

2008/04/09

09:40 UT

09:48 UT

09:58 UT

10:02 UT

太陽観測衛星「ひので」が撮像したコロナ質量放出

宇宙科学最前線

「すざく」が追う謎の「暗黒加速器」の正体

馬場 彩

高エネルギー天文学研究系
日本学術振興会 特別研究員

謎めいた宇宙の基本構成要素・宇宙線

宇宙空間には、「宇宙線」と呼ばれる超高エネルギーに加速された荷電粒子が飛び交っています。その最高エネルギーは、たった1粒の陽子や電子で 10^{20} 電子ボルト、1カロリー程度にもなります。こんな粒子がぶつかってきたら大変そうですね。ただし、こんなにエネルギーの高い宇宙線はさすがにまれで、ほとんどの宇宙線のエネルギーは 10^9 電子ボルト程度です。また、指先ほどの面積に毎秒1個通過するくらい、宇宙にはたくさんの宇宙線が存在します。

このように宇宙線は、最も激しい宇宙の基本構成要素の一つなのです。それにもかかわらず、

1912年にHessが宇宙線を発見して以来100年近くたった現在でも、宇宙線がどんな天体で加速されているのかという基本的問題は謎のままになっています。その大きな原因の一つが、宇宙に普遍的に存在する星間磁場です。荷電粒子は星間磁場中で、磁場のまわりをぐるぐる回るジャイロ運動をします。磁場は普通とても小さいため、宇宙線のジャイロ運動の半径は非常に大きいのですが、太陽系外の天体までの距離は何光年から何千光年もあるため、地球に到達するころにはどこから来たのか分からなくなってしまっているのです。

一方、宇宙線粒子が光子を発すれば、もちろん光は直進するので、我々は加速源を「見る」ことができます。加速された電子は磁場中

図1 「すざく」で暗黒加速器であることが判明した HESS J1745-303。カラーは「すざく」の画像で、等高線は HESS の画像。TeV ガンマ線放射をしている天体は、X 線ではまったく光っていない。



でジャイロ運動をする際、シンクロトロンX線と呼ばれる光を放射します。また、電子が宇宙背景放射の光子と相互作用したり、陽子が分子雲などにぶつかったりして、X線の10億倍、可視光の1兆倍もエネルギーの高いTeVガンマ線 (TeV: テラ電子ボルト、テラは 10^{12}) も放射します。これらの光を探すことで、我々は宇宙線の起源を探ることができます。1995年、日本のX線天文衛星「あすか」は、西暦1006年に爆発したSN1006と呼ばれる超新星残骸 (星の死に際の大爆発の名残) の衝撃波からシンクロトロンX線を発見し、宇宙線電子成分の加速現場であることを突き止めています。しかし、現在までに見つかった宇宙線加速天体の数は、宇宙線すべてを説明するにはとても少なく、さらなる探査が必要です。

謎の天体「暗黒加速器」

そうした中、2005年、非常に不思議な天体が発見されました。ドイツを中心としたTeVガンマ線望遠鏡のHESSチーム (もちろん宇宙線

の発見者Hessにあやかった名前です) が我々の天の川銀河の探査を行い、多くの新天体を発見したのです。これらの天体は銀河面に沿って存在し、多くの天体は広がっています。このことから、新天体は我々の銀河内の天体であることは明かです。また、非常に高エネルギーの光が放射されているので、この新天体が宇宙線加速器であることは間違いありません。しかし奇妙なことに、今までによく観測されてきたはずの可視光や電波、赤外線、X線などでは、対応天体が見つからないのです。正体の分からない謎の加速器ということで、「暗黒加速器 (dark particle accelerator)」などというSFまがいの名前まで付けられ、騒然となりました。100年待ち望んでいた宇宙線加速源かもしれない、という興奮ももちろんありますが、何よりも「21世紀になっても人類の知らない天体が宇宙にはたくさん存在する」のは、何ともわくわくしてしまうことではないですか！

では、「暗黒加速器」の正体はいったい何なのでしょう。さまざまな研究者が、さまざまな説を唱えています。大昔に爆発した超新星の残骸、パルサー星雲、ガンマ線バースト残骸、銀河面に衝突する分子雲、果てはダークマター対消滅現場……。言いたい放題です。理論研究者もまた、新しい天体の発見が楽しくて、わくわくしているのでしょう。

