



宇宙科学研究所

2000.1 No.226



▲M台地を介して観る日の出（撮影・前山勝則）

## 新任のご挨拶

所長 松尾弘毅

明けましておめでとうございます。

この度、西田所長の後を継いで所長に就任することになりました。

研究所をめぐる情勢から多方面での対応を要求されているなか、光栄であると同時に身に余る大任と感じています。

1962年に大学院生として当時東大生研の糸川研究室に配属されて以来、我が国初の人工衛星を目指したM計画、その過程での“おおすみ”の打ち上げ成功、東大からの分離独立、我が国初の惑星間飛行となった“さきがけ”“すいせい”によるハレー彗星探査、M-Vロケットの開発承認と打ち上げ成功、と数々の節目の局面に身を置いてきました。折々での先人の方々のご苦勞は大変なものだったと拝察いたしますが、基本的なトレードオフの余地は少なく、ひたすら前進する事が可能だったと思います。理工を両輪とする体制、第一級の科学的成果、それを可能とした工学的基盤は、他機関に先駆けて実施した第三者評価でも高い評価を受けました。

M-Vロケットはすでに電波天文工学実験衛星“はるか”、火星探査機“のぞみ”の打ち上げに成功し、このあともX線天文衛星ASTRO-E、小惑星サンプルリターンのMUSES-C、月探査のLUNAR-A、SELENE、

赤外線天文衛星ASTRO-F、太陽観測衛星SOLAR-Bと魅力的なミッションが並んでいます。

しかし前号での西田前所長の分析にもある通り、この延長線上でこれからも世界で第一線の地位を保つには色々な困難があるのも確かです。

現在、宇宙科学のための三機関懇談会など、オールジャパンをキーワードとした胎動があります。研究者として高い水準を維持しつつ自らの手でプロジェクトを実施していくという特質を失うことなく、どのような選択をしていくのか、大きな課題だと考えています。



## 〈研究紹介〉

# すばる望遠鏡が見始めた宇宙

国立天文台ハワイ観測所 海部 宣男

### はじめに：すばる望遠鏡の状況

昨年1月にファーストライトを迎えたすばる望遠鏡は、早期にその高性能を証明したが、システムとしてはその後も山なすバグやトラブルを迎えねばならなかった。それらを克服しながら調整が進み、昨年末には4つある焦点の立ち上げをほぼ終えた。最大の技術課題であった8.2メートル主反射鏡の能動制御は現在完璧に動作し、所期の精度を十二分に達成している。望遠鏡として天体を追う指向追尾駆動も、満足すべき精度に達した。9月には紀宮清子内親王ほか、西田宇宙研所長など日米から多数の賓客をお迎えして、盛大な「完成記念式典」を行った。この間、限られた機能の試験観測装置によるものではあるが、かなりハイレベルの科学的成果が相当数生まれ、国際的にも反響を呼んだ。そうした成果は、11編の「ファーストライト論文」として、今年2月発行のPASJ (VOL.52, NO.1) に一挙掲載される。さらに数編の論文が準備中である。

以上のようにすばる望遠鏡は、その建設においては既に大きな成功を取めたと言える。しかし本格的なサイエンスは、これからである。本観測に用いられる正規の観測装置群の試験・立ち上げは、やっと昨年末から始まった。オペレーションやデータ解析をはじめ、すばる望遠鏡をシステムとして完成の域に高め、「ホトケさんに魂を入れる」べき年が、今年である。今年後半には共同利用を含む本観測がスタートし、いよいよ科学成果が本格的に出始めることになる。

試験調整段階にあるすばる望遠鏡だが、本欄は「研究紹介」ということでもあり、上記の試験的観測から得られた科学的成果の一部を概観することにした。なおファーストライトの具体的状況や望遠鏡の性能に関しては『物理』1999年4月号にまとめたので、興味をお持ちの方はご参照願いたい。

### オリオン星雲の星生成領域

すばると赤外線カメラCISCOによるオリオン星雲のファーストライトイメージ (Jバンド=波長1.25ミクロン, K'バンド=波長2.15ミクロン, 水素輝線バンド=波長2.12ミクロンの、3色のイメージの合成) には、豊かな発見が隠されていた。すばる望遠鏡の初期性能とともにファーストライト論文の一つとして出版される (N. Kaifu et al., PASJ, Vol.52, No.1)。

まず、小質量星が多数検出された。K'バンドで13.5等級より暗い100個あまりの星はJバンドではほとんど検出されず、若い褐色矮星であろうと考えられる。516個の星についての輝度分布関数 (図1) は、そうした若い褐色矮星がオリオンのような大質量形成領域で多数生成されていることを、初めて示したものである。また水素分子輝線のイメージでは、新しい星生成構造が多数発見された。原始星が吹きだす高速ガス流が形成した双極星雲と思われる天体も複数ある。さらに水素分子輝線では、大質量星生成の場であるIRc2\*の「宇宙うに」のような美しい構造が詳細に捉えられた。分子雲に突入する激しい恒星風が作る針状の衝撃波構造については、なおIRCSなど本格的観測装置による詳細な観測が期待される。

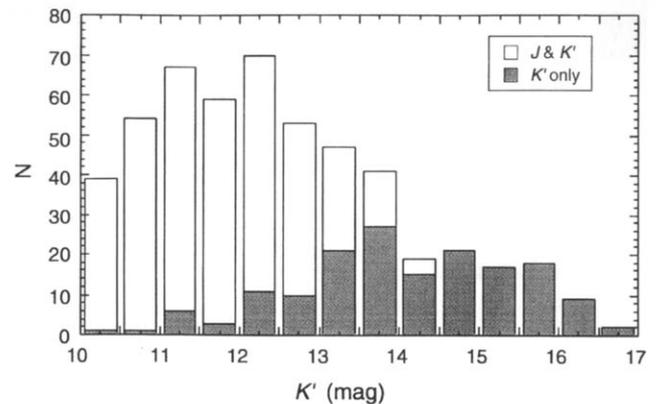


図1 オリオン星雲のK'バンド観測から得られた輝度分布関数。K'等級13.5より暗い (右側) は、ほぼ褐色矮星であろう (N. Kaifu et al., to be published in PASJ, Vol.52, No.1)。

