です。搭載されている観測器のうち、2つの観測器は海外（カナダと米国）で製作されたものです。8月28日に噛み合わせが始まった当初は、米国からの観測器の到着が少し遅れた他、机上噛み合わせでもいくつかの問題が発生してどうなることかと思いましたが関係者の努力によりその後の試験はスムーズに進める事ができました。机上噛み合わせが予定より大幅に延びたため、全体のスケジュールが約1週間延びてしまいましたが、9



月19日には噛み合わせを終えることができました。この後、搭載各機器は最終調整を行い、10月に再本組を行います。その後はスバルバードへの発送、そして11月中旬からの現地での打ち上げ作業といよいよ打ち上げに向けた最終作業が始まります。（齋藤義文）

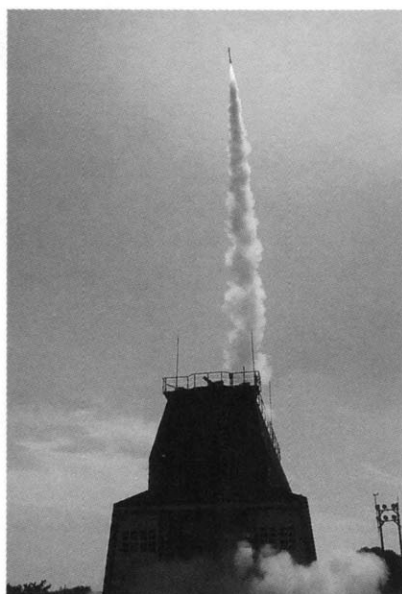
★MT-135-72号機、73号機打ち上げ

成層圏のオゾン密度の高度分布の測定を主目的としたMT-135-72号機は9月18日、73号機は19日の11時に、鹿児島宇宙空間観測所から発射された。あちこちに集中豪雨をもたらした台風14号は北に去って両日とも好天に恵まれたのは幸いであった。両機ともに飛行は正常で、72号機は高度51kmから、73号機については50kmから5kmまでのオゾン密度、風向、風速および気温のデータを取得することが出来た。

平成2年の52号機から始まったオゾン観測は、今回の実験で太陽周期の11年間行ったことになる。この間の観測データによると40km付近のオゾン密度は年率1%の減少を示しているが、そこよりも密度が10倍程高い最大密度の高度25kmでは変化が検出されなかったもので、内之浦の緯度での皮膚ガンなどのいわゆるフロンの問題はないのかもしれない。

ロケットのメーカーが、日産からIHIエアロスペースに移ってから初めての実験であった。メーカーの技術者達は（実は私もであったが）、この時行われていたシドニーのオリンピックの参加日本選手の心持だったと思われる。またM-Vの不具合以来の初めての実験ということで、実験班の誰もが緊張していたが、打ち上げが成功裡に終わったことは何よりであった。

（中村良治）



★宇宙研ホームページに子ども向けページ開設

今春リニューアルオープンした宇宙研ホームページ日本語版に続いて、宇宙研一般公開に向けて子ども向けのページ「キッズ★ギャラクシー」がオープン。ケンケン、ブンブン、カクカク博士にシカジカ助手などの楽しいキャラクター（プロが作ってくれたキャラクター）が登場、「宇宙なぜなぜ大辞典」「宇宙博士に聞いちゃおう」など子どもたちの宇宙への興味に応えます。

もっと楽しい企画があるのですが、現在のところデータを提供する側が遅れを取っています。今しばらくお待ちください。益々充実したページになる予定です。皆さんからのアイデアも、どしどしお寄せください。

（周東三和子）



★ISASニュースWebサイトで用語解説

ISASニュースWebサイトで用語解説を始めました。ISASニュースの記事が難しいという感想をよく耳にします。そこで、2000年6月号（No.231）を期して、〈研究紹介〉と〈ISAS事情〉に出てくるちょっと難解そうな言葉に、短い解説をつけることにしました。まだまだ不十分な点があるかも知れませんが、少しずつ充実させたいと考えています。

記事の緑色に変わっている文字をクリックすると、解説が表示されるようになっています。解説ページについてのご感想もお寄せいただければ幸いです。

（山本悦子）

赤外線天文衛星ASTRO-Fには、主鏡口径710mmのF/6 Ritchey-Chretien望遠鏡が搭載される。我々は、その望遠鏡として、SiC(炭化硅素)という素材を用いた鏡の開発を行ってきた。地上で使われる通常の光学望遠鏡と比べて、衛星搭載用の赤外線望遠鏡には、こういった開発上の特色があるのか。

