

▲ M-V-3/PLANET-B打ち上げ (撮影：前山勝則・杉山吉昭)

## 〈研究紹介〉

# 宇宙初期に星は生まれているか？

宇宙科学研究所 松原 英雄

我々の住む銀河系は、宇宙の歴史（120億年間とも150億年間とも言われている）の中で、いつ、どのようにして誕生したのか？これは現代天文学が解き明かすべき最重要課題の一つである。銀河は星の大集団である。従って銀河の誕生とはその主要な構成員である（最初の）星の誕生を意味する。さて、百億～一兆個もの星からなる銀河の大半は楕円銀河やスフェロイド成分が卓越した早期型円盤銀河であり、ここ数十億年は殆ど新しい星は生まれていないことが知られている。すると大部分の星は、宇宙初期（宇宙年齢で五～十億年の時点）の十億年オーダーの期間で誕生したことになる。これは年間百～千個という膨大な割合で星が誕生したことを意味し、従って銀河は宇宙初期には今に比べて何百倍も明るかったはずである。

ここでは、この宇宙初期の星形成について今日何がわかっているか、そして、スペース赤外線観測がその解明の上で果たすべき役割について述べる。

### ◆誕生したばかりの銀河は見つかったか？

誕生したばかりの星の光は、紫外～可視光領域に主

に放射される。しかし宇宙初期に誕生した星からの光は、宇宙膨張による赤方偏移（波長が長い方へずれる）のために、可視～赤外領域で観測される。この波長が何倍になるかの係数を $1+z$ と書いて、 $z$ を赤方偏移パラメータと言う。宇宙初期、即ち宇宙年齢十億年以前の宇宙は、 $z=4$ 以上に相当する。

可視光及び近赤外波長域では、地上及びスペースからの観測（ハッブル宇宙望遠鏡など）で宇宙初期の誕生したばかりの明るい銀河を探し求める試みがなされてきたが、未だに発見されていない。宇宙初期の銀河が、今に比べて何百倍も明るいという仮説は正しくないのだろうか？そう結論するのは未だ早い。なぜなら、星は確かに生まれているのだが、何かに遮られていて見えにくいだけかもしれないからである。この星からの光を遮るものとして、星間塵（星間空間に漂う固体微粒子）がある。そもそも星はガスと塵の雲の中で誕生するから、塵に星の光が遮られる可能性は極めて高い。実際、近傍宇宙でしばしば見られる爆発的星生成（スターバースト）中の銀河は、大量の塵があるため

表1. 宇宙初期の電波銀河での星形成

(主に Ivison et al. 1998 ApJ, 494, 211)

名前	赤方偏移	遠赤外光度 (太陽光度単位)	分子ガスの量 (太陽質量単位)
4C 41.17	$z=3.8$	$2.5 \times 10^{13}$	$< 3 \times 10^{11}$
BR 1202-0725	$z=4.69$	$6 \times 10^{13}$	$3.3 \times 10^{11}$
8C 1435+635	$z=4.25$	$1 \times 10^{13}$	$< 2 \times 10^{11}$
BRI 1335-0415	$z=4.41$	$6 \times 10^{13}?$	$\sim 10^{11}$

に可視光では暗い場合が多い。

塵は星の光を遮ると同時に、自身は星のエネルギーに暖められ、30~100ミクロンの遠赤外波長でエネルギーを放出する。この塵からの遠赤外線は、赤方偏移により主にサブミリ波~ミリ波で観測される。これを捉える一つの試みとして、ここ数年、 $z > 4$ の電波銀河(中心に活動的銀河核がある)のサブミリ・ミリ波地上望遠鏡による連続波観測が盛んに行われている。そして、実際、塵からの放射と考えられる膨大な遠赤外線を幾つかの $z > 4$ の電波銀河から検出している! 表1はその代表的な例である。これらの遠赤外線光度は、銀河での最初の星形成中に期待される光度に匹敵している。さらにまだ2例ではあるが、一酸化炭素の回転輝線の検出例もあり、星の母胎である分子ガス雲が膨大に存在する証拠も得られている。これらの銀河では、その歴史上最初の星形成がまさに行われているのかもしれない。

#### ◆赤外宇宙天文台ISOによる探索

では、どうすれば、最初の星形成の確実な証拠が得られるだろうか? それはやはり、そこで誕生している星の集団の年齢を決めることである。それには(銀河の静止系での)紫外~近赤外のスペクトルを詳細に調べることが必要である。しかし電波銀河の場合、活動的銀河核からの強力な放射が邪魔をして、星からの光のみを分離して調べることは極めて困難である。従って、活動的銀河核を持たない宇宙初期の大光度遠赤外線銀河をぜひとも見つけたい。そのためには、非常に高感度の遠赤外線無バイアスサーベイを行う必要がある。そしてそれは赤外天文衛星によって初めて可能になる。

宇宙科学研究所・東北大学・東京大学・名古屋大学・岐阜大学・ハワイ大学の研究者からなる銀河・宇宙論観測研究グループは、赤外宇宙天文台ISOの観測装置の一つISOPHOT(遠赤外線測光器)による広域ディープサーベイを提案し、1996年5月~6月に実際に観測が行われた。ISOは、欧州宇宙機関が中心になって開発し、1995年11月に打ち上げた口径60cmの冷却望遠鏡を持った宇宙天文台である。観測した領域は、全天で銀河系内星間ガスの最も少ないと考えられている、