以上のような豊かな新情報を含む画像は、「すばる」の可能性の大きさを示した。京大舞原グループ製作のCISCO (ナスミス焦点用の赤外分光器OHSの一部をカセグレン焦点での試験観測に転用) の活躍、大気条件に恵まれたこととともに、分解能0.3秒角のシャープなイメージが物語るすばるの結像能力、それに大集光力の威力である。

### 原始星L1551-IRS5の二重ジェット

ファーストライト期間中に得られたL1551領域のJバンド画像は、HSTが可視光での観測で明らかにしたばかりの二重ジェット構造を、見事に捉えた (図2)。

角度でおよそ2秒半離れて並行に走る二本の小さなジェットは、原始星本体IRS5から10秒角ほどで、明るい楕円状のノットで終わる。このノットは成長しつつあるジェットの先端に生じる衝撃波構造で、マッハディスクと呼ばれる。J及びHバンドでの分光観測で、赤外線ジェットは主に鉄の輝線で光っていることが分かった。HSTの可視光ジェットは、硫黄の輝線による。



図2 原始星L1551-IRS5の二重ジェット（Jバンドのイメージ、視野23"×23"）。ジェットは右下に延びる。マッハディスクは上側ジェットで顕著である。下に延びているのはダスト円盤による散乱（Y. Itoh et al., ibid）。

一見平行な二重ジェットだが、中心近くでは微妙にねじれ、IRS5の赤外線ピークに向けて集束するように見える。VLAによる電波観測で、そこには互いに約40天文単位（1天文単位＝1億5000万km）離れた二つのダストコアが、ダスト円盤に埋もれていることが分かっている。40天文単位はL1551の距離（500光年）では、見掛けの角度で約0.25秒である。二重ジェットはこの生まれかけの連星からそれぞれ出ているらしい。すばるによる分光解析で、二本のジェットの明るさの違いは吸収などによるものではなく、本来の明るさの違いであることも分かった。そのような違いは何によるのか。またジェットのねじれは10年程度のタイムスケールと推定されるのに、40天文単位離れた連星系の公転周期は250年程度と一桁長い。ジェットのねじれは何が生み出しているのだろうか。まだまだ、謎は多い。詳しくはY. Itoh et al. (ibid) を参照されたい。

ダストに深く埋もれた原始星本体との関係を見るには、すばるの中間赤外線（波長10～20ミクロン）の観測装置であるMIRTOSやCOMICSの登場が待たれる。**惑星状星雲のハロ構造**

こと座の美しい惑星状星雲M57（一名、環状星雲）が可視光広視野カメラSprime Camで観測されたのは、5月である。Sprime Camも本来は主焦点用の広視野カメラで8000×1万素子のモザイクCCDから成るが、カセグレン焦点でのファーストライトには一部を流用して用いた。星像0.4秒角と可視光では最高レベルにシャープなM57のイメージは、9月の完成記念式典の記者発表を飾った。出版はY. Komiyama et al. (ibid)。



図3 惑星状星雲M57（環状星雲）の可視光（H $\alpha$ ）イメージ。メインのリングの外側に、二重の花びらのようにハロが拡がる（Y. Komiyama et. al., ibid）。

恒星の死と白色矮星への移行段階を飾る惑星状星雲が複雑な構造を見せることは、HSTによる美しい写真でよく知られている。この環状星雲も御多分に漏れず、リング内部の微細なグロービュール構造を示すHSTの素晴らしいイメージがある。すばるのイメージも決してそれに劣らないが、興味を引くのはリング本体の外側に拡がる、バラの花のようなハロである（図3）。二重になったハロの微細構造がこれほど見事に示されたのは初めてだ。大きさは1.2光年から1.8光年。リングと二重ハロの起源については、恒星風と扁平な星周構造、

それに中心星からの紫外線による電離の違い等により並行的に形成されたとの、Guerreroらによる統一モデルが有力とされる。今回の観測からは彼らのモデルと矛盾する点は見いだされていないが、このモデルが仮定する“スーパーウィンド”の存在を支持する証拠は、まだない。

#### 深宇宙サーベイ

F. Iwamuro et al. (ibid) は、ハッブル・ディープ・サーベイ領域の近赤外線による試験的な深宇宙サーベイ（ロケット屋さんの「深宇宙」とは大分距離の桁が違うので、御注意を）の結果をまとめている。K'バンドと2.12ミクロン狭帯域フィルタ（H $\alpha$ 輝線が $z=2.2$ で入ってくる）、視野はカセグレン焦点+CISCOの2'×2'である。合計4時間の露出で、 $z=2.2$ の天体3つを同定、またOIII輝線から $z=3.2$ の活動銀河を検出した。

ファーストライトで試みた $z=0.4$ （距離約50億光年）の銀河団A851の近赤外線と可視光によるサーベイ（M. Iye et al., ibid）でも、すばるの深宇宙探査能力がHSTに劣らないことが示された。R（赤色光）、J、K'バンドの3色で星像は0.45~0.3秒角、全露出時間は2時間半である（図4）。HSTで見た銀河は基本的にすべて見えているが、新たに特に赤い銀河が二つ同定され、 $z=1.6$ 程度の距離にある楕円銀河またはS0銀河ではないかと推定されている。また銀河の形態分析でも、HSTに全く遜色ないことが明らかになった。

#### その他の観測

以上のほか、第二の冷たい褐色矮星SDSS1624+00の物理状態を赤外分光観測で明らかにし時間変動の検出を試みた論文（T. Nakajima et al., ibid）がある。ファーストにおける重力レンズ天体PG-1115+080の観測では、HSTの可視光での確認に続き遠方の母銀河を赤外線を確認した（F. Iwamuro et al., ibid）。また、極めて遠方にある活動銀河核、あるいはクエーサーや衝突銀河に関して、めざましい近赤外線観測が多数行