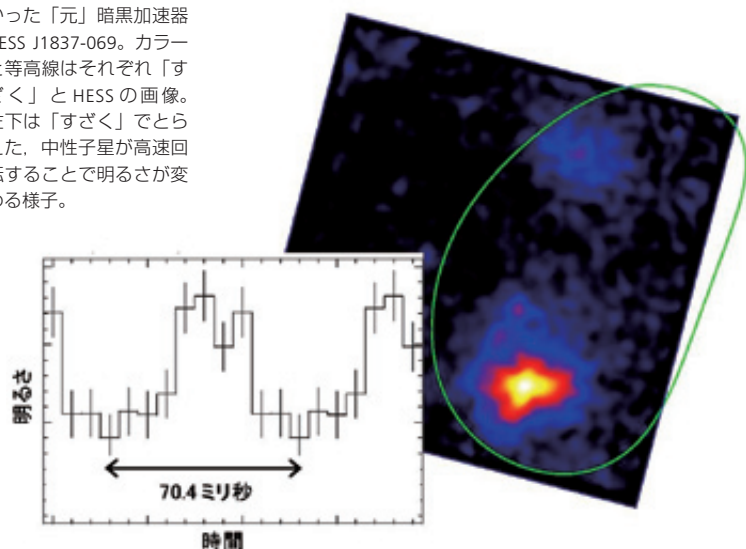
「すざく」で正体を探れ！

「暗黒加速器」の正体を想像ではなく科学的に見極めるには、ほかのさまざまな波長で暗黒加速器周辺を詳しく観測し、対応天体を発見することが最も重要です。先ほど「対応天体がない」と書きましたが、本当に「暗くて」見つからないのか、単に「観測していない」から見つからないだけなのかも、分かっていないのです。

くしくも暗黒加速器が発見された2005年は、日本のX線天文衛星「すざく」が打ち上げられた年です。そして、「すざく」は、現在欧米の運用するX線天文衛星に比べて低ノイズ観測ができるため、X線では暗いと予測される暗黒加速器からの微弱なX線をとらえるのが得意です。また、もし暗黒加速器がかに星雲のような、星が爆発して死んだ後に残るとても密度の高い星 (中性子星) やそのまわりの星雲だった場合、「すざく」に搭載されている硬X線検出器は時間分解能が良いため、中性子星の自転運動を発見できるかもしれません。

そこで我々は、打上げからわずか2ヶ月後に、

図2 中性子星とそのまわりの星雲が正体だと分かった「元」暗黒加速器 HESS J1837-069。カラーと等高線はそれぞれ「すざく」とHESSの画像。左下は「すざく」でとらえた、中性子星が高速回転することで明るさが変わる様子。



暗黒加速器候補の一つHESS J1616-508を「すざく」で観測しました。衛星から下りてきたデータをわくわくしながら開けると、そこには明るい天体は何も写っていません。この暗黒加速器は、X線では「本当に」暗いということを発見した瞬間でした。より詳細なデータ解析から、X線での放射エネルギーはTeVガンマ線の2%しかないことが分かりました。実はこれは、3年前から現在まで、いまだに破られていない「暗黒加速器記録」です。「すざく」はX線で「見えない」ことを利用して、暗黒加速器が本当に新しい種族の天体であることを示したのです。

しかし、さすが21世紀の大発見「暗黒加速器」、これだけでは終わりませんでした。次に「すざく」で観測した暗黒加速器候補HESS J1804-216の中心からは、暗いながらもX線天体が見つかったのです。何か手掛かりをつかんでうれしような、ちょっとがっかりしたような……。複雑な気持ちで観測した3番目の暗黒加速器候補HESS J1614-518の「すざく」画像には、TeVガンマ線での放射と同じくらいに広がったX線放射が写っていました。三者三様、見事にばらばらです。「すざく」はこの後も次々と暗黒加速器候補を観測しています。すると、ガンマ線では同じように見えていた暗黒加速器候補が、X線ではさまざまな顔を持つことが分かってきました。TeVガンマ線と同じような形状をしたもの、それよりコンパクトなもの、明るい位置がずれているもの……。分類してみると、いくつかのパターンに分かれてきます。

SN1006のような超新星残骸というのが一番あり得るとされてきましたが、超新星残骸だとはっきり確定したのは、1天体しかありませんでした。X線では本当に暗かったのが数天体。これらは、宇宙線が分子雲にぶつかってTeVガンマ線だけで光っているのではないかと考えられています。いまだに直接的証拠はつかめていません。そして半分近くを占める10数天体からは、「すざく」の低ノイズ観測のおかげで、TeVガンマ線放射に近い形の、ぼんやり広がった放射が見つかってきたのです。我々は、これらの広がった天体の多くは、中性子星やそのまわりの星雲ではないかと考え、調査を続けています。実際、HESS J1837-069という暗黒加速器候補の位置にあるX線天体から、「すざく」は時間分解能の良さを活かして、かに星雲のような70ミリ秒程度の周期変動を発見しました。これは、暗黒加速器の中に隠れていた中性子星がものすごい速さで自転している様子が見えてきたものだ、我々は考えています。

「すざく」とHESSの強力タッグ

「すざく」は、一部の暗黒加速器の正体が、星が死んだ後に残る中性子星とそのまわりの星雲である可能性を示しつつあります。しかし、本当に「多くの暗黒加速器の正体は、中性子星に起源を持つ」と言ってしまうてよいのでしょうか？

そうこうしている間に、TeVガンマ線での銀河面探索もさらに進み、現在では暗黒加速器候補の数は50個程度にまで増えています。結論をはっきりと出すためには、「すざく」とHESSチームが手を組み、いち早く情報を交換しながら暗黒加速器を観測することが必須です。また、個々の天体の観測結果に一喜一憂することなく、系統的な研究をすることが、暗黒加速器全体の理解につながります。我々はすでにドイツ・ハイデルベルグに本拠地を置くHESSチームを何度も訪ね、意見交換を重ねてきました。HESSチームと共同で論文にした暗黒加速器(HESS J1745-303)もあります。「すざく」・HESSチーム共同で、「すざく」によって現在までにほとんどの暗黒加速器候補を観測し、残りも観測予定です。

暗黒加速器の正体は何なのか、解明される日も近いかもしれません。その日には、HESSとともに「すざく」も暗黒加速器正体解明の立役者として名を馳せられたら、と思っています。

(ばんば・あや)

図3 ナミビアに建つHESS望遠鏡と「すざく」衛星のコラボレーションは、100年の謎を解くか!?



