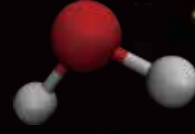
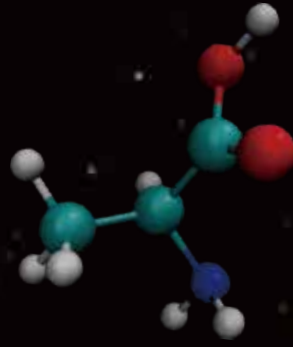
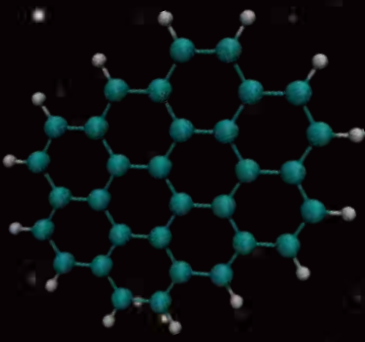


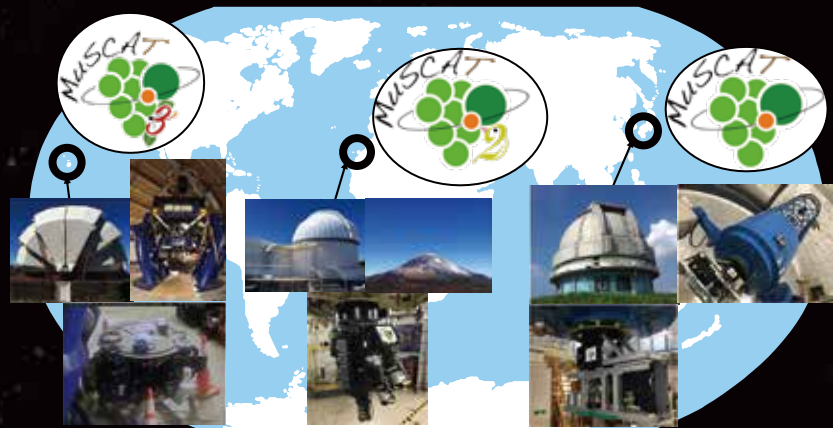
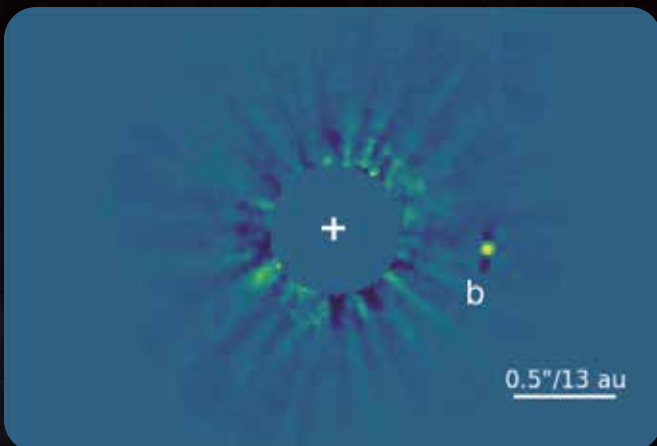
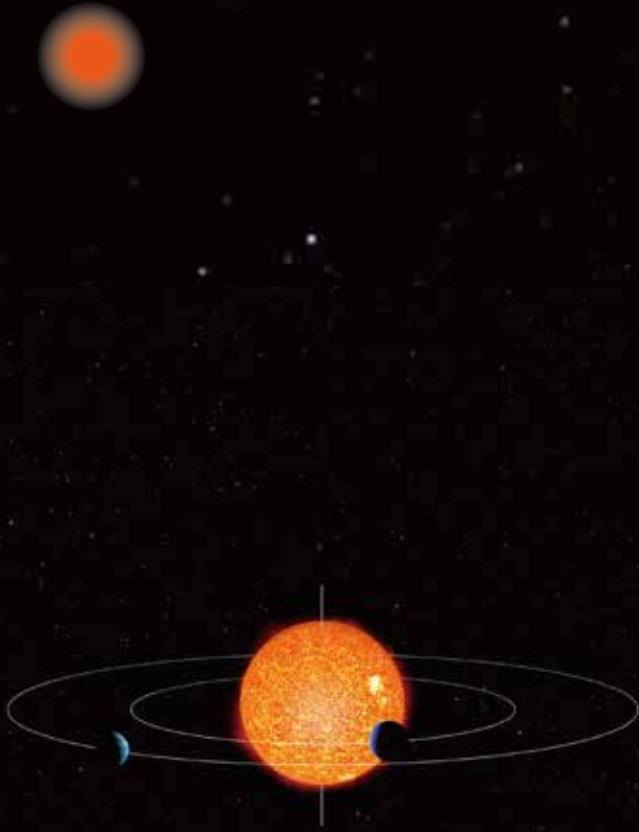
日本語版



Astrobiology Center

ANNUAL REPORT

2020



【表紙説明】

低温度星周りの地球型惑星のイメージ。上部の分子モデルは右から水分子・L-アラニン・多環芳香族炭化水素。

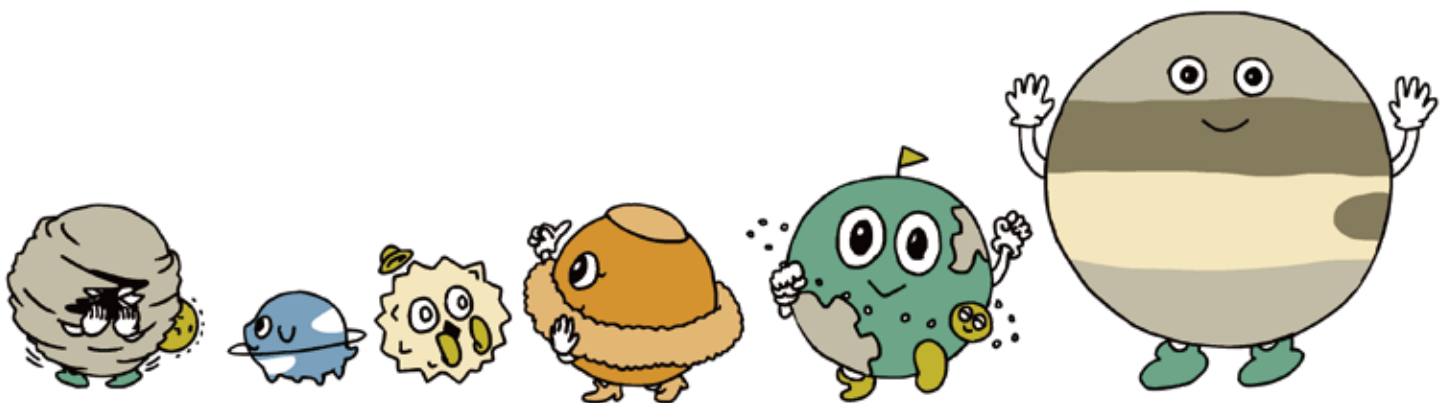
図：【左上】惑星系誕生直後の軌道イメージ図(2020年9月4日ABCリリース)、【左下】SCEXAO/CHARISによるHD33632Abの直接撮像画像。詳細は研究ハイライトを参照(2020年12月11日リリース)【右下】2020年9月にファーストライトを迎えたMuSCAT3の完成に伴い、多色トランジット撮像装置MuSCATシリーズが完成した。地図の右から岡山188cm望遠鏡およびドームとそこに搭載されたMuSCAT、中央がスペイン・テネリフェ島にあるテイデ山とその中腹にある1.5m望遠鏡ドームおよび望遠鏡に搭載されたMuSCAT2、左がハワイ・マウイ島にある2m望遠鏡およびドームと、そこに搭載されたMuSCAT3。

画像提供：

HD33632Ab: T. Currie, NAOJ/NASA-Ames

Mitaka: (c)2005 加藤恒彦, 4D2U Project, NAOJ (一部改変)

ゆるキャラ：Hayanon Science Manga Studio



アストロバイオロジーセンター一年次報告

第4冊 2020 年度

目次

はじめに

組織	03
活動状況	06
研究ハイライト	08
研究連携	26
成果論文・発表リスト	40
財務	78
外部資金	79
大学院教育	80
公開事業	81
海外渡航	81
年間記録	82

はじめに

アストロバイオロジーとは、宇宙を舞台として生命を宿せる場やその存在を探索し、地球上だけにとらわれることなく生命の起源や進化を議論する新しい学問です。天文学、惑星科学、生物学、生命化学、地球科学、工学など非常に多岐にわたる学際的学問と言えます。

太陽系の外に存在する惑星（系外惑星）の探索が過去**25**年間に著しく進展したことを受け、宇宙に無数に存在する系外惑星という「新世界」における生命を科学的に議論できる土壌が急激に熟成しています。数千個もの多種多様な系外惑星が既に発見されており、我々の太陽系だけを基に理解されてきた惑星の形成や進化の研究に革新を迫るだけでなく、生命の存在が可能なハビタブルゾーンにある地球に似た惑星の観測もスタートしています。この状況はまさに、アストロバイオロジーの本格的な幕開けの時代が来たと言えるでしょう。

このような背景の下、大学共同利用機関法人自然科学研究機構では、系外惑星の研究を柱としたアストロバイオロジーの展開を目指した新機関「アストロバイオロジーセンター」を**2015年4月**に設立致しました。本年次報告の**2020**年度は、下記のような当センターが主導する第一期の装置による科学的成果が本格的に出始める段階となりました。

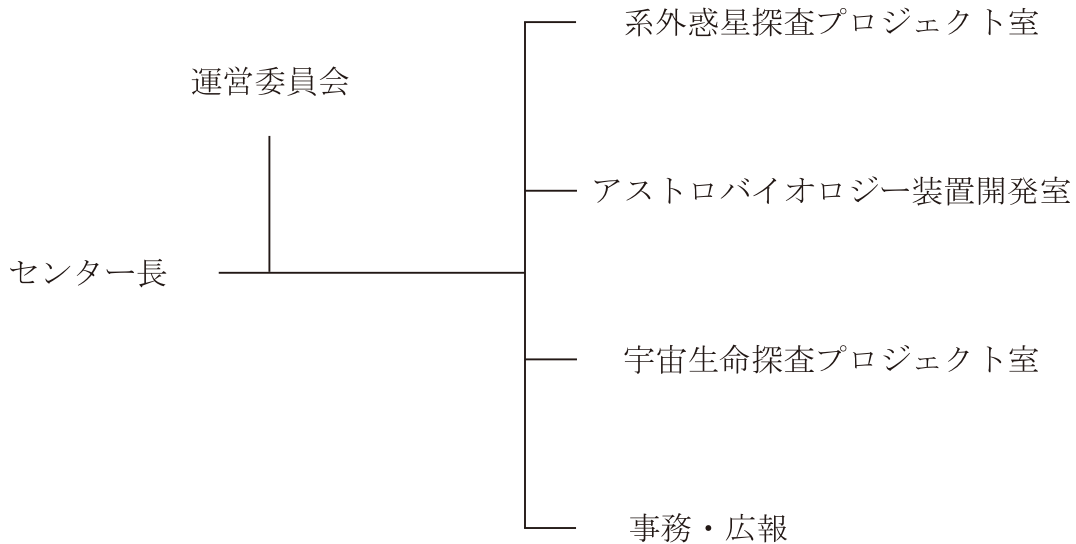
国内外におけるこれまでの系外惑星の研究の発展をさらに展開するためにも、当センターは不可欠な役割を果たします。すばる**8m**望遠鏡における**SEEDS**プロジェクトにより「第二の木星」や多数の「惑星形成現場」を直接に撮影することに成功したことは、将来の**TMT30m**望遠鏡において、同様の手法で地球型惑星の撮像・分光に迫るための基幹的技術の実証になります。その前段階として、すばる望遠鏡における超補償光学系**SCEXAO**を用いた系外惑星の撮像分光観測が実現され、直接観測により新しい惑星も発見されつつあります。また、高精度赤外線分光器**IRD**や**TESS**衛星のフォローアップカメラ**MuSCAT2**および**3**による、我々のごく近くにある多数の軽い恒星（太陽のような星とは違う環境）での大規模な第二の地球の探索が進んでいます。そのような異環境における生命の証拠の生物学的な研究も当センターのミッションであり、天文学と生物学が密接に結びついた成果を活発に発信して行きたいと思えます。



アストロバイオロジーセンター センター長 田村 元秀

1. 組織

1.1 アストロバイオロジーセンター組織図



1.2 職員数・研究組織・運営委員

2020年度：

(2021年3月31日現在)

常勤職員	センター長 (特任教授)	1
	理事	1
	外国人特命教授	2
	研究教育職員	6
	[内訳] 助教	6
	年俸制職員	11
	[内訳] 特任准教授	1
	特任助教	3
	特任研究員	6
	特任専門員	1
非常勤職員	短時間契約職員	8

・幹部職員

理事 常田 佐久 (国立天文台台長)

センター長 田村 元秀 (CA, 本務: 東京大学)

・系外惑星探査プロジェクト室

室長・特任教授	田村 元秀
助教	中島 紀
助教	平野 照幸
特任助教	堀 安範
特任研究員	寶田 拓也
特任研究員	Nugroho, Stevanus K.
RCUH	工藤 智幸
RCUH	原川 紘季
研究支援員	神鳥 亮

・宇宙生命探査プロジェクト室

室長・特任准教授	滝澤 謙二
特命教授	Meadows, Victoria (CA, 本務：ワシントン大学 /NASA)
助教	定塚 勝樹
助教	藤田 浩徳
特任助教	葛原 昌幸
特任研究員	小松 勇
特任研究員	鈴木 大輝
特任研究員	小杉 真貴子
技術支援員	石根 直美
技術支援員	江川 あかね
技術支援員	武川 永子

・アストロバイオロジー装置開発室

室長・助教	周藤 浩士
特命教授	Guyon, Olivier (CA, 本務：アリゾナ大学)
助教	小谷 隆行
助教	西川 淳 (機構内併任、本務：国立天文台)
特任助教	橋本 淳
特任研究員	大宮 正士
特任研究員	高橋 葵
RCUH	Vievard, Sebastien
研究支援員	黒川 隆志

・ 広報 / 事務 / 総務

特任専門員	日下部 展彦
事務支援員	片岡 幸枝
事務支援員	市野 更織
事務支援員	山口 千優

※ CA: クロスアポイントメント

※ RCUH: ハワイにおける派遣職員

1.3 運営委員会構成員

2020年度 12名

常田 佐久	理事 / 国立天文台 台長
田村 元秀	センター長 / 東京大学大学院理学系研究科 / 国立天文台 教授
観山 正見	広島大学学術室 特任教授
井田 茂	東京工業大学地球生命研究所 教授
小林 憲正	横浜国立大学大学院工学研究院 教授
高井 研	海洋研究開発機構超先鋭研究開発部門 部門長
田近 英一	東京大学大学院理学系研究科 教授
山岸 明彦	東京薬科大学生命科学部 名誉教授
吉田 哲也	宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 教授
大石 雅寿	国立天文台 特任教授
皆川 純	基礎生物学研究所 教授
藪田 ひかる	広島大学大学院理学研究科 准教授

2. 活動状況

2015年4月に組織再編（「宇宙における生命」研究分野の発展的改組）により、機構直轄の国際的共同研究拠点として、アストロバイオロジーセンター（以下、「センター」という。）が設置された。センターは、TMTなどの次世代超大型望遠鏡の完成・運用開始を見据え、宇宙に生命の存在確認を目指す「アストロバイオロジー」を重点推進することをミッションとする。海外の大学・研究機関から研究者を招致するとともに、基礎生物学研究所をはじめとする機構内の関係機関及び大学等と連携し、国際的且つ先端的な共同利用・共同研究を推進している。

2018年1月より、国立天文台の太陽系外惑星探査プロジェクト室が発展的解消を遂げ、全てをアストロバイオロジーセンターが引き継いだ。2018年度は系外惑星探査プロジェクト室・アストロバイオロジー装置開発室・宇宙生命探査プロジェクト室の3室体制で研究・開発を推進している。当センターの2020年度の活動概要は以下のとおりである。

系外惑星探査プロジェクト室

すばる望遠鏡戦略枠観測（SSP）に採択された、ハビタブル地球型惑星探査装置IRDを用いた系外惑星探査を推進した。同じくIRDを用いた若い惑星などの特徴づけや相関法による惑星大気検出の成果を出版した。また、すばる望遠鏡用超補償光学装置SCExAOと面分光器CHARISを用いた系外惑星や星周円盤の直接観測による成果を出版した。系外惑星探査装置MuSCATおよびMuSCAT2に加え、新たにハワイ・マウイ島に設置されたMuSCAT3による、NASA/TESS宇宙望遠鏡を用いた系外惑星探査のフォローアップ観測を推進した。これらの観測の結果、多数の欧文査読論文を出版した。

アストロバイオロジー装置開発室

すばる望遠鏡のためのハビタブル地球型惑星探査装置IRDの保守・運用を行った。また、超補償光学装置SCExAOや系外惑星観測装置（MuSCAT、MuSCAT2、MuSCAT3、CHARIS）の開発・保守・運用も進めた。

将来装置としては、すばる望遠鏡用超補償光学装置SCExAOを拡張することによるTMTのための系外惑星直接撮像分光装置の開発案について議論した。また、南アフリカに新しく設置された1.8m望遠鏡に搭載するための赤外線高分散分光器SANDの開発を推進した。

宇宙生命探査プロジェクト室

生命探査室の生物実験体制を強化するため、基礎生物学研究所内において実験補助のための技術支援員を増員し、他部門との連携により実験環境を整備した。赤外線利用型光合成タンパク質、自然界における秩序形成、プラズマの生命への影響への研究などで新知見を得た。また、理論・実験の両面から系外惑星における新たなバイオシグナチャーの検討を推進し、センター内の分野横断チームにより蛍光シグナルの観測可能性評価の論文化に着手した。

公募研究

公募研究プログラムとして、アストロバイオロジーの裾野を広げるための「プロジェクト研究（単年度）」と、アストロバイオロジー分野における当センターとは異なるテーマを研究する副拠点として、有機的な研究連携をするための「サテライト研究（複数年度）」の公募研究を実施した。22件（14機関）のプロジェクト研究、6件（6機関）のサテライト研究を採択し、その成果発表会を2021年2月末にオンラインで開催し、両日ともに約100名の参加者があった。

クロスアポイントメントによる外国人教員

系外惑星直接観測手法で世界的に有名な Olivier Guyon 氏およびアストロバイオロジー分野でも著名な Victoria Meadows 氏を、それぞれアリゾナ大学とワシントン大学のクロスアポイントメントにより、引き続き特命教授としてアストロバイオロジー装置開発室および宇宙生命探査プロジェクト室において継続的に雇用した。

国際連携

Las Cumbres Observatory (LCO) と結んでいる MOU に基づき、多色同時撮像装置 MuSCAT3 をハワイ・マウイ島ハレアカラ山頂にある 2m 望遠鏡へ搭載し、運用を開始した。スペインの Instituto de Astrofisica de Canarias (IAC) と結んでいる MOU に基づき、カナリア諸島にある 1.5m 望遠鏡において MuSCAT2 の運用を継続して推進した。

TMT のための系外惑星観測装置 (HISPEC/MODHIS および PSI) の検討をカリフォルニア工科大学等と進めた。

広報普及

新型コロナウイルスの影響により、ほとんどのシンポジウムや特別公開がオンラインとなる中、当センターにおける研究成果は継続的にウェブサイトからプレスリリースを発信した。当センターが主となるリリースは 7 件、公募研究関連のリリースは 6 件と、昨年度と同程度のウェブリリースを発信した。また、2020 年 9 月 18 日の第 21 回機構長プレス懇談会において当センターの紹介および研究成果について、センター長を含む 3 名によるオンライン講演を実施した。例年実施している国立天文台特別公開も完全にオンライン化し、その中の一部でアストロバイオロジーに関連した講演を実施した。

国際外部評価

2021 年度に実施予定であった当センターの国際外部評価を、次期中期計画策定へ反映させるため、2020 年度末に前倒して実施した。評価委員には、ノーベル賞受賞者を含む国内外の天文学・惑星科学および生物学の専門家計 8 名を迎え、国際外部評価を実施した。なお、新型コロナウイルスの影響により、発表および会議はオンラインで行った。当センターで作成した成果報告書を事前に回覧し、センター側から研究紹介を行った。評価の結果は報告書として提出された。第 3 期 (2016 年度～2021 年度) の当センターの活動は非常に高い評価を受け、次期に向けた提言も示された。

3. 研究ハイライト

(2020年4月～2021年3月)

	タイトル	著者	頁
1	「加速」する太陽型星 HD 33632 Aa を公転する褐色矮星の直接撮像	葛原、他	9
2	First Detection of OH Emission from a Planet Outside the Solar System	Nugroho、他	10
3	逆行軌道を持つ複数惑星系 K2-290A	平野	11
4	プレアデス星団における視線速度法を用いた短周期惑星探索と統計的研究	寶田、他	12
5	IRD-SSP による晩期 M 型矮星周りの惑星サーベイ：二年目の観測	大宮、他	13
6	太陽系外ガス惑星の熱進化と固有磁場	堀	14
7	ngVLA による質量降着中の惑星探査	橋本	15
8	低質量星周りにおける光合成由来蛍光検出シミュレーション	小松、他	16
9	ステート遷移における集光アンテナの移動	滝澤、他	17
10	新規の赤外線利用型光合成タンパク質の同定と解析	小杉、他	18
11	生命に及ぼすプラズマの影響	定塚	19
12	EDAR 370V/A 多型の反応拡散系を介した菌根形態への影響	藤田	20
13	彗星表面における有機分子濃縮	鈴木、他	21
14	分子雲コアの湾曲磁場の探査 (BHR71 と CrA 分子雲の SL42)	神鳥	22
15	近赤外高分散分光器 SAND と REACH/Subaru の開発	小谷	23
16	偏光撮像	周藤	24
17	量子測定における微視的量子飛躍と微視から巨視への増幅	中島	25

「加速」する太陽型星 HD 33632 Aa を公転する褐色矮星の直接撮像

Thayne Currie^{1,2}, Timothy D. Brandt³, 葛原昌幸^{4,5}, SCEXAO/CHARIS および Post-SEEDS チーム

1: NASA/Ames 研究所, 2: すばる望遠鏡, 3: カリフォルニア大学サンタバーバラ校, 4: アストロバイオロジーセンター, 5: 国立天文台

直接撮像は主星から一声 10 au 以上離れた軌道を公転する褐色矮星や惑星の伴星を発見するのに有効な手法であるが、これまでの直接撮像観測の結果からはそのような伴星の存在率は約 10% 以下と示唆される (例: [1])。したがって、その効率的な発見のためには、事前に的を絞った探索を行うことが重要である。その結果、多数の褐色矮星や大軌道惑星を効率的に発見することが可能になれば、それらの大気や軌道の特徴づけの結果を比較する研究を加速させることが可能になる。

我々は、固有運動加速に基づき事前選定したターゲットを直接撮像する観測研究を進めている。固有運動加速は、太陽系近傍の恒星に対して *Hipparcos* と *Gaia* の高精度アストロメトリ衛星のデータを比較することで導出でき、それを扱ったカタログも出版されている [2]。仮に恒星が伴星を伴っている場合は、伴星からの重力によって恒星の固有運動が変化する。また、伴星の質量範囲が褐色矮星や惑星に相当する場合であっても上記の両衛星のデータから固有運動加速を測定することができる。実際に、我々は HD 33632Aa と呼ばれる太陽近傍恒星の固有運動加速に着目し、その恒星を加速させる伴星の直接撮像を試みた [3]。すばる望遠鏡の SCEXAO と CHARIS、Keck 望遠鏡の NIRC2 を利用した観測の結果、HD 33632Aa から 20 au の距離に伴星が存在することを確認した (図 1 参照)。

さらに、既に公表されていた HD 33632Aa の視線速度データ [4]、*Gaia-Hipparcos* の固有運動加速データ [2]、我々が行った複数の直接撮像観測による伴星の位置測定結果の三種類のデータを分析することで伴星の軌道を推定した。その結果、伴星の質量は木星の $46.4^{+8.1}_{-7.5}$ 倍と力学的に制限された。直接撮像された褐色矮星や惑星はその力学的な質量測定が難しいことが多いため、測光や分光データから推定された光度や温度などを「低質量天体の温度・光度進化モデル」と比較することで決定される。しかし、それらのモデルに存在する不定性には注意が必要である。本研究で検出した伴星の質量を測光・分光学的に導出すると、[5] のモデルを利用した場合木星の 48^{+17}_{-9} 倍になることがわかった (年齢が 15^{+30}_{-7} 億年の場合)。このモデル依存し

た質量推定は、力学的な質量推定と整合性がある。このように、固有運動加速に着目した褐色矮星や惑星の直接撮像探査は、その測光・分光学的な質量推定の方法を較正するためにも有効である。

さらに、本研究で利用した CHARIS は分光機能も有しているため、同伴星の $1.16\mu\text{m}$ から $2.37\mu\text{m}$ のスペクトルも取得できた。そのスペクトルは L9.5 型の褐色矮星のものによく一致する。

我々は固有運動加速に着目した直接撮像探査を他の恒星に対しても進めており、上記天体以外にも有望天体を検出している。今後の探査からも興味深い発見が得られる可能性が高いと見込んでいる。

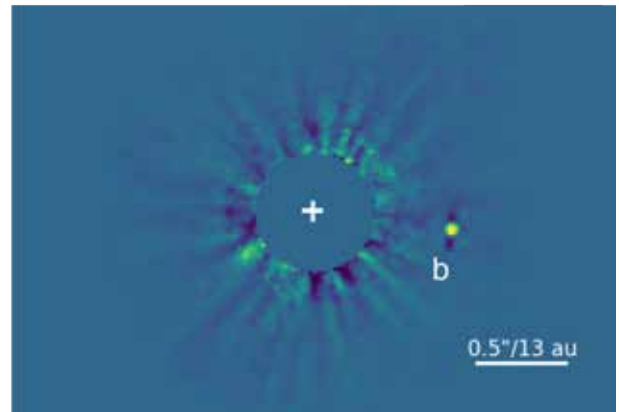


図 1 HD 33632 Ab の直接撮像画像。中心星 (十字の位置) からの光の影響を SCEXAO の補償光学とコロナグラフを用いて低減し、その残りの影響をデータ解析により処理している。“b” の位置する点光源は発見した褐色矮星に相当し、その中心星からの (射影) 距離は約 20 au (1 au = 太陽と地球の距離) である。画像クレジット: T. Currie, NAOJ/NASA-Ames。

参考文献

- [1] Nielsen, E. L. et al.: 2019, *AJ*, **158**, 13
- [2] Brandt, Timothy D.: 2018, *ApJS*, **239**, 31
- [3] Currie, T. et al.: 2020, *ApJL*, **904**, L25
- [4] Fischer, D. A. et al.: 2014, *ApJS*, **210**, 5
- [5] Baraffe, I. et al.: 2003, *A&A*, **402**, 701–712

First Detection of OH Emission from a Planet Outside the Solar System

NUGROHO, Stevanus K.^{1,2,3}, KAWAHARA, Hajime⁴, GIBSON, Neale P.⁵, DE MOIJ, Ernst J. W.³, HIRANO, Teruyuki^{1,2}, KOTANI, Takayuki^{1,2,6}, KAWASHIMA, Yui⁷, MASUDA, Kento⁸, BROGI, Matteo^{9,10}, BIRKBY, Jayne L.¹¹, WATSON, Chris A.³, TAMURA, Motohide^{4,1,2}, ZWINTZ, Konstanze¹² & IRD team

1: Astrobiology Center, 2: NAOJ, 3: Queen’s University Belfast 4: The University of Tokyo, 5: Trinity College Dublin, 6: SOKENDAI, 7: RIKEN, 8: Osaka University 9: University of Warwick 10: INAF—Osservatorio Astrofisico di Torino, 11: University of Oxford, 12: University of Innsbruck

High-resolution Doppler spectroscopy is one of the most powerful tools to characterise exoplanet atmospheres [1]. At high-spectral resolution, the atomic/molecular bands are resolved into individual lines. The variation of Doppler shifts caused by the planet’s orbital motion enables exoplanetary absorption/emission lines to be distinguished from the static telluric and quasi-static stellar lines. By combining thousands of unique lines (e.g. using cross-correlation), the atomic/molecular signatures can be identified and detected unambiguously. As it is sensitive to the position of the lines, it also allows us to measure the planetary rotation and wind velocity, as well as search for atmospheric variability and inhomogeneity.

Using this technique, we searched for molecular signatures in the day-side emission spectrum of WASP-33b taken using the InfraRed Doppler instrument [2, 3] on the Subaru telescope. WASP-33b is a Jupiter-sized planet orbiting very closely to its host-star such that it is tidally locked and the temperature of day-side reaches 3100 K. Due to this high temperature, most of the molecular species are destroyed, and indeed we detected the signature of OH emission (5.5σ , see Fig. 1) as the product of thermal dissociation of H_2O , which we marginally detected [4], consistent with the theoretical prediction[5].

Although OH has been detected in the atmosphere of Earth, Venus, Mars, and the magnetosphere of Saturn [6, 7, 8, 9], this is the first direct evidence of OH in the atmosphere of a planet beyond the solar system. In the atmosphere of Earth, OH is mainly produced by the reaction of ultra-violet with water vapour and ozone, and plays a crucial role in the Earth’s atmosphere to purge pollutant gasses that can be dangerous to life or contribute to global warming (e.g., CH_4 , CO). In the atmosphere of ultra-hot Jupiter like WASP-33b, OH plays a key role in determining the chemistry of the atmosphere through interactions with H_2O and CO and is expected to be one of the most dominant O-bearing molecules. This discovery shows not only that we can detect this molecule in exoplanet atmospheres, but also that we can begin to understand the detailed chemistry in the atmosphere of the ultra-hot Jupiter population.

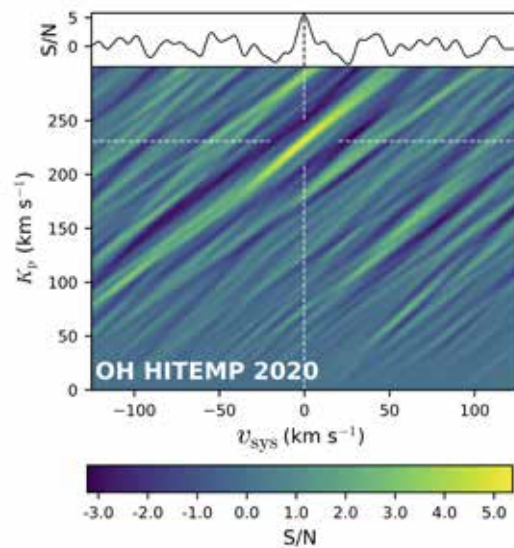


Figure 1: The cross-correlation map of OH using HITEMP 2020 line list as a function of orbital velocity (K_p) and systemic velocity (v_{sys}). The white dashed line indicates the maximum signal on the map located at the expected K_p and v_{sys} of WASP-33b. The upper panels show the CCF at the K_p of 230.9 km s^{-1} . The color-bar shows the S/N of the map.

References

- [1] Snellen, I. A. G., de Kok, R. J., de Mooij, E. J. W., & Albrecht, S. 2010, *Nature*, 465, 1049.
- [2] Tamura, M. et al. 2012, *SPIE*, 84461T.
- [3] Kotani, T. et al. 2018, *SPIE*, 1070211.
- [4] Nugroho, S. K. et al. 2021, *ApJ*, 910, L9.
- [5] Parmentier, V. et al. 2018, *A&A*, 617, A110.
- [6] Meinel, I. A. B. 1950, *ApJ*, 111, 555.
- [7] Piccioni, G. et al. 2008, *A&A*, 483, L29.
- [8] Shemansky, D. E., Matheson, P., Hall, D. T., Hu, H. Y., & Tripp, T. M. 1993, *Nature*, 363, 329.
- [9] Todd Clancy, R. et al. 2013, *Icarus*, 226, 272.

逆行軌道を持つ複数惑星系 K2-290A

平野 照幸^{1,2}

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台

惑星の軌道進化と軌道傾斜角測定

惑星系の形成・軌道進化の歴史を探る上で、惑星の軌道傾斜角測定が有効である。ここでいう軌道傾斜角とは「惑星の軌道公転軸と主星の自転軸のなす角度」を指す。軌道傾斜角は本来同じ分子雲から形成される恒星と惑星の角運動量を反映し、太陽系内惑星では7つの惑星の軌道傾斜角はいずれも小さいことが知られている。系外惑星系では、例えばロシター効果と呼ばれる現象を利用することでトランジット惑星の軌道傾斜角を測定することが可能であるが、ホットジュピターなどの主星近傍の巨大惑星に対するロシター効果の観測から、系外惑星の軌道傾斜角は必ずしも小さいとは限らず、主星の赤道面と惑星軌道面が大きくずれたものもこれまでに多数見つかった。こうした系外惑星で見られる大きく傾いた軌道を説明するため、様々な理論シナリオが提案されている。主要なものとしては、複数の惑星間の重力的な相互作用により離心率や軌道面が大きく変わったとするシナリオなどがある。

複数のトランジット惑星を持つ系の観測は系外惑星の傾いた軌道の起源の解明において重要な意味を持つ。複数トランジット惑星系の場合、トランジットが起こるといふ幾何学的形状からそれら惑星の軌道面がよく揃っている可能性が高い。このことは惑星軌道面が過去に惑星同士の重力散乱等により大きな変化を受けていないことを示唆し、ロシター効果等による軌道傾斜角の測定によって惑星が形成された原始惑星系円盤の円盤面に対する主星自転軸の傾きのみに着目する事が可能となる。

K2-290A 系の観測

K2-290A は、これまでに2つのトランジット惑星が見つかった F 型主系列星である。惑星 b は、周期 9.2 日の 0.27 木星半径の惑星で、その外側に周期 48.4 日の木星サイズ (1.0 木星半径) の惑星 c が公転している [1]。我々はこれらのトランジット惑星の軌道傾斜角を制限するため、すばる 8.2m 望遠鏡等の複数の望遠鏡を用いて惑星 b, c のトランジットを観測した。図 1 に、K2-290Ac (外側の木星型惑星) に対するロシター効果の観測結果を示す。トランジット中に観測された恒星の視線速度は主星の

赤道面と惑星の軌道面がよく揃っている場合 (破線) とは逆の変化を示しており、天球面に射影された軌道傾斜角は $\lambda = 153 \pm 8$ 度と見積もられた [2]。惑星 b に対しても VLT を用いたロシター効果の観測が実施され、惑星 b, c はいずれも主星の自転方向とは逆行していることが明らかとなった。

複数トランジット惑星系において惑星の公転軸と主星の自転軸が揃っていないと判明した系は K2-290A が3例目であるが、K2-290A が他の2つの系と異なる点として伴星が存在することが確認されている事が挙げられる。K2-290A には約 113au 離れた場所に M 型矮星の伴星 K2-290B が存在する。ロシター効果の観測で明らかになった逆行軌道は、惑星が形成された直後に原始惑星系円盤そのものがこの K2-290B の重力によって反転したためにもたらされた可能性が高いことが我々の数値計算により明らかになった。伴星の存在によって惑星軌道が形成直後から逆行している事が判明したのは K2-290A が初めてである。

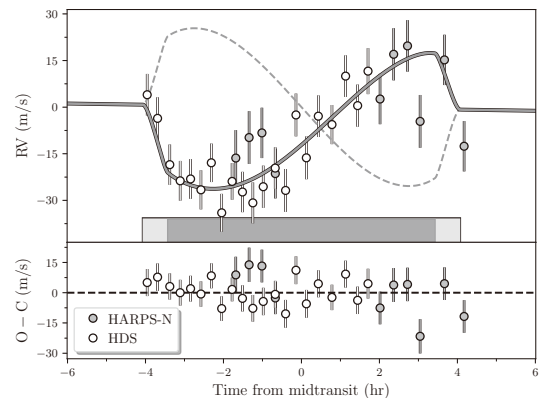


図 1 K2-290Ac に対するロシター効果の測定。実線は最適モデルを表し、破線は仮に軌道傾斜角が $\lambda = 0$ 度の場合の視線速度変化を表す。

参考文献

- [1] Hjorth, M. et al.: 2019, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, **484**, 3522.
- [2] Hjorth, M. et al.: 2021, Proceedings of the National Academy of Sciences, **118**, 2017418118.

