

あすてろいど

The Journal of Japan Spaceguard Association

2020年

第1号

Vol.29 通巻100号

ISSN : 1348-2440

- ☞ 巻頭言 2
- ☞ 100号記念特別寄稿 1
 - | 私の天体観測史
 - 土井 隆雄 3
- ☞ 100号記念特別寄稿 2
 - | 小惑星100万個時代の到来
 - 吉川 真 8
- ☞ レポート 1
 - | 木曾シュミットシンポジウム2019
 - | 参加報告
 - 浦川 聖太郎 13
- ☞ レポート 2
 - | 第63回 宇宙科学技術連合講演会へ
 - | 行ってきました！
 - 藤原 智子 15
- ☞ 星の王子さまが見た宇宙
 - | ③空から降ってきた王子さま
 - | 一内なる自分との対峙
 - 藤原 智子 16
- ☞ 第84回 日本スペースガード協会
関西支部茶話会報告 18
- ☞ 事務局からのお知らせ 18
- ☞ BSGCだよりだよ 19
- ☞ 天星塵後 19



NPO 法人

日本スペースガード協会

Japan Spaceguard Association

この春は新型コロナウイルスの感染が日本中、世界中で止まらず、たいへんな状況となっています。国内においても学校の休校、イベントの中止、オリンピック・パラリンピックの延期、外出自粛などが続き、国民全体による感染拡大防止が叫ばれているところです。インフルエンザのように毎年流行してもワクチンがあれば感染を防げるところですが、ワクチンのない新型ウィルスに対しては備えが不十分であることが各国で露呈した形です。この新型ウィルスの影響は世界各国の経済活動にも想定以上の大きな影響を与えています。私たちは小惑星衝突による脅威を訴えてきたところですが、疫病もまた人類の脅威であることを再認識させる結果となっています。この脅威を正しく認識し、対応を普段から準備しておくという基本動作が必要であることを思い知らされました。

ところで、この機関誌「あすてろいど」が通巻100号となりました。この機会に編集人を仰せつかっている巡り合わせを感じつつ、バックナンバーから発刊当初の様子を振り返ってみたいと思います。

機関誌の第1号は日本スペースガード協会設立以前の1992年5月に発行されています。当時はまだ研究会の冊子ということで発行部数も30部だったようです。そのため協会のホームページに掲載されている「あすてろいど」バックナンバーにも収録されておりません。バックナンバーに収録されているもっとも古い第14号（1995年5月発

行）には、その発刊当時の話も出ており、当初の研究会が数人規模で始まったことなどが書かれています。また第15号（1996年7月）には協会設立直前の動きが書かれており、第16号（1996年10月）は協会設立記念号となっています。この頃の機関誌には協会設立の中心となられた故磯部瑋三先生（当時、国立天文台）、松島弘一氏（当時、航空宇宙技術研究所）、吉川真氏（当時、通信総合研究所）の文章が毎号見られます。1996年には小惑星検出数が2万個を超えたと書かれているので、その後の各国の観測体制整備により検出数が数十倍になったことは感慨深いものがあります。

機関誌の役割としては、小惑星の地球衝突についての啓発が中心であり、小惑星に関する話題提供、接近した小惑星の情報提供など、掲載内容の基本的なことは現在でも変わっていません。この数年で「はやぶさ」および「はやぶさ2」によって小惑星のことが話題になるようになりましたが、人類への脅威という側面はまだ社会での認知度が低いようです。新型コロナウイルスではありませんが、小惑星の脅威を正しく認識し備えを考えていくためにも、協会の活動が必要であり、機関誌「あすてろいど」の役割が重要であることをあらためて肝に銘じていきたいと思います。

日本スペースガード協会

三輪田 真

私の天体観測史

宇宙飛行士 / 京都大学宇宙総合学研究所ユニット 土井 隆雄

1. はじめに

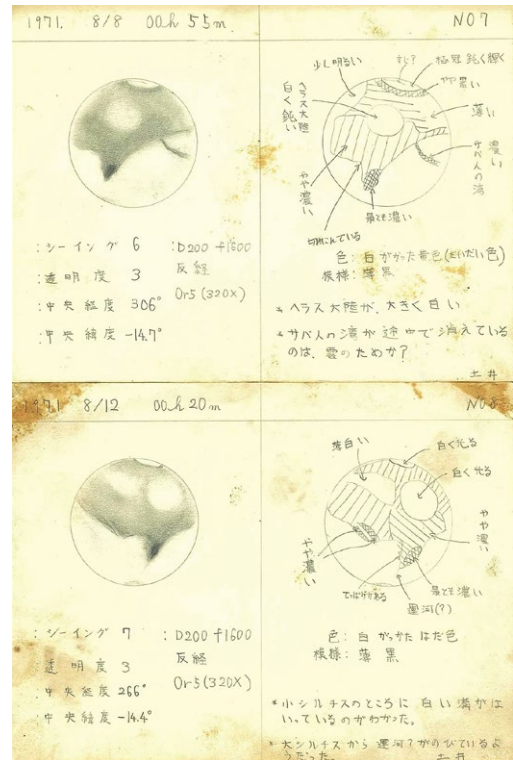
私が宇宙に興味を持ち、星の観測を始めてからはや50年が経過した。今、思い出してみると、人生の節目節目で新しい人々と出会い、新しい観測をしていたことがわかる。その間には、磯部琇三先生と出会い、日本スペースガード協会の理事をしていた時期もあった。宇宙は私にとって、常に謎と神秘にあふれた世界であり、憧れであり、友達でもあった。ここでは、私と宇宙の係わりを少し振り返ってみることにしよう。

2. 学生時代

私が初めて宇宙に興味を持ったのは、1967年、中学1年生の秋のことであった。当時、私は甲府市立東中学校に通っていた。友人の永寿伴章君に誘われて太陽の黒点観測を始めたのである。甲府城の跡地にあった山梨県立科学館の天文クラブに入会し、毎週週末になると、プラネタリアムを見たり太陽の観測をしていた。特に、プラネタリアムは大好きで1日中気持ち悪くなるまで見ていたことをよく覚えている。これが、私にとって初めての宇宙酔いであった。星座を覚えたのもこの時である。翌1968年に私にとって初めての望遠鏡である高橋製作所製TS式65ミリ屈折赤道儀を手に入れた。この望遠鏡を使って天体写真を撮り始めて、すっかりのめり込んでしまった。月や惑星はもとより、手動ガイド撮影による星空の写真と、父のお古の写真機コニカオートSで撮れるものは、何でも撮っていたと思う。自分で撮った写真をすぐに見たくて、フィルムの現像も始めた。印画紙への焼き付けは、科学館にあった暗室を使わせてもらった。中学生時代のもうひとつの思い出は、アポロ計画による人類初の月面着陸である。1969年7月21日、夏休みの第1日目、ニール・アームストロング船長が月面を歩くのをテレビにかじりついて見ていた。それ以来、アポロの宇宙飛行士が月面を歩く時は、いつでも自分の望遠鏡で月を見ることにした。

次に私の天文人生に大きな変化が起こったのは、1971年高校2年生の時であった。この時、私は堺市立三国ヶ丘高校生になっていた。父の仕事関係で、中学3年生の終わりに大阪府堺市に引っ越して来ていたのである。1971年の夏、火星の大接近が起こった。いて座の南斗六星の近くで火星がオレンジ色に輝き見事であった。私は、三国ヶ丘高校天文部の20センチ反射望遠鏡を借りて夏休みの間中、火星の観測を続けた。火星のスケッチを描き(図1)、写真を撮った。オレンジ色の表面に薄黒い海と白く輝く極冠が鮮やかに見える。私のスケッチのお手本は、当時、花山天文台で活躍されていた宮本正太郎先生のスケッチであった。宮本先生のスケッチにある細かな模様を見つ

けようと、火星が西の空に沈むまで眺めていたことをよく覚えている。この後、もっと大きな望遠鏡で火星を見たことは何度もあるが、この時ほど火星が良く見えたことはなかった。私は、この夏のことを「魔法の夏」と呼んでいる。夏の終わりに、私は宇宙を一生の仕事にしようと決心した。



▲ 図1. 火星スケッチ (大阪府立三国ヶ丘高校提供)

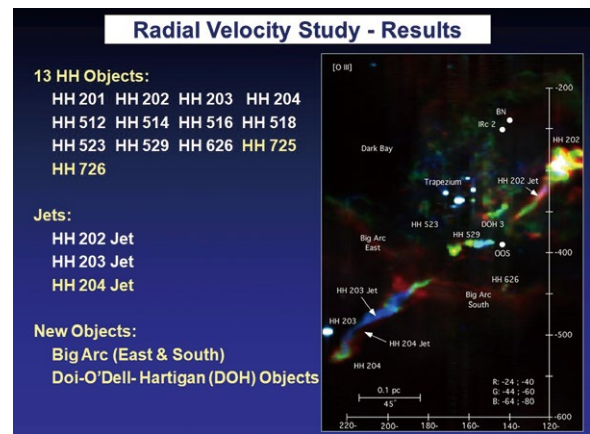
3. 宇宙飛行士時代

1995年1月、私はNASAの宇宙飛行士訓練を受けるために、テキサス州ヒューストンにやって来た。1年間の宇宙飛行士候補生の訓練が終了するのとほぼ同時に、私はSTS-87ミッションに任命された。調度その頃、磯部琇三先生にヒューストンで初めてお会いすることになった。磯部先生は、美星スペースガードセンターに納入する予定の望遠鏡の製作をアメリカのトラス社に発注しており、その調整でアメリカに来られ、ヒューストンまで足を運んで下さったのである。磯部先生から、是非、宇宙から夜の都市の写真を書いて欲しいと頼まれた。当時、磯部先生は街の明かりが星の観測に及ぼす影響を調べておられたようである。

スペースシャトルコロンビア号が1997年11月19日に打ち上げられ、STS-87ミッションが開始された。私が宇宙に行って初めて見た星座は南十字星であり、生まれて初めて見る南十字星に感激した。STS-87ミッションは、太陽コロナを観測するスパルタン衛星を3日目に放出することになっていたが、衛星の起動がうまくいかず、スパルタン衛星は宇宙を放浪し始めてしまった。このため

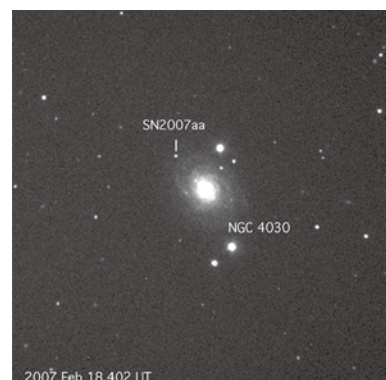
にミッション計画は大幅に変更され、6日目に予定されていた船外活動による宇宙ステーション用クレーンの試験が、船外活動によるスパルタン衛星の捕獲に変更になった。ウィンストン・スコット宇宙飛行士と私は、コロンビア号がスパルタン衛星に近づくまで約2時間半にわたってスペースシャトルのペイロードベイに立って、宇宙を見つめる貴重な時間を得た。地球は海の青さと雲の白さに輝き、薄い大気層から透明な青い光が放たれ、すばらしく美しかった。地球の影に入ると満点の星空を期待したのだが、ペイロードベイが昼間のように照明されていたために、夜空に星を見ることはできなかった。船外活動により無事にスパルタン衛星は回収されたのだが、ミッションに新しい船外活動が追加されたりして私の時間が足りなくなり、磯部先生に頼まれた夜の都市の写真を撮ることはできなくなってしまったのは残念だった。