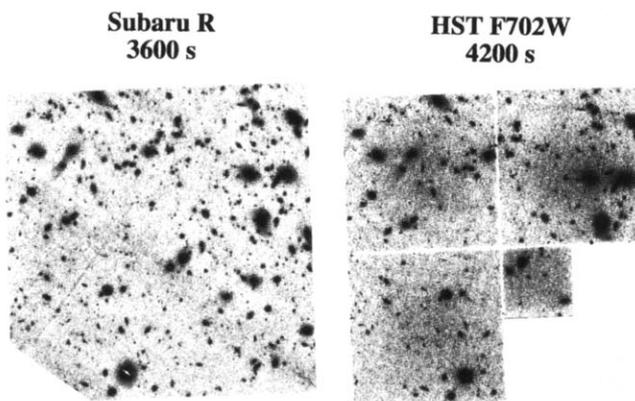


図4 すばるによる深宇宙（宇宙論的遠方）のイメージ。  
（M. Iye et al., submitted to PASJ）

われている（T. Yamada et al., ibid, K. Motohara et al., ibid, M. Kajisawa et al., ibid, M. Akiyama et al., submitted to PASJ, M. Ohyama et al., submitted to PASJ）。地上望遠鏡として初めて冥王星とカロンのイメージを分離しての分光を行った観測（R. Nakamura et al., submitted to PASJ）は、冥王星のエタンの存在に関して、国際的に激しい議論を巻き起こした。

紙数も尽きたのでそれぞれについては論文をご覧いただきたいが、本格的観測装置の搭載以前の試験調整期間にこれだけの論文が書かれ、多くの研究者がすばる望遠鏡に触れその威力を引き出しつつあることは、まことに心強い限りである。今後への期待が、大きく膨らむ。

古在前台長による計画実現以来、長期にわたったすばるプロジェクトも、仕上げの段階に差し掛かった。プロジェクトへの支援を惜しまれなかった多くの方々に、この場をお借りして深くお礼申し上げます。

（かいふ・のりお）

\*オリオン星雲中の赤外線源の一つ。太陽の30倍の質量を持つ原始星（の集団？）。太陽の10万倍もの放射を出していると考えられたこともあり、謎が多い。

## お知らせ

### ★シンポジウム

#### スペース・プラズマ研究会

開催日：平成12年2月14日（月）

場所：宇宙科学研究所本館1階入札室

#### 宇宙エネルギーシンポジウム

開催日：平成12年2月18日（金）

場所：宇宙科学研究所本館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担当

TEL：042-759-8019

#### 大気圏シンポジウム

開催日：平成12年3月2日（木）～3日（金）

場所：宇宙科学研究所本館2階会議場

#### 科学衛星・宇宙観測シンポジウム

開催日：平成12年2月28日（月）～3月1日（水）

場所：宇宙科学研究所本館2階会議場



★人事異動

発令年月日	氏名	異動事項	現(旧)職等
(所内昇任)			
12. 1. 1	國中均	宇宙推進研究系助教授	宇宙推進系助手
(任期満了退職)			
12. 1.17	西田篤弘	平成12年1月16日限り任期満了により退職した	所長
(任期満了)			
〃	松尾弘毅	企画調整主幹	システム研究系教授
(昇任)			
〃	松尾弘毅	所長 (任期は平成16年1月16日まで)	システム研究系教授
(併任)			
〃	鶴田浩一郎	企画調整主幹 (併任の期間は平成13年3月31日まで)	惑星研究系教授



★M-V-4号機第2組立オペレーション

次のX線天文衛星ASTRO-Eを打ち上げるM-V-4号機のロケット全段の組立と動作確認を行う第2組立オペレーションが11月18日から12月13日までKSCで行われました。M-Vロケットも3回目の打上げで実験班には余裕も感じられると行きたいところですが、折からの周辺状況もありで半ば余裕の中にえも言われぬ緊張感の漂うこれまでのオペにない雰囲気のもと(誰かうまく表現してください)、ロケット各段の点検整備から全段の結合、全搭載機器の動作確認までを順調に終え、予定通りにロケットの総仕上げをして1月から始まるフライトオペに引き継ぐ運びとなりました。

4号機のフライトは2000年になって初めての衛星打上げとなります。次の1000年のはじめを飾って、世の中の暗いムードを吹き飛ばす大成功と行きましょう。(稲谷芳文)

★ASTRO-E総合試験終わる

ASTRO-Eは打上げ時の全長約5m(軌道上では全長約6.5m)、衛星総重量約1.7トンで、ノーズフェアリングの中を殆ど一杯に占めている。M-Vで打ち上げる衛星としては、これまでの最大であり、今後もしくはこれを上回るものは無いと思われる。そのため宇宙研の各種施設の対応限界を超えていて、例えばクリーンルームからの出入りにしても立てたままでは出入口の高さが不足で通れず、いちいちこの巨体を横転台車に載せ換え、横倒しにして通してから外で再度立

て直し、所定の台車に載せ換えるなどなにをするにも大変な手間と時間がかかる。

もちろん温度試験槽にはとても入らないし、熱真空試験槽にも一部分解しないと納まらない等々、当初から分かっていたことではあるが、その都度予想外の問題も多々発生し、いろいろと苦勞の多い総合試験であった。これを見越して従来の衛星スケジュールを前倒しにし、昨年3月から総合試験を始めたことなどが効いて何とか予定通りに総合試験を終了、新年早々には鹿児島で打上げ作業にかかるという運びとなった。

しかしこの先もまだまだ気の許せないことが続く。特に軌道上で絶対温度0.06度という極低温を作るための装置は、一度冷したら打ち上げまでは付きりの維持管理が必要である。9月に最終的に冷却を開始したが、年末年始も殆ど休み無しの作業が続いている。最近宇宙開発はご難続きで暗い話題が多いだけに、何とか見事に打上げを成功させ、所期の観測成果を得て、2000年代の幕開けが飾れるよう、所内外の皆様の一層のご支援をお願いしたい。(小川原嘉明)

★第2回ISAS・NAL連絡会

標記連絡会が、11月30日、宇宙研にて開催された。忙しい時期に当たったが、ISASからは、松尾企画調整主幹はじめ13名、NAL(航空宇宙技術研究所)からは、佐々木研究総務官はじめ23名が出席し、盛会であった。

独立行政法人化に関する状況、ISAS・NALの研究協力の進行状況等に関し、報告と熱心な討議が行われ

た。NALは、2001年4月には、独立行政法人に移行することが既に決っており、次の概算予算要求時までには、中期目標を示すことになる。そのため、議論も具体的な内容となった。

2001年1月には、ISASとNALは同じ省に属する研究所となる。今後も益々、連携を深めていこうというのが、両者の共通認識であった。(中谷一郎)

#### ★あきる野施設近況

開設以来、早いもので1年と9ヶ月が過ぎました。未だ蛍やオオタカの来訪はありませんが、当施設もようやく周囲の環境に馴染んできたところだと思います。今(12月中旬)は、二回目の冬を迎えるにあたり、落ち葉の始末や水道凍結防止など越冬対策を施しているところです。