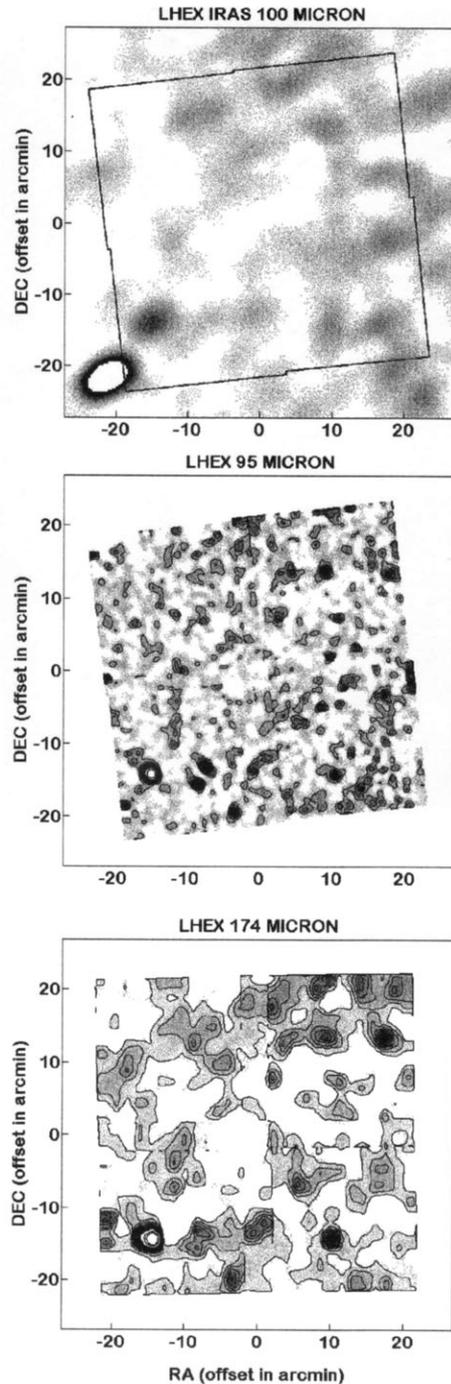


図1 ロックマンホール遠赤外マップ

(上) 1983年のIRASの観測。波長は100ミクロン、角分解能は約4分角×8分角。黒枠は中段のISO(95ミクロン)の観測領域に対応する。(中) ISOの観測。波長95ミクロン、角分解能は約1分角。(下) ISOの観測。波長175ミクロン、角分解能約2分角。ISOの検出限界はIRASのそれに比べて約一桁以上向上している。(Kawara et al. 1998, A&A, in press)

「ロックマンホール」と呼ばれる大熊座方向の領域である。この観測では、波長95及び175ミクロンで、44分角×44分角の二つの天域をサーベイした。この結果得られたマップを図1に示す。遠赤外サーベイは、これまで1983年のIRASサーベイしか存在しなかった。ISOによるサーベイは、角分解能及び感度ともにIRASよりも格段に向上したおかげで、IRASでは見つ

からなかった天体が極めて多数検出された。フラックスが150mJyを超える天体の数は、1平方度に32個（95ミクロン）、40個（175ミクロン）に達する。この数は、赤外線銀河の光度や個数密度に、現在と過去とで全く進化がない、とした場合の予想数を約一桁上回っている（昔ほど数が多いか、若しくは明るくならない）。この中には175ミクロンのフラックスが、95ミクロンのそれに比べて極めて大きい天体（「赤い」天体）も数多く含まれている。地上望遠鏡による詳細な追跡観測は未だ始まったところであるが、これらの「赤い」天体の中に、宇宙初期の大光度遠赤外線銀河がおそらく含まれているであろう。

◆ASTRO-F(IRIS)計画

ISOは天文台型性格の衛星であり、広域な無バイアスサーベイにはあまり向いていない。銀河宇宙論グループが得たデータの観測天域の広さは約1平方度であるし、ISOミッション全体でもおそらく数十平方度であろう。これに対して現在進行中の宇宙科学研究所第21号科学衛星計画ASTRO-F (IRIS)では、全天(約4万平方度)にわたってISOと同程度の検出感度をもって遠赤外サーベイを行う(なおIRISは InfraRed Imaging Surveyorの略称)。

IRISの外観を図2に、またミッションの概要を表2に示す。IRISは口径70cmの冷却望遠鏡で、前述した遠赤外サーベイ装置(FIS)と共に、近中間赤外カメラ(IRC)も搭載している。FISによる全天サーベイは、地心-太陽方向に垂直な面内を望遠鏡の指向方向が軌道1周につき一回転するような仕方姿勢制御することで行われる(一様サーベイモード)。IRCによ

表2. ASTRO-F (IRIS) 計画の概要

軌道	太陽同期軌道、高度750kmの円軌道		
観測モード	一様サーベイモード(一周回一回転、遠赤外サーベイ) 指向観測モード(約10分、近中間赤外観測及び遠赤外分光)		
ミッション期間と観測フェーズ	打上げ予定: 2002年度冬期 Phase 1: 最初の180日間、サーベイ優先 Phase 2: 次の200日間、指向観測優先 以上液体ヘリウム保持期間、目標一年以上 Phase 3: 液体ヘリウム消費後、NIRのみ		
冷却系	液体ヘリウム(150リットル) スターリング冷凍機によりタンクを囲む熱シールド板を冷却 クライオスタット外壁をラジエータで200Kに冷却		
光学系	主鏡口径 70cm (~6K) F/6 Ritchey-Chretien		
焦点面機器	近中間赤外カメラ (IRC)		
	チャンネル	波長[μm]	視野
	NIR	1.8~5.0	10'x10'
	MIR-S	5.0~12.	
	MIR-L	10.~26.	
	遠赤外スキャナー (FIS)		
	チャンネル	波長[μm]	視野
	N60	50~70	12.5'x7.5' (gapあり)
	WIDE-S	50~110	
	N170	150~200	
WIDE-L	110~200		
スターセンサー (FSTS)			
データレート	1.4GB/day(Phase 1)~2.3GB/day(Phase 2)		
受信局	KSC局、海外局も検討中 (サイエンスデータはXバンド、伝送レート4Mbps)		

