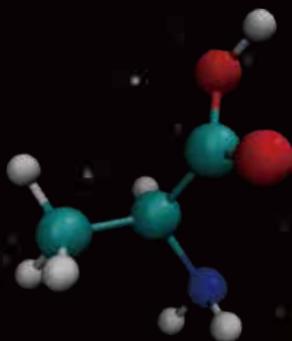
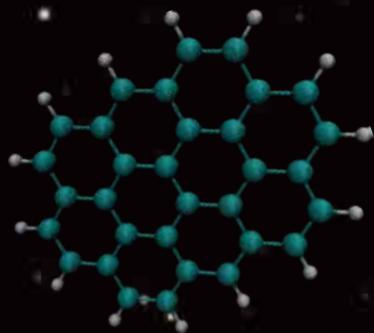


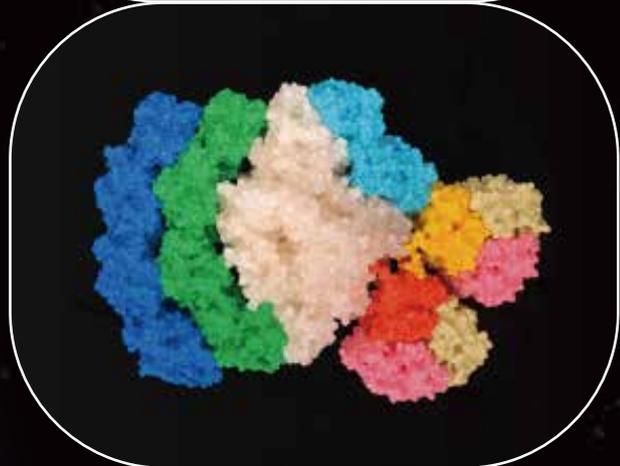
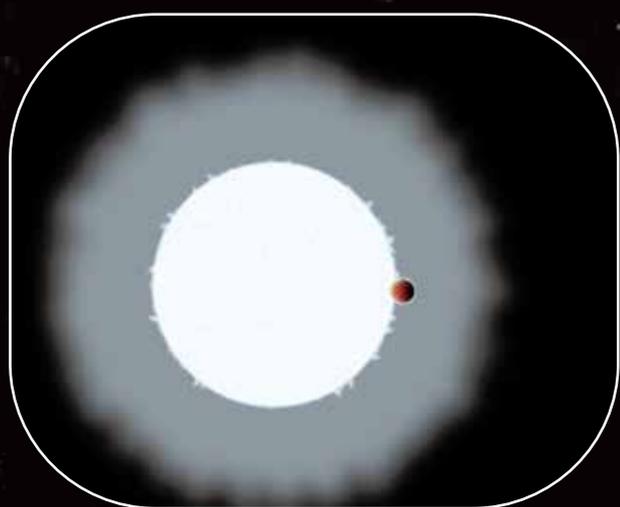
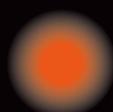
日本語版



# Astrobiology Center

ANNUAL REPORT

2021



### 【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。

### 【表紙下部説明】

【左上】「ウルトラホットジュピター」である WASP-33 星系のイメージ図（2021 年 4 月 27 日 ABC リリース）

【左下】光化学系 I ステート繊維超複合体の分子模型（分子科学研究所計算センター作成、2021 年 7 月 9 日 ABC リリース）

【右下】星形成領域を漂う木星質量の浮遊惑星の想像図。（クレジット：ボルドー大学、2021 年 12 月 23 日 ABC リリース）

画像提供：

分子科学研究所計算科学センター、ボルドー大学

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5冊 2021年度

### 目次

#### はじめに

1	組織	03
2	活動状況	06
3	研究ハイライト	08
4	研究連携	28
5	成果論文・発表リスト	37
6	財務	75
7	外部資金	76
8	大学院教育	78
9	公開事業	79
10	海外渡航	79
11	受賞	79
12	年間記録	80

## 巻頭言

アストロバイオロジーセンター (Astrobiology Center、略称 ABC) は、自然科学研究機構直轄の新しいセンターとして 2015 年から運用されています。多分野が融合したアストロバイオロジー研究を推進し、日本のコミュニティに貢献する、現在、我が国で唯一の大学共同利用機関内のアストロバイオロジー機関です。今年度で設立後 6 年目を迎えましたが、事業・研究は順調に推移しています。

アストロバイオロジーセンターは、太陽系を超えた「場所」に存在する惑星（太陽系外惑星）を検出し、究極的には宇宙における生命のバイオシグナチャーを確認します。そのような地球以外の場所における生命を多数宇宙に検出することによって、宇宙（ユニバース）におけるユニバーサル生物学、あるいは多様性感星生物学の展開が初めて可能になることが期待されます。

そのためには、生命を宿すために最適な惑星候補を発見し、また、現在あるいは次世代の大型望遠鏡のための装置開発を行うことも必要となります。このようなビジョン・ミッションの下に、異分野が連携した国際的研究拠点化を進めると同時に、激しい国際競争に打ち勝つセンターを構築し、国内外の大学・研究機関と協力した先端的な共同利用・共同研究と新分野を担う若手人材育成を推進し、アストロバイオロジーの研究、とりわけ、系外惑星の先端的観測および装置開発と光合成を含むバイオシグナチャーの研究を推進しています。

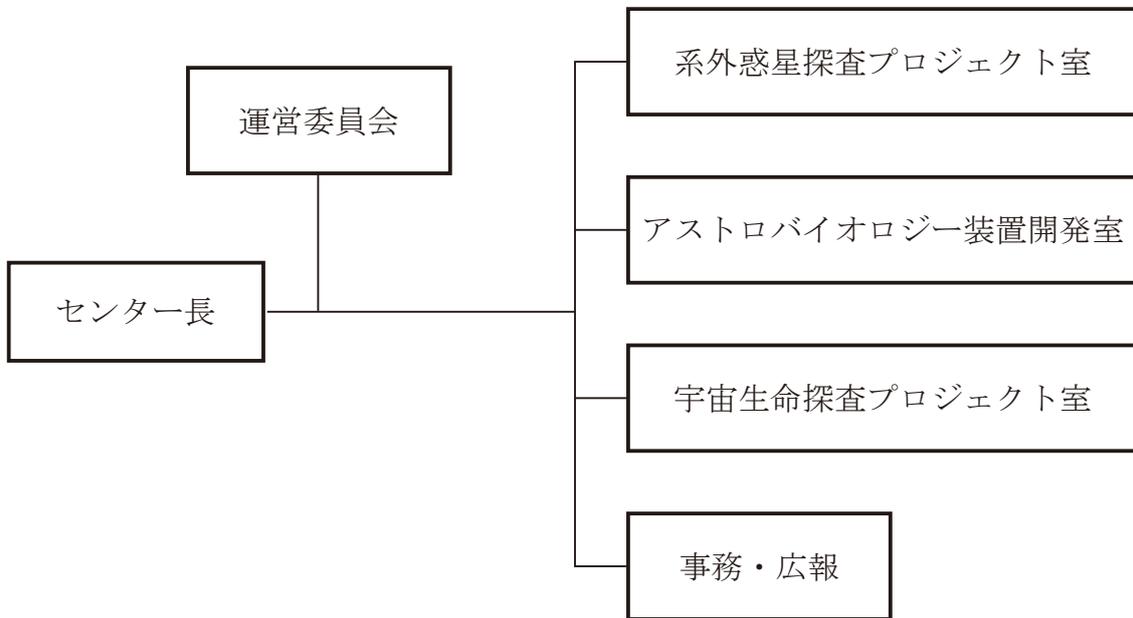
2016 年度から 2021 年度は、文部科学省の第 3 期中期目標期間に対応し、いわば ABC の創成期に対応します。2021 年度はとりわけセンターが主導する第一期の観測装置による科学的成果の輩出が本格化しました。また、光合成を中心とする基礎生物学的知見と天文学が融合した成果も充実してきました。

すばる 8m 望遠鏡における戦略的観測 SEEDS プロジェクトが「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ましたが、現在は超補償光学系 SCEXAO を用いた系外惑星の撮像分光観測が実現され、直接観測は次のステップに進みました。一方、すばるの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 MuSCAT シリーズによる、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査も進行中です。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今後も継続的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

2021年度：

(2022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	14
	[内訳] 特任准教授	1
	特任助教	4
	特任研究員	5
	特任研究員 (科研費)	3
	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	掘 安範
特任助教	Livingston, John
特任研究員	寶田 拓也
特任研究員	Nugroho, Stevanus K.
特任研究員（科研費）	石川 裕之
特任研究員（科研費）	Krishnamurthy, Vigneshwaran
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 (2022年3月15日退職、基生研へ異動)
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（併任）	西川 淳 (本務：国立天文台)
助教（併任）	上田 暁俊 (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（科研費） 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

2021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 元理事 / 岐阜聖徳学園大学 学長  
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 名誉教授  
高井 研 海洋研究開発機構 プログラムディレクター  
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  
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  
鈴木 志野 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 准教授

### 1.4 執行委員会

田村 元秀 センター長／系外惑星探査プロジェクト室 教授  
滝澤 謙二 宇宙生命探査プロジェクト室 特任准教授  
小谷 隆行 アストロバイオロジー装置開発室 助教  
日下部 展彦 特任専門員

## 2. 活動状況

2015年（平成27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・大型装置開発を推進している。

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。現在は、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。センターの2021年度の活動概要は以下のとおりである。

### a) 系外惑星探査プロジェクト室

ハビタブル地球型惑星探査装置 IRD を用いて、軽い恒星まわりの系外惑星探査をすばる望遠鏡戦略枠観測 (SSP) として継続して推進した。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 SCEXA0 と面分光器 CHARIS による系外惑星や星周円盤の直接観測による成果を多数出版した。超広視野主焦点カメラ (HSC) などを用いた星形成領域の観測から、およそ 100 個もの浮遊惑星を発見した成果を出版した。国内外の口径 2m 級の 3 台の望遠鏡に搭載された可視光多色カメラ MuSCAT シリーズや IRD を用いて、NASA/TESS 宇宙望遠鏡による系外惑星候補のフォローアップ観測を推進した。その結果、太陽系の近くにある低日射の小型系外惑星や軽い恒星まわりの超短期周期惑星などが発見された。

### b) 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 の安定的な保守・運用を行なった。また、超補償光学装置 SCEXA0 や系外惑星観測装置 (MuSCAT シリーズ、CHARIS 分光器) の開発・保守・運用も進めた。

南アフリカに新しく設置された 1.8m 望遠鏡 PRIME 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。ハワイにある Keck 望遠鏡への搭載を目指して開発中の回折限界近赤外高分散分光器 HISPEC の開発を進めた。これは、TMT の第一期観測装置である近赤外高分散分光器 MODHIS にアップグレードされる予定である。将来装置としては、すばる望遠鏡用の SCEXA0 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継続して議論した。

### c) 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雇用し、他部門との連携により実験環境を整備した。バイオシグナチャーの一つとして注目されている光合成の仕組みについて、太陽光の利用効率を最適化するための光化学系の立体構造を明らかにした成果について出版した。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議論を推進した。

### d) 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（3年間）」の公募研究を実施した。19件（13機関）のプロジェクト研究、4件（4機関）のサテライト研究を採択し、その成果発表会を2022年2月にZoomおよびバーチャル会場で開催し、約90名の参加者があった。

e) **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、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引き続き雇用した。

f) **国際連携**

スペインのInstituto de Astrofísica de Canarias (IAC) と締結した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。また、Las Cumbres Observatory (LCO) と締結したMOUに基づき、ハワイ・マウイ島ハレアカラ山頂にある2m望遠鏡へ搭載した多色同時撮像装置MuSCAT3の運用を推進した。

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、装置開発を開始した。

g) **広報普及**

COVID-19の影響により、センターが主催するシンポジウムとワークショップなどが引き続きリモート開催となった。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9件発信した。1月には小中学生8000人を繋いだリモート出張授業（おかざきッズ）の中で、アストロバイオロジーについての紹介をした。また、雑誌やTVなどの取材協力も多数あり、そのいくつかは実際の誌面やTV報道がされた。

例年実施している国立天文台が主催する特別公開も完全リモートで開催し、その中で当センターは研究室紹介やミニ講演など、アストロバイオロジーに関連した動画を3本用意した。それらの総再生回数は346回（2021/10/23～11/24）であった。

h) **国際外部評価**

次期中期計画策定へ反映させるため、令和2年度末に実施したセンターの国際外部評価において、提出された報告書について、日本語訳も含めて出版した。評価委員には、ノーベル受賞者を含む国内外の天文・惑星科学および生物学の専門家計8名で実施した。コロナ禍の影響により、プレゼンおよび会議はリモートで行った。その結果第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、次期に向けた提言をも示された。この報告書については、ABCのWebページに載せ公開している。

### 3. 研究ハイライト

(2021年4月～2022年3月)

	タイトル	著者	頁
1	IRDによるスーパーアースの発見とSANDおよびHISPEC用装置開発	小谷	9
2	IRD-SSPによる晩期M型星周りの惑星サーベイ：三年目の観測	大宮、他	10
3	惑星探しのデータを利用した近傍M型矮星の化学組成調査	石川、他	11
4	若いM型矮星に付随する年齢200-500万年の系外惑星を発見	平野	12
5	Advancing High-resolution Cross-correlation Spectroscopy in Characterising the Atmosphere of Exoplanets	Nugroho	13
6	星のゆりかごで100個の浮遊惑星を発見	田村	14
7	惑星誕生のゆりかごを揺らすフライバイ現象	田村	15
8	分光・測光同時観測による恒星活動性由来の視線速度変動に関する研究	寶田	16
9	巨大なコアを持つ巨大惑星の形成	堀	17
10	エウロパ表面の塩物質組成制約に向けた近赤外スペクトル観測	葛原、他	18
11	VLT/MUSEを用いた質量降着中の惑星探査	橋本	19
12	赤外線利用型藻類の系統進化に関する研究	小杉、他	20
13	量子化学計算を用いた近赤外利用光合成色素の探索：中心金属の効果の調査	小松、滝澤	21
14	光合成研究から始めるアストロバイオロジー	滝澤、日下部	22
15	生命に及ぼすプラズマの影響	定塚	23
16	大腸菌における細胞集団の時空間的自己組織化	藤田	24
17	星惑星形成の初期物理条件の研究	神鳥	25
18	偏光撮像	周藤	26
19	微視的量子飛躍：観測の問題は、ディラックまで戻る	中島	27

# IRD によるスーパーアースの発見と SAND および HISPEC 用装置開発

小谷隆行<sup>1,2,3</sup>

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

## IRD によるスーパーアースの発見

IRD は M 型星の視線速度 (Radial Velocity、以下 RV) を高精度に測定が可能なすばる望遠鏡用近赤外線高分散分光器であり、2019 年からすばる戦略枠観測の枠組みで、地球型惑星探査のための近傍 M 型星のサーベイを行っている。RV 変動を示すいくつかの候補星の中で、晩期 M 型星の Ross 508 が約 4m/s の比較的大きな RV 変動を示していることがわかった (図 1)。この変動が惑星由来か確認するために、RV 測定の不安定性の要因となり得る装置安定性、恒星活動、地球大気吸収など様々な影響について調べた結果、RV 変動の周期付近には、恒星活動などによる変動がないことがわかり、この RV 変動は、周期 10.77 日、軌道長半径 0.054 a.u.、約 4 地球質量のスーパーアースであることがわかった [1]。この惑星は暴走温室効果によるハビタブルゾーンの内側境界よりもわずかに内側に存在しており、おそらくハビタブルではないと予想されるが、今後の研究でより詳細なハビタビリティが明らかになると考えられる。

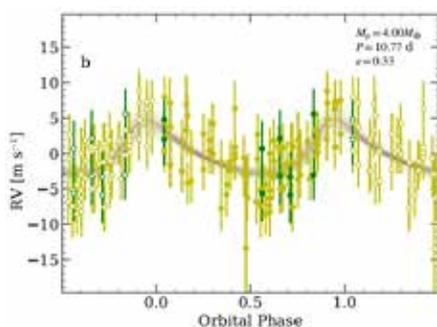


図 1 Ross 508 の RV 変動とベストフィットモデル

## SAND 分光器開発

SAND 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 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、若い恒星まわり

の巨大惑星の探査を行う。2021 年度は、分光器光学系の設計を進め、波長分解能 60,000 以上で、恒星活動の指標となる NIR Ca Triplet と He 10830 を含み、またイメージスライサーを用いた場合のスライス像の間隔が十分に広い設計解を得た。今後はこの設計を元に詳細設計を進めていく。また本年度は分光器光学系を設置するための光学定盤を製作した。この定盤には位置決めピンが設置されており、高精度で光学系を設置することができる。

## HISPEC/MODHIS 用装置の開発

HISPEC は、Keck 望遠鏡搭載を目指して開発中の、回折限界近赤外高分散分光器であり、シングルモードファイバーを用いることで 1m/s を切る極限の安定性を持つ視線速度測定を目指した装置である。HISPEC は回折限界性能の分光器であるため、光学素子に求められる面精度は非常に高い。我々は、分光器の心臓部であるエシエル回折格子として、高い面精度・高効率を実現できるゲルマニウムを基板に用いる反射型エシエル回折格子を提案してきた。本年度は実証のために、小型のゲルマニウム製エシエル回折格子 (57x18x18mm) を試作した。回折波面誤差は 12.2nm rms と非常に小さく、20nm rms 以下という要求仕様を十分に満たすものである。また回折効率も理論値に近いものが得られている。

HISPEC は、波長校正光源やフラット光源などを用いて分光器の較正を行うために、遠隔操作で接続するファイバーを切り替える必要がある。我々は、IRD・REACH 用に開発したファイバー自動交換機の技術を用いて、HISPEC 用のファイバー交換器を製作した。このファイバー交換器は 5 本のファイバーの位置を 7 ポジション変更できるものであり、コアの偏心が小さいファイバーであれば、接続損失 5% 以下でのファイバー接続・ポジション交換が可能であることがわかった。

## 参考文献

[1] Harakawa et al. 2022, submitted to PASJ

# IRD-SSP による晩期 M 型矮星周りの惑星サーベイ：三年目の観測

大宮 正士<sup>1,2</sup>, 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 年から継続して視線速度 (RV: Radial Velocity) 法を用いた、太陽近傍に位置する晩期 M 型矮星周りの系外惑星サーベイを行なっている [1]。このプロジェクトでは、すばる望遠鏡に取り付けられた赤外線高分散分光器 IRD [2] を用いて晩期 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) 太陽近傍の恒星の周りのハビタブルゾーンを公転する地球質量程度の惑星を発見する、2) 低質量星の周りに存在する地球型惑星からスーパーアース程度の惑星の特徴を調べる、3) 主星から少し離れたスノーライン付近 (惑星系形成時に水などの物質の状態が変わり、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。この観測によって、将来の詳細観測に適する太陽に距離が近い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。

2021 年度は、IRD-SSP の五年間の観測期間の 3 年目にあたり、1~2 年目の IRD でのスクリーニング観測によって実視連星、高速で自転する恒星を除外した、サンプル星の RV モニター観測を行なった。その中で、複数回の RV 観測の結果から各サンプル星の RV の大まかな時間変化を調査することによって、質量が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ともに、恒星表面の活動が原因で見かけ上あらわれる星固有の変化が小さいサンプルを同定してきた。さらに、RV モニター観測を、1) ~20 回程度の観測によって、サンプル星固有の RV 変化を調査する、2) その過程で惑星をもつ可能性が高いもしくは星固有の変化が小さいとわかった天体の RV 観測を 80 回を目標に実施する、という二段階に分けて行うことによって、効率的に惑星サーベイを進める。

2021 年 2 月 2022 年 1 月までに、IRD-SSP の観測にすばる望遠鏡の 35 夜分の観測時間が割り当てられ、単純な実施率でおよそ ~45% で観測が実施できた。三年目までに、75 星を 4 回以上、27 星を 10 回以上観測することがで

き、5 星のサンプル星では低質量惑星の有無を調査可能なサーベイを完了した。さらに、これまでに 17 星の集中的な RV モニター観測を実施しており、その中には、惑星によって引き起こされている可能性がある変化を複数個検出するに至っている (図 1 参照)。また、IRD-SSP で取得されたスペクトルを用いた、IRD-SSP サンプル星の特徴づけ、特に、金属量 [3] や自転速度の決定など、RV サーベイ以外の成果も出始めている。IRD-SSP では、三年目までのスクリーニング、モニター観測によってサンプル星毎の理解が進んだため、4 年目以降は戦略的で集中的した RV モニター観測を進めていく。

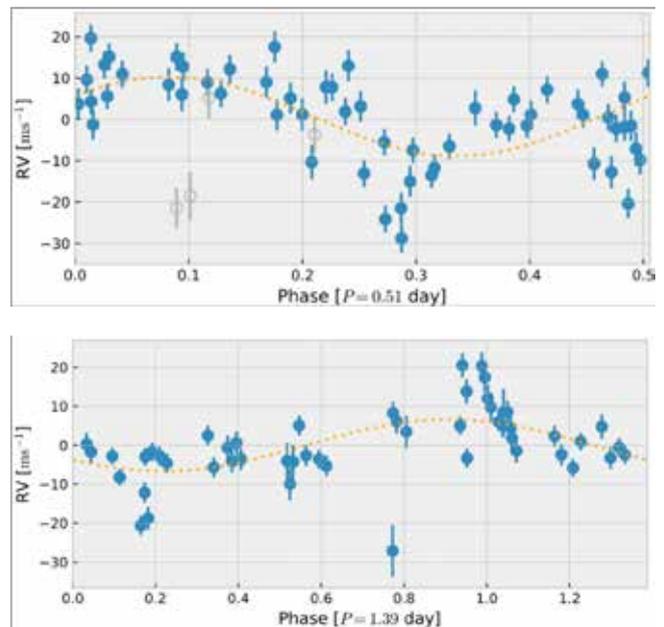


図 1 サンプル星の視線速度変化を有意性が相対的に高い公転周期で折り畳んだ RV 変化を示した。破線は視線速度変化が 1 個の惑星によるものとした場合のモデルの変化である。

## 参考文献

- [1] Sato, B. et al.: 2018, IRD-SSP proposal, [https://www.naoj.org/Science/SACM/Senryaku/IRD\\_180520235849.pdf](https://www.naoj.org/Science/SACM/Senryaku/IRD_180520235849.pdf).
- [2] Kotani, T. et al.: 2018, Proceedings of the SPIE, **10702**, 1070211.
- [3] Ishikawa, H. T., et al. 2022, AJ, **163**, 72.

# 惑星探しのデータを利用した近傍 M 型矮星の化学組成調査

石川裕之<sup>1,2</sup>、青木和光<sup>2,3</sup>、平野照幸<sup>1,2</sup>、小谷隆行<sup>1,2,3</sup>、葛原昌幸<sup>1,2</sup>、大宮正士<sup>1,2</sup>、堀安範<sup>1,2</sup>、小久保英一郎<sup>2</sup>、工藤智幸<sup>4</sup>、黒川隆志<sup>1,5</sup>、日下部展彦<sup>1,2</sup>、成田憲保<sup>1,6,7,8</sup>、西川淳<sup>1,2,3</sup>、荻原正博<sup>2,9</sup>、上田暁俊<sup>2</sup>、CURRIE, Thayne<sup>4,10,11</sup>、HENNING, Thomas<sup>12</sup>、笠木結<sup>2,3</sup>、KOLECKI, Jared R.<sup>13</sup>、KWON, Jungmi<sup>14</sup>、町田正博<sup>15</sup>、MCELWAIN, Michael W.<sup>16</sup>、中川貴雄<sup>17</sup>、VIEVARD, Sebastien<sup>1,4</sup>、WANG, Ji<sup>13</sup>、田村元秀<sup>1,2,14</sup>、佐藤文衛<sup>9</sup>

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, 4: すばる望遠鏡, 5: 東京農工大学, 6: 東京大学先進科学研究機構, 7: JST/PRESTO, 8: Instituto de Astrofísica de Canarias, 9: 東京工業大学, 10: NASA-Ames Research Center, 11: Eureka Scientific, 12: Max-Planck-Institut für Astronomie, 13: The Ohio State University, 14: 東京大学, 15: 九州大学, 16: NASA Goddard Space Flight Center, 17: JAXA 宇宙科学研究所

M 型矮星は銀河系で最も豊富な恒星であり、系外惑星探査の主要なターゲットとしても注目されているが、可視光での暗さや低温故の困難により、個々の元素の組成比はほとんど調べられていない。我々は、近年惑星の視線速度サーベイの目的で活発になってきた近赤外高分散分光観測によるデータを利用し、太陽系近傍の M 型矮星の元素組成比 (H に対する Na, Mg, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Sr のアバダンス比) を調査する方法を開発・検証してきた [1]。

本研究 [2] では、すばる望遠鏡の分光装置 IRD を用いて地球型惑星を探すすばる望遠鏡戦略枠プログラム (IRD-SSP) にて取得されたスペクトル (9800–17500 Å) を利用し、当該プログラムのターゲットである太陽系近傍 M 型矮星のうち高品質データが取得済みの 13 星の元素組成比を測定した。その結果、大半が太陽と似た組成比を示す一方で、金属量の低い星も存在していることがわかった。元素組成比同士の相関について、この 13 星は太陽の近くの F、G、K 型星と似た傾向を示した (図 1 上段)。さらに、Gaia 衛星のデータを併用することで銀河系内での動きを調べたところ、特に金属量が少ない M 型矮星ほど太陽とは異なる運動をしている傾向が見られた (図 1 下段)。この傾向は F、G、K 型星でも知られており、銀河系の化学進化を反映していると考えられる。また、本研究のターゲットには有名な M 型矮星「バーナード星」も含まれている。この星は銀河系内でも比較的古いタイプの恒星であることを示す複数の証拠が報告されてきたが、本観測によって初めて得られた詳細な元素組成もそれに矛盾しないものだった。

これらの結果から、太陽系近傍の M 型矮星の多くが銀河系の薄い円盤起源の天体と見られる一方で、金属量が少なく太陽とは異なる運動をしていることからより高い年齢が予測される星もあることが明らかになった。

今回の成果は、IRD-SSP で観測される 100 天体近い M 型矮星の化学組成が、近いうちに測定可能であることを示

唆する。太陽系の近くに数多く存在する M 型矮星がどのような天体なのか、初めて明らかになるだろう。また、今後 IRD-SSP により惑星が発見された際には、惑星材料の化学組成を提示することで、その惑星の特徴や形成過程にも制限を与えることが期待される。

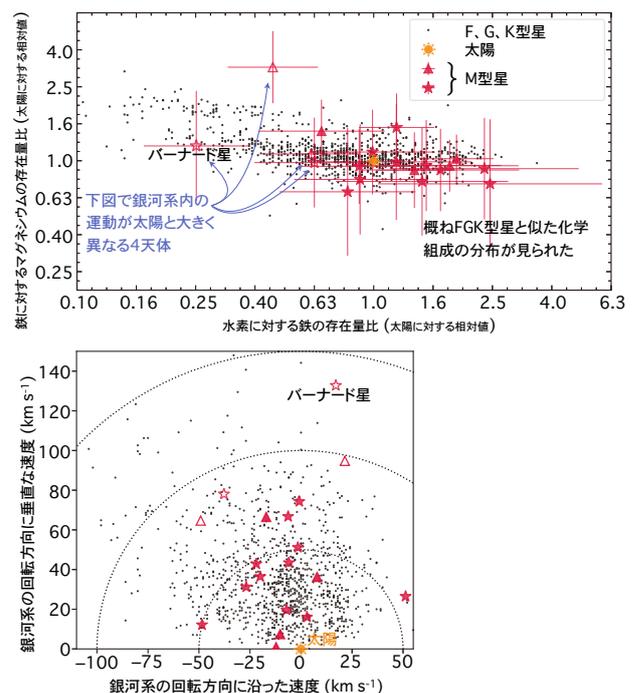


図 1: 上図は水素に対する鉄の存在量比と鉄に対するマグネシウムの存在量比の関係 (太陽での存在量比に対する相対値) を示す。下図は銀河系内での星の運動を表す。両図において、赤星印が本研究が扱った 13 個の M 型矮星、赤三角は先行研究で扱った M 型矮星 [1] の結果。比較のため、F、G、K 型星約 1000 個の文献値 [3] を黒い点で示す。

## 参考文献

- [1] Ishikawa, H. T., et al.: 2020, *PASJ*, **72**, 102.
- [2] Ishikawa, H. T., et al.: 2022, *AJ*, **163**, 72.
- [3] Adibekyan V. Z., et al.: 2012, *A&A*, 545, A32.