昨年秋から一年の間に、施設内に設置した簡易高性能試験設備を用いて、予備試験を含め計6回の固体モータ開発試験を行い有用な試験データを取得してきました。現在は、S-310改の推進薬BP-206Jの侵食燃焼特性試験や低公害推進薬の燃焼特性試験をはじめとする固体ロケット関連基礎試験を実施中で、そのほか高エネルギーハイブリッドロケットや複合サイクルエンジンなど将来推進系の提案に必要な基本情報を蓄積するための基礎実験を一部実施あるいは計画しています。それらと並行して、今後3年以内で完成させることを目標に、推進系研究開発のための汎用試験システムの整備を進めています。

来年度以降、将来推進系の研究開発をさらに積極的に推進するため、当施設の利用頻度も飛躍的に高まることが予想されます。(徳留真一郎)

#### ★赤外線観測インド気球実験

天体からの赤外線を観測するための気球実験計画を、日本(宇宙研、名古屋大学、東京大学、通信総合研究所)とインド(タタ基礎研究所)との協力により進めてきました。計画は二種類の実験からなり、どちらの実験の気球放球も、インド・デカン高原・ハイデラバード気球基地から行いました。

まず一つめの実験は、日本が開発したファブリ・ペロー分光器を、タタ研究所が開発した口径1mの気球望遠鏡に搭載し、大口径を活かした高分解能の遠赤外線分光観測を行おうとするものです。気球放球はインド標準時11月25日22時21分(日本時間26日午前1時51分)に行われ、オリオン星雲の広い領域にわたって、遠赤外[CII]スペクトル線の観測に成功しました。観測終了後、観測機器はパラシュートで降下し、無事に回収されました。

二つめの実験は、日本で開発した口径50cmの望遠鏡に、ASTRO-F観測機器の実証モデルとなる二次元遠赤外線検出器を搭載し、効率の良い連続波観測を行おうとするものです。気球放球はインド標準時12月4日22時13分(日本標準時5日午前1時43分)に行われました。全ての機器が正常に動作しましたが、水平飛行に移った直後に、おそらく気球破裂のため、ゴンドラが突然に降下を始めてしまいました。さらに、パラシュートの開傘が充分でなく、降下速度が予定よりもかなり速くなるなどの不幸が重なり、観測器は大きな損傷を受けました。そのため、今期の実験継続は断念せざるを得なくなりました。捲土重来を期して、来期以降の計画をたてています。(中川貴雄)

#### ★「ようこう」の太陽が今世紀の天文写真ベスト10

世界で最も広く読まれているアメリカの天文雑誌『スカイ・アンド・テレスコープ』は、昨年暮れに読者から20世紀を代表する天文写真の投票を呼び掛けていたが、このたび発行された新年号で、その結果を発表した。このインターネットによる投票には、1万3000人が応募したという。

第1位は、1968年にアポロ8号が月の周回軌道上から撮影した月の地平線から昇る地球の姿。人類史上初めて丸ごとの地球の姿をとらえたもので、地球観へのインパクトが高く評価されたい。

以下、②M16星雲の星の生成(ハッブル宇宙望遠鏡:俗に「イーグル星雲」と呼ばれている3本柱の伸びている写真である)、③M32とM102を従えたアンドロメダ銀河(ヒッパルコス衛星)、④マーズ・パス・ファインダーの火星パノラマ写真、⑤アポロ11号のアームストロング飛行士が印した月面への第一歩、⑥ハッブル・ディープ・フィールド、⑦渦巻き銀河NGC1232(ヨーロッパ南天文台)、⑧土星とそのリング(ボイジャー)、⑨イオとエウロパを従えた木星(ボイジャー)とつづき、そして第10位に、わが「ようこう」の太陽X線像が選ばれた。1991年8月に打ち上げられた「ようこう」が、翌年2月に撮像したもので、深紅の太陽フレアが荒々しく爆発している様子が、活動極大期を誇るかのように生々しくとらえられている。みなさん、先刻承知の有名な画像である。

ただし『スカイ・アンド・テレスコープ』誌の写真解説では、「太陽活動の11年周期の極小期」と説明されており、何の手違いか関係者は首をひねっている。

(的川泰宣)

## 西田所長を送る

鶴田浩一郎

4年前に西田先生が所長におなりになると決まった時にまず頭に浮かんだことは、不謹慎にも「これは大変なことになった」という考えでした。「あけぼの」や「GEOTAIL」衛星を抱え、「のぞみ」の開発のさなかで、太陽系プラズマ研究系としては所全体のことを考える前に研究系の明日のお米をどうしようかということの方がよほど大切に思っていました。父親を送り出す子供の我侘みたいなものですが、今振り返ってみるとこれとは別に、その後経験することになった大きな嵐の予感みたいなものもあったような気がします。

西田所長は我々の分野では国際的に評価の高い研究者で、これまで数多くの研究上の業績を上げてこられました。宇宙研の我々のみならず多くの後輩どもが指導者として尊敬してきました。所長になられてからも予想どおり研究面の活動を続けられ、時折、キツイ苦情を賜って我々を右往左往させられたことが何度かありました。然し、このあたりは、予測された範囲のことであまり驚くこともありませんでしたし、我々も望んでいたことでありました。

私が、本当に驚いたのは所長になられてしばらくし

て始まった宇宙研をめぐる政治的な状況の急変の中で西田所長が発揮された指導性でした。学術審議会によるミッション評価に始まり、行政改革に伴う文部省と科技庁の合併、独立行政法人化の動きと矢継ぎ早に降りかかってくる難題にすばやく的確に対応してこられた「政治的」手腕は以前には知らなかった西田先生の側面でした。「行革タスクフォース」もその一つですが慣れない政治的な問題に無い知恵を絞らされたことももう少し年月が経ってみるときっと良い思い出になるだろうと思います。

研究者として一流の業績を挙げてこられた西田所長の根底に、宇宙研は国際的に一流の科学を進める研究所であるべきだというお考えがあるのだと考えます。残念ながら、政治的な嵐は今しばらく続きそうです。宇宙研がこの嵐の中で鍛えられ次の大きな飛躍に向け歩み始めることが西田所長の望んでおられることだと考えます。所長をおやめになった後も高い立場から日本の宇宙科学をより質の高いものへ発展させるべくご指導願いたいと考えます。(つるだ・こういちろう)