STS-87 ミッション関連の報告会が一段落したのち、磯部先生に本格的に天文学の勉強を始めたいのだがどうしたら良いだろうかと相談した。磯部先生は、当時、ライス大学にいたロバート・オデール博士を紹介してくれた。オデール博士は、ハッブル宇宙望遠鏡の開発を指導した天文学者であり、オリオン星雲の研究者であった。磯部先生はオリオン星雲の研究者でもあったのだ。1998年の秋から、昼間は宇宙飛行士の仕事をし、夜と週末はライス大学天文学科の学生となる忙しい二重生活が始まった。私の研究テーマは、オリオン星雲の若い生まれたての星から出るジェットが星間ガスに衝突する時に作られる衝撃波の研究に決まった。最初の3年間は、オリオン星雲に見られるすべての衝撃波を分類した。ハッブル宇宙望遠鏡で撮影した撮影年月日の異なる2枚の写真から、衝撃波の位置の違いを測定し、その天球面上での速度を求めた。ハッブル宇宙望遠鏡の空間分解能は0.1秒に達し、約1500光年離れているオリオン星雲の衝撃波の移動は、5年が経過すると十分測定が可能であることに驚いた。次の3年間はオリオン星雲のスペクトル撮影を行い、ドップラー法により衝撃波の視線方向の速度を求めた。先の天球面上での速度と視線方向の速度が分かることによって、衝撃波の3次元方向の速度がわかるのである。オリオン星雲のスペクトル撮影のためにアリゾナ州にあるキットピーク天文台に2回、チリのセロ・トロロ天文台に1回出かけた。初めてのキットピーク天文台での観測中に、磯部先生が訪ねて来て下さり、一晩中天文談議に花を咲かせたのは楽しい思い出である。6年間に及ぶオリオン星雲の研究が遂に終了し、2004年3月、天文学の博士論文をライス大学に提出した(図2)。私に新しい宇宙への道を開いて下さった磯部先生への感謝のしるしに、補遺1に博士論文のAcknowledgementsを載せることにしよう。



▲ 図2. オリオン星雲の視線方向速度図 (土井隆雄の博士論文より転載) オリオン星雲中心付近の運動している天体を視線方向速度の大きさによって色を変えて表示している。赤い色はオリオン星雲よりも少し早い速度 (毎秒 24km から 40km)、緑色は中速 (毎秒 44km から 60km)、青色は高速 (毎秒 64km から 80km) で私たちに近づいてくる天体を示している。このような高速で運動する天体は、生まれただての星から放出されたジェットやそれらによって作られた衝撃波であり、これらの発光物体のカatalogを作った2人の作成者の名前にちなんでハービック・ハロー (HH) 天体と呼ばれている。

ヒューストンから西に80マイルほど行った所に、コロンバスと呼ばれる小さな町がある。テキサス州南部の3つの都市ヒューストン、オースチン (テキサス州の首都)、サンアントニオ (アラモの砦がある) からそれぞれ100キロ以上離れており、びっくりするくらい空が暗い。私は、実は1990年から超新星探しを始めていた。どうしても暗い空で超新星探しをやりたくって、遂に2000年に自分の天文台: Star Ridge Observatory をコロンバスの郊外に建てたのである。月に1回程度、新月付近の週末に天文台に出かけては、超新星探しを続けていた。幸運なことに2002年10月13日早朝にろ座にある銀河NGC922に超新星2002gwを発見した。超新星探しを始めてすでに10年以上が経過していたことになる。オデール博士に超新星発見のニュースを伝えると、「超新星を探す暇があるならば、論文を書きなさい」と、逆に叱られてしまった。超新星を発見して叱られたのは、自分くらいであろう。2007年2月18日、おとめ座の銀河NGC4030に2個目の超新星2007aaを発見した(図3)。この時は、私の2番目の宇宙ミッションSTS-123で一緒に訓練をしていたNASAの宇宙飛行士仲間6人にお祝いしてもらった。私の発見を記念して、STS-123ミッションパッチには、ひとつだけ黄色い星が刻まれている。



◀ 図3. 超新星SN2007aaの発見写真

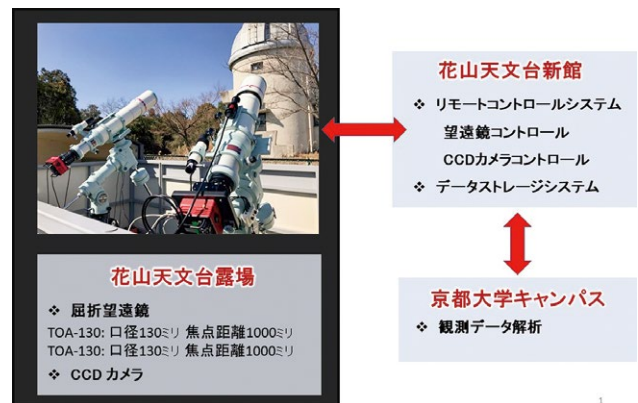
4. 京都大学時代

2016年4月、私は約6年半に及び国際連合宇宙部の仕事を終え、京都大学宇宙総合学研究所(宇宙ユニット)に着任した。宇宙ユニットは、宇宙について自然科学ばかりでなく人文社会科学も含めた新しい学術分野を創造しようとして2008年に作られた学際融合的組織である。私は、ここで有人宇宙活動について研究教育活動を展開しようとやって来た。同時に私の天文熱も再び燃え上がった。高校生時代に、私が火星スケッチのお手本とした宮本正太郎先生が台長をされていた花山天文台にオフィスを借りることができたのである。

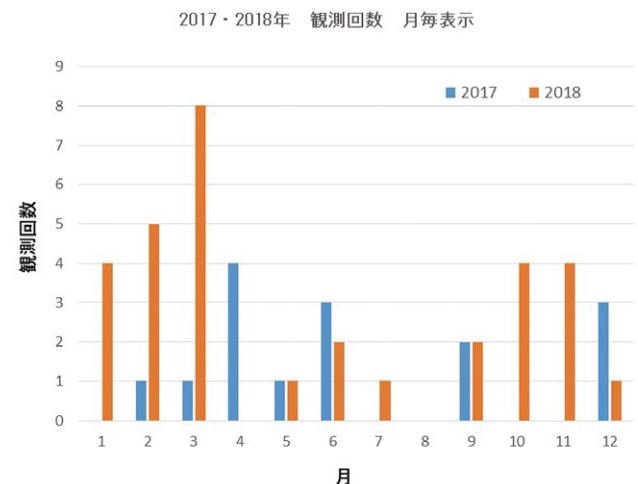
2017年1月より花山天文台において系外惑星観測を始めた。系外惑星とは、太陽系外の恒星の回りを公転している惑星のことを意味し、現在まで約4000個の系外惑星が発見されている。系外惑星はその直径によって木星型、海王星型から地球型まで分類される。現代天文学において系外惑星が非常に脚光を浴びているのは、ホット・ジュピター(高温木星型)と呼ばれる主星のすぐ近くを巨大な木星サイズ(地球直径の約10倍)の惑星が回っているような太陽系とはまったく異なる惑星系の存在が明らかになったことや、液体の水が存在できるような軌道を回っている地球型惑星が発見されたことによる。地球型惑星に液体の水が存在しているならば、生命の存在が期待される。花山天文台における系外惑星観測は、高橋製作所及び文部科学省宇宙航空技術推進委託費の支援を受けて、学生の研究教育活動を担う目的で始められた。図4に現在の系外惑星観測システムを示す。花山天文台露場にあるスライディンググループ観測小屋に、口径13センチの屈折望遠鏡が2台設置されている。屈折望遠鏡は対物レンズによる集光を行っているため、反射望遠鏡のように鏡筒が開放されておらず2次鏡による光の回折現象もないため星像が安定している。屈折望遠鏡には冷却CCDカメラが取り付けられている。望遠鏡の動作及びCCDカメラによる撮像は、花山天文台新館にある観測室から遠隔操作される。撮影した画像は、花山天文台のコンピューターネットワーク内のデータストレージシステムに記録され、京都大学キャンパスからもアクセス可能である。

京都市近郊にある花山天文台で系外惑星観測を始めるにあたって一番気になったのは、天候と光害の問題である。今回の系外惑星観測は、トランジット法と呼ばれる観測法を使っている。トランジット法は、系外惑星が主星と地球の間を通過する時に主星からの光を惑星本体が遮蔽することによって起きる減光を観測する。水星や金星が太陽面を通過する現象を地球から時々観測することができるが、これが系外惑星系で起こっていると思っていただければ良い。私たちが観測しているのは、先に述べたホット・ジュピター型の系外惑星によるトランジットである。既知のトランジットの追試観測の場合は、トランジット予報により

開始1時間前から撮影を開始し、トランジット終了後1時間で撮影を終了する。全体の撮影時間は、短いトランジットの場合で約4時間、長いトランジットの場合は約6時間に及び。この観測時間中に約1パーセントの光度変化を捉えるために、快晴の空が必要になる。図5は、2017・2018年の2年間の55回の観測を月毎にまとめたものである。年間を通じて2回の観測に適した時期があることが分かる。最も適しているのは冬から春にかけての時期で、次に適しているのは秋から冬にかけての時期である。梅雨のある6月中旬から7月にかけては観測に適さないのは分かるが、8月は夜間の雲量の多さのためにこの2年間1回の観測もできなかったのは驚きである。

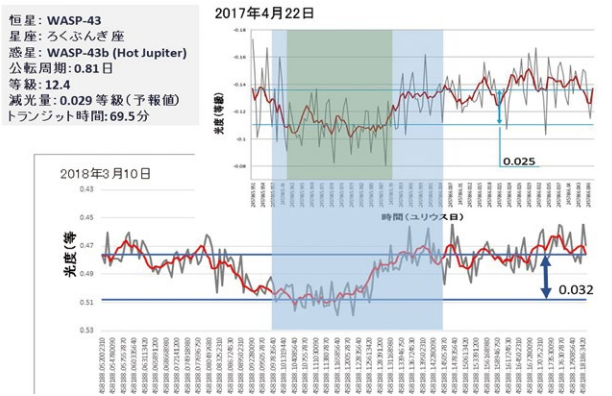


▲ 図4. 花山天文台における系外惑星観測システム



▲ 図5. 花山天文台における月毎の観測回数

花山天文台では月のない快晴時、肉眼による最微小星は約3等星であり、京都市からの光害が厳しい。しかし、実際にCCDカメラで夜空を撮影すると、30秒露出で約15等星まで記録することができる。光害は銀河や星雲のように面積のある天体の観測におおきな影響を与えるが、星のような点光源にはそれほど影響を与えないのが分かる。既知のホット・ジュピターの主星は10から13等星が多いので、現在の観測システムでほとんどのホット・ジュピター天体が観測可能である。