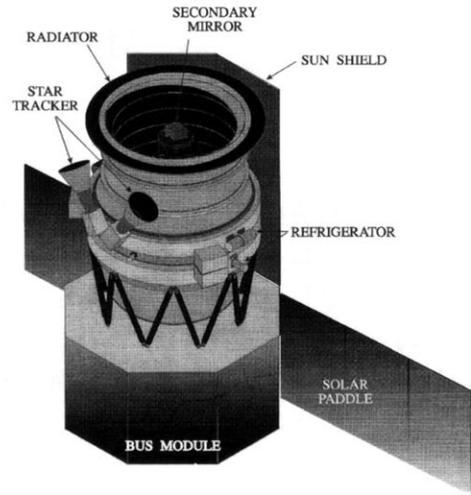


図2 ASTRO-Fの外観  
望遠鏡は口径70cmで、衛星上部のクライオスタット内部で約6Kまで冷却されている。

る撮像・分光観測、及びFISによる分光観測時には、衛星を特定方向に約10分間固定する(指向観測モード)。後者の観測モードにより、天文学的に重要な天体の波長2ミクロンから200ミクロンまでにわたる詳細な撮像・分光データを得ることができる。なお衛星の寿命は冷媒の超流動液体ヘリウムの消失までで決まっている(予定では打ち上げから440日)が、これを2期に分け、前半(Phase 1)では、FISによる全天サーベイを中心に行い、後半(Phase 2)で指向観測モードの観測、及びPhase 1でやり残した天域のFISによるサーベイ観測を行うことを考えている。全天サーベイではおそらく数百万個の遠赤外線源が見つかるであろう。従って宇宙初期の大光度遠赤外線銀河の候補が、数万個のオーダーで存在するであろう。そしてそれらの一部については、Phase 2の指向観測でスペクトルを調べることで、その正体にせまることができるだろう。

◆おわりに

宇宙初期の銀河の星形成の研究において、まず星形成している銀河が天空上のどこにあるか、見つけないことには何も始まらない。ISOそしてIRISによる無バイアスサーベイ観測の意義はまさにそこにある。しかしながら、ASTRO-F計画の実現までには数多くの課題がある。例えば表2に示すように、現在想定されるデータ発生量では、KSC一局だけではすべてのデータを地上に伝送することが非常に困難である。学問的価値を減少させないためにはぜひとも海外局の利用を実現したいところである。ASTRO-F計画に関係される、あるいは関心をお持ちの所内/所外の皆様方、ご指導及びご支援を心からお願いしたいと思う。

(まつはら・ひでお)

## M-V-3号機打ち上げ成功

小野田 淳次郎

我が国初の火星探査機PLANET-Bを搭載したM-V-3号機は、梅雨の時期にも拘わらず予定通り、7月4日未明3時12分に打ち上げられた。我が国の月・惑星探査の幕開けを高らかに宣言するように、轟音を響かせ、眩い光を放ちながら機体は上昇した。快晴の夜の打ち上げであり、ロケットは第3段の燃焼までも目視で確認できた。M-V-3号機は予定通りの軌道を順調に飛翔し、第3段までの燃焼でひとまず低高度の地球周回軌道(パーキング軌道)に乗った。約20分後、第4段は所定の方向に向けて点火され、探査機を予定の月遷移軌道に投入した。

ただ、第4段点火時にテレメータデータを実時間で取得する手段を用意していなかったため、探査機が予定の月遷移軌道に投入されたことの最終確認には海外局の追跡情報により軌道が確定されるまでの数時間を要した。さまざまな傍証から、成功したに違いないと確信しながらも、晴れて成功と言にくいもどかしさを感じた数時間であった。

M-V-3号機のフライトオペレーションは打ち上げ日の1ヶ月余りに始まった。先ず、衛星班は6月2日から早々と作業を始め、19日までにKSC輸送後の各種チェック及び推進薬の注液作業等を予定通りに終了。PLANET-BにはNTO/ヒドラジンの2液推進系が搭載されており、宇宙研としては初めてのNTO注液作業も含まれていた。17日からはロケット側各班の作業も始まり、22日には西田所長出席の下、全員打合せ会が持たれた。23日にはノーズフェアリングを被せる前の頭胴部最終チェックとなる動作チェックを無事に終了した。1号機に比べて気味悪いほど順調に進んだスケジュールであったが、この頃には作業もいよいよ佳境に入り、残業も増え、雰囲気も士気も盛り上がっていた。ただ、梅雨の時期ゆえ毎日続く雨天と屢々訪れる雷は不安の種であった。

その天候が変わり始めたのは小山気象班チーフが天気と強気をみやげにKSCに到着してからである。6月29日には雨を嫌う頭胴部を整備搭に運び、全段結合を行う計画であったが、どの天気予報を見ても雨の予報。日曜日の28日は晴れの予報なので28日に作業を行い、月曜日の29日を休みにすることも検討していた。しかし小山気象班チーフはきっぱりと「28日も29日も問題

なし」と予言。実験班として信じるべきは勿論我が気象班の予言。結果は29日には雨は降らず晴れ間も現れ、予言的中。気象班の信頼は一気に上がる。気象班は続けて「4日の打ち上げまで天候は絶好調」と追い打ちをかける。この時点では天気予報は曇り時々雨又は曇りの日々を予報していた。30日、ロケットを整備搭から出し、発射姿勢での動作チェックも快晴とは行かないまでも無事終了。翌7月1日からは晴れ続きで雷も皆無。この時期としては考えもしなかった幸運。作業は快調に進み、気象班に対する信頼は益々高まることとなった。ところで、6月28日の夜、「予測を誤った」と某班チーフからかかってきた電話は、私の幻聴だった事にしておこう。