## 鬼軍曹？ 五徳の士？

上杉邦憲

「西田先生いらっしゃいますか？」「私ですが。」これが私と西田先生との最初の会話でした。OPEN-Jなる計画の工学側を担当することになり、駒場45号館4階の西田先生の部屋を訪ねた時のことです。それまで理学の先生といえば、OHO御三家しか存じ上げなかったもので、黒髪豊かで私より若く見える方（別に黒髪に恨みがある訳ではありません。念のため）が磁気圏やプラズマやらの研究で名高いあの西田先生とは信じられなかったのです。

OPEN-Jがその後、日米協力によるGEOTAIL計画へと進化し、1992年7月無事フロリダから飛び立つまで、日米間には御多分に漏れず色々な問題が生まれました。それにも拘わらずあまり苦勞をした覚えが無いのは（決してボケて忘れた為ではありません。念のため）、西田先生の卓抜なる指導力、決断力と国際性豊かな交渉力に面倒な問題は全てお任せしてしまったからでありました。技術的な問題は我々で何とかしましたが、例えばサイエンス・データの取り扱いや優先権等に関し、あくまで日本の不利にならないよう西田先生は常

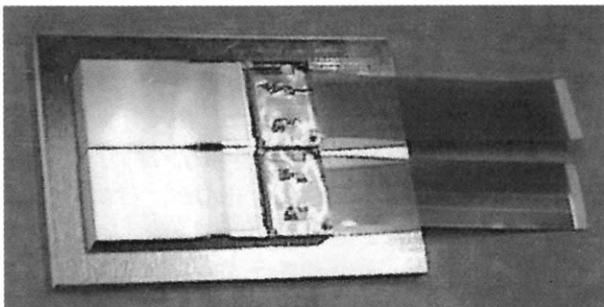
に堂々とNASAと渡り合われました。そのため、当時NASAで西田先生はSessue・Hayakawa（早川雪洲）の渾名で呼ばれていました。映画「戦場にかける橋」で彼が演じた日本軍の鬼軍曹に似てると言うわけです。ま、あの目でギョロッと睨まれると、大方のアメリカ人も「蒟蒻の木登り」（震え上がる：故大林先生作）だったと言うことなのでしょう。但しそれは決して悪口ではなく、対等に議論出来る相手として畏敬の念を込めたものとのことでした。

その証左として、先生がいかに国際レベルで尊敬されていたかをESAのボネ氏が先日の沖縄でのIACGの際に的確な言葉で表現されました。曰く「西田先生に五つの徳あり：真面目、親切、指導力、率直、受容力」。これ以上付け足す言葉はありませんが、行革・独法化等を初め様々な火種を抱えた宇宙研火鉢をこれまで締めて来られた五徳・西田所長に「巡査の引越し」（官服（感服）の他は無い：故大林先生作）と申し上げ、お別れの言葉と致します。（うえずぎ・くにのり）

最近、ビデオとかデジカメとか、可視光画像はすっかりフィルムからCCDに置き換わってしまった。同じことが、X線画像についても起きている。X線天文学ではX線光子一つ一つを直接CCDで検出する方法が主流になっている。CCDは可視光にせよ、X線にせよ、光子がCCD内で光電吸収した後に作られる電子を電気信号とする。可視光なら光子一個は電子をせいぜい一個しか作らないが、X線では光子一個がそのエネルギー（波長）に比例した多数の電子を作る。X線検出器の較正に良く使われる6keV（キロ・電子ボルト）のX線光子一個は1600個ほどの電子を作る。CCD素子を $-100^{\circ}\text{C}$ ほどに冷却して低雑音回路で読み出せば、電子数にして2~3個の精度で信号強度を決定できる。つまり、CCDによってX線光子一つ一つのエネルギー、つまりX線の色、を精度良く測定できる。ちなみに、CCDで可視光の色を決められるのは、CCDの画素一つ一つが色フィルターを持っているからである。

X線を精度よく検出するには、いろいろな点で可視光で使うCCDとは異なる素子が必要である。低エネルギー（1keV以下）のX線は物質に吸収され易いので、X線用CCD素子上面には、保護ガラスも色フィルターもない。可視光を良く透過する酸化珪素膜もできるだけ薄くしたい。一方、高エネルギー（数keV以上）のX線は物質を透過し易いので、X線を検出する空乏層領域はできるだけ厚くしたい。可視光なら数 $\mu\text{m}$ もあれば良いが、10keVのX線の珪素内の平均吸収距離は100 $\mu\text{m}$ ほどもある。さらに高いエネルギーのX線のためには、空乏層はできるだけ厚くしたい。厚い空乏層を必要とするのは、X線領域と近赤外線領域で使われるCCD素子である。

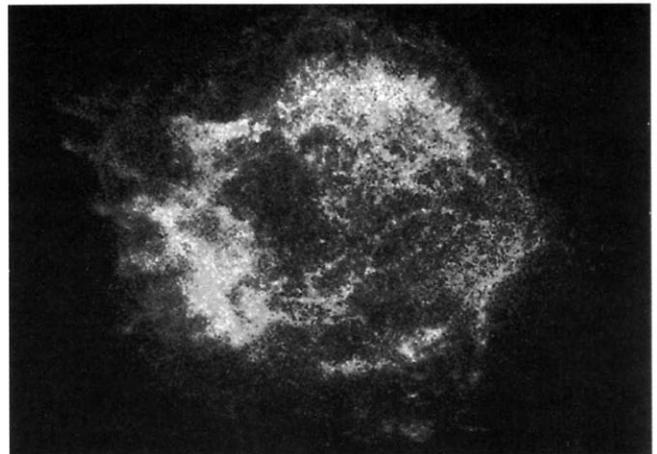
また、可視光領域のデジカメは小型化の要求が強く、焦点像を小さくして素子を小型化する、つまり微小画素化が必要とされる。X線では光学系の制限で焦点像を小さくできず、できるだけ有効面積の大きな素子が



