宇宙総合学研究ユニット NEWS 2019 年 1 月号

第 12 回 宇宙ユニットシンポジウム（2/9(土)･10(日)開催）

2019 年 2 月 9 日(土)･10 日(日)にかけて、京都大学国際科学イノベーション棟にて宇宙ユニットシンポジウムを開催します。今回のシンポジウムでは、「人類は宇宙社会をつくれるか？」という挑戦的な主題を設定し、ポスターセッションや講演会、パネルディスカッションを通して、人類の宇宙進出・有人宇宙活動にかかわる様々な問題を検討します。また、副題の「宇宙教育を通じた挑戦」の通り、宇宙時代へ向けた教育と宇宙を通した教育について議論を発展させます。また、宇宙研究・開発に関する世代や立場、専門分野を超えた対話を重視し、全ての来場者が密接に議論・交流する場を設けます。2 月 9 日(土)はポスター展示交流会「宇宙研究の広場 2019」と基調講演会を、2 月 10 日(日)はシンポジウム講演会とパネルディスカッションを実施し、講演者・ポスター出展者・宇宙ユニット関係教員の著書等を販売するコーナー「手に取る宇宙」を二日間に渡り設置します。

一般参加の来場受付は専用ウェブフォームで 1 月中旬ごろから受付を開始する予定です。シンポジウムに関する最新情報は特設ページ(https://www.usss.kyoto-u.ac.jp/symposium12.html)をご覧ください。
多くの皆様のご参加をお待ちしております。

昨年度シンポジウムのポスターセッション(左)、パネルディスカッション(中)、書籍販売コーナー「手に取る宇宙」(右)

宇宙医学ワークショップ開催のご案内

2019 年 1 月 11 日（金）に分野横断プラットフォーム構築企画・宇宙医学ワークショップ「人類の宇宙進出時に必要となる宇宙医学・生物学研究」を開催いたします。

現在の有人宇宙ミッションは国際宇宙ステーション（ISS）での 6 か月間の宇宙滞在が主流です。今後は、NASA や JAXA などの宇宙機関が、月面有人ミッションや火星ミッションを計画しており、人類の宇宙滞在は数年または数十年単位になることが予想されます。そのため、宇宙環境が人体へどのような影響を及ぼすかを研究する「宇宙医学」が益々重要となります。しかし、これまでの宇宙医学はスペースシャトルミッションの 2 週間程度や ISS 滞在の 6 か月程度の宇宙滞在をした宇宙飛行士をターゲットにしたものが主流で、数年単位の宇宙滞在をした人類は存在しないため、地上での模擬宇宙環境実験しか行われていません。また、今後は民間人のサブオービタル（低軌道）宇宙旅行なども計画されており、健康な宇宙飛行士だけでなく一般の人々（高齢者も含む）が宇宙を体験する日も近い将来現実のものとなります。現在の宇宙医学はこれら一般人を対象としたものでないので、新たな観点から宇宙医学を考えていく必要があります。

そこで、各宇宙医学分野（骨格、精神心理、宇宙放射線など）で現在活躍している研究者を集め、最新の研究について意見交換を行い、日本としての宇宙医学の方向性を話し合うことを目的とし、下記のようにワークショップを開催することになりました。奮ってご参加をお願いします。

開催日時: 2019 年 1 月 11 日（金）午前 10 時 から 17 時
開催場所: 京都大学 理学研究科セミナーハウス
http://www.kyoto-u.ac.jp/ja/access/campus/yoshida/map6r_n.html
(構内マップ・10 番の建物)

問い合せ先: 京都大学宇宙総合学研究ユニット 寺田
E-mail: terada.masahiro.2m@kyoto-u.ac.jp
Tel: 075-753-9665