7月2日には写真のように好天の中、電波テストを無事終了。4日の打ち上げに向けて準備完了である。翌3日15時からタイムスケジュールに入り、打ち上げの為の徹夜の作業が始まった。毎度のことであるが、何と手慣れた実験班であることか。各班間の連携を保ちつつ、確実かつ迅速に、どんどん作業は進められて行く。実験主任など居ても居なくても良さそうである。万一の商用電力停電に備えて自家発電機も起動されるが、必要最少限の電力を賄う能力しかない。冷房は一斉に切られ、照明も必要最少限に絞られる。ロケット搭載機器と衛星は内部電源に切り替えられ、着脱コネクタが外される。発射準備完了である。-60秒からのカウントダウン。発射。頑張れM-V。瞬間、半地下の管制室も揺れた。(おのだ・じゅんじろう)

# Planet-B が、「のぞみ」となった日

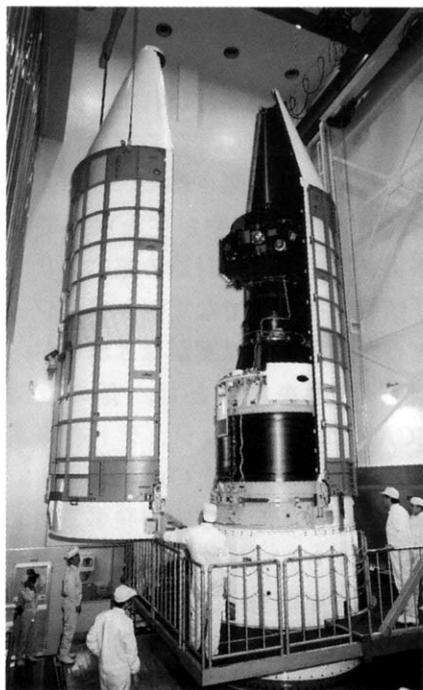
中谷 一郎

7月4日は、衛星班にとって、本当に長い1日でした。早朝3時12分の打上げに備えて、衛星班が、最終準備に入ったのは、スケジュール表によれば、前日3日の夕方7時12分となっています。しかし、何人かのメンバーは、最後の心の準備(?)に、3日の午過ぎには、射場に集まり始めました。

そして、打上げ後、日本での第1可視運用を感激のうちに終えたのが4日の夜10時半でした。衛星班にとっては、この瞬間に、ようやく第一段階の成功を確認し、Planet-Bが、「のぞみ」に変わったと言えるかも知れません。我が国初の惑星探査を目ざし、そして世界の宇宙科学のフロンティアを拡大し、人類の持つ根源的な謎に迫るといふ期待を担って、Planet-Bは、「のぞみ」と命名されました。

内之浦の射場に、Planet-Bが陸路、運び込まれたのは、6月2日でした。梅雨入りの前から続いた長期の大雨で、波見・内之浦間の国道が崖崩れの危険から閉鎖され、迂回路を通過しての運搬でした。

探査機単体での動作チェック、推進剤の充填を経て、ロケット側のキックモータと組合わされたのが、6月22日。ノーズフェアリングがかぶせられ、探査機が見えなくなる直前の、最終外観チェックが、同24日でした。



ノーズフェアリング組付け中のPlanet-B

た。長年、大切に育ててきた、一人娘が、ロケットという、頼もしい伴侶と一緒に、我々衛星班の親の手を離れていく、感傷的な瞬間です。「不肖の娘だけれど、ロケット君、大事にしてやってくれよ」と心の中でつぶやいたのは、筆者だけではなかった筈です。

これらの準備

と並行して、打上げ直後の探査機の運用手順についての最終確認、動作チェック結果の評価、地上設備の確認等、衛星班は、忙しい中に、次第に緊張感が高まってきました。特に、いつものことながら、打上げ後、万一の場合に想定される不具合対策の議論を始めると、本来、極めて起こり難い故障の議論が、あたかも必ず起る故障のように錯覚され、妙に白熱してきます。

さて、こうした準備の後に迎えた冒頭の打上げの日に話を戻しましょう。スムーズな打上げ後約30分で、地球の裏側のサンチャゴ局が探査機の電波を受信、続いて、その10分後には、カリフォルニア州のゴールドストーン局も電波を捕らえてくれました。いずれも米国のNASAによる支援で、日本での第1可視が打上げ後10時間半と、ずい分時間が経過してからですから、大変心強い支援です。NASAからの軌道情報を基に、衛星班の軌道計画グループは、軌道制御を行うための準備を開始し、大変忙しくなります。

内之浦の初めての可視は、4日の午後1時40分頃に始まり、約10時間続きました。少し遅れて、午後2時から、臼田局にも、電波が入感し始めました。

「のぞみ」の姿勢、各部の温度、電源の状況、1分間に9.6回のスピンなど全て正常で、一つのハイライトである、非可視期間中の太陽電池パドルの展開も、無事終了していることが確認されました。これら一連の「入感チェック」が終って、初めて衛星班の間に、笑顔が戻りました。その後、姿勢を変えるために、ヒドラジンスラスタを噴射し、更に、新規開発の500ニュートン2液エンジンを3回にわけて噴射して、軌道の制御を行いました。この操作で軌道の遠地点を下げ、周期が15日半の、長楕円軌道に載せました。