▲ 図6.WASP-43 光度曲線 赤色光度曲線は5個の観測値の移動平均を表す。水色の領域は、トランジット予報時間を示している。

系外惑星観測を学生の研究教育活動に使うために、宇宙ユニット活動に参加している学生から観測ボランティアを募集している。現在までの観測に参加した学生は、延べ約50人である。通常の一晩の観測では、学生ボランティア1~2名が参加し、教員又は観測員から望遠鏡及び CCD カメラの操作訓練を受けながら、その夜の全観測をこなす。図6はこのようにして観測された WASP-43 と呼ばれるホット・ジュピター天体の光度曲線である。WASP-43 はろくぶんぎ座にあり、ホット・ジュピターが周期0.81日で公転している。図中の水色の領域は、トランジット予報時間である。観測減光等級は、2017年4月22日が0.025等級、2018年3月10日が0.032等級と予報値の0.029等級と良く一致している。しかし、2017年4月22日のトランジット時間は予報時間より短く、2018年3月10日のトランジット開始は、予報よりも早く始まっていることが分かる。このようなトランジット時間の変動が周期的に観測される場合は、未発見の惑星によって起きている可能性もあり、より継続的な観測が必要である。

トランジット法の利点は、1回の観測結果からその系外惑星についていろいろな物理量を推定できることである。減光率はそのまま主星と系外惑星の面積比を示しており、主星の直径が分かれば、系外惑星の直径が計算できる。トランジット時間の計測からは、ケプラーの第3法則と円軌道を仮定することによって、軌道半径、公転周期、軌道傾斜角を求めることが可能になる。主星からの距離が分かることによって、惑星表面の温度の推定も可能である。このように、系外惑星の観測とその物理量の推定は、宇宙を志す大学生にとって科学的探究を体験でき、同時に現代天文学の最先端に触れることのできる絶好の教育機会であると考えている。

表1は、2018年9月に花山天文台で行われた第2回有人宇宙学実習（補遺2：宇宙ユニット NEWS2018年10月号）において、3人ずつ4つの班に分かれて計算してもらった系外惑星の物理量である。計算に使われた観測結果は、すべて花山天文台で得られたものである。学生による系外惑星物理量推定値は、文献値とかなり近い値を得

ることができている。系外惑星観測と観測結果の解析が、学生教育に有効であることを証明している。

宇宙ユニットは、また、京都大学大学院総合生存学館と協力して、2020年度にアリゾナ大学附置実験研究施設であるバイオスフィア2において有人宇宙学実習を行う予定である。そのために、バイオスフィア2に花山天文台にあるのと同様な系外惑星観測システムを設置する準備を進めている。バイオスフィア2はアリゾナ州ツーソン郊外に位置しており、天体観測に非常に適した環境を持っている。アリゾナ大学と協力して系外惑星観測システムが運用できるならば、学生教育ばかりではなく、系外惑星研究においても非常に大きな成果を挙げることができると期待している。

▼ 表1. 第2回有人宇宙学実習における系外惑星物理量の推定

系外惑星	直径 (木星直径比)	公転周期 (日)	軌道半径 (天文単位)	軌道傾斜角 (角度)	表面温度 (K)
1班： WASP-43	1.01 0.93	1.68 0.81	0.023 0.014	90.0 82.6	3677 1370
2班： XO-5	0.32 1.11	2.57 4.19	0.035 0.049	90.0 86.7	1115 1221
3班： HD189733	1.24 1.15	1.35 2.22	0.023 0.031	85.1 85.8	1235 1117
4班： WASP-36	1.23 1.28	1.13 1.54	0.022 0.026	84.3 83.6	1679 1724

上段は学生による計算値。下段は下記論文からの引用値を示す：
 WASP-43: Heller, C., et al. 2011, A&A, 535, L7
 XO-5: Pál, A., et al. 2009, ApJ, 700, 783
 HD189733: Bakos, G. Á., et al. 2006, ApJ, 650, 1160
 WASP-36: Smith, A. M. S., et al. 2012, AJ, 143, 81

補遺 1

私がライス大学に提出した博士論文 “Internal Velocities in the Orion Nebula” の Acknowledgements からの抜粋

When I was in eighth grade, I got my first telescope. That was the beginning of my fascination with stars. Throughout my life, in school or in my career, astronomy has been the driving force for me. Although I chose rocket engineering as my first major, I have finally realized my dream of majoring in astronomy. Many people have helped me realize my dream.

I am very grateful to my thesis advisor, Dr. C. R. (Bob) O'Dell, for his truly valuable guidance and heartfelt support throughout my study of astronomy. He patiently walked me through all the steps to be a researcher in astronomy: planning and conducting observations, doing data deduction, analyzing the data, and “doing” science. During this time, he has become my role model as an astronomer, but most importantly, he has become my friend whom I respect very much.

My sincere thanks also goes to my second thesis advisor, Dr. Patrick Hartigan, for his keen scientific expertise and advice throughout my research. He was excellent at determining what I needed to work on and focused me in the right direction. We had many insightful scientific discussions which opened up my horizon. I very much appreciate him for taking over as my thesis

advisor at Rice University after Dr. O'Dell went to Vanderbilt University.

I would also like to thank Dr. Syuzo Isobe, the president of the Japan Space-Guard Association, for motivating me to pursue my study of astronomy. Without his encouragement, I would never have been able to reach this point.

Finally, I would like to thank the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) for supporting me and giving me this opportunity to study astronomy.

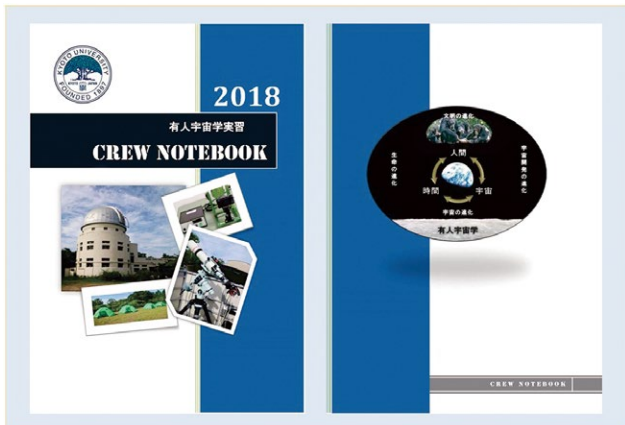
I will continue my endeavor in astronomy as my heart unwaveringly whispers, "Reach for the Stars!"

補遺 2

宇宙ユニット NEWS2018 年 10 月号からの抜粋

第 2 回有人宇宙学実習を終えて

第 2 回有人宇宙学実習が 2018 年 9 月 10 日から 15 日にかけて花山天文台で実施された。昨年の第 1 回有人宇宙学実習（2017 年 9 月 11 日 -16 日：宇宙ユニット NEWS2018 年 3 月号参照）に引き続き、今年も波乱万丈の出だしになった。前の週に関西地方を直撃した台風 21 号のために、花山天文台では実習直前まで停電が続いた。また、新館から本館に向かう道路が倒木によって閉鎖されてしまい、模擬微小重力実験で使う実験機材は、迂回路を人手で運ぶことになった。

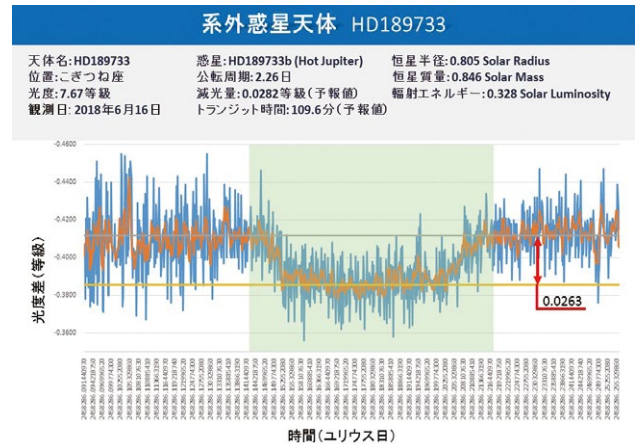


▲ 図 1. 有人宇宙学実習用 Crew Notebook

今年の有人宇宙学実習も天体観測実習、模擬微小重力実験、閉鎖環境実習の 3 課題からなる。今回参加する学生は学部 1 年生から博士課程 2 年生までの計 12 名、3 名ずつ 4 班に分かれて各実習課題に取り組んだ。図 1 は、実習のために特別に作られた記録帳：Crew Notebook である。宇宙ミッションに参加する宇宙飛行士は、自分専用の Crew Notebook を持参する。そこには、訓練中に書きとめた作業メモから日記まで、訓練中や宇宙ミッション中に起こった大切な出来事が記録される。宇宙ミッションは、起きてから寝るまで、いや、夢を見ている間さえも、すべての時間が発見の連続である。その発見を宇宙飛行士は、自分の Crew Notebook に書き込むのである。有人宇宙学実習に参加する学生も宇宙飛行士と同じように、実習中のすべての発見を書き込み、自分独自の Crew Notebook を完成させることが要求される。

秋雨前線が停滞したために天体観測実習では系外惑星の観測ができず、その代わりにそれまで蓄積された観測データの解析を行った。系外惑星がその主星の前面を通過する時にわずかながらその星からの光を遮る。その減光の様子を観測して、系外惑星の大きさや軌道

要素を求めるのがトランジット法と呼ばれる観測法である。図 2 に今回のデータ解析に使った系外惑星天体のひとつである HD189733 の光度曲線を示す。減光等級 0.023 等の値から、惑星半径が主星半径の約 15% であることがわかる。



▲ 図 2. 系外惑星天体 HD189733 の光度曲線：図中の緑色の領域はトランジット予報時間であり、トランジット開始・終了時刻及び減光等級とも予報と良く合っている

模擬微小重力実験では、クリノスタットを使い、重力の植物（ガーデンクレス）の根の成長に与える影響を観察した。クリノスタットは、水平方向に回転軸を持ち、1 回転する間に重力方向が平均化されてゼロになることを使った模擬微小重力発生装置である。各班は、約 6 時間に及ぶ観察から根の成長速度を求め、さらに光学顕微鏡を使い植物の重力感知機構が模擬微小重力下でどのように応答するのかを調べた。閉鎖環境実習では、ストレスの影響を調べるために、昨年度も行ったアミラーゼ、フェイススケール、Profile of Mode States (POMS) と呼ばれる心理検査に加えて、瞳孔の反射から交換神経と副交換神経の応答を調べる電子瞳孔計を使った検査を毎日行った。