プレアデス星団における視線速度法を用いた短周期惑星探索と統計的研究

寶田 拓也^{1,2}, 佐藤 文衛³, 大宮 正士^{1,2}, 堀 安範^{1,2}, 藤井 通子⁴

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台, 3: 東京工業大学, 4: 東京大学

1995年に最初の太陽系外惑星 51 Pegasi b が発見されて以来、ホットジュピター (HJ; 短周期巨大惑星) は惑星系の形成と進化の観点から注目されている。HJ は数多く検出されているものの、それらがどのように形成されたかはまだ明らかになっていない。標準的なコア集積シナリオでは、木星型惑星は中心星から遠く離れたスノーライン以遠で形成されると考えられている。HJ の存在は、木星型惑星を形成された場所から中心星の近くまで移動させる普遍的な機構の存在を示唆している。HJ の主な形成機構としては、disk-driven migration (DDM) と High-eccentricity migration (HEM) の2つが提唱されている。この2つの機構を区別する重要な要素の1つは、HJ 形成に要するタイムスケールである。DDM が 10Myr のオーダーで HJ を形成するのに対して、HEM は数百 Myr を要すると考えられている。

HJ の形成機構を明らかにするため、我々は 2017 年からプレアデス星団内の恒星に対して視線速度 (RV) サーベイを行っている。プレアデス星団は HJ の形成タイムスケールに厳しい制約を与える上で十分若い (~100 Myr)。我々は 2017 年に岡山 1.88m 望遠鏡と HIDES を用いて 30 個のプレアデス星団内の恒星を観測し [1]、さらに 2019 年から 2020 年にかけてすばる 8.2m 望遠鏡と HDS を用いて別の 30 個の星を観測した。恒星活動が RV 変動に与える影響について線輪郭解析を用いて調べた結果、今回のサンプルには惑星候補が存在しないと結論づけられた。それぞれの天体の RV 変動と典型的な RV 測定誤差から、恒星の固有 RV ジッターは 50-150 m/s と推定された。このサンプルからは、HJ の存在頻度の 1σ 上限値として 5.7% という制約が与えられた。さらに、他の若い星団 (40-300Myr) を対象とした 2 つのサーベイのサンプルを組み合わせることでより強い制約を与えることを試みた。その結果、若い散開星団における HJs の存在頻度は 1σ で 2.5% 以下と推定された (表 1)。この値は M67 における存在頻度 (2.7-11.2% [4]) と比較して低く、M67 で見

られた HJs の過剰が起きていないことを示している。今回のサーベイは、プレアデス星団における HJs の存在頻度に対して初めて制約を与えた。しかし、現時点ではサンプル数が少ないため、HJs の形成過程を区別するためにはさらなる観測が必要となる。

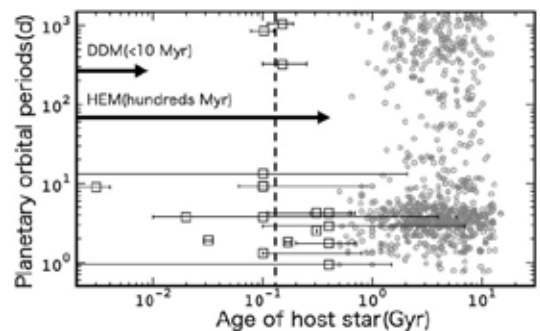


図 1: 巨大ガス惑星 (0.1MJupiter 以上) の公転周期と主星の年齢との関係。丸と四角はそれぞれ、主星の年齢が 500Myr 以上、500Myr 未満の系。黒い矢印は DDM と HEM の典型的なタイムスケールを示す。縦の破線はプレアデス星団の年齢。

表 1: RV サーベイから見積もられた HJ 存在頻度

観測ターゲット	存在頻度
プレアデス星団を含む年齢が 40-300Myr の星団	0-2.5% [1]
散在星	$1.2 \pm 0.38\%$ [2]
ヒアデス星団とプレセペ星団	0.45-1.95% [3]
M67	2.7-11.2% [4]

参考文献:

- [1] Takarada T. et al.: 2020, PASJ, 72, 104.
- [2] Wright J. T. et al.: 2012, ApJ, 753, 160.
- [3] Quinn S. N. et al.: 2014, ApJ, 787.
- [4] Brucalassi A. et al.: 2016, A&A, 592

IRD-SSP による晩期 M 型矮星周りの惑星サーベイ：二年目の観測

大宮正士^{1,2}, IRD-SSP チーム

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台

IRD-SSP(IRD 戦略枠プログラム: InfraRed Doppler - Subaru Strategic Program) では、2019 年度から継続して、すばる望遠鏡に取り付けられている赤外高分散分光器 IRD[1] を用いて、視線速度 (RV: Radial Velocity) 法による太陽近傍に位置する晩期 M 型矮星周りの系外惑星探索を行っている [2]。このプロジェクトでは、晩期 M 型矮星の RV モニター観測を継続して行うことによって、1) 地球近傍に存在するハビタブルゾーンを公転する地球質量 (1~3 地球質量 M_{\oplus}) 程度の惑星を発見する、2) 低質量星 (0.1~0.25 太陽質量 M_{\odot}) 周りの主星近傍に位置する地球型惑星からスーパーアース程度の惑星の分布を調べる、3) 主星から少し離れた雪線付近 (惑星系形成時に水などの物質が個体になり、惑星の素となる個体物質の量が変化する境界) を公転する惑星の特徴を明らかにすることを目的としている。そして、将来の詳細観測に適する地球近傍のハビタブル地球型惑星を発見するとともに、低質量星における惑星系の様子を明らかにし、ハビタブルな惑星を含む惑星系の形成と進化のメカニズムを理解することを目指している。

IRD-SSP の二年目の観測では、COVID-19 感染拡大防止のためにすばる望遠鏡での観測のキャンセルもあったが、一年目に主に進めたスクリーニング観測を行いながら、一年目の観測の結果を用いて選定した、系外惑星探索のターゲット天体の RV モニター観測を行った。スクリーニング観測では、事前観測や文献値をもとに選んだターゲット候補天体である晩期 M 型矮星を IRD を用いて観測し、実視連星、分光連星、高速で自転する恒星を同定し、これらを RV モニター観測の対象から除外した。さらに、IRD を用いて行った複数回の観測の結果から各ターゲット候補天体の RV の時間変化を調査することによって、比較的大きな惑星や伴星による影響を受ける天体を調べると共に、恒星表面の活動が原因でみかけ上現れる、星固有の RV 変化が小さいと予想されるターゲット天体を同定した。RV モニター観測では、スクリーニング観測の結果を用いて選定した天体を対象とし、二段階に分けて RV のモニター観測を実施することによって質量が小さい惑星の検出まで可

能にする。1) 10~20 回程度の観測を行うことによって各ターゲット天体固有の RV 変化を明らかにし、その中で、2) 惑星を持つ可能性が高い、もしくは、星固有の変化が小さいと考えられる天体を中心に 80 回以上の RV 観測を行う。

IRD-SSP の観測には、2020 年 2 月からの 1 年間で 35 夜分のすばる望遠鏡の観測時間を割り当てられ、観測の単純な実施率はおおよそ ~70% であった。この期間にスクリーニング観測と RV モニター観測を同時に進め、125 星を 1 回以上観測してそれらの近赤外高分散分光スペクトルを取得し、88 星を 3 回以上観測して個々の RV 変化を確認することができた。その中で、実視連星を 4 星、分光連星を 8 星、自転が速い星を 4 星同定した。惑星による RV 変化の可能性のある天体を 17 星確認し、星固有の RV 変化が小さく、低質量の惑星まで調査可能な天体も複数同定した。その中で、7 星の集中的な RV モニター観測を実施しており、惑星によって引き起こされている可能性がある変化を検出するに至っている (図 1 参照)。図 1 の変化が惑星によるものであれば、主星質量を $0.2M_{\odot}$ と仮定すると、 $4M_{\oplus}$ の最小質量を持つ惑星が 6.6 日の公転周期で公転していることになる。

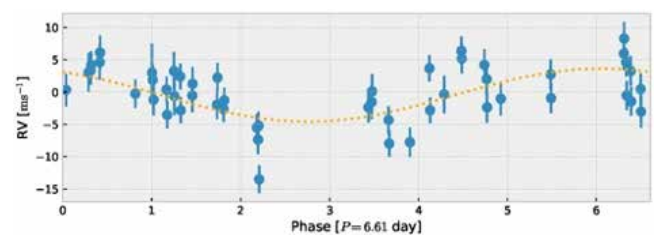


図 1 惑星に起因する変化を持つ可能性があることがわかった天体の視線速度変化を公転周期で折り畳んだ図。波線は予想される惑星による視線速度変化のモデル。この変化は、主星質量を 0.2 太陽質量と仮定すると、公転周期 6.6 日で 4 地球質量の惑星が公転していることを示す。

参考文献

- [1] Kotani, T. et al.: 2018, Proceedings of the SPIE, **10702**, 1070211.
- [2] Sato, B. et al.: 2018, IRD-SSP proposal, https://www.naoj.org/Science/SACM/Senryaku/IRD_180520235849.pdf.

太陽系外ガス惑星の熱進化と固有磁場

堀 安範^{1,2}

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台

太陽系では水星、地球、木星、土星、天王星そして海王星がダイナモ駆動の固有磁場を有している。木星や土星のような水素・ヘリウム主体のガス惑星内部では、温度 2000K、圧力 100GPa 以上の超高圧かつ高温環境下で水素は圧力電離して、金属化する。ガス惑星は内部の金属水素の対流運動で生じる電流を介して、磁場を生成・維持されることが考えられている。惑星磁場の有無や強さは惑星内部の熱的および物理状態と密接に関連している。

太陽系外惑星の磁場検出に向けた観測的試みもなされている。電波望遠鏡 LOFAR (LOW Frequency ARray) を用いた、うしかい座タウ星の円偏光観測によって、2020年にホットジュピター (うしかい座タウ星 b) からの電波放射の兆候をとらえたという報告がなされている [1]。また、ホットジュピターを持つ4つの恒星 (HD 179949, HD 189733, うしかい座タウ星, アンドロメダ座ウプシロン星) の表面活動の時間変動がホットジュピターの公転運動と同期していたことから、太陽系外のガス惑星の磁場の存在を間接的に検出に成功したとされている [2]。これらの観測から、短周期ガス惑星は木星よりも強力な数 10G から数 100G 程度の磁場を持つ可能性が示唆されている。

惑星からの主な電波放射機構には、シンクロトロン放射とサイクロトロン放射の2つが挙げられる。前者は惑星磁場中の電子の加速度運動で生じる非熱的な電波放射。後者はオーロラ電波放射とも呼ばれ、惑星の磁場に沿って運動する電子からの電波放射 (= 電子サイクロトロン不安定) で、電子の進行方向に集中する性質がある。将来の電波望遠鏡 (例. SKA : Square Kilometre Array) では、後者のオーロラ電波放射の検出によって、太陽系のガス惑星の磁場検出が期待される。

本研究では、太陽系外のガス惑星からの電波検出を見据えて、惑星磁場の情報から、謎に包まれる太陽系外惑星の内部を探る手法を検討した。今回、中心星近傍に存在する短周期ガス惑星に注目して、100 億年間の熱史のなかで、惑星内部の磁場生成と磁場強度の変化について調べた。その結果、木星の約 50% 以上の質量を持つ短周期ガス惑星では、惑星磁場の発生と強度は惑星の内部構造 (とりわけ、

中心核の大きさ) にはあまり影響を受けず、数 10-数 100G 以上の強力な磁場を保有する可能性が高いことがわかった (図 1 を参照)。期待される惑星の磁場強度の観点から、こうした短周期ガス惑星が将来の電波放射観測の有力な候補天体になる。一方、土星質量以下の短周期ガス惑星 (ホット・サターン) では、中心核が小さすぎると、誕生から数 1000 万年 (最大で数億年) にかけて、磁場が生成されることがわかった。すなわち、土星質量以下の短周期ガス惑星の磁場の有無は惑星内部のコアの存在の手がかりとなる。しかし、弱い磁場強度の関係上、ホット・サターンからの電波放射は地球の電離圏に存在するプラズマによって遮蔽される可能性が高く、地上からの電波観測による検出は困難かもしれない。

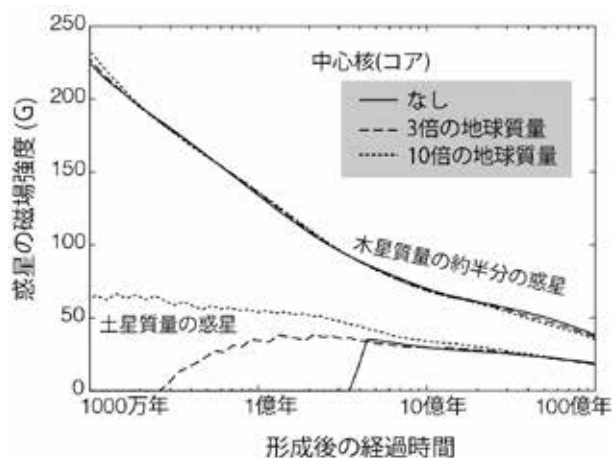


図 1 短周期ガス惑星で期待される磁場強度の時間変化 [3].

参考文献

- [1] Turner, J. D., Zarka, P., Grießmeier, J.-M., et al. 2021, A&A, **645**, A59.
- [2] Cauley, P. W., Shkolnik, E. L., Llama, J., et al. 2019, Nature Astronomy, **3**, 1128.
- [3] Hori, Y. 2021, ApJ, **908**, 77.

ngVLA による質量降着中の惑星探査

橋本 淳¹

1: アストロバイオロジーセンター

巨大ガス惑星は原始惑星系円盤の中で形成され、円盤ガスが消失するまでの間、母体の円盤からの質量降着を通じて質量を獲得する。惑星種族合成法の予測によると、惑星への質量降着が大きければ、木星質量以上の巨大ガス惑星が形成される。一方マイクロレンズ法での観測により、惑星の質量頻度分布では木星より小さい質量の惑星が支配的であることが示されている。惑星への質量降着は惑星の最終的な質量を決定するため、質量降着の過程を調べることは惑星形成の理解につながる。

ガス惑星が円盤内に存在すると、惑星と円盤の相互作用によって円盤に隙間ができることが予想される。この隙間に原始惑星系円盤の高緯度側から、ガスが渦巻き状に惑星と周惑星円盤に流れ込むと考えられている。この流れは「メリディオナルフロー」と呼ばれ、既にアルマ望遠鏡で観測されている。メリディオナルフローは自由落下に近い超音速であるため、惑星と周惑星円盤に衝撃を与える。このとき、ガスの速度が十分速い場合 (~ 30 km/s)、衝撃によるガス温度は水素原子を電離させるほど高くなる ($\gtrsim 10^4$ K)。自由電子が再結合して基底状態にカスケードしたり、衝突によって中性水素が励起されると、 $H\alpha$ ($\lambda = 6562.8 \text{ \AA}$) といった輝線が発生する。 $H\alpha$ を放つガス惑星 PDS 70b,c は Magellan/MagAO と VLT/MUSE によって直接観測されている。

惑星降着時の再結合放射を解析することで、惑星の力学的質量、降着率、減光量、充填率 (f_f ; 惑星表面と周惑星円盤での再結合線放射領域の割合) などの有用な物理量を得ることができる。数値シミュレーションでは、原始惑星系円盤に存在する惑星は、メリディオナルフローにより大きな充填率 ($\gtrsim 1$) を持つと予測されるが、実際に原始惑星系円盤内の降着惑星 PDS 70b と c から観測した $H\alpha$ の解析では f_f の値が小さく、 ~ 0.01 であることが示された。この小さな値は、 $H\alpha$ 線の放射領域が PDS 70b と c の表面に局在していることを示し、PDS 70b と c の降着過程が磁気圏降着や境界層降着といった恒星の降着過程と類似している可能性を示唆している。

$H\alpha$ 線の観測に成功した後、降着した惑星から $H\alpha$ 線を

探す多くの努力がなされたにもかかわらず、これまで惑星の $H\alpha$ 線を明確に検出したのは PDS 70b と c だけだった。これは、惑星を覆う塵による減光が可視光波長域では強いためと考えられる。一方電波波長域では、水素の再結合線が高次の主量子数準位 ($n \gtrsim 20$) に存在する。1-116GHz の ngVLA では、 α 遷移、すなわち $H40\alpha$ から $H175\alpha$ までの主量子数 $40 \lesssim n \lesssim 175$ の水素電波再結合線 (HRRL) が約 135 本存在する。原始惑星系円盤の塵による減光は、円盤内側の $r \lesssim 1$ au の高密度領域を除けば、電波波長域では無視できる程度である。HRRL の欠点は、 $H175\alpha$ と比較して、強度が低いことである。Hashimoto et al. (2021) [1] は、 $Hn\alpha$ での惑星付加輝線の $H\alpha$ に対する予想強度比、例えば $I(H40\alpha)/I(H\alpha) \sim 4 \times 10^{-10}$ を示した。ngVLA はこの欠点を補い、HRRL を惑星降着の最も重要なトレーサーとすることができる。

Hashimoto et al. (2021) [1] は、1次元放射流体力学モデルを用いて、加速する惑星からの $H40\alpha$ (99.0 GHz) の予想ラインフラックスを計算した。質量 $1 M_{\text{Jup}}$ の惑星が 140 pc の距離にある原始惑星系円盤内に存在すると仮定し (自由落下速度 v_0 は 40 km/s、水素原子核の数密度 n_0 は 10^{13} cm^{-3} 、充填率 f_{rmf} は 1、惑星半径は $2 R_{\text{Jup}}$ である)、 $H40\alpha$ の線強度は $18 \mu\text{Jy}$ と予想される。線幅は自由落下速度 40 km/s の半分にほぼ相当するので、10 km/s の 1 チャンネルでの予想 S/N は、100 h のターゲット観測時間でおおよそ 3 である。ngVLA の 10km/s での輝線感度は、93GHz で $32 \mu\text{Jy}/\text{beam}$ である。上記の $n_0 = 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ の仮定は、PDS 70b と c の質量降着率が $5 \times 10^{-7} M_{\text{J}} \text{ yr}^{-1}$ であることと同様である。充填率については、メリディオナルフローの場合、 $\gtrsim 1$ より大きな値になることが予想される。実現性検証より、ngVLA による HRRL の検出は非常に困難であるが、受信機の感度を 10 倍向上させることができれば、10h 程度のターゲット観測時間で済むことが分かった。

参考文献

- [1] Hashimoto, J. et al.: 2021, ngVLA-J memo series, **P001**, 1, <https://ngvla.nao.ac.jp/researcher/memo/>.

低質量星周りにおける光合成由来蛍光検出シミュレーション

小松 勇^{1,2}, 堀 安範^{1,2}, 小杉 真貴子^{1,2}, 滝澤 謙二^{1,3}, 葛原 昌幸^{1,2}, 成田 憲保^{4,1},
大宮 正士^{1,2}, Eunchul Kim³, 日下部 展彦^{1,2}, Victoria Meadows⁵, 田村 元秀^{1,2,4}

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台, 3: 基礎生物学研究所, 4: 東京大学, 5: ワシントン大学

リモートセンシングによる地球観測では植生の量を示すレッドエッジの他に、植生の活動度を示す蛍光が計測されている。太陽系外惑星における生物に由来する分光学的特徴、biosignatureとしてレッドエッジがどのように観測されるかは議論されているところであり、近年ではM型矮星の周りにおいても水中からの光合成生物の進化を想定すると地球と類似したレッドエッジが観測される可能性があることが示唆されている [1]。本研究においては光合成由来の biosignature として、蛍光の系外惑星における検出可能性を初めて見積もった。

M型矮星 (GJ667C、TRAPPIST-1)、太陽型星周りの地球型惑星の大气構造をいくつか想定した上で、惑星表面における植生の反射・蛍光・光吸収をコンシステントに扱って惑星のスペクトルに蛍光の寄与がどのように見られるかを調べた。蛍光・吸収スペクトルとしては光合成色素クロロフィル (Chl)、バクテリオクロロフィル (BChl) のスペクトルを採用し (図1)、植生の反射スペクトルとしては、図1で想定した吸収スペクトルを用いて葉の内部の輻射輸送計算によって算出したものを採用した (図2)。

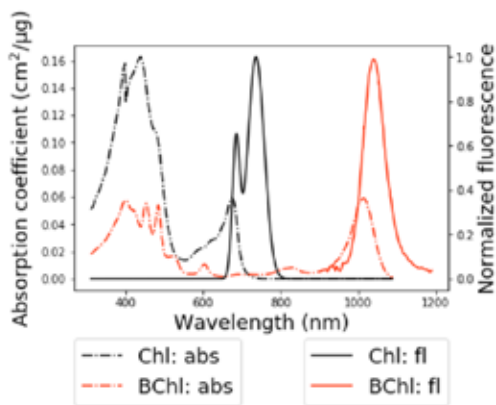


図1 光合成色素の吸収 (abs)・蛍光 (fl) スペクトル。“Chl”はChl a/bからなる植生のモデルスペクトル、“BChl”はBChl bを含む紅色細菌のスペクトル。

その結果、TRAPPIST-1eを想定した惑星において蛍光の寄与を見ると、超低温矮星に典型的に見られる大きな

吸収線によって見かけの反射率が有意に増大していた (図3)。これは今後TMTなどの地上望遠鏡による高分散分光によって晩期M型矮星周りにおいて生物由来の蛍光を検出するのに有望な分光学的特徴だと考えられ、リモートセンシングで太陽のフラウンホーファー線を用いて蛍光を同定することの系外惑星への応用となっている。

さらに、光合成の知見を元に惑星上で蛍光量が大きくなる条件、入射光に対する蛍光量の非線形性を生物由来かの判別に使うことの検討など、ABC若手分野間連携の活動から発生した議論を元に学術論文としてまとめている。

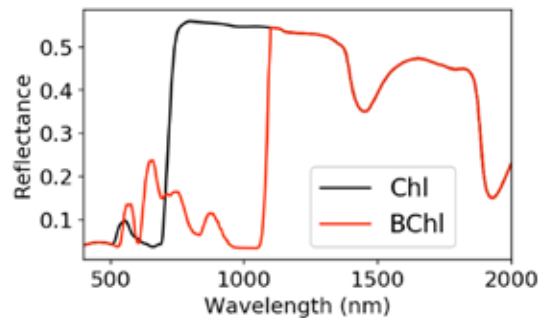


図2 輻射輸送計算によって求めた葉の反射スペクトル。図1の光吸収スペクトルを用いて算出した。

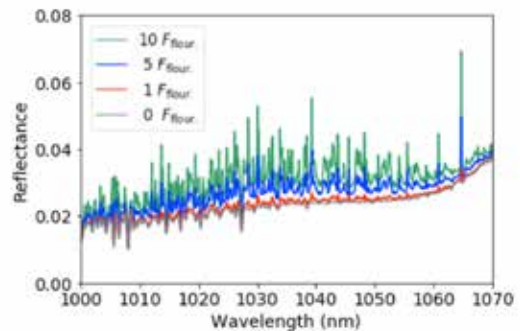


図3 TRAPPIST-1eを想定した惑星の反射率 (惑星入射光に対する反射光の比)。恒星由来の吸収線によって蛍光の寄与が大きくなっている。地球で観測される蛍光量を $1F_{\text{fluor}}$ とした。

参考文献

[1] Takizawa, K. et al.: 2017, Sci. Rep. **7**, 7561.

ステート遷移における集光アンテナの移動

滝澤謙二^{1,2}, 得津隆太郎², 皆川純²

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 基礎生物学研究所

酸素発生型光合成は2つの光化学系 (PSII、PSI) 反応中心の励起により一連の酸化還元反応を駆動し光エネルギーを化学エネルギーに変換する。変動環境下で生育する植物や緑藻は励起バランスを調節するために PSII に付属する集光アンテナタンパク質 (LHCII) を PSI 側に可逆的に移動するステート遷移と呼ばれる制御機構を有している。基礎生物学研究所の皆川博士らは LHCII が PSI に結合した状態 (ステート2) と解離した状態 (ステート1) の PSI タンパク質複合体を緑藻クラミドモナスからそれぞれ単離し、生化学解析によりその組成を明らかにし、クライオ電子顕微鏡により構造を決定した¹。ステート2では LHCII 三量体の構成タンパク質の一つである LhcbM5 が PSI との接合面に位置しており結合に必須であることが明らかとなったが、これを欠失した変異株は野生株との比較において成長速度や光合成活性に明確な差が現れない。

LhcbM5 が関与するステート遷移機能を生体内で評価するために、まず様々なステート遷移の誘導条件を比較検討した。低温蛍光スペクトルから PSI と PSII の相対的な集光アンテナサイズの変化を比較すると、嫌気環境や薬剤処理による顕著な変化と比べて光環境の変化では比較的小さな変化に留まった (図1)。

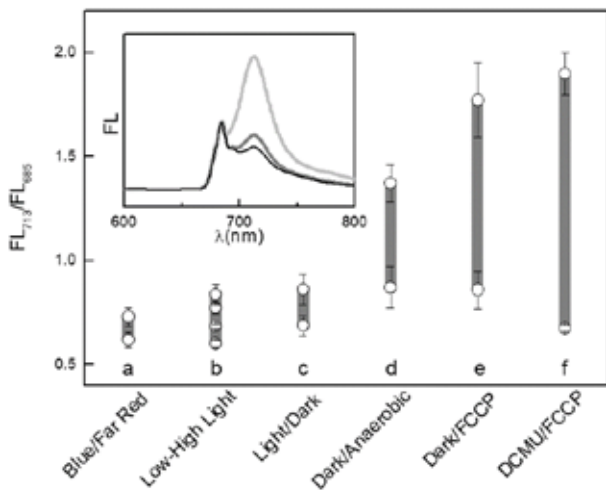


図1: 低温蛍光スペクトル測定によるステート遷移の評価。ステート1または2条件下でクラミドモナスを瞬間凍結し蛍光スペクトルを測定 (内装グラフ)。PSI と PSII の蛍光ピーク比の変化幅をバーグラフで表す。a-b は光環境によるステート誘導、d は嫌気、e と f は薬剤処理による効果。

クラミドモナス生体内で進行するステート遷移を PAM 測定法によりリアルタイムで観察した。最大蛍光収率の変化から PSII のアンテナサイズの変化を推定できる。嫌気条件または薬剤によりよる強いステート2誘導では PSII の有効アンテナサイズはより大きく変化したが、LhcbM5 欠失株と野生株との間で差が認められなかった。これらの条件下では LHCII の凝集によるクエンチングや PSII から PSI へ励起エネルギーのスピルオーバーが大きいためと考えられる。

LhcbM5 依存のアンテナサイズ変化はむしろ、光環境変化による弱いステート誘導条件下で観察された。遠赤色光によるステート1誘導と青色光によるステート2誘導の効果を比較したところ、LhcbM5 欠失株では青色光下での PSII から LHCII の離脱が野生株よりも遅く、遠赤色光下での PSII と LHCII の再結合は野生株より早いことが確認できた (図2)。このことは、間接的にはあるが、LhcbM5 の欠失により PSI と LHCII の結合が阻害されていることを裏付ける。

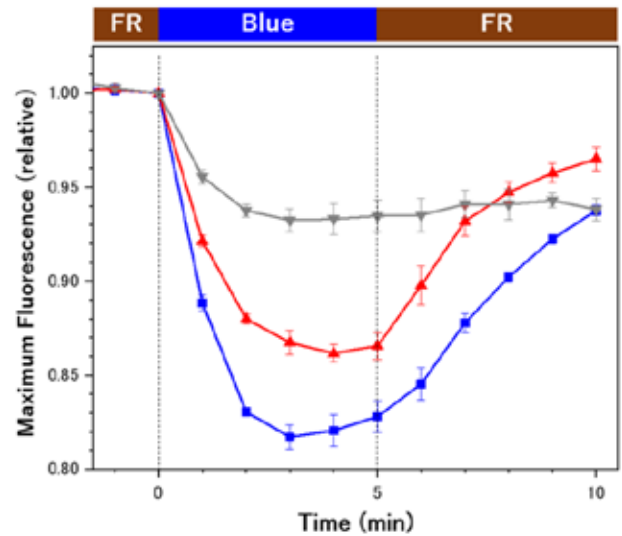


図2: PAM 測定によるステート遷移のリアルタイム観察。遠赤色光・青色光照射下で PSII の有効アンテナサイズの変化を測定。青色が野生株、赤色が LhcbM5 欠失株、灰色がステート2固定変異株。

参考文献:

- [1] Pan, X. et al.: 2021, Nat. Plants 7, 1119–11

新規の赤外線利用型光合成タンパク質の同定と解析

小杉真貴子^{1,2,3}, 原光二郎⁴, 亀井保博^{5,6}, 工藤栄^{6,7}

菓子野康浩⁸, 小池裕幸³

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台, 3: 中央大学, 4: 秋田県立大学, 5: 基礎生物学研究所,
6: 総合研究大学院大学, 7: 国立極地研究所, 8: 兵庫県立大学

現在の地球で藻類や植物が行っている酸素発生型光合成は、光エネルギーを使って水を分解し、得られた還元力で二酸化炭素から有機物を作り出す反応である。水の分解過程で酸素が放出される。この酸素発生型光合成は、27 億年ほど前に原核生物のシアノバクテリア（ラン藻）によって開始され、酸素がほとんど存在しない嫌氣的な地球環境を好氣的な環境へと変貌させた。大気中の酸素濃度の上昇は好気呼吸をする生物の繁栄をもたらし、地球の生物進化に大きな影響を与えたと考えられている。

酸素発生型光合成反応には可視光のエネルギーが必要であると考えられてきた。しかし 1990 年代以降、赤外線のみで酸素発生型光合成を行う生物の発見が相次いでいる。一部のシアノバクテリアは赤外線を吸収する光合成色素（クロロフィル *d*, *f*）を合成し、電荷分離反応を行う反応中心に利用（直接的な赤外線利用）していることが報告された[1, 2]。一方で、一部のシアノバクテリアや真核の光合成生物において、赤外線吸収型のクロロフィルから可視光吸収型のクロロフィルへの効率的なエネルギー移動（間接的な赤外線利用）が示唆されており、それを可能にするアップヒル型のエネルギー伝達メカニズムが注目されている[3, 4]。

私達はこれまでに、南極で採集された緑藻ナンキョクカワノリ (*Prasiola crispa*) が一般的な光合成生物が利用している可視光に加え、光環境に応じて 700 ~ 750 nm の赤外線でも一連の光合成反応を行って

ることを初めて明らかにした[5, 6]。真核藻類の光化学系反応中心は可視光と同等のエネルギーで励起されるため、吸収された赤外線エネルギーは大きなアップヒル型のエネルギー移動を起こしていると考えられた。そこで 2020 年度においては、赤外線の吸収とエネルギー移動の詳細を明らかにするため、赤外線を吸収する長波長クロロフィルが結合した光捕集タンパク質の精製と同定を行った。精製した標的タンパク質 (Pc-frLHC と命名) は、クロロフィル *a* の一般的な吸収帯である 680 nm の他に 708 nm に大きな吸収帯を有していた (図 1)。色素分析の結果から長波長のピークはクロロフィル *a* の多量体構造によるものと考えられた。Pc-frLHC の 3 箇所のアミノ酸シーケンス解析とナンキョクカワノリのトランスクリプトーム解析データから全アミノ酸配列を推定し、Blast 検索を行った。その結果、この長波長クロロフィル結合タンパク質は真核光合成生物が一般的に持つクロロフィル結合型光捕集タンパク質 (LHC) の一種で、緑藻の光化学系 I のアンテナである LHCI に近縁である新規のタンパク質であることが分かった。このことから、Pc-frLHC は、真核藻類からクロロフィル *a/b* を持つ green の系統 (緑藻と植物を含む) が進化した後に緑藻が持つ LHCI から光化学系 II のアンテナへと派生したものであることが示唆された。ナンキョクカワノリにおいて Pc-frLHC が光化学系 II の赤外線励起を可能にしたことで、可視光が少なく赤外線が卓越する環境下での生育を助けていると考えられる。

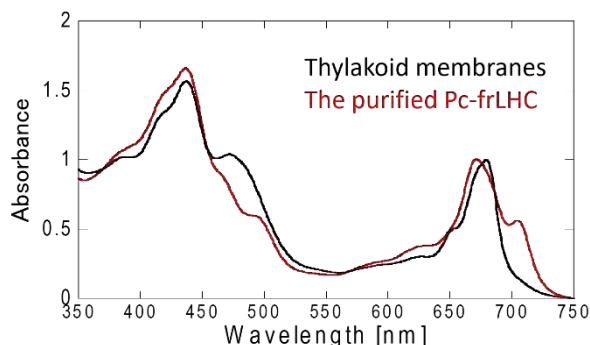


図1. チラコイド膜とそこから精製したPc-frLHCの吸収スペクトル

参考文献:

- [1] Chen, M. et al.: 2012, FEBS Lett. **586**, 3249–3254
- [2] Li, Y. et al.: 2014, Front. Plant Sci. **5**, 67
- [3] Mielke, S.P. et al.: 2013, Biochim. Biophys. Acta Bioenerg. **1827**, 255–265
- [4] Kotabová, E. et al.: 2014, Plant Cell Physiol. **45**, 392–397
- [5] Kosugi, M. et al.: 2020, Biochim. Biophys. Acta Bioenerg. **1861**, 148139
- [6] 小杉真貴子 他: 2020, 光合成研究 **30**, 19–25

生命に及ぼすプラズマの影響

定塚勝樹^{1,2,3}

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 基礎生物学研究所, 3: 総研大

宇宙の99%以上がプラズマ状態である。プラズマはイオンや電子からなるガスで極めて反応性が高い。生命誕生からプラズマがどのように生命に影響を及ぼしているのだろうか？ 21世紀に入ってから、低温大気圧下でプラズマを発生することが可能となり、工業、医学、農学など様々な分野で広くプラズマが応用されている。しかし従来の技術ではプラズマ発生に伴い70°C前後の発熱を伴っていた。これは多くの生命に致命的な高温となる。我々は細胞の至適生育温度に温度制御可能なプラズマ照射装置を新たに開発し、熱ショックを与えることなく細胞に直接プラズマ暴露処理を行い、その影響を調べる系を開発した(図1)。

もっとも単純な真核細胞のモデルである酵母を使い、プラズマ直接暴露処理すると、処理時間に応じて致死率が上昇する(図2)。プラズマ直接暴露が及ぼす影響を、網羅的遺伝子発現解析(RNA-seq)で調べた。その結果、H₂O₂処理と類似した抗酸化応答が生じていることに加えて、プラズマ特異的にエネルギー生産系の誘導が生じていること等が観えて来た。一方細胞分裂に必要な遺伝子群の一部に発現低下がみられ、増殖を抑えていることがわかった(図3)。

また、プラズマが生命に及ぼす影響を遺伝子レベルで理解するため、プラズマ耐性株を取得してその原因遺伝子の同定とその解析を進めた。その結果、特定の

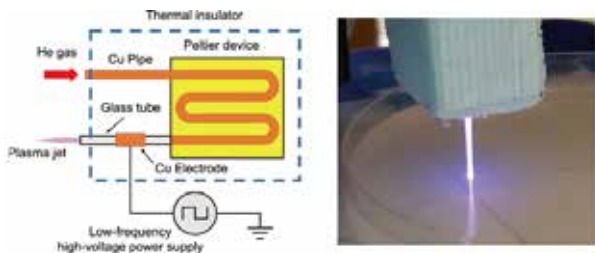


図1: 大気圧プラズマジェット装置の概図(左)、寒天培地上に置いた酵母細胞への直接暴露実験(右)