IAC 2008 グラスゴー大会が開催される

第59回国際宇宙会議 (International Astronautical Congress : IAC) が、連合王国のスコットランド地方第一の都市、グラスゴーで9月29日から10月3日までの日程で開催された。国際宇宙会議は、国際宇宙連盟 (IAF)、国際宇宙航行アカデミー (IAA)、国際宇宙法学会 (IISL) の3組織が主催して毎年開催される、宇宙関係では世界最大規模の学会である。

大会では各分野のテクニカルセッションが開催され、並行して9つのPlenary Session, 5つのHighlight Lecture, 3つのLate Breaking Newsの特別会合が開催された。ニュース性の高いLate Breaking Newsでは、ヴァージン・ギャラクティック社が目指す民間宇宙旅行、大会期間中に打上げに成功し宇宙遊泳を行った中国の有人宇宙飛行、そして、火星で水の存在の証拠を見つけたフェニックスについての発表があった。

展示会場には大小59のブースが設けられ、JAXAブースでは「H-II Bロケット」、「かぐや」、「きぼう」、GOSAT、



「かぐや」の動画を熱心に見入る来場者

「ひので」、「あかり」の模型展示、そして、グラフィックパネルを使っのGOSAT、「きぼう」、HTV、「かぐや」、「あかり」、「はやぶさ」、「ひので」、MMO、PLANET-C、ASTRO-Gの紹介が行われた。中でも「かぐや」が撮影した月面の精密動画の放映には、今回モニタ装置にHDTV対応の大型液晶画面を用いたこともあり、いつも人だ

かりができていて、見学者からの称賛の声が絶えなかった。

昨年のインド・ハイデラバード大会でJAXAブースが受賞した最優秀デザイン賞は、今回イタリア宇宙機構のブースに与えられ、残念ながら連続受賞とはならなかったものの、出展内容では十分にその存在感が示せたと確信している。次回以降の大会は、2009年は韓国大川市で、2010年はチェコ共和国のプラハで、2011年は南アフリカのケープタウンで開催される予定である。

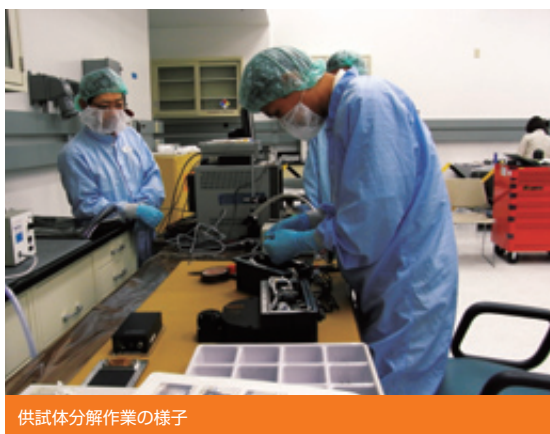
最後に、主な発表などは動画を含めてIAC 2008 グラスゴー大会のホームページに掲載されている。

<http://www.iafastro.org/index.php?id=680> (清水幸夫)

氷結晶成長実験 (Ice Crystal) 射場作業報告

スペースシャトル「エンデバー」で打上げ予定の氷結晶成長実験 (Ice Crystal) の射場作業を、ケネディ宇宙センター (米国フロリダ州) で実施中です。打上げは11月14日に設定されており、その7日前までに供試体をNASAに引き渡すことになっています。現在までに、実験室設営、実験供試体/地上支援装置の輸送後チェック、供試体分解と試料

注液を実施しており、あと1週間で供試体再組立て、内部ガスバージ、結晶成長確認などを行い、NASAによる最終チェックを受けてから引き渡す予定です。これまでのところ、グループメンバーの一人のスーツケースが空港で紛失し3日後に見えられたり、レンタカーがガス欠で止まってし



供試体分解作業の様子

まったりと、小さなトラブルはありましたが、作業自体は順調です。作業内容は事前にJAXA、NASAによる安全審査を受けており、関係者によりサインアップされた手順書に基づいて、ミスがないように進めます。宇宙センターの中では、通称「ホワイトバッジ」を取得していない人は単独行動ができないため、食事や休憩なども時間を決めて全

員で取り、規律正しい生活を送っています。

10月23日には、エンデバー号の射点間の移動が行われました。移動中のシャトルを見るチャンスはまれなので、作業の合間に見学に行きましたが、間近で見るシャトルの大きいこと。この機体に乗って私たちの実験供試体が国際宇宙