ここしばらくの間、「のぞみ」の日本からの可視は、毎日午後から夜にかけて続きます。2回目の軌道制御は、7月11日に予定され、7月20日にかけては搭載観測機器のチェック、8月に入ってからは高電圧の機器の試験も行われます。

「のぞみ」は、その後、9月と12月に1回ずつ月スイングバイを実施して、増速した後、12月20日には地球の引力圏を脱して、火星へと旅立ちます。火星到着は、来年の10月、長い旅路となります。

(なかに・いちろう)

# お知らせ



## ★人事異動（教官）

発令年月日	氏名	異動事項	現（旧）職等
		（採用）	
10. 7. 1	あべたくみ 阿部琢美	惑星研究系助教授	

## ★シンポジウム

### アストロダイナミクスシンポジウム

日時：平成10年7月23日（木）～24日（金）

場所：宇宙科学研究所本館2階会議場・2階会議室

### 月・惑星シンポジウム

日時：平成10年8月5日（水）～7日（金）

場所：宇宙科学研究所本館2階会議場

### 宇宙放射線シンポジウム

日時：平成10年8月31日（月）～9月1日（火）

場所：宇宙科学研究所本館2階会議場

問合せ先：宇宙科学所研究協力課共同利用係

TEL：0427-59-8019

## ★お詫び

98年6月号（No. 207）において一部誤りがありましたので、お詫びして訂正いたします。

5ページ右欄本文1行目

【誤】25時間35分であり、～

→【正】26時間35分であり、～

## ★宇宙科学研究所一般公開

日時：平成10年8月29日（土）午前10時～午後4時30分

場所：宇宙科学研究所相模原キャンパス

神奈川県相模原市由野台3-1-1

公開：衛星模型展示・各研究プロジェクトの紹介

ミニミニ宇宙学校・映画上映

水ロケット作成・実演、他

問合せ先：宇宙科学研究所庶務課企画・広報係

TEL：0427-59-8008（ダイヤルイン）

内線 8008, 6002



## ★奥田教授、赤外線天文学に対する貢献 に対して表彰さる

去る6月22日から3日間、カリフォルニア工科大学においてNASAが2001年に打ち上げる予定の宇宙赤外線天文台SIRTFによるサイエンスの議論を目的とした“Astrophysics With Infrared Surveys：A Prelude to SIRTF”と題する国際会議が開かれた。世界中から主要な研究者が参加して活発な議論が行われ、我が国のIRTSの成果、ASTRO-F計画も大きな注目を浴びた。14日夜にはバンケットが開かれたが、その席上、これまでの赤外線天文学の発展に大きく貢献した人たちへの表彰が行われ、主催者から最近の2ミクロンサーベイで得られたオリオン座付近の素晴らしい赤外線写真が贈られた。選ばれた人は、赤外線天文学の始祖といえるアメリカのG. Neugebauer, M. Harwit両氏、ISOの中心人物のM. F. Kessler氏、および当研究所の奥田教授であった。表彰に応えた奥田教授の当意即妙のスピーチ「最近では論文の洪水で大変だが、昔は論文を三つも読めば済んだ、云々」はなかなかの評判であった。

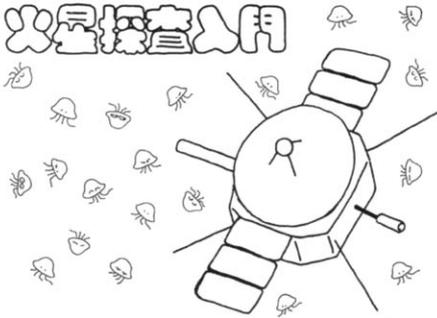
この快挙は奥田教授の立派な業績の結果であるが、日本がアメリカ、ヨーロッパと並んでスペース赤外線天文学の一角を占める立場を認められたともいえ、大変喜ばしいことである。ASTRO-F（IRIS）を成功さ

せる事によって更なる発展を、と改めて感じた次第である。（松本敏雄）

## ★第5回APRSAF開かれる（モンゴル）

1993年以来、常に東京で開催されていたアジア太平洋宇宙機関会議が、6月21日～23日にモンゴルの首都ウランバートルで開かれ、11カ国から40名の代表が出席した。開会式の後、各国の宇宙開発の現状と計画が順々に報告された。次に宇宙科学セッションで宇宙科学研究所からの報告をもとに討論が行われた。次いで地球観測に関するセッションがあり、ここでは各国の関心を底流にして活発な議論が展開された。この会議も5回を数え、今回は特に情報の交換が主となっていたように思える。事実まとめの自由討論の際にスリ・ランカの代表から「情報交換だけでなく何かプロジェクトを起こしたらどうか」という提案がなされたが、APRSAFとしては情報交換を主体とし、他の機関（たとえば国連のESCAP）などにプロジェクトを提案する材料に使えばよいのではないかとの考えが主流であった。日本代表は、科学技術庁・宇宙開発事業団・宇宙科学研究所（的川ひとり）の混成部隊だったが、準備並びに当日の進行で宇宙開発事業団と助っ人の日本宇宙フォーラムの人々が大活躍であった。

（的川泰宣）



## 第6回 PLANET-Bで知る 火星の大気の今と昔

今村 剛

昨年話題になっ  
たアメリカの火星

探査機マーズパスファインダーが送ってきた画像にも見られるように、火星には赤茶けた空が広がっています。地球の空が青いのは空気が青い光を強く散乱するためですが、火星では空気がとても薄く、しかも酸化鉄を多く含んだ細かな塵（ダストと呼ばれます）が大気中に巻き上げられているので、火星の空は青ではなく赤茶けて見えます。画像では地球のどこかの砂漠のようにも見えますが、火星の大気は二酸化炭素が主成分なので私たちは生きられません。気圧は地球の200分の1、気温はマイナス20度からマイナス80度という、なかなか厳しい世界です。主成分の二酸化炭素が季節とともに北極や南極に凍り付いて「極冠」を作ったり、またそこから蒸発して出てきたりするため、気圧が1火星年(地球での約2年)の間に25%程度も変化します。この火星にも大昔には濃い大気があって液体の水が存在できるほど暖かかったと考えられています。それがなぜ現在のような世界になったのかを探ることは、第5回の解説にもあったようにPLANET-Bの主な目的のひとつです。

