



▲ M-V型ロケット新1/2段接手の分離試験(撮影：前山勝則)

〈研究紹介〉

戦前の日本のロケット研究

宇宙科学研究所 的川泰宣

ペンシルから始まったとされる日本のロケット開発に、終戦直後の断絶があったとはいえ、素晴らしい技術の先達があったことを知ることは、その背景にあった軍国主義の是非を措いても無駄なことではない。

日本のロケット研究の始まりは1931年（昭和6年）にさかのぼる。この年、陸軍と海軍でほぼ同じ頃に兵器としてのロケット研究が開始された。とっつきの良い固体燃料ロケットから始まって、1935年頃から液体燃料ロケットが研究され始めた。

1. 固体燃料ロケットの系譜

【陸軍の固体ロケット】

陸軍では、もともとは日露戦争末期にドイツから輸入された38式砲（直径75mm、射程8km）を使っていたのだが、他国の大砲が10kmの射程なので、ロケット推進を使って射程を伸ばすことが、固体ロケット研究の動機づけとなった。

かくて1932年に黒色火薬とパラフィンを細身のパイ

プにつめた4輪のロケット・カーを生み出し、やがて1932年から1938年にかけて38式野戦砲で打ち出すロケット推進の爆弾に進んだ。千葉の富津で、ロケット爆弾のノズルを上に向けて3分の2を地中に埋め込み、ストップ・ウォッチだけが計測器といういでたちの地上燃焼試験を行った後、東京湾に向けて発射した記録が残っている。

黒色火薬は比推力が低いし、煙も吐くしオペレーションも容易ではないが、ロケットの飛翔性能の基礎研究には大いに役立った。風プロファイルの飛翔経路への影響をテストするフライトで、森に飛び込んで火事を起こしたり、民家の屋根を突き破って居間に闖入したりしたエピソードもあった。

1936年頃から陸軍科学研究所で、有翼ロケットの尾部に黒色火薬の燃焼ガスで回るタービンタイプのスピナーをつけて機体にスピンをかける画期的な試みが開始された。加えて陸軍火薬廠でダブルベース（無煙火薬）の実用化が図られ、日本の固体ロケットに一大変

革がもたらされたが、主として推薬の製造におけるばらつきが大きく、命中率は通常砲に及ばなかった。

【海軍の固体ロケット】

海軍での研究は軍艦への信号ロケット弾の推力テストから始まり、1934年には後に戦後日本のロケット開発のパイオニアとなる村田勉らによる神奈川・辻堂での打上げに進む。この記念すべき打上げは、黒色火薬を使い尾翼も付けて発射角45度で行われたが、海へ向かわず村田たちの頭上を越えて後の林に突入したそうである。

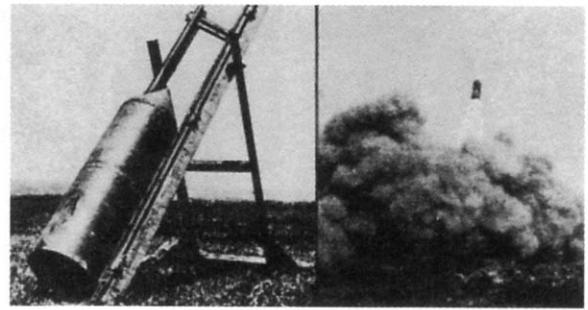
この失敗で村田は敢然とダブルベースの研究に没入する。ドイツの乏しい資料を出発点として始めた開発が遂に完成を見たのは1934年末から1935年初めのことだった。日本初のダブルベースである。村田が終戦まで改良に献身したこの仕事は、戦後のペンシル・ロケットからの再出発に大きく貢献した。

1941年に第2次世界大戦が勃発し戦線が広がるにつれて、日本は南太平洋に展開する部隊に配備する通常砲の不足に悩まされ、もっと生産が容易で輸送も楽なロケット砲に注目が集まってきた。

当初機密保持の観点から「ロ弾」と呼ばれていたロケット弾とそのランチャーが、それぞれ「噴進弾」および「噴進砲」として日本軍の制式兵器と認定されるに至ったのは1934年だった。噴進弾にはすべて両面燃焼のダブルベースが採用され、外径20～110mm、内径5～10mmの筒状推薬を6～37本束ねる方式で、直径7cm～40cmの多彩なロケット弾が、陸軍と海軍によって開発された。尾翼またはスピンあるいはその両方が飛翔安定のために適用されたことは言うまでもない。

噴進弾の強みは、従来の大砲のように大がかりな発射システムを運ばなくて済み、極論すれば簡単な筒か

2本のレールさえあれば発射可能な点にある。これらの技術的



45cm噴進弾とその打上げ

詳細や硫黄島・沖縄をはじめとする前線で使用されたくだりは、巻末文献を参照されたい。

1943年の暮れ、東京・目黒の海軍技術研究所が300人を投入して一種の地对空ミサイルとも言える「奮龍」の研究開発にとりかかり、1945年7月には奮龍2型の飛行テストに漕ぎ着けた（浅間山）が、実戦に投入するには至らなかった。なお海軍はこの後、液体ロケットを使った奮龍3～4型の開発へと進んだ。

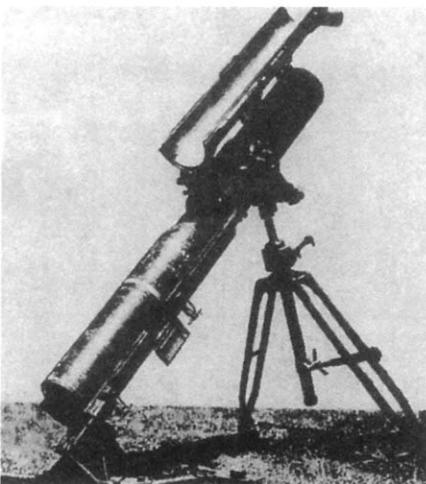
そして第2次世界大戦下の日本の固体ロケット・グループは、ついに固体ロケット推進の有人グライダー「櫻花」を完成する。陸式一攻の胴体に小判鮫のように吊られた櫻花はあまりに有名だが、紙面もあまりないので、詳細は巻末文献に譲る。

2. 液体燃料ロケットの系譜

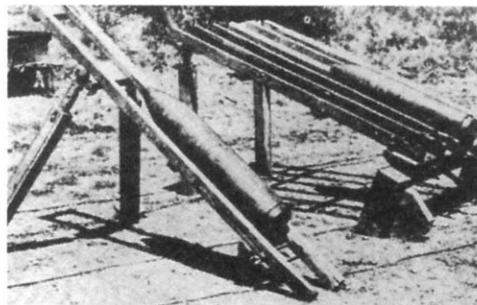
1935年に陸軍で開始された液体燃料ロケットの研究は、液体酸素とアルコールを推進剤としており、数年にわたる地上燃焼試験を経て1939年には飛翔寸前になっていたが、担当者の転勤などもあって一時立ち消えになった。再び研究が開始されたのは、戦況が急を告げる1944年7月だった。

【陸軍のイ号ミサイル】

海上での作戦展開が不得手とされる陸軍は電波誘導方式のミサイルを構想した。それは「イ号計画」と呼ばれ、大型の「イ号1A」と小型の「イ号1B」という二つの計画からなった。イ号1Aは無人のロケットで、



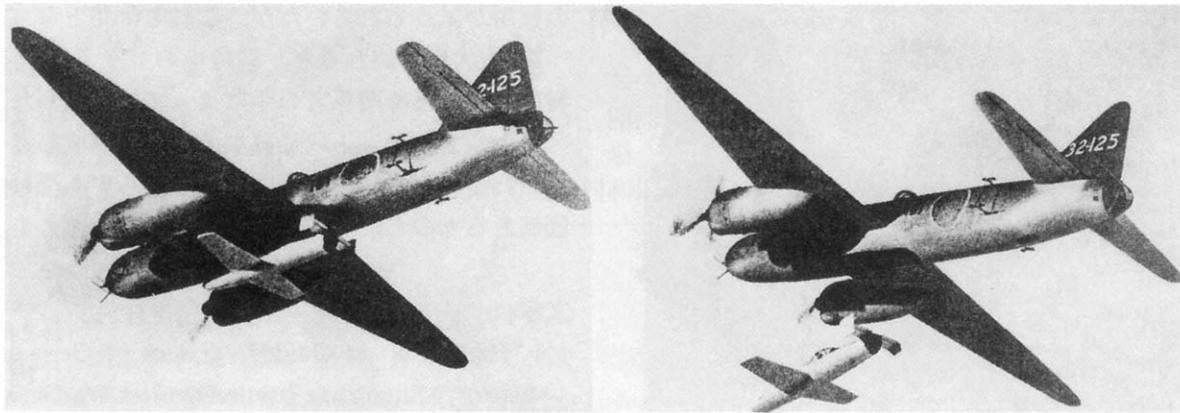
20cm噴進弾



噴進弾の木製ランチャー



Ki-67爆撃機に装着されたイ号1Aミサイル



陸式一攻からの桜花11の落下テスト

頭部に800kg（1Bは300kg）の爆弾を積み、母機Ki-67（1BはKi-48またはKi-102B）の胴体の下に吊り下げられる設計で、両機とも1944年夏に設計が開始され、同年10月にはプロトモデルが完成するというすばやさだった。

イ号1Aは敵艦の11km手前の高度約800mで母機から分離され、0.5秒後に姿勢を安定化し、さらに1.5秒後にロケット・エンジン（過酸化水素と過マンガン酸ナトリウムが推進剤）に点火、母機はイ号が敵の4km手前に接近するまで追跡・制御するよう企図された。しかし母機による敵への接近が戦況から考えて不可能との判断から、終戦のかなり前に開発が中止された。

またイ号1Bは1Aより近距離の敵をターゲットとするもので、使い捨てだったにもかかわらず、イ号1Bは極限まで設計の単純化を図り、製作・保守いずれも非常に容易となる素晴らしいものだった。1945年2月に伊豆で行われた飛行テストでは、予定コースから大きく左にそれて熱海市に突入、旅館に飛び込んで仲居さん2人、宿泊客2人を死亡させるという事故が起きている。そのためテストが琵琶湖周辺に移され150機の実機が製作されたが、1945年6～7月の爆撃で工場が壊滅的打撃を受け、生産中止の止むなきに至った。

1944年の3～4月、日本とドイツの軍事援助協定に基

づき、ドイツのメッサーシュミット（Me-163B）の機体とロケット・エンジンの技術データが2組、日本の海軍武官に渡され、それらは潜水艦「皁月」と「松」にそれぞれ乗せられ日本をめざした。前者は大西洋で撃沈されたが、後者は幾多の困難を乗り越えて7月14日シンガポールに到着、空路日本に持ち込まれた。

不十分な資料ではあったが、海軍と陸軍が日夜兼行の努力を注ぎ込んだ結果、日本版Me-163Bである「秋水」のモックアップ・テストが1944年9月に行われるに至った。エンジンは「特ロ2号」と呼ばれた。因みに推進剤は、甲液（過酸化水素と安定剤）と乙液（液化ヒドラジン、メタノール、水、触媒）。

テスト機とパイロットの訓練機を兼ねた、エンジンとタンク抜きグライダー・モデル（木製の軽い「秋草」1機と重いグライダー2機）も製作され、1944年暮れから1945年初めにかけてのテスト飛行でパイロット訓練機としての準備は整った。

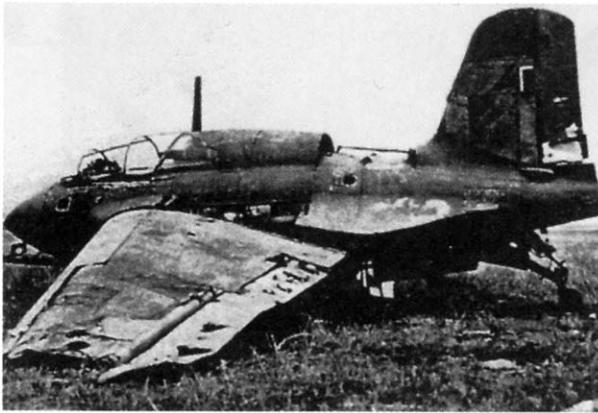
B-29の空襲をかいくぐりながらの大変な作業で、特ロ2号エンジンが地上燃焼試験を終え、海軍と陸軍用に2機の秋水がフル装備となったのは、1945年7月のことだった。歴史的な海軍による秋水の初飛行は7月7日、犬塚豊彦中尉によって行われ順調だったが、エンジンが高度350mで異常音とともに停止し、グライディングで滑走路に進入する際、民家の屋根に主翼が触れて



Ki-48爆撃機とイ号Bミサイル



秋水のテスト機秋草の前に佇む犬塚中尉



着陸寸前に墜落・破壊した秋水の1号機

墜落，犬塚中尉は殉職した。

原因とされた甲液のタンクの出口位置を改良して，陸軍が好機を待ったが，その前に第2次大戦は終結した。秋水はB-29との戦闘に間に合わなかったが，これほどの秀逸なロケット戦闘機をわずか1年の奮闘で作上げた当時の日本のエンジニアの力量には，あらためて驚きを禁じえない。

3. エピローグ

秋水のために開発された液体ロケット技術は，海軍のエンジニアによって地对空ミサイル「奮龍4型」へ

の転用が試みられていたが，これも仇花となった。

第2次大戦が終わると，戦時中のロケット開発の資料はことごとく関係者の手によって焼き払われたが，ペンシル・ロケット以後日本の技術陣が成し遂げた技術の高みは，先達の技術者魂を心ならずも受け継いだ価値あるものと，国内外に誇り得るものである。

文献

- 1) “Handbook on Guided Missiles of Germany and Japan”, Military Intelligence Division, War Department (1946)
- 2) 大沢他『日本ロケット物語』(三田出版, 1996)
- 3) Y. Matogawa, “Japanese Solid Rockets in the World War II”, IAA-96-IAA.2.2.07, 1996
- 4) Y. Matogawa, “Japanese Liquid Rockets in the World War II”, IAA-97-IAA.2.3.02, 1997
- 5) Y. Matogawa, “Ohka – Japanese Rocket-Propelled Attack Glider in the World War II”, IAA-98-IAA.2.3.03, 1998
- 6) Y. Matogawa, “Shusui – Japanese Rocket Fighter in the World War II”, IAA-99-IAA.2.3.01, 1999

(まとがわ・やすのり)

お知らせ



★ロケット・衛星関係の作業スケジュール (3月・4月)

| | 3 月 | 4 月 |
|-----|---|-------------------------|
| 相模原 | INDEX:PM姿勢系試験(2月初旬~3月下旬) (PM:Proto Model, 開発モデル) | MUSES-C嚙合せ試験(4月初旬~6月下旬) |
| 能代 | NAL-735地上燃焼試験 2/23より 7 | |

★人事異動 (教官)

| 発令年月日 | 氏 名 | 異 動 事 項 | 現 (旧) 職等 |
|----------|---------|-----------------|------------|
| | | (昇 任) | |
| 13. 1. 1 | 堂 谷 忠 靖 | 宇宙圏研究系助教授 | 宇宙圏研究系助手 |
| | | (転 出) | |
| 13. 1.16 | 寺 本 進 | 東京大学大学院工学系研究科講師 | 宇宙輸送研究系助手 |
| | | (転 入) | |
| 13. 2. 1 | 横 田 力 男 | 宇宙推進研究系助教授 | 技術部飛翔体開発課長 |

★シンポジウム

高温エレクトロニクス研究会

開催日：2月23日（金）

場所：宇宙科学研究所本館2階会議場

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

スペースプラズマ研究会

開催日：3月23日（金）

場所：宇宙科学研究所本館1階入札室，5階会議室



★文部科学省スタート

21世紀がスタートした2001年（平成13年）1月6日から，中央省庁が新しく生まれ変わり，旧体制の1府22省庁を再編し，内閣府を始めとする1府12省庁で発足した。宇宙科学研究所と最も関係の深い文部省と科学技術庁が統合して再編成され，「文部科学省」が設置された。

本研究所の業務については，これまで旧文部省の学術国際局研究機関課が一体的に所管してきたが，今後は，大学共同利用機関としての側面は研究振興局の学術機関課の，また予算を含む宇宙科学プロジェクトの推進については研究開発局の宇宙政策課の所管となる。本研究所と関わりの深い旧学術審議会（特定研究領域分科会宇宙科学部会）は統合されて「科学技術・学術審議会」となり，宇宙科学についての学術的観点からの審議は，その中の「学術分科会」で行われることになる。

また宇宙開発委員会の法的位置付けは文部科学省内に置かれる審議会と同様となり，宇宙開発事業団に係わる事項を処理することとなる。

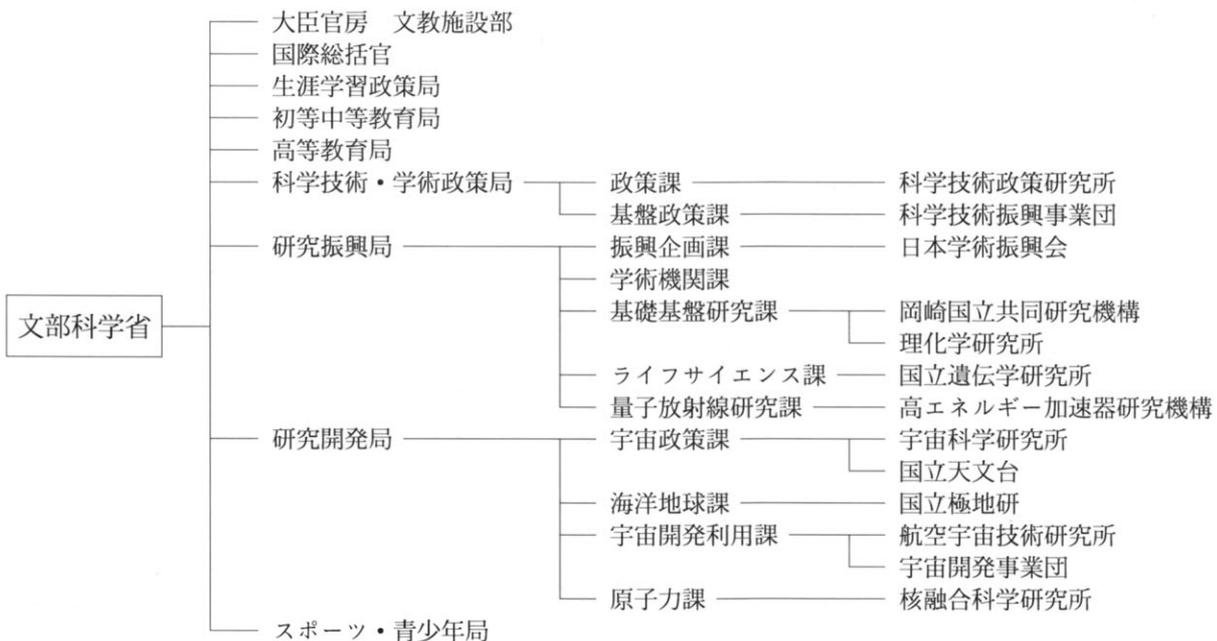
なお，文部科学省の英語表記については，Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology（略称 MEXT）となった。

★第1回BepiColombo ESA-ISAS Joint Meeting開催

クリスマスの飾りが始まりつつあった2000年の12月6～8日にオランダのNoordwijkにあるESAのESTEC（European Space Research and Technology Centre）にて標記会議が開催されました。初日は主にマネジメントおよびサイエンス，残りの2日間は技術的な問題について議論しました。初日はISASからは鶴田浩一郎，水谷仁，早川基各先生および小川博之氏と私，さらに京都大学からは松本紘先生の合計6名，ESA側からはM.Coradini氏，P.Wenzel氏，R.Gard氏，G.Whitcomb氏，M.Novara氏，R.Bonnet氏の6名が参加し，2日目からは向井利典先生がSS-520-2号機の打ち上を終



新しい文部科学省の組織図



えてスバルバードから駆け付け、ESA側はさらに各サブシステム担当の13名が加わりました。

BepiColomboについては2000年11月号の記事に譲りますが、ISASがMMO（Mercury Magnetosphere Orbiter）のシステム設計・製作・運用を担当して、ESAのコーナーストーン・ミッションに本格的に参加する新しい形の国際協力の門出にふさわしい会議でした。なごやかにではありますが、朝から夕方までface-to-faceの議論を3日間連続で行うのはかなりしんどかったというのが本音です。この会議でお互いの顔と考えを知ることができ、いよいよ検討も本格化してきました。（山川 宏）

★「のぞみ」・太陽・地球・月が一直線に

2004年始めに火星周回軌道投入を予定している探査機「のぞみ」は太陽を回る軌道上を順調に巡航中です。今年の1月10日早朝の皆既月食は記憶に新しいところですが、ちょうどこのとき「のぞみ」は地球から見て太陽の反対側にさしかかっていた。その結果、標記のように4つの天体（そのうちの一つは人工天体です！）が一直線上に並ぶという極めて珍しい配置が実現しました。もちろん、ノストラダムスならぬわれわれ研究者にとっては特別な意味はありませんが。

しかし、「のぞみ」が太陽の反対側に位置したためにその雑音の影響で3週間ほど通信ができなくなりました。昨年12月28日を最後に、今年の1月20日まで「のぞみ」は音信不通となったわけです。これは天文用語で、「合」と呼ばれ、もちろん、軌道設計の当初より分かっていたことですからこの期間を無事に乗りきるため「のぞみ」プロジェクトチームはさまざまな準備を進めてきました。

「のぞみ」に搭載した通信用のアンテナはビームが約1.4度と大変鋭く、しかもこの「合」の間に、姿勢を自律的に30度近く動かして、「合」明けにはピタリと地球方向を向く必要があります。万一この操作に誤差が入ると「のぞみ」との通信が回復しないことになり大変やっかいなことになります。

姿勢制御グループの実力は誰もが疑っていませんでしたが、それでも3週間も放置された探査機が本当に無事に再捕捉できるか、1月20日の「合」明けは、チームにとっては大変緊張する瞬間でした。

結果的にはこの日の朝、白田局の64mアンテナは予測どおりの強度で「のぞみ」の信号受信に成功し、プロジェクトチーム一同、ホッとしました。姿勢制御の精度が再確認され、併せて探査機各部の健康状態も3

週間以上にわたる「放置」の後も良好であることが確認されました。「かわいい子には旅をさせよ」ではありませんが「のぞみ」の運用への自信を深めることができました。（中谷一郎）

★第1回宇宙科学シンポジウム

平成13年1月11～12日に第1回宇宙科学シンポジウムが開かれました。今回のシンポジウムは以下のような形態で開かれました。宇宙科学研究所のそれぞれの研究分野の研究者が世話人となって開催する他の19のシンポジウムと異なり、将来計画のような所全体にかかわることについて理学、工学と一緒に議論できるように、全所的なシンポジウムとすることにしました。したがって世話人も理学、工学あわせて4人とし、講演募集も理、工学委員長名で行いました。理、工学委員会委員、運営協議委員会委員および客員教官の出席も事前に要請しました。シンポジウムは1日目全部と2日目の午前前半が数年以内に正式に提案されると思われる金星大気計画、水星探査（BepiColombo）計画、次期磁気圏衛星計画、次期X線天文衛星計画、赤外天文衛星（SPICA）計画、次期スペースVLBI（VSOP2）計画、および次期月探査計画の7つの探査計画についてそれぞれのワーキンググループの報告にあてられ、2日の午前後半から午後にかけて、まだ上記ほど具体化しておらず、研究者の間で議論されはじめている将来計画に関する18件の講演、そして衛星基盤技術に関する5件の講演がなされました。これまでの衛星、および観測ロケットで得られた成果の報告は第1日目の夕方に予定されたポスターセッション（計44件）に組み入れました。

2日間共に2階の会議室は立錐の余地なく、室外に人が溢れる程の盛況に加え、質の高い講演が多く為されました。部屋が狭隘なこと、口頭発表に押されてポスターセッションの時間にしわ寄せが行った事など、今



後善処すべき点がいくつかありますが、延べ出席者360名以上で、第1回目にしては総じて21世紀の初めにあたり、夢を議論するに相応しいシンポジウムであったと思います。第1日目の夜に開かれた懇親会は所内外の理学、工学の諸賢が親しく意見を交す機会を与えてくれました。来年は更に充実した、楽しいシンポジウムとすべく、策を練りたいと思います。最後にこのシンポジウムを開くにあたって今回は特に多くの所内の事務官、研究者の手を煩わせましたこと、世話人を代表して心から感謝の意を表します。

(代表世話人 小山孝一郎)

★田中先生米国天文学会のロッシ賞受賞

宇宙研名誉教授の田中靖郎先生が去る1月11日に英国のファビアン (Andrew C. Fabian) 教授と共に、米国天文学会よりロッシ賞 (Rossi Prize) を受賞された。

ブルーノ・ロッシ (Bruno Rossi) 先生は元マサチューセッツ工科大学教授で宇宙線研究の先駆者であり、1962年にはロケット実験を指導して最初のX線天体 (さそり座X-1) の発見に導いた事で有名である。