ステーションに届けられると思うと、感慨もひとしおでした。

最後まで気を引き締めて打上げ前作業を実施し、11月末からの国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」での実験に取り組みたいと考えています。実験と供試体の詳細は、次号の「きぼうの科学」にてご紹介したいと思います。

(吉崎 泉)



移動中のエンデバー号の前で記念写真

秋葉鐔二郎先生が「フォン・カルマン賞」を受賞

元 宇宙科学研究所所長の秋葉鐔二郎先生が、このたび国際宇宙航行アカデミー (International Academy of Astronautics: IAA) の「フォン・カルマン賞」を受賞されました。IAAは1960年に創設され、現在、選挙による68ヶ国、約1200名の会員を擁しています。会員による多数の研究グループを組織してその成果を発信し、各レベルでの意思決定に資するほか、宇宙分野での最大の研究集会である国際宇宙会議 (IAC) を年に1度、国際宇宙連盟 (IAF)、国際宇宙法学会 (IISL) と共催しています。

フォン・カルマン賞は、IAA初代会長の名を冠した、アカデミーにおける最も名誉ある賞で、生涯を通じた宇宙分野における卓越した業績に与えられるものです。日本からは1987年に小田稔先生が受賞されています。

秋葉先生は1954年に東京大学工学部応用物理学科をご卒業後、1960年に助手として同大学生産技術研究所に奉職されて以来、1996年に文部省宇宙科学研究所を所長として退任されるまで、まさに当初から、我が国の宇宙開発において指導的な役割を果たしてこられました。先生の研究業績は、固体ロケットの燃焼、ロケットの飛翔性能の最適化、ロケットシステムの設計をはじめ宇宙工学全般に及んでおり、特に燃焼に関する成果「Low Frequency Instability in Solid Propellant Rocket Motors」によって工学博士の学位を取得されています。また、宇宙開発の草創期よりこれに加わり、K-9Mに代表される観測ロケットの開発、我が国初の人工衛星「おおすみ」を生んだL-4S計画において中核的役割を果たされました。続くMロケットを計画主任として成功に導き、同ロケットを用いた科学衛星の成果と相まって、宇宙科学研究所存立の基盤を確固たるものにされました。特にハレー彗星探査の可能性に着目してその探査計画を提唱、我が国初の惑星間飛行を実施して、月・惑星探査の端緒を

開かれました。

また所長在任中には、GEOTAIL、「あすか」、SFUなどの重要な計画を成功裏に指導遂行し、所の運営、共同利用、国際協力の推進に尽力されまし

た。これらの研究活動と並行して、東京大学大学院生の教育指導に従事し、現在第一線で活躍する多くの人材を育成されました。お就きになった役職につきましては、たいがいのことはご経験になったとだけ申し上げて失礼致しますが、所長退任の後は宇宙開発委員をお務めになり、その後は北海道に研究の場を移されて、元気に活躍です。

授賞式はグラスゴーでのアカデミーの晩餐会の最後を飾って行われました。私が秋葉先生を紹介したスピーチの最後の部分を載せておきます。

……We, Prof. Akiba and I, studied under the same teacher, Prof. Itokawa. In that sense he is like my very elder brother, although I don't know how he is feeling about this. I remember the conversation we had when we met for the first time. He said "In this field we are all amateurs. You can say anything." The real problem was that once I said something I must do that. Almost 45 years have passed since then, and it is my honor to introduce Prof. Akiba here, and I would like to say that I was quite fair in making this recommendation to the Board as the chairman of the Award and Membership Committee.

(松尾弘毅)



右から、フォン・カルマン賞を手を持つ秋葉先生、エド・ストーンIAA会長、筆者。(写真提供：伊地智 幸一氏)

M-V ロケット実機模型展示完成披露式典と記念講演会

惜しまれつつ引退したM-Vロケットは、その部品が各地に分散して保管されていました。これらを廃棄せず一体のものとして展示しようということになり、9月下旬に完成しました。1段目のノズルと耐候性に劣るノーズフェアリング以外は実物で構成されている貴重な実機模型展示です。



完成披露式典、除幕後のひとこま

これを大勢の方にご覧いた

だくために、完成披露式典と記念講演会を10月11日に行いました。当日は朝から、あいにくの雨模様。一般参列者を迎えて行われた午前中の式典では、ぬれた幕が機体にべったりと張り付いて、除幕前から機体番号が透けて見えていましたが、黒子役の関係者の補佐もあり、相模原市の山口和夫副市長や井上一本部長らによる除幕を何とか執り行うことができました。

太さ2.5m、全長30mを超えるM-Vロケット2号機の機体は、相模原キャンパス内に、M-3S IIロケット実物大模型と並んで横置きに設置されています。見学コースに新たな名所が加わりました。M-Vロケットの2段目を構成するM-24-2モータは、今年3月に能代多目的実験場で地上燃焼試験を終えたばかりで、まだ燃え残りのにおいがします。世界広しといえども、おそらくここだけにしかない、「におうロケット」という迫力ある展示を演出しています。これをより多くの方々にお楽しみいただけるように、屋外の展示部分だけでも常時公開できるよう調整を行っています。