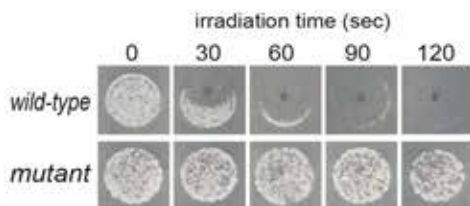


図2: 感受性細胞(上段)、耐性変異株(下段)

遺伝子(*PRMI*と呼ぶ)機能の欠損によりプラズマ耐性になることがわかった。*PRMI*は進化的に遠く離れて分裂様式も異なる2種の酵母(出芽酵母と分裂酵母)で保存されており、この欠損でプラズマ耐性になる性質も保存されていることがわかった。さらにこの遺伝子欠損により細胞分裂に異常が見られ、あたかも単細胞から多細胞化している様な性質が共通して観られた(図4)。単細胞の生命がプラズマに晒されることで多細胞化へと進化した可能性を連想させる。

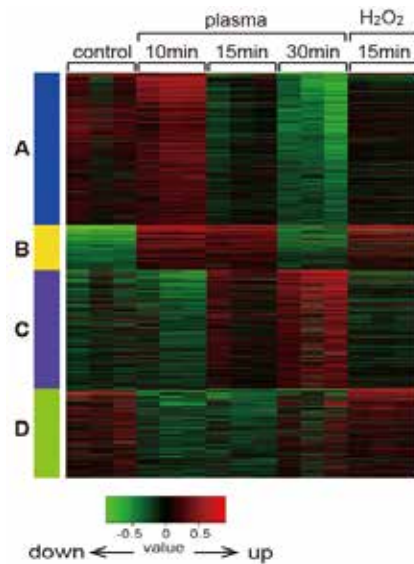


図3: 網羅的な遺伝子発現解析(RNA-seq)の結果。B群ではH₂O₂と共通した抗酸化ストレス応答が観られる。A、C群ではプラズマ特異的応答が暴露後の異なった時間経過に応じて観られる。

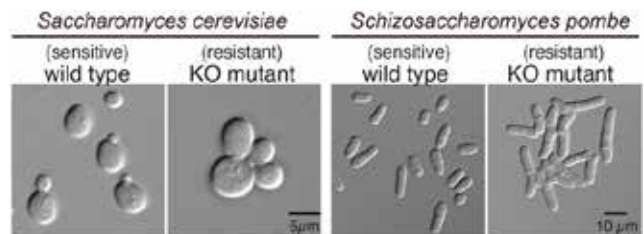


図4: プラズマ耐性に関わる遺伝子は2種の酵母で保存されている。両者で遺伝子ノックアウト株はプラズマ耐性能と分裂に異常が共通して観られた。

EDAR 370V/A 多型の反応拡散系を介した歯根形態への影響

藤田浩徳^{1,2,3}

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 基礎生物学研究所, 3: 総合研究大学院大学

自然界における秩序形成は、自己組織的な時空間パターンの創発により行われる。特に生物においてはそれが顕著であり、その一例として歯の形態形成が挙げられる。人間の歯の形態学的変化は長い間注目されており、特に、アジアにおける2つの歯形態パターン、すなわち Sinodonty と Sundadonty の空間的および時間的分布は、人間の移動の歴史の理解に貢献してきた。しかし、そのような歯形態の変化の根底にある分子メカニズムはまだ完全には解明されていない。最近の研究では、ectodysplasin A 受容体遺伝子の非同義変異体 (EDAR 370V/A; rs3827760) が Sinodonty に関連する歯冠形質に寄与することが明らかになっている。

そこで本研究では、コンピューター断層撮影画像を

用いて EDAR 多型と歯根形質との関連を調べ、EDAR 変異体が歯の種類によって歯根形態に及ぼす影響が異なることを確認した。さらに、歯根の形態形成をよりよく理解するために、反応拡散系に基づいた数理モデルの構築・解析を行った (図1)。数値的解析の結果、EDAR が反応拡散ダイナミクスで機能する分子に影響することにより、EDAR 多型の複雑な影響を説明できることが示された (図1 CD, 図2)。この研究では、歯冠の形態形成と比較して、理解が遅れている歯根の形態形成の分子メカニズムに光を当てるものである。

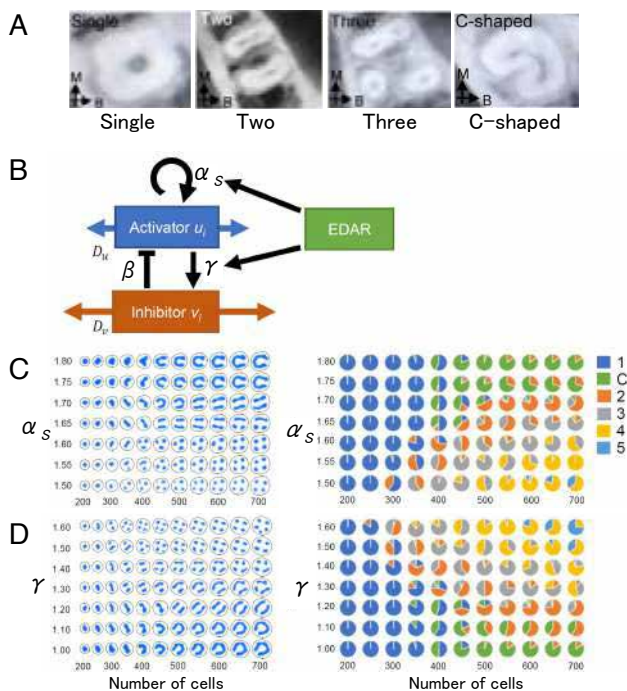


図1: (A) 歯根形態の多様性. (B) 歯根パターン形成の数理モデルの概略. EDAR は activator-inhibitor 系を制御することにより、パターンに影響を与える. (C, D) α_s および γ の歯根パターンに対する影響. 代表的シミュレーション結果 (左) および歯根形態の割合 (右).

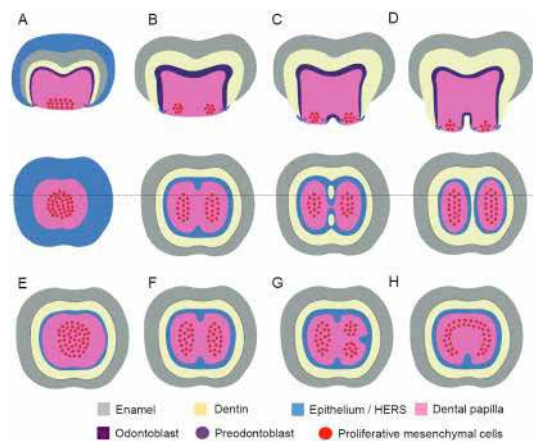


図2: 歯の発生における歯根の形態形成の模式図.

(A) 歯冠形成期. (B) 歯根形成の開始. (C) 歯根分岐部の形成. (D) 歯根の伸長. (E-H) 歯根形成の開始期における細胞パターンによって、単一根 (E)、2根 (F)、3根 (G) あるいはC字根 (H) が形成されると仮定.

参考文献:

- [1] Kataoka, K., Fujita, H. et al.: 2021, Scientific Reports, **11**, 5143.
- [2] Fujita, H. et al.: 2011, PLoS One, **6**, e18243.

彗星表面における有機分子濃縮

鈴木 大輝^{1,2}, 新中 義治³, Majumdar Liton⁴, 他 4 名

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台, 3: 京都産業大学, 4: NISER など

目的

彗星内部には、太陽系誕生初期の物質が保存されていると考えられている。近年ロゼッタミッションでは 67P / Churyumov-Gerasimenko 彗星 (以下 67P 彗星と呼ぶ) が詳しく調査された。その結果最も簡単なアミノ酸のグリシンとその前駆体の CH_3NH_2 が検出されており、生命起源に必須な物質が彗星により初期地球にもたらされた可能性を示唆している [1]。このような天体は後期重爆撃時に地球に大量に飛来して物質の運搬に寄与したと考えられ、特に彗星表面の物質は衝突による加熱と熱分解を免れて運搬された可能性がある。そこで我々は彗星表面での揮発成分の蒸発と不揮成分の濃縮プロセスを検証するために、彗星表面の有機分子濃縮モデル (SCCM) を新しく開発した。

手法

初期組成は彗星中の主要な分子として知られる水と、不揮発性有機分子を考える。特に有機分子として生命関連分子として知られる CH_3NH_2 が 0.1 % 存在するものとして、SCCM モデルと観測結果との比較に使用する。SCCM では彗星内部を 5-20 cm の層に分け、各層の空隙率と分子の存在比が検証するパラメータとなる。初期の空隙率は 0-0.2 に設定し、水の昇華とともに空隙率が上昇する様子を再現する。SCCM は 67P 彗星をベンチマークとする。67P 彗星の軌道パラメータを用いて軌跡を計算し、太陽との距離から熱平衡の温度を得る。さらに、彗星内部の温度に関する先行研究 [2] に基づいて彗星内部の温度勾配を与えた。このように彗星の温度変化を得ることで、彗星表面からの深さによる水と CH_3NH_2 の単位時間当たりの昇華率が得られる。SCCM では表面付近ほど温度が高くなるため彗星の内部では絶えず表面に向かって分子が昇華し移動する。従って時間と共に空隙率が変化するが、空隙がない状態では分子の移動が制限されるため、下層からの分子の輸送量にも制約を与える。このような条件で近日点を何度も通過した後、不揮発性成分が集中する深さを調査した。

結果

SCCM の結果は水と CH_3NH_2 の production rate で検証した。67P 彗星の軌跡を想定して 100 comet year (太陽周り 100 周した時点) の計算を行い production rate を計算すると、観測で得られた値をよく再現することができた。現実 に即した 67P 彗星のモデルを構築することができたといえる。図 1 は初期の空隙率 0, 不揮発性有機分子が 50%, 層の厚さを 10 cm としたときの SCCM の結果である。不揮発性有機分子が占める割合の時間変化が 100 comet year にわたり示されている。太陽のまわりを数回周るだけでも、揮発性成分が彗星表面の上部 100 cm にわたり蓄積されることを予測している。

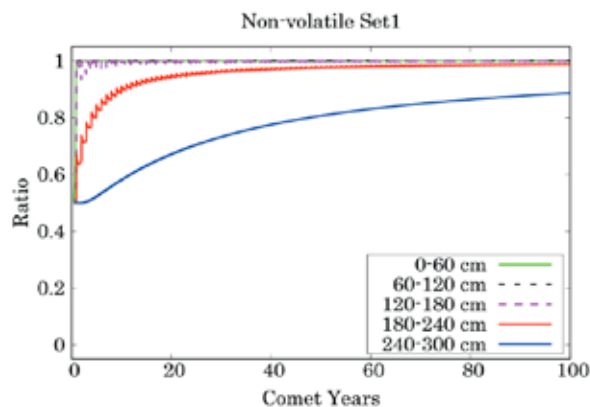


図 1 彗星中の物質のうち、不揮発性有機分子が占める割合の時間変化。

考察と結論

SCCM モデルは彗星が地球に飛来する前には地表下数メートルにわたって不揮発性成分が蓄積されている可能性を示唆している。このような彗星が初期地球に衝突するとすれば、生命起源の舞台の候補とされる温泉溜りなどに有機分子が濃縮された特殊な化学的条件を提供する可能性がある。[3]

参考文献

- [1] Altwegg, K. et al.: 2016, *Sci. Adv.*, **2**, e1600285.
- [2] Guibert-Lepoutre et al.: 2016, *MNRAS*, **462**, S146.
- [3] Suzuki, T. et al.: 2020, *A&A*, **645**, A134.

分子雲コアの湾曲磁場の探査 (BHR71 と CrA 分子雲の SL42)

神鳥 亮¹

1: アストロバイオロジーセンター

我々は、南アフリカ共和国で運用中の IRSF 1.4m 望遠鏡と近赤外 3 色同時偏光器 SIRPOL[1] を用いた背景星の星間偏光測定に基づき、太陽系近傍の分子雲コアを取り巻く磁場構造の探査を進めている。2019 年度には、4 天体 (B68:[2], B335:[3], CB81:[4], FeSt 1-457:[5]) での結果を出版した。いずれの天体でも、赤道面がくびれて軸対称に歪んだ砂時計に似た形状の磁場構造を検出した。砂時計形状の磁場構造は、それが凍結磁場を引きずりながらの物質集積によるコア形成の履歴であるとする理論的にも自然に理解できる。今回は、2020 年度に出版された 2 編の論文 (BHR71:[6], CrA SL42:[7]) について紹介する。

BHR71 はボック・グロビュール (孤立した分子雲コア) である。中心には若い原始星の連星が付随し、それぞれから両極方向に吹き出す分子ガスのジェットが観測されている。SL42 (CrA-E) は、CrA (南のかんむり座) 分子雲の中にあるコアであり、中心付近に原始星と思われる低光度点源が *Spitzer* Herschel 衛星による遠赤外線データで見ついている。これら 2 つの分子雲コアに対して SIRPOL による近赤外線偏光観測を行った。

BHR71 と CrA SL42 の両方のコアにおいて、カーブ上に湾曲した磁場構造が観測された。BHR71 での例を図 1 に示す。この構造の起源としては、2 つの見方が可能である。1 つは、もともと砂時計型の磁場構造がコアに付随していたが、何らかの理由で片側の物質分布が吹き払われたことにより片側の湾曲磁場が見えなくなったというシナリオである。もう 1 つは、超新星爆発などを起源とした衝撃波が到来したことにより、コアを取り巻く磁力線構造がカーブするように歪められたというシナリオである。

前者と後者のシナリオはじつは矛盾しない。もともと砂時計型の磁場構造がコアに付随していたとしても、そこに衝撃波が到来すれば、衝撃波の到来方向の物質は吹き払われ、また、衝撃波の通過方向に向けて磁場構造は歪められる。衝撃波以外のものを使ってコア周囲の物質分布を片側だけ吹き払うメカニズムは思いつくのがなかなか難しい。

分子雲コアと衝撃波との相互作用による湾曲磁場の形成は、上で提示した 2 つの見方の両方を説明できるため、有力なシナリオではないかと思われる。銀河系内での超新星爆発の頻度を考慮すると、銀河系内の星間空間は 100 万年に 1 度くらいの頻度で衝撃波に掃かれている計算になる。この時間スケールは、分子雲コアの寿命とそれほど変わらない。

したがって、分子雲コアをいくつも観測したときに、その中に衝撃波との相互作用を経験したコアが含まれることは、自然であると考えられる。

分子雲コアと衝撃波との相互作用による湾曲磁場の形成は、理論的に示唆されている (井上-福井メカニズム:[8])。初期に直線磁場が貫く程度濃いガス塊があったときに、衝撃波との相互作用により、磁場構造がカーブした形状に変化することが理論計算でも確かめられている。ガス塊と衝撃波との相互作用は、ガス塊内部の運動にも影響を残す。井上-福井メカニズムで良く説明されるガス運動を野辺山 45m 鏡で観測した報告例がある [9]。今回、カーブ形状の湾曲磁場を捉えた BHR71 や CrA SL42 のコアにおいても、精密なガス運動の観測を追加して、井上-福井メカニズムの検証に繋げる研究が必要であると思われる。

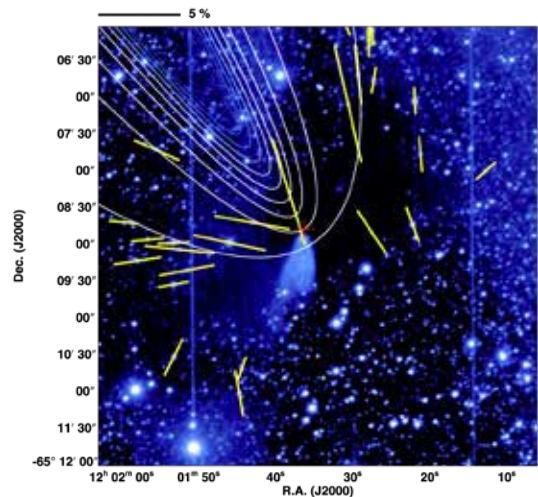


図 1 分子雲コア BHR71 について、近赤外 H バンドで測定された偏光ベクトル分布 (黄色ベクトル)。背景は、 H バンドの Stokes I 画像。 H バンドの偏光度 (P_H) が 1.5% 以上かつ S/N が 4 以上の星の偏光ベクトルをプロットした。曲線は、パラボリック関数を用いたベストフィット。赤いプラス印は、*Herschel* 衛星による遠赤外線データから求めたコア中心の位置を示す。

参考文献

- [1] Kandori, R., et al., 2006, Proc. SPIE, 6269, 159
- [2] Kandori, R., et al., 2020, PASJ, 72, 8
- [3] Kandori, R., et al., 2020, ApJ, 891, 55
- [4] Kandori, R., et al., 2020, ApJ, 890, 14
- [5] Kandori, R., et al., 2020, ApJ, 888, 120
- [6] Kandori, R., et al., 2020, ApJ, 892, 128
- [7] Kandori, R., et al., 2020, ApJ, 900, 20
- [8] Inoue, T. & Fukui, Y., 2013, ApJL, 774, 31
- [9] Arzoumanian, D., et al., 2018, PASJ, 70, 96

近赤外高分散分光器 SAND と REACH/Subaru の開発

小谷 隆行^{1,2,3}

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台, 3: 総合研究大学院大学

1 近赤外線高分散分光器 SAND の開発

SAND(South Africa Near-infrared Doppler) は、南アフリカ天文台に大阪大学が建設中の PRIME 望遠鏡に搭載する、近赤外線高分散分光器である。SAND の科学目標は、高精度・安定な RV 測定により、近傍 M 型星まわりの地球型惑星検出を目指すと共に、これまであまり探索されていない若い恒星まわりの木星型惑星の発見を行うというものである。2020 年度は、PRIME 望遠鏡主焦点ユニット内で光を取り出し、SAND のファイバーに光を入射させる光学系の設計と、光を取り出すピックアップミラー駆動システム、入射光学系の一部を製作した。また高精度にファイバーに光を入射させるための、新しいアイデアに基づいたピンホールミラーの製作にも成功した。これにより、原理的にアライメント誤差が生じない、天体位置モニターが実現が可能になった。また PRIME 主焦点ユニットへのファイバー入射モジュール設置のための、アライメント方法や取付位置の確認のため、実際に西村製作所に設置されている望遠鏡に、アライメント用レーザーを取り付けて確認作業を行い、アライメントの実現が十分に可能であることが確認できた。

SAND は、背景熱放射を無視できるレベルまで低減するために、光学系全体を 180K に冷却し安定に保つ真空チャンバーが必要であるが、そのための真空チャンバーと、300Kg を越す光学定盤などを、安全かつ容易に真空チャンバー内に出し入れするための機構を製作した (図 1)。

2 高コントラスト高分散分光器 REACH の開発

REACH(Rigorous Exoplanetary Atmosphere Characterization with High dispersion coronagraphy) は、すばる望遠鏡用近赤外線高分散分光器 IRD と極限補償光学 SCEAO をシングルモードファイバーで組み合わせ、系外惑星のような主星近傍にある暗い天体を空間分解した上で、 $0.97\text{-}1.75\ \mu\text{m}$ の光を波長分解能 10 万で高分散分光観測を行うことができる装置である [1]。REACH は 2020 年 8 月に初の共同利用観測が行われ、褐色矮星や系外惑

星の分光観測に成功した。2020 年度は REACH の性能向上を目指して、以下の新しい装置の開発を行った。これまで REACH 観測時は、IRD での YJH バンド分光観測のみ可能であったが、使用されていなかった長波長側の K-band 光を用いて、高コントラストコロナグラフ面分光装置 CHARIS と REACH との同時撮像分光観測を行うために、YJH-band の光は反射し、K-band 光は透過させ CHARIS に送る、ダイクロイックミラーの製作を行った。また、ファイバーへの天体光入射に使用する軸外し放物面鏡に使われていた、安価な金属鏡を代替するために、特注の高精度低熱膨張ガラス製のミラーを製作した。これにより、アライメント安定性の向上とファイバー入射効率の向上が見込める。

REACH はサイエンス観測に用いるファイバーと、恒星散乱光をモニターする 6 本のファイバーがあるが、これまで散乱光用ファイバーの切り替えは手動でしか行えず、観測効率を悪化させる原因となっていた。この問題を解決するために遠隔操作でファイバーを切り替える装置を開発し、実用に耐える性能があることを確認した。これらの装置は、2021 年度に実装され試験を行う予定である。



図 1 製作した SAND 用真空チャンバー

参考文献

[1] Kotani et al. 2020, Proc. SPIE, 11448, 1144878

偏光撮像

周藤 浩士^{1,2}

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台

効率化の探索

本試験のテーマは偏光撮像測定 of 効率化である。偏光測定 of 高速化ということもできる。効率化のために以下の偏光カメラと LCD 可変光位相素子の組み合わせを試した。

1: 偏光撮像カメラ

偏光撮像カメラは 2 次元撮像素子上にグリッド偏光子をかぶせた構造を持つ。本試作では市販の SONY 製可視用偏光カメラ XCG-CP510 を使用した (素子サイズ 3.45x3.45 ミクロン、素子数 2448x2048)。近傍の 2x2=4 個の各素子に 0,45,90,135 度方向の微小なグリッド偏光子がかぶさり、この組み合わせが素子全体に繰り返されている。2x2 近傍の素子群が同一の位置情報を測定していると想定できれば、2 次元像の各点のストークスパラメータ U と V が 1 ショットで取ることが可能だ。また、位相変調をかけて撮像すればストークスパラメータ U,V,Q が得られ、最低 2 ショットで Q まで含めた偏光情報が得られる。

2: LCD 可変位相素子

LCD 位相素子は通常の軸性結晶による波長板と同様の働きをする。透過光の Fast/Slow 軸間の位相ずれは LCD に加える交流電圧の値によって調整され、20Volt 以下の電圧範囲で位相ずれを 0 から 2π まで可変できる。電圧にたいする位相変化の応答速度は 100 ミリ秒以下と早い。使用した LCD 素子は市販の Thorlabs 製 LCC1423-A である。

LCD 素子による早い位相変調と上記の偏光カメラの組み合わせによって高速な偏光撮像が可能である。また、光学系全体のコンパクト化が可能であること、素子の回転移動がないため LCD 素子の透過光は光波面のティルト成分が位相にかかわらず一定であり、撮像素子上の像位置が変化しないメリットもある。実際に、上記の素子を使用したコンパクトな光学系を組み、古典的な偏光測定にくらべて高速な偏光撮像が可能であることを確認した。下図は岩石からとった雲母片に背後から光をあて、その透過光を波長 500nm で撮像した例で、それぞれ偏光成分の U,V,Q そして偏光度 P の 2 次元マップになっている。LCD 素子の位相軸は水平から 22.5 度に固定し、Fast/Slow 軸の位相差を

0 と $\pi/2$ として撮像した 2 枚の画像から得られた。機械操作による時間ロスが省かれ、撮像に要する時間はシャッター動作を含め 1 秒オーダーと短い (実際の天文観測ではトータルな計測時間は対象の光量、更正作業時間に依存する)。

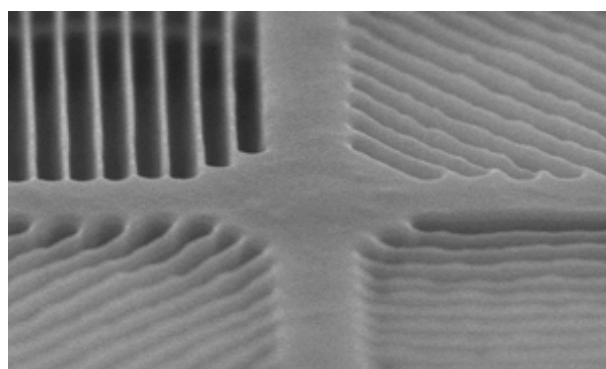


図 1 センサーピクセル上に置かれるマイクロ偏光子

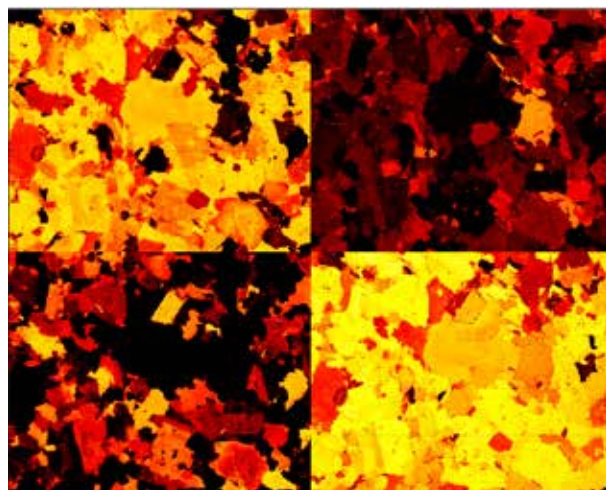


図 2 雲母片のストークスパラメータ U(上左), V(上右), Q(下左), と偏光度 P(下右) のマップ

参考文献

- [1] <https://www.sony-semicon.co.jp/products/IS/industry/technology/polarization.html>
- [2] Serkowski, K. : 1974, Methods in Experimental Physics, **12**, 361-414.

量子測定における微視的量子飛躍と微視から巨視への増幅

中島 紀^{1,2}

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台

量子力学における測定は、非可逆である。しかしどのような過程が非可逆なのかは、未だ明かではない。またもう一つの明かにしなければならないのは、量子力学的な領域から、古典的領域への遷移の問題である。我々は、これらの問題を、最も単純な実験的設定である、単独の光子/粒子を被観測系 (System:S) とし、検出器を観測装置 (Apparatus:A)、として分析することで検討する。全系 (S+A) の一つの重要な特徴は、制御不能な環境がないことである。我々は、量子飛躍 (Quantum Jump:QJ) は、被観測系 S と検出器 A のフロントエンドとの間の、微視的相互作用として起こることを見出した。QJ は、系の固有値 (System Eigenvalues:SEVs) を固定するが、SEVs はこの場合、粒子の二次元的な位置と到着時間である。QJ は、非可逆的な過程であり、それはまた微視的粒子 (Microscopic Particle:MIP) を出力する。MIP は、SEVs の情報を潜在的に持っている。検出器 A の中で、MIP は、二次粒子の増幅/カスケードをトリガーする。この二次粒子を中間粒子 (Intermediate Particles:IMPs) と呼ぶことにする。IMPs は、最初は少数だが、非線形増幅の後に多数となり、巨視的となる。これが二番目の非可逆過程である。増幅の結果は、電流パルスのような巨視的な観測量 (Macroscopic Observable:MAO) であり、これは SEVs の情報を現実のものとして持っている。我々は、MAO が得られた段階で、観測が完結したとみなす。

以下では 2 種類の実験設定について記述する。

(1) フォトカソード

+ マイクロチャンネルプレート (Photocathode(PC)+Microchannel Plate(MCP):PCMCP)

PCMCP は、動作原理のわかりやすい 2 次元光子計数検出器である。ここでは、可視域の光子が入射する場合を考える。観測系全体は真空管の中にある。PC は、半導体でできていて、2 次元的な PC のある部分 (x,y) に時刻 t に光子が入射、価電帯にある電子を、光電効果によって叩き出す。PC が検出器 A のフロントエンドであって、SEVs が (x,y,t) であり、光電子、MIP が SEVs の情報を記憶している。この光電効果が起こる過程が QJ であって、光子が

どこの (x,y) に到達するかは、確率的にしか予言できず、また QJ のメカニズムを問うことは、科学の領域外にある [1]。MCP は、細い管状の電子増倍管が束になった構造をしていて、MIP が入射した管において、2 次電子が増幅される。管内の 2 次電子が IMPs である。IMPs も (x,y,t) 情報を持っている。増幅された IMPs は、アノードで電流パルスとなり MAO として、巨視的に (x,y,t) 情報を現実のものとする。

(2) ウィルソンの霧箱 (Wilson Cloud Chamber:WCC)

WCC は、1950 年代まで使われていた荷電粒子の検出器である。これは、空気と過飽和した水蒸気の入ったガラスの箱に荷電粒子が入射したときにできる飛跡を観測する装置であるが、その動作原理を観測の理論の観点から考えてみる。高エネルギー荷電粒子は、空気分子と静電的に相互作用して、その通り道にある空気分子をイオン化する。個々のイオン化に着目すると、この過程は微視的であり、一つの QJ である。空気イオンは重いので、元の位置から殆ど動かないが、電子は跳ね飛ばされる。従って入射粒子の位置情報を持つのは、空気イオンであるが、単独のイオンは微視的な MIP である。そのイオンを凝結核として、多数の水分子が凝集して水滴となる。この凝集が増幅過程で、水分子が IMPs であり、目に見える水滴が MAO である。荷電粒子の飛跡は、以上の過程の連続によって得られる。この飛跡から、荷電粒子の入射エネルギーや、質量などが求まる。

量子飛躍 QJ 自体は、量子力学の確立当時から、その存在が考えられてきた。但し、その場合の QJ とは、微視的世界から巨視的世界への飛躍であった。我々が明らかにしたのは、QJ が微視的なものであり、それに加えて微視から巨視への増幅が存在するということである。

参考文献

- [1] Dirac, P.A.M.: 1958, *The Principles of Quantum Mechanics* Oxford University Press.

4. 研究連携

区分	実施数	備考
プロジェクト研究	22 件	14 機関
サテライト研究	6 件	6 機関
大学支援	4 件	
研究集会	2 件	シンポジウム、ワークショップ
クロスアポイントメント	3 件	東京大学、アリゾナ大学、ワシントン大学
客員教授等	3 件	東京大学、東京農工大学、鹿児島大学

4-1 アストロバイオロジーセンター 公募研究

2020 年度 プロジェクト研究

課題番号	代表者	所属	研究課題
AB021001	鈴木 庸平	東京大学	隔離施設内における火星生命簡易検出技術の開発
AB021002	鈴木 志野	海洋研究開発機構	惑星ハビタビリティの拡大: 不溶性リン酸塩鉱物の生命利用
AB021003	古家 健次	筑波大学	原始惑星系円盤における有機分子進化
AB021004	成島 哲也	分子科学研究所	星間塵ナノ微粒子のナノ光科学に基づくホモキラリティ発現に関する研究
AB021005	市橋 伯一	東京大学	物質から生命が進化する条件を RNA の長期進化実験により探る
AB021006	寺坂 尚紘	東京大学	分子進化によるウイルス細胞脱出起源仮説の再現
AB021007	飯野 孝浩	東京大学	アルマ高空間・時間分解能ビッグデータを用いた、タイタン大気中有機分子化学過程の観測的制約
AB021008	トニー ズィジャー	東京工業大学	Structure and Function of Extraterrestrial Polyester Protocells
AB021009	山本 正浩	海洋研究開発機構	電気エネルギー利用生命圏の探求
AB021010	新原 隆史	東京大学	火星隕石の水-岩石反応から探る火星表層の古環境

AB021011	菅原 春菜	宇宙航空研究 開発機構	火星アナログ炭酸塩を用いたバイオシグネ チャー探索法の開発
AB021012	野口 高明	九州大学	熱変成作用による高分子有機物の構造変化： コンドライトと変成岩の比較研究
AB021013	黒澤 耕介	千葉工業大学	窒素大気を持つ天体への天体衝突時の反応 性窒素生成効率の解明
AB021014	木賀 大介	早稲田大学	生命の初期進化において生体高分子のユニ ット多様性と合成の正確さがその活性に与 える影響の検証
AB021015	塚谷 祐介	海洋研究開発 機構	赤色矮星周辺のリッドエッジ変化を実証す る色素合成酵素進化実験
AB021016	諸野 祐樹	海洋研究開発 機構	超高感度・高精度細胞・孢子検出法の構築と 海底下限界生命圏への適用
AB021017	清水 義宏	理化学研究所	試験管内リボソーム再構成から迫る遺伝暗 号の起源
AB021018	松村 茂祥	富山大学	マイクロ流体システムによる擬細胞を用い た RNA とペプチドの共進化実験
AB021019	Ramirez Ramses	東京工業大学	F-M 型星周りの若い惑星でのマグマ・オーシ ャン, マグマ・ポンドと大気進化
AB021020	横堀 伸一	東京薬科大学	祖先 tRNA の復元と蛋白質合成系の祖先型化
AB021021	本郷 やよい	沖縄科学技術 大学院大学	多相不均一反応が鍵となるタンパク一次構 造の起源
AB021022	眞山 聡	総合研究大学 院大学	ALMA 望遠鏡の新技术による、ガスの運動か ら狙う太陽系外惑星検出

2020 年度 サテライト研究

課題番号	代表者	所属	研究課題	区分
AB022001	藪田 ひかる	広島大学	太陽系の起源と進化の体系的理解をめ ざすマルチスケール小天体科学	継続
AB022002	癸生川 陽子	横浜国立大学	宇宙における有機物の形成・進化および 生命の移動・居住可能性に関するアスト ロバイオロジー宇宙実験研究拠点	継続

AB022003	赤沼 哲史	早稲田大学	タンパク質の起源に纏わる「鶏と卵のパラドックス」の解決による地球と宇宙での生命誕生場の推定	継続
AB022004	古川 善博	東北大学	初期火星における生命関連有機分子の生成に関する研究	継続
AB022005	亀田 真吾	立教大学	強紫外線輻射を受ける地球型惑星のハビタビリティ	継続
AB022006	河原 創	東京大学	データ科学手法で迫る新世代の太陽系外惑星探査	新規

* サテライトの研究ハイライトは次ページ以降参照

ABC サテライト「太陽系の起源と進化の体系的理解をめざすマルチスケール小天体科学」2020 年度活動報告

藪田ひかる¹, 上出奏海¹, 天野翠¹, 重中美歩¹, 後藤優衣¹, 宮原正明¹, 杉田精司², 巽恵理², 和田浩二³, 中村智樹⁴, 藤谷渉⁵, Larry Nittler⁶, Eric Quirico⁷, Matthias Grott⁸, Stefan Schroder⁸, Katharina Otto⁸, 橋省吾^{2,14}, 荒井朋子³, 木村宏³, 小林正規³, 平井隆之³, Ralf Srama⁹, Harald Kruger¹⁰, Frank Postberg¹¹, Cecile Engrand¹², 金田英宏¹³, 藤本 正樹¹⁴, 渡邊誠一郎¹³

1: 広島大学, 2: 東京大学, 3: 千葉工業大学, 4: 東北大学, 5: 茨城大学, 6: Carnegie Institution of Science, 7: Université Grenoble Alpes, 8: German Aerospace Center (DLR), 9: University of Stuttgart, 10: Max Planck Institute, 11: Freie Universität Berlin, 12: Paris-Sud University, 13: 名古屋大学, 14: 宇宙航空研究開発機構

本サテライトでは、小惑星サンプルリターン「はやぶさ2」と、惑星間ダストその場分析および活動小惑星フライバイ観測「Destiny+」に関わる、観測と物質科学の国内外研究者からなるマルチスケール小天体科学ネットワークを構築し、太陽系における生命材料物質の形成機構および供給機構の総合的解明を目指す。2 年目は、COVID-19 感染症拡大のため、分担研究者との共同研究・研究集会が実施困難であった。そのため、審査所見に従い、代表者の所属機関で実施可能な研究を中心に行った。

①太陽系大規模物質移動を特徴づける、軽度な水質変成条件を制約するための模擬彗星有機物水質変成実験
太陽系の外側から内側への物質移動の際に起こりえた、鉱物が変化しないほどに軽度な、彗星物質の水質変成初期における有機物進化を明らかにするために、ホルムアミドを加熱して合成した彗星模擬有機物(HCN ポリマー)の水質変成実験を様々な温度、時間、pH 条件で行った。実験生成物を顕微赤外分光法で分析した結果、特に、60-70°C、48 時間~2週間、pH12-13 の条件で、HCN ポリマー中のアミン、ニトリル、アミド基に由来する吸収が著しく減少したことから、これらの官能基の加水分解が起こっていることが示された。実験生成物の赤外吸収スペクトルにおける C=O/C=C ピーク面積比と C-H/C=C ピーク面積比は超炭素質宇宙塵の値[1]に類似することが判明した。本結果から、彗星起源である超炭素質宇宙塵が弱い水質変成を経験した可能性が実験的に示された。具体的には、彗星あるいは彗星物質が太陽系外側から内側へ移動した際の太陽加熱や衝突熱により、彗星に豊富な NH₃ によるアルカリ性を呈した流体が生じたというシナリオを描くことができる。この条件は、無水惑星間塵(IDPs)から層状ケイ酸塩鉱物が生成する条件の閾値[2]とも調和的である。本実験から、彗星物質が太陽系外側

から内側へ移動したものが現在の炭素質小惑星であるという仮説[3]を裏づける結果を得ることができた。

②探査機搭載質量分析計によるその場ダスト分析に向けた地上実験

「Destiny+」では、探査機に搭載されるダスト質量分析計(DDA)による、宇宙塵中の固体有機物のその場分析を目指している。そのため DDA と原理が似たマトリクス支援レーザー脱離イオン化法飛行時間型質量分析(MALDI-ToFMS)を用いた地上実験を行っている。しかし、隕石中の固体有機物を既存の(MA)LDI-ToFMS で測定できた例はほとんどない。そこで本研究では新たに表面支援レーザー脱離イオン化法(SALDI)を適用することによって、天然の固体有機物の一部(天然アスファルト4種のアセトン抽出成分)の質量分析を試みた。

その結果、SALDI は、LDI で検出されるアスファルト抽出成分をより高い強度でイオン化できることが判明した。MALDI(マトリクス CHCA, DHB)と比較すると、アスファルトの成分組成によって SALDI によるイオン化の方が優れている試料とそうでないものがあったが、SALDI では m/z 200 から m/z 1200 近くまで幅広くスペクトルが得られ、MALDI で検出された主な化合物は SALDI でも検出された。本研究において、レーザーイオン化法の違いによって異なる質量スペクトルが得られたことから、今後 DDA の地上較正において複数のイオン化法を組み合わせる質量スペクトルを評価する必要性が示された。

参考文献:

- [1] Dartois, E. et al.: 2013, *Icarus* **224**, 243-252
- [2] Nakamura-messenger, K. et al.: 2011, *Meteoritics & Planetary Science* **46**, 843-856.
- [3] Walsh et al. : 2011, *Nature* **475**, 206-209 .