まず、赤外線観測では望遠鏡そのものを十分に冷やすことが重要である(ASTRO-Fでは6K)。なぜなら、鏡の温度が高いとそれ自身が赤外線を発し、その揺らぎが、検出できる天体の限界を決めてしまうからである。従って、鏡の素材は一様に良く冷えるものでなければならない。また、低温でも鏡面の精度が悪くならないために、熱変形の小さい素材であることも重要となる。さらに衛星搭載用のため、打上げ時の激しい振動でも割れないような、充分な強度を持つものでなければならない、出来るだけ軽くすることも重要である。

従来は石英や金属鏡が使われていたが、鏡のサイズが大きくなると、これらの条件を満たすことが困難になってきた。そこで我々は新しい鏡材として、SiCに注目した。SiCは、もともと高温環境への応用(photon factoryなど)から鏡材として使用され始め、最近では、X線領域での応用も期待されている素材である。宇宙用としての実績はほとんどないが、非常に硬くて軽く、高精度の面に加工しやすいことや、熱伝導が良く、低温で比熱が小さいことは注目に値する。

まずは、軽量化という観点からだが、ASTRO-F望遠鏡の母材には、低密度(多孔質)SiCを用いる。そして、裏面を肉抜きしてリブ構造にし、厚みを薄くする(3mm)ことで、より軽くしている。ただ、このままでは強度が不十分なので、化学蒸着(CVD)で全面を高密度の硬いSiC膜(0.5mm)で覆うことで、より頑丈な鏡に仕上がっている。その結果、710mmφという大

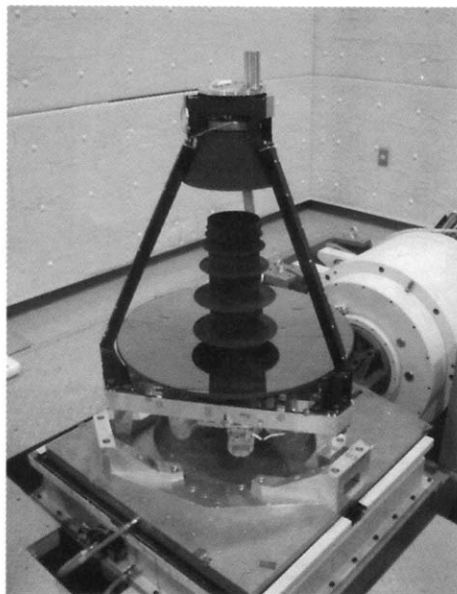


図2 振動試験中のSiC望遠鏡。素材はフライトモデルと同等。

きさのSiC主鏡単体が約11kgという軽量を実現しており、SiC副鏡と組み合わせた望遠鏡全体でも、検出器を含めた総重量が約38kgにしかない。

では、SiCはどの程度、熱的に優れているか。我々は710φという大きなものを作る前に、160mmφ SiC鏡を何個か作って冷却試験を繰り返し、性能を評価してきた。その結果、常温と6Kでの面精度の変化がrms値で3nm程度という、温度変化が極めて少ない鏡を作ることになった。では、本番の大きさになるとどうか。

図1は710mmφ SiC鏡の冷却面検試験を行っているところである。まだ、初期成果の段階だが、160mmφ鏡で得られた実績どおり、サイズが大きくなっても冷却による変形は少ないという結果が得られている。

問題は、打ち上げ環境の振動／衝撃に耐えられるかである。実は昨年の振動試験で、SiC主鏡は割れてしまった。そこでCVD工程に大きな改良を加えたところ、今夏の振動試験は無事にクリアできた(図2)。さまざまな苦労があったが、今では基材加工工程が確立できたと信じている。現在、フライトモデル鏡の研磨が進められており、今月中に完了する予定である。

SiCは非常に硬い素材のため、研削／研磨に膨大な時間と費用を要するという短所があるが、宇宙用冷却鏡の素材として、魅力的なものであることには違いない。今後、より大口径のSiC主鏡を製作／実用化するためには、CVD処理技術の向上とともに、新しい研削／研磨技術の開発が必要不可欠であろう。

(かねだ・ひでひろ)