# 若いM型矮星に付随する年齢200–500万年の系外惑星を発見

平野照幸, 葛原昌幸, 原川紘季, 小谷隆行, 工藤智幸, 黒川隆志, 西川淳, 大宮正士, 田村元秀, 上田暁俊, VIEVARD, Sebastien (国立天文台), GAIDOS, Eric, LEE, Rena, SALAMA, Maissa, BERGER, Travis, LIU, Michael, HODAPP, Claus, JACOBSON, Shane (ハワイ大学), KRAUS, Adam, ZHANG, Zhoujian (テキサス大学), GRUNBLATT, Samuel (アメリカ自然史博物館), ANSDELL, Megan (NASA), 小西美穂子 (大分大学), 芹沢琢磨 (東京農工大学)

年齢が若い系外惑星は、惑星形成モデルを観測的に検証する上で極めて重要な観測対象とされる。また若い系外惑星の特徴を年老いた恒星の周りの惑星の特徴と比較することで、惑星原始大気の獲得や二次大気の生成、さらに長期間の軌道進化等の形成後の惑星の時間的進化を観測的に追跡する事が可能となる。ただし年齢が若い恒星は一般に表面活動が活発で、また自転によるスペクトル線の広がりも大きいと、系外惑星の発見に用いられる伝統的な手法(視線速度法等)による観測が困難である。一方、誕生直後の若い惑星はガスの降着等による形成時の熱を保持しているため高温であり、特に近赤外線でも明るく輝いている。そのため、若い恒星に対して高空間分解能の近赤外撮像観測を実施することで系外惑星の放つ光を直接検出することが可能になる [1]。

我々は、おうし座分子雲に属する若いM型星“2M0437”に対して、すばる望遠鏡に搭載されたIRCSとAO188を用いた高分解能撮像観測を実施し、2M0437に付随する低質量天体の有無を調査した。2018年3月のIRCSを用いたAO撮像(Hバンド)により、図1のような3つの伴天体候補(図中で近いものから順に、“b”、“SW”、“E”とした)を検出した。しかしこうした1エポックの画像だけでは、これらの天体が実際に2M0437と重力的に束縛されているのか偶然背景の恒星を捉えられたのか区別することが困難であるため、約3年間かけてこれらの天体の天球面上での動きを詳細に追跡した(IRCSの他、ケックII望遠鏡NIRC2カメラなどを使用)。その結果、3つの伴天体候補のうち“SW”と“E”については天球面上での運動が背景星である場合の運動と一致した一方、“b”については実際に2M0437と同じ固有運動を持つことが確認された [2]。

2M0437は、理論モデルとの比較から年齢200–500万年、質量約0.15–0.18太陽質量と見積もられるM型矮星である。主星と同じ固有運動を持つと確認された伴天体“b”は、主星から天球面上で約100天文単位離れた場所に存在し(離角約0.9秒角)、見かけの光度から約3–5木星質量の質量を持つ“惑星”と結論された。2M0437bは、本観測のように直接撮像で検出された惑星質量天体<sup>1</sup>の中でも最も低質量かつ最も年齢の若い惑星の一つだと考えら

<sup>1</sup>一般に「惑星」と、重水素の核融合で自力で輝く「褐色矮星」との境界は13木星質量程度とされる。

れ、主星がこれまで直接撮像であまり惑星が見つかっていなかったM型矮星であることから今後の観測にとっても重要なベンチマークとなる存在である。特にM型の主星から100天文単位以上離れた軌道にある2M0437bの存在は、その形成機構に多くの謎を含み、惑星形成モデルのうちコア集積モデル、重力不安定モデルのいずれのシナリオでも形成時間、材料となるガスダスト質量等の点で問題を抱えている [3]。今後JWSTなどを用いた観測により2M0437bの大気等の特徴付けを行うことで、低質量星まわりの巨大惑星の形成機構について理解が深まることが期待される。

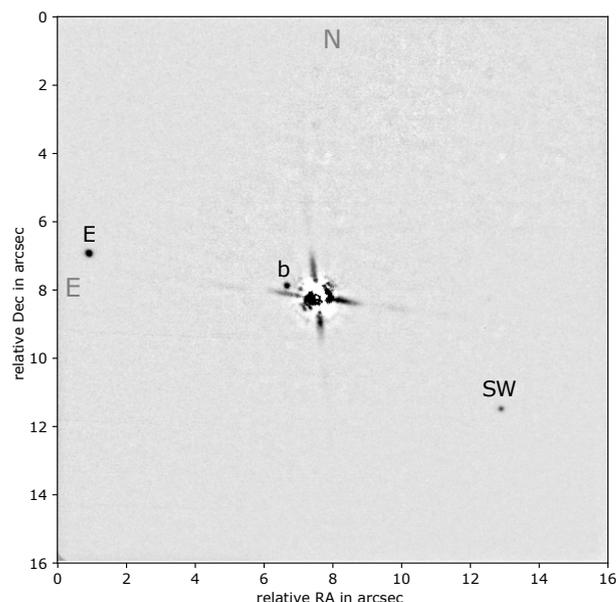


図1: IRCS+AO188で観測された2M0437の高分解能画像(視野角 $16^\circ \times 16^\circ$ ; [2]の図を一部改変)。中心の主星はPSFの一部が画像処理で引かれている。

## 参考文献

- [1] Marois, C., et al.: 2008, *Science*, **322**, 1348.
- [2] Gaidos, E., et al.: 2022, *MNRAS*, **512**, 583.
- [3] D’Angelo, G., Lissauer, J. J.: 2018, in Deeg H. J., Belmonte J. A., eds, *Handbook of Exoplanets*. Springer, Cham, p. 140.

# Advancing High-resolution Cross-correlation Spectroscopy in Characterising the Atmosphere of Exoplanets

NUGROHO, Stevanus K.<sup>1,2</sup>

1: Astrobiology Center, 2: National Astronomical Observatory of Japan

Today, we have discovered more than 5000 planets orbiting around other stars in our galaxy alone. With the modern technologies and techniques, we have begun studying their atmosphere to constrain the temperature structure, chemical composition, and atmospheric dynamics and infer their planetary formation history. One of the most powerful techniques to characterise the atmosphere of exoplanets is high-resolution spectroscopy. This technique uses the variation of Doppler shifts of the atomic/molecular planetary lines, due to its orbital motion, to disentangle it from the stationary telluric and stellar lines. The huge number of resolved and unique planetary lines are combined using cross-correlation to detect and identify specific chemical species robustly.

We developed a technique to constrain the phase variation of the planetary emission using high-resolution spectroscopy data based on our likelihood method [1], led by Miranda Herman (University of Toronto, Canada). Unlike a phase curve obtained using photometry (e.g., Spitzer, Kepler, TESS) or low-resolution spectroscopy (e.g., HST, JWST), this novel technique can extract the phase curve of each chemical species by detecting the line strength variations, phase and velocity shift simultaneously hence it can be called a "chemical phase-curve". We demonstrated it by constraining the phase-variation of Fe I emission on the day-side of WASP-33b [2] in the data sets taken using HDS on the Subaru telescope and ESPaDOnS on the CFHT. As a result, assuming the optical emission spectrum of the planet is dominated by Fe I, we found evidence that the strongest emission is shifted westward relative to the substellar point and the dayside flux is more than 10 $\times$  than the nightside flux [3].

In removing the telluric and stellar lines, a detrending algorithm (e.g. SysRem, 4, 5) is usually used to fits and removes a temporal trend in the data-set (including telluric and stellar lines). However, this process also affects the embedded planetary signal in a non-trivial way such that any line profile-dependent retrieval (e.g., chemical abundance, temperature-pressure profile) would not reflect its true value. Therefore, led by Neale Gibson (Trinity College Dublin, the Republic of Ireland), we introduced a novel method to pre-process the model correctly and efficiently replicating the effect of the detrending algorithms on the data in the high-resolution cross-correlation spectroscopy analysis. We applied this method to retrieve the temperature-pressure profile and the relative abundances of atomic species in the transmis-

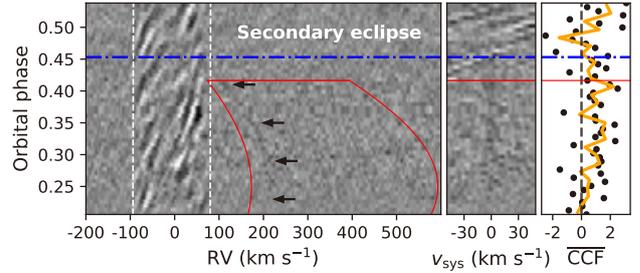


Figure 1: *left panel*: The cross-correlation map of Fe I at the telluric rest-frame detected in the HDS data used in the analysis. The white dashed line marks the projected rotational velocity of the star and shows noise pattern from the stellar pulsation. The blue dot-dashed line indicates the beginning of the secondary eclipse. The black arrows point to the planetary signal. Only the area inside the solid red lines was used in the analysis. *middle panel*: The cross-correlation map at the planetary rest-frame. *right panel*: The black dots show the mean cross-correlation function (CCF) calculated for  $\pm 4 \text{ km s}^{-1}$  from the center of the planet's signal. The orange line shows the binned-CCF by 2 exposures. [2]

sion spectrum of WASP-121b taken using UVES/VLT and found that most of the relative atomic abundances are consistent with the solar values [6].

Note that both techniques are developed to fully take the advantage of high-resolution cross-correlation spectroscopy and can be applied to emission and transmission spectroscopy.

## References

- [1] Gibson, N. P., Merritt, S., **Nugroho, S. K.**, et al. 2020, MNRAS, 493, 2215
- [2] **Nugroho, S. K.**, Gibson, N. P., de Mooij, E. J. W., et al. 2020, ApJL, 898, L31
- [3] Herman, M. K., de Mooij, E. J. W., **Nugroho, S. K.**, Gibson, N. P., & Jayawardhana, R. 2022, AJ, 163, 248
- [4] Tamuz, O., Mazeh, T., & Zucker, S. 2005, MNRAS, 356, 1466
- [5] Birkby et al. 2017, AJ, 153, 138B
- [6] Gibson, N. P., **Nugroho, S. K.**, Lothringer, J., Maguire, C., & Sing, D. K. 2022, MNRAS, 512, 4618,

# 星のゆりかごで 100 個の浮遊惑星を発見

Miret-Roig, N.<sup>1,2</sup> Bouy, H.<sup>1</sup> 田村 元秀<sup>3,4,5</sup>

1: ボルドー大学, 2: ウィーン大学, 3: アストロバイオロジーセンター, 4: 東京大学, 5: 国立天文台

## はじめに

系外惑星は太陽以外の星を周回する天体である。一方で、惑星と同じく軽量天体でありながら、系外惑星のように恒星を周回せずに宇宙空間を漂う天体の存在が、2000 年頃から日本、英国、スペインの各グループの独立な観測により明らかになってきた。これらは「(自由) 浮遊惑星 (free-floating planets)」と呼ばれている。質量が木星質量の約 13 倍より軽い天体で、近くに明るい恒星が存在しないため、宇宙空間に孤立して浮遊しているものと考えられている。

浮遊惑星は、褐色矮星と同様に、質量が小さいために核融合を起こして自ら輝くことができず、非常に暗い天体である。そのため、浮遊天体を直接に画像として捉え、そのスペクトルを調べた例は限られており、直接観測による発見自体も散発的なものに留まっていた。

## 観測・データ

ボルドー大学、東京大学、アストロバイオロジーセンターを中心とする国際研究チームは、さそり座からへびつかい座にかけての星形成領域(約 171 平方度)に着目した。この星形成領域は、大質量星から小質量星までが集団で生まれている領域としては地球に最も近い領域のひとつで、さまざまな星やその集団の形成について詳しく調べることができる領域である。

我々のチームは、世界中の観測所における過去 20 年間の可視光線および赤外線画像約 8 万枚を集約し、2600 万天体の位置、明るさ、固有運動を含むカタログ (DANCe; Dynamical Analysis of Nearby ClustErs) を作成した。DANCe カタログには、すばる望遠鏡の 2 台の広視野カメラ (Hyper Suprime-Cam と Suprime-Cam) のデータも含まれており、そのシャ-

ープな画像は天体の位置を精密に求める上で重要な貢献をした。

研究チームは、Gaia と Hipparcos という 2 つの位置天文衛星のデータを組み合わせ、星の固有運動をさらに精密に求めた結果、この星形成領域にあると推定されるおよそ 100 個もの、惑星質量と考えられる低光度天体を DANCe カタログから抽出することに成功した。浮遊惑星を、一つの領域で均質に捉えた数としてはこれまでで最多である。惑星よりも重い天体まで含めると、この領域で 3455 個の天体が同定された。

## 星の初期質量関数の低質量端と浮遊惑星の成因

浮遊惑星を含む多数の若い天体が同定された (図 1) のので、この星形成領域で「どの重さの星が、それぞれ何個生まれるか?」、つまり「初期質量関数」と呼ばれる問題に迫ることができる。とりわけ、太陽よりずっと軽い星の頻度 (低質量端) はいまなお不明である。

本研究で、太陽質量の 10 倍程度の重い星から、0.01 倍以下の浮遊惑星までの質量関数が初めて正確に求められた。この質量関数を、星形成の標準理論、つまり、分子雲が自己重力で収縮して恒星や褐色矮星が生まれるというモデルと比較すると、観測された浮遊惑星の数は、理論モデルを惑星質量まで外挿して予想される惑星数をはるかに超えることが示された。この結果は、恒星が集団で生まれて星団を形成した際に、個々の若い恒星の原始惑星系円盤の中で生まれた惑星が、惑星同士の重力散乱などにより放出され、浮遊惑星の大部分が形成されたという説を支持する。

## 参考文献:

- [1] Tamura, M. et al. 1998, *Science*, **282**, 1095
- [2] Miret-Roig, N. et al. 2021, *Nature Astronomy*, **6**, 89

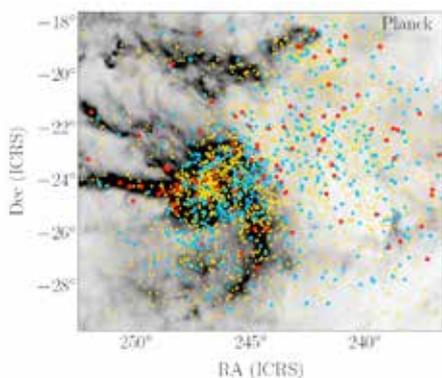


図 1: 同定された天体の分布図。赤色の●が浮遊惑星、青色の■が褐色矮星、黄色の▲が恒星質量の天体。背景は Planck 衛星のマップ。さそり座からへびつかい座にかけての星形成領域 (距離約 430 光年) で、およそ 100 個もの浮遊惑星が検出された。(クレジット: ボルドー大学)

# 惑星誕生のゆりかごを揺らすフライバイ現象

Dong, R.<sup>1</sup> 田村 元秀<sup>2,3,4</sup>

4: ビクトリア大学, 2: アストロバイオロジーセンター, 3: 東京大学, 4: 国立天文台

## はじめに

原始惑星系円盤は、若い恒星の周りに普遍的にみられる円盤状のガスと塵の集まりである。星形成の副産物でもあるが、惑星誕生の場であり、近年の高解像度観測により詳細が描かれるようになってきた。地球から約 3700 光年先の若い連星系 Z CMa は、FU Ori 星の一つで大きな変光を示す星として昔から知られていたが、その原因には議論があった。

すばる望遠鏡と HiCIAO カメラを用いた赤外線観測では、連星系を取り囲む原始惑星系円盤とその中で細長く伸びた尾のような構造が観測されていた。今回、国際研究チームのアルマ望遠鏡を用いた観測により、この「尾」の先、連星からは約 5000 天文単位の位置に、新たな天体が発見された (図 1)。

## 議論

天体同士の遭遇が起こると、円盤の形態に渦や歪み、隙間など、フライバイの痕跡といえるような変化が起こる。これらの痕跡は、天体飛来を検証するのに役立つだけでなく、その「訪問」が Z CMa とその星系で生まれる惑星の未来に何を意味するかを考えるきっかけにもなった。

フライバイ現象は、Z CMa の周りに長い「尾」が作られたように、惑星誕生のゆりかごである原始惑星系円盤を劇的に変化させることができると共に、中心星への影響も考えられる。Z CMa では円盤から突発的にガスが降り積もることによる中心星の爆発的な増光現象が知られているが、これは飛来天体が円盤を乱したことにより促進されているようだ。結果として、星系全体の発達にもまだ観測されていない未知の影響を与える可能性がある。

銀河系全体の若い星系の進化と成長を研究することは、私たちの太陽系の起源をより理解するためにも役立つ。このような事象を研究することで、私たちの太陽系がどのように発展してきたのか、過去の歴史を知ることができる。すばる・ALMA・VLA という多波長でのシャープな観測と最新の理論研究が連携することで、生まれたばかりの星で起こった珍しい飛来現象を見事に捉えることができた。

## 参考文献:

- [1] Takami, M. et al.: 2018, ApJ. **864**, 20.
- [2] Dong, R. et al.: 2021, Nature Astronomy, **6**, 331

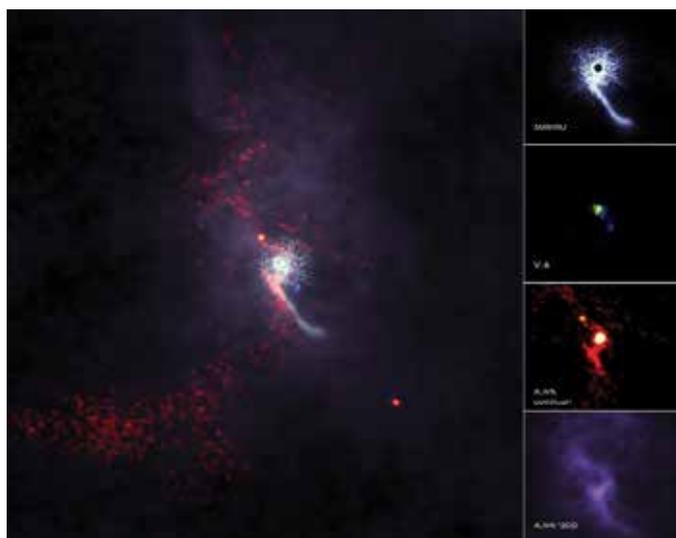


図 1: すばる望遠鏡、カール・ジャンスキー超大型干渉電波望遠鏡 (VLA)、アルマ望遠鏡による多色合成画像 (左) とそれぞれの波長で捉えた画像 (右)。(クレジット: ALMA, S. Dagnello, NAOJ)

# 分光・測光同時観測による恒星活動性由来の視線速度変動に関する研究

寶田 拓也<sup>1,2</sup>

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台

恒星表面活動による見かけの視線速度の変動(RV ジッター)は、惑星検出の妨げになる。そのため、RV法を用いて惑星探索を行う場合には、恒星活動の影響を評価し、除去・軽減することが必要となる。測光観測からは、光球面のフラックス変動を直接知ることができるため、RV法における恒星活動の評価と除去に非常に有効である。本研究では、TESS衛星による測光観測と合わせた同時RV観測を行うことで、以下のことに取り組む:1) RV観測と同時に取得した測光データを用いてRVジッターを除去する手法の検討、2) 光度変動との比較により活動度指標の振る舞いの理解。

観測ターゲットはCaII HK線の強度[1]を元に、活動が活発でありTESSによる連続観測がされる恒星を選定した。連続観測されるかどうかの判定にはtesspoint[2]を用いた。本研究では、事前調査としてTESSの観測セクター44, 45, 46に含まれる恒星を観測ターゲットとした。セクター45と46の期間中に岡山188cm望遠鏡とHIDESによるRV観測を同時に行った。規格化されたフラックスに対する周期解析から、恒星の自転周期を5.4日と決定した(図1)。図2は、RVとTESSライトカーブを重ね合わせたものである。この図からは、RV変動幅が次第に小さくなっていることが分かる。これは活動性が次第に弱くなっていることが原因と考えられる。また、バイセクター・スパン(BIS)とRVの相関から(図3)、RVの変調は恒星活動によるものであることが示唆された。

黒点をもたらすRV変動の程度を見積もるため、starry [3]を用いてライトカーブのフィッティングを行った。各セクターについて、黒点の数は2つに固定し、スポットの大きさを自由パラメータとした。その結果、光球面を黒点が占める割合(fspot)と予想されるRV変動(RVspot)について、セクター44で(fspot, RVspot) = (8%, 200m/s)、セクター45で(3%, 80m/s)、セクター46で(2%, 60m/s)と見積もられた。セクター45と46では、観測されたRVのRMSがそれぞれ100m/sと50m/sであり、光度曲線フィッティングから得られた値と概ね一致している。これは、測光観測によってRV変動の大きさを推定することが可能であることを示唆している。今後、測光観測とRV観測のデータを同時に用いたRVジッター除去手法の検討を進める。

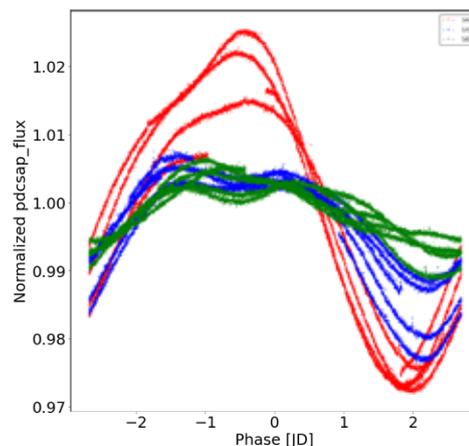


図1: 自転周期で折りたたんだライトカーブ。赤、青、緑はそれぞれセクター44, 45, 46に対応している。

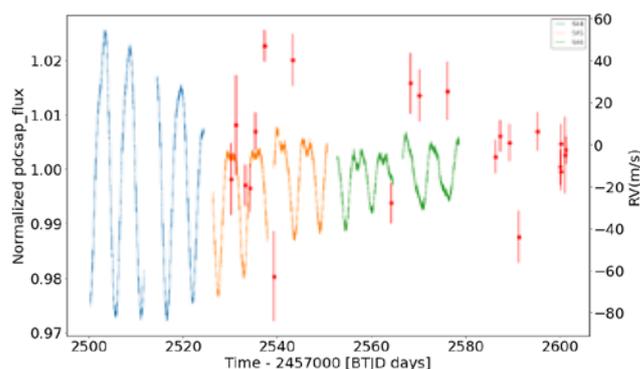


図2: TESSによって得られたライトカーブとRV。青、橙、緑の線はそれぞれセクター44, 45, 46に対応している。

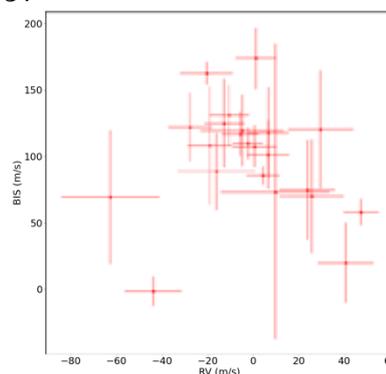


図3: バイセクター・スパン(BIS)とRVの関係

## 参考文献

- [1] Boro Saikia S., et al., 2018, A&A, 616, A108.,
- [2] Burke C.J., et al., 2020, ascl.soft. ascl:2003.001
- [3] Luger R., Agol E., et al., 2019, AJ, 157,

# 巨大なコアを持つ巨大惑星の形成

堀 安範<sup>1,2</sup>

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台

## 概要

太陽系外の巨大惑星のなかには、非常に重元素に富む、高密度な巨大惑星（例えば、HD 149026 b や TOI-849 b）が発見されている。特異な巨大惑星の起源として、惑星同士の巨大衝突によるコアの合体とそれに伴う水素・ヘリウム主体の外層の流失が提案されている。近年、巨大惑星の形成過程として、微惑星よりも小さな cm サイズの小石（ペブル）の集積が注目され始めている。そこで、本研究では、原始惑星系円盤の進化と小石集積モデルを組み合わせた N 体計算を実施し、巨大なコアを持つ巨大惑星の形成過程を検証した。その結果、小石集積で形成された惑星コアは巨大衝突を経て、巨大なコアを生成すると同時に、大気損失を経験する。この時、磁気駆動円盤風と中心星の X 線照射による光蒸発で円盤ガスが急速に散逸する状況では、惑星コアは巨大衝突を経験する前に、十分な円盤ガスを獲得できないため、最終的に外層が少ない、非常に重元素に富んだ高密度な巨大惑星となる。一連の N 体シミュレーションの結果は、観測されているトランジット巨大惑星の質量と推定される重元素総量の関係もよく再現する。

## 高密度な巨大惑星の起源

トランジット巨大惑星の内部構造モデルから、太陽系外の巨大惑星に含まれる重元素量が推定されている。巨大惑星のなかには、地球質量の 40 倍以上もの重元素量を含有する巨大惑星（例、HD 149026 b [1] や TOI-849 b [2]）の存在が報告されている。巨大惑星の標準的な形成シナリオであるコア集積モデルでは、惑星コアが地球質量の 10 倍程度まで成長する [3] と、周囲の円盤ガスを暴走的に捕獲し始める [4]。暴走ガス捕獲段階で新たに降着する微惑星量は地球質量の数倍程度と推定される [5] ため、分厚い外層を纏った比較的低密度で、重元素の少ない巨大惑星となる。そこで、重元素リッチな巨大惑星の起源として、惑星コア同士の巨大衝突で巨大なコアを持つ惑星の形成シナリオが提案された [6]。本研究では、巨大惑星の形成シナリオに基づいて、実際にこうしたプロセスで巨大なコアを持つ巨大惑星が形成されるか否か、原始惑星系円盤の進化を組み込んだ N 体計算で検証した [7]。巨大惑星形成の枠組みとしては、近年注目されている、微惑星よりも小さな cm サイズの小石集積モデル [8] を採用した。

## N 体計算：高密度な巨大惑星の形成

図 1 は形成された巨大惑星の質量と最終的な重元素の総量を表している。内部構造モデルから推定されるトランジット惑星の重元素量 (○) と質量の半経験的な関係 [9] は破線で示している。各色の○は、パラメータとして採用した、原始惑星系円盤中

の小石供給量に対応した各モデルで形成された巨大惑星を示している。本研究で明らかとなった、重元素に富む巨大惑星の誕生プロセスは以下の通りである。小石集積で形成されたコア同士は巨大衝突を経て、巨大なコアへと成長する。その衝突イベントで外層の一部は剥ぎ取られる。もし周囲の円盤ガスが急速に散逸するケースでは、惑星コアは巨大衝突を経験する以前に十分な円盤ガスを獲得できていないため、最終的に衝突合体した巨大惑星は分厚い外層をまとわない、巨大なコアを持つ惑星、すなわち非常に重元素に富んだ巨大惑星となる。さらに、一連の N 体シミュレーション結果は、観測されているトランジット巨大惑星の質量と推定される重元素総量の関係をよく再現する。

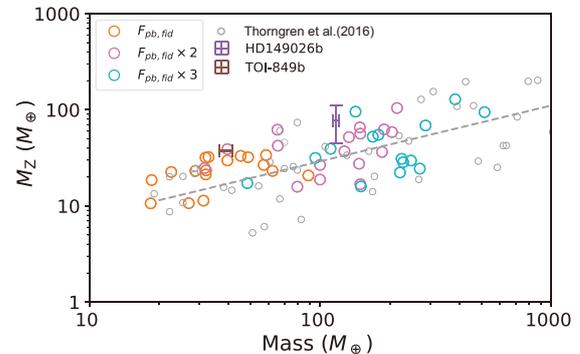


図 1 巨大惑星の質量と重元素量の関係

## 謝辞

本研究は萩原正博氏（李政道研究所）、國友正信氏（久留米医科大学）、黒崎健二氏（名古屋大学）との共同研究であり、The Astrophysical Journal にて出版されている。

## 参考文献

- [1] Sato, B., Fischer, D. A., Henry, G. W., et al. 2005, ApJ, **633**, 465.
- [2] Armstrong, D. J., Lopez, T. A., Adibekyan, V., et al. 2020, Nature, **583**, 39.
- [3] Mizuno, H. 1980, Progress of Theoretical Physics, **64**, 544.
- [4] Bodenheimer, P. & Pollack, J. B. 1986, Icarus, **67**, 391.
- [5] Shibata, S. & Ikoma, M. 2019, MNRAS, **487**, 4510.
- [6] Ikoma, M., Guillot, T., Genda, H., et al. 2006, ApJ, **650**, 1150.
- [7] Ogihara, M., Hori, Y., Kunitomo, M., et al. 2021, A&A, **648**, L1.
- [8] Lambrechts, M. & Johansen, A. 2012, A&A, **544**, A32.
- [9] Thorngren, D. P., Fortney, J. J., Murray-Clay, R. A., et al. 2016, ApJ, **831**, 64.