有人宇宙学実習は、宇宙・生命・社会に関する活動を模擬宇宙ミッションというカリキュラムの中に凝縮させた体験学習であり、今年が 2 回目の試みであった。12 名の学生は、初日から仲間との積極的なコミュニケーションをはかり、非常に忙しい時間割を乗り切り、見事にすべての課題を成功裡に達成した（図 3：グループ写真）。最後に、有人宇宙学実習の実施にあたり、光学顕微鏡を貸し出して頂いた京都大学大学院理学研究科生物科学専攻と電子瞳孔計を貸し出して頂いたスカラ株式会社に感謝いたします。（土井 隆雄 記）



▲ 図 3. 花山天文台における第 2 回有人宇宙学実習グループ写真

小惑星100万個時代の到来

JAXA、「はやぶさ2」ミッションマネージャ 吉川 真

この30年間で、小惑星をめぐる状況は大きく変化してきた。発見数の増大、探査の進展、スペースガード（プラネタリー・ディフェンス）の動き、等々。ここでは、この30年間でざっと振り返って、今後について少し展望してみることにする。

1. 小惑星100万個時代

もう30年以上も前のこと、大学院の学生として修士論文や博士論文に取り組んでいた頃、研究対象としていた小惑星の数は5000個ほどであった。木曾観測所（当時）に小惑星の観測に行ったこともあったが、主に小惑星の軌道計算をやっていた。特に「共鳴」という現象に興味を持って、小惑星が共鳴状態にあるとその軌道が大きく変化することが面白く、かなり多くの計算をやっていた。

そして今、2020年4月、軌道要素が登録されている小惑星の数は、何と95万個を超えているのである【注1】。30年前の190倍（!）である。5000個でもずいぶん多いなあと思いながら30数年前は計算をしていたわけであるが、今では2桁も多くなってしまって、もう少しで3桁の違いとなる。

この95万個の小惑星の中には、まだ軌道誤差が大きく確定番号が付いていないものも含まれているのであるが、確定番号が付いた小惑星の数としても54万5千個を超えている。これはすごいことである。ちなみに、小惑星の「確定番号」とは、その小惑星の軌道が正確に推定できると付けられる番号である。確定番号が付いた小惑星については、その軌道運動を計算すれば、その計算された位置に存在することが保証されるもので、見失われることはない。確定番号の1番は、小惑星ケレス（Ceres）であり、19世紀が始まった日である1801年1月1日に発見された（ケレスは2006年に準惑星に分類されたが、現在も小惑星であるとしてよいと考える。【注2】）。ケレスが発見されてから約220年で、確定番号が54万5千番以上までカウントアップされたわけだ。

これだけ多数の小惑星が発見され、さらに軌道がきちんと推定されている理由は、まさにスペースガード（最近では、プラネタリーディフェンスと呼ぶことが多い）のためである。地球に小惑星のような天体が衝突すると非常に大きな災害となりうる。それを是が非でも防ぎたい、というのが目的の活動である。その第一歩が、小惑星を発見して軌道を正確に推定するということである。軌道が正確に分かれれば、軌道計算を行うことで、その小惑星が地球に衝突

するかどうか分かる。実際、小惑星の発見個数が急激に増え出したのは1990年代後半からで、スペースガードの活動が本格的に始まったときからである。ちなみに、約20年前の2000年初頭で小惑星の発見個数は6万個ほどであったので、その後に発見個数が急速に増大したことがわかる。

さて、いずれにしてももうすぐ小惑星100万個時代を迎える。この期に、これまでの経緯を振り返りつつ今後の展開を考えてみたい。

2. 小惑星の分布

まず、この95万個の小惑星の分布の様子を見ておこう。ここでは範囲を大中小の3つに分けて図を描いてみた（図1、2、3）。データは、国際天文学連合（IAU）のMinor Planet Center（MPC）のホームページ【注1】にあるものを用いた。

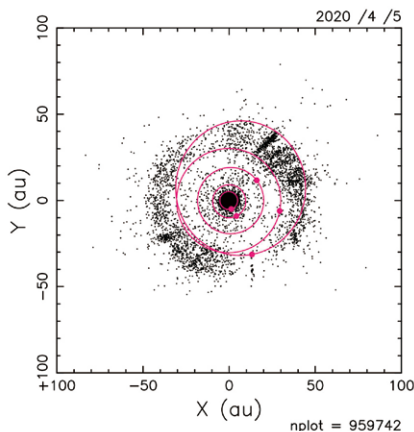
これらの図は、いずれも2020年4月5日の小惑星の位置を黄道面に投影したものになる。図1は、太陽から100au（auは天文単位のこと、1auは約1億5千万km）くらいまで広く示したもので、海王星や冥王星軌道付近に多数の小惑星があることが分かる。これらを以前はエッジワース・カイパーベルト天体と呼んでいたが、今では太陽系外縁天体と呼んでいる。これらの天体は、30年前には冥王星以外には1つも発見されていなかった。太陽系外縁天体として最初に発見されたものは、1992 QB1である。この表記は、小惑星の仮符号であるが、1992年の発見であることが示されている。それから、約28年経過した現在、太陽系外縁天体の発見個数は4000個近くまで増大した。

図2は木星軌道付近までを描いたものであるが、95万個の小惑星をプロットするとこのように真っ黒になってしまう。普通、「小惑星帯は火星軌道と木星軌道の間にある」と説明するわけであるが、この図ではそのような説明ができない。火星軌道の内側にも沢山の小惑星があるし、木星軌道付近で木星の前後にもずいぶん多くの小惑星が集団をつくっている（これは、トロヤ群小惑星と呼ばれている）。

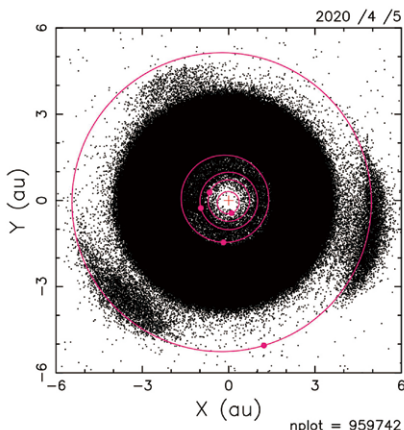
さらに太陽付近を拡大してみると（図3）、確かに火星軌道の内側では小惑星の密度が小さくなっていることがわかる。なので、「小惑星帯は火星軌道と木星軌道の間にある」という表現は今でも正しいのであるが、それにしても水星軌道付近まで多数の小惑星が分布していること

が分かる。火星軌道の内側にある小惑星は、そのほとんどが NEO (Near Earth Object) と呼ばれる地球接近天体である。ここでの図では分からないが、NEO の分布は広く小惑星帯全体に広がっている。

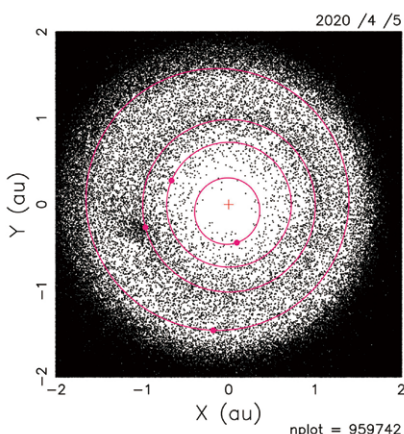
これらの図を見れば分かるように、現在の太陽系の描像は 30 年前の太陽系とかなりかけ離れたものになっている。これも、小惑星の発見個数が格段に増えたためである。では、さらに今後も発見が続いた場合にどうなるのであろうか。おそらく、小惑星の分布のパターンは図 1、2、3にあるものから大きく変わることはないであろう。ただ、小惑星の個数密度はより大きくなる。また、太陽系外縁天体については、より遠方に存在している天体も発見されるようになるかもしれない。それにしても、太陽系というのはまさに小惑星だらけであることがわかる。



◀ 図 1. 太陽から約 100 au までの領域における小惑星の分布。軌道は、一番内側が木星で、順番に土星、天王星、海王星、冥王星である。



◀ 図 2. 太陽から木星の軌道付近までの小惑星の分布。軌道は、一番内側が水星で、順番に金星、地球、火星、木星である。



◀ 図 3. 太陽から火星の軌道付近までの小惑星の分布。軌道は、一番内側が水星で、順番に金星、地球、火星である。

3. プラネタリーディフェンス

太陽系が“小惑星だらけ”だとすると、やはり地球への衝突が気になる。スペースガードである。天体が地球に衝突すると大変なことが起こるとい科学的な認識は、1980 年頃にルイス・アルヴァレスとその息子のウォルター・アルヴァレスらによって発表された恐竜絶滅説から急激に具体性を帯びてきた。彼らは、約 6500 万年前に恐竜が絶滅した原因は、天体が地球に衝突したためだと主張したのである。

その後、メキシコのユカタン半島付近の地下に直径が 180km にも達するクレーターが発見され、年代が恐竜絶滅の時期と一致した。このクレーターを作った天体は、直径は 10km 程度と推定された。10km の天体という小惑星か彗星であるが、決して大きいわけではなく、むしろありふれた小さい天体である。このような天体の一つ地球に衝突しただけで、中生代から新生代へ、つまり恐竜が滅んでほ乳類の時代に転換するという大きな事態になったわけである。

この恐竜絶滅が小天体衝突によって引き起こされたということは一つの仮説であり、遙か昔のことでもある。しかし、1908 年のツングースカ大爆発では、シベリアの森林が 2000 平方キロメートルに渡ってなぎ倒されたが、これは天体衝突によるということは確実である。衝突してきた天体の大きさは 60m 程度ではないかと推定されている。つまり、恐竜絶滅まで考えなくてもよくて、より小さい天体でも地球に衝突すれば、大変なことが現実に起こるといことは事実なのである。

1980 年代では、地球に接近してくる小惑星がちらほらと発見されるようになった。アルヴァレスらの説とも重なって、天体の地球衝突について真面目に考えていくべきだという機運がだんだん高まってくる。そして、1990 年代になると、地球接近天体が毎月のように 1 つから数個発見されるようになり、スペースガードの活動が本格的に開始されることになるのである。1996 年には、国際スペースガード財団 (The Spaceguard Foundation) が設立され、日本でも同年に日本スペースガード協会が設立された。そして、21 世紀に移り変わる前後になると、天体衝突について検討していこうという国際的な動きも本格化して、国連の宇宙空間平和利用委員会 (COPUOS) での議論が始まることになるのである。

少し前置きが長くなってしまったが、現在は「プラネタリー・ディフェンス」としてスペースガードの活動がより具体的になってきた。「スペースガード」という言葉は、アーサー・C・クラークの小説から取られた言葉で

あるが、文字通り読むと宇宙(=スペース)を守る(=ガードする)ということになってしまう。「プラネタリー・ディフェンス(planetary defense)」と言った方がよりの確かな表現となる。ちょっとややこしいのは「プラネタリー・プロテクション(planetary protection)」という別の言葉があり、こちらは地球や他の太陽系天体を、他の天体からの生物の汚染から防ごうという活動なので、混同しないようにしたい。

プラネタリー・ディフェンスの活動に関して、現時点で特筆すべき国際的活動としては、探査関係を除くと、4つ挙げることができる。4つとは、IAWN、SMPAG、PDC、Asteroid Dayである。探査関係については、次の章で述べることにする。