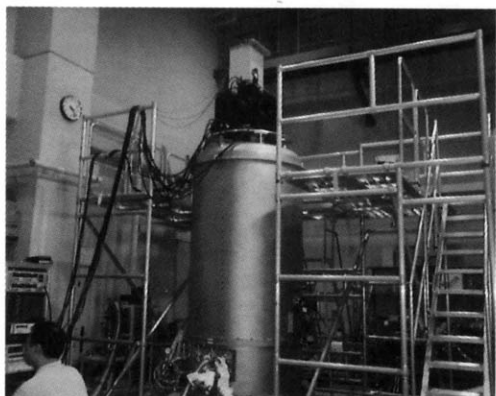


図1 宇宙研D棟の極低温実験室にある望遠鏡地上試験装置。

〈一般公開特集〉

前号にも紹介されておりますが、8月26日に行われた宇宙科学研究所相模原キャンパスの一般公開でのスナップ写真を紹介します。入場者数は約25,000人と来訪者数の最高記録を樹立しました。



D棟風洞実験装置での賑わい



受付風景



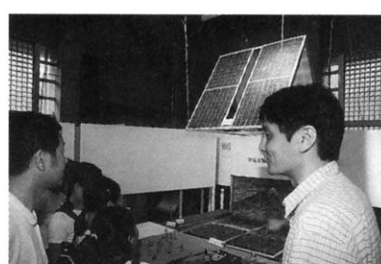
バルーンで彩られた
構造棟の展示風景



21世紀夢の技術展でも活躍した
ISAS紹介タッチパネル(構造棟)



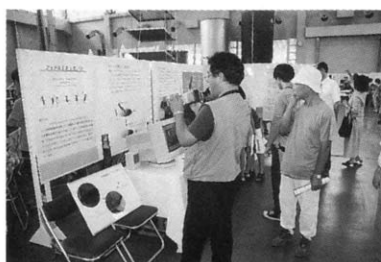
再使用型ロケット(構造棟)



太陽発電衛星の展示(構造棟)



本当に浮くのかな?(構造棟)



宇宙電子部品の展示コーナー(構造棟)



ATRエンジン(構造棟)



スタンプラリーと子供達



電気推進のコーナー(D棟)



目を引くレールガン(D棟)



宇宙科学振興財団のコーナー



環境試験装置(C棟)



赤外線天文学(C棟)



「のぞみ」構造モデル(C棟)



熱制御ってどういうこと?(C棟)



実行委員長は天職?(A棟)



今年こそみつけるぞ!「あなたの名前を火星へ」(A棟)



月惑星探査コーナー(A棟)



子供ミニミニ宇宙学校(A棟)



子供ミニミニ宇宙学校(A棟)



さあ作るぞ!水ロケット(共和小学校)



水ロケット発射!(共和小学校)



X線天文学(C棟)



テレメータとは..(C棟)



人!人!人!(構造棟)



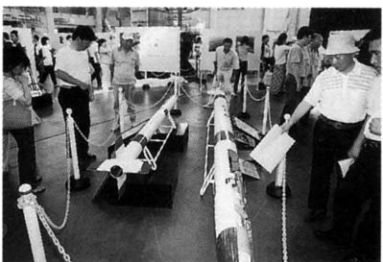
インターネット体験(構造棟)



落書きコーナー



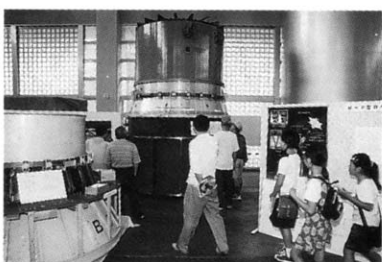
人気者現れる



観測ロケット(構造棟)



「ようこう」(A棟)



M-Vロケット(構造棟)

我が磁尾艇留（ジオテール）衛星活躍中の国際太陽地球物理(ISTP)計画に参加するESAのクラスター衛星は、アリアン5型1号機とともに大西洋に沈んで以来、約4年をかけてクラスターⅡとして復活。今度はソユーズ・ロケットでバイコヌール基地から打ち上げられることになりましたが、その際のESA連中の打ち上げ立会いツアーに参加という奇貨に恵まれ、カザフスタンへ行ってきました。

モスクワでESAのカバロ氏、ISSI（国際宇宙科学研究所）のマンノ氏らを初め総勢百余名の団体に合流。3時間の飛行の後TU154型機が着陸したのは、バイコヌール基地の中の滑走路で、後で聞くと、それはあのブランが着陸した滑走路だったとのこと。