# エウロパ表面の塩物質組成制約に向けた近赤外スペクトル観測

丹秀也<sup>1</sup>, 関根康人<sup>1</sup>, 葛原昌幸<sup>2,3</sup>

1: 東京工業大学地球生命研究所, 2: アストロバイオロジーセンター, 3: 国立天文台

木星の衛星エウロパは表面を水氷に覆われているが、その下部には広大な液体の地下海が存在するとされている [1]。氷表面には塩物質が見られ、これら地下海の海水組成を反映したものと考えられている。海水組成は地下海における生命の存在可能性の議論において必須の情報であるため、表面塩物質の組成が推測されてきた (e.g., [2])。近年では高波長分解能での望遠鏡観測が行われ、表面塩物質の主成分は塩化物である可能性が示唆されている [3]。しかし高波長分解能のスペクトルデータは主に 1.5–2.5  $\mu\text{m}$  の波長範囲に限られるため、より具体的な組成はまだ明らかとなっていない。本研究ではすばる望遠鏡の IRCS を用いてエウロパ表面を観測した [4]。IRCS を用いることで近赤外波長帯域での分光観測が可能になる。また、補償光学装置 AO188 を利用することでエウロパの表面を細かく分解することにも成功した。これにより、 $\delta\lambda \sim 25 \text{ nm}$  の非常に低い波長分解能でしかデータの得られていなかった 1.0–1.5  $\mu\text{m}$  の波長域を含む近赤外波長域について、 $\delta\lambda \sim 1\text{--}2 \text{ nm}$  の先行研究より高い波長分解能で反射スペクトルを、エウロパ表面の複数の興味深い領域に対して取得した (図 1)。

エウロパ表面で塩化物が塩化マグネシウム水和塩 (i.e.  $\text{MgCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ) などの水和塩として存在する場合、反射スペクトルの 1.2  $\mu\text{m}$  付近の波長において特有の吸収構造が

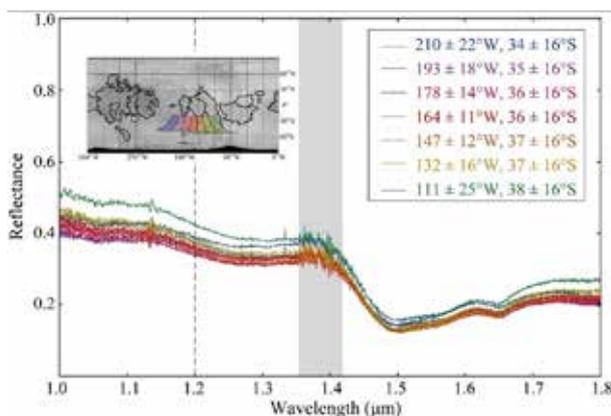


図 1 エウロパ表面の反射スペクトルの一例。水和塩の塩化物が存在する場合に想定される、1.2  $\mu\text{m}$  付近の特異的な吸収構造は見られない [4]。

現れることが想定される (図 2)。しかし今回取得した観測スペクトルでこれらは明瞭には見られなかった (図 1)。さらに、候補となる水和塩の吸収の深さと観測スペクトルのノイズレベルの比較により、水和塩のうち特にマグネシウム塩の含有量は  $\sim 10\%$  以下の低い値に限られることが示された (図 2)。この結果は塩物質が塩化物の場合、その主成分は塩化ナトリウムなどのナトリウム塩である可能性を示唆する。本研究の結果は、地下海はナトリウムに富んでいるとする近年の説 [5] を支持する。

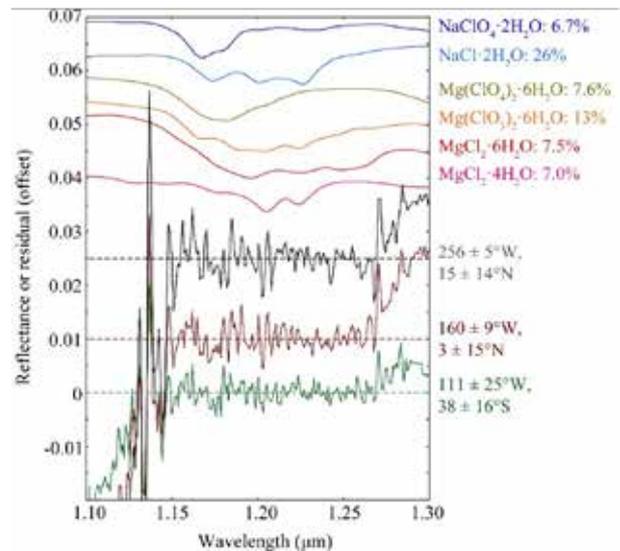


図 2 1.2  $\mu\text{m}$  付近の波長域におけるノイズと想定される水和塩の吸収深さの比較。上 6 つは右に示した物資から期待されるスペクトル。下 3 つは本研究の観測に基づくエウロパのスペクトル。Mg を含む水和塩の含有量の上限値は  $\sim 10\%$  以下と推定される [4]。

## 参考文献

- [1] Kivelson M. G., Khurana K. K., Russell C. T. et al., 2000, *Science*, **289**, 1340
- [2] Tan S., Sekine Y., Shibuya T. et al., 2021, *Icarus*, **357**, 114222
- [3] Fischer P. D., Brown M. E., Trumbo S. K. and Hand K. P., 2017, *AJ*, **153**, 13
- [4] Tan, S., Sekine, Y., Kuzuhara, M., 2022, *PSJ*, **3**, 70
- [5] Brown, M. E., & Hand, K. P., 2013, *AJ*, **145**, 110

# VLT/MUSE を用いた質量降着中の惑星探査

橋本淳<sup>1,2,3</sup>

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

惑星は銀河系内に普遍的に存在する。原始惑星系円盤内で形成中の惑星を検出することは惑星形成過程の解明における鍵となるパラメータ、例えば形成場所や形成時期、に重要な制限を与える。最近、水素輝線を用いた、円盤中で形成中の質量降着中の惑星を探索する新しい手法が用いられた。水素輝線の詳細な発光メカニズムは現在研究中であるが、一般には惑星表面（もしくは惑星近傍の周惑星円盤）に自由落下速度で衝突した降着ガスから発せられるものと考えられている。使用するモデルの縮退や知られていないパラメータのために不定性はあるものの、輝線強度と輝線形状を測定することで、惑星質量、質量降着率、惑星表面の輝線発光領域などの情報が得られる [1]。全体的に見れば、降着中の惑星である PDS 70b&c は、質量を数木星質量で、質量降着率は  $10^{-8} M_{\text{Jup}} \text{ yr}^{-1}$  以上である。

質量降着中の惑星を探索する最も強力な観測装置の一つは VLT/MUSE である。PDS70b&c の 2 つの降着中の惑星は MUSE によって発見された。しかし、MUSE の輝線広がり関数 (LSF) は各スライスや各 spaxel ごとに異なる。輝線が非常に強い場合、輝線の強い領域付近では図 1(a) と (b) のようにストライプが生じる。これに従来の手法で主星を除去した場合 ([1])、図 1(d) に示すように引き残りが大きい。従来の手法では、全てのスペクトルから参照スペクトルを構築していることによるかもしれない。上述の通り、各々のスペクトルの LSF は異なっているため、異なる LSF を持つ参照スペクトルが必要である。そこでストライプを正しく除去するために、各々のスペクトルと最も相関の高いスペクトル 3 つを選び、それらを使って各々のスペクトルの参照スペクトルを構築した。その結果、図??(c) と (d) で示すように、ストライプの除去に成功し、より綺麗な引き算画像が得られた。従来の手法に比べると検出限界は約 3 倍ほど向上した。

この新しい手法を PDS 70 の観測データに適用して、惑星を有意に検出できるが確認した。観測データは文献 [1] で用いられているデータを使った。その結果、PDS 70b と c をそれぞれ SN 比 13.7 と 6.1 でそれぞれ検出出来たことを確認した。

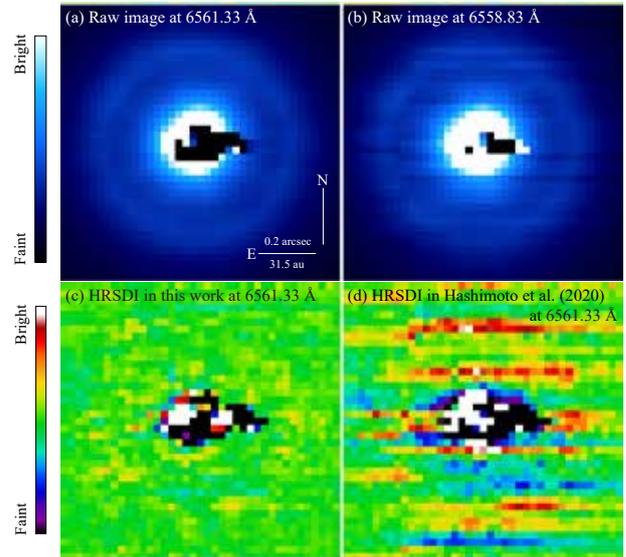


図 1 RU Lup におけるストライプの例。(a と b)  $H\alpha$  (6562.8 Å) に近い 6561.33 と 6558.83 Å のチャンネルマップ。6558.83 Å のチャンネルマップには明らかなストライプが見える。(c と d) 従来の手法 ([1]) と本研究で用いた手法による 6561.33 Å のチャンネルマップの引き算画像の比較。検出限界は約 3 倍ほど向上した。

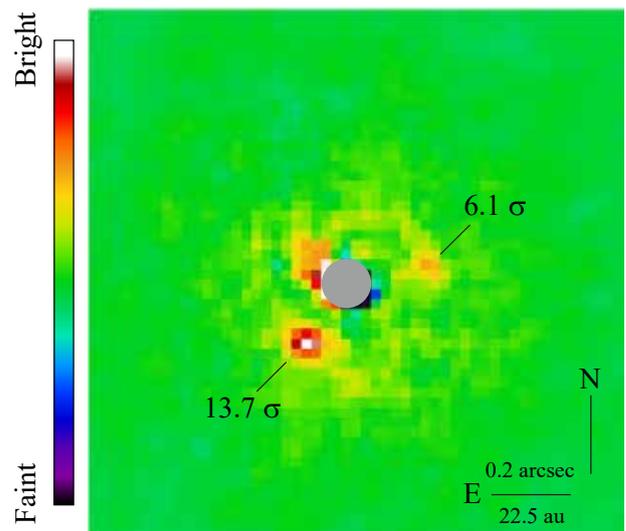


図 2 新しい解析手法を適用した PDS 70 の  $H\alpha$  画像。

## 参考文献

[1] Hashimoto, J. et al.: 2020, A.J, **159**, 222.

# 赤外線利用型藻類の系統進化に関する研究

小杉真貴子<sup>1,2</sup>, 原光二郎<sup>3</sup>, 亀井保博<sup>4</sup>, 工藤栄<sup>5</sup>, 菓子野康浩<sup>6</sup>, 小池裕幸<sup>7</sup>

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

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<sup>[1,2]</sup>。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<sup>[3,4]</sup>。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いることを初めて明らかにした<sup>[5,6]</sup>。私達はナンキョクカワノリにおいて赤外線吸収を担う新規のアンテナ蛋白質 Pc-frLHC を同定した。2022年度は、Pc-frLHCの進化的な側面を探るため、ナンキョクカワノリの近縁種における類似蛋白質の探索と、長波長光が卓越する環境中から新たに藻類の培養を行った。Pc-frLHCの全アミノ酸配列と類似のアミノ酸配列を持つ蛋白質をデータベースから検索すると、同じ *Trebouxia* 藻綱に属する緑藻1種のクロロ

フィル結合アンテナ蛋白質と最も相同性が高かった。この緑藻は土壌藻類で極域にも生育する。この培養株を様々な光環境で培養し、クロロフィル吸収と蛍光スペクトル特性を解析すると、遠赤色光で培養した際に長波長吸収型クロロフィルが少量ではあるが発現した。ナンキョクカワノリと同じ手法でこの蛋白質の単離精製を試みたが、非常に不安定で精製には至っていない。分光学的特性と複合体の分子量は Pc-frLHC と同様であった。

赤外線利用型アンテナ蛋白質を持つ藻類の新規単離培養は、極域で採取した土壌サンプルを用いて行った。貧栄養、白色光、2°Cの条件での長期培養で寒天培地上に形成された藻類コロニーを液体培地に移し培養株を得た。現在、顕微鏡観察と藻類同定用のプライマーを用いたDNA配列決定により種の同定を進めている。今後、赤外線の卓越した環境での培養を行い、長波長吸収型クロロフィルの発現の有無を調べていく。

## 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

# 量子化学計算を用いた近赤外利用光合成色素の探索： 中心金属の効果の調査

小松 勇<sup>1,2</sup>, 滝澤 謙二<sup>1,3</sup>

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

太陽系外惑星のバイオシグネチャーとして、レッドエッジなど光合成由来の分光学的特性の同定に興味を持たれる。現在の観測ターゲットである M 型矮星周りでは近赤外線光が卓越し、そのような光環境で光合成がどのように実現され、その痕跡がどう観測されるかが議論されている。一方、光合成の光吸収、励起エネルギー移動、電子移動などの役割を持つ光合成色素クロロフィルのクロリン環の中心にはマグネシウム、種によっては亜鉛が配位しており、進化の途中段階ではこれら以外の元素が獲得されていた可能性もある。これらの中心金属が色素の物性をどのように調整してきたかは系統的に調べられていない。

本研究では近赤外光を利用し、光合成色素として機能し得る分子を探索するために、量子力学の範囲で原子分子の状態を算出する量子化学計算を用いていくつかの分子の物性が既存の光合成色素のものからどのように変化するかを調べた [1]。バクテリオクロロフィル *b* (Bchl *b*)、フタロシアニン (Pht)、*meso*-ジベンゾポルフィセン (*m*DBPc) の光合成色素や人工色素を鋳型に (図 1)、中心金属 (Be, Mg, Ca, Ni, Zn, Sr, Pd, Cd, Ba, Pt, Hg, Pb, H<sub>2</sub>)、4 種の溶媒の条件を振って、(1) 光物性、(2) 酸化還元的性質、(3) 金属の脱離のしやすさを網羅的に評価・比較した。

その結果、中心金属を替えるだけで最低励起状態の推定波長に 80 nm 以上の大きな幅が見られることが一般的な傾向としてみられた。第 2 族元素などの原子半径が大きいものは分子から脱離しやすいことも推定されたが、Pb を中心金属として持つ場合、原子半径が比較的大きいものの、より長波長を吸収しつつ既存の分子と近い物性を示すことなどが示された。生体に毒である Pb をベースにする光合成色素の可能性を考えると、長い波長の光の獲得が前生物的な段階で重要であれば、上記の条件を満たしつつ実現されることがあるのかも知れない。

Pht は酸化還元的性質がクロロフィル類と近い一方、低エネルギーの吸収帯である Q<sub>y</sub> 帯の波長は短い。これより、類似分子の環構造を大きくして長波長の光を吸収でき

れば光合成色素に近い性質を示す可能性があることが示唆された。

また、*m*DBPc はコンパクトな分子構造の割に吸収波長は 1,000 nm 以上に達するが (図 2)、酸化還元的性質としてはクロロフィル類から遠いものになってしまうことがわかった。このような分子が近赤外光を捕集する補助色素として有効に働く可能性もある。

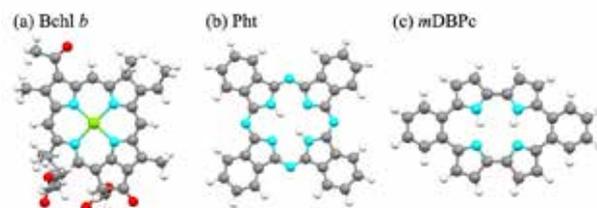


図 1 (a) バクテリオクロロフィル *b* (Bchl *b*), (b) フタロシアニン (Pht) and (c) (*cis*-) *meso*-ジベンゾポルフィセン (*m*DBPc) の分子構造を示した [1]。

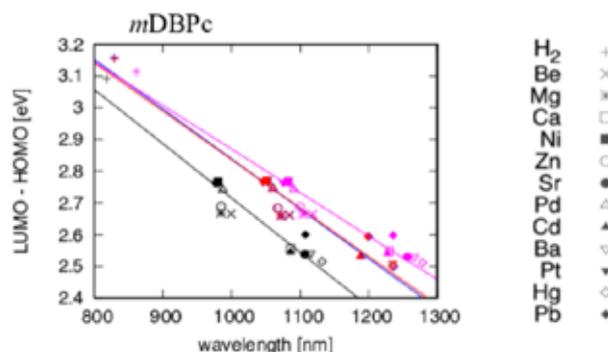


図 2 *meso*-ジベンゾポルフィセン (*m*DBPc) の最低励起状態の波長を、中心金属、溶媒の広い条件でプロットした ([1] の図を改変)。縦軸は対応する軌道エネルギーの差 (HOMO-LUMO ギャップ) を示している。

## 参考文献

- [1] Komatsu, Y., Takizawa, K.: 2021, A quantum chemical study on the effects of varying the central metal in extended photosynthetic pigments, *Physical Chemistry Chemical Physics* **23**(26), 14404.

# 光合成研究から始めるアストロバイオロジー

滝澤 謙二<sup>1,2</sup>, 日下部 展彦<sup>1,3</sup>,

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: 国立天文台

アストロバイオロジーセンターでは 2015 年の発足以来、太陽系外惑星生命探査の指標として、光合成生物由来のシグナルに注目してきた。2021 年 12 月のジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡打ち上げにより、系外惑星観測が新たな局面を迎える今、さらに多くの光合成研究者がアストロバイオロジーへ参入することを促すために、日本光合成学会誌に表紙 (第 31 巻第 2 号) とトピックス記事 (第 31 巻第 3 号) [1] を寄稿した。

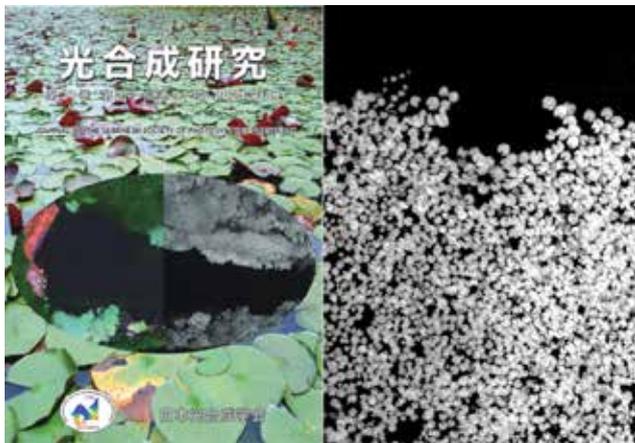


図 1: 光合成研究第 31 巻第 2 号の表紙 (左) と裏表紙に掲載されたスイレン浮水葉の近赤外写真 (右)。

光合成研究者は半世紀以上にわたり、様々な分光学的手法を駆使して植物の生体内の光応答反応を測定し、難解な光合成の仕組みを解明してきた。近年は基本的な反応機構がほぼ明らかとなり、研究対象はその環境適応の解明に移りつつある。光合成研究の場は実験室から野外へと広がり、さらには地球観測衛星による植生リモートセンシングにも応用され始めている。

植物が仮に地球以外の惑星上に存在したとしても、大型の光学装置を用いて同様の観測が可能である。系外惑星上の植物は地球とは異なる形態である可能性が高いが、その分光学的特徴は光合成の光環境適応から推測することができる。

系外惑星研究と光合成研究は一見何の関連もないように思えるが、実は親和性の高い研究領域であり、系外惑星は光合成研究の新たなフィールドとなり得る。両者が協働することで、近い将来惑星上に植物の痕跡を発見できるかもしれない。

## 参考文献:

[1] 滝澤、日下部: 2021, 光合成研究, 31 (2)

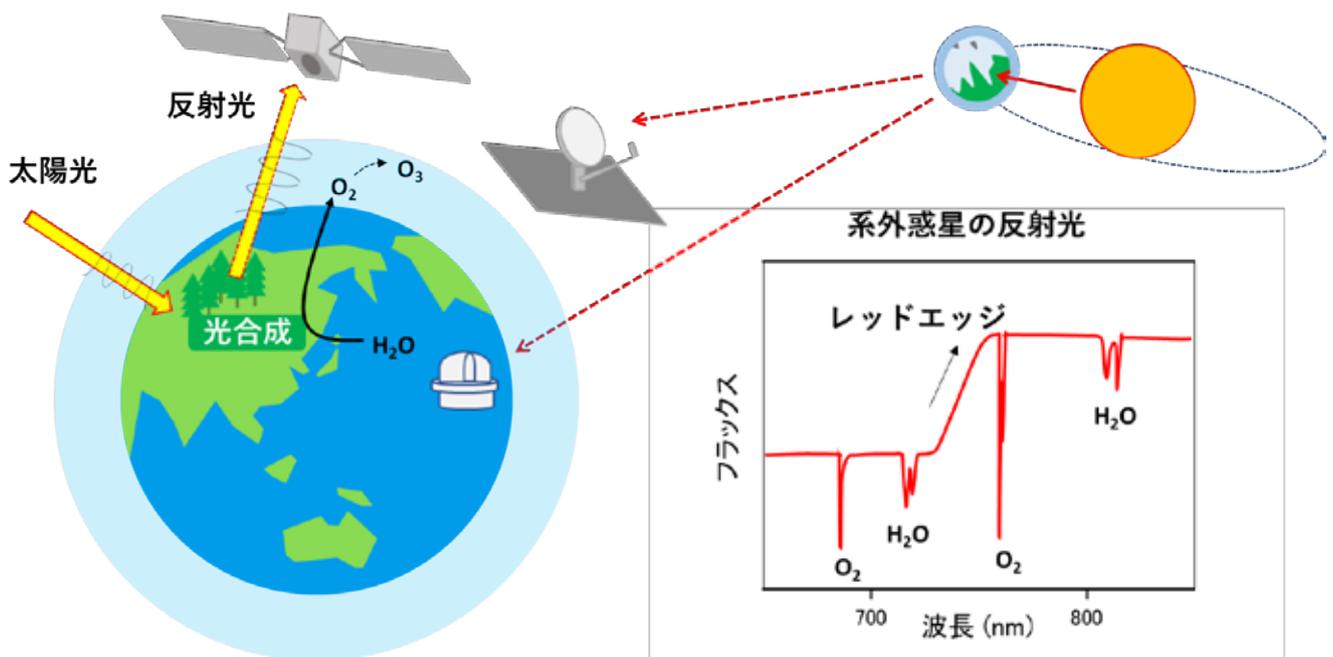


図 2: 地球観測衛星による植生リモートセンシングと望遠鏡による太陽系外生命探査の概念図 ([1] の図 1 を改変)。

# 生命に及ぼすプラズマの影響

定塚勝樹<sup>1,2,3</sup>

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

プラズマは気体分子が電離した状態で、固体・液体・気体に次いで物質の第四の状態と呼ばれ、極めて反応性が高い。近年、大気圧でプラズマを発生させる技術が確立し、その応用が医学・農学分野にまで拡大している。その一方でプラズマに応答する生命活動の基礎的理解はほとんど進んでいない。その一因はプラズマ生成に伴う発熱で、従来の装置では70°C以上に上昇する。これにより、熱ショック応答や致死となってしまう、プラズマ刺激が誘導する応答を調べるのが困難であった。この問題を克服するために、プラズマ作用点での温度を制御可能な装置を新たに開発して、細胞に熱ショックを与えることなくプラズマを直接作用させ、細胞応答の解析システム(図1)を確立した。

真核生物のモデル生物である出芽酵母を使い、プラズマ直接暴露に対する応答を、細胞の網羅的遺伝子発現変動(RNA-seq法)を観察して調べた。その結果、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>刺激に対する応答に類似した抗酸化応答が観られた。

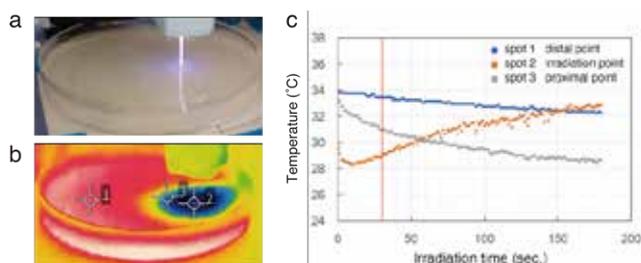


図1. プラズマ照射による温度変化の測定: a. 寒天培地上に細胞をスポットして照射している様子。b. プラズマ照射に伴う温度変化をサーモカメラで測定した。c. プラズマ照射ポイント(spot 2)、周辺領域の温度測定結果。酵母の至適生育温度である30°C付近に温度が維持され、30秒照射で温度変化は2°C以内であることがわかる。

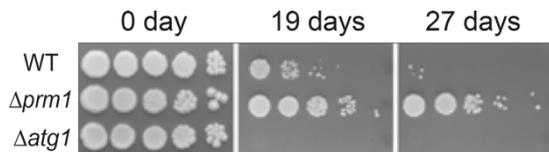


図3. プラズマ耐性変異株の栄養飢餓耐性能: 増殖途中の細胞をN源を除いた培地に移して、栄養飢餓に対する生存率の変化を調べた。栄養飢餓に高い感受性を示すオートファジー欠損変異株(atg1)は直ちに死滅する。野生株でも27日後には死滅するのに対して、prm1変異株は耐性能を示す。

た。さらにプラズマ特異的な応答が生じていることが判明した(図2)。

酵母細胞にプラズマ照射を行うと、照射時間に応じて細胞の致死率が上昇する。同じ酵母でも進化的に遠く離れた2種の酵母(出芽酵母と分裂酵母)でそれぞれ独立にプラズマ耐性になる変異体を単離して、その原因遺伝子を同定した。それら遺伝子の解析を進めたところ、両方で保存された遺伝子(PRM1と呼ぶ)の変異により、2種の酵母で同様にプラズマ耐性になることが判明した。出芽酵母でPRM1欠損株を用いてプラズマ照射に対する応答を調べた結果、野生株でプラズマ刺激に特異的に観られた細胞応答がprm1欠損株ではプラズマ照射前から既に活発に働いている様子が観察された(図2)。これらの応答がプラズマ刺激に対する耐性能に重要な役割を果たす可能性が示唆される。