可視光ではインターライン型CCDが多いが、X線にはフレーム転送型CCDが使われる。最近試作された稠密に並べられる1インチ角のフレーム転送型素子（2個）。

必要で、画素の大きなものが使われている。

X線光子一つ一つの波長が決められるような観測をするCCDを宇宙で初めて使ったのは、1993年に打ち上げた『あすか』である。アメリカのMIT/リンカーン研究所製のCCD素子（27 $\mu\text{m}$ 角の画素が420 $\times$ 422個、空乏層は35 $\mu\text{m}$ 厚）を4個並べたカメラを2台搭載した。順調に動作し、これまでにない精度でX線スペクトルや画像を得、今でも世界中の研究者が利用している。これに続く衛星は、昨年7月に打ち上がったアメリカの『チャンドラ』（24 $\mu\text{m}$ 角の画素が1024 $\times$ 1024個、空乏層は70 $\mu\text{m}$ 厚の素子）、12月に打ち上がったヨーロッパのXMM衛星（150 $\mu\text{m}$ 角の画素が400 $\times$ 400個、空乏層のは280 $\mu\text{m}$ 厚などの素子）であり、今年の2月に打ち上がる予定の我が国のASTRO-E衛星（搭載素子は『チャンドラ』と同じ）である。



『チャンドラ』のCCDによるカシオペアAのX線画像（オリジナルではX線の波長情報を色で表している）。

X線直接撮像型CCDは、現在では宇宙X線観測衛星の標準的な観測装置になっている。『あすか』ではX線望遠鏡の解像度がCCD素子の画素の大きさとマッチしていなかったが、その後、X線望遠鏡の解像度が改善され、『チャンドラ』では望遠鏡の結像性能がCCDのそれを上回ったとも言える。今後のX線CCDはさらに解像度の進んだ素子が必要となろう。X線は可視光に比べ波長が短く、理想的にはX線望遠鏡は可視光の望遠鏡よりもはるかに高い空間分解能を発揮しうる。CCDの画素がある程度小さければ、X線の偏光観測も可能になり、入射位置も画素サイズよりもはるかに高い精度で決定できることが知られている。もちろん、宇宙観測用に開発されたX線用CCDが地上実験や工業用として広く使われるようになるだろう。

（つねみ・ひろし）

## 国際有人彗星探査ミッション

矢野 創

新千年紀の到来を祝うシャンペン一滴のような流れ星の雨を、地中海上空12kmで浴びてから、早や1ヵ月余りが過ぎました。現地時間1999年11月18日午前2時頃、しし座流星群が33年ぶりに大出現したのです。

水平線に伸びた雷雲へ青白い光の矢が次々と突き刺さる。隕石や宇宙塵が今よりはるかに多く降り注いでいた、原始地球の「日常」とは、多分こんなふうだったのでしょうか。彗星起源の水や有機物は少なからずこのような流れ星として上層大気に運ばれ、そして直ちに雷に打たれると生命の基本ブロックである高分子が「調理」されていたのでは？という夢想までしたくなる光景でした。

98年に沖縄上空、99年には中東～ヨーロッパ～大西洋上空で実施されたNASA主催のしし座流星群国際航空観測ミッションは、いわば大空を「巨大なダスト検出器」に見たてた「百万ドル未満の彗星探査」です。なにしろ探査機を送らなくても、素性の知れた彗星から原始太陽系の化石が「箱詰めで宅配」されてくる千載一遇の機会です。その科学目的は、出現数計測、サイズ分布、立体観測による軌道決定、複数の波長域での分光、大気光観測など、あらゆる角度から一つの流星群を徹底的に解剖することです。しかし研究の詳しいお話は他の機会に譲り、ここでは7カ国の科学者と共同生活をしながら、カリフォルニア州、英国、イスラエル、アゾレス島、フロリダ州と夜間飛行マラソンを続けた「8日間世界半周の旅」で感じた、「有人惑星探査」の長所と短所についてまとめてみます。

人間が探査機（航空機）の中で観測機器を操ることの利点は、まず故障や不測の事態に柔軟に対処できることでしょう。科学では予想外の現象や偶然の発見の中にこそ、ブレイクスルーの鍵が隠されていることがあります。当初の観測計画になかった自然現象に遭遇したとき、瞬時にその重要性を理解してあえて予定を変更したり、観測方法を工夫できるのは人間ならではの。今回の航空機観測でも流星雨の最中に、火球が消えた後に煙のように残る珍しい発光現象・永続痕がカメラの視野に飛びこんできました。そこで私はルーティン観測を中断してカメラを架台から外し、マニュアルで永続痕を5分以上追いかけてみました。雷雲から電離圏へと伸びる放電現象「スプライト、エルプス」に遭遇した時も、とっさの判断で貴重なデータを得ることができました。

しかし有人ミッションの最大のメリットは、個人が目の当たりにした自然現象から受けた発見や感動を自らの言葉で語りかけ、メッセージを受け取った人も自

分に引きつけて想像を膨らませられることかも知れません。極大直後に大西洋上の孤島から衛星生中継に出演した時のこと。今の感想を一言、と日本のスタジオから訊ねられた時、まだあの光景が頭の中でプレイバックしていた私の口からは「獅子の雄叫びを見た」という言葉が迷いなく飛び出しました。日本に帰ると、同じインタビューでの科学的示唆はあまり注目されず、その言葉ばかり盛んに取り上げられていました。しかし、バーチャルな日常に漬かっている日本の皆さんに、本物の自然現象を自分の五感で直接受けとめることのスリルと楽しみが少しでも伝われば、それで十分なのかも知れません。

一方、有人ミッションには勿論、無人探査機では考えられないような欠点もたくさんあります。まず、観測スケジュールから機内の設置まで、すべて「安全第一」の原則に貫かれ、ミッションクリティカルな場面がとて多いことです。それから一日の3分の1は「スリープモード」なので作業効率が悪いこと。無理に起こしておくとうエラーが増えたり、十分な睡眠を採るまで「再起動」できなくなります。私の相棒だったNHKのエンジニア氏は極大観測で燃え尽きたのか、最終日の観測途中でフリーズしてしまいました。

さて、今回の大出現を完璧に予測したことで信頼性がぐんと増した、しし群のダストチューブ構造の新しいモデルによると、2001年11月18-19日には、昨年をさらに上回る可能性のある流星雨の出現が日本上空で予報されています。無人探査機だったらこれにどう臨むべきでしょうか？低軌道上の小型衛星からの紫外線分光や大面積をカバーする微光流星観測とか、流星雨の1ヵ月後にスーパープレッシャー気球で成層圏に濃縮したしし群の彗星塵サンプルリターンなんて面白いと思うのですが。