火星の気象といえば、何とんでも「ダストストーム」と呼ばれる砂嵐です。激しい嵐に伴って塵が地面から大気中に大量に巻き上げられる現象で、この砂嵐が火星の大気構造に大きな影響を与えています。年間100個程度の局地的な小さなダストストームの他に、「大ダストストーム」と呼ばれる全火星規模の砂嵐が南半球の夏に1、2回起こります。大ダストストームが起こると夜のように空が暗くなり、外からは地表面が隠されてしまいます。これらのダストストームの発達メカニズムはまだわかっていませんが、巻き上げられた塵が太陽光を吸収して大気のエネルギーが増えてますます嵐が激しくなる、というような正のフィードバックが関係していると予想されています。ダストストームの他に、「ダストデヴィル」と呼ばれる、塵が高さ5kmくらいまで細長い円筒状に巻き上げられる現象も観測されています。竜巻のようなものかもしれませんが、まだわかっていません。この現象も大気中を漂う塵を増やすのに大きく寄与する可能性があります。

興味深い気象現象としては雲や霧もあります。雲や霧の粒はふつう水の氷ですが、南極や北極など特に寒

いところでは二酸化炭素の氷（ドライアイス）の雲や霧もできると考えられています。これらの雲や霧は、地面や極冠から蒸発して出てくる水蒸気、冷たい極冠の直上での水蒸気や二酸化炭素の凝結、山や谷の配置によって生じる局地風、全火星規模の大気循環に伴う熱帯域での上昇気流など、様々な原因によって生じ、また複雑な模様を描きます。

PLANET-Bには火星の大気を観測する多くの装置が積まれています。電離していない比較的低い高度の中性大気を狙えるものは次のとおりです。可視光カメラ（MIC）は上で述べたようなダストストームや雲や霧を撮影し、これらの気象現象の発生メカニズムや季節性を探ります。（もちろん地形や衛星の撮影も可視光カメラの重要な目標です。）中性質量分析器（NMS）は大気組成とその構造を直接観測し、高層大気中の化学反応、気象現象、宇宙空間へ大気が逃げていくメカニズムなどを探ります。紫外光スペクトル分析器（UVS）は大気で散乱される太陽紫外線を測って同位体比（水素/重水素比）や高層大気の構造などを調べます。同位体比からは、火星がかつてどのくらいの量の水を持っていたかを推定する手がかりが得られます。極端紫外光撮像器（XUV）も大気で散乱される太陽紫外線を測り、大気中のヘリウムの量や分布を調べます。ヘリウムの量や分布からは、火星内部から大気が染み出してきた歴史や、現在どのくらいの速さで大気が宇宙に逃げ出しているかを知る手がかりが得られます。また「電波科学」と呼ばれる観測も行います。この観測では、PLANET-Bから地球に向けて送信される電波が火星大気をかすめてくるときに周波数や信号強度が大気の影響を受けることを利用して、密度や温度の高度分布を調べます。これらの中性大気測定その他、第5回で解説されたように、宇宙空間へ逃げ出していく大気を幾つかの電離大気測定器で直接観測します。

PLANET-Bではこれらのデータを総合的に解析することによって、ダストストームの発達メカニズム、大気と地面の水循環、低高度の気象現象が高層大気に与える影響、大気進化の歴史などを解明します。太古から現在に至る大気の振舞いを総合的に理解することを目指しています。（いまむら・たけし）

<7月4日 PLANET-B 打上げ成功>

## 平原・碧空・旭鷲山

的川泰宣

飛行機から見下ろすウランバートルの町は、まるで平原に浮かぶ小島のようなものである。そこだけが人々の居住を許されているかのように違う色合をしている。空港に降り立って、空を見上げて驚いた。抜けるように碧い。モンゴルの人々は、これを「フフ・チェンゲル」と表現して自慢する。まるで蒼穹の高さが数倍になったかのような青さである。

6月20日、第5回アジア太平洋宇宙機関会議(APRSAF)のために訪れたウランバートル。久しぶりに初めての国への5日間の旅である。

ここまでは、関西空港からの直航便で来た。気流の状態がよくないというので、ウランバートル空港の上を1時間ばかりぐるぐる回りつづけた上での着陸だった。アジアでは珍しく、着陸の際に拍手が起こった。1カ月前にモンゴル航空の飛行機が墜落したことを憶えている人々の安堵の拍手だったのだろう。車で30分ほどで、宿泊先であり会議場であるチンギス・ハーン・ホテル着。昨年できたばかりのモンゴル随一のホテル。ただし、格としてはパリの三つ星くらいか。

### 【似而非モンゴル人】

滞在中、モンゴル人に間違えられた回数は10回どころではない。モンゴルの人をそれほどいっぱい知っているわけではないが、チンギス・ハーンの肖像画や旭鷲山から想像するに、キツネ目の人が多いと思っていた。しかしどうもそうでもないらしい。

まず来る時のスチュワーデスがモンゴル語で話しかけてくる。コーヒーとか紅茶とか言っている時はあしらっていたが、さすがに食事のメニューの話になり、うっかり適当に「後者」などと答えて、質問が「マトンかヘビか」なんてものだったら困るので、「英語か日本語で言ってくれ」と頼んだら、私の隣りの席の若いビジネスマンが「アッ」と驚きの声をあげた。この人も私をモンゴル人と思っていたらしい。