サテライト研究:宇宙における有機物の形成・進化および生命の移動・居住可能性に関するアストロバイオロジー宇宙実験研究拠点

癸生川陽子¹, 三田肇², 山岸明彦³, 矢野創³, 小林憲正¹, 左近樹⁴, 横谷香織⁵, 河口優子⁶,
中川和道⁷, 別所義隆⁸, 奥平恭子⁹, 佐々木聰¹⁰, 藤田知道¹¹, 加藤浩¹², 鈴木利貞¹³,
木村駿太³, 藤島皓介¹⁴, 富田勝¹⁵

1: 横浜国立大学, 2: 福岡工業大学, 3: 宇宙航空研究開発機構, 4: 東京大学, 5: 筑波大学, 6: 千葉工業大学,
7: 大阪大学, 8: Academia Sinica, 9: 会津大学, 10: 東京工科大学, 11: 北海道大学, 12: 三重大学, 13: 香川大学,
14: 東京工業大学, 15: 慶應義塾大学

地球生命の原材料となりうる有機物が宇宙から宇宙塵によって運ばれる可能性と、微生物が惑星間を移動する可能性(パンスペルミア仮説)を検証するため、2015年より国際宇宙ステーション曝露部を利用した宇宙実験「たんぽぽ計画」シリーズが行われてきた。2019年度から本サテライト研究では、たんぽぽ計画シリーズの発展として、これらに加えて、宇宙での有機物の反応、および人類の将来の宇宙進出を検討する課題を実施してきた。

たんぽぽ計画(たんぽぽ1, 2015-2019)では、アミノ酸およびその前駆物質の宇宙環境における安定性の検証、微生物の生存可能性の検討、宇宙塵の回収などを行った。成果として、1年間曝露した放射線耐性微生物 *Deinococcus radiodurans* のプロテオーム解析結果からは、200 nm 以下の波長の光が存在しない場合、長期の低軌道曝露に耐えたことが示された[1]。また、光合成微生物の *Nostoc* sp. HK-01 の乾燥藻体は、宇宙環境で少なくとも3年の生存が可能であることが明らかになった[2]。さらに、紫外線の影響により、アミノ酸関連分子は宇宙環境下で長期間は安定でないが、複雑態アミノ酸前駆体は近紫外・可視領域の光の吸収が大きい割には比較的安定であることが示唆された[3]。

窒素含有炭素質物質・アミノ酸およびその関連物質・小天体有機物・火星模擬レゴリスで育成可能な光合成生物の陸棲藍藻の宇宙曝露実験を目的とした「たんぽぽ2」は、日本時間2020年10月27日の運用で船内への回収が完了した。回収試料は地上帰還の後、2021年2月に筑波宇宙センターにて受け取りが行われ、その後速やかに各研究機関に配分され、試料の分析作業が開始された。宇宙環境曝露と並行して、帰還試料分析に向けた準備や地上での紫外線照射実験、窒素含有炭素質物質

の物性理解の研究を進めた。これまでに実験室で2.45 GHz マイクロ波電源装置を用いて、炭化水素を窒素プラズマに晒すことで合成する窒素含有炭素質物質(QNCC)が新星周囲において観測される有機物の赤外線放射と極めて酷似する性質を持つことを見出した[4]。

「たんぽぽ3」については、2020年5月に試料を搭載した曝露パネルをJAXAへ提出し、10月3日にシグナス補給船運用14号機(NG-14)により国際宇宙ステーションに向けて打ち上げられた。10月28日に簡易曝露装置 ExHAM に取り付けられ、10月30日に船外の所定の位置に設置され、1年間の予定で宇宙曝露が開始された。たんぽぽ3には、(1)放射線耐性微生物 *D. radiodurans* の宇宙環境耐性に対するマンガンの効果の検証、(2)レゴリス緑化や土壌化の可能性を目標とした、レゴリス、藍藻との共存下におけるコケ植物の変性・分解過程や生存の可能性の検証、(3)地上生物素材として樹皮を宇宙で活かす宇宙曝露実験、のための試料が搭載されている。

「たんぽぽ4」に向けては、さらに高度な装置を用いて、原始海洋中の生命進化における宇宙線の影響を調べることなどを目的とした液体曝露容器のプレフライトモデルの設計・製作が行われた。

参考文献:

- [1] Ott, E. et al.: 2020, *Microbiome*, **8**, 150
- [2] Tomita-Yokotani, K. et al.: 2021, *Astrobiology*, **21**, 1505
- [3] Kobayashi, K. et al.: 2021, *Astrobiology*, **21**, 1479
- [4] Endo, I. et al.: 2021, *The Astrophysical Journal*, **917**, 103.

タンパク質の起源に纏わる「鶏と卵のパラドックス」の解決による地球と宇宙での生命誕生場の推定

赤沼哲史¹, 木賀大介¹, 古川龍太郎¹, 横堀伸一²

1: 早稲田大学, 2: 東京薬科大学

タンパク質の起源に纏わる「鶏と卵のパラドックス」の一つに「タンパク質の誕生が先か、材料であるアミノ酸の合成系の成立が先か」という疑問がある。本サテライト研究では、原始地球においてタンパク質誕生時にあり得たアミノ酸組成を探求することによって、この疑問を解き明かすことを試みている。さらに中長期的には、原始タンパク質が合成された環境、すなわち、生命誕生に適した環境条件を推定することまでを視野に入れている。加えて、宇宙においてあり得る地球生物とは異なるアミノ酸組成を検討することも本サテライト研究の目的とした。

2020 年度には、原始タンパク質にあり得た、あるいは、宇宙においてあり得るかもしれない、現存の地球型生物とは異なる少数種アミノ酸組成を探索するため、過去の研究[1]で再構成した祖先型ヌクレオシドニリン酸キナーゼ(NDK)から系統的にアミノ酸種類を減らす実験を実施した。2019 年度には、マーチソン隕石中から見つかった 8 種を含む 10 アミノ酸種から安定な立体構造を持つ NDK を再構成できることを報告したが[2]、2020 年度は、ミラーの実験で生成が確認され、しばしばプレバイオティックアミノ酸として参照される 10 種類のアミノ酸に 2 種類の塩基性アミノ酸を加えた 12 アミノ酸種から触媒活性を持つ NDK を再構成できること、さらに塩基性アミノ酸のうちのアルギニンをすべてリジンに置換し欠損させた 11 種類のアミノ酸から再構成した NDK も触媒活性を保持できることを明らかにした。

RNA 結合タンパク質とフェレドキシンを用いた実験からも、プレバイオティックアミノ酸を主成分としたタンパク質の合成が可能であることを示した。プレバイオティックアミノ酸を主成分として再構成したフェレドキシンの吸収スペクトルを図1に示す。

加えて、アミノアシル tRNA 合成酵素の分子系統解析、祖先配列推定とアミノ酸特異性解析の結果を論文にまとめ投稿した[3]。さらに、少数アミノ酸種のみを指定する遺伝暗号システムを用いた単純化翻訳系により、アミノ酸組成単純化 NDK の実験室内進化実験もおこない、宇宙における各種環境下で発生した原始的なタンパク質の進化可能性を示した。

本サテライト研究から、隕石中から見つかったアミノ酸、すなわち、宇宙において容易に合成され宇宙に普遍的に存在すると予測されるアミノ酸種は、タンパク質の安定な立体構造形成に重要であることを明らかにした。したがって、宇宙スケールでの生命起源の場としても、タンパク質やタンパク質に代わる生命機能を司る高分子の安定な立体構造形成に必須な 10 種類程度のビルディングブロックが利用可能な地域・天体が有力であると予想できる。

また、2020 年 12 月と 2021 年 3 月にアストロバイオロジー分野の研究者を招待したワークショップ(オンライン開催)を2件企画・共催した。

参考文献:

- [1] Akanuma, S. et al.: 2013, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **110**, 11067-11072
- [2] Kimura, M. & Akanuma, S.: 2020, *J. Mol. Evol.*, **88**, 372-381
- [3] Furukawa, R. et al.: 2022, *J. Mol. Evol.*, 掲載決定

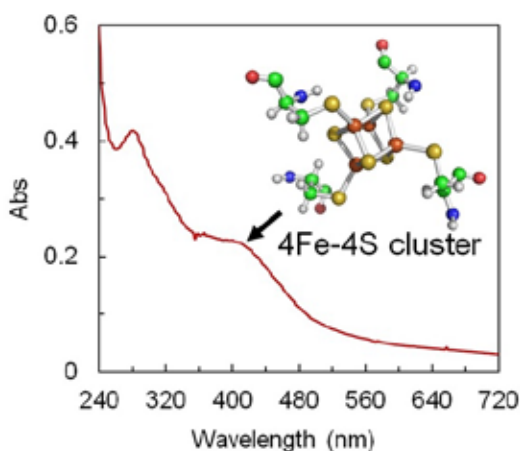


図1: プレバイオティックアミノ酸を主成分として再構成したフェレドキシンの吸収スペクトル。410 nm 付近に見られる肩は 4Fe-4S クラスターの形成を示唆する。

初期火星の大気水圏環境の推定に基づく有機物生成

古川善博¹, 寺田直樹¹, 黒田剛史¹, 石田章純¹, 掛川武¹

1: 東北大学理学研究科

多くの探査によって、現在の火星表層環境が理解されつつあり、これに基づいて過去の火星環境の推定も進んでいる。また、火星生命の存在が議論され、その発見を目的とした火星探査が世界的に行われるようになってきている。初期地球でどのように生命やその材料分子が誕生したのかという研究は長らく行われているが、火星でどのように生命材料分子が生成しうるのかという議論は進んでいない。これには、火星の環境推定と初期地球研究で行われているような模擬実験を組み合わせた研究が効果的であり、本サテライトでは、水と生命構成分子の原料に着目した初期火星表層の大気水圏環境モデリングとそれらの材料を用いたアミノ酸、糖の合成実験を行い、初期火星の表層環境の変遷とそこで生成しうる生命材料分子について明らかにすることを目標としている。

火星に海が存在したノアキアン期の大気組成は、当時の生命材料分子の生成効率を大きく左右する。東北大サテライトでは、ノアキアン期に形成され現在も火星表層に残る流水地形から、それを再現する大気水圏結合モデルによる表層環境の推定を行った。その結果、水素と窒素をわずかに含む二酸化炭素大気を仮定した場合に、流水が発生する温度環境が得られ、火星表層の流水地形を再現できることを明らかにした[1]。

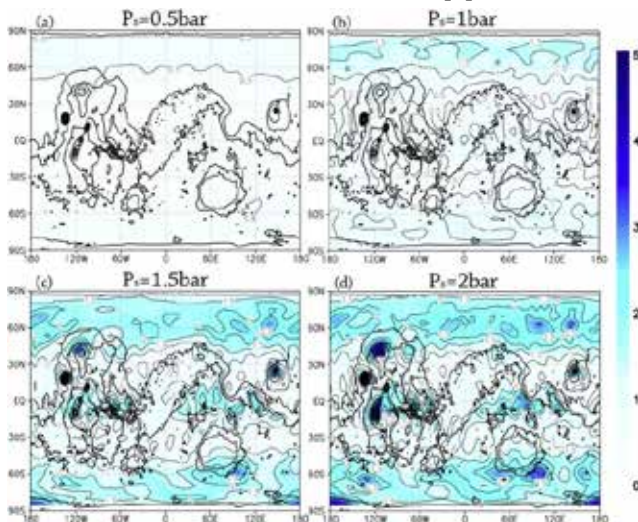


図1: ノアキアン火星の大気圧の違いによる降水の違いの推定 (Kamada et al., 2020)

当時の火星でタンパク質や核酸の材料分子がどのように生成するのかわかりませんが、東北大サテライトでは、流水地形モデルに整合的でやや有機物が生成しにくい大気組成を想定し、ノアキアン火星海洋への隕石/小惑星衝突模擬実験を行った。これによって、大気中の二酸化炭素と窒素が隕石に含まれる金属鉄により還元され、アミノ酸やアミンなどの有機物生成が生成することを明らかにした[2]。さらに、そのような衝突では、糖やアミノ酸の材料となるホルムアルデヒドも生成することが明らかになった[3]。

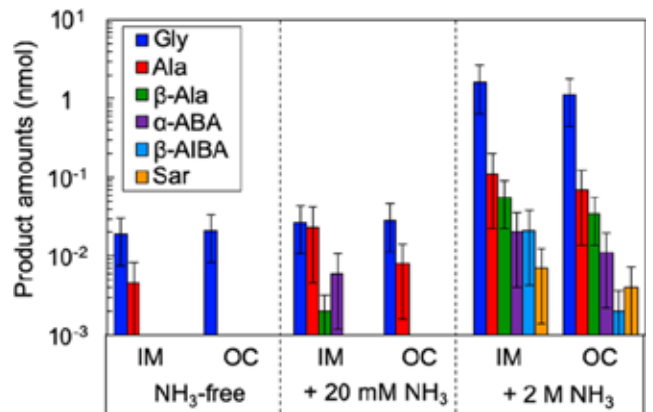


図2: 衝突実験で生成したアミノ酸 (Takeuchi et al., 2020)

参考文献:

- [1] Kamada A., Kuroda T., Kasaba Y., Terada N., Nakagawa H., Toriumi K., A coupled atmosphere–hydrosphere global climate model of early Mars: A ‘cool and wet’ scenario for the formation of water channels. *Icarus* **338**, 113567 (2020).
- [2] Takeuchi Y., Furukawa Y., Kobayashi T., Sekine T., Terada N., Kakegawa T., Impact-induced amino acid formation on Hadean Earth and Noachian Mars. *Scientific Reports* **10**, 9220 (2020).
- [3] Masuda S., Furukawa Y., Kobayashi T., Sekine T., and Kakegawa T., Experimental Investigation of the Formation of Formaldehyde by Hadean and Noachian Impacts. *Astrobiology* **21**, 413-420 (2021).

強紫外線輻射を受ける地球型惑星のハビタビリティ

亀田真吾^{1,2}, 村上豪², 中山陽史³, 小玉貴則³, 伊藤祐一⁴, 川島由依⁵,
生駒大洋⁴, 寺田直樹⁶, 藤原均⁷, 塩谷圭吾², 成田憲保³, 船瀬龍^{2,3}

1:立教大学, 2: JAXA, 3: 東京大学, 4: 国立天文台, 5: 理化学研究所,
6: 東北大学, 7:成蹊大学

本研究計画の最終年度となる2020年度は、強紫外線によって広がる太陽系外地球型惑星大気の検出に向け、将来の大型宇宙望遠鏡計画への参加による実現を見据え、検出器感度の向上・検出面の大型化・読み出し方式の開発を進めた。また、ロシアが2025年10月に打ち上げ予定の国際紫外線天文衛星(World Space Observatory Ultraviolet, WSO-UV)に、日本から系外惑星観測用紫外線分光器(Ultraviolet Spectrograph for Exoplanets, UVSPEX)への搭載に向けた検討を進め、JAXA 宇宙理学委員会 WG から JAXA 内のプリプロジェクトとして活動することとなった。本年度の活動のうち中心的な2つの実績について報告する。

- (1)アレイ型 MCP 検出器の設計・製作
- (2)WSO-UV 計画への参加・観測装置設計

(1)アレイ型 MCP 検出器の設計・製作

LUVOIR 計画で目標としている200mm四方のMCP製造に向け、2019年度に50mm四方の大型MCPの製作を行った結果、同じ製法によって70mm四方までの製造が可能であることが確認された。そこで2020年度は、70mm四方のMCPを3列、3行に9個を配置することによって200mm四方相当の有効面積を実現する見込みをたてるために、小型のMCPを3x3に配置したMCPアセンブリを試作した。試作品の外観を図1に示す。これまでの試作品と同様に2段のMCPと蛍光面を組み合わせたものとなっている。2020年度末の時点で高圧印可による動作確認までを実施した。詳細な感度分布、MCPごとのゲインの差異については、追加測定が必要であるが、補正は可能なものと考えられる。これにより数mm間隔でMCPを配列化できることが確認されたため、2019年度の試作により70mm四方のファネル型MCPが製造可能であることと合わせて、200mm四方相当以上の面積を持つ検出器の実現性が示された。70mm四方のファネル型MCPの製造には数百万円から一千万円程度の費用がかかるため、宇宙用装置としての技術レベルの向上について、大学研究レベルでできることは概ね完了したと考えられる。

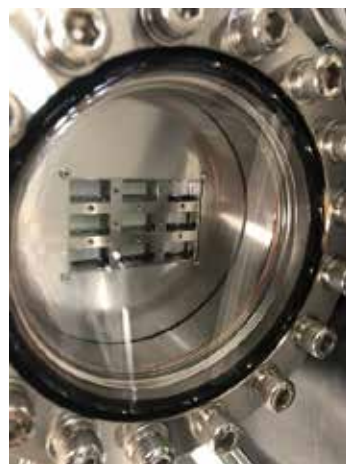


図1 3x3MCP アセンブリ外観

(2)WSO-UV 計画への参加・観測装置設計

国際紫外線天文衛星 WSO-UV はロシアが2025年10月の打ち上げを目標として開発を進めている計画である。日本からは、主に太陽系外にある地球型惑星の上層大気の観測を目的として、高感度の分光器 UVSPEX を提供する。ここでは、本研究でも開発を進めてきたファネル型 MCP が採用される見込みである。これまでの研究で強紫外線による上層大気の広がりを計算した結果から、WSO-UV に UVSPEX を搭載して観測を行った場合には、従来型の装置を使う場合には、40 回程度のトランジット観測(約9ヶ月)が必要なところ、ファネル型 MCP や主目的とする酸素原子輝線波長に最適化したブレイズ型回折格子を用いることにより、20 回程度の観測で十分な S/N が得られる見込みとなっている。2020 年度には、これらの検討結果をまとめ、またロシア側の WSO-UV 開発チームとも協議を重ねた。その結果として、JAXA によるミッション定義審査などを経て、プリプロジェクトとして活動することとなった。

参考文献:

- [1] Kameda, S. et al.: 2020, Proceedings of the SPIE, 11444, 114440L

New generation of Exoplanet exploration by data science

河原 創¹, John Livingston¹, 檜山和己¹, 藤井通子¹,
増田賢人², 生駒大洋¹, 田近英一¹

1: 東京大学, 2: 大阪大学

概要: 2020 年度には、データサイエンスの手法を太陽系外惑星探査に取り入れた成果を多数発表した。まず、TESS のビッグデータ解析にニューラルネットワークを用いることで、分子雲から脱出した若い系であるランナウェイ・ディッパを発見した。また、直接撮像・惑星表面マッピング法に情報科学分野の3つの新手法を導入し、手法を大幅に拡張した。また、TESS/K2 惑星ミッションの白色矮星周りの惑星探査のための巴御前パイプラインが完成し、運用を開始した。さらに、Exo JASMINE のデータシミュレーションのためにGPUを用いたパイプラインを作成した。以下の記述は、我々の成果の一部を抜粋したものである。

1. ディープニューラルネットを用いた TESS 光度曲線探査

TESS の初年度のフルフレームデータを処理するパイプラインを開発し、700 万個の天体を解析した。特に、星の周りを回るデブリのような物質が原因で不規則な減光を生じるディッパを、ディープニューラルネットを用いた学習により探索した。その結果、分子雲から脱出したと思われる暴走ディッパを含む 38 個の新しいディッパを発見し、その速度はフィールドで 70km/s 以上であることがわかった[1]。

2. 直接撮像された惑星のマッピング

宇宙からの直接撮像が可能になった将来、地球型惑星の特徴をどのように把握するかは、宇宙生物学の大きな課題の一つである。本プロジェクトの PI は、測光の変動に逆問題を適用することで惑星表面の2次元分布を推定できる Spin-Orbit Tomography (SOT)を以前から提案している。今回のプロジェクトでは、機械学習技術の応用をSOTに拡張することに成功した。SOTでは、これまでスペクトル情報を考慮することはほとんどなかった。しかし、未知の惑星表面のスペクトル組成を推定することは、植

物のレッドエッジ探査や生息域の探査に非常に重要である。本研究では、機械学習において高い性能を持つ分離手法の一つである非負行列因子分解(NMF)の理論を拡張し、スペクトルと二次元分布が混在する多色ライトカーブから、本来の表面組成スペクトルとその二次元分布を同時に分離する逆問題の形式を提案した。NMF の理論を逆問題の形に拡張することで、スペクトルと2次元分布が混在する多色光カーブから、元の表面組成スペクトルとその2次元分布を同時に分離・抽出できる手法、Spin-Orbit Unmixing を提案することができた[2]。

SOT では、正則化をどのように行うかがその性能を左右する。当初は古典的な L2 正則化が用いられていたが、現在では、EHTのブラックホール影のイメージングにも用いられたスパースモデリング(L1 + Total Square Variation)により、よりシャープな2次元マップを再現できることが分かっている[3]。

SOT は、惑星表面が静止していることを前提としている。そのため、雲の分布を再現することができなかった。その理由の一つは、時間方向に展開されたマップは動画の作成を意味し、膨大な数のパラメータが問題を難しくしているためである。そこで本研究では、時空方向にガウシアンプロセスを適用し、同型変換を施すことで解を求め、計算量を大幅に削減することに成功した。また、定式化自体を完全なベイズ形式で行うことができるため、地図や回転軸の傾き角度を事後分布の形で推定することができる[4]。

参考文献:

- [1] Tajiri et al. , ApJS, 251, 2 (2020)
- [2] Kawahara, ApJ 894 58 (2020)
- [3] Aizawa, Kawahara, Fan ApJ 896, 22 (2020)
- [4] Kawahara and Masuda, ApJ 900, 48 (2020)

4-3 研究集会

	日時	主催	研究課題	参加人数
1.	2020年 12月21日	ABC	令和2年ABCシンポジウム(オンライン開催)	123名
2.	2021年 2月25日-26日	ABC	令和2年度プロジェクト/サテライト成果発表 会「第9回 宇宙における生命ワークショップ」	約100名

*それぞれのプログラムは次ページ以降参照

アストロバイオロジーセンターシンポジウム 2020

～M 型星惑星の観測の最前線および惑星環境とバイオシグニチャー～

Astrobiology Center Symposium 2020

Cutting-edge research in observation of M-dwarf planets, planetary environments and biosignatures

日時：2020 年 12 月 21 日 (月)

場所：オンライン開催

12 月 5 日 (木)

時間	講演者	所属	タイトル
9:00	田村 元秀	ABC	Opening remark
9:15	Victoria Meadows	University of Washington	Characterizing M dwarf planets for signs of habitability and life
10:15	大宮 正士	ABC	IRD-すばる望遠鏡戦略観測による M 型星周りの系外惑星探索 Search for planets around M-type stars in IRD-SSP
11:15	休憩		
11:30	平野 照幸	東京工業大学	近赤外高分散分光による系外惑星系の特徴付け Exoplanet Characterizations by High-resolution Spectroscopy in the Near Infrared
12:30	昼休憩		
13:30	市橋 伯一	東京大学	分子進化実験で探る初期生命の進化シナリオ Understanding an evolutionary scenario of early life forms through molecular evolutionary experiment
14:30	彦坂 幸毅	東北大学	リモセンで光合成 Remote sensing of photosynthesis
15:30	休憩		
15:45	野田 響	国立環境研究所	植生リモートセンシングにおける植物生理生態学的プロセス Plant Ecophysiological Processes in Spectral Profiles of Vegetation
16:15	田村 元秀	ABC	Closing remark

第9回 宇宙における生命ワークショップ

9th Life in the Universe workshop by AstroBiology Center, NINS

令和2年度 ABC プロジェクト/サテライト成果報告会

日時：2021年2月25日(木)～2月26日(金)

場所：オンライン開催

2月25日(木)

時間	氏名	カテゴリー	タイトル
10:10	田村 元秀		Opening remark
10:20	古川 善博	Satellite	初期火星における生命関連有機分子の生成に関する研究 Investigation on the environments and formation of abiotic organics on early Mars
10:45	三澤 啓司	Project	火星隕石の水-岩石反応から探る火星表層の古環境 Water-rock interaction on Martian meteorites: Insight into Ancient Environment of Mars
11:00	菅原 春菜	Project	火星アナログ炭酸塩を用いたバイオシグネチャー探索法の開発 Analytical development in search for biosignatures in Martian carbonate analogues
11:15	鈴木 庸平	Project	隔離施設内における火星生命簡易検出技術の開発 Development of life detection methods for return samples from Mars
11:30	諸野 祐樹	Project	超高感度・高精度細胞・孢子検出法の構築と海底下限界生命圏への適用 Development of a highly sensitive and reliable method for detecting microbial cells and spores, and its application to seafloor biosphere
11:45			Lunch
13:00	河原 創	Satellite	系外惑星探査の情報科学的アプローチ Information Science for Exoplanet Characterization
13:25	眞山 聡	Project	ALMA と VLT による原始惑星系円盤を傾ける埋もれた惑星の探査 ALMA and VLT exploration of an embedded planet warping its host protoplanetary
13:40	原川 紘季	ABC	高金属量太陽型星における惑星分布の調査 Search for Jovian Analogs around Metal-rich Solar-type Stars
13:50	葛原 昌幸	ABC	可視光と赤外線の高分散分光による系外惑星系の研究 Studies of Exoplanetary Systems with High-Resolution Optical and Infrared Spectroscopy
14:00	西川 淳	ABC	超高コントラストコロナグラフの開発 Development of super high contrast coronagraph
14:10	日下部 展彦	ABC	多色撮像装置 MuSCAT シリーズの運用状況 Operation status of the multicolor imaging camera MuSCAT series
14:20			Break
14:30	癸生 川陽子	Satellite	宇宙における有機物の形成・進化および生命の移動・居住可能性に関するアストロバイオロジー宇宙実験研究拠点 Part 2 Satellite for the astrobiology research on the formation and evolution of organic matter, and migrations and habitation of life in space Part 2
14:55	亀田 真吾	Satellite	強紫外線輻射を受ける地球型惑星のハビタビリティ Habitability of Earth-like exoplanets with high vacuum UV irradiation
15:20	成島 哲也	Project	星間塵ナノ微粒子のナノ光学に基づくホモキラリティ発現に関する研究 Homo-chirality Induction Based on Nano-optics of Interstellar Dust Nano-particles

15:35	古家 健次	Project	原始惑星系円盤における有機分子進化 Evolution of complex organic molecules in protoplanetary disks
15:50	黒澤 耕介	Project	窒素大気を持つ天体への天体衝突時の反応性窒素生成効率の解明 Toward understanding of the efficiency of nitrogen fixation due to oblique impacts on planets with N ₂ -rich atmosphere
16:05	鈴木 志野	Project	惑星ハビタビリティの拡大:不溶性リン酸塩鉱物の生命利用 Microbial phosphorus uptake from calcium phosphate
16:20	野口 高明	Project	熱変成作用による高分子有機物の構造変化:普通コンドライトと変成岩の比較研究 Structural change of macromolecular organic material during thermal metamorphism: Comparison between ordinary chondrites and terrestrial metamorphic rocks

2月26日(金)

時間	氏名	カテゴリ	タイトル
10:00	Ramses Ramirez	Project	2-D climate model for magma oceans and other terrestrial planetary atmospheres
10:15	Tony Z Jia	Project	Primitive Cationic Polyester Microdroplets for RNA Segregation
10:30	寺坂 尚紘	Project	分子進化による原始ウイルス進化過程の再現 Molecular evolution of the primitive viruses
10:30	清水 義宏	Project	試験管内再構成系から見えてきたリボソーム生合成プロセスの頑強性 Robust ribosome assembly processes visualized with an in vitro reconstitution system
11:00	横堀 伸一	Project	祖先 tRNA の復元と蛋白質合成系の祖先型化 Resurrection of ancestral tRNAs for reconstruction of ancestral translation system
11:15	木賀 大介	Project	生命の初期進化において生体高分子のユニット多様性と合成の正確さがその活性に与える影響の検証 How did fidelity and size of genetic alphabet affect activity of the molecule in primordial life?
11:30	赤沼 哲史	Satellite	タンパク質の起源に纏わる「鶏と卵のパラドックス」の解決による地球と宇宙での生命誕生場の推定 Solving the chicken and egg paradox regarding the origin of protein
11:55	Lunch		
13:00	藪田 ひかる	Satellite	太陽系の起源と進化の体系的理解をめざすマルチスケール小天体科学 Multi-scale small body science for systematic understanding of Solar System evolution
13:25	飯野 孝浩	Project	アルマを用いた、タイタンと海王星における微量分子の同位体比および空間分布の精密測定 Fine measurement techniques of isotopic ratios and spatial distribution of trace species in the atmospheres of Titan and Neptune using ALMA
13:40	橋本 淳	ABC	低質量星 ZZ Tau IRS に付随する非対称構造を持った原始惑星系円盤 Asymmetric dust protoplanetary disk around a young very low mass star ZZ Tau IRS
13:50	大宮 正士	ABC	岡山 188cm 望遠鏡を用いた可視光視線速度サーベイによる太陽系外惑星探索 Search for extrasolar planets by an optical radial velocity survey using Okayama-188cm telescope
14:00	Break		
14:10	市橋 伯一	Project	物質から生命が進化する条件を RNA 長期の進化実験により探る Long-term evolutionary experiment of self-replicating RNAs to understand the transition from molecules to life
14:25	松村 茂祥	Project	マイクロ流体システムによる擬細胞を用いた RNA およびペプチドの実験進化 Experimental evolution of RNA and peptide in quasi-cells using droplet microfluidics

14:40	本郷 やよい	Project	タンパク一次構造の起源 Origin of the first order structure of proteins
14:55	山本 正浩	Project	電気エネルギーを利用する生命圏の探索 Search for biosphere utilizing electric energy
15:10	塚谷 祐介	Project	光合成生物の近赤外光利用型への進化再現 Experimental evolution of light wavelength utilization by photosynthetic organisms
15:25	Break		
15:35	藤田 浩徳	ABC	生命における時空間秩序の創発・制御機構 Emergence and control mechanism of spatiotemporal order in living systems
15:45	定塚 勝樹	ABC	プラズマ刺激が誘導する細胞応答の分子生物学 Plasma-induced cellular responses
15:55	小杉 真貴子	ABC	近赤外線利用型酸素発生光合成の光利用特性 Light utilization efficiency in photosynthesis driven by far-red light
16:05	滝澤 謙二	Closing remark	

5. 成果論文・発表リスト

5-1 欧文報告(査読あり) 70 編

- Agol, E. et al. including **Meadows, V. S.**, Refining the Transit-timing and Photometric Analysis of TRAPPIST-1: Masses, Radii, Densities, Dynamics, and Ephemerides; 02/2021, PSJ.....2....1A
- Akins, Alex B.; Lincowski, Andrew P.; **Meadows, Victoria S.** and 1 more, Complications in the ALMA Detection of Phosphine at Venus; 02/2021, ApJ...907L..27A
- Bellotti, S. et al. including **Guyon, O.**, Detecting Exoplanets Using Eclipsing Binaries as Natural Starshades, 09/2020, AJ....160..131B
- Bi, Jiaqing; van der Marel, Nienke; Dong (董若冰), Ruobing; Muto, Takayuki; Martin, Rebecca G.; Smallwood, Jeremy L.; **Hashimoto, Jun**; Liu, Hanyu Baobab; Nomura, Hideko; Hasegawa, Yasuhiro; Takami, Michihiro; Konishi, Mihoko; Momose, Munetake; Kanagawa, Kazuhiro D.; Kataoka, Akimasa; Ono, Tomohiro; Sitko, Michael L.; Takahashi, Sanemichi Z.; Tomida, Kengo; Tsukagoshi, Takashi, “GW Ori: Interactions between a Triple-star System and Its Circumtriple Disk in Action”, The Astrophysical Journal Letters, Volume 895, Issue 1, id.L18, 11 pp. (05/2020)
- Bond, C. et al. including **Guyon, O.**, Adaptive optics with an infrared pyramid wavefront sensor at Keck, 07/2020, JATIS...6c9003B
- Bluhm, P.; Luque, R.; Espinoza, N.; Pallé, E.; Caballero, J. A.; Dreizler, S.; Livingston, J. H.; Mathur, S.; Quirrenbach, A.; Stock, S.; Van Eylen, V.; Nowak, G.; López, E. D.; Csizmadia, Sz.; Zapatero Osorio, M. R.; Schöfer, P.; Lillo-Box, J.; Oshagh, M.; González-Álvarez, E.; Amado, P. J. Barrado, D.; Béjar, V. J. S.; Cale, B.; Chaturvedi, P.; Cifuentes, C.; Cochran, W. D.; Collins, K. A.; Collins, K. I.; Cortés-Contreras, M.; Díez Alonso, E.; El Mufti, M.; Ercolino, A.; Fridlund, M.; Gaidos, E.; García, R. A.; Georgieva, I.; González-Cuesta, L.; Guerra, P.; Hatzes, A. P.; Henning, Th.; Herrero, E.; Hidalgo, D.; Isopi, G.; Jeffers, S. V.; Jenkins, J. M.; Jensen, E. L. N.; Kábath, P.; Kaminski, A.; Kemmer, J.; Korth, J.; Kossakowski, D.; Kürster, M.; Lafarga, M.; Mallia, F.; Montes, D.; Morales, J. C.; Morales-Calderón, M.; Murgas, F.; Narita, N.; Passegger, V. M.; Pedraz, S.; Persson, C. M.; Plavchan, P.; Rauer, H.; Redfield, S.; Reffert, S.; Reiners, A.; Ribas, I.; Ricker, G. R.; Rodríguez-López, C.; Santos, A. R. G.; Seager, S.; Schlecker, M.; Schweitzer, A.; Shan, Y.; Soto, M. G.; Subjak, J.; Tal-Or, L.; Trifonov, T.; Vanaverbeke, S.; Vanderspek, R.; Wittrock, J.; Zechmeister, M.; Zohrabi, F., “Precise mass and radius of a transiting super-Earth planet orbiting the M dwarf TOI-1235: a planet in the radius gap?”, 07/2020, Astronomy & Astrophysics, vol. 639, id. A132
- Bos, S. P. et al. including **Guyon, O.**, On-sky verification of Fast and Furious focal-plane wavefront sensing: Moving forward toward controlling the island effect at Subaru/SCEXAO, 07/2020, A&A...639A..52B
- Carleo, Ilaria; Gandolfi, Davide; Barragán, Oscar; Livingston, John H.; Persson, Carina M.; Lam, Kristine W. F.; Vidotto, Aline; Lund, Michael B.; D'Angelo, Carolina Villarreal; Collins, Karen A.; Fossati, Luca; Howard, Andrew W.; Kubyschkina, Daria; Brahm, Rafael; Oklopčić, Antonija; Mollière, Paul; Redfield, Seth; Serrano, Luisa Maria; Dai, Fei; Fridlund, Malcolm Borsa, Francesco; Korth, Judith; Esposito, Massimiliano; Díaz, Matías R.; Nielsen, Louise Dyregaard; Hellier, Coel; Mathur, Savita; Deeg, Hans J.; Hatzes, Artie P.; Benatti, Serena; Rodler, Florian; Alarcon,