え？本当にその新しいモデルに全幅の信頼を持てるのか、疑っています？そういう方には、こっそり教えてあげましょう。実は私、昨年の流星雨の最中に何度も同じ願い事をしていたのです。「2001年にはこれ以上の流星嵐を日本で見せてくれ！」と。

(やの・はじめ)



タッグを組んだNHKエンジニア氏と、観測用航空機内にて。

## 誘導制御の巻

長友信人

昔の私はロケットの性能は何といても比推力だと信じていました。固体ロケットの推力方向を制御する方法として最初に使われた二次流体噴射方式は、固体ロケットのノズルに液体を噴射して横推力を発生する原理でその分ロケットの比推力は下がります。その下がり方を小さくするには横推力の比推力の高い液体が望ましく、世の中ではいろいろな噴射剤を試験していました。「うちでもやってみたらいいと思うんだ」と、秋葉先生の独り言のような命令に従い、私は2秒間だけ燃焼する小型固体ロケットに過酸化水素を噴射して一発で成功し、加勇田清勇氏が素敵な推力曲線をとってくれました。これで過酸化水素こそは宇宙研のロケット向きだと吹いたのですから、若気の至りです。

実は、日産自動車では過酸化水素の他、フロン等いろいろ試験しておられました。一般的に、小型ロケット実験では二次流体の比推力は低めに出るのが普通で、フロンは過酸化水素より低めに出る度合いが大きかったのではないかと思います。日産の人達も交えた会議で過酸化水素を主張したところ、それに決まってしまう。宇宙研は長船(三菱長崎)の過酸化水素のサイドジェットを使っていたので、過酸化水素のタンク等の供給系は長船が担当し、日産はロケット周りの配管から先を担当してK-10C-2号機の2段目を実験機として打ち上げることになりました。

当日は東大総長一行が見学する晴れ舞台でしたが、天気も良く、実験主任の秋葉先生以下、ロケット班、CN班は小型ロケットの割には多い作業を順調にこなして発射時刻が近づきます。2段目に搭載した過酸化水素のタンクの元弁を開け、ロケットの二次流体噴射弁まで過酸化水素を送ると最後の秒読みです。タンクの元弁は爆管と称する火薬弁で、これはうまく作動し

たのですが、間もなくロケットの1、2段の継ぎ手あたりで白煙が出始めてだんだん勢いが強くなる気配です。どうも過酸化水素が漏れているようでこれはまずいことが起こっていると皆は心配したのですが、このような不具合は想定したこともなく、「避難して下さい」のアナウンスを繰り返しているうちに、当の第2段ロケットが翌日の新聞によると「はい、さようなら」と、予定通り発射されたかのようにまっすぐ飛んでしまいました。コントロールセンターでは来賓一同が轟音と共に外に出て残った煙を観覧されたのですが、地面には2段目に蹴り落とされた1段目が横になって転がっています。これが点火すると大変なので、実験主任は「ロケットの頭に水をかけて冷やして下さい」とスピーカーで指令しますが、「そんなこと！実験主任こそ頭を冷やして下さいよ」と、ロケット班もすぐには手が出ません。何とか水をかけてそれ以上のことにはなりませんでしたが、私自身は総長一行が飛び出してきたのを見ていたような気がするし、ロケット班の林紀幸、東照久両技官等とロケット管制室の中でおたおたしていたような気もするし、山の上から白煙を見ていたような気もするのですが、今となっては全く記憶がないのです。覚えているのは「しまった、これは僕の責任だ」と思ったことだけです。

事故の原因は直接的には元弁の開く速度が速すぎて高圧の液体が運動量を持って下流の配管に高圧を生じたウォーターハンマー現象でしたが、根本的な問題はエンジニアリングマネジメントにありました。事故が起こった箇所は二つの会社のインターフェース部でした。もしフロンを使って日産自動車が全部まとめていけば、社内試験で確認したでしょうし、長船から見れば、CN用のタンクより大量の過酸化水素を扱うことになったり、ワークマンシップと設計両面で慣れない体制でこれに臨んだのだと思いました。私は比推力ばかり気にして、ものを作る人達も含めたシステムのインターフェースの設定の重要さを無視していたのです。

ほどなく事故調査と共に設計変更が行われ、過酸化水素は取りやめフロンが採用されました。これで私は少し利口になったと思います。(この項終わり)

(ながとも・まこと)

### ★訂正

99年12月号(No.225)に、一部誤りがありました。11ページ本文下から5行目

[誤] L-4Hの → [正] L-3Hの



ランチャー上で白煙を上げるK-10C-2号機



## ロケット仕事人の回想

荒木 哲夫

2000年を迎え、切りが良いのかどうかはともかくとして、回想録を書く順番が回ってきました。

東京オリンピックの開催された1964年4月、学生気分抜けのままで、麻布の東京大学生産技術研究所、糸川研究室に勤務する事になりました。初出勤の時、故・糸川英夫先生に「どんな仕事をやるのでしょうか?」とお聞きしたところ、「いろいろやっていただきます」とあっさりおっしゃいました。

そのお言葉どおり、これまでに関わってきた仕事は多種多彩で、その思い出は、とても1、2ページでは書き切れません。時期は前後するとは思いますが、その内のいくつかを思い出すままに列挙してみます。

最初の仕事は、当時博士課程の大学院生として血気盛んだった現・長友教授のもとで、プラズマロケットの研究補助を命じられ、真空技術や電気推進エンジンを中心にいろいろな知識をご教授頂きました。その間に宇宙関連部門が東京大学宇宙航空研究所と名を変え、駒場に新組織として発足しましたが、実験設備の関係で、約5年間、長友先生と共に生産研に居残りしました。そんな関係で、秋葉研究室に移行してからも、長友先生関連の仕事が多かったように思われます。

金魚やメダカを水槽に入れ自然落下させ、その時起こる無重量状態と魚の様子を16mm映画に撮影、宇宙環境医学会にて発表したのがきっかけで、慈恵医大の故・佐伯先生との共同研究を行う事になりました。

その概要は、月や火星においての人体の運動に伴う酸素の消費量を、医学側は酸素消費量と二酸化炭素の排気量を計り、工学（宇宙研）側は、歩行可能な減重力装置と工学的な運動エネルギー変化の計測を担当する事で、その計測結果を比較・検討するものでした。