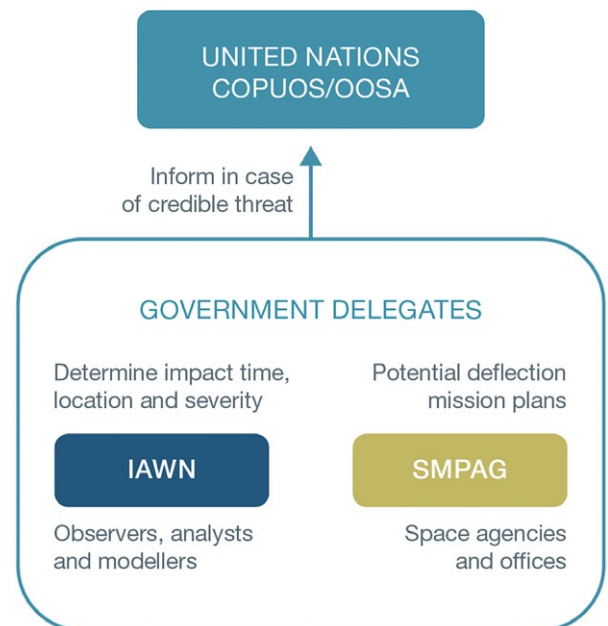
IAWNは、International Asteroid Warning Networkのことであり、前述のCOPUOSの中のワーキンググループで議論され、2013年に国連で認められて設立されたものである(IAWNは“アイワーン”のように発音される)。その名にあるように、国際的な小惑星の警戒網であり、地球に接近してくるような天体(NEO)を積極的に発見して正確に軌道を推定したり、その物理的な性質を調べたりすることを主要な目的としている。NASAやESAなどの宇宙機関も含まれているが、天文台や天体観測を専門とする人が主要なメンバーとなっており、地球に接近してくる天体を実際に観測したり情報交換を行ったりしている。(IAWNの情報：<http://iawn.net>)

SMPAGは、Space Mission Planning Advisory Groupのことで、IAWNと同様に国連で認められたグループである(SMPAGは“セムページ”と発音される)。こちらは、実際に天体が地球に衝突してくるときにどのように対応すべきかを議論することが目的のグループで、メンバーは基本的に宇宙機関になる。日本のJAXAもメンバーになっている。毎年、2回ほどの会合を持って、プラネタリー・ディフェンスに関係した問題について議論を行っている。(SMPAGの情報：<https://www.cosmos.esa.int/web/smpag/>)

IAWNとSMPAGについては、国連の宇宙局(UNOOSA: United Nations Office for Outer Space Affairs)が出版している冊子にある図を引用しておく(図4)。このように、プラネタリー・ディフェンスについては、国連の元で国際的な枠組みで動き出しているのである。

PDCは、Planetary Defense Conferenceという国際会議のことで、その名の通り、プラネタリー・ディフェンスについての科学的あるいは技術的な議論や、社会科学や法律的な議論も行うものである。2004年に最

初の会合が行われ、その後、ほぼ2年ごとに開催されている。2017年には、東京で開催された。次回は、2021年4月にウイーンで開催される予定である。PDCの特徴は、プラネタリー・ディフェンス関係した研究者が世界中から集まってくることに加えて、単に研究発表をするだけでなく、エクササイズと称して、天体の地球衝突を仮定してどのように振る舞うべきかをその場でロールプレイング(役割演技)することである。このことで、現実問題として対応を考えることになるし、問題点の洗い出しもできることになる。(PDCの情報：<http://pd.iaaweb.org>)



▲ 図4. 国連の元で活動するIAWNとSMPAG(UNOOSAの“Near-Earth Objects and Planetary Defence”より)

最後に、Asteroid Dayであるが、これは小惑星というものやその地球衝突という問題を一般の人にきちんと理解してもらおうという試みである。2014年に、イギリスのロックバンドQUEENのギタリストであるBrian Mayらが発起人となって、毎年6月30日を中心に世界各地で小惑星に関するイベントを行う活動である。6月30日というのは、すでに述べたツングースカ大爆発が起こった日にちなんだものである。(Asteroid Dayの情報：<https://asteroidday.org>)

以上のような活動が行われているさなかに、ロシアのチェリャビンスク付近に隕石が落ちた。普通、隕石が落ちてあまり大きな被害にはならない。屋根に穴があく程度である。しかし、この隕石は、衝撃波を伴って100km以上にわたる領域で建物の窓ガラスが割れるなどの被害が生じ、1500人ほどが怪我をした。この隕石が落ちたのは、2013年2月15日であるが、ちょうどこの日は、筆者は上記のSMPAGの会合でウイーンの

国連事務所に出張中で、関係者が非常にドタバタしていたことを覚えている。ちなみに、この被害をもたらした天体の大きさはせいぜい20mくらいと推定されており、このような小さな天体でも大きな被害となることが改めて認識された。

やはり、プラネタリー・ディフェンスは重要なのである。今後も、しばらくはNEOの発見は続くだろうし、天体衝突にどのように対応するか検討作業も続くであろう。実際、SMPAGでは、天体の地球衝突に関連した法的な検討のレポートが最近作られており、今後もいろいろな側面から検討が進められると思われる。

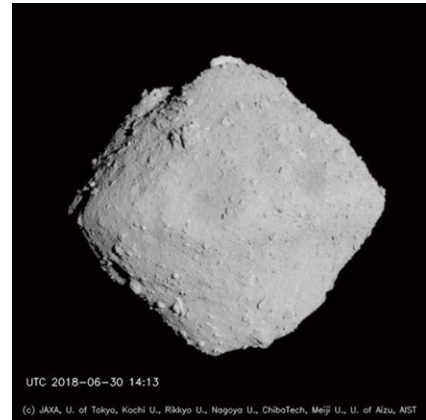
4. 小惑星探査

小惑星の探査ということも、ここ30年ほどで急速に進められた。我々が最初に小惑星の姿をきちんと見たのは、米国の「ガリレオ」探査機（木星探査が目的）が小惑星ガスプラにフライバイしたときである。これは1991年のことだった。それまでは、望遠鏡で見ても点にしか見えなかった小惑星の姿が初めて具体的に分かり、非常に感動したことを覚えている。その後、いくつかの小惑星フライバイ観測があり、そして2000年には、米国の「ニア・シューメイカー」探査機が世界初の小惑星ランデブーに成功した。ターゲットの小惑星は、エロス。初めて発見されたNEOである。

そして、2005年、日本が打ち上げた探査機「はやぶさ」が小惑星イトカワに到着し、2010年には地球に帰還した。世界初の小惑星サンプルリターン成功である。ただ、「はやぶさ」では、いろいろなトラブルに見舞われ、それを乗り越えてのミッション成功だったので、より確実なミッションを行うために、後述する「はやぶさ2」が行われることになる。小惑星探査については、さらにいくつかの小惑星フライバイが行われ、2011年には米国の「ドーン」探査機がベスタにランデブー、続いて2015年にはケレスにランデブーした。マルチランデブーは世界初である。さらに、米国の「ニュー・ホライズンズ」探査機によって冥王星フライバイ（2015年）が行われ、冥王星の素顔が初めてはっきりと認識された。

2018年、小惑星探査に新たな展開があった。日本の「はやぶさ2」が小惑星リュウグウに、米国の「オサイリス・レックス」が小惑星ベヌーに相次いで到着したのである。到着してみると、これらの小惑星の形が“そろばんの珠”そっくりなのに驚かされた（図5）。ベヌーの方は、事前にレーダーの観測で形は分かっていたが、リュウグウの方はこのような形は想定されていなかった。リュウグウは赤道直径が1000mほど、ベヌーの方は500mほどな

ので、両方とも非常に小さい小惑星である。小さい小惑星は自己重力が弱いので、形状は不規則であるのがこれまでの常識だったが、リュウグウとベヌーは違っていた。これらは、速い自転による遠心力でこのような形状になったと考えられている。



▲ 図5. 「はやぶさ2」探査機が距離約20kmから撮影した小惑星リュウグウ。2018年6月30日23:13（日本時間）頃の撮影。（画像クレジット：JAXA、東京大、高知大、立教大、名古屋大、千葉工大、明治大、会津大、産総研）

「はやぶさ2」の方は、2014年12月に打ち上げられた後、目立ったトラブルもなく2018年6月にリュウグウに到着、そしてリモートセンシングによる観測、小型のローバやランダの表面着陸、1回目のタッチダウンによる表面物質採取、人工クレーター生成、その近くに2回目のタッチダウンと予定していたことがすべて成功裏に終わった。さらに、当初は予定していなかったこととして、2つのターゲットマーカと1つの小型ローバをリュウグウの周りの周回軌道に投入して、その動きを調べることも行った。そして、2019年11月に、地球を目指してリュウグウから出発した。サンプルが地球に戻ってくるのは2020年末の予定である。「オサイリス・レックス」の方は、2020年夏にサンプル採取を行い、2023年に地球に帰還する予定である。両方とも、小惑星の表面物質を分析して、有機物や水を調べることになる。地球生命の起源に繋がるような情報が得られることを期待したい。

このように、この30年、小惑星の探査がどんどん進められてきたが、探査された小惑星はまだ十数個である。まだまだ未知の天体が沢山存在している。たとえば、「ニュー・ホライズンズ」探査機が2019年初めに太陽系外縁天体のアロコスにフライバイしたが、その風貌には驚かされた。ひょうたん型というか雪だるまのような天体だった。形だけではない。これまで探査機が訪れた小惑星の見た目は石でできていたが、小惑星の中には金属でできたものがあるはずである。また、さらに石でも他の成分を含むものがあるかもしれない。ということで、

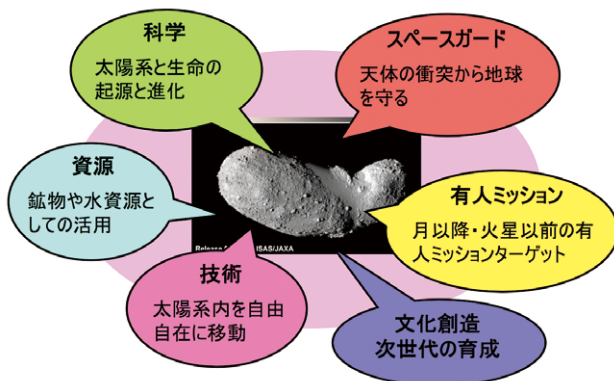
米国では2020年代後半には「サイキ」探査機が金属でできている可能性がある小惑星「プシケ」を、また「ルーシー」探査機が木星トロヤ群小惑星を探索する予定である。まだまだ未知の世界が広く広がっている小惑星。今後、さらに新たな展開が期待される。

5. 小惑星と人類の未来

以上のように、この30年の間、観測・探査・理論・社会的影響と、様々な側面で小惑星についての状況は大きく変わってきた。これらを通してよりはっきりしてきたことは、小惑星というものが人類の未来にとって非常に重要なものになるということである。

ここではあまり触れなかったが、そもそも小惑星は科学として重要である。小惑星を調べることで、太陽系の起源や進化、さらには生命の起源に繋がるような情報が得られるかもしれない。小惑星は人類の知恵の1つの源泉となる。それに加えて、すでに詳しく述べたようにプラネタリー・ディフェンスとして、人類に小惑星は大災害をもたらすものでもある。逆に、小惑星は資源としてあるいは宇宙開発の場として未来の人類に役立つかもしれない。このように様々な側面で人類の未来に深く関連する天体である可能性が高いのである。筆者は、かなり前から図6に示すようなスライドを作って小惑星の重要性を話しているが、これは今でも変わらないどころかより確固なものとなってきていると言える。

これまでの30年間で大きな進展があった小惑星の世界。個人的にはこのような時代に生まれて非常に幸運であったと思っているが、今後もまだまだ面白いことが続きそうである。今後の30年が楽しみである。



▲ 図6. 小惑星の重要性

[注1]

小惑星の個数であるが、国際天文学連合 (IAU) の Minor Planet Center (MPC) のホームページのサマリーのページ (<https://minorplanetcenter.net/mpc/summary>) を見るのが分かりやすいが、このサマリーのページに出ている総数の数と、軌道データが公開されている小惑星の数がなぜか異なっている。2020年4月初めの時点で、上記のサマリーのページの総数は93万5千個ほどになっているが、MPCの別のページ (<https://minorplanetcenter.net/iau/MPCORB.html>) で公開されている軌道データファイルにある小惑星の総数は95万9千個余りある。また、米国のジェット推進研究所 (JPL) が公開しているデータ (https://ssd.jpl.nasa.gov/?sb_elem) では95万7千個余り、同じく米国のローエル天文台が公開しているデータ (<https://asteroid.lowell.edu/main/astorb>) では、95万9千個余りとなっている。そのため、ここでは、小惑星の個数が95万個を超えたとした。

[注2]

ケレス (Ceres) が最初に発見された小惑星であることや、2006年8月に準惑星に分類されたことはよいとして、問題は、現在、ケレスを小惑星と呼んでよいかということである。どうもこれは人によって扱いが異なるようだ。個人的には、ケレスは今でも小惑星と言ってよいと思っている。さらに、惑星から準惑星となった冥王星も小惑星と言ってよいと考える。実際、[注1]に記載した各機関が公開している小惑星のリストには、ケレスは当然のこと、冥王星も確定番号134340番の小惑星として掲載されている。冥王星とケレス以外の3つの準惑星も、小惑星のリストに入っている。つまり、準惑星というカテゴリーは作られたが、準惑星は小惑星のリストに入っており、それで全く問題ないことになる。むしろ、「準惑星は小惑星でない」としてしまうと、やたら面倒なことになる。

木曾シュミットシンポジウム2019参加報告

日本スペースガード協会 浦川 聖太郎

ここ数年、これは参加しておいた方が良いと決めている学会・研究会がいくつかあります。最新の惑星科学の状況を知るための日本惑星科学会秋季講演会、スペースガードを広く知ってもらい様々な宇宙関係者と交流がもてる京都大学宇宙ユニットシンポジウム、そして今回報告する木曾シュミットシンポジウム（以下、木曾シンポ）です。木曾シンポは、長野県木曾福島市（写真1）にある口径1.05mの東京大学木曾シュミット望遠鏡を用いた研究活動を報告するシンポジウムです。今年の木曾シンポは、2019年7月9日・10日に木曾谷最古の洋風建築である御料館（旧帝室林野局木曾支局庁舎）会議室で開催されました（写真2）。エアコンはないのですが、扇風機のみでも十分快適な木造建築の建物です。



▲ 写真1. 木曾川と木曾福島の街並み



▲ 写真2. 今年の会場の御料館。会場は年によって違うことがあります。御料館ははじめて。近くに木曾義仲のお墓があります。

私は、大学院博士課程の時に太陽系外惑星のトランジット観測をテーマに研究を行っており、その時に木曾の望遠鏡をよく使わせてもらっていました（ところで、系外惑星をはじめて発見したミシェル・マイヨール氏がノーベル物理学賞を受賞されましたね。学生時代にマイヨール氏に私のポスター発表を聞いてもらったのは一生の思い出になりました）。系外惑星のトランジット観測は、その後、宇宙望遠鏡ケプラーの独壇場となり、地上観測では実施されなくなっていました。そういう背景もあり、木曾シンポには2007年以来しばらく参加していませんでした。状況が変わったのは、2014年10月です。神戸大学の臼井氏から、「木曾でTomo-e Gozenという超広視野カメラが開発中です。きっと地球接近小惑星の観測にも役立つので協力しませんか？」との連絡がありました。すぐさま、ぜひ協力させてほしいと返事をし、Tomo-e Gozenメンバーに入れてもらいました。Tomo-e Gozenカメラとは、動画的な撮像（1秒間に2枚）が可能な84個のCMOSセンサーを焦点面にならべ、20平方度の視野を確保する画期的なカメラです。一晩で木曾から見える全天球領域を3回以上撮像することができ、重力波可視光対応天体の探索、超新星サーベイ、変光星といったテーマを始め、地球接近小惑星、微光流星、突発増光する小惑星や彗星の検出、スペースデブリといったような日本スペースガード協会の活動と密接に関係するサイエンスが実施可能となります。

Tomo-e Gozenカメラは2019年4月に完成したのですが、完成前から一部のCMOSセンサーを用いた観測は開始していました。今回、私は2017年10月にTomo-e Gozenカメラで実施した地球接近小惑星2012 TC4の観測結果について発表を行いました。研究の詳細は、また別の機会に報告するとして、木曾シンポで得た知見についてお話しします。キーワードをあげると「ビッグデータ」と「SDGs（+それを利用した広報活動）」です。はじめに、「ビッグデータ」についてです。従来のCCDカメラでは読み出し時間が必要でしたが、Tomo-e Gozenが採用したCMOSセンサーではほぼ必要がなくなります。この効果により、観測時間に無駄がなくなり超広域サーベイを実施できるようになりました。また、先ほど記載した通り、84個ものCMOSセンサーで動

画的な撮像ができます。これらが示すことは、取得データが膨大、いわゆるビックデータになるということです。最近では、科学分野だけでなく産業、防災、医学などあらゆる分野でビックデータとその活用が重要となっています。Tomo-e Gozen カメラでは、取得データを全て保存し、ゆっくり解析しているわけにはいかないので、データ解析を即座に行い、科学的に価値のあるデータを抽出するを行なっています。そして、そのような即座のデータ生成は人間が行うことが難しいので、機械学習や人工知能 (AI) という、これもまた最近流行りの技術で行なっています (より詳細は、星ナビ 2019 年 12 月のトモエゴゼン特集をご参考に)。とはいえ機械学習や AI のプログラミングは研究者が行う必要があり、出てきたデータの確認や論文もやはり研究者がその役割を担う必要があります。人間の役割もまだまだ必要です。木曾シンポでビックデータサイエンスという最先端の科学に触れることで、これからの社会で必要とされる人材はビックデータに振り回されるのではなく、上手く扱える人材であると感じました (が、私は Tomo-e Gozen やすばる望遠鏡が生み出すビックデータに振り回されて日々研究しているのです・・・)。

次に「SDGs」です。「SDGs」とは「Sustainable Development Goals (持続可能な開発目標)」という国連で採択された国際社会共通の目標です。「SDGs」については全く不勉強で木曾シンポに参加するまで何も知らなかったのですが、おおまかな私の理解ですと、「あらゆる社会活動は SDGs で定められた 17 の目標 (貧困、環境、平等社会 etc) を念頭において行いましょう。」というものです。この目標が良いかどうか、こうした目標に研究者も従うべきかどうかはここでは論じませんが、Tomo-e Gozen 計画としては SDGs の持続可能な環境維持の取り組みとしてスペースデブリ問題に寄与できることをアピールしています。Tomo-e Gozen のような科学プロジェクト、そしてそれを動かしている研究者集団は、とすれば研究のみを行なっている印象を持つかもしれませんが「SDGs」のような社会情勢 (木曾シンポ後、世の中の様々な企業が SDGs をアピールしていることによく気がきました) をしっかりと捉えてアピール活動をしている点は、日本スペースガード協会も見習わなければならないと思いました。その他、Tomo-e Gozen のアピール方法としては、Tomo-e Gozen の世界観をまとめた図 (<http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/>

[kisohp/NEWS/pr20190930/fig3.PNG](http://www.ioa.s.u-tokyo.ac.jp/kisohp/NEWS/pr20190930/fig3.PNG)) やロゴマークがあります。プロジェクトコンセプトを「宇宙のささやきに耳を傾けよう TOMO-e GOZEN」と銘打つセンスもまた秀逸です。参加者に配られた Tomo-e Gozen を広く知ってもらうためのお土産が軍手という所も、いかにも科学技術集団という印象で素晴らしいかったです (写真 3)。また、2020 年 4 月時点で Tomo-e Gozen では 11 個の地球接近小惑星の発見 (仮符号取得) を行っています。この発見から広報を行うまでのスピード感や研究者間の情報共有方法 (Slack というビジネスチャットアプリ。最近の天文学者の多くはこれを使っています) も非常に参考になりました。なお、Tomo-e Gozen で発見した地球接近小惑星の追観測には美星スペースガードセンター望遠鏡も貢献していますし、日本スペースガード協会は Tomo-e Gozen 計画の共同研究機関となっています。



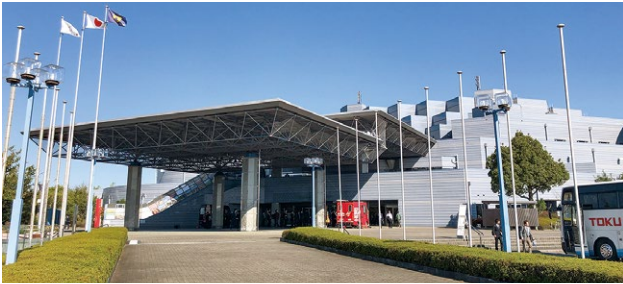
▲ 写真 3. トモエゴゼン軍手。トモエゴゼンのロゴマークが印刷されています。このロゴマークはきちんとデザイナーによって作成されたもので、縦横比など勝手に変更してはいけません。このようなアピール方法は本当に参考になります。

木曾シンポでは重力波から流星に至るまでの天文学や惑星科学に関わる研究者だけでなく、情報科学 (画像処理技術、最適化問題、AI) の研究者や、スペースデブリ研究を始めた学生さんといったように多種多様な人々が一堂に会します。そして、そうした研究者が各々の専門分野に捉われることなく、時には酒を飲み、歌を歌いながら議論し、互いの知見を交換して新たな科学の境地を切り開こうとしています。私はこのような多様な考えに触れる研究スタイルを好んでいます。毎年木曾シンポを主催していただく東大木曾観測所のスタッフの方々に感謝しつつ、引き続き Tomo-e Gozen でスペースガードや太陽系の科学に取り組んでいこうと思っています。

第63回 宇宙科学技術連合講演会へ行ってきました！

日本スペースガード協会 藤原 智子

2019年11月6～8日に、第63回宇宙科学技術連合講演会（以下、宇科連）が徳島市で開催されました。宇科連は年に一度開催される、宇宙科学や航空宇宙工学分野の研究者や技術者等が集まる学会です。今年度は80余りの分科会で800件以上の講演があり、加えて3件の特別講演と1件の招待講演、学生によるポスター発表も行われました。



▲写真1. 会場となったアスティとくしま

今回の開催地である徳島は大塚製薬創立の地ということで、同社商品であるカロリーメイトを題材にした、徳島ならではの特別講演も企画されました。カロリーメイトを宇宙食として持って行った金井宣茂宇宙飛行士による国際宇宙ステーション（ISS）での食生活についてのお話や、大塚製薬の岩崎央弥氏によるカロリーメイト誕生から宇宙食に採用されるまでのお話など、宇宙科学の学会ではなかなか取り上げられない、貴重で興味深い講演を聴くことができました。因みに、宇宙食として認定されているカロリーメイトは固形タイプのチーズ味で、私たちが普段目にする市販の商品と、包装以外の違いはないとのことでした。

沢山の分科会の中で、スペースガード協会の事業に特に関係するものとしては、「深宇宙探査技術実証ミッションDESTINY+」と「スペースデブリ」が挙げられます。DESTINY+は小惑星（3200）Phaethonのフライバイ探査を行う計画で、沢山の小惑星の研究者による講演があったようですが、私は同時時間帯に設けられたスペースデブリの分科会へ参加したため、残念ながら拝聴することができませんでした。

みなさんご存知の通り、美星スペースガードセンターでは、小惑星の他、スペースデブリや人工衛星の光学観測も行っています。私を含め観測員にとってスペースデブリの問題は比較的身近ですが、一般的な認知度（研究者を含めても）は決して高くありません。しかし今回、個人的に驚かされたことがありました。スペースデブリの研究は、観測による宇宙環境の状況把握、シミュレーションによる衝突やデブリ発生の状況予測、デブリ除去を目的とした技術開発といったものが主なテーマに

なるのですが、今回の宇科連ではスペースデブリ低減に向けた法政策等の講演も散見され、「スペースデブリ」の分科会に留まらず、デブリ問題が宇宙科学技術界の重要な課題として、広く議論されていたことです。これまでも、各国や機関でスペースデブリ低減に取り組むためのガイドラインが設けられていましたが、その有効性は限定的でした。昨今、これまで宇宙開発を実施していなかった新興国の参入や、宇宙を舞台に商用事業を行う民間企業の台頭により、宇宙活動の増加や多様化が進んでいます。衛星コンステレーション*計画といった大規模な商用衛星の打上げも現実化し、スペースデブリに対する危機意識のかつてないほどの高まりを感じました。安全で安定した宇宙活動を行うための対策が急務となり、軌道環境の健全化に向けた国際的なルール作りが進んでいます。例えば世界経済フォーラムでは、衛星運用者がスペースデブリ低減・除去に自主的に取り組むよう、運用終了後に大気圏へ再突入（廃棄）させる機能を実装した衛星や、他の衛星との衝突回避機能を有した衛星に高い評価を与え、事業者のイメージを高め、保険料の引き下げ等のアドバンテージを与えるとといったような、サステナビリティ評価格付けの導入も検討されているとの報告です。

気象衛星や放送衛星、通信衛星など、人工衛星は私たちの生活になくてはならないもの。一方、地球軌道上にあるスペースデブリは、確認できるものだけで2万個に迫っています。遠いようで近い宇宙のゴミ問題に、現代社会に生きる一人一人が真剣に対峙しなければいけない時代がいよいよ来たなぁと痛感させられた3日間でした。そういえば美星スペースガードセンターの廊下に積み上げられたゴミはいつ除去されるのだろうか、もう1つのゴミ問題を憂慮しながら、徳島の地を後にしました。

* 数百～数万機の人工衛星を軌道に投入し、協調動作させて運用する衛星システムのこと。



▲写真2. 徳島県と徳島市のマスコットキャラクター、すだちくん（左）とトクシイ（右）。毎日お昼休みに、会場を回って徳島をアピールしていました。中央にいるのは筆者です、念のため。

星の王子さまが見た宇宙

③空から降ってきた王子さま—内なる自分との対峙—

日本スペースガード協会 藤原 智子

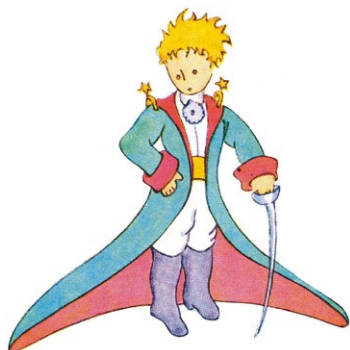
本連載記事では、「星の王子さま」に登場するエピソードや人物について、時代背景や作者であるアントワーヌ・ド・サン＝テグジュペリの生涯と照らし合わせて少しずつ紹介しています。前号は物語冒頭で登場するウワバミと、それを巡る子供時代の作者（主人公）の苛立ちを紹介しました。今号では、ウワバミのせいでもんでもないとぼっちり(?)を受けながら、ついに主人公が星の王子さまと出会います。

6歳の頃、自分が描いたウワバミの絵を大人たちに理解してもらえなかった主人公の「ぼく」は、絵を描くことを諦め、やがてパイロットになる道を選びます。そして今から6年前、自身が操縦する飛行機のモーターが故障し、「ぼく」はサハラ砂漠の真中にたった一人で不時着しました。辛うじて1週間持つか持たないかくらいの飲み水があるだけで、生きるか死ぬかの危機に直面します。人の住んでいる土地から1000マイルも離れた砂の上で孤独に震えながら眠りについた「ぼく」は、翌朝小さな不思議な声で目を覚ましました。

S'il vous plaît... dessine-moi un mouton !

ねえ、ヒツジの絵を描いてよ！（和訳は筆者による）

「ぼく」は雷に打たれたように飛び起き、目をゴシゴシこすりながら辺りをよく見まわすと、そこにはすぐく変わった恰好をした小さな男の子が、真剣な眼差しでぼくを見つめていたのです。

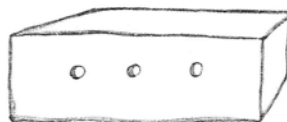


◀ 「ぼく」があとになって描いた最も上出来な王子さまの肖像画（Gallimard版「Le Petit Prince」より）

主人公の「ぼく」と星の王子さまは、このような不思議な出会いをします。誰もいるはずがない砂漠のど真ん中に、砂漠らしからぬ出で立ちで現れた男の子。あっけにとられた「ぼく」は思わず何か尋ねるのですが、王子さまはこちらの問いには答えず、相変わらずヒツジの絵

を描いてと懇願します。言われるがまま、ポケットから1枚の紙と万年筆を取り出し、いざヒツジの絵を描こうとしたその瞬間、「ぼく」は思い出すのです。あのウワバミ事件以来、大人たちの言いつけに従って、地理や歴史、算数や文法の勉強しかしてこなかったことを・・・。

ヒツジの絵などとても描けない「ぼく」と、執拗にヒツジの絵を欲しがる王子さま。苦しい状況から逃れられない主人公はふと思ひ立ち、あの絵を描いてみせます。6歳の時の作品第1号「ウワバミの外側」です。ところが王子さまはその絵を一目見るなり、「ウワバミに飲み込まれたゾウなんていないよ」と言い放ち、次の絵を要求するのです。待ち望んでいるのはただ一つ、「ヒツジ」です。いよいよ観念した「ぼく」はヒツジの絵に挑戦しますが、出来上がった作品は、重い病気にかかったヒツジや、ツノがついている雄羊や、老いてよぼよぼになったヒツジだと、次々とダメ出しされてしまいます。ついに我慢の限界が来た「ぼく」は、ぶっきらぼうに殴り書きした絵を王子さまに押し付けます。「これは箱だよ、きみの欲しいヒツジはその中にあるよ」という屁理屈をつけて。ところが思いがけず、王子さまの顔がみるみるうちに輝きだしたのです。そして箱の絵を大事そうに眺め、自分の小さな小さな家を思い出しながら、ヒツジが草をたくさん食べるかどうか心配するのです。



◀ 「ぼく」が殴り書きしたヒツジの入った箱（Gallimard版「Le Petit Prince」より）

さて、このように主人公を、そして多くの読者をも一緒に混乱に陥れた王子さまの言動ですが、それを理解するにはしばらく時間が必要です。王子さまは「ぼく」にたくさんの質問をしてくるのに、「ぼく」が尋ねることについては、一向に耳に入っている様子がありません。王子さまのことは、王子さまが偶然発した言葉から、少しずつ理解していくしかないので。王子さまはどこから来たのか、何をしようとしていたのか、ゆっくりと謎解きが始まります。

ある時、王子さまは「ぼく」の飛行機を見て、その物体が何なのか尋ねました。「ぼく」はそれが飛行機という名前を、飛ぶものだと答えました。自分は空を飛んでここにやって来たのだと、誇らしげに語りました。その時、王子さまはこう叫んだのです。

— Comment ! tu es tombé du ciel ?..

ええ？きみは空から落ちてきたの？・・・(略)

— Alors, toi aussi tu viens du ciel ! De quell planète es-tu ?

じゃあ、きみも空から来たんだね！ どの惑星からやってきたの？

『星の王子さま』が執筆された時期から遡ること6年、パイロットだったサン＝テグジュペリは機体のトラブルでリビア砂漠に不時着する事故を起こしました。1935年の年末のことです。事故当時のサン＝テグジュペリは経済的困窮の状態にあり、巨額の賞金がかかったパリ＝サイゴン間の長距離飛行記録に挑戦します。12月29日、当時のパリで最大の飛行場だったブルジュ空港から飛び立った彼のシムーン機は、翌日早朝にリビア国境東のエジプト領内の砂丘に激突しました。風向きの変化による予想外の失速や高度計の故障という不運があったものの、一番の原因はパイロットの判断ミスでした。燃料を多く積むために通信機器を外していたことも災いし、サン＝テグジュペリと整備士のプレヴォは、偶然通りかかったベドウィンの民に救出されるまで、3日間も砂漠の真ん中で生死を彷徨い続けます。『星の王子さま』はまさに、

この時の経験をヒントに描かれた物語です。

飛行機のモーターの故障で、外の世界と完全に遮断された境地に閉じ込められた主人公。外に出る術を失った意識はやがて自分の内面に向かい、一番深いところで眠っていたものを呼び起こします。目の前に佇むやや縮れた金髪の、想像力豊かで質問好きな男の子は幼い頃の自分。出会うや否やヒツジを欲しががる突拍子もない行動や、すぐ拗ねたり笑ったりする掴みどころのなさ、自分からは質問ばかりなのにこちらの質問には答えてくれないちょっと自分勝手なところなど、子供の頃の自分に少し手を焼いている、サン＝テグジュペリの姿が想像できません。物語を紡ぐパイロットと王子さまの交流は、大人になったサン＝テグジュペリと子供時代のサン＝テグジュペリの心の対話そのものなのです。

時には郵便機のパイロット、時には戦闘機のパイロットとしてアフリカの空に縁があったサン＝テグジュペリにとって、砂漠は身近な存在だったかもしれません。しかしどこまでも続く幻想的な風景と、人間の息づかいが感じられない圧倒的な孤独感は、畏敬の念を抱かせるのにも充分でした。そんな砂漠を、王子さまの姿を通して内なる自分と対峙する場に選んだことは、至極真っ当なことに思えます。

L'Amusette ラミュセット

星の王子さまのマンツの秘密

2019年12月に、星の王子さまがデザインされたグリーティング切手が発売されました。シール式の84円切手と63円切手各10枚がシートになっており、84円のシートは主に原作のイラストをストーリーに沿って配置したデザイン、63円のシートは星の王子さまを大きく配置したデザインとなっています（郵便局Webページの説明文より）。サン＝テグジュペリの故郷であるフランスでも、1998年に星の王子さまの切手が発行されており、物語の代表的な挿絵が10種類デザインされています。2000年にはサン＝テグジュペリ（肖像画と飛行機）の切手も発行されました。

ところで、これらの切手をよく見てください。何かに気付きませんか？そう、王子さまのマンツの色が異なっていますね。日本の切手に描かれたマンツは緑色ですが、フランスの方は青色です。『星の王子さま』の挿絵は、全て作者サン＝テグジュペリの手によるものですが、彼の原画をもとに出版された初版本では王子さまは緑色のマンツを纏っていました（1943年にニューヨークのレイ



▲ 2019年日本で発行された切手



▲ 1998年フランスで発行された切手

ナル&ヒツコック社から出版）。その後フランス本国のガリマール社でも『星の王子さま』が出版されることになったのですが、戦争の混乱で原画が行方不明になり、ニューヨーク版の挿絵をレタッチして作成したため色と形に違いが生じました。このような経緯で同時に青色のマンツも着こなしてきた王子さまですが、サン＝テグジュペリ生誕100周年を迎えた2000年、遺族の希望で原画の挿絵に統一することとなり、それ以降に出版された『星の王子さま』では、マンツの色は緑一色となっています。なお、レイナル&ヒツコック社は後にハーコート・ブレイス社に買収され、現在では原画の色が再現されているガリマール新版がオリジナル版とされています。

第84回 日本スペースガード協会関西支部茶話会報告

○日 時：2019年1月11日(土) 13時30分～16時30分 ○場 所：神戸市教育会館4階 402会議室
 ○出 席：12名 合田晴雄、井上清仁、遠藤恵美子、岡本きよみ、菅野松男、土井多香子、藤原康徳、森口栄一、八重樫優子、藪下信、吉田薫、今谷拓郎(記) (会員3名、非会員9名)

1. 直近2カ月で地球に接近した地球近傍小天体 今谷拓郎
2. 最近の地球近傍小天体の統計データ 今谷拓郎
3. 「天体画像を使った天文教育指導者ワークショップ@ういずあかし 2020/01/12-13」案内 今谷拓郎
4. 「スペースガード研究会@理化学研究所和光キャンパス 2020/02/29」案内 今谷拓郎
5. 「星なかまの集い@西はりま天文台 2020/02/29-03/01」案内 今谷拓郎
6. 星の王子様の記念切手 今谷拓郎
7. 講話「David Jewitt による最新の彗星写真について」 藪下信
8. 書籍紹介「宇宙からの危機 - 天体の衝突 地球は救えるか!?!」 藪下信著 藪下信
9. 講話「京都大学岡山天文台特別公開」 井上清仁
10. 「菅野氏収集の天文関連の切手展示@高知みらい科学館 2019/12/26-2020/06/14」案内 菅野松男
11. 会報紹介「あすてろいど 第99号」 吉田薫
12. 会報紹介「天界 2020年01月号」 吉田薫
13. 会報紹介「うちゅう 2020年01月号」 吉田薫
14. 「はやぶさトークライブ@バンドー青少年科学館 2020/02/24」案内 吉田薫
15. 「水運儀象台原寸復元ばなし@大阪市立科学館 2020/01/09」報告 吉田薫
16. 「はりまの星・日本の星@姫路科学館 2019/12/21-2020/01/19」案内 吉田薫
17. 書籍紹介「彗星と生命 / 藪下信著」 吉田薫
18. 書籍紹介「隕石党友の謎(別冊宝島 1999 スタディー)/高橋典嗣監修」 菅野松男
19. 「138億光年宇宙の旅@明石市立文化博物館 2019/12/21-2020/02/02」案内 菅野松男
20. 書籍紹介「138億光年宇宙の旅 / 渡部潤一監修」 菅野松男
21. 隕石の実物 菅野松男

今回の茶話会は、藪下信氏、井上清仁氏の講話が中心でした。彗星の講話では、最新の彗星写真から彗星のジェットが太陽面方向に吹いており、その影響による非重力効果を考慮すると、既知の彗星でも当初は星間彗星であったものがあるかも知れず、David Jewittらは計算を開始しているとのことであり、日本国内でも早急に計算をすべきとのことでした。また、京都大学岡山天文台の講話では、せいめい望遠鏡が最新の技術を駆使し、3.8mの望遠鏡としてはクラス最軽量であり、純国産の望遠鏡であることが紹介されました。

事務局からのお知らせ

○新会員紹介

吉田 幸子(岡山県)、齋藤 葉子(東京都)、南部 昌秀(宮城県)、猪狩 和浩(宮城県)、馬場 まり子(宮崎県)、岡野 良成(神奈川県)、中村 博文(宮崎県)、曾我 るい子(宮崎県)、林 武緒(愛媛県)、本田 寿一(奈良県)、合田 晴雄(兵庫県)、仁田原 雅夫(大阪府)、萩野 正興(岡山県)

○2020年度会費納入のお願い

会員の皆様からご納入いただいている会費は、日本スペースガード協会の活動を支える重要な財源です。まもなく納入通知をお送りいたしますので郵便局払込取扱票等によりご納入くださいますよう、お願い申し上げます。

●年会費

- ・正会員 3,000円
- ・正会員学生(院生を含む) 2,000円
- ・賛助会員個人/法人(下記A～Eのいずれかをご選択下さい)
A(3,000円) B(5,000円) C(10,000円)
D(30,000円) E(100,000円)
- ・賛助会員学生(院生を含む) 2,000円

●振込み方法

- ・郵便局の場合 □座番号 000180-9-726932
加入者名 日本スペースガード協会
- ・銀行の場合 銀行名 みずほ銀行 支店名 笹塚支店
□座番号 普通 2322151
名 義 日本スペースガード協会

○スペースガード倶楽部

スペースガード倶楽部の実施状況です。スペースガード倶楽部では会員をはじめ多くの方に小惑星の最新情報の提供や、小惑星の検出・軌道計算等を行うソフトウェアのレクチャーなどを行っています。

No.	日付	参加者	場所	講師等	備考
1	10月19日	9名	宮崎県都城市「たちばな天文台」	浅見敦夫副理事長	NEOの最新情報/小惑星探査ソフト・表示ソフトの使用法
2	10月26日	6名	秋田県仙北郡美郷町「美郷町宿泊交流館ワクアス」	豊川光雄理事	プラネタリー・ディフェンスの現状/小惑星探査ソフト・表示ソフト・findorbの使用法

○スペースガード2019スペースガード探偵団

スペースガード探偵団の実施状況です。スペースガード探偵団は、小・中・高校生を対象に地球接近天体の発見体験を行ってもらう科学体験活動です。

No.	日付	参加者	場所	講師等	備考
1	10月20日	14名	宮崎県都城市「たちばな天文台」	会津大学 寺園淳也氏他	講演「はやぶさ2が目指す太陽系科学」/BSGCの画像データ・解析ソフトを使用した新天体の検索・解析体験
2	10月27日	16名	秋田県能代市「能代市子ども館」	会津大学 寺園淳也氏他	講演「はやぶさ2が目指す太陽系科学」/BSGCの画像データ・解析ソフトを使用した新天体の検索・解析体験
3	11月17日	23名	愛媛県松山市「愛媛大学校友会」	JAXA 宇宙研 吉川真氏他	講演「小惑星リュウグウとはやぶさ2の活躍」/BSGCの画像データ・解析ソフトを使用した新天体の検索・解析体験
4	12月15日	27名	富山県富山市「富山市科学博物館」	JAXA 宇宙研 吉川真氏他	講演「小惑星リュウグウとはやぶさ2の活躍」/BSGCの画像データ・解析ソフトを使用した新天体の検索・解析体験

BSGCだよりだよ。

美星スペースガードセンターの観測員となり美星に越してきたのは今から19年ほど前。ずいぶんたったものです。それ時から長いこと借家暮らしだったのですが、3年ほど前、持ち家などあきらめかけていた頃、ちょっとした事情と幸運が重なってなんと美星町内のある場所に住宅を購入することとなりました（築40年の中古住宅だけどすてきなおうちなのだ。その自慢話は別の機会に）。うちのむすめはずっと猫が飼いたかったらしいのだけど、借家だからと我慢していたらしい。私も猫は嫌いではないし、面倒は自分（と妻）で見るといふことだし、猫オーケーしたのである。そして、むうさんが我が家に来てきた。その1年後、むすめは隣県の大学に合格して美星を離れることになった（あれ、面倒は？）。そして、妻と私とむうさんの3人（にゃん）暮らしが始まったのである。続きは・・・。

天星塵後

100号記念の「あすてろいど」いかがだったでしょうか？前号から少し間が空いてしまって申し訳ありませんでしたが、その分100号記念特別寄稿を企画し、いつもより少し分厚い作りになっています。最近、会員になっていただいた方々に、初代理事長の磯部瑠三先生と土井宇宙飛行士の関係や、スペースガード観測の発展の様子について知っていただければ嬉しく思います。感想はぜひ「あすてろいど」編集部（asteroid@spaceguard.or.jp）までお寄せください。この編集後記を書いているのは2020年5月18日です。まだまだ新型コロナウイルスの問題は続いています。岡山県の緊急事態宣言は解除され少しずつ新しい日常に移行している段階です。「あすてろいど」101号の頃にはさらに世の中が落ち着いていることを願います。

（編集委員 浦川 聖太郎）

第9話「ネコパンチ」観測員K



協力 一般財団法人日本宇宙フォーラム 表紙デザイン 西山 広太

あすてろいど (ASTEROID) 第29巻 第1号 (通巻100号)

発行日 2020年5月31日
 発行人 白井 正明
 編集人 三輪田 真
 編集委員 三輪田 真（編集長）、浦川 聖太郎、下田 哲郎、松島 弘一
 発行所 (有)いばら印刷
 岡山県井原市下出部町4-4



NPO 法人

日本スペースガード協会

Japan Spaceguard Association

<https://www.spaceguard.or.jp/>