午後には相模原市立博物館で記念講演会が行われ、元M-Vプロジェクトマネージャーであり次期固体ロケット開発の指揮を執る森田泰弘教授による「M-Vが残したもの、そしてこれから」と題した講演と、3月の能代

での地上燃焼試験の実験主任を務めた羽生宏人助教による蔵出し映像を交えた講演、そしてビデオ『M-V宇宙へ』の上映が行われました。200人収容できる博物館の大会議室は一般の方々ではほぼ満席となり、次期固体ロケットの構想に耳を傾け、この日のために編集したという地上燃焼試験のド迫力映像に見入っていました。

この一連の行事に合わせて、携帯電話向けの着信音も準備し、講演会の最後にお披露目しました。今のところはM-24-2モータ地上燃焼試験とM-Vロケット5号機打上げの2種類で、着信すると「10, 9, 8, 7……」とカウントダウンが始まり、10秒以内に出ないと「ゴ——」と鳴ります。携帯電話のスピーカーでは肝心の重低音を再現できないのが残念なところで、目覚ましにも利用できますが、寝過ぎすリスクが高そうです。あくまでもシャレとお考えいただき、念のため本命の目覚ましもバックアップでご用意ください。

地元の相模原市とは今後さらに連携を強める予定で、キャンパスに隣接する東京国立近代美術館フィルムセンターを運営する東京国立近代美術館とJAXA、そして相模原市の3者の間で、「文化等協力協定」を締結すべく準備を進めています。これが締結されれば、年間入場者数が10万人を下らないという市立博物館とのよりいっそう深い連携をはじめ、政令指定都市を目指す相模原市における学校教育支援や、市の施設を活用した生涯教育支援、フィルムセンターの上映施設を使った映画会などを通じて、JAXAの活動をより広くご紹介できるものと考えています。今後とも私たちの取り組みにご期待ください。

(阪本成一)

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	PLANET-C 第1次啗合せ試験	
	S-310-39号機 啗合せ試験	
能代	再使用ロケット実験機 ターボポンプ式エンジン第3次地上燃焼試験 (RVT-13)	
	KM-V1-4大気燃料試験	
ブラジル	日本ブラジル共同気球実験	

第4回

きぼうの科学

「きぼう」での ライフサイエンス宇宙実験が スタートする

宇宙環境利用科学研究系 教授

石岡憲昭

ライフサイエンス研究は、(1) 人類の活動領域の拡大に向けた健康、安全、環境、生活向上の課題探求と、(2) 地球表面の環境条件に限定されない普遍的な生命の法則探求、を目標としています。国際宇宙ステーション (ISS) の「きぼう」を利用して、これらの目標を達成し科学成果を創出するために、時系列的に「宇宙ゲノム科学」「宇宙行動科学」「宇宙環境科学」を縦軸に、一方、宇宙環境の特質である「微小重力環境」「放射線環境」「宇宙空間と閉鎖環境」を横軸として、「重力感受に関する生命現象の解析」「宇宙放射線の生物影響の解析」「宇宙環境への適応と利用」の3つの研究領域を設定しています。

「きぼう」の初期利用ではまず、生命の最小単位での知見を獲得することを目指しています。遺伝子やタンパク質の発現を中心とした細胞・分子レベルの視点から宇宙環境（特に微小重力と放射線）における生物影響を解明するために、「神経生理」「細胞生物・動物」「植物生理」「放射線生物」という4つの宇宙実験プロジェクトを現在、推進しています。

「神経生理プロジェクト」は、宇宙環境が中枢神経系や神経系情報伝達過程を経て筋骨格系に及ぼす影響の生理的メカニズムの解明と、宇宙酔い、筋萎縮、骨量減少など、宇宙環境に特有の症状を克

服する手段の開発を目指します。「細胞生物・動物プロジェクト」は、宇宙環境の生物影響として生命の最小単位である「細胞」の内部で起こるさまざまな現象を分子レベル（遺伝子やタンパク質）で解析し、宇宙環境への生物の適応、多様性についての基礎生物学的知見の獲得を目指します。特に、筋構成および筋分解に関連する遺伝子やタンパク質を解析して、微小重力による筋萎縮の分子機構に関する知見を得ます。「植物生理プロジェクト」は、重力に抗して植物体を支える支持組織の構築や抵抗性、水分屈性や重力屈性などのメカニズムの解明を目指します。「放射線生物プロジェクト」は、宇宙放射線の低線量長期被曝における生物影響を細胞レベルから個体レベルまで解析して、宇宙放射線の生物リスクの正しい評価と対策および今後の基盤的有人技術開発への貢献や新しい科学的知見の獲得を目指します。さらに宇宙放射線に应答する遺伝子を特定し、微小重力と宇宙放射線の相互作用に関する知見を得ます。各プロジェクトには複数の研究テーマがあり、毎年実施する予定です。