プログラム：（敬称略）

10:00-10:10 開会の挨拶（京都大学宇宙総合学研究ユニット 寺田昌弘）
10:10-10:35 電離放射線の健康影響（電力中央研究所 浜田信行 主任研究員）
10:35-11:00 フライトサージェンの役割 （JAXA 嶋田和人 医長）
11:00-11:25 心循環器への影響①（愛知医科大学 岩瀬敏 教授）
11:25-11:50 筋骨への影響 （久留米大学 志波直人 教授）
11:50-12:15 宇宙飛行士のリハビリテーション（杏林大学 山田深 准教授）
12:15-13:30 ランチタイム
13:30-13:55 心循環器への影響②（岐阜医療科学大学 田中邦彦 教授）
13:55-14:20 閉鎖環境影響 （JAXA 井上夏彦 主任開発員）
14:20-14:45 宇宙酔いメカニズム （日本大学 野村泰之 診療准教授）
14:45-15:10 民間宇宙旅行 （東京慈恵会医科大学 関口千春 客員教授）
15:10-15:20 休憩（グループ討論準備）
15:20-16:20 グループ討論（骨格系影響、心理的影響、心循環影響）
16:20-16:55 グループ発表・まとめ
16:20-16:55 閉会の挨拶

KPC-4 によるパラボリックフライト実施報告

2018 年 12 月 8 日、宇宙総合学研究ユニットによってパラボリックフライトが実施された。責任教員の一人として私が参加した。ただ、責任教員とは言うものの、パラボリックフライトは今回が初体験で、無重力や宇宙に関して専門知識もない。ほぼ素人の立場での体験となった。

フライト中に、自分の頭に小型カメラを付けて、自分から見える世界を録画していた。そこに、フライト中の自分の声も入っている。そのビデオを見直して、自分が何を言っているのか書き起こしてみた。

まずは、着席状態で経験した本当に最初の無重力状態での私の発言は次のようなものだ。

「おっ、おほっ、うわー、おー、おおおー、ほほほぉ、ははは、あはは、ははっ、ははははは、うわはあ、うおーあ。」

もはや言葉になっていない。叫んでいるだけである。目の前で、席から離れて自由に空間を遊泳できる状態の参加者ふたりが、宙に浮かんでクルクル回っていた。人が空中に浮かぶ。これまでまったく目にしたことがない光景に驚くばかりだった。

続いて、自分が席から離れて空間を自由遊泳した。そのときの発言はこうだ。

「うおーーぉ、うわあああああ、どこだおれは、おれはどこだ、あは、あれ、おれはどこだ、ああー、おれはどこだ。」

重力がなくなり、体が上下左右に回っていく。自分の体がどうなっているのかよく分からなくなった。教員という立場を完全に忘れ、純粋に無重力を楽しんでしまった。

無重力状態での集合写真

説明が前後してしまったが、パラボリックフライトは、航空機を自由落下運動させて、航空機内に無重力状態（正確には完全に無重力にならないので微小重力というのが正しい）を作り出すものである。また、自由落下運動する前に、斜め上に速度を付けて飛び出す段階があり、ここでは通常の重力の最大約 2 倍の過重力がかかる。こうした無重力と過重力において我々の認知機能にどのような変化が起きるのか。それを探るのが、本ユニットでおこなうパラボリックフライトの目的である。2017 年度に始まった事業で、今回で 4 回目のフライトとなる。詳しくは、次のホームページと過去のユニット News を参照していただきたい。https://www.moon.kyoto/

今回の学生の参加者として、多数の応募の中から書類審査と面接を経て、5 名の搭乗員と 1 名のバックアップ・サポート員が選ばれた。総合人間学部で小説家の糟谷さん、工学部で天文同好会の金井さん、工学部で準硬式野球部マネージャーの星之内さん、理学部でマジックサークルの三上さん、そして唯一の大学院生の教育学研究科の澁川さんという個性豊かな 5 名の搭乗員に、サポート員は農学部の伊藤さん、そして教員としてユニットの寺田先生と私である。フライト中は、搭乗員の学生のみんなに、教員が計画した認知課題をおこなってもらった。結果は、2019 年 2 月のユニットシンポジウムで発表されることになっているので、多くのかたに参加して興味を持っていただければ幸いである。