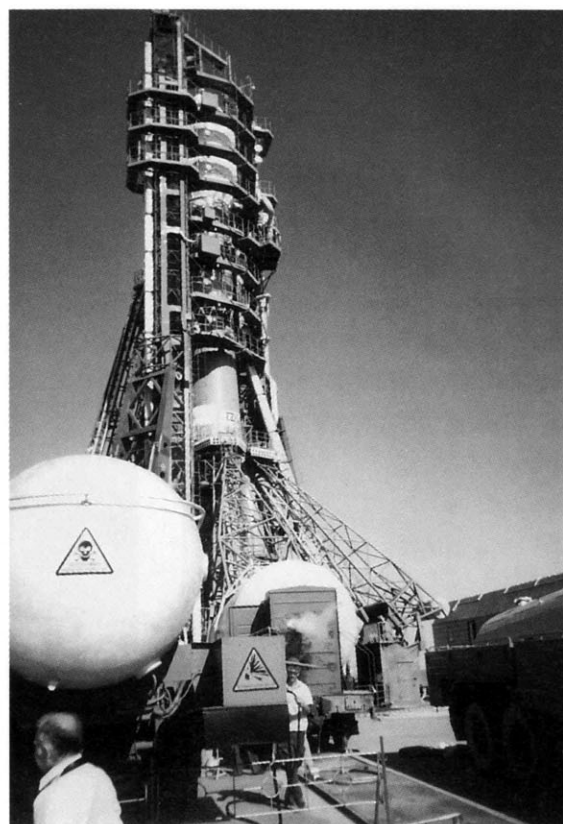
周りは見渡す限り枯れたような草が僅かに生えている荒れ地で、数十km彼方の発射施設が遙かに霞んで見える。これも冷戦の産物なのかソユーズやプロトンの発射点は夫々が何十kmも離れています。

夏は+40℃、冬は-30℃じゃあ、舗装の維持なんか無理さ、という言い訳を聞きながら凸凹道をバスに揺られて延々約1時間、走れども走れども依然基地の中。ようやく基地のゲートが見えてくる頃、周囲は広大なゴースト・タウン。ソ連時代の打上げ最盛期、ここに約十万人の基地従業員が住んでいたのが今や無人の廃墟になっていました。

現在バイコヌール（旧名レーニンスク）の町の人口は約1万5,000、大半の人が基地と何らかの関連を持って生活している由。町の青空市場ではモンゴル系のおばさん達が陽気に山積みの西瓜を売っていました。

打上げを翌日に控えた我々の宿舎は、町の郊外、基地のゲートのすぐ近くにフランスの資本、イタリアの建築会社によって建てられたホテル・スプートニクで、空調完備、モデムのジャックもRJ11と滞在には何の問題ありません。というのも、現在ソユーズ・ロケットを使った商業打上げはフランスのSTARSEMという民間の会社が行っており、衛星の準備作業を初め多くの関係者が長期間快適に過ごせるホテルがあることも顧客確保には必要条件という訳です。ちなみに今回のクラスターⅡ打上げは、4年前にSTARSEMがソユーズ打上げを始めて以来、既に14機目になるとのこと。

一夜明けて、予定通り打上げとの情報が入り、まずは射点の見学へ。我々が到着したのは発射7時間前、タンクローリーがサービスタワーに横付けになって液酸注液中というのに規制も無く、射点直近まで立ち入



り可という大らかさ。（写真参照）

打上げを待つ間、射点から再び1時間バスに揺られて案内された広大な建物は、嘗てエネルギーやブランが整備されたビルで、今なお1組のブラン+エネルギーが埃を被って横たわっており、その巨大さに息を飲む。なお、ブランはこの建屋の外にもう1機置いてあり、モスクワの公園に飾ってある1機と合わせ、作られたのは計3機との説明でした。

打上げ1時間前、射点から約2kmの見学者席へ。淡々とタイムスケジュール通りに進む作業の様子がスピーカーから流れ、やがてカウントダウンも無しに、19秒前点火、3秒前フルスラストというアナウンスがあったと思うまもなく、固体ロケットと違って噴煙も残さずに、ソユーズは雲一つ無い青空へ小さな輝点となって吸い込まれていきました。

今回、発射オペは垣間見ただけでしたが、40年以上に亘り既に千機以上のソユーズを打ち上げてきた経験と実績故の、衛星打ち上げなど日常茶飯事という様子が強く印象に残った2日間のカザフ探訪でした。