試験衛星「たんせい」では、コールドガスジェットエンジンの機能試験から打ち上げ後の運用までを体験させていただきました。

宇宙科学研究所への改組の頃ですが、スペースシャトルに搭載、実行されるSEPEC計画の一員として、つくば市の宇宙開発事業団の巨大なスペースチャンバーを借用し、米航空宇宙局（NASA）のスタッフも参加して行われた真空熱環境試験での熱管理を任せられました。実物大のシャトルのパレット（荷台）の輪切り状の模型に、6個のSEPEC主要機器を飛翔時と同位置に

配置し、大きな車輪付きの台車に乗せて、直径8mのスペースチャンバーに搬入する様は壮大でした。

液体ロケット関連では、10トンチャンネル構造液酸・液水エンジン用の固体推進薬点火器の依頼を受け、設計、制作から性能試験、さらに、それを携えて燃焼実験に参加しました。

秋葉先生の下では、固体推進薬の真空着火実験や昇華エンジンの試作・試験、中層大気用ロケットの性能計算等を命ぜられるまま行っておりました。この頃初めて実用的なパソコンらしきものがデビューしたと記憶しております。秋葉先生から仰せつかった最後の仕事は「M-V点火切断モデル試験」でした。

以上述べた事柄と平行し、全期間を通して携わった大きなウェイトを占める仕事が、出張を伴ういわゆる「ロケットの実験」です。

内之浦（KSC）では小型機からすべての人工衛星や探査機打ち上げを含め、約350機のロケット打ち上げ実験に参加しました。初期の頃は、海上監視、風向風速の計測、発射角度補正、モータ内圧や残留内圧の計測、点火管制などなど何でも屋でしたが、ロケットが大型化、複雑化するに伴い、各々の作業が分かれ、「点火管制班」に落ち着きました。

一方、能代（NTC）の地上燃焼試験では、機体やチャンバーの計測や本部・管制の仕事を担当しました。M-V型ロケットの開発試験においては、本部管制装置の新設、実験のタイムスケジュールの進行や秒読み等を担当いたしました。

現在、高野研究室に草鞋を脱がせて頂き、あきる野施設の管制設備の設計を遂行中です。

一方、ISASニュースの編集委員を、長期にわたり拝命し、松尾委員長の下で頑張っておりました。

要するにこれまでの履歴からみて、自分で言うのも変ですが「ロケットの仕事人」とも言える人生でした。

我が国宇宙分野の権威が星のごとく居並ぶ宇宙研にて、長い間に亘り、多くの素敵な方々と共に働くことができ仕事人冥利に尽きます。

そして、定年後もこの「仕事人」は35年間の経験とパソコンと言う武器に磨きをかけつつ、「よろず仕事引き受けます」の看板を掲げ続けております。

（あらき・てつお）



## 「思い出・思い着くまま」

関口 豊

昭和36年4月(1961.4)に港区竜土町にある東大生産技術研究所第3部(電気工学)の高木研に入って、早々5月には秋田県道川にあったロケット実験場に出張し、K-8-6号機のロケットの打上げ実験にレーダ班として初めて参加し、大変感激したことが目に浮かびます。その頃の実験班員は秋田市内に宿泊し、バス1台で実験場に通うと云う少人数であったため、色々な分野の人と雑談的な会話でしたが電気以外の知識の吸収が出来て、無知だった私が大きく成長しました。電気グループでも私は弱電系でしたが、斎藤先生や浜崎先生の指導の下で、何でもこなさないとロケット実験は出来ない事を知らされました。

昭和38年8月には鹿児島県内之浦でのロケット実験が開始され、昭和39年4月に東大宇宙航空研究所が改組・創設され、翌年には駒場に移転しました。駒場に移って落ち着く暇もなく、ロケット実験の準備と実験が続きました。ちなみにロケット打上げ機数は昭和39年度:24機、昭和40年度:31機、昭和41年度:41機と云う具合で、大変ハードなスケジュールが続きました。

ロケット実験に追われて、あたふたしている時に昭和39年12月から大型計算機の運転が開始されるので面倒を見てくれと野村先生から頼まれて以来HITAC5020FからVPP800まで9世代18種類の計算機と付き合いことになりました。

それからはレーダ班としてロケット実験に参加すると共に、大型計算機の運転管理と2足のワラジをはく事になりました。

昭和56年4月には宇宙科学研究所が発足し、昭和63年4月には相模原キャンパスに移転とあわただしい日々が続きました。

ロケットの方はK-8-6号機の打上げ実験に参加して以来、カップ・ロケット、小型シングル・ロケット、ラムダ・ロケット、大型衛星打上げ用ミュー・ロケッ

トの開発とロケットの黎明期から開花・結実期まで参加でき、特にL-4S-5号機による日本初の人工衛星「おおすみ」の誕生、M-4S、M-3SⅡ、M-Vでの新規開発ロケットでの衛星の打上げと成功が目の前に浮かび走馬灯の様に思い出されます。

ロケット実験で道川時代から鹿児島宇宙空間観測所(KSC)の初期の頃はKE班も集中電源班も無かったため、各班毎に電池を購入して、内部抵抗等を測定して、電池の特性バランスを取って充放電テストから充電・補充電を行い、又ロケット打上げ時にはランチャー配線からレーダトランスポンダー(トラポン)SW ON/OFF制御用のケーブル布設・撤収まで全て自分達で行い大変でしたが今ではかえって懐かしく思われます。この頃は、斎藤先生の方針で、地上装置の設置から調整・オペレーションまで自分達で行うことを目指して頑張った事が思い出されます。

ロケット搭載用のトラポンも初期の頃はロケットが発射されてみないと成否がわからない状態で、打上げ前のカウントダウンの1秒1秒の緊張は現在の数十倍だった様に思います。その反面成功したときの感激は何とも云えぬ快感で、今までの疲れも一気に吹き飛ばしてしまった様な感慨に耽ったものです。

私もレーダの仕事・衛星の軌道計算やら大型計算機の運転管理やら出来る事は何でもやっているうちに、あっと云う間に39年が過ぎてしまい何の結果も出せないまま定年を迎えることになってしまいました。

平成11年度で大型計算機の一連のリプレースも終わり一段落し、最後の仕事としてM-V型ロケットの打上げに参加できることは私の人生で最大の喜びであり、幸せ者だと思います。長い間勤務し定年を迎えられるのも偏に皆様方の温かいご支援があったからと感謝して居ります。(せきぐち・ゆたか)

ISASニュース

No.226 2000.1

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>)。