### 【生活】

今回はゼネラル・チェアマンという窮屈な役柄だったので、ウランバートルの街中さえ、散策する時間もほとんどなかった。わずか数時間の印象と耳で聞いた話。モンゴルは日本の4倍くらいの大きさに240万の人口。その4分の1が首都ウランバートルに住む。ウランバートルで普通のアパートが立ち並んでいるのは2km×3kmの範囲内で、それを越えるとすぐに平原地帯がひろがり、ゲルが居並ぶ。

ゲルを覗くと、居心地は意外とよさそうだが、困っ

たことにトイレがない。それと、ゲルで生活する人は気分に応じて移動していくので、郵便が困らしい。

解放後の文盲率の増加が著しく、大変な社会問題になっている。もちろん経済状況も悪い。

ホテルの窓際のロビーでくつろいでいる時、窓の外に動きを感じて振り返ったら、なんとガラス越しに牛の鼻先があった。ホテルの庭の草を食べに来ているのだ。ここでは馬も牛も羊も放し飼いになっている。

マトンの多かった食事、アルコールは専らビールとウオッカ。胃に絶対の自信を持つ私の腹が少々ゆるくなったのは、何でも挑戦で臨んだから。しかしついに「これは美味」というものには出くわさなかった。

### 【火箭を求めて】

忙しいことは予想されたので、モンゴル軍が金から学び世界に伝えた火箭の実物があるのではないかと、日本を発つ時から目的を狭くしぼっていた。めざすは軍事博物館。案内をしてくれたその女性職員が英語が堪能で、隅から隅まで詳しく見ることができたが、残念ながら火箭はなかった。

その女性が「フビライ軍が日本に攻め込んだので、日本人は恨んでいないか」と訊ねたので「いやあ、そんな前のことはもう歴史として学ぶだけなので」と答えたら安心した様子。後で他の人に聞いたところ、チンギス・ハーンの軍隊がかつてロシアに攻め入った時の残虐な振舞いが、スターリンがモンゴルを圧迫する時の口実に使われたらしい。

ただし「元寇は過去のこと」と鷹揚な態度を見せた後、展示が満州国のモンゴル侵略のコーナーに入ったので、こっちは冷汗。案内嬢が「あれは歴史だから」と鷹揚さを示す段になった。

要するに日本国とモンゴル国の接触は、この2度にわたる侵攻を以てすべてとする。

### 【その他】

モンゴルでは、ロシア文字にモンゴル独特の母音2つを加えたキリル文字を使用。だから読むのには苦勞がなかったが、意味は全く分からない。昔の縦書きモンゴル文字復活の運動が起きているらしい。卒塔婆に書かれているサンスクリットみたいな文字だ。

旭鷲山はウランバートルの人気者。一度相手の発音が不明瞭で、彼を知らないと言われて、噛みつかれそうになった。会議の様子はISAS事情に。

(まとがわ・やすのり)

## ロケット推進による完全再使用型宇宙輸送システム

### —ロケットSSTO実現へ向けて—

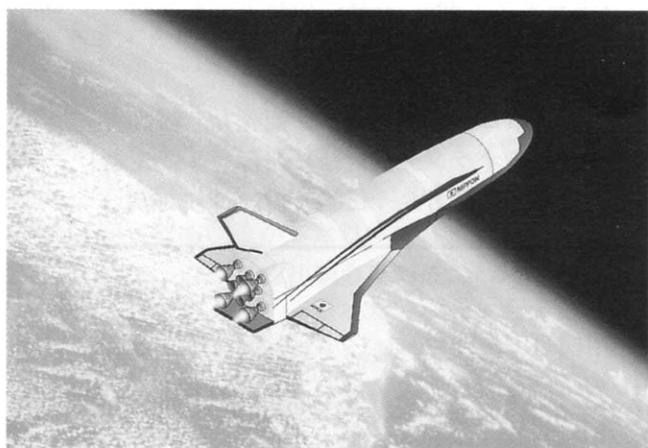
谷口 浩文

現在、宇宙へ物や人を運ぶ輸送システムとして使われているものはロケットだけです。そして、このロケットの技術は約40年の歴史の中で、徐々に発展してきましたが、多段式のロケットで次々と使い終わった部分を捨てながら物を宇宙まで運ぶという基本的な原理は変わっていません。使い終わったら一回で捨ててしまうのでは、とても効率のよい輸送システムとはいえませんし、輸送コストも非常に高いものになってしまいます。それではロケットを使って効率のよい宇宙輸送システムは考えられないのでしょうか。それは、単段式で物や人を宇宙に運んだ後、どこも捨てることなく、また地球に戻ってきて、何度も繰り返し使える飛行機のようなロケットです。このロケットを再使用型のロケットSSTO(Single- Stage- To- Orbit) といいます。アメリカでは使いやすい宇宙輸送系としてスペースシャトルを開発しましたが、これとて多段式で一部を捨てています。また、当初、予定していたより整備費用がかかり、効率のよい輸送システムにはなっていません。もちろん、過去、多くの人たちが、ロケットSSTOの概念を提案してきましたが、いずれも開発には至りませんでした。それは、ロケットSSTOを実現しようとするとロケットの機体を非常に軽くする必要があるのでです。現在、もっとも性能がよいと考えられる液体水素/液体酸素を燃料とするロケットエンジンを使用したとしても、たとえば地上からの発射時、800トンの重量のロケットSSTOとした場合、700トンの燃料が必要となり、残りの100トン、燃料タンクやロケットエンジン、機体構造や宇宙から帰還するとき必要