（うえすぎ・くにのり）



惑星探査テクノロジー第7回

惑星探査ローバ

～「近くで観る・触って観る」～

久保田 孝

惑星探査ローバといえば、1997年に火星表面を探索した「ソジャーナ」が有名ですが、宇宙探査ロボットの歴史は実は意外と古いのです。今から30年昔の1970年に、旧ソ連が無人移動探査ロボット「ルノホート」を月に送り込み、月面の探査を行いました。

探査ローバの主な特徴は2つあります。1つは移動できるということです。これはランダムミッションが着陸地点付近の探査であるのに対して、ローバミッションでは広範囲な探査が期待できます。またクレータや断崖など地殻が露頭している地域など、調べてみたいところの探査を可能にします。2つめは、ローバが月・惑星表面に接触しているということです。そのため、惑星表面のサンプル採取や搭載機器によるIn-situ分析、掘削などによる地下探査や観測機器の設置、サンプルリターン用のサンプル収集などが可能となります。

ローバの基本的な作業は、周囲観測による調査地域の選定、目標地域への移動観測、科学観測データ取得などです。環境観測支援では、ローバ及びマニピュレータなどによる計測センサの位置姿勢制御が必要となります。表面のサンプルは比較的新しいもので宇宙線に汚染されている可能性があります。従って、磨く・削る・割る等の作業により岩石などのサンプルの表面や内部を露出することが必要です。地下探査では専用機器による掘削や計測センサの設置、地震波探査や地盤調査では、計測機器の設置や移動しながらのデータ取得などの作業があります。

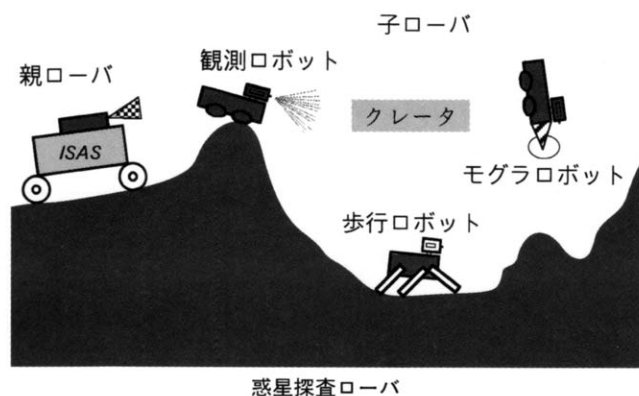
探査ローバは、月・惑星という未知環境において活動するため、その環境に柔軟に適應できるように設計する必要があります。ローバは宇宙機の1つですから、基本的には人工衛星や探査機の設計手法が参考になります。バス機器は、構造系、電源系、走行系、通信系、データ処理系、熱制御系、電気計装系などのサブシステムからなります。

人工衛星と大きく違うところは走行系です。惑星表面を移動するため、車輪や脚などの移動メカニズムが開発されています。特に岩やレゴリスなどの不整地を柔軟に移動するために、ソジャーナは6輪で走行します。ロッカーボギーと呼ばれるリンク機構を有するサスペンションを持っており、車輪の1.5倍の段差を乗

り越えることができます。宇宙科学研究所でも新しいサスペンション機構を有する5輪ローバを研究しています。ソジャーナと同等の走破性能を維持しながら、車輪の数を1つ減らし軽量化に成功しています。一方、小惑星などの小天体では、表面重力が非常に小さいために、車輪などによる移動方式では、確実な移動を保証できません。そこでホップしながら移動する新しい移動メカニズムが提案されています。

月や火星の場合、通信時間は往復数秒から数十分かかります。また非可視運用や通信容量の制限から、ローバミッションでは、遠隔操縦技術と自律化技術が併用されます。遠隔操縦では、搭載カメラで撮像された画像情報をもとに地球から操作します。通信時間遅れの問題を解決するために、予測画像や人工現実感を導入し、科学者にとって使い勝手のよいヒューマンインタフェースシステムを提供します。自律移動する場合には、搭載センサで表面地形をセンシングして、障害物を回避するなど知的な判断を行います。

科学観測を支援するシステムの一つとしてマニピュレータがローバに搭載されます。遠方及び周辺環境の観測、試料のサンプリング、分光カメラなど観測機器の表土や岩石などの試料への接近・接触、地面の掘削、試料の破碎、試料表面からのレゴリス等の除去、太陽電池パネルの清掃などのメンテナンス、3次元計測などさまざまな目的に使われます。小型・軽量化、低消費電力化、長いリンク長、作業に十分な自由度、カメラなどセンサの搭載、ミッションに合わせたエンドエフェクタの搭載などを考慮して、惑星探査用マニピュレータが開発されます。(くぼた・たかし)