- Javier; Spina, Lorenzo; Santos, Ângela R. G.; Georgieva, Iskra; García, Rafael A.; González-Cuesta, Lucía; Ricker, George R.; Vanderspek, Roland; Latham, David W.; Seager, Sara; Winn, Joshua N.; Jenkins, Jon M.; Albrecht, Simon; Batalha, Natalie M.; Beard, Corey; Boyd, Patricia T.; Bouchy, François; Burt, Jennifer A.; Butler, R. Paul; Cabrera, Juan; Chontos, Ashley; Ciardi, David R.; Cochran, William D.; Collins, Kevin I.; Crane, Jeffrey D.; Crossfield, Ian; Csizmadia, Szilard; Dragomir, Diana; Dressing, Courtney; Eigmüller, Philipp; Endl, Michael; Erikson, Anders; Espinoza, Nestor; Fausnaugh, Michael; Feng, Fabo; Flowers, Erin; Fulton, Benjamin; Gonzales, Erica J.; Grieves, Nolan; Grziwa, Sascha; Guenther, Eike W.; Guerrero, Natalia M.; Henning, Thomas; Hidalgo, Diego; **Hirano, Teruyuki**; Hjorth, Maria; Huber, Daniel; Isaacson, Howard; Jones, Matias; Jordán, Andrés; Kabáth, Petr; Kane, Stephen R.; Knudstrup, Emil; Lubin, Jack; Luque, Rafael; Mireles, Ismael; Narita, Norio; Nespral, David; Niraula, Prajwal; Nowak, Grzegorz; Palle, Enric; Pätzold, Martin; Petigura, Erik A.; Prieto-Arranz, Jorge; Rauer, Heike; Robertson, Paul; Rose, Mark E.; Roy, Arpita; Sarkis, Paula; Schlieder, Joshua E.; Ségransan, Damien; Sheckman, Stephen; Skarka, Marek; Smith, Alexis M. S.; Smith, Jeffrey C.; Stassun, Keivan; Teske, Johanna; Twicken, Joseph D.; Eylon, Vincent Van; Wang, Sharon; Weiss, Lauren M.; Wyttenbach, Aurélien, “The Multiplanet System TOI-421”, 08/2020, *The Astronomical Journal*, vol. 160, id.114
- Chen, G.; Pallé, E.; Parviainen, H.; Wang, H.; van Boekel, R.; Murgas, F.; Yan, F.; Béjar, V. J. S.; Casasayas-Barris, N.; Crouzet, N.; Esparza-Borges, E.; Fukui, A.; Garai, Z.; Kawachi, K.; Kurita, S.; **Kusakabe, N.**; de Leon, J. P.; Livingston, J.; Luque, R.; Madrigal-Aguado, A. Mori, M.; Narita, N.; Nishiumi, T.; Oshagh, M.; Sánchez-Benavente, M.; **Tamura, M.**; Terada, Y.; Watanabe, N., “An enhanced slope in the transmission spectrum of the hot Jupiter WASP-104b”, 11/2021, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 500, pp. 5420-5435
- Currie, T. et al, including **Kuzuhara, M., Guyon, O., Tamura, M.**, SCEXAO/CHARIS Direct Imaging Discovery of a 20 au Separation, Low-mass Ratio Brown Dwarf Companion to an Accelerating Sun-like Star, 12/2020, *ApJ*...904L..25C
- Currie, Thayne; Pluzhnik, Eugene; **Guyon, Olivier** and 15 more, Laboratory Demonstration of Spatial Linear Dark Field Control For Imaging Extrasolar Planets in Reflected Light, 10/2020, *PASP*..132j4502C
- Davis, Allen B.; Wang, Songhu; Jones, Matias; Eastman, Jason D.; Günther, Maximilian N.; Stassun, Keivan G.; Addison, Brett C.; Collins, Karen A.; Quinn, Samuel N.; Latham, David W.; Trifonov, Trifon; Shahaf, Sahar; Mazeh, Tsevi; Kane, Stephen R.; Narita, Norio; Wang, Xian-Yu; Tan, Thiam-Guan; Ciardi, David R.; Tokovinin, Andrei; Ziegler, Carl Tronsgaard, René; Millholland, Sarah; Cruz, Bryndis; Berlind, Perry; Calkins, Michael L.; Esquerdo, Gilbert A.; Collins, Kevin I.; Conti, Dennis M.; Murgas, Felipe; Evans, Phil; Lewin, Pablo; Radford, Don J.; Paredes, Leonardo A.; Henry, Todd J.; Hodari-Sadiki, James; Lund, Michael B.; Christiansen, Jessie L.; Law, Nicholas M.; Mann, Andrew W.; Briceño, César; Parviainen, Hannu; Palle, Enric; Watanabe, Noriharu; Ricker, George R.; Vanderspek, Roland; Seager, Sara; Winn, Joshua N.; Jenkins, Jon M.; Krishnamurthy, Akshata; Batalha, Natalie M.; Burt, Jennifer; Colón, Knicole D.; Dynes, Scott; Caldwell, Douglas A.; Morris, Robert; Henze, Christopher E.; Fischer, Debra A., “TOI 564 b and TOI 905 b: Grazing and Fully Transiting Hot Jupiters Discovered by TESS”, 10/2020, *The Astronomical Journal*, vol. 160, id. 229
- Doi, Y. et al. including **Tamura, M.**, The JCMT BISTRO Survey: Magnetic Fields Associated with a Network of Filaments in NGC 1333; 08/2020, *ApJ*...899...28D
- Dreizler, S.; I.; J.; Crossfield, M.; Kossakowski, D.; Plavchan, P.; S.; Jeffers, V.; Kemmer,

J.; Luque, R.; Espinoza, N.; Pallé, E.; Stassun, K.; Matthews, E.; Cale, B.; J.; Caballero, A.; Schlecker, M.; Lillo-Box, J.; Zechmeister, M. Lalitha, S.; Reiners, A.; Soubkiou, A.; Bitsch, B.; M.; Zapatero Osorio, R.; Chaturvedi, P.; A.; Hatzes, P.; Ricker, G.; Vanderspek, R.; D.; Latham, W.; Seager, S.; Winn, J.; Jenkins, J. M.; Aceituno, J.; P.; Amado, J.; Barkaoui, K.; Barbieri, M.; N.; Batalha, M.; F.; Bauer, F.; Benneke, B.; Benkhaldoun, Z.; C; Beichman; Berberian, J.; Burt, J.; R.; Butler, P.; D.; Caldwell, A.; Chintada, A.; Chontos, A.; J.; Christiansen, L.; Ciardi, D. R.; Cifuentes, C.; K.; Collins, A.; K.; Collins, I.; Combs, D.; Cortés-Contreras, M.; J.; Crane, D.; Daylan, T.; Dragomir, D.; Esparza-Borges, E.; Evans, P.; Feng, F.; E.; Flowers, E.; Fukui, A.; Fulton, B.; Furlan, E.; Gaidos, E.; Geneser, C.; Giacalone, S.; Gillon, M.; Gonzales, E.; Gorjian, V.; Hellier, C.; Hidalgo, D.; A.; Howard, W.; Howell, S.; Huber, D.; Isaacson, H.; Jehin, E.; E.; L.; Jensen, N.; Kaminski, A.; S.; Kane, R.; Kawauchi, K.; J.; Kielkopf, F.; Klahr, H.; M.; Kosiarek, R.; Kreidberg, L.; M.; Kürster; Lafarga, M.; Livingston, J.; Louie, D.; Mann, A.; Madrigal-Aguado, A.; R.; Matson, A.; Mocnik, T.; J.; Morales, C.; P.; Muirhead, S.; Murgas, F.; Nandakumar, S.; Narita, N.; Nowak, G.; Oshagh, M.; Parviainen, H.; V.; Passegger, M.; Pollacco, D.; F.; Pozuelos, J.; Quirrenbach, A.; Reefe, M.; Ribas, I.; Robertson, P.; Rodríguez-López, C.; M.; Rose, E.; Roy, A.; Schweitzer, A.; Schlieder, J.; Shtetman, S.; Tanner, A.; H.; Şenavcı, V.; Teske, J.; J.; Twicken, D.; Villasenor, J.; Wang, S. X.; L.; Weiss, M.; Wittrock, J.; Yilmaz, M.; Zohrabi, F., “The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs -- LP 714-47b (TOI 442.01): Populating the Neptune desert”, 12/2020, *Astronomy & Astrophysics*, vol. 644, id. A127

Fridlund, M.; Livingston, J.; Gandolfi, D.; Persson, C. M.; Lam, K. W. F.; Stassun, K. G.; Hellier, C.; Korth, J.; Hatzes, A. P.; Malavolta, L.; Luque, R.; Redfield, S.; Guenther, E. W.; Albrecht, S.; Barragan, O.; Benatti, S.; Bouma, L.; Cabrera, J.; Cochran, W. D.; Csizmadia, S. Dai, F.; Deeg, H. J.; Esposito, M.; Georgieva, I.; Grziwa, S.; González Cuesta, L.; **Hirano, T.**; Jenkins, J. M.; Kabath, P.; Knudstrup, E.; Latham, D. W.; Mathur, S.; Mullally, S. E.; Narita, N.; Nowak, G.; Olofsson, A. O. H.; Palle, E.; Pätzold, M.; Pompei, E.; Rauer, H.; Ricker, G.; Rodler, F.; Seager, S.; Serrano, L. M.; Smith, A. M. S.; Spina, L.; Subjak, J.; Tenenbaum, P.; Ting, E. B.; Vanderburg, A.; Vanderspek, R.; Van Eylen, V.; Villanueva, S.; Winn, J. N., “The TOI-763 system: sub-Neptunes orbiting a Sun-like star”, 08/2020, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 498, p.4503-4517

Gaidos, E.; **Hirano, T.**; Mann, A. W. and 18 more, “Zodiacal exoplanets in time - X. The orbit and atmosphere of the young ‘neptune desert’-dwelling planet K2-100b”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 495, Issue 1, pp.650-662 (04/2020)

Gaidos, E.; **Hirano, T.**; Wilson, D. J. and 20 more, “Zodiacal exoplanets in time - XI. The orbit and radiation environment of the young M dwarf-hosted planet K2-25b”, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, Volume 498, Issue 1, pp.L119-L124 (08/2020)

Guzewich, S. D. et al. including **Meadows, V. S.**, The Impact of Planetary Rotation Rate on the Reflectance and Thermal Emission Spectrum of Terrestrial Exoplanets around Sunlike Stars; 04/2020, *ApJ*...893..140G

Hashimoto, Jun; Aoyama, Yuhiko; Konishi, Mihoko; Uyama, Taichi; Takasao, Shinsuke; Ikoma, Masahiro; Tanigawa, Takayuki, “Accretion Properties of PDS 70b with MUSE”, 05/2020, *The Astronomical Journal*, Volume 159, Issue 5, id.222, 10 pp. (05/2020)

Hashimoto, Jun; Muto, Takayuki; Dong, Ruobing; Hasegawa, Yasuhiro; Marel, Nienke van der; **Tamura, Motohide**; Takami, Michihiro; Momose, Munetake,” ALMA Observations of the Inner Cavity in the Protoplanetary Disk around Sz 84”, *The Astrophysical Journal*,

- Hidalgo, D.; Pallé, E.; Alonso, R.; Gandolfi, D.; Fridlund, M.; Nowak, G.; Luque, R.; **Hirano, T.**; Justesen, A. B.; Cochran, W. D.; Barragan, O.; Spina, L.; Rodler, F.; Albrecht, S.; Anderson, D.; Amado, P.; Bryant, E.; Caballero, J. A.; Cabrera, J.; Csizmadia, Sz. Dai, F.; De Leon, J.; Deeg, H. J.; Eigmüller, Ph.; Endl, M.; Erikson, A.; Esposito, M.; Figueira, P.; Georgieva, I.; Grziwa, S.; Guenther, E.; Hatzes, A. P.; Hjorth, M.; Hoeijmakers, H. J.; Kabath, P.; Korth, J.; **Kuzuhara, M.**; Lafarga, M.; Lampon, M.; Leao, I. C.; Livingston, J.; Mathur, S.; Montanes-Rodriguez, P.; Morales, J. C.; Murgas, F.; Nagel, E.; Narita, N.; Nielsen, L. D.; Patzold, M.; Persson, C. M.; Prieto-Arranz, J.; Quirrenbach, A.; Rauer, H.; Redfield, S.; Reiners, A.; Ribas, I.; Smith, A. M. S.; Subjak, J.; Van Eylen, V.; Wilson, P. A., Three planets transiting the evolved star EPIC 249893012: a hot 8.8-M \oplus super-Earth and two warm 14.7 and 10.2-M \oplus sub-Neptunes, 04/2020, *Astronomy & Astrophysics*, 636, A89
- Hirano, Teruyuki**; Krishnamurthy, Vigneshwaran; Gaidos, Eric; Flewelling, Heather; Mann, Andrew W.; Narita, Norio; Plavchan, Peter; **Kotani, Takayuki**; **Tamura, Motohide**; **Harakawa, Hiroki**; Hodapp, Klaus; Ishizuka, Masato; Jacobson, Shane; Konishi, Mihoko; **Kudo, Tomoyuki**; **Kurokawa, Takashi**; **Kuzuhara, Masayuki**; **Nishikawa, Jun**; **Omiya, Masashi**; Serizawa, Takuma Ueda, Akitoshi; **Vievard, Sébastien**, “Limits on the Spin-Orbit Angle and Atmospheric Escape for the 22 Myr Old Planet AU Mic b”, 08/2020, *The Astrophysical Journal Letters*, vol. 899, id. L13
- Hirano, Teruyuki**; **Kuzuhara, Masayuki**; **Kotani, Takayuki** and 15 more, “Precision radial velocity measurements by the forward-modeling technique in the near-infrared”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 72, Issue 6, id.93, 21 pp (09/2020)
- Hirokyu Tako Ishikawa, Wako Aoki, **Takayuki Kotani, Masayuki Kuzuhara, Masashi Omiya**, Ansgar Reiners, Mathias Zechmeister , “Elemental abundances of M dwarfs based on high-resolution near-infrared spectra: Verification by binary systems”, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 72, Issue 6, id.102, 18 pp (11/2020)
- Hori, Y.** 2021, The Linkage between the Core Mass and the Magnetic Field of an Extrasolar Giant Planet from Future Radio Observations, 02/2021, *The Astrophysical Journal*, vol 908, id.77
- Ishizuka, Masato; Kawahara, Hajime; **Nugroho, Stevanus Kristianto**; Kawashima, Yui , **Hirano, Teruyuki**; **Tamura, Motohide**, 2021, Neutral Metals in the Atmosphere of HD 149026b, 03/2021, *The Astronomical Journal* 161 (4), 153.
- Jenkins, James S.; Díaz, Matías R.; Kurtovic, Nicolás T.; Espinoza, Néstor; Vines, Jose I.; Rojas, Pablo A. Peña; Brahm, Rafael; Torres, Pascal; Cortés-Zuleta, Pía; Soto, Maritza G.; Lopez, Eric D.; King, George W.; Wheatley, Peter J.; Winn, Joshua N.; Ciardi, David R.; Ricker, George; Vanderspek, Roland; Latham, David W.; Seager, Sara; Jenkins, Jon M. Beichman, Charles A.; Bieryla, Allyson; Burke, Christopher J.; Christiansen, Jessie L.; Henze, Christopher E.; Klaus, Todd C.; McCauliff, Sean; Mori, Mayuko; Narita, Norio; Nishiumi, Taku; **Tamura, Motohide**; de Leon, Jerome Pitogo; Quinn, Samuel N.; Villaseñor, Jesus Noel; Vezie, Michael; Lissauer, Jack J.; Collins, Karen A.; Collins, Kevin I.; Isopi, Giovanni; Mallia, Franco; Ercolino, Andrea; Petrovich, Cristobal; Jordán, Andrés; Acton, Jack S.; Armstrong, David J.; Bayliss, Daniel; Bouchy, François; Belardi, Claudia; Bryant, Edward M.; Burleigh, Matthew R.; Cabrera, Juan; Casewell, Sarah L.; Chaushev, Alexander; Cooke, Benjamin F.; Eigmüller, Philipp; Erikson, Anders; Foxell, Emma; Gänsicke, Boris T.; Gill, Samuel; Gillen, Edward; Günther, Maximilian N.; Goad, Michael R.; Hooton, Matthew J.;

- Jackman, James A. G.; Louden, Tom; McCormac, James; Moyano, Maximiliano; Nielsen, Louise D.; Pollacco, Don; Queloz, Didier; Rauer, Heike; Raynard, Liam; Smith, Alexis M. S.; Tilbrook, Rosanna H.; Titz-Weider, Ruth; Turner, Oliver; Udry, Stéphane; Walker, Simon. R.; Watson, Christopher A.; West, Richard G.; Palle, Enric; Ziegler, Carl; Law, Nicholas; Mann, Andrew W., “An ultrahot Neptune in the Neptune desert”, 09/2020, *Nature Astronomy*, vol. 4, p.1148–1157
- Kanagawa, Kazuhiro D.; **Hashimoto, Jun**; Muto, Takayuki; Tsukagoshi, Takashi; Takahashi, Sanemichi Z.; Hasegawa, Yasuhiro; Konishi, Mihoko; Nomura, Hideko; Liu, Haoyu Baobab; Dong, Ruobing; Kataoka, Akimasa; Momose, Munetake; Ono, Tomohiro; Sitko, Michael; Takami, Michihiro; Tomida, Kengo, “ALMA Observation of the Protoplanetary Disk around WW Cha: Faint Double-peaked Ring and Asymmetric Structure”, *The Astrophysical Journal*, Volume 909, Issue 2, id.212, 19 pp. (03/2021)
- Kandori, R., Tamura, M.**, Saito, M., Tomisaka, K., Matsumoto, T., Tazaki, R., Nagata, T., **Kusakabe, N.**, Nakajima, Y., Kwon, J., Nagayama, T., and Tatematsu, K., "Distortion of Magnetic Fields in the Dense Core SL42 (CrA-E) in the Corona Australis Molecular Cloud Complex", 08/2020, *ApJ*, 900, 20
- Kandori, R., Tamura, M.**, Saito, M., Tomisaka, K., Matsumoto, T., Tazaki, R., Nagata, T., **Kusakabe, N.**, Nakajima, Y., Kwon, J., Nagayama, T., and Tatematsu, K., "Distortion of Magnetic Fields in BHR 71", 04/2020, *ApJ*, 892, 128
- Kataoka, K., **Fujita, H.**, Isa, M., Gotoh, S., Arasaki, A., Ishida, H., Kimura, R. (03/2021) The human *EDAR* 370V/A polymorphism affects tooth root morphology potentially through the modification of a reaction-diffusion system. *Sci. Rep.* 11, 5143.
- Kemmer, J.; Stock, S.; Kossakowski, D.; Kaminski, A.; Molaverdikhani, K.; Schlecker, M.; Caballero, J. A.; Amado, P. J.; Astudillo-Defru, N.; Bonfils, X.; Ciardi, D.; Collins, K. A.; Espinoza, N.; Fukui, A.; **Hirano, T.**; Jenkins, J. M.; Latham, D. W.; Matthews, E. C.; Narita, N.; Pallé, E. Parviainen, H.; Quirrenbach, A.; Reiners, A.; Ribas, I.; Ricker, G.; Schlieder, J. E.; Seager, S.; Vanderspek, R.; Winn, J. N.; Almenara, J. M.; Béjar, V. J. S.; Bluhm, P.; Bouchy, F.; Boyd, P.; Christiansen, J. L.; Cifuentes, C.; Cloutier, R.; Collins, K. I.; Cortés-Contreras, M.; Crossfield, I. J. M.; Crouzet, N.; de Leon, J. P.; Della-Rose, D. D.; Delfosse, X.; Dreizler, S.; Esparza-Borges, E.; Essack, Z.; Forveille, Th.; Figueira, P.; Galadí-Enríquez, D.; Gan, T.; Glidden, A.; Gonzales, E. J.; Guerra, P.; **Harakawa, H.**; Hatzes, A. P.; Henning, Th.; Herrero, E.; Hodapp, K.; **Hori, Y.**; Howell, S. B.; Ikoma, M.; Isogai, K.; Jeffers, S. V.; Kürster, M.; Kawauchi, K.; Kimura, T.; Klagyivik, P.; **Kotani, T.**; **Kurokawa, T.**; **Kusakabe, N.**; **Kuzuhara, M.**; Lafarga, M.; Livingston, J. H.; Luque, R.; Matson, R.; Morales, J. C.; Mori, M.; Muirhead, P. S.; Murgas, F.; **Nishikawa, J.**; Nishiumi, T.; **Omiya, M.**; Reffert, S.; Rodríguez López, C.; Santos, N. C.; Schöfer, P.; Schwarz, R. P.; Shiao, B.; **Tamura, M.**; Terada, Y.; Twicken, J. D.; Ueda, A.; **Vievard, S.**; Watanabe, N.; Zechmeister, M., “Discovery of a hot, transiting, Earth-sized planet and a second temperate, non-transiting planet around the M4 dwarf GJ 3473 (TOI-488)”, 10/2020, *Astronomy & Astrophysics*, vol. 642, id. A236
- Kim, G., Tatematsu, K., Liu, T., H.-W., Y., He, J., Hirano, N., Liu, S.-Y., Choi, M., Sanhueza, P., Toth, L. V., Evans, N. J., Feng, S., Juvela, M., Kim, K.-T., Vastel, C., Lee, J.-E., Nguyn-Lu'o'ng, Q., Kang, M., Ristorcelli, I., Fehér, O. Wu, Y., Ohashi, S., Wang, K., **Kandori, R.**, Hirota, T., Sakai, T., Lu, X. Thompson, M. A., Fuller, G. A., Li, D., Shinnaga, H., and Kim, J., "Molecular Cloud Cores with High Deuterium Fraction: Nobeyama Single-Pointing Survey", 08/2020, *ApJS*, 249, 33
- Laugier, Raugier. et al. including **Guyon, Olivier**, Angular differential kernel phases, 04/2020, *A&A*...636A..21L

- Lawson, K. et al. including **Tamura, M., Guyon, O.**, SCEXAO/CHARIS Near-infrared Integral Field Spectroscopy of the HD 15115 Debris Disk, 10/2020, AJ....160..163L
- Leung, Michaela; **Meadows, Victoria S.**; Lustig-Yaeger, Jacob, High-resolution Spectral Discriminants of Ocean Loss for M-dwarf Terrestrial Exoplanets; 07/2020, AJ....160...11L
- Louie, Dana R.; Narita, Norio; Fukui, Akihiko; Palle, Enric; **Tamura, Motohide; Kusakabe, Nobuhiko**; Parviainen, Hannu; Deming, Drake, “Simulations Predicting the Ability of Multi-color Simultaneous Photometry to Distinguish TESS Candidate Exoplanets from False Positives”, 08/2020, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, vol. 132, id.084403
- Loyd, R. O. Parke et al. including **Meadows, V. S.**, HAZMAT. VII. The Evolution of Ultraviolet Emission with Age and Rotation for Early M Dwarf Stars; 02/2021, ApJ...907...91L
- Luque, R.; Casasayas-Barris, N.; Parviainen, H.; Chen, G.; Pallé, E.; Livingston, J.; Béjar, V. J. S.; Crouzet, N.; Esparza-Borges, E.; Fukui, A.; Hidalgo, D.; Kawashima, Y.; Kawauchi, K.; Klagyivik, P.; Kurita, S.; **Kusakabe, N.**; de Leon, J. P.; Madrigal-Aguado, A.; Montañés-Rodríguez, P.; Mori, M. Murgas, F.; Narita, N.; Nishiumi, T.; Nowak, G.; Oshagh, M.; Sánchez-Benavente, M.; Stangret, M.; **Tamura, M.**; Terada, Y.; Watanabe, N., “Obliquity measurement and atmospheric characterisation of the WASP-74 planetary system”, 10/2020, Astronomy & Astrophysics, vol. 642, id. A50
- Luque, R.; Serrano, L. M.; Molaverdikhani, K.; Nixon, M. C.; Livingston, J. H.; Guenther, E. W.; Pallé, E.; Madhusudhan, N.; Nowak, G.; Korth, J.; Cochran, W. D.; **Hirano, T.**; Chaturvedi, P.; Goffo, E.; Albrecht, S.; Barragán, O.; Briceño, C.; Cabrera, J.; Charbonneau, D.; Cloutier, R. Collins, K. A.; Collins, K. I.; Colón, K. D.; Crossfield, I. J. M.; Csizmadia, Sz.; Dai, F.; Deeg, H. J.; Esposito, M.; Fridlund, M.; Gandolfi, D.; Georgieva, I.; Glidden, A.; Goeke, R. F.; Grziwa, S.; Hatzes, A. P.; Henze, C. E.; Howell, S. B.; Irwin, J.; Jenkins, J. M.; Jensen, E. L. N.; Ká bath, P.; Kidwell, R. C., Jr.; Kielkopf, J. F.; Knudstrup, E.; Lam, K. W. F.; Latham, D. W.; Lissauer, J. J.; Mann, A. W.; Matthews, E. C.; Mireles, I.; Narita, N.; Paegert, M.; Persson, C. M.; Redfield, S.; Ricker, G. R.; Rodler, F.; Schlieder, J. E.; Scott, N. J.; Seager, S.; Šubjak, J.; Tan, T. G.; Ting, E. B.; Vanderspek, R.; Van Eylen, V.; Winn, J. N.; Ziegler, C., “A planetary system with two transiting mini-Neptunes near the radius valley transition around the bright M dwarf TOI-776”, 01/2021, Astronomy & Astrophysics, vol. 645, id. A41
- Narang, M. including **Tamura, M.**, In search of radio emission from exoplanets: GMRT observations of the binary system HD 41004; 01/2021, MNRAS.500.4818N
- Nielsen, L. D.; Brahm, R.; Bouchy, F.; Espinoza, N.; Turner, O.; Rappaport, S.; Pearce, L.; Ricker, G.; Vanderspek, R.; Latham, D. W.; Seager, S.; Winn, J. N.; Jenkins, J. M.; Acton, J. S.; Bakos, G.; Barclay, T.; Barkaoui, K.; Bhatti, W.; Briceño, C.; Bryant, E. M. Burleigh, M. R.; Ciardi, D. R.; Collins, K. A.; Collins, K. I.; Cooke, B. F.; Csubry, Z.; dos Santos, L. A.; Eigmüller, Ph.; Fausnaugh, M. M.; Gan, T.; Gillon, M.; Goad, M. R.; Guerrero, N.; Hagelberg, J.; Hart, R.; Henning, T.; Huang, C. X.; Jehin, E.; Jenkins, J. S.; Jordán, A.; Kielkopf, J. F.; Kossakowski, D.; Lavie, B.; Law, N.; Lendl, M.; de Leon, J. P.; Lovis, C.; Mann, A. W.; Marmier, M.; McCormac, J.; Mori, M.; Moyano, M.; Narita, N.; Osip, D.; Otegi, J. F.; Pepe, F.; Pozuelos, F. J.; Raynard, L.; Relles, H. M.; Sarkis, P.; Ségransan, D.; Seidel, J. V.; Shporer, A.; Stalport, M.; Stockdale, C.; Suc, V.; **Tamura, M.**; Tan, T. G.; Tilbrook, R. H.; Ting, E. B.; Trifonov, T.; Udry, S.; Vanderburg, A.; Wheatley, P. J.; Wingham, G.; Zhan, Z.; Ziegler, C., “Three short-period Jupiters from TESS. HIP 65Ab, TOI-157b, and TOI-169b”, 07/2020, Astronomy & Astrophysics, vol. 639, id. A76

- Nowak, G.; Luque, R.; Parviainen, H.; Pallé, E.; Molaverdikhani, K.; Béjar, V. J. S.; Lillo-Box, J.; Rodríguez-López, C.; Caballero, J. A.; Zechmeister, M.; Passegger, V. M.; Cifuentes, C.; Schweitzer, A.; Narita, N.; Cale, B.; Espinoza, N.; Murgas, F.; Hidalgo, D.; Zapatero Osorio, M. R.; Pozuelos, F. J. Aceituno, F. J.; Amado, P. J.; Barkaoui, K.; Barrado, D.; Bauer, F. F.; Benkhaldoun, Z.; Caldwell, D. A.; Casasayas Barris, N.; Chaturvedi, P.; Chen, G.; Collins, K. A.; Collins, K. I.; Cortés-Contreras, M.; Crossfield, I. J. M.; de León, J. P.; Díez Alonso, E.; Dreizler, S.; El Mufti, M.; Esparza-Borges, E.; Essack, Z.; Fukui, A.; Gaidos, E.; Gillon, M.; Gonzales, E. J.; Guerra, P.; Hatzes, A.; Henning, Th.; Herrero, E.; Hesse, K.; **Hirano, T.**; Howell, S. B.; Jeffers, S. V.; Jehin, E.; Jenkins, J. M.; Kaminski, A.; Kemmer, J.; Kielkopf, J. F.; Kossakowski, D.; **Kotani, T.**; Kürster, M.; Lafarga, M.; Latham, D. W.; Law, N.; Lissauer, J. J.; Lodieu, N.; Madrigal-Aguado, A.; Mann, A. W.; Massey, B.; Matson, R. A.; Matthews, E.; Montañés-Rodríguez, P.; Montes, D.; Morales, J. C.; Mori, M.; Nagel, E.; Oshagh, M.; Pedraz, S.; Plavchan, P.; Pollacco, D.; Quirrenbach, A.; Reffert, S.; Reiners, A.; Ribas, I.; Ricker, G. R.; Rose, M. E.; Schlecker, M.; Schlieder, J. E.; Seager, S.; Stangret, M.; Stock, S.; **Tamura, M.**; Tanner, A.; Teske, J.; Trifonov, T.; Twicken, J. D.; Vanderspek, R.; Watanabe, D.; Wittrock, J.; Ziegler, C.; Zohrabi, F., “The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. Two planets on opposite sides of the radius gap transiting the nearby M dwarf LTT 3780”, 10/2020, *Astronomy & Astrophysics*, vol. 642, id. A173
- Nowak, Grzegorz; Palle, Enric; Gandolfi, Davide; Deeg, Hans J.; **Hirano, Teruyuki**; Barragán, Oscar; **Kuzuhara, Masayuki**; Dai, Fei; Luque, Rafael; Persson, Carina M.; Fridlund, Malcolm; Johnson, Marshall C.; Korth, Judith; Livingston, John H.; Grziwa, Sascha; Mathur, Savita; Hatzes, Artie P.; Prieto-Arranz, Jorge; Nespral, David; Hidalgo, Diego Hjorth, Maria; Albrecht, Simon; Van Eylen, Vincent; Lam, Kristine W. F.; Cochran, William D.; Esposito, Massimiliano; Csizmadia, Szilárd; Guenther, Eike W.; Kabath, Petr; Blay, Pere; Brahm, Rafael; Jordán, Andrés; Espinoza, Néstor; Rojas, Felipe; Casasayas Barris, Núria; Rodler, Florian; Alonso Sobrino, Roi; Cabrera, Juan; Carleo, Ilaria; Chaushev, Alexander; de Leon, Jerome; Eigmüller, Philipp; Endl, Michael; Erikson, Anders; Fukui, Akihiko; Georgieva, Iskra; González-Cuesta, Lucía; Knudstrup, Emil; Lund, Mikkel N.; Montañés Rodríguez, Pilar; Murgas, Felipe; Narita, Norio; Niraula, Prajwal; Pätzold, Martin; Rauer, Heike; Redfield, Seth; Ribas, Ignasi; Skarka, Marek; Smith, Alexis M. S.; Subjak, Jano, “K2-280 b - a low density warm sub-Saturn around a mildly evolved star”, 07/2020, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 497, pp.4423-4435
- Nugroho, Stevanus K.**; Kawahara, Hajime; Gibson, Neale P.; de Mooij, Ernst J. W.; **Hirano, Teruyuki**; **Kotani, Takayuki**; Kawashima, Yui; Masuda, Kento; Brogi, Matteo; Birkby, Jayne L.; Watson, Chris A.; **Tamura, Motohide**; Zwintz, Konstanze; **Harakawa, Hiroki**; **Kudo, Tomoyuki**; **Kuzuhara, Masayuki**; Hodapp, Klaus; Ishizuka, Masato; Jacobson, Shane; Konishi, Mihoko; **Kurokawa, Takashi**; **Nishikawa, Jun**; **Omiya, Masashi**; Serizawa, Takuma; **Ueda, Akitoshi**; **Vievard, Sébastien**, 03/2021, *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 910, Issue 1, id.L9
- Ogihara, M., Kunitomo, M., **Hori, Y.**, Unified Simulations of Planetary Formation and Atmospheric Evolution II. Rapid Disk Clearing by Photoevaporation Yields Low-mass Super-Earth Atmospheres, *ApJ*, 899, 2, id.91, 08/2020
- Ogihara, M., & **Hori, Y.**, Unified Simulations of Planetary Formation and Atmospheric Evolution: Effects of Pebble Accretion, Giant Impacts, and Stellar Irradiation on Super-Earth Formation, *ApJ*, 892, 2, id.124, 04/2020
- Parviainen, H.; Palle, E.; Zapatero-Osorio, M. R.; Nowak, G.; Fukui, A.; Murgas, F.; Narita, N.; Stassun, K. G.; Livingston, J. H.; Collins, K. A.; Hidalgo Soto, D.; Béjar, V. J. S.;

- Korth, J.; Monelli, M.; Montanes Rodriguez, P.; Casasayas-Barris, N.; Chen, G.; Crouzet, N.; de Leon, J. P.; Hernandez, A. Kawauchi, K.; Klagyivik, P.; **Kusakabe, N.**; Luque, R.; Mori, M.; Nishiumi, T.; Prieto-Arranz, J.; **Tamura, M.**; Watanabe, N.; Gan, T.; Collins, K. I.; Jensen, E. L. N.; Barclay, T.; Doty, J. P.; Jenkins, J. M.; Latham, D. W.; Paegert, M.; Ricker, G.; Rodriguez, D. R.; Seager, S.; Shporer, A.; Vanderspek, R.; Villaseñor, J.; Winn, J. N.; Wohler, B.; Wong, I., “TOI-519 b: a short-period substellar object around an M dwarf validated using multicolour photometry and phase curve analysis”, 01/2021, *Astronomy & Astrophysics*, vol. 645, id. A16
- Pattle, K. et al. including **Tamura, M.**, JCMT POL-2 and BISTRO Survey Observations of Magnetic Fields in the L1689 Molecular Cloud; 02/2021, *ApJ*...907...88P
- Peacock, S. et al. including **Meadows, V. S.**, HAZMAT VI: The Evolution of Extreme Ultraviolet Radiation Emitted from Early M Stars; 05/2020, *ApJ*...895....5P
- Peter Plavchan, Tom Barclay, Jonathan Gagné, Peter Gao, Bryson Cale, William Matzko, Diana Dragomir, Sam Quinn, Dax Feliz, Keivan Stassun, Ian J.M. Crossfield, David A. Berardo, David W Latham, Ben Tieu, Guillem Anglada-Escudé, George Ricker, Roland Vanderspek, Sara Seager, Joshua N. Winn, Jon M. Jenkins, Stephen Rinehart, Akshata Krishnamurthy, Scott Dynes, John Doty, Fred Adams, Dennis A Afanasev, Chas Beichman, Mike Bottom, Brendan P. Bowler, Carolyn Brinkworth, Carolyn J. Brown, Andrew Cancino, David R. Ciardi, Mark Clampin, Jake T. Clark, Karen Collins, Cassy Davison, Daniel Foreman-Mackey, Elise Furlan, Eric Gaidos, Claire Geneser, Frank Giddens, Emily Gilbert, Ryan Hall, Coel Hellier, Todd Henry, Jonathan Horner, Andrew W. Howard, Chelsea Huang, Joseph Huber, Stephen R Kane, Matthew Kenworthy, John Kielkopf, David Kipping, Chris Klenke, Ethan Kruse, Natasha Latouf, Patrick Lowrance, Bertrand Mennesson, Matthew Mengel, Sean M. Mills, Tim Morton, Norio Narita, Elisabeth Newton, America Nishimoto, Jack Okumura, Enric Palle, Joshua Pepper, Elisa V. Quintana, Aki Roberge, Veronica Roccatagliata, Joshua E. Schlieder, Angelle Tanner, Johanna Teske, C. G. Tinney, Andrew Vanderburg, Kaspar von Braun, Bernie Walp, Jason Wang, Sharon Xuesong Wang, Denise Weigand, Russel White, Robert A. Wittenmyer, Duncan J. Wright, Allison Youngblood, Hui Zhang, Perri Zilberman, “A planet within the debris disk around the pre-main sequence star AU Mic”, 06/2020, *Nature*, vol. 582, p.497-500
- Sahoo, Ananya; **Guyon, Olivier**; Lozi, Julien and 5 more, Precision Photometric and Astrometric Calibration Using Alternating Satellite Speckles, 06/2020, *AJ*...159..250S
- Itsuki Sakon, Thomas Roellig, Kimberly Ennico-Smith, Taro Matsuo, Yuji Ikeda, Tomoyasu Yamamuro, Keigo Enya, Takehiko Wada, Mitsunobu Kawada, **Aoi Takahashi**, Yuki Sarugaku, Naofumi Fujishiro, Naoshi Murakami, **Jun Nishikawa**, **Takayuki Kotani**, Shohei Goda, Masayuki Ido, Satoshi Itoh, Takahiro Tsuboi, Takahiro Sumi, Masatsugu Kamiura, Takeo Manome, Naoto Iida, Kentaro Yanagibashi, Thomas Greene, Bernardus Helvensteijn, Lynn Hofland, Roy Johnson, Ali Kashani, Emmett Quigley, Robert McMurray, Hanae Inami, Denis Burgarella, the Origins Space Telescope mission concept study team, “Mid-infrared Spectrometer and Camera for the Origins Space Telescope”, 03/2021, *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems*, Vol.7, Issue.1, 011013
- Sano, Kei; Matsuura, Shuji; Yomo, Kazuma; **Takahashi, Aoi**; “The Isotropic Interplanetary Dust Cloud and Near-infrared Extragalactic Background Light Observed with COBE/DIRBE”, 09/2020, *The Astrophysical Journal*, Vol.901, Issue.2, 112
- Serindag, D. B., **Nugroho, S. K.** et al., (01/2021), Is TiO emission present in the ultra-hot Jupiter WASP-33b? A reassessment using the improved ExoMol Toto line list, *A&A* 645, A90.