となる熱防護システム、その他必要な機器類さらにはペイロードにも振り分けねばなりません。これでは、あまりに開発のリスクが大きく、誰も開発に着手できませんでした。

しかしながら、近年、このロケットSSTOの実現性が高くなってきています。非常に軽い構造材料や熱防護材の発達や、ロケットエンジン技術の確実な進展により、その実現性が真剣に検討され始めています。アメリカでは、このロケットSSTOの実現可能性を実証するために、約10億ドルを投じて、X-33という実験機を使って、1999年に飛行実験を行う計画を進めています。この実験機にはロケットSSTOを実現するために必要となる技術がいろいろ取り込まれています。機体をできるだけ軽くするための複合材を用いたタンクや機体構造、さらには特殊な機体形状、また整備の簡単な熱防護システムや高性能で軽いロケットエンジン等がこの実験機に用いられます。もし、このX-33による実験がうまくいけば、2000年代の半ばにはロケットSSTOが実現するかもしれません。前回までの解説で述べられてきたように、エアブリージングエンジンを用いたスペースプレーンは21世紀の地球と宇宙を結ぶ新しい宇宙輸送システムの概念ですが、ロケットSSTOに必要なとされる技術と多くの共有部分を有しています。ロケットという比較的成熟した技術を基礎として、再使用型のロケットSSTOのような効率のよい宇宙輸送系が実現できれば、その技術はさらにスペースプレーンへの技術へと発展していくことが期待されます。現在、我が国においては、宇宙往還実験機(HOP E-X)の開発が進められています。これにより宇宙から地球への帰還技術を習得することが可能となります。この技術と、長年培ってきたロケット技術をもとにしてロケットSSTOへの実現をめざす研究も始まりました。再使用のロケットSSTOの実現には多くの技術チャレンジが必要となりますが、21世紀の宇宙活動を担う有力な宇宙輸送系候補として、国内の関係機関、諸外国とも力を合わせて、その実現にむけて技術開発を行っていく必要があります。

(宇宙開発事業団 たにぐち・ひろふみ)





## 観光丸のご先祖様

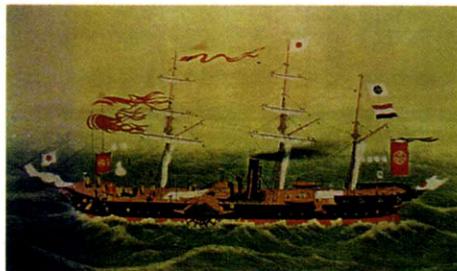
磯崎 弘毅



日本ロケット協会は、1993年から宇宙旅行の研究を続けています<sup>1)</sup>。現在の構想は、「全長22m・離陸重量550tの完全再使用型・単段宇宙船を地上200kmの軌道に打ち上げ、50人の乗客に3時間の宇宙観光旅行を楽しんでもらう。」というものです。運賃は1人200万円を目標にしています。

この宇宙旅行船は、研究の提唱者・長友信人教授によって、1995年に「観光丸」と命名されました。文明開化の先駆であった元祖の観光丸にあやかって、宇宙への夢を実現したい、という願いが込められています。

元祖の観光丸は、1852年にアムステルダム国立造船所で建造された、全長66m・排水量730t・出力150hpの蒸気外輪船です。



1855年にオランダ国王ウィレム三世から徳川家定へ贈呈されて、わが国の蒸気船1号艦になりました。翌年「観光丸」と命名され、長崎・築地・佐賀・神戸の各港で、幕府海軍の練習艦として活躍しました。その訓練を通じて、勝海舟・榎本武揚などの逸材が輩出しました。



もし観光丸がなかったら、2号艦「咸臨丸」による日米修好通商条約使節団の訪米は実現しなかったことでしょう。

1865年に「観光」と改名され、1876年に石川島でその生

涯を閉じた観光丸は、再び現代に蘇ります。

1988年に故国オランダのハウステンフェロルメ造船所で復元された観光丸は、現在ハウステンボスで大村湾内を周遊しています。私は1997年のISCOPSの帰途に乗船し、新旧観光丸の詳細記録<sup>2)</sup>を入手することができました。

元祖を「観光丸」と命名した人は、時の長崎海軍伝習所長であった、永井尚志（なほゆき、1816-1891）です<sup>3)</sup>。観光といえば、今の人は観光見物を連想しますが、尚志は、中国古典の易経にある「観国之光・・・」を引用したのです。外国の文化を観るための船という意味でしょうか。



尚志は、最後の将軍徳川慶喜の若年寄として、1876年に大政奉還の建白書を起草したことで有名ですが、日本海軍の創設と製鉄所・造船所の建設を推進した功績も忘れることができません。

実は、私の父方の祖母磯崎かねは永井尚志の内孫でした。つまり、140年の歳月を経て4代目の子孫が、海洋と宇宙の違いこそあれ、同じ「観光丸」に関わることになったわけです。また、尚志の生家松平は私が住んでいる愛知県の在、そして養家永井は私が勤めている岐阜県の在でした。このような先祖をもったことを誇らしく思うとともに、不思議な因縁を感じます。

将来宇宙旅行船が実現する時が来たら、ご先祖様に敬意を表して「観光丸二世」(KANKOH MARU Jr.)の名を捧げたいものです。

(日本ロケット協会 会長、川崎重工業株式会社 技監  
いそぎき・こうき)

出典

- 1) 日本ロケット協会 「観光丸」報告書
- 2) 長崎オランダ村(株)発行 「観光丸」
- 3) 城殿輝雄著 「伝記 永井玄蕃頭尚志」

ISASニュース

No.208 1998.7

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 0427-59-8009

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>)。)