本年（2008年）は、11月14日に打上げ予定のスペースシャトルで実験用凍結細胞を宇宙用冷凍庫に収納して「きぼう」に届け、放射線生物プロジェクトの実験を2つ実施します（図）。宇宙ステーションでは、低線量・低線量率の宇宙放射線に長期間さらされます。宇宙放射線の直接的・間接的な被曝影響によって、どのような遺伝的影響が生じるのでしょうか。さらに微小重力による影響はどうでしょうか。「哺乳動物培養細胞における宇宙環境曝露後のp53調節遺伝子群の遺伝子発現（略称：RadGene）」は、細胞の遺伝的安定性をつかさどるがん抑制遺伝子の一つp53が調節している遺伝子群の発現を解析することを目的にしています。宇宙環境でp53が正常に働くことができるか否かを明らかにして、宇宙にヒトが長期間滞在した場合のp53を中心とした遺伝子群の情報伝達系の解明に役立てるものです。「ヒト培養細胞におけるTK変異体のLOHパターン変化の検出（略称：LOH）」は、宇宙放射線による遺伝的影響を高感度に検出する実験です。この遺伝的影響を高感度に検出するのに、ヒト培養細胞で遺伝解析のできるLOH変異解析システム（Loss of Heterozygosity：ヘテロ接合性の喪失）を利用します。「ヘテロ」とは「異なる」という意味のギリシャ語で、「ホモ（同じ）」の反意語です。LOHとは対立遺伝子の一方が消失する現象で、染色体を変異させたヘテロの遺伝子の安定性を指標にした解析方法です。

これらの放射線影響に関する「きぼう」での実験は、長期間の宇宙滞在による宇宙飛行士などへの健康影響を推測する上で有用であり、今後も人類が宇宙環境を積極的にしかも安全に利用していく上で非常に重要です。（いしおか・のりあき）

凍結細胞試料の宇宙用冷凍庫 (Glacier) 収納作業。ケネディ宇宙センターにて。



第2回ひので国際会議 ボルダーにて

9月29日から10月3日にかけて、米国コロラド州ボルダーにて第2回ひので国際会議（HINODE-2）が開催された。太陽観測衛星「ひので」に対する注目度は世界的に極めて高く、約200名の参加があり、そのうち約8割が地元の米国および欧州の研究者であった。「ひので」を用いた研究・解析が世界的な規模で進められていることを示している。なお、日本からの参加は、遠方での開催であったため1割強であった。

今回の会議のサブタイトル“Beyond Discovery – Toward Understanding”が示すように、「ひので」や関連する観測による定量的な

解析、また「ひので」観測を理解するための数値シミュレーションなど、「ひので」の観測結果について物理的な理解を深めようとする骨太な研究の発表が多数あり、研究の順調な進展が感じられた会議であった。

私の研究発表は、彩層爆発・プラズマ放出が数日にわたって恒常的に起きた太陽黒点のライトブリッジと呼ばれる領域について可視光磁場望遠鏡（SOT）の観測で磁場ベクトルを精密に決定し、電流ループ（ねじれた磁力線）がプラズマ放出発生の際を握っていることを初めて明確に示したものである。多くの海外研究者が興味を示し、ある午後の1セッションを丸々欠席して、会場外のロビーで何人かの研究者とラップトップ画面上でデータを見ながら、観測結果の解釈について長いバトルを展開した。この機会は、この研究の今後の進展に極めて有意義であった。また、初日の冒頭で「ひので」の状況について世界の研究者に説明する機会を頂き、X帯通信の障害に伴う一連の対応や、その科学観測に及ぼす影響について報告した。限られたテレメータ回線を有効に使う「ひので」で今後このような観測をしたい、といった話が会議中数多く聞かれ、「ひので」観測への期待が依然極めて高いことを知り、運用する側としての責務をあらた

めて感じた。

さて、今回のボルダー訪問は、個人的な思い出をしのぶ旅でもあった。私にとって13年ぶりに訪れた、いろいろな思い出が詰まった懐かしい地なのだ。1995年、学位取得後すぐに約1年間ポスドクとしてボルダーにある米国大気研究センター（NCAR）で研究活動をしたからである。当時NCARの高高度観測所（HAO）が地上天文台で唯一実現に成功していたストークス・ボラリメータと呼ばれる偏光測定装置を用いて、太陽磁場の観測・解析・サイエンスを行った。この装置は、「ひので」に搭載した可視光磁場望遠鏡の重要な焦点面機能としても実現され、今世界一の観測データ・成果を生んでいる。

13年の歳月は、街中の風景を大きく変え、記憶からほとんど思い出せないほどであった。しかし、住んでいたアパートメントがほぼそのまま健在であったのは、うれしかった。このポスドク体験において、今でも強く記憶していることがある。自らの研究の視野の狭さを思い知ったことと、衛星プロジェクトの影響度の大きさについてである。当時、日本では「ようこう」を中心とした太陽コロナやフレアの研究が主流だった。滞在中に参加した米国学会で、大学院生やポスドクのほとんどが、日本では研究者が非常に少ない日震学と呼ばれる分野を研究テーマに据えていて、太陽コロナやフレア研究は少数派であった。これは、ちょうどSOHOという大衛星計画が米国では進行していたからなのだが、太陽という一つの天体を研究するのも多角的な見方があり、研究者の研究テーマも衛星計画の策定いかんで大きく左右されることを知った。