- Sparks, William B. et al including **Meadows, V. S.**, Spectropolarimetry of Primitive Phototrophs as Global Surface Biosignatures; 02/2021, *AsBio*..21..219S
- Suzuki, T.**, Shinnaka, Y., Majumdar, L., et al., Possibility of concentration of nonvolatile species near the surface of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, 01/2021, *A&A*, 645, A134
- Takarada, Takuya**; Sato, Bun'ei; **Omiya, Masashi**; **Hori, Yasunori**; Fujii, Michiko S., “Radial-velocity search and statistical studies for short-period planets in the Pleiades open cluster”, 11/2020, *PASJ*...72..104T
- Tajiri, Tomoyuki; Kawahara, Hajime; Aizawa, Masataka and 9 more, “Dippers from the TESS Full-frame Images. I. Results of the First One Year Data and Discovery of a Runaway Dipper”, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, Volume 251, Issue 2, id.18, 18 pp (11/2020)
- Tampo, Yusuke; Naoto, Kojiguchi; Isogai, Keisuke; Kato, Taichi; Kimura, Mariko; Wakamatsu, Yasuyuki; Nogami, Daisaku; Vanmunster, Tonny; Tordai, Tamás; Akazawa, Hidehiko; Mugas, Felipe; Nishiumi, Taku; Béjar, Víctor J. S.; Kawauchi, Kiyoe; Crouzet, Nicolas; Watanabe, Noriharu; Casasayas-Barris, Núria; Terada, Yuka; Fukui, Akihiko; Narita, Norio; Palle, Enric; **Tamura, Motohide**; **Kusakabe, Nobuhiko**; Alonso, Roi; Itoh, Hiroshi; Sokolovsky, Kirill; McIntyre, Brandon; Leahy-McGregor, Jesse; Brincat, Stephen M.; Dubovsky, Pavol A.; Medulka, Tomáš; Kudzej, Igor; Pavlenko, Elena P.; Antonyuk, Kirill A.; Pit, Nikolaj V.; Antonyuk, Oksana I.; Babina, Julia V.; Baklanov, Aleksei V.; Sklyanov, Aleksander S.; Zubareva, Alexandra M.; Belinski, Aleksandr A.; Dodin, Alexandr V.; Burlak, Marina A.; Ikonnikova, Natalia P.; Mishin, Egor O.; Potanin, Sergey A.; Miller, Ian; Richmond, Michael; Pickard, Roger D.; Galdies, Charles; Mizutani, Masanori; Menzies, Kenneth; Stone, Geoffrey; Ruiz, Javier, “First detection of two superoutbursts during the rebrightening phase of a WZ Sge-type dwarf nova: TCP J21040470+4631129”, 05/2020, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 72, id.49
- Tatematsu, K., Liu, T., Kim, G., Yi, H.-W., Lee, J.-E., Hirano, N., Liu, S.-Y., Ohashi, S., Sanhueza, P., Di Francesco, J., Evans, N. J., II, Fuller, G. A., **Kandori, R.**, Choi, M., Kang, M., Feng, S., Hirota, T., Sakai, T., Lu, X., Lu'o'ng, Q., Nguyen T., Mark A., Wu, Y., Li, D., Kim, K.-T., Wang, K., Ristorcelli, I., Juvela, M., and Tóth, L. V., "ALMA ACA and Nobeyama Observations of Two Orion Cores in Deuterated Molecular Lines", 06/2020, *ApJ*, 895, 119
- Uyama, T. et al. including **Hashimoto, J.**, **Guyon, O.**; Early High-contrast Imaging Results with Keck/NIRC2-PWFS: The SR 21 Disk, 12/2020, *AJ*...160..283U
- Uyama, T. et al. including **Guyon, O.**, **Kudo, T.**, **Hashimoto, J.**, **Tamura, M.**, High-contrast H α imaging with Subaru/SCEXAO + VAMPIRES, 10/2020, *JATIS*...6d5004U
- Uyama, T. et al. including **Guyon, O.**, **Kudo, T.**, **Tamura, M.**, SCEXAO/CHARIS High-contrast Imaging of Spirals and Darkening Features in the HD 34700 A Protoplanetary Disk, 09/2020, *ApJ*...900..135U
- Vanderburg, Andrew; Rappaport, Saul A.; Xu, Siyi; Crossfield, Ian J. M.; Becker, Juliette C.; Gary, Bruce; Murgas, Felipe; Blouin, Simon; Kaye, Thomas G.; Palle, Enric; Melis, Carl; Morris, Brett M.; Kreidberg, Laura; Gorjian, Varoujan; Morley, Caroline V.; Mann, Andrew W.; Parviainen, Hannu; Pearce, Logan A.; Newton, Elisabeth R.; Carrillo, Andreia Zuckerman, Ben; Nelson, Lorne; Zeimann, Greg; Brown, Warren R.; Tronsgaard, René; Klein, Beth; Ricker, George R.; Vanderspek, Roland K.; Latham, David W.; Seager, Sara; Winn, Joshua N.; Jenkins, Jon M.; Adams, Fred C.; Benneke, Björn; Berardo, David; Buchhave, Lars A.; Caldwell, Douglas A.; Christiansen, Jessie

L.; Collins, Karen A.; Colón, Knicole D.; Daylan, Tansu; Doty, John; Doyle, Alexandra E.; Dragomir, Diana; Dressing, Courtney; Dufour, Patrick; Fukui, Akihiko; Glidden, Ana; Guerrero, Natalia M.; Guo, Xueying; Heng, Kevin; Henriksen, Andreea I.; Huang, Chelsea X.; Kaltenegger, Lisa; Kane, Stephen R.; Lewis, John A.; Lissauer, Jack J.; Morales, Farisa; Narita, Norio; Pepper, Joshua; Rose, Mark E.; Smith, Jeffrey C.; Stassun, Keivan G.; Yu, Liang, “A giant planet candidate transiting a white dwarf”, 09/2020, *Nature*, vol. 585, p.363-367

Walter, A. B. et al. including **Guyon, O.**; The MKID Exoplanet Camera for Subaru SCEXAO, 12/2020, PASP..13215005W

Wang, J. J. et al. including **Guyon, O.**, On the Chemical Abundance of HR 8799 and the Planet c, 09/2020, AJ....160..150W

Wang, J. J. et al. including **Guyon, O.**, Keck/NIRC2 L'-band Imaging of Jovian-mass Accreting Protoplanets around PDS 70, 06/2020, AJ....159..263W

Weiss, Lauren M.; Dai, Fei; Huber, Daniel; Brewer, John; Collins, Karen A.; Ciardi, David R.; Matthews, Elisabeth C.; Ziegler, Carl; Howell, Steve B.; Batalha, Natalie M.; Crossfield, Ian J. M.; Dressing, Courtney; Fulton, Benjamin; Howard, Andrew W.; Isaacson, Howard; Kane, Stephen R.; Petigura, Erik A.; Robertson, Paul; Roy, Arpita; Rubenzahl, Ryan A. Claytor, Zachary R.; Stassun, Keivan G.; Chontos, Ashley; Giacalone, Steven; Dalba, Paul A.; Mocnik, Teo; Hill, Michelle L.; Beard, Corey; Akana Murphy, Joseph M.; Rosenthal, Lee J.; Behrard, Aida; van Zandt, Judah; Lubin, Jack; Kosiarek, Molly R.; Lund, Michael B.; Christiansen, Jessie L.; Matson, Rachel A.; Beichman, Charles A.; Schlieder, Joshua E.; Gonzales, Erica J.; Briceño, César; Law, Nicholas; Mann, Andrew W.; Collins, Kevin I.; Evans, Phil; Fukui, Akihiko; Jensen, Eric L. N.; Murgas, Felipe; Narita, Norio; Palle, Enric; Parviainen, Hannu; Schwarz, Richard P.; Tan, Thiam-Guan; Jenkins, Jon; Ricker, George; Winn, Joshua N., “The TESS-Keck Survey II: Masses of Three Sub-Neptunes Transiting the Galactic Thick-Disk Star TOI-561”, 01/2021, *The Astronomical Journal*, vol. 161, id. 56

Yen, Hsi-Wei et al. including **Tamura, Motohide**, The JCMT BISTRO Survey: Alignment between Outflows and Magnetic Fields in Dense Cores/Clumps; 01/2021, ApJ...907...33Y

5-2 欧文論文(研究会集録、査読なし等) 32 編

Anagnos, T. et al. including **Guyon, O.**, An innovative integral field unit upgrade with 3D-printed micro-lenses for the RHEA at Subaru, Proceedings of the SPIE, Volume 11451, id. 114516Y 10 pp. (12/2020).

Barjot, K. et al. including **Guyon, O.**, A metrological characterization of the SPEED test-bed PIAACMC components, Proceedings of the SPIE, Volume 11451, id. 114513B 8 pp. (12/2020).

Barjot, K. et al. including **Guyon, O.**, **Kotani, T.**, “Laboratory characterization of FIRSTv2 photonic chip for the study of substellar companions”, Proceedings of the SPIE, Volume 11446, id. 1144623 7 pp. (12/2020)

Bendek, E. et al. including **Guyon, O.**, Status of NASA’s stellar astrometry testbeds for exoplanet detection: Science and technology overview, Proceedings of the SPIE, Volume 11443, id. 114433V 20 pp. (01/2021).

Close, L. M. et al. including **Guyon, O.**, Prediction of the planet yield of the MaxProtoPlanetS high-contrast survey for H-alpha protoplanets with MagAO-X based

- on first light contrasts, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114480U 18 pp. (12/2020)
- Currie, Thayne; **Guyon, Olivier**; Lozi, Julien and 10 more, On-sky performance and recent results from the Subaru coronagraphic extreme adaptive optics system, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114487H 20 pp. (12/2020).
- Ferreira, F. et al. including **Guyon, O.**, Hard real-time core software of the AO RTC COSMIC platform: architecture and performance, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 1144815 16 pp. (12/2020)
- Guyon, Olivier**; Lozi, Julien; **Vievard, Sebastien** and 28 more, “Validating advanced wavefront control techniques on the SCExAO testbed/instrument”, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114481Z 15 pp. (12/2020)
- Guyon, Olivier**. Et al., Adaptive optics real-time control with the compute and control for adaptive optics (Cacao) software framework, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114482N 13 pp. (12/2020)
- Hagelberg, J., including **Guyon, O.**, IAO the swift adaptive optics imager on the 1.2m Euler Swiss telescope in La Silla, Chile, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114487G 8 pp. (12/2020)
- Kawahara, Hajime; Masuda, Kento; **Kotani, Takayuki** and 12 more, “LOTUS: wide-field monitoring nanosatellite for finding long-period transiting planets”, Proceedings of the SPIE, Volume 11443, id. 1144316 8 pp. (12/2020)
- Kotani, T.**; Kawahara, H.; Ishizuka, M. and 7 more, “Extremely high-contrast, high spectral resolution spectrometer REACH for the Subaru Telescope”, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 1144878 11 pp. (12/2020)
- Krishnamoorthy, P.; Walawender, J.; Gee, W. T.; **Guyon, O.**, PANOPTES: A citizen science project to discover exoplanets from your backyard using off-the-shelf hardware, Proceedings of the SPIE, Volume 11445, id. 114452J 7 pp. (12/2020)
- Lozi, J. et al. including **Guyon, O.**, **Kudo, T.**, **Tamura, M.**, New NIR spectro-polarimetric modes for the SCExAO instrument, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114487C 9 pp. (12/2020)
- Lozi, Julien; **Guyon, Olivier**; **Vievard, Sébastien** and 49 more, “Status of the SCExAO instrument: recent technology upgrades and path to a system-level demonstrator for PSI”, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114480N 12 pp. (12/2020)
- Males, Jared R.; Close, Laird M.; **Guyon, Olivier** and 17 more, MagAO-X first light, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114484L 8 pp. (12/2020).
- Marafatto, L., et al. including **Guyon, O.**, SHARK-NIR, toward the installation at the Large Binocular Telescope, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114481M 14 pp. (12/2020)
- Nishikawa, J.** et al. including **Guyon, O.**, Combination of apodized pupil and phase mask coronagraph for SCExAO at Subaru Telescope, Proceedings of the SPIE, Volume 11447, id. 114474T 6 pp. (12/2020)
- Okita, Hirofumi; Terai, Tsuyoshi; **Guyon, Olivier** and 2 more, Effect of the lack of the windscreen at Subaru Telescope, Proceedings of the SPIE, Volume 11445, id. 114455Y 9 pp. (12/2020)
- Ono, Yoshito H.; Minowa, Yosuke; **Guyon, Olivier** and 5 more, Overview of AO activities at Subaru Telescope, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114480K 12 pp.

(12/2020)

- Sahoo, A. including **Guyon, O. Kotani, T.**, “Constraining orbits and masses of stellar companions with SCExAO imaging and REACH spectroscopy”, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 1144809 9 pp. (12/2020)
- Takahashi, Aoi; Kotani, Takayuki; Nishikawa, Jun** and 10 more, “The South Africa Near-Infrared Doppler (SAND) instrument: concept and instrument design”, Proceedings of the SPIE, Volume 11447, id. 114473E 13 pp. (12/2020)
- Tobin, T. L. et al. including **Guyon, O.**, The Automated Data Extraction, Processing, and Tracking System for CHARIS, 12/2020, Proc. SPIE 11452, 114521D
- Yoneta, Kenta; Murakami, Naoshi; Yoshida, Koki and 5 more, “Speckle reduction technique using the self-coherent camera for the common-path visible nulling coronagraph”, Proceedings of the SPIE, Volume 11451, id. 114513Y 7 pp. (12/2020)
- van Holsen, R. G. et al. including **Guyon, O., Kudo, T., Tamura, M.**, Calibration of the instrumental polarization effects of SCExAO-CHARIS’ spectropolarimetric mode, Proceedings of the SPIE, Volume 11447, id. 114475B 14 pp. (12/2020)
- Vievard, S.** et al. including **Guyon, O.**, Focal plane wavefront sensing on SUBARU/SCExAO, Proceedings of the SPIE, Volume 11448, id. 114486D 17 pp. (12/2020)
- Vievard, S.** et al. including **Guyon, O., Kotani, T.**, “FIRST, a pupil-remapping fiber interferometer at the Subaru Telescope: on-sky results”, Proceedings of the SPIE, Volume 11446, id. 1144629 11 pp. (12/2020)
- Wan, J. J. et al. including **Guyon, O.**, An atmospheric dispersion corrector design with milliarcsecond-level precision from 1 to 4 microns for high dispersion coronagraphy, Proceedings of the SPIE, Volume 11447, id. 1144754 10 pp. (12/2020)
- Kohji Takimoto, Seung-Cheol Bang, Priyadarshini Bangale, James Bock, Asantha Cooray, Kenta Danbayashi, Richard Feder, Masaki Furutani, Kevin Gates, Ryo Hashimoto, Viktor Hristov, Arisa Kida, Phillip Korngut, Alicia Lanz, Dae-Hee Lee, Lunjun Liu, Peter Mason, Toshio Matsumoto, Shuji Matsuura, Jodi-Ann Morgan, Chi Nguyen, Won-Kee Park, Dorin Patru, James Parkus, Shohta Sakai, Kei Sano, Hiroko Suzuki, **Aoi Takahashi**, Sohta Tatsu, Kohji Tsumura, Takehiko Wada, Shiang-Yu Wang, Yasuhiro Yamada, Michael Zemcov, “Pre-flight optical test and calibration for the Cosmic Infrared Background Experiment 2 (CIBER-2)”, 12/2020, Proc. SPIE, 11443, 114435A
- Kei Sano, Shuji Matsuura, Kohji Tsumura, **Aoi Takahashi**, Ryo Hashimoto, Sota Ogura, Kazuma Yomo, Hikoma Yasutake, Yuta Ino, Reina Tanaka, “Development of Exo-Zodiacal Infrared Telescope (EXZIT) for observation of visible and near-infrared extragalactic background light”, 12/2020, Proc. SPIE, 11443, 114436B
- Currie, T.; **Kudo, T.**; Muto, T.; Lyra, W.; Dong, R.; **Guyon, O.**; Lozi, J.; Wagner, K.; Brandt, T.; Chilcote, J.; **Hashimoto, J.; Tamura, M.**, “SCExAO/CHARIS Imaging of a Candidate Protoplanet/Planet-Induced Structure Around a Young Star”, American Astronomical Society meeting #236, id. 107.02. Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 52, No. 3, (06/2020)
- Uyama, Taichi; Norris, Barnaby; Jovanovic, Nemanja; Lozi, Julien; Tuthill, Peter; **Guyon, Olivier; Kudo, Tomoyuki; Hashimoto, Jun; Tamura, Motohide**; Martinache, Frantz, “High-contrast H α imaging with Subaru/SCExAO + VAMPIRES”, Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, Volume 6, id. 045004 (10/2020).

5-3 学会発表等

- 荻原正博, 堀 安範, 國友正信, 黒崎健二: 2020, 進化する円盤中での岩石惑星及びガス惑星の形成, 日本惑星科学会 秋季講演会
- 藤田菜穂, 堀 安範, 佐々木貴教: 2020, 短周期 super-Earth の大気散逸に伴う軌道進化, 日本惑星科学会 秋季講演会
- 堀 安範: 2020, 磁場から探る系外巨大惑星の内部構造, 日本惑星科学会 秋季講演会
- 荻原正博, 堀 安範, 國友正信: 2020, 光蒸発による原始惑星系円盤散逸がスーパーアースの大気量に及ぼす影響, 日本天文学会 秋季年会
- 荻原正博, 堀 安範, 國友正信: 2020, スーパーアース形成と大気進化の連成シミュレーション, JpGU-AGU Joint Meeting 2020
- 藤田菜穂, 堀 安範, 佐々木貴教: 2020, Orbital evolution of close-in super-Earths via atmospheric escape, JpGU-AGU Joint Meeting 2020
- 石川裕之, 青木和光, 小谷隆行, 葛原昌幸, 大宮正士, 平野照幸, Reiners, A., Zechmeister, M., IRD-SSP チーム: 2021, 近赤外高分散分光による近傍 M 型矮星の元素組成比の調査, 日本天文学会 春季年会.
- 大宮正士, 原川紘季, 工藤智幸, Sebastien Vievard, 平野照幸, 佐藤文衛, Teng Huan-Yu, 葛原昌幸, 宝田拓也, 日下部展彦, 高橋葵, 笠木結, 三井 康裕, 小谷隆行, 田村元秀, IRD-SSP チーム, 2021, IRD-SSP による M 型星周りの惑星サーベイ: 2 年目の観測状況, 日本天文学会 春季年会
- 大宮 正士, 佐藤文衛, 田村元秀, 小谷隆行, 葛原昌幸, 平野照幸, 原川紘季, 工藤智幸, 日下部展彦, 宝田拓也, 高橋葵, 笠木結, IRD-SSP チーム, 2020, すばる/IRD を用いた赤外ドップラー法による M 型星周りの系外惑星サーベイ, 日本惑星科学会 秋季講演会
- 小松 勇, 2020, 地球外で生命関連分子ができるか, 次世代シンポジウム2020
- 芹澤 琢磨, 田中 洋介, 黒川 隆志, 西川 淳, 小谷 隆行, 田村 元秀, IRD チーム, “すばる望遠鏡の天文コムの運用の現状” 2020 年 第81 回応用物理学会 秋季学術講演会, 8p-Z19-9, オンライン開催 2020 年 9 月 8 日
- 鈴木大輝, Majumdar, L., 徳田一樹, 大石雅寿, 齋藤正雄, 廣田 朋也, 2021, “Survey observation of CH₃NH₂ toward star-forming regions and its formation process, AGU fall meeting 2021

5-4 和文報告(研究会収録、査読無し論文等)

- 荻原正博, 堀 安範: 2019, スーパーアースの形成と大気, 天文月報, 112, p906-916.

小杉真貴子, 小池裕幸: 2019, 南極の陸生光合成生物における光化学系 II の光不活性化波長依存性と生育環境における光阻害の潜在的リスク, 光合成研究, 29 (1), p29-38.

5-5 著書・出版

日下部展彦: 2021, 新設 宇宙生命学, カンゼン, 東京.

5-6 プレスリリース・新聞記事・取材など

プレスリリース:

2020年5月1日: [プロジェクト] 「常識覆す成果」海底地下の岩石 1cm³ 当たり
に 100 億細胞の微生物

2020年5月14日: 系外惑星における第二の地球候補の軌道を初めて制限したすばる
望遠鏡と新分光器 IRD

2020年6月10日: [サテライト] 隕石衝突でアミノ酸生成 太古の地球と火星では大
気主成分を材料として生命分子が生成された!

2020年6月25日: 若い恒星「けんびきょう座 AU 星」をめぐる惑星を発見

2020年7月29日: [プロジェクト] 物質から生命への進化を可能にしたカギは寄生
体との共進化か

2020年8月6日: [プロジェクト] 火星からのサンプルリターンで有効な微生物不活
化技術の開発に成功

2020年9月4日: 「若い惑星」の公転軌道面は傾いていない: 惑星系の進化に新知
見

2020年9月17日: 燃え尽きた星をめぐる無傷の巨大惑星候補の発見

2020年9月23日: 新種の海王星型惑星を発見

2020年10月27日: [プロジェクト] DNA-ペプチド相互作用が複雑な挙動を生み出す
- 「生命の形成」を促す要因かもしれない

その他:

2020年10月4日: (一般講演: 滝澤謙二) アストロバイオロジークラブ、オンライン
セミナー

2020年11月20日: (TV: 日下部展彦) NHK ビットワールド取材協力

2020年11月21日: (イベント: 日下部展彦[ホスト]) おうちでアストロノミー
パブ「系外惑星研究最前線」

2020年11月15日：（一般公演：日下部展彦） 千葉市科学館 [大人が楽しむ科学教室 2020] 宇宙における生命探査シリーズ ～黎明期～

2020年11月17日：（出前授業：滝澤謙二） 岡崎市新香山中学校出前授業

2020年12月12日：（取材協力：滝澤謙二） 月間星ナビ 2021年1月号 「突撃！ラボ訪問」

2021年2月5日（放送）：（取材協力：日下部展彦）NHK 「チコちゃんに叱られる」 『火星人はなぜタコ？』

5-7 連携研究による成果論文(査読あり):81編

* 下線は公募研究代表者、5-1との重複あり。以下同様。

Mizuuchi, R., Ichihashi, N.: 2020, Translation-coupled RNA replication and parasitic replicators in membrane-free compartments, *Chemical communications*, 56, 13453-13456

Furubayashi, T., Ueda, K., Bansho, Y., Motooka, D., Nakamura, S., Mizuuchi, R., Ichihashi, N.: 2020, Emergence and diversification of a host-parasite RNA ecosystem through Darwinian evolution, *eLIFE* 9:e56038

Mizuuchi, R., Usui, K., Ichihashi, N.: 2020, Structural transition of replicable RNAs during in vitro evolution with Q β replicase, *RNA* 26, 83-90

Takahiro Iino, Hideo Sagawa, Takashi Tsukagoshi and Satonori Nozawa: 2020, A belt-like distribution of gaseous hydrogen cyanide on Neptune's equatorial stratosphere detected by ALMA, *The Astrophysical Journal Letters*, 903, L1

Tony Z. Jia, Niraja V. Bapat, Ajay Verma, Irena Mamajanov, H. James Cleaves II, Kuhan Chandru: 2021, Primitive Cationic Polyester Microdroplets for RNA Segregation. *BioMacromolecules*, 10.1021/acs.biomac.0c01697

Tony Z. Jia, Melina Caudan, Irena Mamajanov: 2021, Origin of Species Before Origin of Life: The Role of Speciation in Chemical Evolution. *Life*, 11(2), 154

Tony Z. Jia, Tommaso P. Fraccia: 2020, Liquid Crystal Peptide/DNA Coacervates in the Context of Prebiotic Molecular Evolution. *Crystals*, 10(11), 964

Kuhan Chandru, Tony Z. Jia, Irena Mamajanov, Niraja V. Bapat, H. James Cleaves II: 2020, Prebiotic Oligomerization and Self-Assembly of Structurally Diverse Xenobiological Monomers. *Scientific Reports*, 10, 17560

Tommaso P. Fraccia, Tony Z. Jia: 2020, Liquid Crystal Coacervates Composed of Short Double Stranded DNA and Cationic Peptides. *ACS Nano*, 14(11), 15071-15082

Irena Mamajanov, Melina Caudan, Tony Z. Jia. Protoenzymes: 2020, The Case of Hyperbranched Polymer Scaffolded ZnS Nanocrystals. *Life*, 10(8), 150

Yamamoto, H., Mizoguchi, T., Tsukatani, Y., Tamiaki, H., Kurisu, G., and Fujita, Y.: 2020, Chlorophyllide a oxidoreductase preferentially catalyzes 8-vinyl reduction over B-ring reduction of 8-vinyl chlorophyllide a in late steps of bacteriochlorophyll biosynthesis. *ChemBioChem* 21, 1760-1766

Seto, R., Takaichi, S., Kurihara, T., Kishi, R., Honda, M., Takenaka, S., Tsukatani, Y., Madigan, M.T., Wang-Otomo, Z., and Kimura, Y.: 2020, Lycopene-family carotenoids confer

- thermostability on photocomplexes from a new thermophilic purple bacterium. *Biochemistry* 59, 2351–2358.
- Levy, M., Falkovich, R., Vonshak, O., Bracha, D., Tayar, A. M., Shimizu, Y., Daube, S. S., Bar-Ziv, R. H.: 2021, Boundary-Free Ribosome Compartmentalization by Gene Expression on a Surface. *ACS Synth. Biol.* 10: 609-619.
- Kawaguchi, D., Kodama, A., Abe, N., Takebuchi, K., Hashiya, F., Tomoike, F., Nakamoto, K., Kimura, Y., Shimizu, Y., Abe, H.: 2020, Phosphorothioate Modification of mRNA Accelerates the Rate of Translation Initiation to Provide More Efficient Protein Synthesis. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 59: 17403-17407.
- Hibi, K., Amikura, K., Sugiura, N., Masuda, K., Ohno, S., Yokogawa, T., Ueda, T., Shimizu, Y.: 2020, Reconstituted cell-free protein synthesis using in vitro transcribed tRNAs. *Commun. Biol.* 3: 350.
- Nakamoto, K., Abe, N., Tsuji, G., Kimura, Y., Tomoike, F., Shimizu, Y., Abe, H.: 2020, Chemically synthesized circular RNAs with phosphoramidate linkages enable rolling circle translation. *Chem. Commun.* 56: 6217-6220.
- Bonati, I. and Ramirez, R.M.: 2021, The influence of surface CO₂ condensation on the evolution of warm and cold rocky planets orbiting Sun-like stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 504, 1, 1029 – 103
- Ogohara K., Ramirez, R.M. et al.: 2021, The Mars system revealed by the Martian Moons eXploration mission, *Earth, Planets and Space*
- Mendez, A., Ramirez, R.M. et al.: 2021, Habitability Models for Astrobiology. *Astrobiology*
- Facchini, S.; Benisty, M.; Bae, J.; Loomis, R.; Perez, L.; Ansdell, M.; Mayama, S.; Pinilla, P.; Teague, R.; Isella, A.; Mann, A.: 2020, Annular substructures in the transition disks around LkCa 15 and J1610, *A&A*, 639, 121, (全著者数11名、掲載順7番目)
- l Lawson, Kellen; Currie, Thayne; Wisniewski, John P.; Tamura, Motohide; Schneider, Glenn; Augereau, Jean-Charles; Brandt, Timothy D.; Guyon, Olivier; Kasdin, N. Jeremy; Groff, Tyler D.; Lozi, Julien; Chilcote, Jeffrey; Hodapp, Klaus; Jovanovic, Nemanja; Martinache, Frantz; Skaf, Nour; Akiyama, Eiji; Henning, Thomas; Knapp, Gillian R.; Kwon, Jungmi; Mayama, Satoshi; McElwain, Michael W.; Sitko, Michael L.; Asensio-Torres, Ruben; Uyama, Taichi; Wagner, Kevin: 2020, SCEXAO/CHARIS Near-infrared Integral Field Spectroscopy of the HD 15115 Debris Disk, *AJ*, AAS, 160, 163, (全著者数26名、掲載順21番目)
- Kikuchi S., Watanabe S-I., Saiki T., Yabuta H., Sugita S., Morota T. et al.: 2020, Hayabusa2 Landing Site Selection: Surface Topography of Ryugu and Touchdown Safety, *Space Science Reviews* 216, 116.
- Martins Z., Queenie C. H. S., Bonal L., King A., Yabuta H.: 2020, Organic Matter in the Solar System? Implications for Future on-Site and Sample Return Missions, *Space Science Reviews* 216, 54
- Fujiya, W., Aoki, Y., Ushikubo, T., Hashizume, K., Yamaguchi, A.: 2020, Carbon isotopic evolution of aqueous fluids in CM chondrites: Clues from in-situ isotope analyses within calcite grains in Yamato-791198. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 274, 246-260.
- Fukuda, K., Hiyagon, H., Fujiya, W., Kagoshima, T., Itano, K., Iizuka, T., Kita, N. T., Sano, Y.: 2021, Irradiation origin of Be-10 in the solar nebula: Evidence from Li-Be-B and Al-Mg isotope systematics, and REE abundances of CAIs from Yamato-81020 CO3.05 chondrite.

Geochimica et Cosmochimica Acta 293, 187-204.