認知課題とは別に、フライト中に自由に過ごせる時間も設けた。私は、澁川さんからの誘いをうけて、うどんをこねることにした。無重力になる前の過重力、通常の重力の 2 倍の 2G の状態でうどんをこねる。名付けて 2G うどんである。実際にはこねるというより、袋に入れたうどん粉を足で踏む。やってみると、2G の状態では自分の足を上げるのが大変で、踏む動作がうまくできなかった。私はフライト後に別の用事があって、残念ながら 2G うどんを食べることができなかったが、味わった学生の皆さんによるとおいしかったそうだ。このニュースをご覧の皆さんには、最後に写真だけ紹介したい。

（野生動物研究センター教授　平田聡　記）

2G うどん

第 11 回宇宙学セミナー開催報告

12 月 6 日（木）に中野不二男 特任教授（宇宙総合学研究ユニット）の講演を第 11 回宇宙学セミナーとして開催いたしました。今回のセミナーは、宇宙政策とデュアルユースに関する話題で「Dual-Use という考え方」という演題でした。様々な学術研究・技術開発における民生利用的側面と軍事利用的側面の「Dual-Use：用途の両義性」と、その具体例・歴史的背景・政策的判断の裏側・宇宙産業への影響を交えて、解りやすくご紹介いただきました。日米衛星調達合意(スーパー301 条)や、1969 年の衆議院本会議にて全会一致で可決された「わが国における宇宙の開発及び利用の基本に関する決議案」などが、日本の宇宙開発全体に多大な影響を及ぼしてきた事の紹介を通して、誰も否定しようのない金科玉条の文言が研究の自由を拘束してしまう危険性を指摘するとともに、「静かな抑止力を示すこと」と「用途の両義性より先に機能の両義性を議論すること」の重要性について指摘がありました。質疑応答の時間には、防衛装備庁の「安全保障技術研究推進制度」に対する日本学術会議の声明や、2018 年 3 月に制定された「京都大学における軍事研究に関する基本方針」、天文学会における議論や海洋研究業界での対応状況まで様々な意見交換が行われました。 (水村好貴 記)

第 12 回宇宙学セミナー開催報告

第 12 回宇宙学セミナーを、12 月 25 日（火）に北川聡一 特任講師（宇宙総合学研究ユニット）を迎えて、「ものづくり企業で働くこと ~産業機械の開発・設計・営業を経験して~」という内容で開催しました。講演では北川氏のものづくり企業での勤務経験をお話しいただきました。特に、入社時の戸惑いなど学生にとって近い将来起こり得る内容から、大学など研究教育機関との文化の違い、企業精神、特許や実用新案を取り巻く状況、開発プロジェクトの進み方とタイムスケール、生産設計体制の一例、産業機械の受注・設計・製作・調整の業務の流れ、産業機械の図面や契約書の形式、性能保証の現場など、普段聞くことが出来ない情報までご紹介いただきました。また、R. P. Feynman の言葉を紹介するとともに、近年の製造メーカーにおける品質問題の事例を複数取り上げて、問題の本質と如何にその問題を発生させないかを参加者と議論しました。（水村好貴 記）

開催報告：「観光からみた宇宙３」シンポジウム

和歌山大学国際観光学研究センター（CTR)と宇宙ユニットとの共催の「観光からみた宇宙 3」シンポジウム（12 月 1 日(土)13:30-グランフロント大阪北館タワーB10 階）に参加して来ました。和歌山大の尾久土正己教授、中串孝志准教授、秋山演亮教授らのしっかりした運営でとても楽しいシンポジウムとなっていました。 基調講演「タレントとして宇宙を伝えること」の黒田有彩さん（放送大学の講座「初歩からの宇宙の科学」アシスタントなどでも有名）の楽しいお話、尾久土さんの活動報告「『宇宙×その他』、『その他』をいかにひねり出すか」、私の報告「天空をキャンバスに、自然は想像もつかない絵を描く」（元宇宙ユニット専任教員の浅井さん(現・企画戦略室メンバー)・磯部さん(現 BBT 部門特任准教授)からいただいた資料を使いました）と続きました。中串さんも加わったパネルディスカッション「宇宙を伝える」も含め、どれもきわめて興味深く、ためになりました。（長田哲也 記）