プラズマ耐性能を示すprm1欠損株はまた、栄養飢餓に対して、野生株以上に強い耐性能を示すこともわかってきた(図3)。プラズマ耐性能と飢餓に対する耐性の関係についても研究を進める。

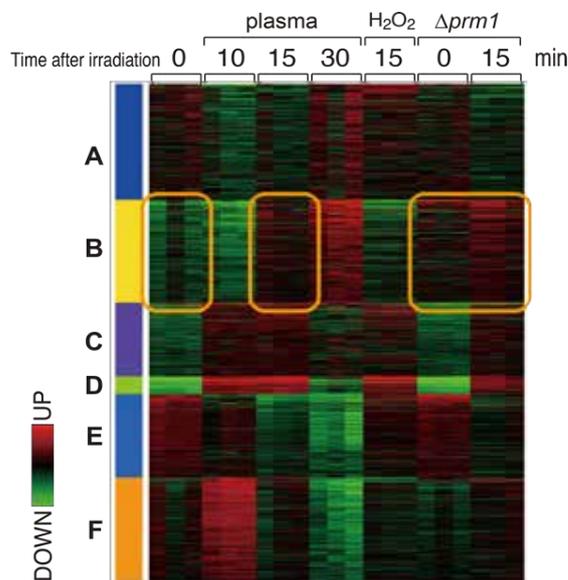


図2. プラズマ照射が誘導する細胞応答のRNA-seq法による解析: プラズマ照射前(0)と照射10, 15, 30分後の細胞を使い発現解析した。プラズマ特異的な応答がB群で観られる。prm1変異株ではB群の活性化が照射前(0)で既に観察でき、プラズマ照射によりさらに活性化される様子が見られる。

# 大腸菌における細胞集団の時空間的自己組織化

藤田 浩徳<sup>1,2</sup>

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 基礎生物学研究所

自然界には、銀河系などの天文学的スケールから雪の結晶の様な顕微鏡スケールまで、様々な時空間スケールにおいて自己組織化が見られる。特に生物は自己組織化の宝庫であり、生命現象のあらゆる場面において見出される。その中でよく知られている例として、細胞性粘菌がある。この生物は、飢餓シグナルが引き金となり、単細胞アメーバから多細胞からなるナメクジ状の移動体へと、非常にダイナミックな時空間的自己組織化を行う。この顕著な自己組織化は、シグナル分子 cAMP を中心とした 3 種の条件 (A1) cAMP の振動的変動、(A2) cAMP を介した細胞間相互作用、(A3) cAMP に対する走化性 (cAMP 濃度の高い方に移動する性質) が本質的に重要であると考えられる。そこで本研究では、単細胞モデル生物である大腸菌に対して合成的実験手法を積極的に適用することにより、“細胞集団の時空間的自己組織化の合成的研究”を切り拓き、その創発機構の理解を目指す。合成的手法は人工的に実験系を構築・再構成することにより、一般的な生物学実験に比べて格段に自由に実験条件を制御・変更することができる際立った利点を有している。

大腸菌は (B3) Asp (アスパラギン酸) に対する走化性を有しており、これにより周期的なコロニーパターンが自己組織的に形成されることが知られている (図 1 A) [1]。そこで細胞性粘菌とのアナロジーから、(B1) Asp の振動的変動と (B2) Asp を介した細胞間相互作用、を人工的 (合成的) に組み込むことにより、ダイナミックな時空間的自己組織化の創発が期待される。そこで、条件 (B1) は、先行の合成的研究 [2] を参考にし、aspC (Asp 合成酵素遺伝子) を振動プロモーターの  $P_{lac-ara-1}$  の制御下に置くことにより、Asp 振動系の構築が期待できる。また、同様に合成的研究 [3] を参考にし、融合タンパク質 Taz による細胞外の Asp 濃度依存的にプロモーター  $P_{ompC}$  を誘導する系を利用することにより、条件 (B2) を組み込むことが期待できる。以上の条件を満たしたプラスミドは構築が完了している。以降は、これらプラスミドを順次大腸菌に組み込み、それらの細胞集団の時空間的自己組織化への影響を検証する予定である。

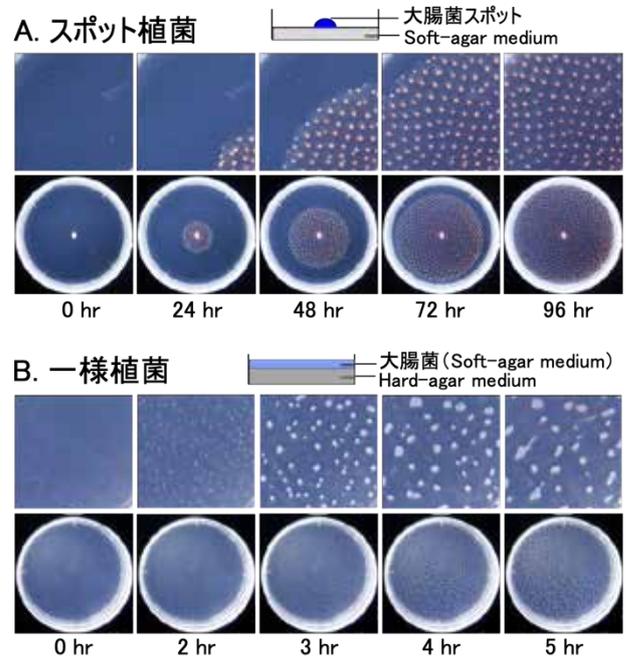


図 1: 大腸菌細胞集団による自己組織化

一方で、大腸菌の自己組織的パターン形成は、寒天培地の中心にスポット状に植菌することにより、それが外側へ広がりつつ周期的パターンを形成する培養条件が今まで用いられてきた (図 1 A) [1]。しかし、様々な培養条件において検証することは、時空間パターン形成を理解する上で重要である。そこで、大腸菌を均一に懸濁させた寒天培地を用いた培養系を新たに確立した (図 1 B)。この培養系では、培地の全面からコロニースポットが同時に立ち上がり (図 1 B, 2hr)、その後、それらのスポットが順次融合する動的な時空間動態が観察された (図 1 B, 2-5hr)。今後、これらの培養系を用いて解析を行う予定である。

## 参考文献:

- [1] Budrene, E., Berg, H.: 1991, *Nature*, **349**, 630–633
- [2] Stricker J. et al.: 2008, *Nature* **456**, 516–519
- [3] Michalodimitrakis, K.M. et al.: 2005, *Mol. Microbiol.* **58**, 257–266

# 星惑星系形成の初期物理条件の研究

神鳥 亮<sup>1</sup>

1: アストロバイオロジーセンター

## 2021 年度に実施した研究

星惑星系形成の初期物理条件に関する研究を行った。特に、私は、我々の太陽のような単独星（連星ではない、単独の主星からなる系）の形成機構と、様々な円盤や惑星系を生み出す多様性の起源がどこにあるかに興味がある。

系外惑星の研究課題は、大きく二つに分けられる。一つは、既に形成された惑星系の探査や物理・化学的特性の特徴づけの研究である。もう一つは、多様な円盤や惑星系がどのようにして誕生したのかを起源を探る研究である。我々が、惑星とは何かを本当に理解するためには、この二つの研究の両方が必要になる。

生命を宿す惑星を育むためには、長期的に安定的な惑星環境が保持されることが必要になると思われるので、軌道の安定性までを含めたエネルギー供給の安定性を考慮すると、単独星の方が連星・多重連星系よりも望ましいと考えることは自然である。単独星の形成機構を知ることは、我々の太陽の起源を知ることに繋がる。

星惑星系や星円盤系に対する直接の母体となるのは、分子雲コア（分子雲内のガスと塵の濃密な塊）である。星形成パラダイムでは、分子雲コアは、分子雲内にできたフィラメント状構造の分裂により形成されると考えられている。分子雲コアの形成機構と、星惑星系形成に向けてコアが自己重力収縮するときの物理量の測定と、単独星や円盤の形成機構の解明が必要である。円盤からの惑星系の形成機構の部分は、単独星と円盤からなる系の性質さえ分かっていたら、問題を切り分けて、円盤からの惑星系形成の部分だけを個別に研究することもできると思われる。

分子雲コアから単独星形成と円盤形成を考えると、最も重要になる物理量は、「回転」である。なぜなら、後に形成される円盤の物理量は、遠心力釣り合い半径で決まり、主星が単独星になるか連星になるかにも、回転が大きく寄与することが理論的にもわかっているからである [1]。

物理量として、分子雲コアの初期回転だけがわかっているならば、それで十分だろうか。そのようにはならない。なぜなら、コア回転は、磁気ブレーキによる角運動量輸送により減速されるからである。一般に、ブレーキの効き方は、

「踏む力」と「踏んだ時間」により決まる。磁気ブレーキの場合について考えるならば、それによるコア回転の減速のされ方は、「磁場強度（質量磁束比）」と「タイムスケール」で決まる。コア中心付近で星惑星系が形成されるときの、その場所での角運動量は、分子雲コアの初期回転と磁気ブレーキにより決定される。その具合により、主星が単独星になるかどうかと、円盤の物理量が決まることになる。

分子雲コアの磁場強度とタイムスケールを知ることは、コアの力学的安定性を知ることとほぼ等価である。例えば、熱・乱流・磁場などの寄与により自己重力に対して支持可能な質量のことを臨界質量と呼ぶことにすると、実際のコア質量が臨界質量の二倍以上ある場合は、そのような重力優勢な不安定な構造は、自由落下時間で崩壊することがわかる。現在までにわかってきた、分子雲コア力学的安定性は  $\approx 1$ （熱・乱流・磁場の全てを考慮すると、ほぼ臨界 [2,3,4]）である。力学的安定性の測定には、数割の誤差が見込まれるため、臨界に近いという結果は、実際には、やや亜臨界である可能性までも含む。分子雲コアは、自由落下時間に対して十分に長いタイムスケール（自由落下時間の数倍から 10 倍程度）を持つことがわかってきた。力の釣り合いの取れた構造を考えるならば、コアの内部構造は、磁気平衡解に近くなければならないだろう [5]。

星惑星系形成においては、釣り合った初期構造からのコア進化や、長い進化時間の中で磁気ブレーキが効くシナリオの考慮の必要性が、観測からわかってきたと言えると思う。このような条件での理論シミュレーションは存在しないため、観測と理論が協力しながらの今後の研究の進展が期待される。我々は、まだ、太陽と太陽系をきちんと説明できる、コアから星惑星系までを一撃ぎにした枠組みすら持っていないことを、認識しておく必要があると思う。

## 参考文献

- [1] Machida, M. et al., 2008, ApJ, **677**, 327
- [2] Kandori, R. et al., 2020, ApJ, **888**, 120
- [3] Kandori, R. et al., 2020, ApJ, **891**, 55
- [4] Kandori, R. et al., 2020, PASJ, **72**, 8
- [5] Tomisaka, K. et al., 1988, ApJ, **335**, 239

# 偏光撮像

周藤 浩士<sup>1,2</sup>

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台

## プロトタイプ製作

本報告は前回に続く偏光測定方法について触れる。測定に使用する液晶リターダー [1] は fast-axis と slow-axis の位相差量を秒以下で切り替えることが可能であり、偏光カメラ [2] はストークスパラメータ [3] の直線偏光成分  $S_1, S_2$  が一回の撮像で取得できる。これによってターゲットの三個のストークスパラメータ  $S_1, S_2, S_3$  が秒オーダーの短時間で得られるが、そのスキームを以下に略記する。

撮像で得られるストークスパラメーターとターゲットのストークスパラメーター間には液晶リターダー由来の Muller 行列の部分行列を通して以下の線形な関係を仮定する。

$$\begin{bmatrix} S_1^o \\ S_2^o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1^t \\ S_2^t \\ S_3^t \end{bmatrix} \quad (1)$$

Muller 行列の成分は液晶リターダーの fast-axis の方向角  $\theta$  と液晶リターダーのもたらす位相差  $\phi$  によって決まる。例えば式 (1) の  $m_{11}$  成分は  $\cos^2(2\theta) + \sin^2(2\theta)\cos(\phi)$  で与えられる。従って、 $\phi$  あるいは  $\theta$  を動かすことによっていくつかの独立な Muller 行列 (の部分行列) が得られる。例えば  $\theta$  を固定して液晶リターダーの二つの異なる位相差  $\phi_1, \phi_2$  (位相差は液晶にあたる交流電圧値を変えることで動かせる) に対応する二枚のストークス画像を得たとすれば、以下の式 (2) の関係が得られ、これを解く (この例では最小二乗法による) ことによってターゲットのストークスパラメータ  $S^T$  を得る。

$$\begin{bmatrix} S_1^{o1} \\ S_2^{o1} \\ S_1^{o2} \\ S_2^{o2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11}^1 & m_{12}^1 & m_{13}^1 \\ m_{21}^1 & m_{22}^1 & m_{23}^1 \\ m_{11}^2 & m_{12}^2 & m_{13}^2 \\ m_{21}^2 & m_{22}^2 & m_{23}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_1^t \\ S_2^t \\ S_3^t \end{bmatrix} \quad (2)$$

以上が簡単な場合のスキームであるが、液晶リターダーの位相差量はその温度に依存して変化する。したがって、フィールドでの測定が実効性をもつためには液晶リターダーの温度を一定に保つか、温度変化は許しても液晶のリターダー量 (ここでは Muller 行列の必要な成分) を観測時に適宜更正する必要がある。2021 年ではこの更正機能を

備えた機械光学系を大きさ  $300(W) \times 450(L) \times 150(H) \text{mm}^3$  内にパッケージ化したプロトタイプを製作し、これを小型の屈折望遠鏡に取り付けた。Muller 行列の成分の算出には更正した直線偏光あるいは円偏光ビームを液晶に通し、これを偏光カメラで計測することで行う。偏光ビームは鉛直方向と 45 度方向の直線偏光、右回りと左回りの円偏光の 4 ビームを切り替えて液晶に通すことができる。また偏光カメラは光学軸まわりに回転可能とした。これによって、装置のもつ偏光量オフセットの推定も可能とした。

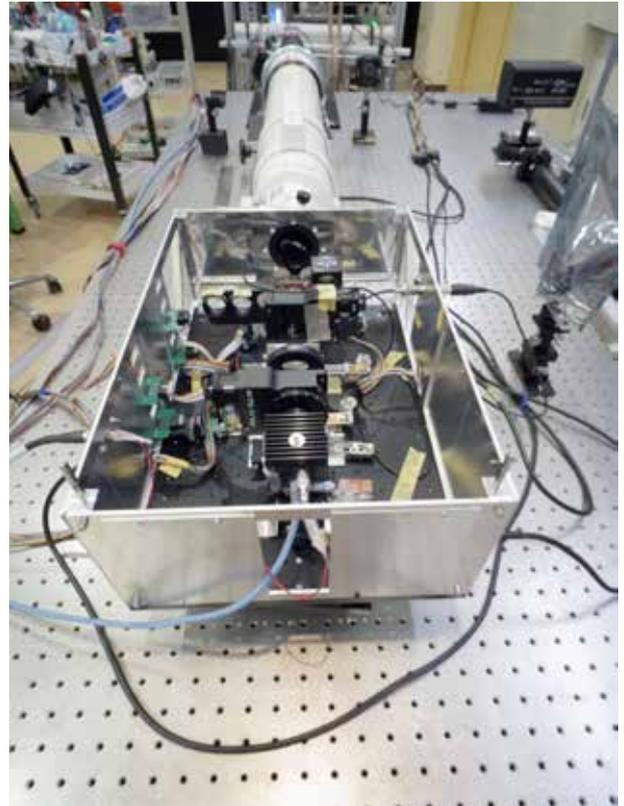


図 1 偏光装置ボックスと望遠鏡への取り付け

## 参考文献

- [1] <https://www.meadowlark.com/liquid-crystal-variable-retarder/>
- [2] <https://www.sony-semicon.co.jp/products/IS/industry/technology/polarization.html>
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Stokes\\_parameters](https://en.wikipedia.org/wiki/Stokes_parameters)

# 微視的量子飛躍：観測の問題は、ディラックまで戻る

中島 紀<sup>1,2</sup>

1: アストロバイオロジーセンター, 2: 国立天文台

## 量子力学の観測問題

科学の歴史の中で、人類の思考過程に、量子力学程のインパクトを与えた理論はない。そして、量子力学は、素粒子物理、核物理、原子物理、分子物理、物性物理、化学といった、あらゆる現象を予言することにも成功した。量子力学は、古典物理の劇的な改変を必要とするが、その数学的で抽象的な体系は、確固として確立されている。量子力学の原理は、古典物理の原理よりずっと複雑ではあり、その記述には、教科書丸々一冊を必要とする [1]。但しその本は、完全に自己完結している。

量子力学は、我々が何を観測するのかを伝えるのには優れている。しかし、観測の過程に何があるのかと問うと、状況は非常に複雑になる。これが量子力学の観測の問題である。

## 量子飛躍

始めに、被観測系  $S$  は、観測量の様々な固有値に対応する状態ベクトルの重ね合わせにある。 $S$  は純粋に量子状態にある。 $S$  が観測装置  $A$  と相互作用すると、 $S$  は固有値の一つの値  $\alpha$  に決定される。これを波束の収縮、或いは量子飛躍 (Quantum Jump) と呼ぶ。この時  $\alpha$  は、最終的には、古典的なマクロな量である。古典性の起源は何か。量子状態から古典状態への遷移はどうやって起こるのか。どのプロセスが不可逆なのか。遷移は滑らかか、それとも突発的か。こういった問題に、観測の理論は答えなければならない。

## 観測装置の古典性という前提

従来の観測の理論は、暗黙のうちにある重大な前提を置いている。それを我々は、観測装置の古典性の前提 (Postulate of Classicality of Apparatus: PCA) と呼ぼう。PCA は、以下のような考えから採用されている。[2] 「装置が何かということは、それを古典物理によって、常識によって記述される場合のみ理解される。もし装置が量子力学的物体であると考えられたなら、それは途方もなく複雑になって、我々の理解を超えてしまう。」

この PCA を仮定すると、被観測系  $S$  は、莫大な自由度をもつ観測装置  $A$  と相互作用することになる。また、

$A$  は、膨大な大きさのマクロの量子状態の重ね合わせ (Superposition of Macroscopic States: SMS) で記述されると考えねばならない。従来の理論は、いかに SMS をたった一つの状態に収束させるか、ということに努力が払われてきた。

## 微視的量子飛躍

我々は、最も単純な実験的設定、 $S$  として単一の光子、 $A$  として 2 次元的光子計数検出器をまず考えた。すると  $S$  は、 $A$  のカソードの一原子とだけ相互作用して、一つの光電子を放出する。これが光電効果である。 $A$  の莫大な自由度との相互作用など起こらない。量子力学は、光子がカソード面のどこに到達するかの確率分布を与えるが、単一の光子がどこに到達するかは、わからない。この過程が量子飛躍である。光子の到達位置と時間の情報 (System Eigenvalues: SEVs) は、光電子が持っている。但し、光電子一個は、ミクロな粒子であり、まだ SEVs は微視的である。我々は、この過程を、微視的量子飛躍 (Microscopic Quantum Jump: MIJ) と呼ぶことにする。MIJ は、ミクロからミクロへの飛躍である。 $S$  と  $A$  のカソードとの相互作用は量子力学的であり、PCA は破れている。

## ミクロからマクロへの増幅

2 次元光子計数検出器には、2 次電子を増幅する Micro-Channel Plate (MCP) がある。MCP は、2 次元的な電子増倍管アレイで、光電子によってトリガーされた管の中で、電子が増幅される。この過程は、MIJ が起こった後なので、量子力学の外にある。電子数は  $10^7$  個にも増幅され、最終的にアノードで電流パルスとなる。このパルスは、SEVs を巨視的に持っていて観測は完了した。

MIJ は、量子飛躍がミクロからミクロへの過程であることを除いては、ディラックの量子飛躍に一致する [1]。

## 参考文献

- [1] Dirac, P.A.M.: 1958, The Principle of Quantum Mechanics, 4th edn. Oxford University Press, Oxford, UK
- [2] Omnès, R: 1994, The Interpretation of Quantum Mechanics, Princeton Series of Physics, Princeton University Press, Princeton

## 4. 研究連携

区分	実施数	備考
プロジェクト研究	19 件	13 機関
サテライト研究	4 件	4 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

2021 年度 プロジェクト研究

課題番号	代表者	所属	研究課題
AB031001	鈴木 庸平	東京大学	火星サンプルリターンで不可欠な高感度生命検出技術の開発
AB031002	篠崎 彩子	北海道大学	リンで紐解く生命の起源：学際的アプローチで探る宇宙のリンが生命誕生の場に届けられるまで
AB031003	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
AB031004	三河内 岳	東京大学	火星起源隕石中の溶融土壌成分から推測する火星表層の環境進化過程
AB031005	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
AB031006	大橋聡史	理化学研究所	内部構造や組成を考慮した星間ダストの付着成長実験の確立とその発展
AB031007	赤沼哲史	早稲田大学	隕石中のアミノ酸組成を持つタンパク質の再構成
AB031008	塩谷圭吾	宇宙科学研究所	宇宙における生命探装置の比較検討
AB031009	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
AB031010	成田憲保	東京大学	TESS で発見された生命居住可能惑星候補の発見確認と特徴付け

AB031011	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
AB031012	松尾宗征	広島大学	増殖する相分離液滴を応用したユニバーサルな生命起源の実証
AB031013	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
AB031014	小玉貴則	東京大学	雲解像モデルが解き明かす、系外地球型惑星における大気循環とハビタブル表層環境への雲の役割
AB031015	塚谷 祐介	海洋研究開発機構	火星隕石の水-岩石反応から探る火星表層の古環境
AB031016	原 正彦	東京工業大学	ナノテクノロジーと量子化学計算による単一分子レベルに至る化学進化場に関する研究
AB031017	蟻瑞欽	東京工業大学	Non-specific oxidation of aldonic acids to generate carbohydrates
AB031018	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
AB031019	横堀 伸一	東京薬科大学	地球生物の宇宙生存可能性検証のための短期宇宙曝露実証実験システムの構築

## 2021 年度 サテライト研究

課題番号	代表者	所属	研究課題	区分
AB032001	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
AB032002	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	継続
AB032003	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
AB032004	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

\* サテライトの研究ハイライトは次ページ以降参照

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

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

アストロバイオロジーでは、生命の起源、進化、伝播および未来を明らかにし、地球人類に対する宇宙的観点を得ることが分野の大きな目標となっている。2015年に開始された国際宇宙ステーション曝露部を利用した「たんぼぼ計画」は、なかでも生命の起源までに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）を検証するための実験を行ってきた。たんぼぼ計画における宇宙での曝露実験は既に終了し、その分析が行われてきた。すでに、微生物が塊で惑星間を移動できるくらいの期間（数十年）生存可能であることや、宇宙塵の捕集が確認されている。

本サテライト研究では有機物が宇宙から宇宙塵によって運ばれる可能性と、宇宙で微生物が惑星間を移動する可能性に加えて、宇宙空間および原始地球環境での有機物の反応、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。

2021年度には、たんぼぼ計画(たんぼぼ1, 2015-2019)の宇宙曝露実験の成果の論文6報が*Astrobiology*誌に特集号として掲載された[1-6]。

たんぼぼ初号機に続き、窒素含有炭素質物質[7]、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成育可能な光合成生物の陸棲藍藻の宇宙曝露による変化の検証を目的とした「たんぼぼ2」は、2019年8月19日から2020年10月23日まで431日間宇宙曝露が行われた。宇宙曝露後のサンプルは2021年2月に各研究機関に配布され、試料分析が進められた。小天体表面における有機物の変化の検証を目的とした隕石有機物やその模擬物質の宇宙曝露実験の結果、宇宙環境における紫外線などの影響で有機物の構造が変化することが分かった。

微生物の生存に対する鉱物の役割の解明、藍藻・コケ・樹皮の宇宙での活用などを目的とした「たんぼぼ3」の試料は、2022年2月に各研究機関に配布された。特に、たんぼぼ2での藍藻に加え、コケについて

もレゴリス、藍藻との共存下で、コケ植物体量と遮光波長と生存の関係を調査し、コケ植物の変性・分解過程や生存の可能性を調べることから、レゴリス緑化や土壌化につなげることを目標としている。さらに、「たんぼぼ4」は2022年3月4日から宇宙曝露が開始された。簡易曝露実験装置 ExHAM の運用が終了したことに伴い、SpaceBD社のEx-Basを用いた曝露を行った。

たんぼぼシリーズの将来計画としては、原始海洋中の生命進化における宇宙線の影響を調べるための溶液セルの開発が行われた。安全審査に必要な、長期熱サイクルテストや振動テストが行われた。また、国内外のアストロバイオロジー研究者に向けた捕集実験試料用データベースの構築が行われた。

本研究により、アストロバイオロジーにおける本質的課題である、宇宙における有機物の形成・進化、宇宙の有機物の地球への運搬、微生物が惑星間を移動する可能性から、人類の将来の宇宙進出の可能性についての知見を得ることが期待される。

## 参考文献:

- [1] Yamagishi, A. et al.: 2021, *Astrobiology*, **21**, 1451-1460
- [2] Yamagishi, A. et al.: 2021, *Astrobiology*, **21**, 1461-1472
- [3] Kodaira, S. et al.: 2021, *Astrobiology*, **21**, 1473-1478
- [4] Kobayashi, K. et al.: 2021, *Astrobiology*, **21**, 1479-1493
- [5] Fujiwara, D. et al.: 2021, *Astrobiology*, **21**, 1494-1504
- [6] Tomita-Yokotani, K. et al.: 2021, *Astrobiology*, **21**, 1505-1514
- [7] Endo, I. et al.: 2021, *The Astrophysical Journal*, **917**, 103

# New generation of Exoplanet exploration by data science

河原 創<sup>1</sup>, John Livingston<sup>1</sup>, 櫻山和己<sup>1</sup>, 藤井通子<sup>1</sup>,  
増田賢人<sup>2</sup>, 田近英一<sup>1</sup>

1: 東京大学, 2: 大阪大学,

## 研究ハイライト

近年、太陽系外惑星の探査はケプラー・TESS 衛星によりハビタブルゾーン付近までせまる勢いである。また宇宙からの直接撮像による地球型惑星の探査も計画されている。これら宇宙生物学に繋がる新しい系外惑星の探査手法では、かつて考えられないほどのデータ量を解析したり、従来は手法的にも計算量的も解くことのできなかつた問題系を解く必要に迫られている。その結果、従来の天文分野の方法論で対応できなくなりつつある。我々はデータ科学分野の著しい発展を取り入れ、機械学習・統計手法やビッグデータを扱う手法そのものを援用することで上記の状況に対処する。具体的には 1) ケプラー/TESS/Tomoe データといったテラバイト級のデータ解析を可能とする機械学習手法、2) 系外惑星キャラクターゼーションのデータ科学化といった実践面での方法論の確立を行う。これによって、東京大学におけるデータ科学と系外惑星を結び付ける研究の拠点を形成し、来たる系外惑星における生命探査へとつなげることを目標とする。

2021 年度の ABC サテライトプロジェクトとして、高分散分光を用いた系外惑星大気の探査法を進展させた成果として、すばる望遠鏡 IRD を用いて、はじめて OH (hydroxyl radical) を系外惑星中に発見したこと[1]、および HDS をもちいてはじめて中性チタンを検出したこと[4]、自動微分を用いた完全ベイズ解析可能なスペクトルモデルを開発したことである[2]。特に後者は、Google の自動微分 JAX と Uber AI の確率プログラミング言語

Numpyro を用いたもので、本研究の主眼である情報科学と系外惑星探査の融合の強みを最も端的に示すことができたと考えている。開発したコードは以下の github 及び pypi 上で利用可能である。

<https://github.com/HajimeKawahara/exojax>

また初年度より継続している TESS データのビックデータ解析では Dipper の詳細キャラクターゼーションを行った成果[3]がある。これらはすべて投稿論文として出版された。