- Morota T., Sugita S., Cho Y., Kanamaru M., Tatsumi E., Sakatani N., Honda R., Hirata N., Kikuchi H., Yamada M., Yokota Y., Kameda S., Matsuoka M., Sawada H., Honda C., Kouyama T., Ogawa K., Suzuki H., Yoshioka K., Yabuta H. et al.: 2020, Sample collection from asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for surface evolution, *Science* 368, 654-659
- Tatsumi E., Sugimoto C., Riu L., Sugita S., Nakamura T., Hiroi T., Morota T., Popescu, M., Michikami, T., Kitazato K., Matsuoka M., Kameda S., Honda R., Yamada M., Sakatani N., Kouyama T., Yokota Y., Honda C., Yabuta H. et al.: 2020, Collisional history of Ryugu's parent body from bright surface boulders, *Nature Astronomy* 5, 39-45
- Schröder, S., Otto, K.A., Scharf, H., Matz, K.-D., Schmitz, N., Scholten, F., Mottola, S., Trauthan, F., Koncz, A., Michaelis, H., Jaumann, R., Ho, T.-M., Yabuta, H., Sugita, S.: 2020, Spectrophotometric Analysis of the Ryugu Rock Seen by Mascot: Searching for a Carbonaceous Chondrite Analog, *Planetary Science Journal*
- Otto, K. A., Matz, K. -D., Schröder, S. E., Parekh, R., Krohn, K., Honda, R., Kameda, S., Jaumann, R., Schmitz, N., Stephan, K., Sugita, S., Tatsumi, E., Ho, T. -M., Koncz, A., Trauthan, F., Cho, Y., Hayakawa, M., Honda, C., Kouyama, T., Matsuoka, M., Morota, T., Mottola, S., Ogawa, K., Preusker, F., Sakatani, N., Sawada, H., Scholten, F., Suzuki, H., Yamada, M., Yokota, Y. and Yoshioka, K.: 2021, Surface Roughness of Asteroid Ryugu and Comet 67P/ChuryumovGerasimenko from In Situ Observations, *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*
- Yuko Kawaguchi, Mio Shibuya, Iori Kinoshita, Jun Yatabe, Issay Narumi, Hiromi Shibata, Risako Hayashi, Daisuke Fujiwara, Yuka Murano, Hirofumi Hashimoto, Eiichi Imai, Satoshi Kodaira, Yukio Uchihori, Kazumichi Nakagawa, Hajime Mita, Shin-ichi Yokobori, Akihiko Yamagishi.: 2020, DNA damage and survival time course of deinococcal cell pellets during three years of exposure to outer space. *Frontiers in Microbiology*, 11, 2050
- Emanuel Ott; Denise Kölbl; Elke Rabbow; Petra Rettberg; Maximilian Mora; Christine Moissl-Eichinger; Wolfram Weckwerth; Akihiko Yamagishi; Tetyana Milojevic; Yuko Kawaguchi: 2020, Molecular repertoire of *Deinococcus radiodurans* after 1 year of exposure outside the International Space Station within the Tanpopo mission. *Microbiome* MBIO-D-20-00765R1
- Tomita-Yokotani, K., Kimura, S., Ong, M., Ajioka, R., Igarashi, Y., Fujishiro, H., Katoh, H., Hashimoto, H., Mita, H., Yokobori, S. and Ohmori, M.: 2020, Tolerance of dried cells of a terrestrial cyanobacterium, *Nostoc* sp. HK-01 to temperature cycles, heavy-ion beams, ultraviolet radiation (172 and 254 nm), and gamma rays: Primitive analysis for space experiments. *Eco-Engineering*, 32(3), 47 - 53
- Shunta Kimura, Masatoshi Nakajima, Emi Yumoto, Koji Miyamoto, Hisakazu Yamane, Midori Ong, Kaori Tomita-Yokotani, Tadao Asami: 2020, Cytokinins affect the akinete-germination stage of a terrestrial filamentous cyanobacterium, *Nostoc* sp. HK-01. *Plant Growth Regulation*, 92 (2), 273-282.
- Toshisada Suzuki, Yuma Onishi, Ayako Katagi, Tae-Wook Kim and Takeshi Katayama: 2020, A catechol-type lignan and neolignans are specifically present in the seed coat of tung trees. *Journal of Wood Science*, 66, 57
- Kento Kiryu, Yoko Kebukawa, Motoko Igisu, Takazo Shibuya, Michael E. Zolensky, Kensei Kobayashi: 2020, Kinetics in thermal evolution of Raman spectra of chondritic organic matter to evaluate thermal history of their parent bodies. *Meteoritics & Planetary Science*, 55 (8), 1848–1864

- Yoko Kebukawa, Satoru Nakashima, Hajime Mita, Yasuji Muramatsu, Kensei Kobayashi: 2020, Molecular evolution during hydrothermal reactions from formaldehyde and ammonia simulating aqueous alteration in meteorite parent bodies. *Icarus*, 347, 113827 (pp. 12)
- Walaal Elmasry, Yoko Kebukawa, Takeo Kaneko, Yumiko Obayashi, Hitoshi Fukuda, Yoshiyuki Oguri, Kensei Kobayashi: 2020, Alteration and Stability of Complex Macromolecular Amino Acid Precursors in Hydrothermal Environments. *Origins of Life and Evolution of Biospheres*, 50, 15–33.
- Walaal Elmasry, Yoko Kebukawa, Kensei Kobayashi: 2021 Synthesis of Organic Matter in Aqueous Environments Simulating Small Bodies in the Solar System and the Effects of Minerals on Amino Acid Formation. *Life*, 11(1), 32
- Debu Kumar Bhattacharjya, Toshisada Suzuki, Ayako Katagi, Takeshi Katayama: 2020, α -Glucosidase inhibition and antioxidant activities of seven edible mushrooms and α -glucosidase inhibitory active compounds from *Boletus edulis*. *Journal of the Forest Biomass Utilization Society*, 15 (1), 1-9.
- Debu Kumar Bhattacharjya, Anastasia Wheni Indrianingsih, Martha Purnami Wulanjati, Toshisada Suzuki, Takeshi Katayama: 2020, Antibacterial activity of seven species of edible mushrooms, using a resazurin-based 96-well plate microdilution method. *Journal of the Forest Biomass Utilization Society*, 15 (2), 39-43.
- Debu Kumar Bhattacharjya, Niken Pujirahayu, Toshisada Suzuki, Takeshi Katayama: 2020, Chemical constituents of whole fruit of *Citrus macroptera* and their antioxidant activity. *Journal of the Forest Biomass Utilization Society*, 15 (2), 29-38.
- 赤沼哲史, 2020、原始タンパク質における少数種アミノ酸組成の実験的検証、*Viva Origino*, 48, 4
- Furukawa R, Toma W, Yamazaki K, Akanuma S.: 2020, Ancestral sequence reconstruction produces thermally stable enzymes with mesophilic enzyme-like catalytic properties. *Sci. Rep.*, 10, 15493
- Takeuchi Y., Furukawa Y., Kobayashi T., Sekine T., Terada N. & Kakegawa T.: 2020, Impact-induced amino acid formation on Hadean Earth and Noachian Mars. *Scientific Reports* 9220
- Masuda S., Furukawa Y., Kobayashi T., Sekine T., and Kakegawa T.: 2021, Experimental investigation of the formation of formaldehyde by Hadean and Noachian impacts. *Astrobiology* 21
- Koyama S., Terada N., Nakagawa H., Kuroda T., Sekine Y.: 2021, Stability of Atmospheric Redox States of Early Mars Inferred from Time Response of the Regulation of H and O Losses, *The Astrophysical Journal*
- Kameda, Shingo; Yokota, Yasuhiro; Kouyama, Toru; Tatsumi, Eri; Ishida, Marika; Morota, Tomokatsu; Honda, Rie; Sakatani, Naoya; Yamada, Manabu; Matsuoka, Moe; Suzuki, Hidehiko; Cho, Yuichiro; Hayakawa, Masahiko; Honda, Chikatoshi; Sawada, Hirotaka; Yoshioka, Kazuo; Ogawa, Kazunori; Sugita, Seiji: 2021, Improved method of hydrous mineral detection by latitudinal distribution of 0.7- μ m surface reflectance absorption on the asteroid Ryugu, *Icarus*, Volume 360, article id. 114348.
- Y. Nakagawa, Takanori Kodama, M. Ishiwatari, H. Kawahara, Y. Suto, Y. O. Takahashi, G. L. Hashimoto, K. Kuramoto, K. Nakajima, S. Takehiro and Y. Hayashi: 2020, Obliquity of an Earth-like planet from frequency modulation of its direct-imaged lightcurve: Mock analysis from General Circulation Model simulation, *The Astrophysical Journal*, 898, 95.

- Ito, Y. & Ikoma, M.: 2021, Hydrodynamic escape of mineral atmosphere from hot rocky exoplanet. I. Model description, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 502 (1), 750-771.
- Ito, Y., Changeat, Q., Edwards, B., Al-Refaie, A., Tinetti, G. and Ikoma, M.: 2021, Detectability of rocky-vapour atmospheres on super-Earths with Ariel, *Experimental Astronomy*
- Kemmer, J., Stock, S., Kossakowski, D. et al.: 2020, Discovery of a hot, transiting, Earth-sized planet and a second temperate, non-transiting planet around the M4 dwarf GJ 3473 (TOI-488), *Astronomy & Astrophysics*, 642, id.A236, 20 pp.
- Kimura, T. & Ikoma, M.: 2020, Formation of aqua planets with water of nebular origin: Effects of water enrichment on the structure and mass of captured atmospheres of terrestrial planets, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 496 (3), 3755-3766.
- Stevanus K. Nugroho, Hajime Kawahara, Neale P. Gibson, Ernst J. W. de Mooij, Teruyuki Hirano, Takayuki Kotani, Yui Kawashima, Kento Masuda, Matteo Brogi, Jayne L. Birkby, Chris A. Watson, Motohide Tamura, Konstanze Zwintz, Hiroki Harakawa, Tomoyuki Kudo, Masayuki Kuzuhara, Klaus Hodapp, Masato Ishizuka, Shane Jacobson, Mihoko Konishi, Takashi Kurokawa, Jun Nishikawa, Masashi Omiya, Takuma Serizawa, Akitoshi Ueda, Sébastien Vievard: 2021, First Detection of Hydroxyl Radical Emission from an Exoplanet Atmosphere: High-dispersion Characterization of WASP-33b using Subaru/IRD, *ApJL*
- Masato Ishizuka, Hajime Kawahara, Stevanus K. Nugroho, Yui Kawashima, Teruyuki Hirano, Motohide Tamura: 2021, Neutral metals in the atmosphere of HD149026b, *AJ*
- Tomoyuki Tajiri, Hajime Kawahara, Masataka Aizawa, Michiko S. Fujii, Kohei Hattori, Yui Kasagi, Takayuki Kotani, Kento Masuda, Munetake Momose, Takayuki Muto, Ryou Ohsawa, Satoshi Takita: 2020, Dippers from the TESS Full-Frame Images I: The Results of the first 1 year data and Discovery of A Runaway dipper, *ApJS*, 251, 2
- Hajime Kawahara, Kento Masuda: 2020, Bayesian Dynamic Mapping of an Exo-Earth from Photometric Variability, *ApJ* 900, 48
- Stevanus K. Nugroho, Neale P. Gibson, Ernst J. W. de Mooij, Miranda K. Herman, Chris A. Watson, Hajime Kawahara, Stephanie Merrit: 2020, Detection of Fe I Emission in the Day-side Spectrum of WASP-33b, *ApJL* 898, L31
- Yuta Nakagawa, Takanori Kodama, Masaki Ishiwatari, Hajime Kawahara, Yasushi Suto, Yoshiyuki O. Takahashi, George L. Hashimoto, Kiyoshi Kuramoto, Kensuke Nakajima, Shin-ichi Takehiro, Yoshi-Yuki Hayashi: 2020, Obliquity of an Earth-like planet from frequency modulation of its direct imaged lightcurve: mock analysis from general circulation model simulation, *ApJ* 898, 95
- Hajime Kawahara: 2020, Global Mapping of the Surface Composition on an Exo-Earth using Color Variability, *ApJ* 894 58
- Masataka Aizawa, Hajime Kawahara, Siteng Fan: 2020, Global Mapping of an Exo-Earth using Sparse Modeling, *ApJ* 896, 22
- Lam, Korth, Masuda et al. (including Livingston): 2020, It Takes Two Planets in Resonance to Tango around K2-146, *The Astronomical Journal*, 159:120.
- Chen, Pallé, Parviainen et al. (including Livingston): 2021, An enhanced slope in the transmission spectrum of the hot Jupiter WASP-104b, *Monthly Notices of the RAS*, 500:5420.
- Mikal-Evans, Crossfield, Benneke et al. (including Livingston): 2021, Transmission

- Spectroscopy for the Warm Sub-Neptune HD 3167c: Evidence for Molecular Absorption and a Possible High-metallicity Atmosphere, *The Astronomical Journal*, 161:18.
- Parviainen, Palle, Zapatero-Osorio et al. (including Livingston): 2021, TOI-519 b: A short-period substellar object around an M dwarf validated using multicolour photometry and phase curve analysis, *Astronomy & Astrophysics*, 645:16.
- Dreizler, Crossfield, Kossakowski et al. (including Livingston): 2020, The CARMENES search for exoplanets around M dwarfs. LP 714-47 b (TOI 442.01): populating the Neptune desert, *Astronomy & Astrophysics*, 644:127.
- Carleo, Desidera, Nardiello et al. (including Livingston): 2021, The GAPS Programme at TNG XXVIII -- A pair of hot-Neptunes orbiting the young star TOI-942, *Astronomy & Astrophysics*
- Piaulet, Benneke, Rubenzahl et al. (including Livingston): 2021, WASP-107b's density is even lower: a case study for the physics of planetary gas envelope accretion and orbital migration, *The Astronomical Journal*
- Castro González, Díez Alonso, Menéndez Blanco et al. (including Livingston): 2020, Planetary candidates transiting cool dwarf stars from campaigns 12 to 15 of K2, *Monthly Notices of the RAS*, 499:5416.
- Bouma, Hartman, Brahm et al. (including Livingston): 2020, Cluster Difference Imaging Photometric Survey. II. TOI 837: A Young Validated Planet in IC 2602, *The Astronomical Journal*, 160:239.
- Kemmer, Stock, Kossakowski et al. (including Livingston): 2020, Discovery of a hot, transiting, Earth-sized planet and a second temperate, non-transiting planet around the M4 dwarf GJ 3473 (TOI-488), *Astronomy & Astrophysics*, 642:236.
- Luque, Casasayas-Barris, Parviainen et al. (including Livingston): 2020, Obliquity measurement and atmospheric characterisation of the WASP-74 planetary system, *Astronomy & Astrophysics*, 642:50.
- Carleo, Gandolfi, Barragán et al. (including Livingston): 2020, The Multiplanet System TOI-421, *The Astronomical Journal*, 160:114.
- Fridland, Livingston, Gandolfi et al.: 2020, The TOI-763 system: sub-Neptunes orbiting a Sun-like star, *Monthly Notices of the RAS*, 498:4503.
- Nowak, Palle, Gandolfi et al. (including Livingston): 2020, K2-280 b - a low density warm sub-Saturn around a mildly evolved star, *Monthly Notices of the RAS*, 497:4423.
- Bluhm, Luque, Espinoza et al. (including Livingston): 2020, Precise mass and radius of a transiting super-Earth planet orbiting the M dwarf TOI-1235: a planet in the radius gap?, *Astronomy & Astrophysics*, 639:132.
- Obermeier, Steuer, Kellermann et al. (including Livingston): 2020, Following the TraCS of exoplanets with Pan-Planets: Wendelstein-1b and Wendelstein-2b, *Astronomy & Astrophysics*, 639:130.
- Gan, Shporer, Livingston et al.: 2020, LHS 1815b: The First Thick-disk Planet Detected by TESS, *The Astronomical Journal*, 159:160.
- Šubjak, Sharma, Carmichael et al. (including Livingston): 2020, TOI-503: The First Known Brown-dwarf Am-star Binary from the TESS Mission, *The Astronomical Journal*, 159:151.
- Hidalgo, Pallé, Alonso et al. (including Livingston): 2020, Three planets transiting the evolved

star EPIC 249893012: a hot 8.8- M_{\oplus} super-Earth and two warm 14.7 and 10.2- M_{\oplus} sub-Neptunes, *Astronomy & Astrophysics*, 636:89.

Díaz, Jenkins, Gandolfi et al. (including Livingston): 2020, TOI-132 b: A short-period planet in the Neptune desert transiting a $V = 11.3$ G-type star, *Monthly Notices of the RAS*, 493:973.

Petigura, Livingston, Batygin et al.: 2020, K2-19b and c are in a 3:2 Commensurability but out of Resonance: A Challenge to Planet Assembly by Convergent Migration, *The Astronomical Journal*, 159:2.

5-8 連携研究による会議収録および成果論文(査読なし): 8編

Tommaso Fraccia, Tony Z. Jia: 2020, Liquid Crystal Coacervates Composed of Short Double Stranded DNA and Cationic Peptides. ChemRxiv Preprint 12220418

Tony Z. Jia, Kosuke Fujishima, Tatsuya Niwa: 2020, Liquid-Liquid Phase Separation Processes in the Origin of Life (液-液相分離と生命の起源). *Seibutsu Kogaku Kaishi* (生物工学会誌), 98(5), 236-240

後藤優衣 (広島大学)、彗星模擬有機物の初期水質変成条件に対する制約の試み, R2年度修士論文.

天野翠 (広島大学)、宇宙空間でのダスト有機物その場質量分析をめざした、マトリクス支援レーザー脱離イオン化法による地上実験, R2年度修士論文.

重中美歩 (広島大学)、炭素質隕石に含まれる酸不溶性有機物のアルカリ酸化銅分解生成物の高分解能質量分析, R2年度卒業論文.

古川善博、2021, 炭素安定同位体組成で探る隕石有機物の生成反応と地球への運搬. *低温科学* 79

Kameda, S., Murakami, G., Tavrov, T., Enya, E., Sachkov, M., Ikoma, M., Narita, N., Korabev, O.: 2020, UVSPEX/WSO-UV for Earth-like exoplanetary oxygen exospheres, *Proceedings of the SPIE*, Volume 11444, id. 114440L 6 pp.

Hajime Kawahara, Kento Masuda, Takayuki Kotani, Shotaro Tada, Hirokazu Kataza, Satoshi Ikari, Hiroki Aohama, Takayuki Hosonuma, Wataru Mikuriya, Masahiro Ikoma, Satoshi Kasahara, Shigeyuki Sako, Seiji Sugita, Eri Tatsumi, Kazuo Yoshioka: 2020, LOTUS: wide-field monitoring nanosatellite for finding long-period transiting planets *SPIE Proc* 1144316

5-9 連携研究による研究会等における口頭・ポスター発表

鈴木庸平、「国際火星サンプルリターンに向けた惑星保護の検討状況」、JAXA 宇宙探査イノベーションハブが開催する惑星保護ワークショップ、2021年3月、オンライン

鈴木庸平、「隔離施設内における火星生命簡易検出技術の開発」、第9回宇宙における生命ワークショップ、2021年2月、オンライン

鈴木庸平、探査機と宇宙飛行士による簡便な火星サンプルリターン技術の創出」、ISAS Planetary Exploration Workshop、2020年9月、オンライン (招待講演)

鈴木庸平、「New strategies for extraterrestrial life exploration compatible to planetary protection」、JpGU-AGU Joint Meeting 2020 Astrobiology Session、2020年7月、オンライン（招待講演）

鈴木庸平、「Life' s emergence and common ancestor approached from rock-hosted life on terrestrial

planets」、JpGU-AGU Joint Meeting 2020、2020年7月、オンライン（西田賞受賞講演）

鈴木庸平、「In situ and Laboratory High-Pressure Cultivations of Deep Microbiome at Two Japanese

Underground Facilities」、GOLDSCMIDT Virtual 2020 The molecular hydrogen cycle and microbial activity in the engineered subsurface、2020年6月、オンライン（招待講演）

鈴木庸平、「Microbial Uranium Immobilization: Could it give a solution for controlling radionuclide dispersal for Fukushima Daichi Nuclear Disaster?」OPTICS & PHOTONICS International Congress 2020 Laser Solutions for Space and Earth 2020、2020年4月、オンライン（招待講演）

鈴木志野、Life on serpentized setting on the Earth and beyond Shino Suzuki AGU-JpGU 2020（A deep dive into planetary habitability as related to subsurface architecture, energy, and water.）（発表者・セッションコビーナ・パネリスト）2020年7月14日

Furuya, K. “Formation of organic molecules in protoplanetary disks: effect of dynamical evolution” CASPAR 2021, January 28- February 4, オンライン開催（招待講演）

成島哲也、岡本裕巳：高速離散円偏光変調法による円二色性顕微鏡の高感度化、2021年第68回応用物理学会春季学術講演会 オンライン開催 2021年3月

神崎千沙子、稲川有徳、福原学、岡田哲男、成島哲也、岡本裕巳、沼田宗典、マイクロ流体の力学的エネルギーを利用した異方的な超分子成長とそのメカニズムの解明、日本化学会第101春季年会 オンライン開催 2021年3月

市橋伯一、Astrobiology Seminar ONLINE 2020/5/2、招待講演（口頭）

市橋伯一、進化学会年会シンポジウム 2020/9/7、招待講演（口頭）

市橋伯一、Seminar for CRC 235 Emergence of Life 2020/4/14、招待講演（口頭）

市橋伯一、アストロバイオロジーセンター（ABC）シンポジウム 2020 2020/12/21、招待講演（口頭）

市橋伯一、第43回分子生物学会年会 シンポジウム 2020/12/4、招待講演（口頭）

市橋伯一、第94回日本細菌学会総会 シンポジウム 2021/3/15、招待講演（口頭）

市橋伯一、第9回日本生物工学会東日本支部コロキウム 2021/3/5、招待講演（口頭）

市橋伯一、生命と宇宙の研究会（名古屋大学） 2021/3/4、招待講演（口頭）

寺坂尚紘、「分子進化による原始ウイルス進化過程の再現」、第9回 宇宙における生命ワークショップ、オンライン、2021年2月26日（口頭）

飯野孝浩、佐川英夫、塚越崇、ALMAで検出された海王星成層圏HCNの帯状分布構造とその化学・物理、日本天文学会春季年会、2021年（口頭発表）

飯野孝浩、佐川英夫、塚越崇、アルマを用いたタイタン大気中アセトニトリルにおける $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ 同位体比が解き明かす、銀河宇宙線の大気化学過程への影響、地球惑星科学連合大会、2020年（口頭発表）

Tony Z. Jia, 29 Mar 2021 Liquid Crystal Peptide/DNA Coacervates and Other Membraneless Compartments in the Context of Prebiotic Molecular Evolution. Oral Presentation. 5th Network of Researchers on the Chemical Evolution of Life (NoRCEL) Meeting. [ONLINE]（招待講演）

Tony Z. Jia, 21 Jan 2021 From the Origins of Life to the First Cells. Featured Presentation. World Premier International Research Center Initiative and Embassy Science and Technology Diplomatic Circle Symposium. [ONLINE]（招待講演）

Tony Z. Jia, 3 Dec 2020 Polyester microdroplets, DNA liquid crystal coacervates, and other membraneless LLPS assemblies as primitive compartments at the origins of life. Invited Seminar. Molecular Biology Society of Japan Annual Meeting - Kobe, Hyogo, Japan. [ONLINE]（招待講演）

Tony Z. Jia, 16 July 2020 Polyester microdroplets, coacervates, and other membraneless non-biological assemblies as primordial compartments. Invited Seminar. Japan Geophysical Union Annual Meeting. [ONLINE].（招待講演）

Tony Z. Jia, 26 June 2020 Assembly and Function of Primitive Compartments through Liquid-Liquid Phase Separation Phenomena. ELSI Colloquium and Astrobiology Society of Asia-Pacific Webinar Series. [ONLINE]（招待講演）

Tony Z. Jia, Invited Seminar. University of New South Wales (Sydney, Australia) Department of Chemistry Seminar. [ONLINE]（招待講演）

Tony Z. Jia, 19 Mar 2021 Liquid Crystal Peptide/DNA Coacervates in the Context of Prebiotic Molecular Evolution. Oral Presentation. Chemical Society of Japan Meeting. [ONLINE]

Tony Z. Jia, 2 Mar 2021 Liquid Crystal Peptide/DNA Coacervates in the Context of Prebiotic Molecular Evolution. Poster/Flashtalk Presentation. MANA 2021 Symposium. [ONLINE]

Tony Z. Jia, 1 Mar 2021 Liquid Crystal Peptide/DNA Coacervates in the Context of Prebiotic Molecular Evolution. Poster/Flashtalk Presentation. RIKEN-BDR Symposium. [ONLINE]

Tony Z. Jia, 25 Feb 2021 Primitive Cationic Polyester Microdroplets for RNA

Segregation. Oral Presentation. 9th Life in the Universe workshop by Astrobiology Center, NINS. [ONLINE]

Tony Z. Jia, 9 Dec 2020 From the Origins of Life to the First Cells. Oral Presentation. Tokyo Tech Research Festival. [ONLINE]

Tony Z. Jia, 12 Nov 2020 Liquid Crystal Coacervates Composed of Short Double-Stranded DNA and Cationic Peptides. Poster Presentation. Japan Society for Cell Synthesis Research. [ONLINE].

Tony Z. Jia, 10 Sep 2020 Polyester microdroplets, DNA liquid crystal coacervates, and other membraneless LLPS assemblies as primitive compartments at the origins of life. Oral Presentation. Astrobiology Australasia Meeting. [ONLINE]

Tony Z. Jia, 26 Aug 2020 Primitive Liquid Crystal Coacervate Compartments. Oral Presentation. AbGradE. [ONLINE]

Tony Z. Jia, 8 Jul 2020 DNA liquid crystal coacervates and other membraneless liquid-liquid phase separation processes as model systems in origins of life research. Poster Presentation. Molecular Origins of Life. [ONLINE]

Tony Z. Jia, 18 May 2020 Polyester microdroplets, coacervates, and other membraneless non-biological assemblies as primordial compartments. Poster Presentation. ASRC Systems Chemistry Symposium. [ONLINE]

小林瑠那、山本正浩、谷崎明子、平井美穂、鹿島裕之、若井暁、生田哲朗、高木善弘、高井研. 深海熱水噴出域に由来する電気をエネルギー源とする独立栄養性微生物の探索. 極限環境生物学会2020年度年会. オンライン. 2020年10月30日. (口頭発表)

下新井田康介、山本正浩、川田佳史、笠谷貴史、高谷雄太郎、谷崎明子、鹿島裕之、高木善弘、野崎達生、高井研. 深海熱水噴出域における電気生態系の探索と解析. 極限環境生物学会2020年度年会. オンライン. 2020年11月1日 (口頭発表)

T. Niihara, K. Misawa. 2021. Pyroxene Compositions in EETA79001 Lithologies: Comparison with Zagami. Lunar and Planetary Science Conference 52. (#1783) (ポスター).

菅原春菜、小池みずほ、中田亮一、梶谷伊織、高野淑識、小川奈々子、菅大暉、臼井寛裕. 火星アナログ炭酸塩を用いたバイオシグネチャー探索法の開発. 第9回宇宙における生命ワークショップ. 2021年2月

黒澤耕介. 火星表層の揮発性成分挙動に対する天体衝突の役割. 火星セミナー. Zoomによるオンライン発表. 2021年3月22日

木賀大介. アミノ酸の種類や忠実度を変化させた遺伝暗号を活用した人工進化で可能になること. 第93回日本生化学会大会. 2020年9月. オンライン口頭 (招待)

木賀大介. 「ありえた・ありえる細胞たちをつくる」、「細胞を創る」研究会

13.0、2020年11月、オンライン、基調講演（招待）

木賀大介、普遍遺伝暗号を用いた人工進化の限界：硫黄抜き酸化耐性GFPを例に、第10回日本生物物理学会関東支部会、2021年3月、オンライン口頭

宮地亮太、木賀大介 単純化遺伝暗号を用いた酸化耐性GFPの創造、第10回日本生物物理学会関東支部会、2021年3月、オンライン口頭

満富健太、木賀大介 組換えと翻訳エラーの併用が進化の局所解トラップを緩和することの計算機実験による検証、第10回日本生物物理学会関東支部会、2021年3月、オンライン口頭

木賀大介、はじめに@生命の起原および進化学会 シンポジウム 2021年3月、オンライン口頭

清水義宏、遺伝情報のみから翻訳システムを再構成する試み、第93回日本生化学会大会シンポジウム「翻訳の新常識：非典型的な翻訳から合成生物まで」 2020年9月14日（招待）

今井 巴絵、荏原 基力、井川 善也、松村 茂祥、実験進化により得られた活性部位改変型VSリボザイムの評価、R2年度 日本化学会近畿支部 北陸地区講演会と研究発表会、2020年11月20日（ポスター発表）

西山 祐夏、荏原 基力、井川 善也、松村 茂祥、統合型デバイスを用いた微小液滴スクリーニングによるリボザイムの実験進化、第43回日本分子生物学会年会、2020年12月3日（ポスター発表）

土田 和輝、井川 善也、松村 茂祥、液滴マイクロ流体システムを用いた短鎖ペプチドの実験進化系の構築、第43回日本分子生物学会年会、2020年12月3日（ポスター発表）

Ramirez, R. M. An ocean likely existed on a warmer and wetter early Mars, Colloquium, University of South Florida, March 2021

Ramirez, R. M. The habitable zone: using it inside and outside our solar system, February 2021

Ramirez, R. M. 2-D climate model for magma oceans and other terrestrial planetary atmospheres, Astrobiology Center, 9th Life in the Universe Workshop, Tokyo Japan, February 2021

Ramirez, R. M. The habitability of terrestrial planets within and outside our solar system, Colloquium, University of Adolfo Ibanez, Santiago Chile, December 2020

Ramirez, R. M. The warm and wet climate of early Mars, Colloquium, Baylor University, November 2020

Ramirez, R. M. Climate and geology of a warmer and wetter early Mars, seminar, Smithsonian Institution, DC, USA October 2020

Ramirez, R. M. A warmer and wetter early Mars, Lunar and Planetary Lab (LPL) Colloquium, University of Arizona, Tucson, Arizona, September 2020

Ramirez, R. M. Planetary habitability and respiratory limits for complex life, ELSI/NExSS combined seminar talk July 2020

横堀伸一、馬場 稯、橋本ちひろ、古川龍太郎、松田直樹、遠藤有紀、佐藤陸、笹本峻弘、横川隆志、山岸明彦、祖先アミノアシルtRNA合成酵素の復元、第93回日本生化学会大会、2020年9月、オンライン

横堀伸一、祖先アミノアシルtRNA合成酵素の復元から考える翻訳系の進化、第43回日本分子生物学会年会（フォーラム「RNAとタンパク質の接点からみるアストロバイオロジー」）、2020年12月、オンライン

横堀伸一、祖先tRNAの復元と蛋白質合成系の祖先型化。第9回宇宙における生命ワークショップ、2021/02、オンライン

横堀伸一、生命の歴史をさかのぼる、Keio Astrobiology Camp 2020、2020年12月、オンライン

眞山聡、「すばる望遠鏡による若い連星周囲のmisaligned円盤の偏光撮像観測」 新学術領域「星惑星形成」大研究会 2020年10月 口頭発表

渡邊誠一郎、はやぶさ2サイエンスチーム、はやぶさ2のリュウグウ近傍探査と科学成果、2020年度 日本地球化学会第67回オンライン年会、2020年11月19日 【招待】

木村宏、Hilchenbach M.、Merouane S.、Paquette J.、Stenzel O.、彗星ダストアグリゲイトの形態的・弾性的・電気的特性について：ESA 彗星探査機 Rosettaに搭載された飛行時間型二次イオン質量分析計 COSIMA のデータが語る 67P/Churyumov-Gerasimenko 彗星ダストの物語、2020年度日本地球化学会第67回オンライン年会、2020年11月19日 【招待】

Yabuta, H., Chemical History of Organic Macromolecules in the Early Solar System: Scientific Strategy and Expected Insights from Ryugu in Hayabusa2 Asteroid Sample Return Mission, ELSI Astrobiology Webinar, September 25, 2020. 【招待】

藪田ひかる、「はやぶさ2」観測結果に基づく帰還サンプル有機物分析への期待と科学戦略、同位体比部会2020、2020年11月24日、オンライン【招待】

藪田ひかる、次世代サンプルリターンに向けた有機物分析：将来は、可溶性有機物と不溶性有機物を分けずに考えていこう、次世代サンプルリターン研究会、2021年3月22日、オンライン【招待】

Yabuta, H., Chemical history of organic macromolecules in the early Solar System: Scientific strategy and expected insights from asteroid Ryugu in light of the observation results obtained by Hayabusa2, Virtual symposium of Chemistry and Biology in Extraterrestrial Space (Organizer: Yufen Zhao, Tsinghua University, China), December 15, 2020 【招待】

S. Tachibana, H. Sawada, R. Okazaki, Y. Takano, K. Sakamoto, Y. N. Miura, H. Yano, T.R. Ireland, M. Nishimura, S. Furuya, S. Yamanouchi, T. Maruyama, T. Yada, A. Nakato, K. Yogata, K. Kumagai, K. Hatakeda, A. Miyazaki, M. Abe, T. Usui, M. Fujimoto, S. Nakazawa, and Y. Tsuda,

Hayabusa2 Reentry Capsule Retrieval and Sample Container Opening Operations. 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021 (LPI Contrib. No. 2548) Abstract#1289. 【招待】

藤谷 渉、東 久人、日比谷 由紀、菅原 慎吾、山口 亮、木村 眞、橋爪 光、
Evolution of thermally metamorphosed C-complex asteroids inferred from a heated CM chondrite Jbilet Winselwan. JpGU-AGU Joint Meeting 2020, July 12-15, 2021、オンライン 【招待】

和田 浩二、石橋 高、木村 宏、荒川 政彦、澤田 弘崇、小川 和律、白井 慶、本田 理恵、飯島 祐一、門野 敏彦、坂谷 尚哉、三榎 裕也、戸田 知朗、鳶生 有理、中澤 暁、早川 基、佐伯 孝尚、高木 靖彦、今村 裕志、岡本 千里、早川 雅彦、平田 成、矢野 創、The size of ejecta particles of the artificial impact crater formed by Hayabusa2 Small Carry-on Impactor、JpGU-AGU Joint Meeting 2020, July 12-15, 2021、オンライン 【口頭】

T. Arai, M. Kobayashi, K. Ishibashi, F. Yoshida, H. Kimura, T. Hirai, P. Hong, R. Srama, H. Kruger, N. Okazaki, T. Yamamoto, H. Toyota, K. Nishiyama, T. Takashima, DESTINY+ Science team, Science of DESTINY+ mission, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, July 12-15, 2021, オンライン 【口頭】

上出奏海、重中美歩、池原 実、川上紳一、藪田ひかる、Jbilet Winselwan炭素質コンドライト隕石中の酸不溶性有機物の元素・同位体・化学構造分析から推定される小惑星リュウグウの母天体プロセス、2020年度日本地球化学会第67回オンライン年会、2020年11月19日【口頭】

上出奏海、重中美歩、池原 実、川上紳一、藪田ひかる、Jbilet Winselwan炭素質CM2コンドライト中の酸不溶性有機物の元素・同位体・化学構造分析による母天体熱変成の評価、日本惑星科学会2020年秋季講演会、2020年11月12日~14日、オンライン 【口頭】

・平井隆之、小林正規、荒井朋子、木村宏、藪田ひかる、天野翠、小林幸雄、伊藤元雄、佐々木晶、矢野創、Mario Trieloff、Jon Hillier、Nozair Khawaja、Lisa Eckart、Harald Krüger、Ralf Srama、Simolka 【口頭】

Jonas、DESTINY+チーム、DESTINY+ ダストアナライザの地上較正計画、第64回宇宙科学技術連合講演会、2020年10月28日 【口頭】

天野 翠、山口 信雄、藪田ひかる、宇宙空間でのダスト有機物その場質量分析をめざした、マトリクス支援レーザー脱離イオン化法による地上実験、同位体比部会2020、2020年11月24日、オンライン【口頭】

重中美歩、網本智子、藪田ひかる、地球惑星試料中の高分子有機物のアルカリ酸化銅分解とその生成物の高分解能質量分析、同位体比部会2020、2020年11月24日、オンライン 【口頭】

T. Hirai, M. Kobayashi, T. Arai, H. Kimura, S. Sasaki, H. Yabuta, S. Amano, S. Kobayashi, M. Ito, A. Yamaguchi, H. Yano, T. Ludwig, W Schwarz, J. Hopp, M. Trieloff, J. Hillier, N. Khawaja, F. Postberg, L. Eckart, H. Krüger, J. Simolka, H. Struck, M. Sommer, J. Gläser, A. Exle, S. Inger, Y.