今は「ひので」が席卷し、世界の研究地図を完全に塗り替えている。今回の会議中には、検討を始めた次期衛星計画（SOLAR-C）への期待の声が多数聞かれた。昨年末に理学委員会のもとに国際対応型として設立されたワーキンググループにて急速に検討が進められているが、今検討されている2案をどのように収束させるかで、今後の太陽研究の進む方向が大きく左右される。「ひので」の先に大きな科学的ジャンプが期待できる魅力的な計画を立案することを、慎重かつ大胆に行っていかなければならないと考えている。

（しみず・としふみ）



成影典之JAXAプロジェクト研究員による講演に聞き入る会議の参加者たち

宇宙科学共通基礎研究系准教授

清水敏文



限りなくロボットに近い人間

中谷一郎

宇宙航空研究開発機構 名誉教授

はじめにクイズを一つ。次に示す体の器官・機能のうちで、人工物に置き換え不可能なのはどれでしょう？ 手、足、歯、心臓、骨、関節などは、ご存知の通りです。では、肝臓、腎臓、脾臓、肺、神経、網膜、皮膚、血管、血液、内耳、中耳、眼、触覚、圧覚、声帯、咽頭、骨髄、気管、食道、鼻、尿道、括約筋では？

答え。何と、すべて置き換えることができます！ 人工臓器学会（というものがあるのをご存知ですか？）の会誌を見ると、これらの言葉があふれています。

人工臓器の技術の進歩は著しく、人間の体は次々と人工物で置き換え可能となっています。そして最後まで残る難物——それは間違いなく脳でしょう。

思考実験として、中谷が脳以外の体の部分すべてを人工物で置き換えたとしましょう。そうであっても、皆さんは、私が依然として中谷であることに異論はないでしょう。しかし、脳まで入れ替えたなら話は別です。いかに精巧に私の脳を再現しても、もはや人工の脳を持つ私を中谷と呼ぶのは、ためられることでしょう。

では、単に脳の機能を再現しただけでなく、ある瞬間の脳の状態——あらゆる記憶も含めて——の移植に成功したらどうでしょうか？ 天然の（？）脳とまったく同じ記憶と意識をシリコン・コンピュータ製の脳に移植できたら？ そうなると、もはや本物の私と人工の私を区別するのは困難です。では、それが複数できたら——例えば中谷が5人できたら——自動車の免許は全員に？ そのうちの1人（1台？）が交通違反を犯したら、違反切符は誰に？ 私の家族は複数の、まったく同じ父や夫を持つことになるか？

話がややこしくなってきました。ややこしいついでに話を広げるなら、そもそも自然と人工を区別するのは、異星人から見たら無意味かもしれませんね。地球上の生物は、遺

伝子の子孫に受け渡す過程でより生存に適した「遺伝子の入れ物——つまり体」を自然淘汰により選択して進化してきました。遺伝子は、少しでも自分が生き延びやすい体を選んで乗り換えてきた——利己的な遺伝子（R. Dawkinsの言葉）と呼ばれるゆえんです。

しかし生物の進化に遺伝子の受け渡しとは別の手法が出てきたらどうでしょうか？ その典型が、知能ロボットです。シリコン人間が誕生し、その本質が遺伝子ではなく設計情報として受け継がれる時代が迫っているのかもしれません。異星人から見れば、遺伝子だろうが、紙に書かれた設計情報だろうが、とにかく生存により適した情報を用いて子孫が「複製」され、それが進化する。自然も人工も区別する必要はないわけですね。

地球上の資源は、いかに節約したって有限です。いくら頑張っても、今の「体」を持つ人間は、あと1億年生き続けられるとは思えません。それに太陽だって寿命があり、50億年もすれば燃え尽きてしまいます。そして太陽に代わる一番近い恒星、 α ケンタウルスまでは、光速でも4年半かかります。仮

に太陽系脱出ぎりぎりの第3宇宙速度のロケット（秒速42km）で人類が移住しようとする、到着までに3万年ほどかかってしまいます。現代版ノアの箱舟は、途方もない時間を旅するわけですね。

そのころの人間（いやロボットと呼ぶのでしょうか）は、DNAによる自然淘汰ならぬ、設計技術の革新による進化の結果、シリコン製で、真空、極低温に適応し、電気エネルギーを食糧にしているかもしれません。しかも、ノアの箱舟で30万年生き延びるのに体は不要で、脳の設計情報と、ある瞬間の状態変数だけ保存されればよいでしょうね。

とすれば、「体」が旅をする必要はないことになります。情報だけ伝送すればよい。いいえ、旅ではありません。人類が生存していくって、情報が伝わっていくことにすぎないのでは？ 我思うゆえに我あり……ですね。シミュレーションと実物の間の垣根が次第にボケて消失していくわけですね。

何だか、出来の悪いSFのような話になってきたので、このへんで筆をおくことにしましょう。私の今の研究テーマは、知能ロボットです。賢いロボットをつくりたいと思っていろいろ考えていますが、人工知能の将来は、技術的にはともかく、哲学的、倫理的そして宗教学的には相当厄介なことになるのは間違いありません。人工知能技術拡散防止条約とか国際人工知能技術監視機関、なんていうのが国連で議論されるのも、そんなに遠い先のことではないかもしれませんよ。