将来の直接撮像・系外惑星キャラクターゼーションにおいて、スペクトル解析は、生命探査の本丸であるバイオシグネチャー決定のためのキープロセスである。いままで分子データから観測データまで end-to-end でベイズ解析できるパッケージは存在しなかった。これを完成させることができたのはアストロバイオロジー分野にとっても重要な成果である

## 参考文献:

- [1] Nugroho, Kawahara, Gibson et al. (2021) ApJL 910, 9
- [2] Kawahara, Kawashima, Masuda et al. ApJS , 258, 31(2022)
- [3] Kasagi, Kotani, Kawahara, ... M.S. Fujii, ..., Kento Masuda, et al. ApJS 259, 40 (2022)
- [4] Masato Ishizuka, Hajime Kawahara, Stevanus K. Nugroho, Yui Kawashima, Teruyuki Hirano, Motohide Tamura, AJ 161, 153 (2021)

# 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

古川 善博, 寺田 直樹, 掛川 武, 石田 章純, 黒田 剛史, 中川 広務  
東北大学理学研究科

## 1. 初期火星表層の大気-水環境推定

火星の Valley Network 分布に調和的な地形形成を実現する気候を推定するために、初期火星の大気圏-水圏結合モデル (Kamada *et al.*, 2020) に、全球河川モデルを組み合わせた数値計算 [業績 1] と、さらに全球氷河モデルを組み合わせた数値計算 [業績 4] をそれぞれ実施した。その結果、後期ノアキス期から前期ヘスperia期の火星は、温暖な気候と冷涼な気候の両者を経験したという結論を得た。2 気圧以上の CO<sub>2</sub> と数%の H<sub>2</sub> が混合した初期火星大気のもとでは温暖で半乾燥な気候となり、降雨の河川によって地形が刻まれる。その後、大気中の水素が宇宙空間に流出すると、気温が下がって冷涼で湿った気候となり、氷河底面の融解によって地形が刻まれる。この温暖シナリオと冷涼シナリオの組み合わせが、火星の Valley Network 分布をよりよく説明することを示した [業績 4]。

## 2. 火星大気の組成変化とホルムアルデヒド濃度推定

初期火星大気におけるホルムアルデヒドの生成量を見積もるために、火星大気の宇宙空間への流出量を求める数値計算 [業績 5] と、大気流出等によって決定される火星大気組成の超長期変遷 (進化) を見積もる数値計算 [業績 2] を実施した。さらに太陽高エネルギー粒子の火星大気への降り込みを計算する数値モデルを開発し [業績 3]、太陽高エネルギー粒子がホルムアルデヒドの混合比に与える影響を見積もった。開発した数値モデルを火星周回衛星の観測によって検証すべく、NASA の MAVEN および ESA の TGO による粒子・分光観測データの解析を実施し、火星大気組成の高度分布とその変動を導出した [業績 6, 7]。

## 3. 火星でのリポース生成

数値計算によって、38 億年前の表層に海をたたえた火星で、光化学反応と降雨によってホルムアルデヒドが海中にどの程度蓄積されるかが判明した。現在の地球海洋と同程度の Ca イオンが共存するこの海を模擬した実験では、リポースの生成が確認された。Noachian 期から Hesperian 期に移行するにつれて、表層水の pH が低下することが火星地質探査から推定されている。ホルモース反応模擬実験結果によると、弱酸性溶液では中性溶液に比べ 10<sup>-3</sup> 倍程度リポース量が減少することが明らかになった。さらに、この時期

には降雨量が極めて限定 Hesperian 期におけるリポースの生成は極めて可能性が低くなったと推定される。

## 参考文献:

- [1] Kamada, A., T. Kuroda, Y. Kasaba, N. Terada, and H. Nakagawa, Global climate and river transport simulations of early Mars around the Noachian and Hesperian boundary, *Icarus* **368**, 114618, doi:10.1016/j.icarus.2021.114618 (2021)
- [2] Koyama, S., N. Terada, H. Nakagawa, T. Kuroda, and Y. Sekine, Stability of Atmospheric Redox States of Early Mars Inferred from Time Response of the Regulation of H and O Losses, *The Astrophysical Journal* **912**, 135(11pp), doi:10.3847/1538-4357/abf0ac (2021)
- [3] Nakamura, Y., N. Terada, F. Leblanc, A. Rahmati, H. Nakagawa, S. Sakai, S. Hiruba, R. Kataoka, and K. Murase, Modeling of diffuse auroral emission at Mars: Contribution of MeV protons, *Journal of Geophysical Research*, **127**, e2021JA029914, doi:10.1029/2021JA029914 (2022)
- [4] Kamada, A., T. Kuroda, T. Kodama, Y. Kasaba, and N. Terada, Evolution of glacier on early Mars with subglacial river systems, *Icarus* **385**, 115117 (2022).
- [5] Sakai, S., K. Seki, N. Terada, H. Shinagawa, R. Sakata, T. Tanaka, and Y. Ebihara, Effects of the IMF direction on atmospheric escape from a Mars-like planet under weak intrinsic magnetic field conditions, *Journal of Geophysical Research*, **126**, e2020JA028485, doi:10.1029/2020JA028485 (2021)
- [6] Yoshida, N., N. Terada, H. Nakagawa, D. A. Brain, S. Sakai, Y. Nakamura, M. Benna, and K. Masunaga, Seasonal and dust related variations of the dayside thermospheric and ionospheric compositions of Mars observed by MAVEN/NGIMS, *Journal of Geophysical Research*, **126**, e2021JE006926, doi:10.1029/2021JE006926 (2021)
- [7] Yoshida, N., H. Nakagawa, S. Aoki, J. Erwin, A. C. Vandaele, F. Daerden, I. Thomas, L. Trompet, S. Koyama, N. Terada, et al., B. Ristic, G. Bellucci, J. J. López-Moreno, and M. Patel, Variations in vertical CO/CO<sub>2</sub> profiles in the Martian mesosphere and lower thermosphere measured by the ExoMars TGO/NOMAD: Implications of variations in eddy diffusion coefficient, *Geophysical Research Letters*, **49**, e2022GL098485 (2022).

# 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」2021 年度活動報告

藪田ひかる<sup>1</sup>, 上出奏海<sup>1</sup>, 重中美歩<sup>1</sup>, 宮原正明<sup>1</sup>, 杉田精司<sup>2</sup>, 巽恵理<sup>2</sup>, 和田浩二<sup>3</sup>, 中村智樹<sup>4</sup>, 藤谷渉<sup>5</sup>, Larry Nittler<sup>6</sup>, Eric Quirico<sup>7</sup>, Matthias Grott<sup>8</sup>, Stefan Schroder<sup>8</sup>, Katharina Otto<sup>8</sup>, 橋省吾<sup>2, 14</sup>, 荒井朋子<sup>3</sup>, 木村宏<sup>3</sup>, 小林正規<sup>3</sup>, 平井隆之<sup>3</sup>, Ralf Srama<sup>9</sup>, Harald Kruger<sup>10</sup>, Frank Postberg<sup>11</sup>, Cecile Engrand<sup>12</sup>, 金田英宏<sup>13</sup>, 藤本 正樹<sup>14</sup>, 渡邊誠一郎<sup>13</sup>

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した。この3年間で、「はやぶさ2」における観測と物質科学から得られた成果を統合することにより小惑星リュウグウはどのような天体であるかに関する知見を最大限引き出すことができた。また観測によって小惑星リュウグウと「Destiny+」の対象天体である小惑星フェイトンを比較し両者の関係性を明らかにすることができた。

## ①小惑星リュウグウ初期試料分析

2021年6月から2022年5月までの1年間、小惑星リュウグウの初期試料分析を実施した。初期分析チームを構成する6つのサブチームのうち、研究代表者(藪田)が率いる固体有機物分析チーム(日本、アメリカ、フランスの地球外有機物研究者からなる約40名)では、小惑星リュウグウ試料中の有機物の元素組成、同位体組成、官能基組成、構造、形態を明らかにすることを目的とし、非加工の微粒子分析、および酸処理して得られた炭素質残渣の分析を行った。非加工の微粒子分析には、第一回、第二回着陸地点のそれぞれで採取されたA室(A0108)とC室(C0109)のリュウグウ微粒子集合体(粒径:数百 $\mu\text{m}$ )を用いた。また、A室(A0106)とC室(C0107)のリュウグウ微粒子集合体の溶媒抽出残渣について、広島大学に導入したケミカルクリーンベンチで塩酸とフッ酸で化学処理し、炭素質残渣を回収した。分析手法には、様々な顕微分光分析(顕微フーリエ変換赤外分光分析( $\mu\text{-FTIR}$ ), 顕微ラマン分光分析, 走査型透過X線顕微鏡(STXM-XANES), 原子間力顕微鏡一体型赤外分光分析(AFM-IR)), 走査型透過電子顕微鏡

(STEM-EDS), 電子エネルギー損失分光法(EELS), 同位体顕微鏡(ナノスケール二次イオン質量分析)(NanoSIMS)を組み合わせた複合分析を実施した。

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

ダストアナライザーの地上実験において、これまではマトリクス支援レーザー脱離イオン化法MALDI(Matrix Assisted Laser Desorption/Ionization)を用いた飛行時間型質量分析法を用いていたが、今回新たに、ドイツの分担研究者が用いるレーザー誘起液体ビーム(ビード)イオン化法であるLILBID(Laser Induced Liquid Bead Ion Desorption)[1]を検証した。MALDIは試料とマトリクス試薬の混合にレーザーを照射すると、マトリクスがレーザーを吸収し加熱されることで、試料分子が壊れることなくソフトにイオン化する方法であり、LILBIDは試料の微小液滴(直径50 $\mu\text{m}$ )を真空下で中間赤外レーザーにより照射、イオン化する手法である。これら2つの異なるレーザーイオン化質量分析法で、同じ標準物質である2, 5-dihydroxybenzoic acid (DHB)を測ったところ、MALDIではDHBに最も特徴的な分子イオン( $m/z$  155)とフラグメントイオン( $m/z$  137)を検出した。一方で、LILBIDでは、MALDIで検出したイオンに加えて、さらに細かくフラグメンテーションを起こしたイオンが多数検出された。中には、電子衝撃イオン化法で検出されるものと同じイオン(e.g.,  $m/z$  109, 81, 53)もあったが、独自に生じるフラグメントイオン(e.g.,  $m/z$  91, 73, 55, 37, 19)も生じた。本結果から、LILBIDとMALDIで再現性が得られたイオンもあった一方で、LILBIDの方が試料を破壊しやすいということが判明した。

## 参考文献:

- [1] Klenner F. et al.: 2019, Rapid Communications in Mass Spectrometry 33, 1751–1760

## 4-2 研究集会

	日時	主催	研究課題	参加人数
1.	2022年 1月28日	ABC	令和3年度ABCシンポジウム(バーチャル会場によるオンライン開催)	118名
2.	2022年 2月17日-18日	ABC	令和3年度プロジェクト/サテライト成果発表会「第10回 宇宙における生命ワークショップ」(バーチャル会場によるオンライン開催)	127名
3.	2022年 3月17日-19日	慶應大	慶應アストロバイオロジーキャンプ2022 (オンライン)(協力)	
4.	2022年 3月30日	神戸大	CPS & ABC ワークショップ「火星から諸惑星」 (オンライン)(協力)	

\* ABC 主催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 2021

～太陽系内／外探査の最前線、熱と生命現象～

## Astrobiology Center Symposium 2021

The frontier research of inside and beyond Solar System, and Heat in the phenomena of life

日時：2022年1月28日(金)

場所：Zoom およびバーチャル会場におけるオンライン開催

1月28日(金)

時間	講演者	所属	タイトル
9:00	田村 元秀	ABC	Opening remark
9:15	McElwain, Michael	NASA	The James Webb Space Telescope Mission: A New Era in Exoplanet Discovery
10:15	Nugroho, Stevanus K.	ABC	The Atmosphere of Ultra-hot Jupiters through High-resolution Spectroscopy
11:15	休憩		
11:30	藤原 伸介	関西学院大学	超好熱菌を低温で培養してわかったこと What we learned by culturing hyperthermophilie at low temperature
12:30	昼休憩		
13:30	大竹 真紀子	会津大学	今後の日本の月探査, 小型月着陸実証機 SLIM と月極域探査 LUPEX で目指すこと Objectives of Smart Lander for Investigating Moon (SLIM) and Lunar Polar Exploration Mission (LUPEX)
14:30	休憩		
14:45	亀井 保博	基礎生物学研究所	生物・細胞にとっての熱とは何か? 生体分子物性と進化的視点から考える Establishment of Biothermology which discusses heat and temperature in molecular, cellular and evolutionary aspects
15:45	佐藤 直樹	東京大学	創発から生命を考える What is life? An emergent perspective
16:15	Closing remark		

## 第10回 宇宙における生命ワークショップ

10th Life in the Universe workshop by AstroBiology Center, NINS

### 令和3年度 ABC プロジェクト/サテライト成果報告会

日時：2022年2月17日(木)～2月18日(金)， 場所：Zoom およびバーチャル会場におけるオンライン開催

2月17日(木)

時間	氏名	カテゴリー	タイトル
10:00			Opening remark
10:15	赤沼 哲史	Project	隕石中のアミノ酸組成を持つタンパク質の再構成
10:30	大橋 聡史	Project	エアロゾル中のダスト付着実験の確立と惑星形成への適用
10:45	成島 哲也	Project	Homo-chirality Induction Based on Nano-optics of Interstellar Dust Nanoparticles II 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試行的研究
11:00	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 3 Satellite for the astrobiology research on the formation and evolution of organic matter, and migrations and habitation of life in space: Part 3
11:25			ポスターセッション / Lunch
13:30	原 正彦	Project	鉱物表面における化学進化反応に関する研究
13:45	横堀 伸一	Project	地球生物の宇宙生存可能性検証のための短期宇宙曝露実証実験システムの構築
14:00	鈴木 庸平	Project	火星サンプルリターンで不可欠な高感度生命検出技術の開発 Development of high-sensitivity life detection protocols for Mars sample return
14:15	三河内 岳	Project	Crystallization and shock metamorphism of old and new Martian meteorites: Implications for environmental conditions at/near Martian surface over time.
14:30			Break
14:45	本郷 やよい	Project	多相不均一反応が鍵となるタンパク一次構造の起源
15:00	古川 善博	Satellite	初期火星における大気・水環境と生命関連有機物の生成

2月18日(金)

10:00	成田 憲保	Project	TESS と地上観測の連携による生命居住可能惑星の探索
10:15	眞山 聡	Project	ALMA and VLT exploration of an embedded planet in the protoplanetary discs ALMA と VLT による原始惑星系円盤内の埋もれた惑星の探査
10:30	小玉 貴則	Project	Climate for exo-terrestrial planets with higher obliquities in a 3D global cloud-resolving model
10:45	河原 創	Satellite	自動微分可能なスペクトルモデルによる系外惑星高分散スペクトルのベイズ解析
11:10	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
11:25			ポスターセッション / Lunch
13:30	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 (3年目報告)
13:55	篠崎 彩子	Project	リンで紐解く生命の起源：学際的アプローチで探る宇宙のリンが生命誕生の場に届けられるまで
14:10	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
14:25	塩谷 圭吾	Project	宇宙における生命探装置の比較検討：その場観察小型カメラの設計検討、蛍光顕微鏡の光学設計検討他
14:40			Break
14:55	松尾 宗征	Project	Life of Autonomous Droplet
15:10	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
15:25	蟻 瑞欽	Project	Non-specific oxidation of aldonic acids to generate carbohydrates
15:40	諸野 祐樹	Project	超高感度・高精度細胞・胞子検出法の構築と海底下限界生命圏への適用
15:55			Closing remark

## 5. 成果論文・発表リスト

### 5-1 欧文報告(査読あり) 86 編

Addison, BC; Horner, J; Wittenmyer, RA; Heitzmann, A; Plavchan, P; Wright, DJ; Nicholson, BA; Marshall, JP; Clark, JT; Gunther, MN; Kane, SR; **Hirano, T**; Wang, SH; Kielkopf, J; Shporer, A; Tinney, CG; Zhang, H; Ballard, S; Bedding, T; Bowler, BP; Mengel, MW; Okumura, J; Gaidos, E; Wang, XY: 2021, The Youngest Planet to Have a Spin-Orbit Alignment Measurement AU Mic b, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 4

Addison, BC; Knudstrup, E; Wong, I; Hebrard, G; Dorval, P; Snellen, I; Albrecht, S; Bello-Arufe, A; Almenara, JM; Boisse, I; Bonfils, X; Dalal, S; Demangeon, ODS; Hoyer, S; Kiefer, F; Santos, NC; Nowak, G; Luque, R; Stangret, M; Palle, E; Tronsgaard, R; Antoci, V; Buchhave, LA; Gunther, MN; Daylan, T; Murgas, F; Parviainen, H; Esparza-Borges, E; Crouzet, N; **Narita, N**; Fukui, A; Kawauchi, K; Watanabe, N; Rabus, M; Johnson, MC; Otten, GPPL; Talens, GJ; Cabot, SHC; Fischer, DA; Grundahl, F; Andersen, MF; Jessen-Hansen, J; Palle, P; Shporer, A; Ciardi, DR; Clark, JT; Wittenmyer, RA; Wright, DJ; Horner, J; Collins, KA; Jensen, ELN; Kielkopf, JF; Schwarz, RP; Srdoc, G; Yilmaz, M; Senavci, HV; Diamond, B; Harbeck, D; Komacek, TD; Smith, JC; Wang, SH; Eastman, JD; Stassun, KG; Latham, DW; Vanderspek, R; Seager, S; Winn, JN; Jenkins, JM; Louie, DR; Bouma, LG; Twicken, JD; Levine, AM; McLean, B: 2021, TOI-1431b/MASCARA-5b: A Highly Irradiated Ultrahot Jupiter Orbiting One of the Hottest and Brightest Known Exoplanet Host Stars, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 292

Aoki, W; Beers, TC; Honda, S; **Ishikawa, HT**; Matsuno, T; Placco, VM; Yoon, J; **Harakawa, H**; **Hirano, T**; Hodapp, K; Ishizuka, M; Jacobson, S; **Kotani, T**; **Kudo, T**; **Kurokawa, T**; **Kuzuhara, M**; **Nishikawa, J**; **Omiya, M**; Serizawa, T; **Tamura, M**; **Ueda, A**; **Vievard, S**: 2022, Silicon and strontium abundances of very metal-poor stars determined from near-infrared spectra, *PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN*, 74,

Bluhm, P; Palle, E; Molaverdikhani, K; Kemmer, J; Hatzes, AP; Kossakowski, D; Stock, S; Caballero, JA; Lillo-Box, J; Bejar, VJS; Soto, MG; Amado, PJ; Brown, P; Cadieux, C; Cloutier, R; Collins, KA; Collins, KI; Cortes-Contreras, M; Doyon, R; Dreizler, S; Espinoza, N; Fukui, A; Gonzalez-Alvarez, E; Henning, T; Horne, K; Jeffers, SV; Jenkins, JM; Jensen, ELN; Kaminski, A; Kielkopf, JF; **Kusakabe, N**; Kuerster, M; Lafreniere, D; Luque, R; Murgas, F; Montes, D; Morales, JC; **Narita, N**; Passegger, VM; Quirrenbach, A; Schoefer, P; Reffert, S; Reiners, A; Ribas, I; Ricker, GR; Seager, S; Schweitzer, A; Schwarz, RP; **Tamura, M**; Trifonov, T; Vanderspek, R; Winn, J; Zechmeister, M; Osorio, MRZ: 2021, An ultra-short-period transiting super-Earth orbiting the M3 dwarf TOI-1685, *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, 650, A78

Bos, SP; Miller, KL; Lozi, J; **Guyon, O**; Doelman, DS; **Vievard, S**; Sahoo, A; Deo, V; Jovanovic, N; Martinache, F; Currie, T; Snik, F: 2021, First on-sky demonstration of spatial Linear Dark Field Control with the vector-Apodizing Phase Plate at Subaru/SCEAO, *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, 653, A42

Bouma, LG; Curtis, JL; Masuda, K; Hillenbrand, LA; Stefansson, G; Isaacson, H; **Narita, N**; Fukui, A; Ikoma, M; **Tamura, M**; Kraus, AL; Furlan, E; Gnilka, CL; Lester, KV; Howell, SB: 2022, A 38 Million Year Old Neptune-sized Planet in the Kepler Field, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 163, 121

Bryant, EM; Bayliss, D; Santerne, A; Wheatley, PJ; Nascimbeni, V; Ducrot, E; Burdanov, A; Acton, JS; Alves, DR; Anderson, DR; Armstrong, DJ; Awiphan, S; Cooke, BF; Burleigh, MR; Casewell, SL; Delrez, L; Demory, BO; Eigmuller, P; Fukui, A; Gan, TJ; Gill, S; Gillon, M; Goad, MR; Tan, TG; Gunther, MN; Hardee, B; Henderson, BA; Jehin, E; Jenkins, JS; Kosiarek, M; Lendl, M;

- Moyano, M; Murray, CA; **Narita, N**; Niraula, P; Odden, CE; Palle, E; Parviainen, H; Pedersen, PP; Pozuelos, FJ; Rackham, BV; Sebastian, D; Stockdale, C; Tilbrook, RH; Thompson, SJ; Triaud, AHMJ; Udry, S; Vines, JI; West, RG; de Wit, J: 2021, A transit timing variation observed for the long-period extremely low-density exoplanet HIP41378f, MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 504,
- Cale, BL; Reefer, M; Plavchan, P; Tanner, A; Gaidos, E; Gagne, J; Gao, P; Kane, SR; Bejar, VJS; Lodieu, N; Anglada-Escude, G; Ribas, I; Palle, E; Quirrenbach, A; Amado, PJ; Reiners, A; Caballero, JA; Osorio, MRZ; Dreizler, S; Howard, AW; Fulton, BJ; Wang, SXS; Collins, KI; El Mufti, M; Wittrock, J; Gilbert, EA; Barclay, T; Klein, B; Martioli, E; Wittenmyer, R; Wright, D; Addison, B; **Hirano, T**; **Tamura, M**; **Kotani, T**; **Narita, N**; Vermilion, D; Lee, RA; Geneser, C; Teske, J; Quinn, SN; Latham, DW; Esquerdo, GA; Calkins, ML; Berlind, P; Zohrabi, F; Stibbards, C; Kotnana, S; Jenkins, J; Twicken, JD; Henze, C; Kidwell, R; Burke, C; Villaseñor, J; Boyd, P: 2021, Diving Beneath the Sea of Stellar Activity: Chromatic Radial Velocities of the Young AU Mic Planetary System, ASTRONOMICAL JOURNAL, 162, 295
- Chakali, E; Li, D; Furuya, RS; Hasegawa, T; Ward-Thompson, D; Qiu, KP; Ohashi, N; Pattle, K; Sadavoy, S; Hull, CLH; Berry, D; Doi, Y; Ching, TC; Lai, SP; Wang, JW; Koch, PM; Kwon, J; Kwon, W; Bastien, P; Arzoumanian, D; Coude, S; Soam, A; Fanciullo, L; Yen, HW; Liu, JH; Hoang, T; Chen, WP; Shimajiri, Y; Liu, T; Chen, ZW; Li, HB; Lyo, AR; Hwang, J; Johnstone, D; Rao, R; Ngoc, NB; Diep, PN; Mairs, S; Parsons, H; **Tamura, M**; Tahani, M; Chen, HRV; Nakamura, F; Shinnaga, H; Tang, YW; Cho, J; Lee, CW; Inutsuka, SI; Inoue, T; Iwasaki, K; Qian, L; Xie, JJ; Li, DL; Liu, HL; Zhang, CP; Chen, MK; Zhang, GY; Zhu, L; Zhou, JJ; Andre, P; Liu, SY; Yuan, JH; Lu, X; Peretto, N; Bourke, TL; Byun, DY; Dai, S; Duan, Y; Duan, HY; Eden, D; Matthews, B; Fiege, J; Fissel, LM; Kim, KT; Lee, CF; Kim, J; Pyo, TS; Choi, Y; Choi, M; Chrysostomou, A; Chung, EJ; Tram, L; Franzmann, E; Friberg, P; Friesen, R; Fuller, G; Gledhill, T; Graves, S; Greaves, J; Griffin, M; Gu, QL; Han, I; Hatchell, J; Hayashi, S; Houde, M; Kawabata, K; Jeong, IG; Kang, JH; Kang, SJ; Kang, M; Kataoka, A; Kemper, F; Rawlings, M; Rawlings, J; Retter, B; Richer, J; Rigby, A; Saito, H; Savini, G; Scaife, A; Seta, M; Kim, G; Kim, KH; Kim, MR; Kirchschrager, F; Kirk, J; Kobayashi, MIN; Konyves, V; Kusune, T; Lacaille, K; Law, CY; Lee, SS; Lee, YH; Matsumura, M; Moriarty-Schieven, G; Nagata, T; Nakanishi, H; Onaka, T; Park, G; Tang, XD; Tomisaka, K; Tsukamoto, Y; Viti, S; Wang, HC; Whitworth, A; Yoo, H; Yun, HS; Zenko, T; Zhang, YP; de Looze, I; Dowell, CD; Eyres, S; Falle, S; Robitaille, JF; van Loo, S: 2021, The JCMT BISTRO Survey: Revealing the Diverse Magnetic Field Morphologies in Taurus Dense Cores with Sensitive Submillimeter Polarimetry, ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS, 912, L27
- Chilcote, J; Tobin, T; Currie, T; Brandt, TD; Groff, TD; **Kuzuhara, M**; **Guyon, O**; Lozi, J; Jovanovic, N; Sahoo, A; Deo, V; Akiyama, E; Janson, M; Knapp, J; Kwon, J; McElwain, MW; **Nishikawa, J**; Wagner, K; Helminiak, K; Skaf, N; **Tamura, M**: 2021, SCExAO/CHARIS Direct Imaging of A Low-mass Companion At A Saturn-like Separation from an Accelerating Young A7 Star, ASTRONOMICAL JOURNAL, 162, 251
- Cloutier, R; Charbonneau, D; Stassun, KG; Murgas, F; Mortier, A; Massey, R; Lissauer, JJ; Latham, DW; Irwin, J; Haywood, RD; Guerra, P; Girardin, E; Giacalone, SA; Bosch-Cabot, P; Bieryla, A; Winn, J; Watson, CA; Vanderspek, R; Udry, S; **Tamura, M**; Sozzetti, A; Shporer, A; Segransan, D; Seager, S; Savel, AB; Sasselov, D; Rose, M; Ricker, G; Rice, K; Quintana, EV; Quinn, SN; Piotto, G; Phillips, D; Pepe, F; Pedani, M; Parviainen, H; Palle, E; **Narita, N**; Molinari, E; Micela, G; McDermott, S; Mayor, M; Matson, RA; Fiorenzano, AMF; Lovis, C; Lopez-Morales, M; **Kusakabe, N**; Jensen, ELN; Jenkins, JM; Huang, CX; Howell, SB; Harutyunyan, A; Furesz, G; Fukui, A; Esquerdo, GA; Esparza-Borges, E; Dumusque, X; Dressing, CD; Di Fabrizio, L; Collins, KA; Cameron, AC; Christiansen, JL; Ceconi, M; Buchhave, LA; Bosch, W; Andreuzzi, G: 2021, TOI-1634 b: An Ultra-short-period Keystone Planet Sitting inside the M-dwarf Radius Valley, ASTRONOMICAL JOURNAL, 162, 79
- Cvetojevic, N; Norris, BRM; Gross, S; Jovanovic, N; Arriola, A; Lacour, S; **Kotani, T**; Lawrence, JS;