石の上にも3年

Gilbert Kirkham

私はアメリカ人ですが、恥ずかしながら日本語も少々話します。早いもので、私が日本で働くことになって3年が経ちました。最近、私は電話を通して外部の人から“川上さん”と呼ばれることが多くなりました。始めは笑える冗談でしたが、実のところだんだん怖くなっています。何を間違えて“カーカム”が“川上”と聞こえてしまうのか、全く理解できません。NASAの川上さん宛ての電話や配達物が徐々に増えてくると同時に、最近では川上ではなくカーカムだということ、漢字でどう書くのだと尋ねられる始末。ショックでした。多分、私の日本語の発音がアクセントに問題があるのだと非常に反省しています。

“石の上にも3年”という格言があります。まさしく私の駐日NASA代表としての生活も、大きな課題の上にありました。この3年間、公私共に数々の失敗を含めて貴重な経験をしました。今ほどこの格言の意味を身近に感じたことはありません。私は常に“失敗は成功の元”だと信じています。とは言え、日本での最初の失敗は忘れられるものではありませんでした。

私は1997年8月の着任早々、ASTRO-Eの開発状況の報告をしなければならませんでした。当時NASAはISASとハードウェア統合計画に関していくつかの問題を抱えていました。そこで私は、直ちに宇宙開発委員会からの打上げ計画最新情報を、NASA本部へ送りましたが、その時は大きな失敗を犯しているとは夢にも思いませんでした。私はASTRO-Eの打上げ年度を、暦年ではなく予算年度で報告してしまったのです。NASAの同僚は突然降って沸いたような情報に、かなりのパニック状態になったことは言うまでもありません。後日、小川原教授から適切な情報を提供していただき、事なきを得ました。この一件で、私自身大変反省いたしました。初歩的なミスとは言え、ISASの皆様にもその際は大変ご迷惑をおかけして申し訳ありませんでした。それ以後、情報の正確さは私自身の理解の確認を要するものと心がけています。“煮え湯を飲んだ”とはこういう事でしょうか。

しかしながら、悲劇は続きました。日本の宇宙活動を理解する上での言葉上の問題をはじめ、数字の数え方など、ヒヤヒヤの毎日を今だに過ごしているのです。

さてここからは、まじめな話ですが、我々が向かう21世紀の宇宙開発はチャレンジそのものです。したがって、今までの日米協力の枠組みを越えた新しい形のガイドラインを作る必要があるのです。そのガイドラインの作成の際には、次の3つのアプローチが重要だと思います。最初に“尊重”です。日米間の議論の中でお互いの立場を理解し、ひいては文化的な配慮を含めた交渉が必要とされます。次は“コミュニケーションの拡大”です。幸いにも、NASAはISASの科学者や技術者間だけでなく、事務系レベルにおいても交流を行っていますが、今後もっと積極的に行われることを期待しています。最後に“ゆるぎない信頼関係”です。日米間の宇宙開発に対する意気込みを確認し信頼性を増すことが求められると思います。21世紀の宇宙開発は一層密なる協力関係を軸に行われなければならないのです。その第一歩として、MUSES-Cの成功を心から祈っています。

私の“石の上にも3年”も何とか無事に過ぎ、これからはNASAの調整役としてもっと広報活動にも力を入れていこうと思っています。日本の皆様にNASAの活動をより身近に感じていただくことで、同時に日本の宇宙開発への興味を持っていただけるように頑張ります。今後、広報活動を通して多くの人に“川上さん”と呼ばれるかもしれませんが、そのうちに“川上”という名前が、日本滞在の良い思い出の一つになればいいなあと思う今日この頃です。

(NASA ギルバート・カーカム)



急に寒くなってきた気がする。「そろそろ、コタツの暖かさを思い出す季節ですね。」と書こうとしたが、うちのは壊れていることに気がついた。買いに行かないと。

(山川)

ISASニュース

No.235 2000.10

ISSN 0285-2861

発行：宇宙科学研究所(文部省) ☎229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL 042-759-8009

The Institute of Space and Astronautical Science

◆本ニュースに関するお問い合わせは、上記の電話(庶務課法規・出版係)までお願いいたします。(無断転載不可)

*なお、本ニュースは、インターネットでもご覧になれます (<http://www.isas.ac.jp>)。