系外惑星探査講習会開催報告

11 月 15、20 日、12 月 4 日の 3 回に渡って、系外惑星探査講習会が開催された。系外惑星探査に興味を持つ 14 名の学生が講習会に参加し、宇宙ユニット RA の農学研究科博士後期課程の三木健司氏と技術補佐員の出口雅規の指導の下、冷却 CCD カメラによって花山天文台で観測された測光データから光度曲線を作成するために必要なソフトウェアの扱いを習得した。早速学生の中には、脈動変光星によるものと思しき周期的な変光を示す天体を発見する者も出ている。これまで追試観測が主だった宇宙ユニットの系外惑星に関する活動は、今後はサーベイ観測も同時に行い、新規の系外惑星の発見も目指していく計画である。（出口雅規 記）

今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	場所
1 月 11 日（金） 10:00~17:00	宇宙医学ワークショップ「人類の宇宙進出時に必要となる宇宙医学・生物学研究」	会場：京都大学 理学研究科セミナーハウス 学生・研究者対象
2 月 9 日（土） 13:00~17:30 2 月 10 日（日） 10:00~17:30	第 12 回 宇宙ユニットシンポジウム 「人類は宇宙社会をつくれるか？―宇宙教育を通じた挑戦―」 2 月 9 日 ポスター展示交流会「宇宙研究の広場 2019」＋基調講演 2 月 10 日 シンポジウム講演＋パネルディスカッション	会場：京都大学国際科学イノベーション棟 5 階 一般対象

※宇宙学セミナーの詳細は随時 Web ページ（http://www.usss.kyoto-u.ac.jp/seminar.html）で公開いたします。

花山天文台における系外惑星観測

土井 隆雄 特定教授

（学際融合教育研究推進センター 宇宙総合学研究ユニット）

2017 年 1 月より花山天文台において系外惑星観測を行っている。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の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、株式会社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 1 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ルーフ観測小屋に、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 時間に及ぶ。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 2 は、現在まで 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。2018 年は 2017 年に比べて約 2 倍の観測が行われているのは、専任観測員の出口雅規氏の系外惑星観測活動への参加による。

図 1　花山天文台における系外惑星観測システム

図 2　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、肉眼による最微光星は約 3 等星であり、京都市及び山科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。

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 55 回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 3 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、主星の直径が分かっていれば、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。

図３　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。

表 1 は、昨年 9 月に花山天文台で行われた第 2 回有人宇宙学実習（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。

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

上段黒字は、学生による計算値。下段青字は、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

宇宙ユニットでは 2018 年秋より、今までの観測データを使って新しい系外惑星を探す系外惑星探査活動を開始した。そのための学生ボランティアを現在募集している。探査活動参加希望学生に対して、これまで３回の系外惑星探査講習会を実施した。学生による探査活動では、宇宙ユニット実験室に設置された端末を使い、画像処理プログラムを利用して、観測画像中のすべての星の光度曲線を取得する。非常に地道な活動であるが、未知の変光星の発見の可能性もあり、発見の感動を味合うことのできるプロジェクトである。観測活動においても、2 台の望遠鏡のうち 1 台を使い、銀河面に沿って新しい系外惑星発見のための掃天を開始している。

宇宙ユニットは、また、総合生存学館と協力して、2019 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したいと考えている。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される。

京都大学　宇宙総合学研究ユニット
http://www.usss.kyoto-u.ac.jp/
〒606-8502 京都市左京区北白川追分町 吉田キャンパス北部構内 北部総合教育研究棟 403 号室
編集人：出口雅規
Tel＆Fax: 075-753-9665 Email: usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp