宇宙総合学研究ユニット NEWS 2018 年 8 月号

サマースクール募集開始！！(締切~8/7 正午)

2018 年サマースクールの募集を開始しました。今年のテーマは「宇宙への移住は可能か？」で、①移住可能な惑星条件、②宇宙環境の人体への影響、③宇宙進出における倫理・法的観点、の 3 方面の専門家からの講義を予定しています。また、グループ討論では（A）宇宙基地構想、（B）人体影響へのカウンターメジャー、（C）宇宙社会コミュニティー構想、に分かれて活発な議論を期待します。

詳細は宇宙ユニット HP(http://www.usss.kyoto-u.ac.jp/)に掲載してありますので、ご参照下さい。

日時：8 月 21 日（火）・22 日（水）（各日程、日帰り）
会場：京都大学 理学研究科セミナーハウス
募集対象：京都大学学部生・大学院生（25 名程度）
参加費：無料（食費・コーヒー代など除く）
応募方法：ウェブサイト上のフォーマットに記入の上 usss@kwasan.kyoto-u.ac.jp へメール送付

火星大接近天体観望会のお知らせ

最近、夜中にふと東から南の空を見ると、とても明るく輝く赤い天体があるなあと気になっている方はおられませんか？それは火星です！火星と地球はどんどん距離が変わっていき、一番近いときが一番明るく見えます。だいたい 2 年 2 ヶ月ごとに近づくのですが、地球も火星も楕円軌道を回るため、一番近いときの距離というのも変わっていきます。そして、この 2018 年 7 月 31 日(火)には、2003 年 8 月以来 15 年ぶりに距離が 6 千万 km を切り、-2.8 等もの明るさになります。

京都大学と火星は実はつながりが深く、京都市山科区にある京都大学花山天文台の第 3 代台長だった宮本正太郎氏は、1956 年から 1976 年の 20 年間にわたって火星のスケッチを続けました。

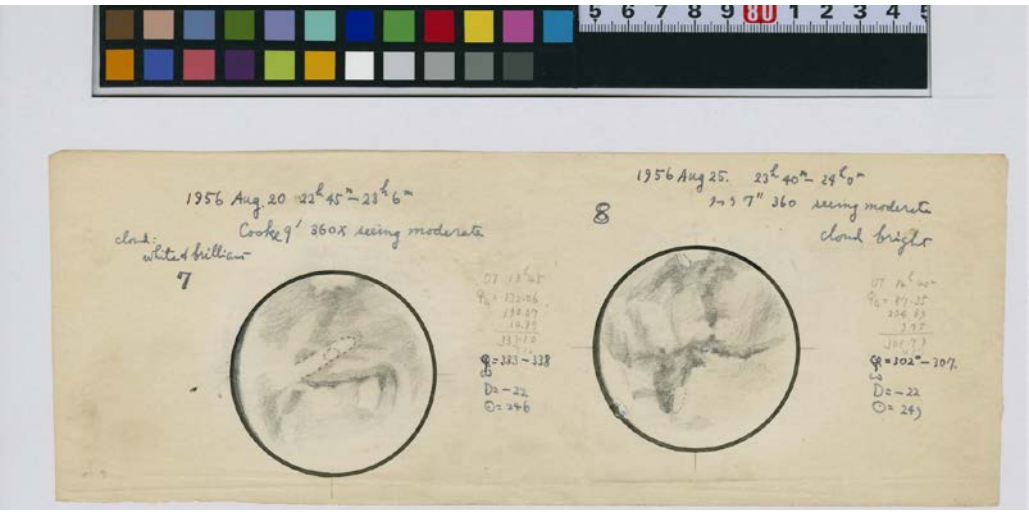

図 1. 宮本正太郎氏の火星スケッチ．左側の日付は 1956 年 8 月 20 日，右側は偏東風発見のときのスケッチで、日付は 1956 年 8 月 26 日.

このスケッチでの模様の変化から、火星には偏東風が吹いていることを発見し、火星の気象学という新しい学問分野を開拓しました。スケッチは今も残っており、図１の右側は 1956 年 8 月 25 日のスケッチで、まさに偏東風の証拠となったものです。

7 月 31 日(火)、8 月 1 日(水)、8 月 2 日(木)には、今回の火星の大接近をみんなで見よう！ということで、花山天文台が主催となって**京大吉田南グラウンド**で天体観望会を行ないます。いずれの日も 19 時からで、**参加費無料、事前申し込み不要**となっています。火星以外にも、金星、木星、土星も見ることができますし、野外講演会も企画されています。ぜひ気軽に足を運んでみてください。ちなみに、1956 年は 9 月 7 日が大接近の日で、このときは今回とほぼ同じくらいの大きさに見えていたはずです。

さてあなたには宮本正太郎氏と 同じように火星を見ることができるでしょうか？ （野上大作 記）

第 6 回宇宙学セミナー開催報告

第６回宇宙学セミナーは、7 月 11 日に帝京科学大学篠原正典准教授を迎えて開催されました。当日は有人宇宙学実習に参加する学生も合わせ、17 名の参加者がありました。篠原先生は、イルカの行動研究の専門家ですが、環境科学技術研究所によって行われたミニ地球プロジェクト（2 名、最長１ヶ月）に居住者として参加されたご経験があります。今回はその閉鎖環境実験の経験を元に、「バイオスフィア実験を経験して考える人類の宇宙進出に必要なこと」というテーマでご講演いただきました。アメリカや中国で行われた閉鎖環境実験を例に、将来人類が地球を離れた宇宙環境で長期間持続可能な社会活動をする際の課題について議論されました。篠原先生によれば、現在の地球の人口を支えるためのエネルギーは、理論的には地球１つ分をすでに超えており、地上のみでは持続可能に存続できないとのことです。そのため、宇宙に進出することは一つの手段となります。しかし、この宇宙進出には、人類が今後も存続し続けることができるのかが重要ですが、現代社会は過去と比較すると極端に殺人による死亡率が少なく、その点から考えると高度な科学技術により人類が滅ぶとは考えにくいとのことです。そこで、将来の宇宙進出に備え、閉鎖環境実験のような模擬環境での研究の積み重ねが大切であることを述べられました。（寺田昌弘 記）

ExoKyoto セミナー「ハビタブル惑星への旅」開催報告

7 月 8 日（日）、「ハビタブル惑星への旅」と題してセミナーが開催された。当日は豪雨開けであったが多数の方が参加した。

はじめに、山敷庸亮教授が、現在ハビタブルだと考えられる惑星の中で、よく知られた Proxima Cen b と Ross-128 b のほか、くじら座タウ星 e (tau Cet e) (11.9 光年)と Wolf 161 b(13.9 光年)に言及したが、恒星間移動速度が光速の 7%だとしても、それぞれ 170 年、198 年かかる。恒星間推進システムとして、IC チップ大のナノ探査機をレーザー光で加速させる Starshot 計画のほか、核弾頭 30 万個を３秒に１度ずつ爆発させ推進力に用いるオライオン計画、そして Steven Howe らの HBAR Technologies が提案している反物質エンジン, Rene Heller らの太陽帆による減速などが紹介されたが、いずれも光速の 20%を超える提案はない。

続いて磯部特任准教授がワームホールを用いたワープ技術についての理論的考察を踏まえた紹介を行ったが、この方法が実現すれば、SF 映画での「ワープ」が現実になるようだ。磯部准教授はしかし、まず火星の入植について、いわゆる「片道切符で移住」を志す新しい人類と、火星に移り住んだあとの「人類」の「進化」「適用」の問題、そして最後に恒星間飛行を志すのであれば数千年の寿命がある「樹木」

のようになるくらいの「人類の革命」が必要だと説いた。

最後に寺田宇宙ユニット特定准教授の発表では、自らが長年専門として携わる「宇宙医学」について紹介し、実際の宇宙飛行を行う人々の健康維持管理の問題で、いわゆる「ムーンフェイス」の原因、微小重力下での健康維持のための秘訣、地球周回軌道での宇宙飛行士の健康状態とその対策などについて NASA-AMES での活動経験を通じて述べ、次に有人火星ミッションの健康維持の困難さについて指摘した。寺田准教授によると、恒星間有人ミッションの健康影響評価は、現状では「想定すらされておらず、かなり困難」であるとのことであった。

講演者と ExoKyoto に参加している守山高校生徒と卒業生の皆さまの集合写真

講演後は参加者とのディスカッションとなった。系外惑星への旅、すなわち恒星間移動は、今の人類の技術水準、社会的要請からはまだまだ先の話であるが、いわゆる「平時」にそのための「準備」を始めることは重要なのではないか？（山敷庸亮 記）

宇宙ユニット共催、宇宙・地球環境災害研究会ミニワークショップ「ハビタブル惑星とテラフォーミング」開催報告

7 月 11 日（水）、「ハビタブル惑星とテラフォーミング」ミニワークショップを、大学院総合生存学館大講義室にて開催しました。当日は、寶馨総合生存学館長の挨拶にはじまり、山敷庸亮教授と佐藤啓明氏（京都大学工学部）が現在米国で議論・計画されている火星のテラフォーミングについて紹介しました。まずは CO_2 をどのように火星の大気に増やすかが鍵で、それをどのように効率的に CO2 を確保することが可能か、また SF_6 を用いようという試みなどが紹介された。これにより火星に大気が確保されれば、レイリー散乱により火星の空が青くなり、かつ水が液体で存在することができ、「青い火星(Blue Mars)」が実現する。次に低圧低温環境下で育つ松の木を利用して植生を育む。これにより、「緑の火星（Green Mars）」が実現するという。ただ、磁場が存在しないことなどいくつかの問題も指摘されており、NASA などは人工的に磁場を作り上げることまでも検討しているようです。つぎに、「海洋気候相互作用とハビタブルプラネット」と題して、スワヒディン・ベヘラ 海洋研究開発機構アプリケーションラボラトリ所長・東京大学新領域創成科学研究科連携教授が発表を行った。ベヘラ博士は、地球上での海洋気候相互作用の例として、エルニーニョ・ラニーニャのほか、インド洋ダイポールモードなどについての解説のあと、古代の火星に存在した海洋の流れについて解説し、海のあったころの古火星におけるハビタブルゾーンは北極地方沿岸と、南半球の湖周辺だとの見解を述べた。また地球のような赤道を横切る海洋はなく、地球のシステムと大いに異なる状況になるとの解説を行った。本シンポジウムは、ILAS セミナーハビタブルアース受講生のほか、様々な関係者の参加があった。（山敷庸亮 記）

今後の宇宙学セミナー・関連イベントなど

日時	内容	場所など
7 月 31 日（火） ～8 月 2 日（木） 各日ともに 19:30—22:00	火星大接近天体観望会（共催） 15 年ぶりの火星大接近に合わせ、小型望遠鏡を用いた天体観察（金星、木星、土星、火星）を実施。ミニ講演会、天体映像上映会なども随時開催。参加費無料、申込不要。	会場：京都大学吉田南グラウンド 主催：京都大学理学研究科附属天文台 お問い合わせ： http://www.kwasan.kyoto-u.ac.jp
8 月 21 日（火） ～22 日（水）	宇宙学サマースクール 2018 (主催)	京都大学理学研究科セミナーハウス
8 月 25 日（土） ～26 日（日）	木と住まいの大博覧会 2018 京都 “住宅に関する最先端の情報、住宅機器から伝統技術まで。住まいの？を解決しあなたのニーズにこたえます！”（Web より引用） 宇宙ユニットも宇宙木材利用研究会のポスター出展予定 要参加申込、入場無料。	会場： 京都パルスプラザ，〒612-8450 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 5 お問合せ：https://www.nicefair.com/contact/index.php

※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。

PEZY-SC を用いた月形成に関する N 体計算

佐々木 貴教 助教
（理学研究科 物理学・宇宙物理学専攻 宇宙物理学教室）

最近いろいろと世の中を賑わしている「PEZY-SC」を用いて、月形成に関する超高解像度 N 体計算を行いましたので、簡単に報告いたします。

PEZY-SC とは、PEZY Computing 社が開発した低消費電力型のコアプロセッサです。同社は、昨年末に社長が助成金に関する詐欺容疑で逮捕され、悪い意味で有名になりました。この詐欺事件については、みなさんも記憶に新しいところかと思います。さて、詐欺事件そのものはもちろん許されないものでしたが※、同社が開発した PEZY-SC は非常に革新的なコアプロセッサであり、消費電力性能において世界一位を連続して獲得してきた実績があります。そこで我々は、PEZY-SC を搭載したスーパーコンピュータ「菖蒲」（理化学研究所設置；図１）を用いることで、先行研究とは比べものにならない圧倒的な超高解像度での月形成計算を行うことを目指しました。（※私は PEZY-SC の単なるユーザーなので、当然詐欺事件には何の関わりもありません）月は、地球への火星サイズの天体の衝突、いわゆる「ジャイアントインパクト」によって形成されたと考えられています。ジャイアントインパクトに伴って、地球および衝突天体の一部が破壊・溶融・蒸発し、地球の周囲に「原始月円盤」と呼ばれる円盤状の構造を作ります。この原始月円盤の中で、冷え固まってできた無数の岩石の破片が互いの重力によって合体し、いずれ一つの月を形成することが数値シミュレーションによって示されてきました。こうした大量の天体同士

の重力相互作用の計算を「N 体計算」と呼びます。N 体計算は非常に大きな計算機パワーを必要とするため、先行研究における原始月円盤からの月形成の計算は低解像度（粒子数 1 万程度）のものしか存在していませんでした。しかし現実の岩石破片のサイズでの月形成過程を再現しようとすると、その 1,000 倍にあたる粒子数 1,000 万程度での計算が必要となります。

今回我々は、PEZY-SC 上で動作する N 体計算コードを新たに開発し、スーパーコンピュータ「菖蒲」を用いることで、見事 1,000 万粒子での月形成 N 体シミュレーションに成功しました（図２）。本研究では、月形成過程を複数の解像度での N 体計算によって検証することで、原始月円盤内に生じるスパイラル構造が、低解像度（10 万粒子以下）の場合と高解像度（100 万粒子以上）の場合で異なることを明らかにしました。またその結果、原始月円盤内における角運動量輸送率、およびそれに伴う月形成のタイムスケールも数値計算の解像度に依存することが判明しました。以上の結果については、Astrophysical Journal 誌に査読論文として掲載されています。

現在、PEZY-SC を用いて月形成に関する別の計算も行っているところです。月形成過程についてはまだまだ不明な点も多く、今後も強力な計算機を用いた数値シミュレーションを継続的に行っていくことが重要です。新しい結果が出たらまた報告させていただこうと思いますので、どうぞご期待ください。

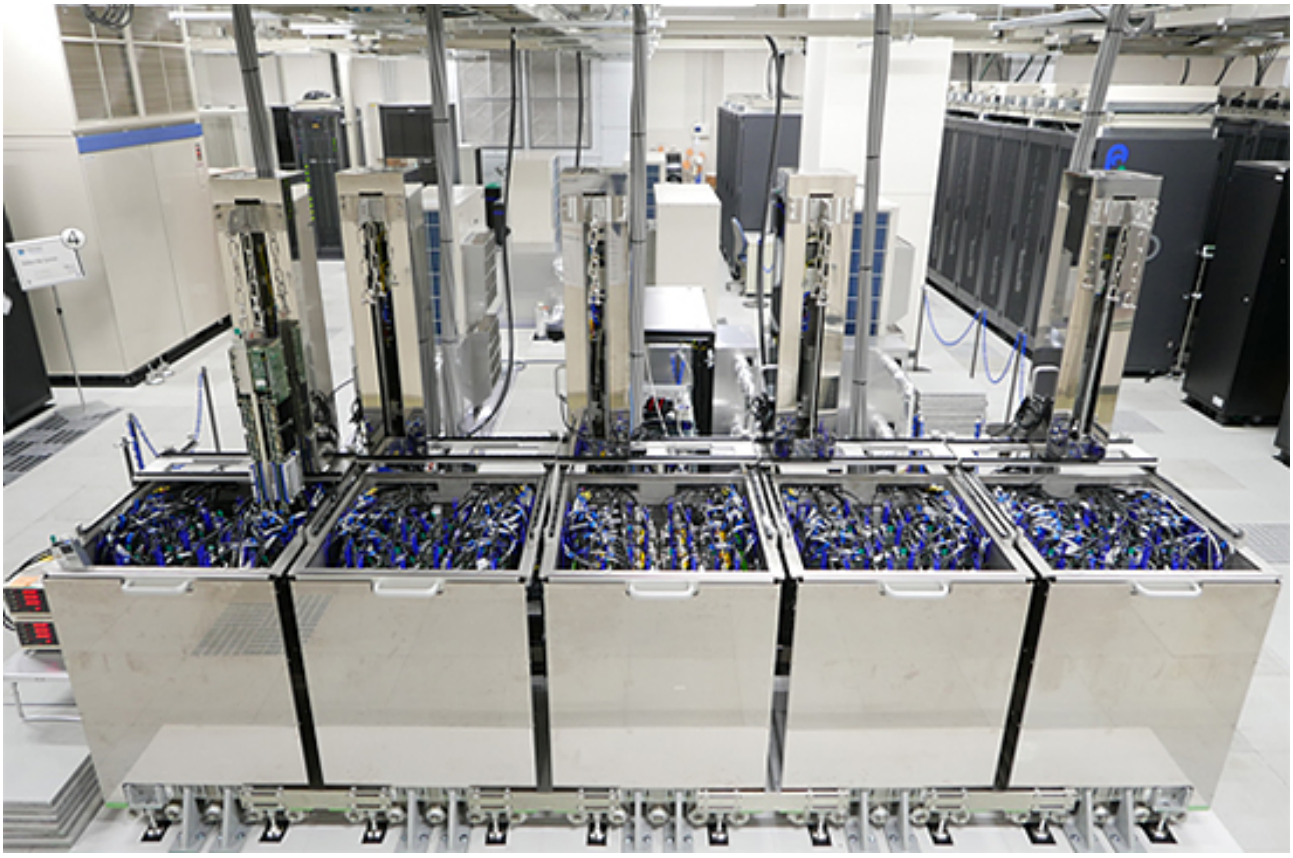

図１． PEZY-SC を搭載した液浸冷却スーパーコンピュータ「Shoubu（菖蒲）」の全景。
（引用：理化学研究所ホームページ
http://www.riken.jp/pr/topics/2015/20150804_1/）

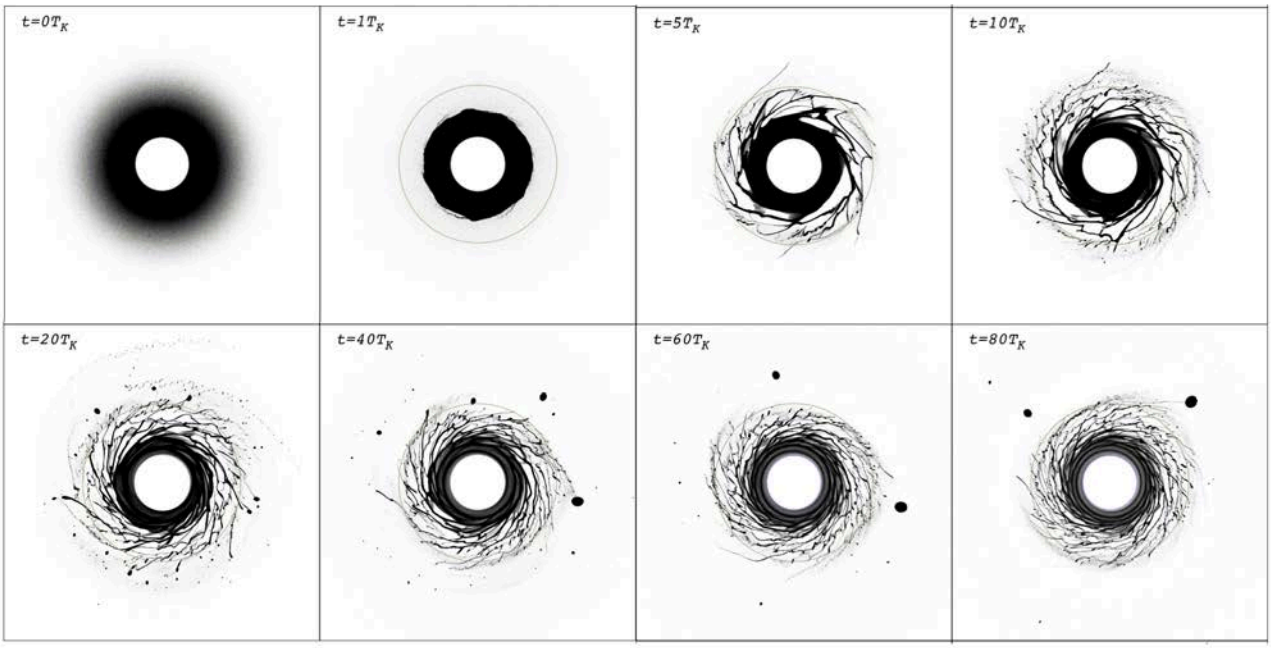

図２． 1,000 万粒子を用いた月形成 N 体シミュレーションの結果。左上から右下に向かって時間が進んでいる。真ん中の白い丸は地球、外側の緑色の丸はロッシュ限界半径と呼ばれる軌道で、この軌道のすぐ外側あたりに月が形成される。

論文：

Takanori Sasaki & Natsuki Hosono, Particle Number Dependence of The N-Body Simulations of Moon Formation, *Astrophysical Journal* **856**, 175(14pp) (2018)

月形成シミュレーションの動画：

https://www.youtube.com/watch?v=Lz_NYMa5ThM

ホームページ：

Sasaki Takanori Online (http://sasakitakanori.com)

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