米国天文学会ではこのロッシ先生の業績と栄誉を讃えて、特に高エネルギー天体物理学の分野で独創的で顕著な業績を挙げた科学者を表彰するために、1985年よりこのロッシ賞を設立した。そしてこのロッシ賞は毎年1月に開催される米国天文学会において表彰される。これまでにスニャーエフ (Rashid A. Sunyaev)、コルゲート (Stirling A. Colgate)、シンプソン (John A. Simpson)、フィッシュマン (Gerald Fishman)、リース (Martin Rees) 等この分野の大家がこの賞を受賞している。

今回田中先生とファビアン教授が共同でこのロッシ賞を受賞されたのは、日本のX線天文衛星「あすか」で観測された活動的銀河核のエネルギースペクトルから、相対論的な重力赤方偏移を受けて広がった蛍光鉄輝線を発見した事に因るものである。この結果は最初にMCG-6-30-15と呼ばれる活動的銀河核の観測から発見されたが、その後の「あすか」の観測で他の活動的銀河核からも続々と同様の広がった鉄輝線構造が発見された。この現象はブラックホール周辺の降着円盤の極内縁部に起因すると考えられ、活動的銀河核中心に巨大ブラックホールの存在を予言する理論を観測の面から強く支持することとなり、現代の天体物理学の発展に大きな貢献をするものである。「あすか」の観測成果が評価された事を共に喜び、お二人には心からお祝い申し上げたい。

(長瀬文昭)

★宇宙学校

1月28日 (土) 大雪。相模原市産業会館にて宇宙学校が開かれました。一人も聴衆は来ないのではないかと、そんな思いに沈みつつ、40分程かけて車で会場に向かいました。普通は自宅から車で15分の距離です。会場は満員ではありませんでしたが、雪の中、集まってくださった特に熱心な聴衆に感激して6人の教官はこれまで以上に熱っぽく講演したように思えました。講演後の1時間の質問時間も瞬く間に過ぎてしまいました。田中助手の月探査計画のペネトレータの苦勞話に感動が広がりました。黒谷助教授の重力を大きくすると双頭のオタマジャクシができる話は、驚きですが、無重力でも適当な調節で正常なオタマジャクシになるたくましさも不思議です。

2時限目は的川教授の予想だにしていなかったM-Vロケットのノズルの破壊、成功した話より聴衆は、より感動します。橋本助教授は衛星の自動故障診断のシステムについて話し、場数を踏んでいよいよ話がわかり易く子供たちにも 興味が湧いたと思います。3時限の授業で高橋助教授は広大で静かと思われていた宇宙が如何に激しく変化しているかを自分で実感したことをデータで示しました。研究への情熱が聴衆へも伝わります。授業の最後は松岡助手です。プラズマが宇宙に普遍的に存在していることを話しました。

久しぶりの校長先生役で、ここ数年の宇宙学校の雰囲気はわかりませんが、今回大人がほとんどで子供が



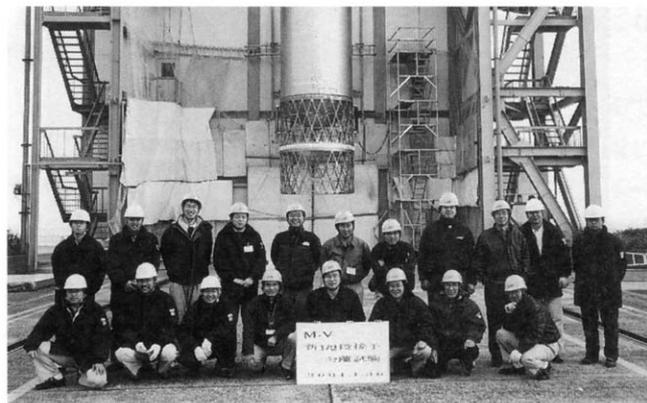
少なかったのは大雪のせいだと思います。相模原市のグリーンロータリークラブが、宇宙少年団結成に動き始めて、授業の最後に少年団への加入を呼び掛けました。今後、相模原市、市教育委員会、ロータリークラブ、およびアマチュア天文クラブなどと連携すれば更に素晴らしい宇宙学校になるでしょう。授業が終わっても雪はまだ降り続けていました。理科好きの子供達を育てるため、宇宙学校が少しでも役に立てたらいいな。こう思いながら大雪の16号線をスリップしないようにゆっくりと帰途につきました。いつものことながら、企画・広報係をはじめとする管理部の皆さん、相模原市、市教育委員会など、この宇宙学校を一生懸命支えて下さった多くの皆さん、お疲れ様でした。

(小山孝一郎)

★M-V型ロケット新1/2段接手の分離試験(表紙写真)

現在、M-V型ロケットの高性能・低コスト化を目指した改良が進行中です。その一環として、開発中の新1/2段接手の分離試験を、1月24日から2月2日まで鹿児島宇宙空間観測所で行いました。今回の試験の目的は、分離機能の確認と分離時に発生する非常に大きな衝撃の計測です。改良型のM-V型ロケットでは、従来は第2段ノズルまわりに搭載されていた姿勢制御装置SMSJを、この新1/2段接手の2段側グリッド構造外面に位置を変更することになっています。したがって、衝撃発生源の分離面から近くなるために、衝撃を緩和するショックマウントを介してSMSJを取り付けています。今回の衝撃計測では、このショックマウントによってSMSJが壊れない程度まで衝撃が緩和されているかどうか、重要なポイントでした。

試験は、新1/2段接手の上側に構造機能試験棟に展示してあったM-14モーターケースNo.1セグメントの開発モデルを結合して、整備塔のクレーンでつり上げた状態で行いました。凄まじい爆音と閃光とともに、無事、1段目グリッド構造が落下し、試験は成功しまし



た。衝撃データも収録できており、これから詳細な解析を行います。これで、昨年8月のM-V事情で紹介した静荷重試験に続く、一連の開発試験は終了しました。また、本試験は、今まで種々の試験にご尽力下さった橋元さんと喜久里さんにとって最後の大規模試験になりました。長い間、ご苦労さまでした。(峯杉賢治)

★SS-520-2号機観測結果速報

昨年12月4日、待ちの態勢に入って10日目、太陽風の条件はこれまでで一番。ロングイヤーベンでレーダ観測をしている藤井良一さん(名大STE研教授)からイオンの上昇流が活発という情報。ただ、ロングイヤーベンもニーオルスンも雪が降っている。地上からの光学観測は無理だが、POLAR衛星が撮影したオーロラ画像(Webpage上で30分程度の遅れで見える)によれば、カスプはちょうどいい所に来ている。このロケット実験のために現地まで駆けつけてくれたオスロ大学のモーエン教授や藤井さんと議論。いよいよ、決断。保安主任からは「ホントにいくのか…」と意味不明な電話。わずか2km弱しか離れていない射点が大雪とは知る由もない。

仰角86°の打ち上げ、テレメータ・QLデータ監視室の窓から見たロケットは真上に飛んで行った。飛翔は正常、テレメータの受信状況もいい。観測センサーの展開、アンテナ伸展、種々の高圧電源、すべて正常。しかし、カスプ特有のイオンの降り込みは弱々しい。事後の解析によれば、ロケットはわずかに西に逸れてカスプをかすめて飛んだようである。一方、降下粒子やプラズマ波動のデータには予想外に細かな構造が観測され、現在解析中である。

今回のロケット実験では、高時間分解能の粒子観測、デジタル制御型のプラズマ波動受信機、酸素イオンの極端紫外光観測など、世界的にも最新の観測技術の開発が行われてきた。開発に携わった学生の一人は博士論文に初期結果をぎりぎりでも間に合わせることができ、少なくともあと2つの博士論文が出るものと期待している。

打上げ翌日からは暴風だった。15日間もウィンドーを取っていたのに、あれがワンチャンスだったとは。奇しくも、「あけぼの」衛星がロケットの打上と同時にやや南側を通過し、ロケットと衛星の同時観測という副産物をもたらして、実験は無事終わった。最後になりましたが、この3年間、所内外、メーカー、国内外の多くの方々にご支援、ご協力をいただき、本当にありがとうございました。(向井利典)

光結合型 VLBI 実験

村田 泰宏

VLBIという技術は、遠隔地に離れた複数の望遠鏡（ここでは1つのパラボラアンテナの電波望遠鏡）を結合して1つの大きな望遠鏡を作る技術です。それぞれの望遠鏡を通った電波は、一時的に磁気テープに記録され、あとで、「相関局」と呼ぶ処理センタで再生されて、焦点を結びます。普通の望遠鏡では、焦点は望遠鏡の中にあり、そこに検出器を置いて観測を行ないますが、VLBIの場合は、焦点は相関器という処理装置の中にできます。現在宇宙研で運用している、「はるか」衛星は、この技術を利用して地上のアンテナ群と協力して、口径約3万キロメートルの地球より大きな巨大な望遠鏡を実現しています。

このVLBIの観測の場合、各アンテナでの磁気テープへの記録速度が相関器に送ることのできるデータ量を決めます。このデータ量が多ければ多いほど、ほとんどの天体に対する観測の感度が大きくなります。感度を上げるためには、磁気記録の速度を上げることが必要ですが、最新の技術でも1~2ギガビット毎秒(Gbps, 10億ビット毎秒)がせいぜいです。そこで、ほかのデータ伝送の手段として、光ファイバ公衆ネットワーク回線によるデータ伝送に目をつけました。現在の実験で使用している回線では、最大2.5Gbpsですが、この分野の技術進歩はすさまじく、1本で10Gbps以上、ファイバを束ねればさらに伝送速度を上げられ、その分観測の感度があがります。

また、従来オフライン処理で磁気テープが到着してから開始していた処理がリアルタイムで行なうことができるようになり、データの品質確認やフィードバックがその場でできるようになるという利点もあります。がそれに「はるか」の場合は、衛星と地上のデータ伝送速度、および、地上での磁気記録の速度の双方がボト

ルネックとなります。

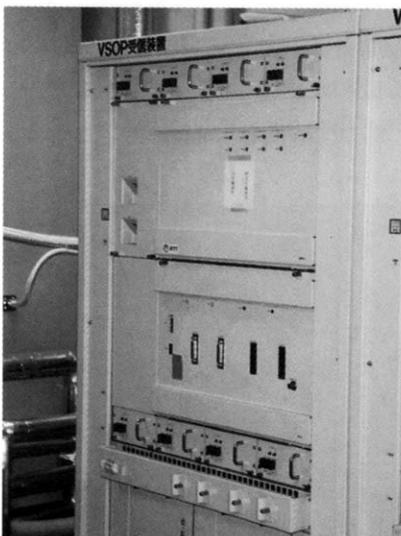
この光結合型VLBI観測を実現するために、国立天文台・通信総合研究所・NTTと技術開発の共同研究を行って来ました。宇宙研のグループは、将来の衛星への応用も視野に入れ、「はるか」のデータの光結合型VLBIによる実時間処理の研究を行なっています。この共同研究では、宇宙研白田宇宙空間観測所64mアンテナ、「はるか」のデータ受信用10mアンテナ、通信総合研究所鹿島の34mアンテナ、そして国立天文台三鷹相関局をNTTのATM（非同期転送モード）回線で結合して実験を行っています。

1つの大きな課題は、高速かつ1マイクロ秒以下の時刻精度の必要なVLBI観測データをどのようにして、ネットワーク伝送プロトコルに合わせて伝送するかです。その方式を確立したことにより通信総合研究所、白田64mのアンテナ等を利用して地上のアンテナのみの光結合型VLBIの観測が、256メガビット毎秒(Mbps: 100万ビット毎秒)のデータ伝送速度では成功し、現在さまざまな観測を実行中です。また、地上VLBIでは、さらに光ファイバの帯域を目いっぱい使用して感度を飛躍的に向上させる方向で研究開発をしています。

「はるか」を含めたスペースVLBI実験の場合、地上光結合型VLBIで発生した問題のほかに、リアルタイム処理のために、衛星の周波数制御誤差や、位置推定誤差を、追跡データを利用して反映することができないという問題があります。そのために相関器で上記の誤差をどのように吸収するかを検討しています。その問題点の解決の目処も立ち、現在最終的な実験の準備を行なっています。

左の写真は、この実験のために開発され国立天文台の相関器に設置されたネットワークに流されたVLBIデータを、通常のVLBIで使用している形式に変換する受信装置です。この実験によって、複数の望遠鏡を光ファイバ回線を使って結合することが可能となりました。今後、国際回線の整備が進むことにより、現在磁気テープレベルで行なわれているVLBI観測が光回線に置き換わり、さらなる高感度観測を行なうようになるでしょう。さらに、将来、衛星同士での干渉計の計画では、光伝送による衛星間通信で干渉計観測のデータの伝送のための基礎技術の1つとなるでしょう。

(むらた・やすひろ)



ネットワーク回線のバケットからVLBIデータに変換する受信装置

新世紀の初日の出

安部正真

世紀をまたぐ出張は、12月に入ってから決まったので、航空券の手配にてこずったが、何とか12月29日出国、1月4日帰国、のスケジュールを組むことができた。行き先はハワイのすばる観測所。目的はMUSES-Cミッションの探査候補天体の観測。

MUSES-CとはM-Vロケットの5号機で2002年末に打上げ予定の小惑星探査計画だ。M-V4号機の打上げ失敗の影響で、5号機の打上げが遅れ、探査対象が変更になったために急遽この小惑星に対する観測が必要になったのである。幸いすばる観測所と観測装置グループの協力が得られ、年末年始の数日間のどこかで、観測をさせてもらえることになったのだ。

前日の28日まで観測の準備や他の仕事に追われ、あわただしい出発となったが、年末の出国ラッシュに巻き込まれずに成田から無事出国。同日の昼過ぎにはすばる観測所のあるハワイ島に到着した。

すばる観測所の望遠鏡は直径が8.3mの、1枚鏡では世界最大の鏡をもつ望遠鏡で、高度4,200mのマウナケア山頂にある。マウナケア山頂は地球上でもっとも天体観測に適している場所の一つで、大小あわせて13個の望遠鏡が建設されている。ただし、4,000mを超える高度での観測は高山病の危険との背中合わせである。空気が薄いために血液中の酸素が少なくなり、頭がぼーっとしてくる。階段を上がったりするだけで息苦しくなる。10人に1人くらいは、山頂での作業に支障がでて、作業できずに下山を余儀なくされる場合もあるとのことだ。

山麓の2,800m地点にはハレポhakという観測者用の宿泊施設がある。観測者はそこで寝泊まりし、夕方に車で山頂まで上がる。ハレポhakから山頂までは車で30分ほどだが、途中未舗装道路などもあり、4WDの車でないと上がれない。道の周りはこれといった植物もなく火山岩で覆われた山肌がむき出しになっている。ハンドルをあやまると崖から車ごと転落してしまうので、低速運転が必要である。

我々の観測は夜の2時すぎごろから始まる。初日は到着したばかりで、いきなり山頂にあがっては身体に良くないため、夜の12時ごろまでハレポhakで身体をならしてから山頂に向かった。山頂付近ではすでに観測が始まっているため、車のライトは消し、ハザード

ランプのみで進む。山頂のドームに到着したときには目も暗闇に慣れていて、山頂から見上げる空には、今までに見たこともないような数の星があった。これだけの星があると普段見慣れている星座がすぐにはわからなくなってしまう。天の川もはっきりとその形を見ることができる。

観測は到着初日と翌日の晩に行われ、当初の目的のデータが取れたため、31日と1日の晩は山頂には上がらず、山麓の宿泊所で過ごすことになった。山麓にあるパソコンを用いて何人かとメールでやり取りをした。日本とハワイの時差は19時間ある。ハワイはまだ20世紀なのに、日本ではすでに21世紀を迎えていて、世紀をまたいでのメールとなった。

山麓での世紀越えの瞬間はいたって静かなものであった。ほとんどの宿泊者は観測のために夜は山頂に上がっているため、我々のように夜中に宿泊所に残っている人はわずかだ。さらに、たいていの海外の人は昨年がニューミレニアムの始まりだと認識らしく、特に騒いでいる人はいなかった。

翌朝の初日の出は、宿泊所の敷地からは見えないので、5分ほど歩いて見晴らしの良いところまで行き、30分ほど前からその瞬間を待った。東側の地平線近くから星が消えていき、空が赤みを増し、その後次第に白くなっていく。麓のヒロという街の上に留まっている雲が、ゆっくりと動きはじめる。日の出の瞬間について文学的な描写はうまくできないが、一瞬緑色の光を感じた後、次第にその顔を覗かせた。山麓の空気が澄んでいて雲の上にいるせいか、新世紀最初に見た太陽は、これまでに見たどの初日の出よりも明るかった。

(あべ・まさなお)



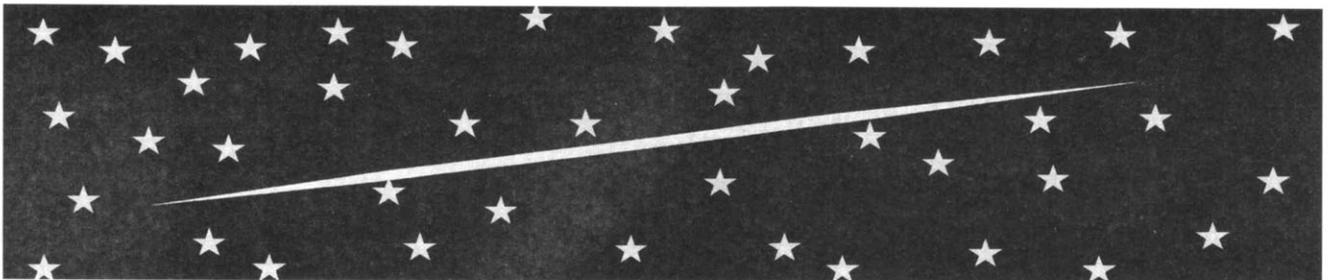


ひとすじの涙

稲谷芳文

流れ星は星の涙です。惑星探査における大気への突入について書きます。金星や火星をはじめ太陽系の多くの惑星やその衛星には大気がありますから、その表面や大気中に観測器を降ろす場合は大気の層を突き抜けて表面に到達します。だいたいの場合はその惑星に外から着いたときに落とすので突っ込むときの大気との相対速度はその惑星の脱出速度と同じくらいです。金星の場合で毎秒約10km、火星で5km、木星だと50km以上にもなります。地球外からのサンプルリターンも同じです。この速度のせいで、大気から受ける力や熱が大きくなって、惑星突入とか地球大気再突入とか大げさな言葉で呼ぶことになります。ただしよく考えると大気のない惑星や月で同じ事をやるとするところの減速はロケットでやるしかありません。大気のお陰でタダで軌道速度をゼロにできる訳で、毎秒何キロとか10キロまで加速するロケットの代わりに「ヨロイ」と「落下傘」をつけたカプセルを作ればよいので、惑星探査をしたい理学の人は、打上げの時にロケットに感謝するのと同じくらい、この大気と空力屋に感謝しなければなりません。頼まれればどこでも突っ込みます。