Li, R. Srama, C. Henselowsky and DESTINY+ DDA team, Current status of development and ground calibration of DESTINY+ Dust Analyser, Int'l Symposium on Dust & Parent Bodies 2021 (IDP2021), 2021/02/08-10, P ERC
【口頭】

E. Tatsumi, M. Matsuoka, S. Sugita, K. Yumoto, N. Takaki, Y. Cho, R. Honda, M. Yamada, T. Morota, N. Sakatani, S. Kameda, T. Kouyama, Y. Yokota, C. Honda, M. Hayakawa, H. Suzuki, K. Yoshioka, H. Sawada, K. Ogawa, N. Hirata, N. Hirata, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, K. Shirai, C. Okamoto, Y. Tsuda, S. Nakazawa, Y. Iijima, K. Kitazato, T. Kadono, K. Wada, M. Arakawa, M. Hirabayashi, S. Watanabe, Rapid space weathering process on Ryugu inferred from the artificial crater. 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021 (LPI Contrib. No. 2548), Abstract#1338.
【口頭】

C. Pilorget, J. Fernando, L. Riu, K. Kitazato and T. Iwata, Albedo and spectro-photometric properties of Ryugu from NIRS3/Hayabusa2, Implications for the composition of Ryugu and the representativity of the returned samples. 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021 (LPI Contrib. No. 2548), Abstract#2016. 【口頭】

藪田ひかる、はやぶさ2初期分析固体有機物分析サブチーム、はやぶさ2初期分析固体有機物サブチームの活動進捗、「水惑星学の創成」シンポジウム、2021年3月9日、オンライン 【口頭】

K. Kamide, H. Yabuta, and M. Ikehara, Elemental, isotopic, and structural analyses of insoluble organic matter from in Jbilet Winselwan carbonaceous chondrite, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, July 12-15, 2021, オンライン 【ポスター】

T. Arai, F. Yoshida, M. Kobayashi, K. Ishibashi, H. Kimura, T. Hirai, P. Hong, K. Wada, H. Senshu, M. Yamada, R. Srama, H. Krüger, M. Ishiguro, H. Yabuta, T. Nakamura, S. Kobayashi, J. Watanabe, T. Ito, T. Ootsubo, K. Ohtsuka, S. Tachibana, T. Mikouchi, T. Morota, M. Komatsu, K. Nakamura-Messenger, S. Sasaki, T. Hiroi, S. Abe, S. Urakawa, N. Hirata, H. Demura, G. Komatsu, T. Noguchi, T. Sekiguchi, D. Kinoshita, H. Kaneda, S. Kameda, S. Matsuura, M. Ito, A. Yamaguchi, T. Yanagisawa, H. Kurosaki, T. Okamoto, A. Nakato, H. Yano, M. Yoshikawa, D. W. Dunham, M. W. Buie, P. A. Taylor, S. Marshall, N. Ozaki, T. Yamamoto, H. Imamura, H. Toyota, K. Nishiyama, and T. Takashima, Current status of DESTINY+ and updated understanding of its target asteroid (3200)

Phaethon. 52nd Lunar and Planetary Science Conference 2021 (LPI Contrib. No. 2548) 【ポスター】

H. Yano: Advanced Composites for Sample Return Missions in Solar System Exploration, The 3rd International Conference on Advanced Composite Materials, Hosei University, Japan (Online), (August 27, 2020). (招待)

- K. Kobayashi, T. Sato, T. Yokoo, S. Kuramoto, Y. Kebukawa, H. Mita, M. Nakayama, K. Nakagawa, H. Shibata, H. Fukuda, Y. Oguri, I. Yoda, S. Yoshida, K. Kanda, H. Yano, H. Hashimoto, S. Yokobori and A. Yamagishi, Stability of Amino Acid Precursors in Space: Verification by Ground Simulations and Space Experiments, EANA 2020, online, August 27–28, 2020.
- K. Kobayashi, H. Mita, Y. Kebukawa, I. Sakon, K. Nakagawa, T. Yokoo, T. Sato, K. Terasawa, M. Nakayama, J. Takahashi, H. Shibata, S. Yoshida, I. Yoda, H. Fukuda, Y. Oguri, K. Kanda, H. Hashimoto, S. Yokobori, A. Yamagishi and H. Yano, Space Exposure of Amino Acids and Amino Acid Precursors in the Tanpopo and the Tanpopo 2 Missions, COSPAR 2021, online, February 2, 2021.
- K. Kobayashi, S. Kuramoto, T. Sato, Y. Kebukawa, M. Nakayama, H. Mita, K. Kanda, H. Fukuda, Y. Oguri, S. Yoshida and H. Shibata, Ultracomplex Amino Acid Precursors Formed from Interstellar Media Analogues by High Energy Particles Irradiation, COSPAR 2021, online, February 2021.
- A. Yamagishi, H. Hashimoto, H. Yano, S. Yokobori, K. Kobayashi, H. Mita, H. Yabuta, M. Higashide, M. Tabata, E. Imai: Current status of Tanpopo: Capture and exposure experiment of micrometeorite and microbes on Exposure Facility of International Space Station. COSPAR 2021, online, February 3, 2021.
- Kaori Tomita-Yokotani, Midori Ong, Miku Tokita, Shunta Kimura, Hiroshi Katoh: Functional substances related to the abilities of tolerant to space environments, especially UV radiation, in a cyanobacterium, *Nostoc* sp. HK. 01, COSPAR 2021, online, February, 2021.
- Kaori Tomita-Yokotani, Tomomichi Fujita, Midori Ong, Miku Tokita, Shunta Kimura, Hiroshi Katoh, Toshisada Suzuki; Plant nutrients of the denaturation substances in the utilizing candidate organisms for habitation on Mars; Cyanobacteria, mosses and trees, COSPAR 2021, online, February, 2021.
- Akihiko Yamagishi, Hirofumi Hashimoto, Hajime Yano, Yuko Kawaguchi, Shin-ichi Yokobori, Kensei Kobayashi, Mita Hajime, Hikaru Yabuta, Masumi Higashide, Makoto Tabata, Eiichi Imai. Third year results and current status of Tanpopo: Capture and exposure experiment of micrometeoroids and microbes on Exposure Facility of International Space Station 地球惑星科学会連合2020年7月16日
- Shiromizu, M., Bessho, Y., Nakagawa, K. and Mita, H. The safety assessments of reaction vessels used in the space exposure experiments in order to synthesize nucleotide by UV irradiation. JpGU - AGU Joint Meeting 2020, Virtual Meeting, 2020, 12–16, July. (ポスター)
- K. Kobayashi, T. Sato, T. Yokoo, I. Sakon, H. Yano, M. Nakayama, H. Mita, H. Hashimoto, S. Yokobori, A. Yamagishi, S. Yoshida, I. Yoda, H. Fukuda,

Y. Oguri, K. Kanda, Stability of Amino Acids and Amino Acid Precursors in Space: Approaches Through Space Experiments (Tanpopo and Tanpopo 2) and Ground Simulation Experiments, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, (Online), 12-16 July, 2020.

K. Kobayashi, S. Kuramoto, T. Sato, M. Nakayama, H. Mita, S. Yoshida, H. Fukuda, Y. Oguri, H. Shibata, Y. Kebukawa, Formation of Complex Amino Acid Precursors by Cosmic Rays in Interstellar Environments, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, (Online), 12-16 July, 2020

田中博子、永嶺海夕、安部智子、木村駿太、加藤浩、富田一横谷香織；陸棲藍藻 Nostoc sp. HK-01 の乾燥過程で特異的に見出される高分子物質（群）—タンパク質の解析— JpGU-AGU Joint Meeting 2020 HCG35-P03 【招待】

小林憲正、宇宙に生命の起源を探る、第21回比較グライコーム研究会：糖の起源と進化-宇宙&深海-、online、2020年8月21日。【招待】

小林憲正、木下美栄、毛利駿介、坂元俊紀、B. Kunwar、河村公隆、福田一志、小栗慶之、柴田裕実、高橋淳一、V. Airapetian、癸生川陽子、太陽エネルギー粒子による原始地球大気中でのアミノ酸およびそのエナンチオ過剰生成：模擬実験からのアプローチ、日本分析化学会第69年会、online、2020年9月18日。【招待】

小林憲正、三田肇、癸生川陽子、中川和道、矢野創、山岸明彦、たんぽぽRT、たんぽぽ2RT、宇宙環境下でのアミノ酸関連分子の安定性：宇宙実験たんぽぽ・たんぽぽ2での検証、日本マイクログラビティ応用学会第32回学術講演会、online、2020年10月4-7日 【招待】

横谷香織；宇宙環境曝露に耐性を具備する藍藻について (Tolerances of cyanobacteria to environments in space) JASMAC32 (オーガナイズドセッション依頼講演) 日本マイクログラビティ応用学会 第32回学術講演会 2020 【招待】

水上恵利香、膽澤宏太、和久井毅貴、東出真澄、山岸明彦、新井和吉、矢野創：たんぽぽ捕集パネル上の

衝突痕分析から目指す微粒子環境モデルの精度向上、第64回宇宙科学技術連合講演会（オンライン）、2020年10月30日。（口頭）【招待】

膽澤宏太、水上恵利香、和久井毅貴、東出真澄、長谷川直、山岸明彦、新井和吉、矢野創：たんぽぽ捕集パネルのエアロゲルとアルミニウム合金に対する固体微粒子の超高速衝突応答比較、第64回宇宙科学技術連合講演会、（オンライン）、2020年10月30日。（口頭）【招待】

横谷香織・藤田知道・鈴木利貞・浅野真希・加藤浩・三田肇；宇宙環境における閉鎖生態系導入候補生物と素材（オーガナイズドセッション依頼講演）第64回宇宙科学技術連合講演会 2020 【招待】

Yuko Kawaguchi, Mio Shibuya, Iori Kinoshita, Jun Yatabe, Issay Narumi, Hiromi Shibata, Risako Hayashi, Daisuke Fujiwara, Yuka Murano, Hirofumi Hashimoto, Eiichi Imai, Satoshi Kodaira, Yukio Uchihori, Kazumichi Nakagawa, Hajime Mita, Shin-ichi Yokobori, Akihiko Yamagishi DNA damage and survival time course of deinococcal cell pellets during three years

of exposure to outer space 極限環境生物学会 御台場Web 開催2020年11月1日
【招待】

奥平恭子、三田肇、佐々木聰、矢野創、山岸明彦、出村裕英、矢口勇一、石橋之宏、今仁順也：「たんぽぽ計画」捕集実験試料用データベース構築、2020年日本惑星科学会秋季講演会（オンライン）、2020年11月12日。（口頭）【招待】

小林憲正、倉本想士、佐藤智仁、横尾拓哉、癸生川陽子、三田肇、中川和道、吉田聡、福田一志、小栗慶之、柴田裕実、矢野創、山岸明彦、左近樹、分子雲中での高分子態アミノ酸前駆体の生成とその宇宙安定性の検証、日本惑星科学会2020年秋季講演会、online、11月12-14日。【招待】

小林憲正、木下美栄、毛利駿介、坂元俊紀、癸生川陽子、高橋淳一、柴田裕実、久保謙哉、福田一志、小栗慶之、V. Airapetian、初期地球での生命誕生における太陽エネルギー粒子の役割、日本地球化学会第67回オンライン年会、2020年11月24日。【招待】

鴫田未来、加藤浩、横谷香織；陸棲藍藻Nostoc sp. HK-01における個々の休眠細胞の発芽能の検証 生態工学会2020年度年次大会 【招待】

矢野創、三田肇、左近樹、小林憲正、癸生川陽子、横谷香織、阿部智子、新井和吉、遠藤いずみ、藤島皓介、今井栄一、加藤浩、木村駿太、中川和道、奥平恭子、オン碧、佐々木聰、田端誠、富田勝、山岸明彦、たんぽぽ2プロジェクトチーム：たんぽぽ2～ダストから生命へ：2019-2020年の宇宙曝露運用と地球帰還後の科学分析計画、第21回宇宙科学シンポジウム（オンライン）、JAXA宇宙科学研究所、Pc. 08、2021年1月6-7日。（ポスター）【招待】

小林憲正、アストロバイオロジー研究における宇宙実験、第35回宇宙環境利用科学シンポジウム、online、2021年1月19-20日。【招待】

山岸明彦、橋本博文、矢野創、横堀伸一、河口優子、小林憲正、三田肇、藪田ひかる、東出真澄、田端誠、河合秀幸、今井栄一、横谷香織、木村駿太、鳴海一成、矢田部純、藤原大祐、加藤浩、オン碧、鴫田未来。たんぽぽ計画：全宇宙曝露試料の帰還と微生物試料解析の現状 宇宙環境利用シンポジウム 2021年1月20日
【招待】

三田肇、矢野創、左近樹、小林憲正、癸生川陽子、横谷香織、中川和道、山岸明彦、杉本学、Tetyana Milojevic、別所義隆、中山美紀、白水まどか、横尾卓哉、佐藤智仁、ポストたんぽぽ研究チーム。ポストたんぽぽ計画における宇宙曝露実験。宇宙環境利用シンポジウム、相模原、online、2021年1月19-20日 【招待】

山岸明彦 「きぼう」船外で微生物が3年間生存！～宇宙で微生物は生存可能か？生命の起源解明につながる「たんぽぽ計画」～、きぼう利用シンポジウム、online、2021年2月5日 【招待】

木賀大介、アミノ酸の種類や忠実度を変化させた遺伝暗号を活用した人工進化で可能になること、第93回日本生化学会大会、2020年9月、オンライン

横堀伸一、馬場 証、橋本ちひろ、古川龍太郎、松田直樹、遠藤有紀、佐藤陸、笹本峻弘、横川隆志、山岸明彦、祖先アミノアシルtRNA合成酵素の復元、第93回日本生化学会大会、2020年9月、オンライン

- 木賀大介、ありえた・ありえる細胞たちをつくる、「細胞を創る」研究会13.0（基調講演）、2020年11月、オンライン
- 趙方正、古川龍太郎、赤沼哲史、祖先再構成型リボソームタンパク質を用いた原始タンパク質のアミノ酸組成の探索、第43回日本分子生物学会年会、2020年12月、オンライン
- 横堀伸一、祖先アミノアシルtRNA合成酵素の復元から考える翻訳系の進化、第43回日本分子生物学会年会（フォーラム「RNAとタンパク質の接点からみるアストロバイオロジー」）、2020年12月、オンライン
- 趙方正、古川龍太郎、赤沼哲史、祖先型リボソームタンパク質S8を用いた原始タンパク質のアミノ酸組成の探索、第10回日本生物物理学会関東支部会、2021年3月、オンライン
- 古川龍太郎、赤沼哲史、フェレドキシンの祖先配列推定に基づく原始タンパク質のアミノ酸組成の推定、第10回日本生物物理学会関東支部会、2021年3月、オンライン
- 木賀大介、普遍遺伝暗号を用いた人工進化の限界：硫黄抜き酸化耐性GFPを例に、第10回日本生物物理学会関東支部会、2021年3月、オンライン
- 宮地亮太、木賀大介 単純化遺伝暗号を用いた酸化耐性GFPの創造、第10回日本生物物理学会関東支部会、2021年3月、オンライン
- 満富健太、木賀大介 組換えと翻訳エラーの併用が進化の局所解トラップを緩和することの計算機実験による検証、第10回日本生物物理学会関東支部会、2021年3月、オンライン
- 赤沼哲史、プレバイオティックアミノ酸による触媒活性を持ったタンパク質の再構築、生命の起原および進化学会2021年オンラインシンポジウム、2021年3月、オンライン
- 古川善博、隕石からの糖の検出：宇宙からの生命材料の供給。日本尿路結石症学会第30回学術集会、2021年1月26日（招待講演）
- 古川善博、宇宙での糖の生成と地球への運搬、第42回日本分子生物学会年会 2020年12月4日（招待講演）
- 古川善博、隕石と生命分子の起源。情報計算法学生物学会2020年大会 2020年10月27日（招待講演）
- Ono C., Kakegawa T., Furukawa Y., Effects of minerals on the formose reaction: implication for the potential ribose formation on ancient Mars. JPGU 2020 meeting（ポスター発表）
- Furukawa Y., Takeuchi Y., Kobayashi T., Sekine T., Terada N. & Kakegawa T., Formation of organic compounds by hypervelocity impacts on terrestrial planets. JPGU 2020 meeting（口頭発表）
- Nakamura Y., Terada N., Nakagawa H., Sakai S., Hiruba S., Leblanc F., Modeling of SEP induced auroral emission at Mars: Different behaviors of electron and proton in the presence of crustal fields. 地球電磁気・地球惑

星圏学会、2020年11月（口頭発表）

Hiruba S., Nakagawa H., Nakamura Y., Sakai S., Murata I., Terada N.,
MAVEN/IUVS observation of the Martian ozone layer during solar energetic
particle events. 地球電磁気・地球惑星圏学会、2020年11月（口頭発表）

Koyama S., Terada N., Nakagawa H., Kuroda T., Ogawa M., The formation of
O₂-dominated atmosphere under high EUV flux on early Mars, American
Geophysical Union fall meeting 2020, 2020年12月（口頭発表）

Shingo Kameda, A. Tavorov, T. Muraoka, G. Murakami, K. Enya, M. Ikoma, N.
Narita, T. Kodama, Y. Kawashima, M. Kuwabara, N. Terada, H. Fujiwara, O.
Korablev,

M. Sachkov, A. Shugarov, UVSPEX onboard WSO-UV for the upper atmosphere and
surface environment of Earth-like exoplanets, 43rd COSPAR Scientific
Assembly 2021, 2021/2/3 口頭

Shingo Kameda, A. Tavorov, T. Muraoka, G. Murakami, K. Enya, M. Ikoma, N.
Narita, T. Kodama, Y. Kawashima, M. Kuwabara, N. Terada, H. Fujiwara, O.
Korablev, M. Sachkov, A. Shugarov, Current status of Ultraviolet
Spectrograph for Exoplanet (UVSPEX) for WSO-UV, THE ELEVENTH MOSCOW SOLAR
SYSTEM SYMPOSIUM 2020, 2020/10/9 口頭

Takanori Kodama, The inner edge of habitable zone for terrestrial
exoplanets, JpGU-AGU joint meeting 2020. 招待講演

Takanori Kodama, H. Genda, R. O'ishi, A Abe-Ouchi, Habitable zone for a
planet with a small amount of water on its surface, JpGU-AGU joint
meeting 2020. ポスター

Takanori Kodama, Climate for land planets, JpGU-AGU joint meeting 2020. ポ
スター

河原創、JASMINE コンソーシアム2020、ExoJASMINE, online, 7/23

5-10 連携研究による著書

成島哲也, 「走査型近接場光学顕微鏡」(2021年6月3日発売確定)

図説 表面分析ハンドブック, ISBN-10 : 4254201702, 朝倉書店, 日本表面真空学会
編.

塚谷祐介, 『光合成細菌 —酸素を出さない光合成—』編 : 嶋田敬三・高市真一 (共
著) 発行年月日 : 2020年10月

渡邊誠一郎、2. 太陽系小天体探査とはやぶさ2、「地球・惑星・生命 (日本地球惑
星科学連合 編) (編集委員 : 田近英一、橘省吾、東宮昭彦)」p. 23-33

藪田ひかる, column 2 アストロバイオロジー 地球人として未来を解くための鍵、
「地球・惑星・生命 (日本地球惑星科学連合 編) (編集委員 : 田近英一、橘省
吾、東宮昭彦)」p. 57-56

小林憲正ほか分担執筆, 地球・惑星・生命, 日本地球惑星科学連合編, 東京大学出版会 (2020.6)、ISBN978-4-13-063715-2.

北本俊二、原田知広、亀田真吾、宇宙まるごとQ&A、理工図書、978-4844609049、(2021)

5-11 連携研究による一般講演・解説・受賞・その他

鈴木庸平、NHKのおはよう日本と夜7時のニュースでNASAの火星探査車「パーシビアランス」の着陸に際して、その科学的意義を解説。2021年2月

鈴木庸平、プレスリリースが新聞の紙面（朝日新聞、静岡新聞、毎日新聞、読売新聞）に掲載。2020年4月

鈴木庸平、National Geographicにプレスリリース関連の記事が掲載。「Bizarre life-forms found thriving in ancient rocks beneath the seafloor」「海底下に「腸内並み」の微生物群集、火星にいる可能性も」、2020年4月

鈴木庸平、CNNのニュースに掲載。「Life found in rocks beneath the ocean floor give scientists hope of finding life on Mars」、2020年4月

市橋伯一、「寄生体」RNA進化実験で発生 2020年9月13日 日経新聞（日曜版）

市橋伯一、原始生命体の進化のかぎは「寄生体」 Newton 2020年11月号 14-15

市橋伯一、物質が「寄生体」に変化 2020年11月22日 日経新聞

市橋伯一、非生命から生命へ 2020年12月 JT生命誌博物館 季刊生命誌104号

飯野孝浩、プレスリリース「海王星の赤道に横たわる猛毒ガス『シアン化水素』の帯を世界で初めて発見 ～太陽系最遠方の惑星の大気の流れ・化学に、地上観測から迫る～」東京大学（2020年10月22日）メディア掲載：毎日新聞（2020年10月24日）、ニュートン（2021年度1月号）、アストロアーツ（2020年10月28日）等

Tony Z. Jia, 2020-2021 Guest editor of Life Special Issue (with Irena Mamajanov) - From Messy Chemistry to the Origin of Life

Tony Z. Jia, 2020-2021 Guest editor for Special Issue in Frontiers in Genetics and Frontiers in Cell and Developmental Biology (with Eiichiro Mori, Nara Med. U.) - Biological Phase Separation

Tony Z. Jia, 2020 Apr Macau University of Science and Technology (MUST) "Advanced Topic on Comparative Planetology" Guest Course Lecturer (w/Irena Mamajanov and Prof. André Antunes (MUST))

Tony Z. Jia, 2020 Sep Press Release: "Small Enzyme-Mimicking Polymers May Have Helped Start Life"

(<https://www.titech.ac.jp/english/news/2020/047708.html>)

Tony Z. Jia, 2020 Oct Press Release: "Scientists Discover New Organic Compounds That Could Have Helped Form the First Cells"

(<https://www.titech.ac.jp/english/news/2020/048230.html>)

Tony Z. Jia, 2020 Oct Press Release: “DNA-peptide interactions create complex behaviours which may have helped shape biology”

(https://www.eurekalert.org/pub_releases/2020-10/tiot-dic101220.php)

Tony Z. Jia, 2020 Nov Press Release: 「研究ハイライトDNA-ペプチド相互作用が複雑な化学反応を可能にし、生物を形づくったのかもしれない」

(<http://www.elsi.jp/ja->

JP/news_events/highlights/2020/dna_peptide_interactions_create_complex_behaviours)

Tony Z. Jia, 2021 Mar BMSIS SCIENTIST FEATURE: Dr. Tony Z. Jia “From exploring protein structure to promoting astrobiology in Asia”

(<https://www.bmsis.org/bmsis-scientist-feature-dr-tony-z-jia/>)

木賀大介、「はじめにデザインあり、生命の成り立ちにつくって迫る」

デザイン誌「AXIS」(209号) 2020年12月28日(月) 発売 (記事)

木賀大介、「合成生物学の実態とその応用」ゲノム問題検討会議 2020年10月18日 (一般講演)

Ramirez, R. M. Panelist, What really matters 4: Are we alone in the universe?, Jesus College Oxford

Ramirez, R. M., A 20th Anniversary Review of Ward and Brownlee’s ‘Rare Earth’, Centauri Dreams, June 27, 2020

Ramirez, R. M. Guest Editor, Earth, Planetary and Space Special Issue: MMX (Martian Moons eXploration mission)

Ramirez, R. M. Review Editor: Frontiers in Astronomy and Space Sciences: Exoplanets

本郷やよい、2020/9/16 Astrobiology seminar Online_11 Analytical Chemistry for Astrobiology 生命現象を捉える分析のチカラ (Youtube) 配信

本郷やよい、2021/3/24-27 慶應アストロバイオロジーキャンプ2021 講師、セッション4 「地球と生命のこれから」

藪田ひかる、「はやぶさ2」もうすぐ帰還！ミッションのサイエンス、小惑星リュウグウの試料分析へ、はやぶさ2トークライブ、2020年9月22日、広島市こども文化科学館 【一般講演】

藪田ひかる、中国新聞【記事】、中日新聞【記事】、毎日新聞【記事】

三田肇：体験型こども科学館0-Lab 科学体験講座「宇宙塵(うちゅうじん)を探す～宇宙実験「たんぼぼ計画」～」2020.11.15 大分市、0-Lab 体験講座講師

矢野創：太陽系生命探査、アストロバイオロジークラブセミナー(オンライン)、2020年8月8日。

山岸明彦、宇宙での生命探査 朝日カルチャー横浜 2020年8月1日

小林憲正、宇宙人は左きき？右きき？ 江戸川区こども未来館 2020年8月8日

山岸明彦、宇宙での生命探査 鹿児島県立楠隼高等学校 宇宙学講義 2020年8月16日

山岸明彦、ウィールスの起源と進化 朝日カルチャー横浜 2020年10月31日

藤崎慎吾、小林憲正 宇宙生物学って何だろう 杉並サイエンスコミュニケーション
2020秋号

山岸明彦、宇宙での生命の起源と探査 東洋大学 トップリーダー連携教育支援プロ
グラム Web開催 2020年11月16日

山岸明彦、宇宙と生命起源 朝日カルチャー新宿 2020年11月21日

山岸明彦、生命の起源と進化変動する地球環境への対応 朝日カルチャー横浜 2020
年12月12日

山岸明彦、生命の起原：地球上の生き物はどこでどのように誕生したか 朝日カル
チャー横浜 2021年2月22日

2020年8月23日 山岸明彦 23:30-24:00 NHK Eテレ サイエンスZERO 「謎だらけの原
始生命体：地球の生命はどのようにして誕生したのか？」

2020年8月27日 山岸明彦 6:00-6:59 NHK G. おはよう日本. 生きたまま移動可能？
宇宙空間で3年間細菌生き抜く

2020年8月26日 山岸明彦 9:00-9:50 NHK G. ニュースウォッチ9. 生きたまま移動
可能？宇宙空間で3年間細菌生き抜く

2020年12月1日 Yahooニュース 山岸明彦 生命の起源は宇宙から！「パンスペルミア
説」ってなんだ？
<https://news.yahoo.co.jp/articles/ea2339cdea8471748370673397cb7b36a407a2da?page=1>

2020年12月1日 週プレニュース 山岸明彦 生命の起源は宇宙から！「パンスペルミ
ア説」ってなんだ
<https://wpb.shueisha.co.jp/news/photo/technology/2020/11/28/112518/#gallery-item-2>

2020年11月2日 プレイボーイ 山岸明彦 no. 44 p. 52-54 「パンスペルミア説」っ
てなんだ

2020年10月号 ISASニュース 山岸明彦 No. 475 微生物の塊は紫外線を浴びても数
年、浴びなければ数十年生存—「たんぽぽ」微生物宇宙空間曝露実験結果報告—

2020年8月27日 AFP BB net news:微生物、宇宙空間で3年生存 東京薬科大教授ら発
表、生命地球外起源説に信みよう性か
<https://www.afpbb.com/articles/-/3301300?act=all>

2020年8月26日 東京薬科大学 プレスリリース 微生物は紫外線下で長期間生存可
能：国際宇宙ステーション曝露実験
https://www.toyaku.ac.jp/lifescience/newsttopics/2020/0826_3998.html

2020年8月26日 NHKネットニュース：宇宙空間で細菌が3年間生き抜く 東京薬科大な
どが確認
https://www3.nhk.or.jp/news/ranking/access.html?utm_int=all_side_ranking-

access_list

2020年8月26日 読売新聞ネットニュース 微生物は宇宙で3年間生存…東京薬科大など、地中細菌をISSの外側にさらす実験

<https://www.yomiuri.co.jp/science/20200826-0YT1T50213/?r=1>

2020年別冊 5月15日 Newton 山岸明彦 138億年の大宇宙p.34-47 太陽系で探す地球外生命

2020年4月5日 日本経済新聞30面 山岸明彦 生命ある惑星 地球だけ？宇宙、観測より広ければ他も。

2021年3月5日 日本経済新聞 小林憲正・宮本英昭 火星探査の計画相次ぐ 生命の痕跡発見に期待

古川善博, 生命分子の起源を探る. 第1回FoS公開シンポジウム 2021年 3月 3日 (招待講演)

古川善博, 生命の材料になる糖はどこでできたのか? 比較グラコーム研究会online シンポジウム 2020年8月21日 (招待講演)

古川善博, 隕石衝突でアミノ酸生成 実験で生命誕生説を補強 東北大など (朝日新聞; 2020年6月11日朝刊)

古川善博, 隕石衝突でアミノ酸生成 (日経新聞2020年6月10日)

古川善博, 地球に隕石衝突 アミノ酸生成か (河北新報; 2020年6月9日朝刊)

古川善博, 隕石衝突でアミノ酸生成 再現実験で検証—東北大など (時事通信; 2020年6月8日)

古川善博, 隕石衝突でアミノ酸生成 生命誕生に手掛かり 東北大など実証 (Sankei Biz; 2020年6月14日)

Furukawa Y., Researchers Found Ancient Asteroids Provided Building Blocks of Life When it Hit Earth and Mars. (Tech Times; 9 June 2020)

Furukawa Y., Asteroides: potenciales semillas de vida (NATIONAL GEOGRAPHIC ESPANA; Jun 9, 2020)

Furukawa Y., Ancient asteroids helped synthesize life's molecular building blocks, study finds (UPI.com; Jun 8, 2020)

Furukawa Y., Asteroid Impacts May Have Formed Life On Earth And Even Mars, Claims New Study (Times of India; 08 Jun 2020)

Furukawa Y., Ancient asteroid impacts created the ingredients of life on Earth and Mars. (Science Daily June 8, 2020)

亀田真吾, WEB天文学講座「はやぶさ2の旅 地球のような星は他にある？」YouTube 京都

亀田真吾, 産業大学神山天文台チャンネル 2021年3月13日 (土) 14:00~15:30

(特許)

成島哲也、岡本裕巳、特許第6784396号 (登録日2020年10月27日) 「円偏光照射器、分析装置及び顕微鏡」

成島哲也、岡本裕巳、出願番号：特願2021-029181号 (出願日2021年2月25日) 「円偏光照射器、分析装置及び顕微鏡」

(研究会主催・共催・その他)

第43回日本分子生物学会年会フォーラム「RNAとタンパク質の接点からみるアストロバイオロジー (オーガナイザー：木賀大介、赤沼哲史)」、2020年12月、オンライン

生命の起原および進化学会2021年オンラインシンポジウム (オーガナイザー：木賀大介、赤沼哲史、古川龍太郎、横堀伸一)」、2021年3月、オンライン

6. 財務

2020年度の予算・決算の状況

(円)

収入	予算額	決算額	差額（予算額 - 決算額）
運営費交付金	325,409,000	378,041,093	-52,632,093
産学連携等研究収入及び寄附金収入等	2,219,000	11,867,249	-9,648,249
自己収入	0	118,057	-118,057
合計	327,628,000	390,026,399	-62,398,399

支出		予算額	決算額	差額（予算額 - 決算額）
業務費	研究教育費	313,252,000	343,731,088	-30,479,088
	一般管理費	12,157,000	10,001,328	2,155,672
産学連携等研究収入及び寄附金収入等		2,219,000	11,867,249	-9,648,249
合計		327,628,000	365,599,665	-37,971,665

収入 - 支出	予算額	決算額	差額（予算額 - 決算額）
		0	24,426,734

7. 外部資金

科学研究費補助金

研究期間	研究課題	研究代表者	2020 年度交付額(単位:千円)		
			直接経費	間接経費	合計
新学術領域研究(研究領域提案型)					
2019-2020	原始惑星系円盤における岩石型惑星形成領域の高空間分解能観測	橋本 淳	1,000	300	1,300

学術研究助成基金助成(基金)

研究期間	研究課題	研究代表者	2020 年度交付額(単位:千円)		
			直接経費	間接経費	合計
若手研究					
2019-2021	低質量星周りの系外惑星探査による短周期惑星の質量損失の解明	平野 照幸	900	270	1,170
基盤研究(C)					
2019-2022	葉脈(維管束)の形成・パターン多様性に関する数理的研究	藤田 浩徳	300	90	390
2019-2021	複素環式化合物の生成経路の理論的解明と電波観測による実証	鈴木 大輝	300	90	390
2019-2023	磁気的環境から俯瞰する星形成の初期物理状態	神鳥 亮	1,200	360	1,560

※クロスアポイントメントの分は除く。

8. 大学院教育

2018 年度から、総合研究大学院大学(総研大)とアストロバイオロジーセンターとの間で連携協定を締結し、アストロバイオロジーセンターの教員が総研大の客員教員として、大学院生を受け入れている。また、東京大学の学生指導も行っている。

8-1 大学院生

第 1 学年

大学院学生	指導教員	研究課題
多田 将太郎	小谷 隆行	近赤外線視線速度法による M 型星まわりの地球型惑星の研究

第 2 学年

大学院学生	指導教員	研究課題
笠木 結	小谷 隆行	近赤外線視線速度法による M 型星まわりの地球型惑星の研究

第 3 学年

大学院学生	指導教員	研究課題
西海 拓	堀 安範	宇宙望遠鏡と MuSCAT シリーズを用いた高精度測光観測で探る系外惑星のキャラクタリゼーション

第 5 学年

大学院学生	指導教員	研究課題
渡辺 紀治	堀 安範	観測による多様な系外惑星の軌道進化の研究

※クロスアポイントメントの分は除く

9. 公開事業

日程	名称	場所	参加者
2020 年 10 月 24 日	三鷹・星と宇宙の日 2020 (共催)	オンライン	当日視聴者 YouTube 11,220 ニコニコ生放送 17,006

※新型コロナウイルスの影響で、多くのイベントがオンライン開催となった。

10. 海外渡航

2020 年度: 研究員及び研究教育職員の海外渡航

国・地域名	海外出張
ハワイ	0
アメリカ合衆国	0
スペイン	0
南アフリカ共和国	0
その他	0

※新型コロナウイルスの影響で、海外出張ができなかった。

11. 年間記録

2020 年度

2020 年	
4 月 3 日～4 月 8 日	第 24 回運営委員会(メール審議)
6 月 4 日	第 25 回運営委員会 (Zoom 会議)
9 月 18 日	第 21 回機構長プレス懇談会(オンライン開催)
10 月 17 日～10 月 18 日	大学共同利用機関シンポジウム 2020 (オンライン開催)
10 月 25 日～10 月 26 日	三鷹・星と宇宙の日 2020 (オンライン開催, 主催:国立天文台, ABC 東京大学,総合研究大学院大学)
11 月 4 日～11 月 10 日	第 26 回運営委員会(メール審議)
12 月 21 日	2020 年アストロバイオロジーセンターシンポジウム (オンライン開催)
2021 年	
2 月 16 日～2 月 19 日	第 27 回運営委員会(メール審議)
2 月 25 日～2 月 26 日	第9回宇宙における生命ワークショップ「令和2年度プロジェクト/サテライト成果発表会(オンライン開催)
3 月 23 日	第 28 回運営委員会 (Zoom 会議)

所在地:

住所: 〒181-8588
東京都三鷹市大沢 2-21-1, 国立天文台三鷹キャンパス内
自然科学研究機構 アストロバイオロジーセンター

URL: <http://abc-nins.jp>



アクセス方法:

JR 武蔵境駅から

小田急バス 境 91

バス乗り場「武蔵境駅南口 3 番」から「天文台前」で降車

京王線調布駅から

小田急バス 境 91/鷹 51

バス乗り場「京王調布駅北口 11 番」から「天文台前」で降車

京王バス 武 91

バス乗り場「京王調布駅北口 12 番」から「天文台前」で降車

(岡崎分室)

住所: 〒444-8585

愛知県岡崎市明大寺町字西郷中 38,
基礎生物学研究所 明大寺キャンパス内



アストロバイオロジーセンター年次報告編集委員

田村元秀

日下部展彦

ABC 事務のみなさま

協力

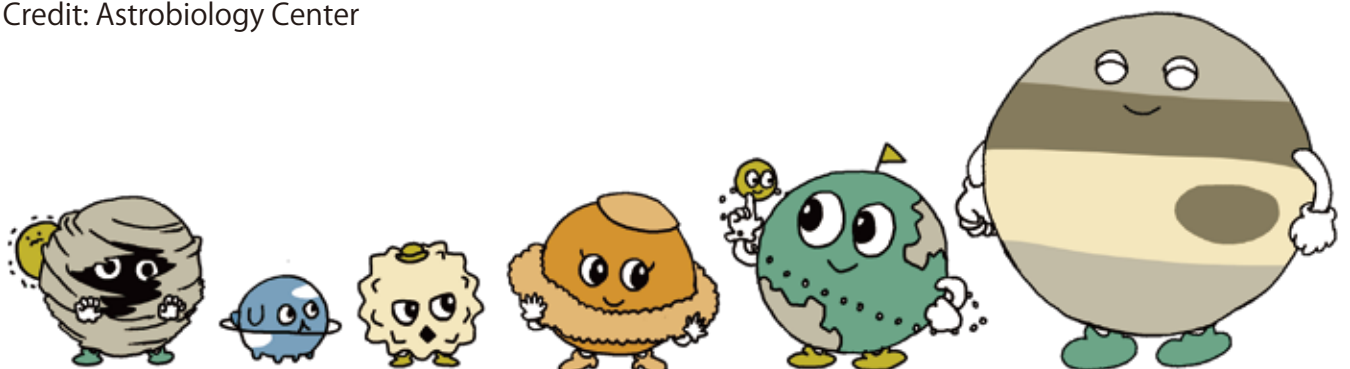
アストロバイオロジーセンターのみなさま



【裏表紙説明】

ハビタブルゾーンにある地球型惑星の地表イメージ。右上の分子は光合成に必要なクロロフィル。地表に植物が繁茂していれば、植物による特徴的な反射スペクトルが見えるかもしれない。

Credit: Astrobiology Center





*Astrobiology Center
National Institutes of Natural Sciences*