（なかたに・いちろう）



イラスト：筆者

息子を宇宙でわくわくさせたい

宇宙科学情報解析研究系 助教

三浦 昭

—— 電子工学がご専門ですが、宇宙にも興味があったのですか。

三浦：子どものころ、バイキングやボイジャーによる惑星探査が新聞やテレビで取り上げられ、とてもわくわくして見ていました。新聞に載ったボイジャーがとらえた土星の画像を見て、これはすごいと感動し、記事を切り抜いてスクラップブックにはろうとしたら大き過ぎてはれなかった記憶があります。宇宙の話題が今よりもマスコミで大きく扱われていた気がします。

中学に進むと、当時「マイコン」と呼ばれていたコンピュータのプログラムづくりに熱中するようになり、工学へのめり込んでいきました。

大学の工学部に進み、学科を選ぶとき宇宙工学も考えたのですが、電子工学にしました。大学院の研究室では、航空機の管制官を支援するソフトの研究を行いました。

—— 宇宙研に入って早々、ホームページの立ち上げを担当したそうですね。

三浦：私が宇宙研に入ったのが1995年4月。ホームページという言葉もまだあまり知られていませんでした。入ってすぐに、ホームページの立ち上げを命じられ、私を含めて3人ほどで担当しました。当時は日本語を表示できるパソコン用ホームページ閲覧ソフトもなく苦労しましたが、その年の7月の一般公開にぎりぎり間に合わせて展示しました。その後、インターネット上に公開しました。

—— 反響はいかがでしたか。

三浦：当初は、ホームページへのヒット数が1日1000件を超えただけで、大喜びしました。一気に知名度が上がったのが、衛星や探査機の打上げ中継を行うようになってからです。中継のときは、毎秒数千ものヒット数があります。2005年、小惑星探査機「はやぶさ」が小惑星イトカワに着陸して試料採取を行う様子を中継したときは、すごかったですね。ヒット数が急激に増える様子を見てると、中継サービスを提供している私たちもわくわくしてきます。

—— 現在はどのような仕事をされているのですか。

三浦：宇宙研内の計算機・ネットワークの維持運用とともに、主に日本の科学衛星が取得したデータを蓄積したサイエンスデータベース・サイト「DARTS」(<http://darts.isas.jaxa.jp/>) 関連の開発などを行っています。研究者向けの情報がほとんどですが、一般向けの解説ページも設けています。



みうら・あきら。1966年、鳥根県生まれ。工学博士。1995年、東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程修了。同年、宇宙科学研究所宇宙科学企画情報解析センター助手。2008年より現職。宇宙研内の計算機・ネットワークの維持運用やサイエンスデータベース「DARTS」関連の開発を行っている。

例えば、科学衛星がとらえたデータを音階に置き換えた音を紹介しています。私のお薦めは地磁気のデータを音にした「地球のまわりの音」と名付けた2004年のものです。「今月のDARTS」2007年8月のムービーにも使っています。まるで音楽のように聞こえますので、ぜひアクセスして聴いてみてください。

これは日本福祉大学の宇野研究室との共同プロジェクトです。目の不自由な方にも宇宙を楽しんでいただくことを目指しています。目の不自由な方は聴力に秀でていることが多いので、何らかの発見がもたらされるかもしれません。

「DARTS」の「JUDO」というページは、天球上に天体画像を並べて表示したものです。カーソルで天球上の好きな場所を選び、そこにある天体の画像を見ることができます。現在は、X線天文衛星「すざく」がとらえた画像だけですが、今後、さまざまな衛星による画像を追加していく予定です。

—— 今後の目標は。

三浦：宇宙のデータをどのように見せて、アピールするかに興味があります。今年の一般公開でも、科学衛星が取得した画像を編集した映像ソフトをつくって展示したのですが、宇宙研のスタッフも感動してくれました。

私が子どものころ惑星の画像にわくわくした気持ちを、今の子どもたちにも感じてもらえたらうれしいですね。先日、3歳になる息子に、たくさんの美しい天体画像が収録されたDVDを買ってきて見せたのですが、「うちゅう、こわい」と言われてしまいました(笑)。いつの日か、息子をわくわくさせる宇宙のソフトを自分の手で開発したいと思います。

ISAS ニュース No.332 2008.11 ISSN 0285-2861

発行／独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所本部
〒229-8510 神奈川県相模原市由野台3-1-1 TEL: 042-759-8008

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

デザイン／株式会社デザインコンビニア 制作協力／有限会社フォトンクリエイト

編集後記

M-Vロケット2号機の実機模型が相模原キャンパスに展示されています。LUNAR-Aプロジェクトにかかわってきた者としては、皆さまの期待に応えられなかったことを思うと、複雑な心境で毎日見えています。(橋本樹明)

* 本誌は再生紙(古紙100%)、大豆インキを使用しています。

100
古紙配合率100%再生紙を使用しています

PRINTED WITH
SOYINK
Trademark of American Soybean Association