ですが加熱はMUSES-Cのさらに一桁以上でその大部分が輻射による加熱です。この辺りの予測は結構ややこしくて、分子の解離や電離や化学的、熱力学的非平衡過程やらを考えないとなかなか正確な事は言えません。ヨロイの材料は炭素繊維やガラス繊維を樹脂で固めたもので、表面で2000度とか3000度、樹脂の熱分解や高温表面からの放熱やら、酸化や昇華で材料そのものが持ち去る熱やらを総動員して内部への熱の進入を防ぎます。この辺の高温での物性や反応のメカニズムはモデル化も難しく、材料によっても相手の大気の成分によっても異なりますから、ミッションごとに勉強が必要です。システム全体としては、小さいカプセルにいろんな機能を詰め込むため、熱屋、構造屋、材料屋、電気屋、火工品屋、PIその他リソースの取り合いです。もちろん軽い方がよいのでぎりぎりの設計をしますが、ロケットの地上燃焼試験で内部の耐熱性を調べるのと違って、本物のカプセルを実際の環境で試験できないので、どれくらいのマージンがあるのかなかなか分かりません。80年代の設計のガリレオに比べ解析技術はずいぶん進歩しましたが、細かい現象まで勘定する道具ができることと、ほんとにアテにして



このヨロイはヒートシールドと言って、大気を構成する気体がこの速度でカプセルにぶつかって発生する力や熱から中身を守ります。力の方は突っ込む角度にもよりますが何十Gとか百G。加熱は表面を流れるガスの速度の勾配に比例するので流れの相似を考えると大きいモノの方が楽です。宇宙研の惑星探査の様に小さなカプセルでは結構厳しくて、例えばMUSES-Cカプセルの地球突入では平米あたり1kWのストーブ1万5000台分と言った加熱率になります。まあたいそう熱いと思ってください。この他に空気の場合では、10km/sを越えるとカプセルでせき止められて電離するほどの高温になって光り出すので、この輻射の加熱を考える事が必要になります。こちらは光る部分の広がりにも比例しますから小さいカプセルの方が楽です。例えば木星に突入したガリレオカプセルでは、相手は水素

いいかはまあ別の話で、実際に飛ばした経験が少ないことが設計を保守的にします。設計の最初の段階で重量は割り当てられてしまいますから、リスクと背中合わせでだんだん苦しくなりますが、どこでも突っ込むと言った手前ががんばってしまいます。

さてMUSES-C帰還。地球を離れて行きも帰りもうまくいって、最後の最後にカプセルの出番です。無事に下まで降りてきたら、パラシュートにぶら下がっているのはもちろん小惑星のサンプルで、けなげに働いたヒートシールドは熱いので捨てられます(せっかく守ってあげたのに)。カプセルの地球大気突入の時、先ほどの輻射も含めて昼間でもかなりの明るさで流れ星のように地上で見えるはずですが。これはカプセル屋の涙です。もちろん涙は一筋で途中で二筋になったりしたら失敗です。(いなたに・よしふみ)



最近の生物学の世界を垣間見て

西田 篤弘

昨年1月から学術振興会に職場を移して以来、宇宙科学の外にある広い世界に触れる機会が多くなった。各種の委員会や審査会に立会ってさまざまな研究の話を聞き、これまで縁のなかった分野について耳学問をさせてもらっている。

昨年までは機関誌「学術月報」に先端的な研究の現場を紹介する記事を執筆することが役員の仕事の一部であったために、生物学・分子生物学の研究者にインタビューすることもできた。たいへん多くの生物学者の中から、実験室の中だけで行う研究ではなく、動物や植物の不思議な振る舞いの背後にある分子生物学を対象としておられるお二人を選んで、生物界のマクロの世界とミクロの世界のつながりについて研究の現場を垣間見させていただいた。

お一人は北海道大学でサケの回遊を研究しておられる浦野明央教授である。よく知られているように石狩川など北海道の川で生まれたサケは川をくだってオホーツク海に入り、ベーリング海とアラスカ湾で成長して2年ないし7年後に母川に戻ってくる。この回遊行動を支配するのはサケのDNAに内蔵されているプログラムである。生物時計が刻む時間と視覚・臭覚などによって得られる情報とに基づいてこのプログラムが順次発現され、サケに航路を教えたり体の機能を新しい環境に適應するように変化させたりする。プログラムに従ってサケの体内で制御信号を運ぶのは化学分子（神経ホルモン）である。遺伝子の発現と神経ホルモンによる制御の両方を視野に入れて回遊運動のメカニズムを総合的に理解しようというのが浦野先生の目論みである。

もう一人は山村庄亮教授で、定年後も慶応義塾大学で動く植物の研究を続けておられる。植物の運動は三つに分類されるが、その一つはオジギソウなどの就眠運動である。これは運動細胞とよばれる細胞が化学物質の作用によって水とカリウムイオンを取り込んだり失ったりすることによって膨張・収縮し、葉を開閉するためにおきるのであるが、この化学物質（覚醒物質

と就眠物質）のバランスを決める酵素の活性を制御しているのは生物時計である。山村先生の目標はこの酵素を精製して構造を決め、タンパクから遺伝子に翻訳することで生物時計の謎に迫ることである。就眠運動による気孔の開閉は植物にとって死活の問題である水の膨圧の調節に関わっている。山村先生は就眠機構を遺伝子組替えによって導入して砂漠に強い植物を作ることを見ておられる。

どちらの場合も遺伝子の発現と化学物質の作用とが一体となっていることに強い印象を受けた。遺伝子の設計図によって生体内に化学物質が生成されるのであるが、その役割は体内のハードウェアを作ったり働かせたりするという事に止まらない。化学物質はさらに別の遺伝子を発現させてまた別の設計図を開いて行くという働きも持っている。物理学は法則が統べる世界であるのに対して生物学は情報の世界であるというスローガン聞いたことがあるが、それはあまりに単純化した割り切り方であろう。生物界は情報伝達の担い手によってさらに新たな情報が掘り出され、ソフトウェアとハードウェアの連鎖が幾重にも続く世界であって、われわれの人体を含めてこの複雑なシステムが安定に存在し得るということに驚かざるを得ない。これは自己組織化の威力を示すものであり、いわゆる複雑系という形で安定な系が実現されていると考えるべきなのだろうか。

しかし物理屋としてはいつかは第1原理による説明ができるのではないかという疑問も残る。約100年前、放射能が発見されてから量子力学が樹立されるまでの間は物理の世界も混沌たる状態だったろう。プランクが量子仮説を思いついたのはやけくそ(an act of despair)だったという。21世紀の生物学がどのように展開してゆくものか、大いに興味をそそられる。

(宇宙科学研究所名誉教授・日本学術振興会監事にしだ・あつひろ)

ISASニュース

No.239 2001.2

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>)。