- Withford, MJ; Tuthill, P: 2021, Building hybridized 28-baseline pupil-remapping photonic interferometers for future high-resolution imaging, *APPLIED OPTICS*, 60,
- de Leon, JP; **Livingston, J**; Endl, M; Cochran, WD; **Hirano, T**; Garcia, RA; Mathur, S; Lam, KWF; Korth, J; Trani, AA; Dai, F; Alonso, ED; Castro-Gonzalez, A; Fridlund, M; Fukui, A; Gandolfi, D; Kabath, P; **Kuzuhara, M**; Luque, R; Savel, AB; Gill, H; Dressing, C; Giacalone, S; **Narita, N**; Palle, E; Van Eylen, V; **Tamura, M**: 2021, 37 new validated planets in overlapping K2 campaigns, *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, 508,
- Doelman, DS; Snik, F; Por, EH; Bos, SP; Otten, GPPL; Kenworthy, M; Haffert, SY; Wilby, M; Bohn, AJ; Sutcliffe, BJ; Miller, K; Ouellet, M; de Boer, J; Keller, CU; Escuti, MJ; Shi, S; Warriner, NZ; Hornburg, K; Birkby, JL; Males, J; Morzinski, KM; Close, LM; Codona, J; Long, J; Schatz, L; Lumbres, J; Rodack, A; Van Gorkom, K; Hedglen, A; **Guyon, O**; Lozi, J; Groff, T; Chilcote, J; Jovanovic, N; Thibault, S; de Jonge, C; Allain, G; Vallee, C; Patel, D; Cote, O; Marois, C; Hinz, P; Stone, J; Skemer, A; Briesemeister, Z; Boehle, A; Glauser, AM; Taylor, W; Baudoz, P; Huby, E; Absil, O; Carlomagno, B; Delacroix, C: 2021, Vector-apodizing phase plate coronagraph: design, current performance, and future development [Invited], *APPLIED OPTICS*, 60,
- Doi, Y; Hasegawa, T; Bastien, P; Tahani, M; Arzoumanian, D; Coude, S; Matsumura, M; Sadavoy, S; Hull, CLH; Shimajiri, Y; Furuya, RS; Johnstone, D; Plume, R; Inutsuka, S; Kwon, J; **Tamura, M**: 2021, Two-component Magnetic Field along the Line of Sight to the Perseus Molecular Cloud: Contribution of the Foreground Taurus Molecular Cloud, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 914, 122
- Doi, Y; Hasegawa, T; Furuya, RS; Coude, S; Hull, CLH; Arzoumanian, D; Bastien, P; Chen, MCY; Di Francesco, J; Friesen, R; Houde, M; Inutsuka, SI; Mairs, S; Matsumura, M; Onaka, T; Sadavoy, S; Shimajiri, Y; Tahani, M; Tomisaka, K; Eswaraiyah, C; Koch, PM; Pattle, K; Lee, CW; **Tamura, M**; Berry, D; Ching, TC; Hwang, J; Kwon, W; Soam, A; Wang, JW; Lai, SP; Qiu, KP; Ward-Thompson, D; Byun, D; Chen, HRV; Chen, WP; Chen, ZW; Cho, J; Choi, M; Choi, Y; Chrysostomou, A; Chung, EJ; Diep, PN; Duan, HY; Fanciullo, L; Fiege, J; Franzmann, E; Friberg, P; Fuller, G; Gledhill, T; Graves, SF; Greaves, JS; Griffin, MJ; Gu, QL; Han, I; Hatchell, J; Hayashi, SS; Hoang, T; Inoue, T; Iwasaki, K; Jeong, I; Johnstone, D; Kanamori, Y; Kang, JH; Kang, M; Kang, SJ; Kataoka, A; Kawabata, KS; Kemper, F; Kim, G; Kim, J; Kim, KT; Kim, KH; Kim, MR; Kim, S; Kirk, JM; Kobayashi, MIN; Konyves, V; Kusune, T; Kwon, J; Lacaille, K; Law, CY; Lee, CF; Lee, H; Lee, JE; Lee, SS; Lee, YH; Li, DL; Li, D; Li, HB; Liu, HL; Liu, JH; Liu, SY; Liu, T; de Looze, I; Lyo, AR; Matthews, BC; Moriarty-Schieven, GH; Nagata, T; Nakamura, F; Nakanishi, H; Ohashi, N; Park, G; Parsons, H; Peretto, N; Pyo, TS; Qian, L; Rao, RM; Rawlings, MG; Retter, B; Richer, J; Rigby, A; Saito, H; Savini, G; Scaife, AMM; Seta, M; Shinnaga, H; Tang, YW; Tsukamoto, Y; Viti, S; Wang, HC; Whitworth, AP; Yen, HW; Yoo, H; Yuan, JH; Yun, HS; Zenko, T; Zhang, CP; Zhang, GY; Zhang, YP; Zhou, JJ; Zhu, L; Andre, P; Dowell, CD; Eyres, SPS; Falle, S; van Loo, S; Robitaille, JF: 2021, The JCMT BISTRO Survey: Magnetic Fields Associated with a Network of Filaments in NGC 1333 (vol 899, 28, 2020), *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 911, 72
- Doi, Y; Tomisaka, K; Hasegawa, T; Coude, S; Arzoumanian, D; Bastien, P; Matsumura, M; Tahani, M; Sadavoy, S; Hull, CLH; Johnstone, D; Di Francesco, J; Shimajiri, Y; Furuya, RS; Kwon, J; **Tamura, M**; Ward-Thompson, D; Le Gouellec, VJM; Hoang, T; Kirchschrager, F; Hwang, J; Eswaraiyah, C; Koch, PM; Whitworth, AP; Pattle, K; Kwon, W; Kang, J; Inutsuka, S; Bourke, TL; Tang, XD; Fanciullo, L; Lee, CW; Liu, HL; Lyo, AR; Qiu, KP; Lai, SP: 2021, The JCMT BISTRO Survey: Evidence for Pinched Magnetic Fields in Quiescent Filaments of NGC 1333, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*, 923, L9
- Dong, RB; Liu, HB; Cuello, N; Pinte, C; Abraham, P; Vorobyov, E; **Hashimoto, J**; Kospal, A; Chiang, E; Takami, M; Chen, L; Dunham, M; Fukagawa, M; Green, J; Hasegawa, Y; Henning, T; Pavlyuchenkov, Y; Pyo, TS; **Tamura, M**: 2022, A likely flyby of binary protostar Z CMa caught in action, *NATURE ASTRONOMY*, 6,

- Fanciullo, L; Kemper, F; Pattle, K; Koch, PM; Sadavoy, S; Coude, S; Soam, A; Hoang, T; Onaka, T; Le Gouellec, VJM; Arzoumanian, D; Berry, D; Eswaraiah, C; Chung, EJ; Furuya, R; Hull, CLH; Hwang, J; Johnstone, D; Kang, JH; Kim, KH; Kirchschrager, F; Konyves, V; Kwon, J; Kwon, W; Lai, SP; Lee, CW; Liu, T; Lyo, AR; Stephens, I; **Tamura, M**; Tang, XD; Ward-Thompson, D; Whitworth, A; Shinnaga, H: 2022, The JCMT BISTRO Survey: multiwavelength polarimetry of bright regions in NGC 2071 in the far-infrared/submillimetre range, with POL-2 and HAWC+, MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 512,
- Fukui, A; Kimura, T; **Hirano, T**; **Narita, N**; Kodama, T; **Hori, Y**; Ikoma, M; Palle, E; Murgas, F; Parviainen, H; Kawauchi, K; Mori, M; Esparza-Borges, E; Bieryla, A; Irwin, J; Safonov, BS; Stassun, KG; Alvarez-Hernandez, L; Bejar, VJS; Casasayas-Barris, N; Chen, G; Crouzet, N; de Leon, JP; Isogai, K; Kagitani, T; Klagyivik, P; Korth, J; Kurita, S; **Kusakabe, N**; **Livingston, J**; Luque, R; Madrigal-Aguado, A; Morello, G; Nishiumi, T; Orell-Miquel, J; Oshagh, M; Sanchez-Benavente, M; Stangret, M; Terada, Y; Watanabe, N; Zou, YJ; **Tamura, M**; **Kurokawa, T**; **Kuzuhara, M**; **Nishikawa, J**; **Omiya, M**; **Vievard, S**; **Ueda, A**; Latham, DW; Quinn, SN; Strakhov, IS; Belinski, AA; Jenkins, JM; Ricker, GR; Seager, S; Vanderspek, R; Winn, JN; Charbonneau, D; Ciardi, DR; Collins, KA; Doty, JP; Bachelet, E; Harbeck, D: 2022, TOI-2285b: A 1.7 Earth-radius planet near the habitable zone around a nearby M dwarf, PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN, 74,
- Fukui, A; Korth, J; **Livingston, JH**; Twicken, JD; Osorio, MRZ; Jenkins, JM; Mori, M; Murgas, F; Ogihara, M; **Narita, N**; Palle, E; Stassun, KG; Nowak, G; Ciardi, DR; Alvarez-Hernandez, L; Bejar, VJS; Casasayas-Barris, N; Crouzet, N; de Leon, JP; Esparza-Borges, E; Soto, DH; Isogai, K; Kawauchi, K; Klagyivik, P; Kodama, T; Kurita, S; **Kusakabe, N**; Luque, R; Madrigal-Aguado, A; Rodriguez, PM; Morello, G; Nishiumi, T; Orell-Miquel, J; Oshagh, M; Parviainen, H; Sanchez-Benavente, M; Stangret, M; Terada, Y; Watanabe, N; Chen, G; **Tamura, M**; Bosch-Cabot, P; Bowen, M; Eastridge, K; Freour, L; Gonzales, E; Guerra, P; Jundiyyeh, Y; Kim, TK; Kroer, LV; Levine, AM; Morgan, EH; Reefe, M; Tronsgaard, R; Wedderkopp, CK; Wittrock, J; Collins, KA; Hesse, K; Latham, DW; Ricker, GR; Seager, S; Vanderspek, R; Winn, J; Bachelet, E; Bowman, M; McCully, C; Daily, M; Harbeck, D; Volgenau, NH: 2021, TOI-1749: an M dwarf with a Trio of Planets including a Near-resonant Pair, ASTRONOMICAL JOURNAL, 162, 167
- Gaidos, E; **Hirano, T**; Beichman, C; **Livingston, J**; **Harakawa, H**; Hodapp, KW; Ishizuka, M; Jacobson, S; Konishi, M; **Kotani, T**; **Kudo, T**; **Kurokawa, T**; **Kuzuhara, M**; **Nishikawa, J**; **Omiya, M**; Serizawa, T; **Tamura, M**; **Ueda, A**; **Vievard, S**: 2022, Zodiacal exoplanets in time - XIII. Planet orbits and atmospheres in the V1298Tau system, a keystone in studies of early planetary evolution, MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 509,
- Gaidos, E; **Hirano, T**; Kraus, AL; **Kuzuhara, M**; Zhang, Z; Lee, RA; Salama, M; Berger, TA; Grunblatt, SK; Ansdell, M; Liu, MC; **Harakawa, H**; Hodapp, KW; Jacobson, S; Konishi, M; **Kotani, T**; **Kudo, T**; **Kurokawa, T**; **Nishikawa, J**; **Omiya, M**; Serizawa, T; **Tamura, M**; **Ueda, A**; **Vievard, S**: 2022, Zodiacal exoplanets in time (ZEIT) XII: a directly imaged planetary-mass companion to a young Taurus M dwarf star, MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 512,
- Gan, TJ; Lin, ZT; Wang, SX; Mao, SD; Fouque, P; Fan, JH; Bedell, M; Stassun, KG; Giacalone, S; Fukui, A; Murgas, F; Ciardi, DR; Howell, SB; Collins, KA; Shporer, A; Arnold, L; Barclay, T; Charbonneau, D; Christiansen, J; Crossfield, IJM; Dressing, CD; Elliott, A; Esparza-Borges, E; Evans, P; Gnilka, CL; Gonzales, EJ; Howard, AW; Isogai, K; Kawauchi, K; Kurita, S; Liu, BB; **Livingston, JH**; Matson, RA; **Narita, N**; Palle, E; Parviainen, H; Rackham, BV; Rodriguez, DR; Rose, M; Rudat, A; Schlieder, JE; Scott, NJ; Vezie, M; Ricker, GR; Vanderspek, R; Latham, DW; Seager, S; Winn, JN; Jenkins, JM: 2022, TOI-530b: a giant planet transiting an M-dwarf detected by TESS, MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 511,
- Garai, Z; Pribulla, T; Parviainen, H; Palle, E; Claret, A; Szigeti, L; Bejar, VJS; Casasayas-Barris, N; Crouzet, N; Fukui, A; Chen, G; Kawauchi, K; Klagyivik, P; Kurita, S; **Kusakabe, N**; de Leon, JP;

- Livingston, JH**; Luque, R; Mori, M; Murgas, F; **Narita, N**; Nishiumi, T; Oshagh, M; Szabo, GM; **Tamura, M**; Terada, Y; Watanabe, N: 2021, Is the orbit of the exoplanet WASP-43b really decaying? TESS and MuSCAT2 observations confirm no detection, MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 508,
- Gee, W; **Guyon, O**; Jovanovic, N; Schwab, C; Coutts, D; Walawender, J; Mukherjee, A: 2021, On-sky demonstration of precision photometry with Bayer color filter arrays, JOURNAL OF ASTRONOMICAL TELESCOPES INSTRUMENTS AND SYSTEMS, 7, 48001
- Georgieva, IY; Persson, CM; Barragan, O; Nowak, G; Fridlund, M; Locci, D; Palle, E; Luque, R; Carleo, I; Gandolfi, D; Kane, SR; Korth, J; Stassun, KG; **Livingston, J**; Matthews, EC; Collins, KA; Howell, SB; Serrano, LM; Albrecht, S; Bieryla, A; Brasseur, CE; Ciardi, D; Cochran, WD; Colon, KD; Crossfield, IJM; Csizmadia, S; Deeg, HJ; Esposito, M; Furlan, E; Gan, T; Goffo, E; Gonzales, E; Grziwa, S; Guenther, EW; Guerra, P; **Hirano, T**; Jenkins, JM; Jensen, ELN; Kabath, P; Knudstrup, E; Lam, KWF; Latham, DW; Levine, AM; Matson, RA; McDermott, S; Osborne, HLM; Paegert, M; Quinn, SN; Redfield, S; Ricker, GR; Schlieder, JE; Scott, NJ; Seager, S; Smith, AMS; Tenenbaum, P; Twicken, JD; Vanderspek, R; Van Eylen, V; Winn, JN: 2021, Hot planets around cool stars - two short-period mini-Neptunes transiting the late K-dwarf TOI-1260, MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 505,
- Giacalone, S; Dressing, CD; Hedges, C; Kostov, VB; Collins, KA; Jensen, ELN; Yahalomi, DA; Bieryla, A; Ciardi, DR; Howell, SB; Lillo-Box, J; Barkaoui, K; Winters, JG; Matthews, E; **Livingston, JH**; Quinn, SN; Safonov, BS; Cadieux, C; Furlan, E; Crossfield, IJM; Mandell, AM; Gilbert, EA; Kruse, E; Quintana, EV; Ricker, GR; Seager, S; Winn, JN; Jenkins, JM; Adkins, BD; Baker, D; Barclay, T; Barrado, D; Batalha, NM; Belinski, AA; Benkhaldoun, Z; Buchhave, LA; Cacciapuoti, L; Chontos, A; Christiansen, JL; Cloutier, R; Collins, KI; Conti, DM; Cutting, N; Dixon, S; Doyon, R; El Mufti, M; Esparza-Borges, E; Essack, Z; Fukui, A; Gan, TJ; Gary, K; Ghachoui, M; Gillon, M; Girardin, E; Glidden, A; Gonzales, EJ; Guerra, P; Horch, EP; Helminiak, KG; Howard, AW; Huber, D; Irwin, JM; Isopi, G; Jehin, E; Kagetani, T; Kane, SR; Kawauchi, K; Kielkopf, JF; Lewin, P; Luker, L; Lund, MB; Mallia, F; Mao, SD; Massey, B; Matson, RA; Mireles, I; Mori, M; Murgas, F; **Narita, N**; O'Dwyer, T; Petigura, EA; Polanski, AS; Pozuelos, FJ; Palle, E; Parviainen, H; Plavchan, PP; Relles, HM; Robertson, P; Rose, ME; Rowden, P; Roy, A; Savel, AB; Schlieder, JE; Schnaible, C; Schwarz, RP; Sefako, R; Selezneva, A; Skinner, B; Stockdale, C; Strakhov, IA; Tan, TG; Torres, G; Tronsgaard, R; Twicken, JD; Vermilion, D; Waite, IA; Walter, B; Wang, G; Ziegler, C; Zou, YJ: 2022, Validation of 13 Hot and Potentially Terrestrial TESS Planets, ASTRONOMICAL JOURNAL, 163, 99
- Guerrero, NM; Seager, S; Huang, CX; Vanderburg, A; Soto, AG; Mireles, I; Hesse, K; Fong, W; Glidden, A; Shporer, A; Latham, DW; Collins, KA; Quinn, SN; Burt, J; Dragomir, D; Crossfield, I; Vanderspek, R; Fausnaugh, M; Burke, CJ; Ricker, G; Daylan, T; Essack, Z; Gunther, MN; Osborn, HP; Pepper, J; Rowden, P; Sha, LZ; Villanueva, S; Yahalomi, DA; Yu, L; Ballard, S; Batalha, NM; Berardo, D; Chontos, A; Dittmann, JA; Esquerdo, GA; Mikal-Evans, T; Jayaraman, R; Krishnamurthy, A; Louie, DR; Mehrle, N; Niraula, P; Rackham, BV; Rodriguez, JE; Rowden, SJL; Sousa-Silva, C; Watanabe, D; Wong, I; Zhan, ZC; Zivanovic, G; Christiansen, JL; Ciardi, DR; Swain, MA; Lund, MB; Mullally, SE; Fleming, SW; Rodriguez, DR; Boyd, PT; Quintana, EV; Barclay, T; Colon, KD; Rinehart, SA; Schlieder, JE; Clampin, M; Jenkins, JM; Twicken, JD; Caldwell, DA; Coughlin, JL; Henze, C; Lissauer, JJ; Morris, RL; Rose, ME; Smith, JC; Tenenbaum, P; Ting, EB; Wohler, B; Bakos, GA; Bean, JL; Berta-Thompson, ZK; Bieryla, A; Bouma, LG; Buchhave, LA; Butler, N; Charbonneau, D; Doty, JP; Ge, J; Holman, MJ; Howard, AW; Kaltenegger, L; Kane, SR; Kjeldsen, H; Kreidberg, L; Lin, DNC; Minsky, C; **Narita, N**; Paegert, M; Pal, A; Palle, E; Sasselov, DD; Spencer, A; Sozzetti, A; Stassun, KG; Torres, G; Udry, S; Winn, JN: 2021, The TESS Objects of Interest Catalog from the TESS Prime Mission, ASTROPHYSICAL JOURNAL SUPPLEMENT SERIES, 254, 39
- Gibson, NP.; **Nugroho, SK.**; Lothringer, J.; Maguire, C.; Sing, DK.: 2022, Relative abundance

constraints from high-resolution optical transmission spectroscopy of WASP-121b, and a fast model-filtering technique for accelerating retrievals, *MNRAS*, 512, 4618G

Haffert, SY; Males, JR; Close, LM; Van Gorkom, K; Long, JD; Hedglen, AD; **Guyon, O**; Schatz, L; Kautz, M; Lumbres, J; Rodack, A; Knight, JM; Sun, H; Fogarty, K: 2021, Data-driven subspace predictive control of adaptive optics for high-contrast imaging, *JOURNAL OF ASTRONOMICAL TELESCOPES INSTRUMENTS AND SYSTEMS*, 7, 29001

Hara, C; Kawabe, R; Nakamura, F; Hirano, N; Takakuwa, S; Shimajiri, Y; Kamazaki, T; Di Francesco, J; Machida, MN; **Tamura, M**; Saigo, K; Matsumoto, T; Tomida, K: 2021, Misaligned Twin Molecular Outflows from the Class 0 Protostellar Binary System VLA 1623A Unveiled by ALMA, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 912, 34

**Hashimoto, J**; Dong, RB; Muto, T: 2021, An Asymmetric Dust Ring around a Very Low Mass Star ZZ Tau IRS, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 161, 264

**Hashimoto, J**; Muto, T; Dong, RB; Liu, HB; van der Marel, N; Francis, L; Hasegawa, Y; Tsukagoshi, T: 2021, ALMA Observations of the Asymmetric Dust Disk around DM Tau, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 911, 5

Hedges, C; Hughes, A; Zhou, G; David, TJ; Becker, J; Giacalone, S; Vanderburg, A; Rodriguez, JE; Bieryla, A; Wirth, C; Atherton, S; Fetherolf, T; Collins, KA; Price-Whelan, AM; Bedell, M; Quinn, SN; Gan, TJ; Ricker, GR; Latham, DW; Vanderspek, RK; Seager, S; Winn, JN; Jenkins, JM; Kielkopf, JF; Schwarz, RP; Dressing, CD; Gonzales, EJ; Crossfield, IJM; Matthews, EC; Jensen, ELN; Furlan, E; Gnilka, CL; Howell, SB; Lester, KV; Scott, NJ; Feliz, DL; Lund, MB; Siverd, RJ; Stevens, DJ; **Narita, N**; Fukui, A; Murgas, F; Palle, E; Sutton, PJ; Stassun, KG; Bouma, LG; Vezie, M; Villaseñor, JN; Quintana, EV; Smith, JC: 2021, TOI-2076 and TOI-1807: Two Young, Comoving Planetary Systems within 50 pc Identified by TESS that are Ideal Candidates for Further Follow Up, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 54

Hedges, C; Hughes, A; Zhou, GR; David, TJ; Becker, J; Giacalone, S; Vanderburg, A; Rodriguez, JE; Bieryla, A; Wirth, C; Atherton, S; Fetherolf, T; Collins, KA; Price-Whelan, AM; Bedell, M; Quinn, SN; Gan, TN; Ricker, GR; Latham, DW; Vanderspek, RK; Seager, S; Winn, JN; Jenkins, JM; Tronsgaard, R; Buchhave, LA; Kielkopf, JF; Schwarz, RP; Dressing, CD; Gonzales, EJ; Crossfield, IJM; Matthews, EC; Jensen, ELN; Furlan, E; Gnilka, CL; Howell, SB; Lester, KV; Scott, NJ; Feliz, DL; Lund, MB; Siverd, RJ; Stevens, DJ; **Narita, N**; Fukui, A; Murgas, F; Palle, E; Sutton, PJ; Stassun, KG; Bouma, LG; Vezie, M; Villaseñor, JN; Quintana, EV; Smith, JC: 2022, TOI-2076 and TOI-1807: Two Young, Comoving Planetary Systems within 50 pc Identified by TESS that are Ideal Candidates for Further Follow Up (vol 162, 54, 2021), *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 163, 143

**Hirano, T**; **Livingston, JH**; Fukui, A; **Narita, N**; **Harakawa, H**; **Ishikawa, HT**; Miyakawa, K; Kimura, T; Nakayama, A; Fujita, N; **Hori, Y**; Stassun, KG; Bieryla, A; Cadieux, C; Ciardi, DR; Collins, KA; Ikoma, M; Vanderburg, A; Barclay, T; Brasseur, CE; de Leon, JP; Doty, JP; Doyon, R; Esparza-Borges, E; Esquerdo, GA; Furlan, E; Gaidos, E; Gonzales, EJ; Hodapp, K; Howell, SB; Isogai, K; Jacobson, S; Jenkins, JM; Jensen, ELN; Kawauchi, K; **Kotani, T**; **Kudo, T**; Kurita, S; **Kurokawa, T**; **Kusakabe, N**; **Kuzuhara, M**; Lafreniere, D; Latham, DW; Massey, B; Mori, M; Murgas, F; **Nishikawa, J**; Nishiumi, T; **Omiya, M**; Paegert, M; Palle, E; Parviainen, H; Quinn, SN; Ricker, GR; Schwarz, RP; Seager, S; **Tamura, M**; Tenenbaum, P; Terada, Y; Vanderspek, RK; **Vievard, S**; Watanabe, N; Winn, JN: 2021, Two Bright M Dwarfs Hosting Ultra-Short-Period Super-Earths with Earth-like Compositions, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 161

Hsieh, TH; Takami, M; Connelley, MS; Liu, SY; Su, YN; Hirano, N; **Tamura, M**; Otsuka, M; Karr, JL; Pyo, TS: 2021, K-band High-resolution Spectroscopy of Embedded High-mass Protostars, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 912, 108

- Hwang, J; Kim, J; Pattle, K; Kwon, W; Sadavoy, S; Koch, PM; Hull, CLH; Johnstone, D; Furuya, RS; Lee, CW; Arzoumanian, D; Tahani, M; Eswaraiah, C; Liu, T; Kirchschrager, F; Kim, KT; **Tamura, M**; Kwon, J; Lyo, AR; Soam, A; Kang, JH; Bourke, TL; Matsumura, M; Mairs, S; Kim, G; Park, G; Nakamura, F; Onaka, T; Tang, XD; Liu, HL; Ward-Thompson, D; Li, D; Hoang, T; Hasegawa, T; Qiu, KP; Lai, SP; Bastien, P: 2021, The JCMT BISTRO Survey: The Distribution of Magnetic Field Strengths toward the OMC-1 Region, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 913, 85
- Ishikawa, HT**; Aoki, W; **Hirano, T**; **Kotani, T**; **Kuzuhara, M**; **Omiya, M**; **Hori, Y**; Kokubo, E; **Kudo, T**; **Kurokawa, T**; **Kusakabe, N**; **Narita, N**; **Nishikawa, J**; Ogihara, M; **Ueda, A**; Currie, T; Henning, T; Kasagi, Y; Kolecki, JR; Kwon, J; Machida, MN; McElwain, MW; Nakagawa, T; **Vievard, S**; Wang, J; **Tamura, M**; Sato, B: 2022, Elemental Abundances of nearby M Dwarfs Based on High-resolution Near-infrared Spectra Obtained by the Subaru/IRD Survey: Proof of Concept, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 163, 72
- Ishizuka, M; Kawahara, H; **Nugroho, SK**; Kawashima, Y; **Hirano, T**; **Tamura, M**: 2021, Neutral Metals in the Atmosphere of HD 149026b, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 161, 153
- Johnson, EN; Czesla, S; Fuhrmeister, B; Schofer, P; Shan, Y; Guillen, CC; Reiners, A; Jeffers, SV; Lalitha, S; Luque, R; Rodriguez, E; Bejar, VJS; Caballero, JA; Tal-Or, L; Zechmeister, M; Ribas, I; Amado, PJ; Quirrenbach, A; Cortes-Contreras, M; Dreizler, S; Fukui, A; Lopez-Gonzalez, MJ; Hatzes, AP; Henning, T; Kaminski, A; Kurster, M; Lafarga, M; Montes, D; Morales, JC; Murgas, F; **Narita, N**; Palle, E; Parviainen, H; Pedraz, S; Pollacco, D; Sota, A: 2021, Simultaneous photometric and CARMENES spectroscopic monitoring of fast-rotating M dwarf GJ 3270: Discovery of a post-flare corotating feature, *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, 651, A105
- Jordan, A; Hartman, JD; Bayliss, D; Bakos, GA; Brahm, R; Bryant, EM; Csubry, Z; Henning, T; Hobson, M; Mancini, L; Penev, K; Rabus, M; Suc, V; de Val-Borro, M; Wallace, J; Barkaoui, K; Ciardi, DR; Collins, KA; Esparza-Borges, E; Furlan, E; Gan, T; Benkhaldoun, Z; Ghachoui, M; Gillon, M; Howell, S; Jehin, E; Fukui, A; Kawauchi, K; **Livingston, JH**; Luque, R; Matson, R; Matthews, EC; Osborn, HP; Murgas, F; **Narita, N**; Palle, E; Parviainen, H; Waalkes, WC: 2022, HATS-74Ab, HATS-75b, HATS-76b, and HATS-77b: Four Transiting Giant Planets Around K and M Dwarfs, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 163, 125
- Kawauchi, K; **Narita, N**; Sato, B; Kawashima, Y: 2022, Investigation of the upper atmosphere in ultra-hot Jupiter WASP-76 b with high-resolution spectroscopy, *PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN*, 74,
- Kemmer, J; Dreizler, S; Kossakowski, D; Stock, S; Quirrenbach, A; Caballero, JA; Amado, PJ; Collins, KA; Espinoza, N; Herrero, E; Jenkins, JM; Latham, DW; Lillo-Box, J; **Narita, N**; Palle, E; Reiners, A; Ribas, I; Ricker, G; Rodriguez, E; Seager, S; Vanderspek, R; Wells, R; Winn, J; Aceituno, FJ; Bejar, VJS; Barclay, T; Bluhm, P; Chaturvedi, P; Cifuentes, C; Collins, KI; Cortes-Contreras, M; Demory, BO; Fausnaugh, MM; Fukui, A; Chew, YGM; Galadi-Enriquez, D; Gan, T; Gillon, M; Golovin, A; Hatzes, AP; Henning, T; Huang, C; Jeffers, SV; Kaminski, A; Kunitomo, M; Kurster, M; Lopez-Gonzalez, MJ; Lafarga, M; Luque, R; McCormac, J; Molaverdikhani, K; Montes, D; Morales, JC; Passegger, VM; Reffert, S; Sabin, L; Schofer, P; Schanche, N; Schlecker, M; Schroffenegger, U; Schwarz, RP; Schweitzer, A; Sota, A; Tenenbaum, P; Trifonov, T; Vanaverbeke, S; Zechmeister, M: 2022, Discovery and mass measurement of the hot, transiting, Earth-sized planet, GJ 3929 b, *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, 659, A17
- Komatsu, Y**; **Takizawa, K**: 2021, A quantum chemical study on the effects of varying the central metal in extended photosynthetic pigments, *PHYSICAL CHEMISTRY CHEMICAL PHYSICS*, 23,
- Konyves, V; Ward-Thompson, D; Pattle, K; Di Francesco, J; Arzoumanian, D; Chen, ZW; Diep, PN; Eswaraiah, C; Fanciullo, L; Furuya, RS; Hoang, T; Hull, CLH; Hwang, J; Johnstone, D; Kang, JH; Karoly, J; Kirchschrager, F; Kirk, JM; Koch, PM; Kwon, J; Lee, CW; Onaka, T; Robitaille, JF; Soam,

- A; Tahani, M; Tang, XD; **Tamura, M**; Berry, D; Bastien, P; Ching, TC; Coude, S; Kwon, W; Wang, JW; Hasegawa, T; Lai, SP; Qiu, KP: 2021, The JCMT BISTRO-2 Survey: The Magnetic Field in the Center of the Rosette Molecular Cloud, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 913, 57
- Kospal, A; de Miera, FCS; White, JA; Abraham, P; Chen, L; Csengeri, T; Dong, R; Dunham, MM; Feher, O; Green, JD; **Hashimoto, J**; Henning, T; Hogerheijde, M; **Kudo, T**; Liu, HB; Takami, M; Vorobyov, EI: 2021, Massive Compact Disks around FU Orionis-type Young Eruptive Stars Revealed by ALMA, *ASTROPHYSICAL JOURNAL SUPPLEMENT SERIES*, 256, 30
- Krishnamurthy, V**; **Hirano, T**; Stefansson, G; Ninan, JP; Mahadevan, S; Gaidos, E; Kopparapu, R; Sato, B; **Hori, Y**; Bender, CF; Canas, CI; Diddams, SA; Halverson, S; **Harakawa, H**; Hawley, S; Hearty, F; Hebb, L; Hodapp, K; Jacobson, S; Kanodia, S; Konishi, M; **Kotani, T**; Kowalski, A; **Kudo, T**; **Kurokawa, T**; **Kuzuhara, M**; Lin, A; Maney, M; Metcalf, AJ; Morris, B; **Nishikawa, J**; **Omiya, M**; Robertson, P; Roy, A; Schwab, C; Serizawa, T; **Tamura, M**; **Ueda, A**; **Vievard, S**; Wisniewski, J: 2021, Nondetection of Helium in the Upper Atmospheres of TRAPPIST-1b, e, and f\*, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 82
- Kwon, W; Pattle, K; Sadavoy, S; Hull, CLH; Johnstone, D; Ward-Thompson, D; Di Francesco, J; Koch, PM; Furuya, R; Doi, Y; Le Gouellec, VJM; Hwang, J; Lyo, AR; Soam, A; Tang, XD; Hoang, T; Kirchschrager, F; Eswaraiyah, C; Fanciullo, L; Kim, KH; Onaka, T; Konyves, V; Kang, JH; Lee, CW; **Tamura, M**; Bastien, P; Hasegawa, T; Lai, SP; Qiu, KP; Berry, D; Arzoumanian, D; Bourke, TL; Byun, DY; Chen, WP; Chen, HRV; Chen, MK; Chen, ZW; Ching, TC; Cho, J; Choi, Y; Choi, M; Chrysostomou, A; Chung, EJ; Coude, S; Dai, S; Diep, PN; Duan, Y; Duan, HY; Eden, D; Fiege, J; Fissel, LM; Franzmann, E; Friberg, P; Friesen, R; Fuller, G; Gledhill, T; Graves, S; Greaves, J; Griffin, M; Gu, QL; Han, I; Hatchell, J; Hayashi, S; Houde, M; Inoue, T; Inutsuka, S; Iwasaki, K; Jeong, IG; Kang, MJ; Karoly, J; Kataoka, A; Kawabata, K; Kemper, F; Kim, KT; Kim, G; Kim, MR; Kim, S; Kim, J; Kirk, J; Kobayashi, MIN; Kusune, T; Kwon, J; Lacaille, K; Law, CY; Lee, CF; Lee, YH; Lee, H; Lee, JE; Lee, SS; Li, DL; Li, D; Li, HB; Lin, SJ; Liu, SY; Liu, HL; Liu, JH; Liu, T; Lu, X; Mairs, S; Matsumura, M; Matthews, B; Moriarty-Schieven, G; Nagata, T; Nakamura, F; Nakanishi, H; Ngoc, NB; Ohashi, N; Park, G; Parsons, H; Peretto, N; Priestley, F; Pyo, TS; Qian, L; Rao, R; Rawlings, J; Rawlings, MG; Retter, B; Richer, J; Rigby, A; Saito, H; Savini, G; Seta, M; Shimajiri, Y; Shinnaga, H; Tahani, M; Tang, YW; Tomisaka, K; Tram, L; Tsukamoto, Y; Viti, S; Wang, HC; Wang, JW; Whitworth, A; Wu, JT; Xie, JJ; Yen, HW; Yoo, H; Yuan, J; Yun, HS; Zenko, T; Zhang, YP; Zhang, CP; Zhang, GY; Zhou, JJ; Zhu, L; de Looze, I; Andre, P; Dowell, CD; Eyres, S; Falle, S; Robitaille, JF; van Loo, S: 2022, B-fields in Star-forming Region Observations (BISTRO): Magnetic Fields in the Filamentary Structures of Serpens Main, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 926, 163
- Lacedelli, G; Wilson, TG; Malavolta, L; Hooton, MJ; Cameron, AC; Alibert, Y; Mortier, A; Bonfanti, A; Haywood, RD; Hoyer, S; Piotto, G; Bekkelien, A; Vanderburg, AM; Benz, W; Dumusque, X; Deline, A; Lopez-Morales, M; Borsato, L; Rice, K; Fossati, L; Latham, DW; Brandeker, A; Poretti, E; Sousa, SG; Sozzetti, A; Salmon, S; Burke, CJ; Van Grootel, V; Fausnaugh, MM; Adibekyan, V; Huang, CX; Osborn, HP; Mustill, AJ; Palle, E; Bourrier, V; Nascimbeni, V; Alonso, R; Anglada, G; Barczy, T; Navascues, DBY; Barros, SCC; Baumjohann, W; Beck, M; Beck, T; Billot, N; Bonfils, X; Broeg, C; Buchhave, LA; Cabrera, J; Charnoz, S; Cosentino, R; Csizmadia, S; Davies, MB; Deleuil, M; Delrez, L; Demangeon, O; Demory, BO; Ehrenreich, D; Erikson, A; Esparza-Borges, E; Floren, HG; Fortier, A; Fridlund, M; Futyan, D; Gandolfi, D; Ghedina, A; Gillon, M; Gudel, M; Guterman, P; Harutyunyan, A; Heng, K; Isaak, KG; Jenkins, JM; Kiss, L; Laskar, J; des Etangs, AL; Lendl, M; Lovis, C; Magrin, D; Marafatto, L; Fiorenzano, AFM; Maxted, PFL; Mayor, M; Micela, G; Molinari, E; Murgas, F; **Narita, N**; Olofsson, G; Ottensamer, R; Pagano, I; Pasetti, A; Pedani, M; Pepe, FA; Peter, G; Phillips, DF; Pollacco, D; Queloz, D; Razzoni, R; Rando, N; Ratti, F; Rauer, H; Ribas, I; Santos, NC; Sasselov, D; Scandariato, G; Seager, S; Segransan, D; Serrano, LM; Simon, AE; Smith, AMS; Steinberger, M; Steller, M; Szabo, G; Thomas, N; Twicken, JD; Udry, S; Walton, N; Winn, JN: 2022, Investigating the architecture and internal structure of the TOI-561 system planets with CHEOPS, HARPS-N, and TESS, *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL*

- Lam, KWF; Csizmadia, S; Astudillo-Defru, N; Bonfils, X; Gandolfi, D; Padovan, S; Esposito, M; Hellier, C; **Hirano, T**; **Livingston, J**; Murgas, F; Smith, AMS; Collins, KA; Mathur, S; Garcia, RA; Howell, SB; Santos, NC; Dai, F; Ricker, GR; Vanderspek, R; Latham, DW; Seager, S; Winn, JN; Jenkins, JM; Albrecht, S; Almenara, JM; Artigau, E; Barragan, O; Bouchy, F; Cabrera, J; Charbonneau, D; Chaturvedi, P; Chaushev, A; Christiansen, JL; Cochran, WD; De Meideiros, JR; Delfosse, X; Diaz, RF; Doyon, R; Eigmuller, P; Figueira, P; Forveille, T; Fridlund, M; Gaisne, G; Goffo, E; Georgieva, I; Grziwa, S; Guenther, E; Hatzes, AP; Johnson, MC; Kabath, P; Knudstrup, E; Korth, J; Lewin, P; Lissauer, JJ; Lovis, C; Luque, R; Melo, C; Morgan, EH; Morris, R; Mayor, M; **Narita, N**; Osborne, HLM; Palle, E; Pepe, F; Persson, CM; Quinn, SN; Rauer, H; Redfield, S; Schlieder, JE; Segransan, D; Serrano, LM; Smith, JC; Subjak, J; Twicken, JD; Udry, S; Van Eylen, V; Vezie, M: 2021, GJ 367b: A dense, ultrashort-period sub-Earth planet transiting a nearby red dwarf star, *SCIENCE*, 374,
- Lawson, K; Currie, T; Wisniewski, JP; **Tamura, M**; Augereau, JC; Brandt, TD; **Guyon, O**; Kasdin, NJ; Groff, TD; Lozi, J; Deo, V; **Vievard, S**; Chilcote, J; Jovanovic, N; Martinache, F; Skaf, N; Henning, T; Knapp, G; Kwon, J; McElwain, MW; Pyo, TS; Sitko, ML; Uyama, T; Wagner, K: 2021, Multiband Imaging of the HD 36546 Debris Disk: A Refined View from SCEXAO/CHARIS\*, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 293
- Lyo, AR; Kim, J; Sadavoy, S; Johnstone, D; Berry, D; Pattle, K; Kwon, W; Bastien, P; Onaka, T; Di Francesco, J; Kang, JH; Furuya, R; Hull, CLH; **Tamura, M**; Koch, PM; Ward-Thompson, D; Hasegawa, T; Hoang, T; Arzoumanian, D; Lee, CW; Lee, CF; Byun, DY; Kirchschrager, F; Doi, Y; Kim, KT; Hwang, J; Diep, PN; Fanciullo, L; Lee, SS; Park, G; Yoo, H; Chung, EJ; Whitworth, A; Mairs, S; Soam, A; Liu, T; Tang, XD; Coude, S; Andre, P; Bourke, TL; Chen, HRV; Chen, ZW; Chen, WP; Chen, MK; Ching, TC; Cho, J; Choi, M; Choi, Y; Chrysostomou, A; Dai, S; Dowell, CD; Duan, HY; Duan, Y; Eden, D; Eswaraiyah, C; Eyres, S; Fiege, J; Fissel, LM; Franzmann, E; Friberg, P; Friesen, R; Fuller, G; Gledhill, T; Graves, S; Greaves, J; Griffin, M; Gu, QL; Han, I; Hatchell, J; Hayashi, S; Houde, M; Inoue, T; Inutsuka, S; Iwasaki, K; Jeong, IG; Kang, MJ; Kataoka, A; Kawabata, K; Kemper, F; Kim, G; Kim, MR; Kim, S; Kim, KH; Kirk, J; Kobayashi, MIN; Konyves, V; Kusune, T; Kwon, J; Lacaille, K; Lai, SP; Law, CY; Lee, JE; Lee, YH; Lee, H; Li, DL; Li, D; Li, HB; Liu, HL; Liu, JH; Liu, SY; Lu, X; Matsumura, M; Matthews, B; Moriarty-Schieven, G; Nagata, T; Nakamura, F; Nakanishi, H; Ngoc, NB; Ohashi, N; Parsons, H; Peretto, N; Priestley, F; Pyo, TS; Qian, L; Qiu, K; Rao, R; Rawlings, J; Rawlings, MG; Retter, B; Richer, J; Rigby, A; Saito, H; Savini, G; Scaife, A; Seta, M; Shimajiri, Y; Shinnaga, H; Tahani, M; Tang, YW; Tomisaka, K; Tram, LN; Tsukamoto, Y; Viti, S; Wang, JW; Wang, HC; Xie, JJ; Yen, HW; Yuan, JH; Yun, HS; Zenko, T; Zhang, GY; Zhang, CP; Zhang, YP; Zhou, JJ; Zhu, L; de Looze, I; Dowell, CD; Falle, S; Robitaille, JF; van Loo, S: 2021, The JCMT BISTRO Survey: An 850/450  $\mu$ m Polarization Study of NGC 2071IR in Orion B, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 918, 85
- Males, JR; Fitzgerald, MP; Belikov, R; **Guyon, O**: 2021, The Mysterious Lives of Speckles. I. Residual Atmospheric Speckle Lifetimes in Ground-based Coronagraphs, *PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF THE PACIFIC*, 133, 104504
- Martinod, MA; Norris, B; Tuthill, P; Lagadec, T; Jovanovic, N; Cvetojevic, N; Gross, S; Arriola, A; Gretzinger, T; Withford, MJ; **Guyon, O**; Lozi, J; **Vievard, S**; Deo, V; Lawrence, JS; Leon-Saval, S: 2021, Scalable photonic-based nulling interferometry with the dispersed multi-baseline GLINT instrument, *NATURE COMMUNICATIONS*, 12, 2465
- Masuda, K; **Hirano, T**: 2021, Tidal Effects on the Radial Velocities of V723 Mon: Additional Evidence for a Dark 3 M Companion, *ASTROPHYSICAL JOURNAL LETTERS*, 910, L17
- Merritt, SR.; Gibson, NP.; **Nugroho, SK.**; de Mooij, EJ. W.; Hooton, MJ.; Lothringer, JD.; Matthews, SM.; Mikal-Evans, T.; Nikolov, N.; Sing, DK.; Watson, CA.: 2021, An inventory of atomic species

- in the atmosphere of WASP-121b using UVES high-resolution spectroscopy. *MNRAS*, 506, 3853M
- Miret-Roig, N; Bouy, H; Raymond, SN; **Tamura, M**; Bertin, E; Barrado, D; Olivares, J; Galli, PAB; Cuillandre, JC; Sarro, LM; Berihuete, A; Huelamo, N: 2022, A rich population of free-floating planets in the Upper Scorpius young stellar association, *NATURE ASTRONOMY*, 6,
- Miyakawa, K; **Hirano, T**; Fukui, A; Mann, AW; Gaidos, E; Sato, B: 2021, Wavelength Dependence of Activity-induced Photometric Variations for Young Cool Stars in Hyades, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 104
- Miyakawa, K; **Hirano, T**; Sato, B; Fukui, A; **Narita, N**: 2021, Joint Analysis of Multicolor Photometry: A New Approach to Constrain the Nature of Multiple-star Systems Hosting Exoplanet Candidates, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 161, 276
- Murakami, N; Yoneta, K; Kawai, K; Kawahara, H; **Kotani, T**; **Tamura, M**; Baba, N: 2022, Polarization-based Speckle Nulling Using a Spatial Light Modulator to Generate a Wide-field Dark Hole, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 163, 129
- Ogihara, M; **Hori, Y**; Kunitomo, M; Kurosaki, K: 2021, Formation of giant planets with large metal masses and metal fractions via giant impacts in a rapidly dissipating disk, *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, 648, L1
- Palle, E; Luque, R; Osorio, MRZ; Parviainen, H; Ikoma, M; Taberner, HM; Zechmeister, M; Mustill, AJ; Bejar, VSJ; **Narita, N**; Murgas, F: 2021, ESPRESSO mass determination of TOI-263b: an extreme inhabitant of the brown dwarf desert, *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, 650, A55
- Pan, XW; Tokutsu, R; Li, AJ; **Takizawa, K**; Song, CH; Murata, K; Yamasaki, T; Liu, ZF; Minagawa, J; Li, M: 2021, Structural basis of LhcbM5-mediated state transitions in green algae, *NATURE PLANTS*, 7,
- Pattle, K; Lai, SP; Wright, M; Coude, S; Plambeck, R; Hoang, T; Tang, YW; Bastien, P; Eswaraiah, C; Furuya, RS; Hwang, J; Inutsuka, S; Kim, KT; Kirchschrager, F; Kwon, W; Lee, CW; Liu, SY; Lyo, A; Ohashi, N; Rawlings, MG; Tahani, M; **Tamura, M**; Soam, A; Wang, JW; Ward-Thompson, D: 2021, OMC-1 dust polarization in ALMA Band 7: diagnosing grain alignment mechanisms in the vicinity of Orion Source I, *MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY*, 503,
- Ramiamananantsoa, T.; Bowman, J. D.; Shkolnik, E. L.; Loyd, R. O. P.; Ardila, D. R.; Jewell, A.; Barman, T.; Basset, C.; Beasley, M.; Cheng, S.; Gamaunt, J.; Gorjian, V.; Hennessy, J.; Jacobs, D.; Jensen, L.; Knapp, M.; Llama, J.; **Meadows, V.**; Nikzad, S.; Peacock, S.; Scowen, P.; Swain, M. R.: 2021, Onboard dynamic image exposure control for the Star-Planet Activity Research CubeSat (SPARCS), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 509, 4, 5702.
- Scarsdale, N; Murphy, JMA; Batalha, NM; Crossfield, IJM; Dressing, CD; Fulton, B; Howard, AW; Huber, D; Isaacson, H; Kane, SR; Petigura, EA; Robertson, P; Roy, A; Weiss, LM; Beard, C; Behrard, A; Chontos, A; Christiansen, JL; Ciardi, DR; Claytor, ZR; Collins, KA; Collins, KI; Dai, F; Dalba, PA; Dragomir, D; Fetherolf, T; Fukui, A; Giacalone, S; Gonzales, EJ; Hill, ML; Hirsch, LA; Jensen, ELN; Kosiarek, MR; de Leon, JP; Lubin, J; Lund, MB; Luque, R; Mayo, AW; Mocnik, T; Mori, M; **Narita, N**; Nowak, G; Palle, E; Rabus, M; Rosenthal, LJ; Rubenzahl, RA; Schlieder, JE; Shporer, A; Stassun, KG; Twicken, J; Wang, G; Yahalomi, DA; Jenkins, J; Latham, DW; Ricker, GR; Seager, S; Vanderspek, R; Winn, JN: 2021, TESS-Keck Survey. V. Twin Sub-Neptunes Transiting the Nearby G Star HD 63935, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 215
- Skaf, N; **Guyon, O**; Gendron, E; Ahn, K; Bertrou-Cantou, A; Boccaletti, A; Cranney, J; Currie, T; Deo, V; Edwards, B; Ferreira, F; Gratadour, D; Lozi, J; Norris, B; Sevin, A; Vidal, F; **Vievard, S**: 2022,

- Snellen, IAG; Snik, F; Kenworthy, M; Albrecht, S; Anglada-Escude, G; Baraffe, I; Baudoz, P; Benz, W; Beuzit, JL; Biller, B; Birkby, JL; Boccaletti, A; Van Boekel, R; De Boer, J; Brogi, M; Buchhave, L; Carone, L; Claire, M; Claudi, R; Demory, BO; Desert, JM; Desidera, S; Gaudi, BS; Gratton, R; Gillon, M; Grenfell, JL; **Guyon, O**; Henning, T; Hinkley, S; Huby, E; Janson, M; Helling, C; Heng, K; Kasper, M; Keller, CU; Krause, O; Kreidberg, L; Madhusudhan, N; Lagrange, AM; Launhardt, R; Lenton, TM; Lopez-Puertas, M; Maire, AL; Mayne, N; **Meadows, V**; Mennesson, B; Micela, G; Miguel, Y; Milli, J; Min, M; De Mooij, E; Mouillet, D; N'Diaye, M; D'Orazi, V; Pallé, E; Pagano, I; Piotto, G; Queloz, D; Rauer, H; Ribas, I; Ruane, G; Selsis, F; Sozzetti, A; Stam, D; Stark, CC; Vigan, A; De Visser, P: 2022, Detecting life outside our solar system with a large high-contrast-imaging mission, *EXPERIMENTAL ASTRONOMY*, 54,
- Soto, MG; Anglada-Escude, G; Dreizler, S; Molaverdikhani, K; Kemmer, J; Rodriguez-Lopez, C; Lillo-Box, J; Pallé, E; Espinoza, N; Caballero, JA; Quirrenbach, A; Ribas, I; Reiners, A; **Narita, N**; **Hirano, T**; Amado, PJ; Bejar, VJS; Bluhm, P; Burke, CJ; Caldwell, DA; Charbonneau, D; Cloutier, R; Collins, KA; Cortes-Contreras, M; Girardin, E; Guerra, P; **Harakawa, H**; Hatzes, AP; Irwin, J; Jenkins, JM; Jensen, E; Kawauchi, K; **Kotani, T**; **Kudo, T**; Kunitomo, M; **Kuzuhara, M**; Latham, DW; Montes, D; Morales, JC; Mori, M; Nelson, RP; **Omiya, M**; Pedraz, S; Passegger, VM; Rackham, BV; Rudat, A; Schlieder, JE; Schofer, P; Schweitzer, A; Selezneva, A; Stockdale, C; **Tamura, M**; Trifonov, T; Vanderspek, R; Watanabe, D: 2021, Mass and density of the transiting hot and rocky super-Earth LHS 1478 b (TOI-1640 b), *ASTRONOMY & ASTROPHYSICS*, 649, A144
- Steiger, S; Currie, T; Brandt, TD; **Guyon, O**; **Kuzuhara, M**; Chilcote, J; Groff, TD; Lozi, J; Walter, AB; Fruitwala, N; Bailey, JI; Zobrist, N; Swimmer, N; Lipartito, I; Smith, JP; Bockstiegel, C; Meeker, SR; Coiffard, G; Dodkins, R; Szypryt, P; Davis, KK; Daal, M; Bumble, B; **Vievard, S**; Sahoo, A; Deo, V; Jovanovic, N; Martinache, F; Doppmann, G; **Tamura, M**; Kasdin, NJ; Mazin, BA: 2021, SCEXAO/MEC and CHARIS Discovery of a Low-mass, 6 au Separation Companion to HIP 109427 Using Stochastic Speckle Discrimination and High-contrast Spectroscopy, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 44
- Takagi, H; Yamamoto, K; Matsuo, Y; Furuie, M; Kasayuki, Y; Ohtani, R; Shiotani, M; Hasegawa, T; Ohnishi, T; Ohashi, M; **Johzuka, K**; Kurata, A; Uegaki, K: 2022, Influence of mutation in the regulatory domain of alpha-isopropylmalate synthase from *Saccharomyces cerevisiae* on its activity and feedback inhibition, *BIOSCIENCE BIOTECHNOLOGY AND BIOCHEMISTRY*, 86,
- Takimoto, K; Arai, T; Matsuura, S; Bock, JJ; Cooray, A; Feder, RM; Korngut, PM; Lanz, A; Lee, DH; Matsumoto, T; Nguyen, CH; Onishi, Y; Sano, K; Shirahata, M; **Takahashi, A**; Tsumura, K; Zemicov, M: 2022, Polarization Spectrum of Near-Infrared Zodiacal Light Observed with CIBER, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 926, 6
- Tampo, Y; Nogami, D; Kato, T; Ayani, K; Naito, H; **Narita, N**; Fujii, M; Hashimoto, O; Kinugasa, K; Honda, S; Takahashi, H; Narusawa, S; Sakamoto, M; Imada, A: 2022, Spectroscopic observations of V455 Andromedae superoutburst in 2007: The most exotic spectral features in dwarf nova outbursts, *PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN*, 74,
- Tatematsu, K; Kim, G; Liu, T; Evans, NJ; Yi, HW; Lee, JE; Wu, YF; Hirano, N; Liu, SY; Dutta, S; Sahu, DP; Sanhueza, P; Kim, KT; Juvela, M; Toth, LV; Feher, O; He, JH; Ge, JX; Feng, SY; Choi, M; Kang, M; Thompson, MA; Fuller, GA; Li, D; Ristorcelli, I; Wang, K; Di Francesco, J; Eden, D; Ohashi, S; **Kandori, R**; Vastel, C; Hirota, T; Sakai, T; Lu, X; Lu'o'ng, QN; Shinnaga, H; Kim, J: 2021, Molecular Cloud Cores with High Deuterium Fractions: Nobeyama Mapping Survey, *ASTROPHYSICAL JOURNAL SUPPLEMENT SERIES*, 256, 25

- Teng, HY; Sato, B; **Takarada, T**; **Omiya, M**; **Harakawa, H**; Izumiura, H; Kambe, E; Takeda, Y; Yoshida, M; Itoh, Y; Ando, H; Kokubo, E: 2022, Regular radial velocity variations in nine G- and K-type giant stars: Eight planets and one planet candidate, PUBLICATIONS OF THE ASTRONOMICAL SOCIETY OF JAPAN, 74,
- Teske, J; Wang, SXS; Wolfgang, A; Gan, TJ; Plotnykov, M; Armstrong, DJ; Butler, RP; Cale, B; Crane, JD; Howard, W; Jensen, ELN; Law, N; Shectman, SA; Plavchan, P; Valencia, D; Vanderburg, A; Ricker, GR; Vanderspek, R; Latham, DW; Seager, S; Winn, JN; Jenkins, JM; Adibekyan, V; Barrado, D; Barros, SCC; Benkhaldoun, Z; Brown, DJA; Bryant, EM; Burt, J; Caldwell, DA; Charbonneau, D; Cloutier, R; Collins, KA; Collins, KI; Colon, KD; Conti, DM; Demangeon, ODS; Eastman, JD; Elmufti, M; Feng, FB; Flowers, E; Guerrero, NM; Hojjatpanah, S; Irwin, JM; Isopi, G; Lillo-Box, J; Mallia, F; Massey, B; Mori, M; Mullally, SE; **Narita, N**; Nishiumi, T; Osborn, A; Paegert, M; de Leon, JP; Quinn, SN; Reefe, M; Schwarz, RP; Shporer, A; Soubkiou, A; Sousa, SG; Stockdale, C; Strom, PA; Tan, TG; Tang, JX; Tenenbaum, P; Wheatley, PJ; Wittrock, J; Yahalomi, DA; Zohrabi, F: 2021, The Magellan-TESS Survey. I. Survey Description and Midsurvey Results, ASTROPHYSICAL JOURNAL SUPPLEMENT SERIES, 256, 33
- Tokumoto, Y; Hashimoto, K; Soyano, T; Aoki, S; Iwasaki, W; Fukuhara, M; Nakagawa, T; Saeki, K; Yokoyama, J; **Fujita, H**; Kawaguchi, M: 2021, Assessment of Polygala paniculata (Polygalaceae) characteristics for evolutionary studies of legume-rhizobia symbiosis (vol 133, pg 109, 2020), JOURNAL OF PLANT RESEARCH, 134,
- Tsukagoshi, T; Nomura, H; Muto, T; Kawabe, R; Kanagawa, KD; Okuzumi, S; Ida, S; Walsh, C; Millar, TJ; Takahashi, SZ; **Hashimoto, J**; Uyama, T; **Tamura, M**: 2022, ALMA High-resolution Multiband Analysis for the Protoplanetary Disk around TW Hya, ASTROPHYSICAL JOURNAL, 928, 49
- Uyama, T; Xie, C; Aoyama, Y; Beichman, CA; **Hashimoto, J**; Dong, RB; Hasegawa, Y; Ikoma, M; Mawet, D; McElwain, MW; Ruffio, JB; Wagner, KR; Wang, JJ; Zhou, YF: 2021, Keck/OSIRIS Pa beta High-contrast Imaging and Updated Constraints on PDS 70b, ASTRONOMICAL JOURNAL, 162, 214
- Van Eylen, V; Astudillo-Defru, N; Bonfils, X; **Livingston, J**; **Hirano, T**; Luque, R; Lam, KWF; Justesen, AB; Winn, JN; Gandolfi, D; Nowak, G; Palle, E; Albrecht, S; Dai, F; Estrada, BC; Owen, JE; Foreman-Mackey, D; Fridlund, M; Korth, J; Mathur, S; Forveille, T; Mikal-Evans, T; Osborne, HLM; Ho, CSK; Almenara, JM; Artigau, E; Barragan, O; Barros, SCC; Bouchy, F; Cabrera, J; Caldwell, DA; Charbonneau, D; Chaturvedi, P; Cochran, WD; Csizmadia, S; Damasso, M; Delfosse, X; De Medeiros, JR; Diaz, RF; Doyon, R; Esposito, M; Furesz, G; Figueira, P; Georgieva, I; Goffo, E; Grziwa, S; Guenther, E; Hatzes, AP; Jenkins, JM; Kabath, P; Knudstrup, E; Latham, DW; Lavie, B; Lovis, C; Mennickent, RE; Mullally, SE; Murgas, F; **Narita, N**; Pepe, FA; Persson, CM; Redfield, S; Ricker, GR; Santos, NC; Seager, S; Serrano, LM; Smith, AMS; Mascarenno, AS; Subjak, J; Twicken, JD; Udry, S; Vanderspek, R; Osorio, MRZ: 2021, Masses and compositions of three small planets orbiting the nearby M dwarf L231-32 (TOI-270) and the M dwarf radius valley, MONTHLY NOTICES OF THE ROYAL ASTRONOMICAL SOCIETY, 507,
- Van Gorkom, K; Males, JR; Close, LM; Lumbres, J; Hedglen, A; Long, JD; Haffert, SY; **Guyon, O**; Kautz, M; Schatz, L; Miller, K; Rodack, AT; Knight, JM; Morzinski, KM: 2021, Characterizing deformable mirrors for the MagAO-X instrument, JOURNAL OF ASTRONOMICAL TELESCOPES INSTRUMENTS AND SYSTEMS, 7, 39001
- Wong, I; Shporer, A; Zhou, G; Kitzmann, D; Komacek, TD; Tan, XY; Tronsgaard, R; Buchhave, LA; Vissapragada, S; Greklek-McKeon, M; Rodriguez, JE; Ahlers, JP; Quinn, SN; Furlan, E; Howell, SB; Bieryla, A; Heng, K; Knutson, HA; Collins, KA; McLeod, KK; Berlind, P; Brown, P; Calkins, ML; de Leon, JP; Esparza-Borges, E; Esquerdo, GA; Fukui, A; Gan, TJ; Girardin, E; Gnilka, CL; Ikoma, M; Jensen, ELN; Kielkopf, J; Kodama, T; Kurita, S; Lester, KV; Lewin, P; Marino, G; Murgas, F; **Narita, N**; Palle, E; Schwarz, RP; Stassun, KG; **Tamura, M**; Watanabe, N; Benneke, B;

Ricker, GR; Latham, DW; Vanderspek, R; Seager, S; Winn, JN; Jenkins, JM; Caldwell, DA; Fong, W; Huang, CX; Mireles, I; Schlieder, JE; Shiao, B; Villaseñor, JN: 2021, TOI-2109: An Ultrahot Gas Giant on a 16 hr Orbit, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 162, 256

Yamaguchi, M; Tsukagoshi, T; Muto, T; Nomura, H; Nakazato, T; Ikeda, S; **Tamura, M**; Kawabe, R: 2021, ALMA Super-resolution Imaging of T Tau:  $r=12$  au Gap in the Compact Dust Disk around T Tau N, *ASTROPHYSICAL JOURNAL*, 923, 121

Yoneta, K; Murakami, N; Ichien, H; Sudoh, S; **Nishikawa, J**: 2022, Half-tone Wave Front Control: Numerical Simulation and Laboratory Demonstration, *ASTRONOMICAL JOURNAL*, 163, 112

## 5-2 欧文論文(研究会集録, 査読なし等) 46 編

Ahn, K; **Guyon, O**; Lozi, J; **Vievard, S**; Deo, V; Skaf, N; Bragg, J; Haffert, SY; Males, JR; Currie, T: 2022, Laboratory demonstrations of EFC and spatial LDFC on Subaru/SCEXAO, *Proceedings of SPIE*, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 121852B.

Arney, G.; Izenberg, N.; Kane, S. R.; Mandt, K. E.; **Meadows, V.**; Rymer, A. M. ; Quick, L. C. ; Byrne, P. K.: 2021, Exoplanets in our Backyard: A report from an interdisciplinary community workshop and a call to combined action, *Exoplanets in our Backyard: A report from an interdisciplinary community workshop and a call to combined action.*, Planetary Science and Astrobiology Decadal Survey 2023-2032 white paper e-id. 231; *Bulletin of the American Astronomical Society*, Vol. 53, Issue 4, e-id. 231.

Blind, N; Chazelas, B; Kuhn, J; Hocini, E; Louis, C; Beaulieu, M; Fusco, T; Genolet, L; **Guyon, O**; Hagelberg, J; Hughes, I; Martinez, P; Sauvage, JF; Schnell, R; Sordet, M; Spang, A: 2022, RISTRETTO: coronagraph and AO designs enabling High Dispersion Coronagraphy at  $2 \lambda/D$ , *Proceedings of SPIE*, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 1218573.

Chaushev, A; Sallum, S; Lozi, J; Martinache, F; Chilcote, J; Groff, T; **Guyon, O**; Kasdin, NJ; Norris, B; Skemer, A: 2022, Spectral Differential Imaging using Kernel Phase with CHARIS/SCEXAO - Technique Performance and Current Limitations, *Proceedings of SPIE*, 12183, Eds. Merand, A; Sallum, S; Sanchez-Bermudez, J, 121831L.

Close, LM; Males, JR; Durney, O; Coronado, F; Haffert, SY; Gasho, V; Hedglen, A; Kautz, MY; Connors, TE; Sullivan, M; **Guyon, O**; Noenickx, J: 2022, The Optical and Mechanical Design for the 21,000 Actuator ExAO System for the Giant Magellan Telescope: GMagAO-X, *Proceedings of SPIE*, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 1218524.

Currie, T. M., Brandt, T., **Kuzuhara, M.**, Chilcote, J., Liu, R. Y., Cashman, Ed., Tobin, T., **Guyon, O.**, Lozi, J., Deo, V., **Vievard, S.**: 2021, A new type of exoplanet direct imaging search: a SCEXAO/CHARIS survey of accelerating stars, *Proceedings of SPIE*, 11823, Eds. Eds. S. B. Shaklan, G. J. Ruane, 1182304.

Deo, V; **Vievard, S**; Cvetojevic, N; Ahn, K; Huby, E; **Guyon, O**; Lacour, S; Lozi, J; Martinache, F; Norris, B; Skaf, N; Tuthill, P: 2022, Controlling petals using fringes: discontinuous wavefront sensing through sparse aperture interferometry at Subaru/SCEXAO, *Proceedings of SPIE*, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 121850Z.

Fitzgerald, MP; Sallum, S; Millar-Blanchaer, MA; Jensen-Clem, R; Hinz, PM; **Guyon, O**; Wang, J; Mazin, BA; Skemer, A; Chun, M; Males, J; Marois, C; Singh, G; Max, C: 2022, The Planetary Systems Imager for TMT: Overview and Status, *Proceedings of SPIE*, 12184, Eds. Evans, CJ; Bryant, JJ; Motohara, K, 1218426.

Gaidos Eric, **Hirano, Teruyuki, Omiya, Masashi**, et al.: 2021, Zodiacal Exoplanets in Time

(ZEIT). XIV. He I Transit Spectroscopy of the 650 Myr Hyades Planet K2-136c, Research Notes of the AAS, 5, , id.238.

**Guyon, O**; Ahn, K; Akiyama, M; Currie, T; Deo, V; Hattori, T; **Kudo, T**; Lozi, J; Minowa, Y; Ono, Y; Skaf, N; **Tamura, M**; Vievard, V: 2022, High Contrast and High Angular Imaging at Subaru Telescope, Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 121856J.

**Guyon, O**; Norris, B; Martinod, MA; Ahn, K; Deo, V; Skaf, N; Lozi, J; **Vievard, S**; Haffert, SY; Currie, T; Males, JR; Wong, A; Tuthill, P: 2022, High Contrast Imaging at the Photon Noise Limit with WFS-based PSF Calibration, Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 121850E.

**Guyon, O.**, Norris, B., Martinod, M.-A., Ahn, K., Tuthill, P., Males, J., Wong, A., Skaf, N., Currie, T., Miller, K., Bos, S., Lozi, J., Deo, V., **Vievard, S.**, Belikov, R., Van Gorkom, K., Haffert, S., Mazin, B., Bottom, M., Frazin, R., Rodack, A., Groff, T., Jovanovic, N., Martinache, F.: 2021, High contrast imaging at the photon noise limit with self-calibrating WFS/C systems, Proceedings of the SPIE , 11823 , Eds. S. B. Shaklan, G. J. Ruane, 1182318.

Haffert, S.Y., Males, J.R., Close, L., Long, J., Schatz, L., van Gorkom, K., Hedglen, A., Lumbres, J., Rodack, A., **Guyon, O.**, Knight, J., Kautz, M., Pearce, L.: 2021, Data-driven subspace predictive control: lab demonstration and future outlook, Proceedings of the SPIE, 11823 , Eds. S. B. Shaklan, G. J. Ruane, 1182306.

Haffert, SY; Males, JR; Van Gorkoma, K; Close, LM; Long, JD; Hedglen, AD; Ahn, K; **Guyon, O**; Schatz, L; Kautz, M; Lumbres, J; Rodack, A; Knight, JM; Sun, H; Fogarty, K; Miller, K: 2022, Advanced wavefront sensing and control demonstration with MagAO-X., Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 1218581.

Harbeck, DR; Kirby, A; Volgenau, N; Elphick, M; Storrie-Lombardi, LJ; Henderson, T; Taylor, B; Conway, PB; Bowman, M; Rios, F; Fukui, A; **Narita, N**: 2022, How we completed major maintenance and new installations at Las Cumbres Observatory during the COVID-19 Pandemic, Proceedings of SPIE, 12186, Eds. Adler, DS; Seaman, RL; Benn, CR, 1218618.

Hart, J. G. J. 't., Van Holstein, R. G., Bos, S. P., Ruigrok, J., Snik, F., Lozi, J., **Guyon, O.**, **Kudo, T.**, Zhang, J., Jovanovic, N., Norris, B., Martinod, M.-A., Groff, T. D., Chilcote, J., Currie, T., **Tamura, M.**, **Vievard, S.**, Sahoo, A., Deo, V., Ahn, K., Martinache, F., Kasdin, J.: 2021, Full characterization of the instrumental polarization effects of the spectropolarimetric mode of SCEXAO/CHARIS, Proceedings of the SPIE , 11833, Eds. M. K. Kupinski, J. A. Shaw, F. Snik, 1183300.

Hedglen, AD; Close, LM; Haffert, SY; Males, JR; Kautz, M; Bouchez, AH; Demers, R; Quiros-Pacheco, F; Sitariski, BN; **Guyon, O**; Van Gorkom, K; Long, JD; Lumbres, J; Schatz, L; Miller, K; Rodack, A; Knight, JM: 2022, First lab results of segment/petal phasing with a pyramid wavefront sensor and a novel holographic dispersed fringe sensor (HDFS) from the Giant Magellan Telescope high contrast adaptive optics phasing testbed, Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 1218516.

Jensen-Clem, R; Hinz, PM; van Kooten, MAM; Fitzgerald, MP; Sallum, S; Mazin, BA; Chun, M; Millar-Blanchaer, MA; Skemer, A; Wang, J; Stelter, RD; **Guyon, O**: 2022, An Updated Preliminary Optical Design and Performance analysis of the Planetary Systems Imager Adaptive Optics System, Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 1218546.

Jensen-Clem, R., Hinz, P., von Kooten, M., Fitzgerald, M.P., Sallum, S., Mazin, B., Chun, M., Max, C., Millar-Blanchaer, M., **Guyon, O.**, Skemer, A., Stelter, R.D., Wang, J.: : 2021, The

- Planetary Systems Imager adaptive optics system: an initial optical design and performance analysis tool for the PSI-Red AO system, Proceedings of the SPIE, 11823 , Eds. S. B. Shaklan, G. J. Ruane, 1182309.
- Jensen-Clema, R; Hinz, P; Skemer, A; Wizinowich, P; Jovanovic, N; Mazin, BA; Bailey, JI; Frazin, RA; Sallumg, S; Males, JR; **Tamura, M**: 2022, A Technology and Science Gap List for Habitable-Zone Exoplanet Imaging with Ground-Based Extremely Large Telescopes, Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 1218503.
- Kane, S.; Arney, G.; Byrne, P.; Crisp, D.; Domagal-Goldman, S.; Goldblatt, C.; Grinspoon, D.; Head, J. W.; Lenardic, A.; **Meadows, V.**; Unterborn, C.; Way, M. J.: 2021, Venus as a Nearby Exoplanetary Laboratory, Planetary Science and Astrobiology Decadal Survey 2023-2032 white paper e-id. 208; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 53, Issue 4, e-id. 208.
- Lallement, M., Huby, E., Lacour, S., Barjot, K., **Vievard, S.**, Cvetojevic, N., Deo, V., **Guyon, O.**, **Kotani, T.**, Marchis, F., Martin, G., Perrin, G.: 2021, H $\alpha$  imaging of protoplanets with the spectro-interferometer FIRST at the Subaru Telescope, Proceedings of the Annual meeting of the French Society of Astronomy and Astrophysics, , A. Siebert, K. Bailli, E. Lagadec, N. Lagarde, J. Malzac, J.-B. Marquette, M. N'Diaye, J. Richard, O. Venot,, 135-138.
- Lawson, K., Currie, T., Wisniewski, J.P., **Hashimoto, J.**, **Guyon, O.**, Groff, T.D., Lozi, J., Brandt, T.D., Chilcote, J., Deo, V., Uyama, T., **Vievard, S.**: 2021, High-contrast integral field spectropolarimetry of planet-forming disks with SCExAO/CHARIS, Proceedings of the SPIE, 11823 , Eds. S. B. Shaklan, G. J. Ruane, 118230D.
- Lovis, C; Blind, N; Chazelas, B; Kuhn, JG; Genolet, L; Hughes, I; Sordet, M; Schnell, R; Turbet, M; Fusco, T; Sauvage, JF; Bugatti, M; Billot, N; Hagelberg, J; Eddy, H; **Guyon, O**: 2022, RISTRETTO: high-resolution spectroscopy at the diffraction limit of the VLT, Proceedings of SPIE, 12184, Eds. Evans, CJ; Bryant, JJ; Motohara, K, 121841Q.
- Loyd, R. O. P.; Shkolnik, E. L.; Schneider, A. C.; Barman, T. S.; **Meadows, V.**; Pagano, I.; Peacoc S.: 20221
- Lozi, J; Ahn, K; Clergeon, C; Deo, V; **Guyon, O**; Hattori, T; Minowa, Y; Nishiyama, S; Ono, Y; **Vievard, S**: 2022, AO3000 at Subaru: Combining for the first time a NIR WFS using First Light's C-RED ONE and ALPAO's 64x64 DM, Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 1218533.
- Lucas, M; Bottom, M; **Guyon, O**; Lozi, J; Norris, B; Deo, V; **Vievard, S**; Ahn, K; Skaf, N; Tuthill, P: 2022, A Visible-light Lyot Coronagraph for SCExAO/VAMPIRES, Proceedings of SPIE, 12184, Eds. Evans, CJ; Bryant, JJ; Motohara, K, 121844E.
- Males, JR; Close, LM; Haffert, S; Long, JD; Hedglen, AD; Pearce, L; Weinberger, AJ; **Guyon, O**; Knight, JM; McLeod, A; Kautz, M; Van Gorkom, K; Lumbres, J; Schatz, L; Rodack, A; Gasho, V; Kueny, J; Foster, W: 2022, MagAO-X: current status and plans for Phase II, Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 1218509.
- Mandt, K.; Rymer, A.; Kalirai, J.; Allen, R.; Cocoros, A.; Stevenson, K.; Hurley, D.; Lisse, C.; Runyon, K.; Dalba, P.; Domagal-Goldman, S.; Kane, S. R.; Brandt, P.; Provornikova, E.; **Meadows, V.**; Vervack, R.; Roberge, A.; Dong, C.; Arney, G.; Bodewits, D.; Simon, A.; Rivera-Valentin, E.; Soderland, K.; Diniega, S.; Bayless, A.; Richey, C.; Becker, T.; Schmidt, B.; de Val-Borro, M.; Milam, S.; Quick, L.; Turner, N.; Angerhausen, D.; Dyar, D.; Samara, M.; Hendrix, A.; Soto, A.; Miller, K.; Mahaffy, P.; Quintana, E.; Bergin, E. A.; Vidaurri, M. R. ; Byrne, P.; Danchi, W. C.; Mayorga, L.; Marley, M. S.; Barnes, R.; Del

- Genio, A. D.; Plavchan, P.; Turnbull, M. C.; Gelino, D. M.; Wright, J. T.; Meyer, M. R.; Pepper, J.; Dragomir, D.; Garcia-Sage, K.; Solmaz, A.; Heavens, N.; Beatty, T.; Redfield, S.; Melis, C.; Stapelfeldt, K.; Drake, J.; Lovato, K.; Hasegawa, Y.; Smith, E. C.; Curry, S.; Jenkins, J. M.; Jackson, B.; Cartwright, R.; Cohen, I. J.; Retherford, K.; Pinella-Alonso, N.; Paganelli, F.; Accomazzi, A.; Fortney, J.; Nikoukar, R.: 2021, Advancing Space Science Requires NASA Support for Coordination Between the Science Mission Directorate Communities, Planetary Science and Astrobiology Decadal Survey 2023-2032 white paper e-id. 414; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 53, Issue 4, e-id. 414.
- Martinod, MA; Klinner-Teo, T; Tuthill, P; Gross, S; Arcadi, E; Douglass, G; Webb, J; Norris, B; **Guyon, O**; Lozi, J; Lagadec, T; Jovanovic, N; Cvetojevic, N; Arriola, A; Gretzinger, T; Withford, MJ; Lawrence, JS; Leon-Saval, S: 2022, Achromatic nulling interferometry and fringe tracking with 3D-photonics couplers with GLINT, Proceedings of SPIE, 12183, Eds. Merand, A; Sallum, S; Sanchez-Bermudez, J, 121830K.
- Mawet, D; Fitzgerald, MP; Konopacky, Q; Jovanovic, N; Baker, A; Beichman, C; Bertz, R; Dekany, R; Fucik, J; Roberts, M; Porter, M; Pahuja, R; Ruane, G; Leifer, S; Halverson, S; Gibbs, A; Johnson, C; Kress, E; Magnone, K; Sohn, JM; Wang, E; Brown, A; Maire, J; Sappay, B; Andersen, D; Terada, H; Kassis, M; Artigau, E; Benneke, B; Doyon, R; **Kotani, T**; **Tamura, M**; Beatty, T; Plavchan, P; Do, T; Nishiyama, S; Wang, J; Wang, J: 2022, Fiber-Fed High-Resolution Infrared Spectroscopy at the diffraction limit with Keck-HISPEC and TMT-MODHIS: status update, Proceedings of SPIE, 12184, Eds. Evans, CJ; Bryant, JJ; Motohara, K, 121841R.
- Meadows, V.**: 2021, CHAPTER 23 Exoplanetary Astrobiology, ExoFrontiers, by Madhusudhan, Nikku. ISBN: 978-0-7503-1470-1. IOP ebooks. Bristol, UK: IOP Publishing, 2021, pp. 23-1-23-10.
- Parenteau, N.; Domagal-Goldman, S.; Kiang, N. Y.; Schwieterman, E.; **Meadows, V.**; Reinhard, C. T.; Hartnett, H. E.; Lyons, T.; Krissansen-Totton, J.; Catling, D.; Fujii, Y.: 2021, Synergies between exoplanet and Solar System life detection efforts: Encouraging collaboration to enhance science return, Planetary Science and Astrobiology Decadal Survey 2023-2032 white paper e-id. 276; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 53, Issue 4, e-id. 276.
- Ramiamananantsoa, T.; Bowman, J. D.; Shkolnik, E. L.; Loyd, R. O. P.; Ardila, D. R.; Barman, T.; Basset, C.; Beasley, M.; Cheng, S.; Gamaunt, J.; Gorjian, V.; Jacobs, D.; Jensen, L.; Jewell, A.; Knapp, M.; Llama, J.; **Meadows, V.**; Nikzad, S.; Peacock, S.; Scowen, P.; Swain, M. R.: 2021, Astronomische Nachrichten, 343, 4, e210068.
- Roberge, A.; Fischer, D.; Peterson, B.; Bean, J.; Calzetti, D.; Dawson, R.; Dressing, C.; Feinberg, L.; France, K.; **Guyon, O.**; Harris, W.; Marley, M.; **Meadows, V.**; Moustakas, L.; O'Meara, J.; Pascucci, I.; Postman, M.; Pueyo, L.; Redding, D.; Rigby, J.; Schiminovich, D.; Schmidt, B.; Stapelfeldt, K.; Stark, C.; Tumlinson, J.: 2021, The Large UV / Optical / Infrared Surveyor (LUVOIR) Telling the Story of Life in the Universe, Planetary Science and Astrobiology Decadal Survey 2023-2032 white paper e-id. 332; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 53, Issue 4, e-id. 332
- Safonov, B; Millar-Blanchaer, MA; Zhang, M; Norris, BR; **Guyon, O**; Lozi, J; Sallum, S: 2022, Differential speckle polarimetry with SCExAO VAMPIRES, Proceedings of SPIE, 12183, Eds. Merand, A; Sallum, S; Sanchez-Bermudez, J, 121832C.
- Sallum, S; Millar-Blanchaer, MA; Batalha, N; Wang, J; Martinez, R; Fitzgerald, MP; Skemer, A; Jensen-Clem, R; Mazin, BA; Chun, M; **Guyon, O**; Hinz, P; Males, J; Max, C: 2022, The

- Planetary Systems Imager for TMT: Driving Science Cases and Top Level Requirements, Proceedings of SPIE, 12184, Eds. Evans, CJ; Bryant, JJ; Motohara, K, 1218446.
- Serizawa, T; **Kurokawa, T**; **Tanaka, Y**; **Nishikawa, J**; **Kotani, T**; **Tamura, M**: 2022, Laser frequency comb system for the InfraRed Doppler spectrograph on the Subaru Telescope, Proceedings of SPIE, 12188, Eds. Navarro, R; Geyl, R, 121885J.
- Sirbu, D., Marx, D., Belikov, R., Bendek, E., Fogarty, K.W., Kern, B., **Guyon, O.**, Pluzhnyk, E.E., Wilson, D.W.: 2021, Model validation of phase-induced amplitude apodization complex mask coronagraph for LUVOIR-A in vacuum, Proceedings of the SPIE, 11823 , Eds. S. B. Shaklan, G. J. Ruane, 118230R.
- Skaf, N; **Guyon, O**; Boccaletti, A; Gendron, E; Deo, V; **Vievard, S**; Lozi, J; Ahn, K; Currie, T: 2022, Image-based adaptive optics wavefront sensor referencing for high contrast imaging, Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 121851U.
- Skaf, N., **Guyon, O.**, Boccaletti, A., Deo, V., Lozi, J., **Vievard, S.**, Currie, T., Norris, B., Ahn, K., Gendron, E., Vidal, F., Ferreira, F., Sevin, A., Bertrou-Cantou, A.: 2021, High contrast imaging wavefront sensor referencing from coronagraphic images, Proceedings of the SPIE, 11823 , Eds. S. B. Shaklan, G. J. Ruane, 1182319.
- Tobin, TL; Pal, J; Chilcote, J; Brandt, T; Currie, T; Groff, T; Lozi, J; **Guyon, O**: 2022, Status of the Automated Data Extraction, Processing, and Tracking System (ADEPTS) for CHARIS/SCEXAO, Proceedings of SPIE, 12189, Eds. Ibsen, J; Chiozzi, G, 121892C.
- Vievard, S.**, Ahn, K., Arriola, A., Barjot, K., Cvetojevic, N., Deo, V., Gretzinger, T., Gross, S., **Guyon, O.**, Huby, E., Jovanovic, N., **Kotani, T.**, Lacour, S., Lagadec, T., Lallement, M., Lapeyrere, V., Lawrence, J. S., Leon-Saval, S., Lozi, J., Marchis, F., Martin, G., Martinod, M.-A., Norris, B., Perrin, G., Rouan, G., Skaf, N., Tuthill, P., Withford, M.: 2021, Very high resolution spectro-interferometry with wavefront sensing capabilities on Subaru/SCEXAO using photonics, Proceedings of the SPIE, 11823 , Eds. S. B. Shaklan, G. J. Ruane, 118230C.
- Wagner, K., Ertel, S., Stone, J., Leisenring, J., Apai, D., Kasper, M., Absil, O., Close, L., Defrère, D., **Guyon, O.**, Males, J.: 2021, Imaging low-mass planets within the habitable zones of nearby stars with ground-based mid-infrared imaging, Proceedings of the SPIE, 11823 , Eds. S. B. Shaklan, G. J. Ruane, 118230G.
- Wong, AP; Norris, BRM; Deo, V; **Guyon, O**; Tuthill, PG; Lozi, J; **Vievard, S**; Ahn, K: 2022, Machine Learning for Wavefront Sensing, Proceedings of SPIE, 12185, Eds. Schreiber, L; Schmidt, D; Vernet, E, 121852I.
- Yoneta, K; Sudoh, S; Hayashi, H; Asano, M; **Nishikawa, J**; Murakami, N: 2022, Recent progress of the facility for coronagraphic elemental technologies (FACET), Proceedings of SPIE, 12180, Eds. Coyle, LE; Matsuura, S; Perrin, MD, 1218027.

### 5-3 和文論文(査読あり)

- 平野照幸: 2021, 低質量星まわりの太陽系外惑星探査, 日本惑星科学会誌遊星人, 30, 4, p. 136-147
- 堀安範: 2022, 木星・土星の最新の内部構造と形成シナリオ, 日本惑星科学会誌遊星人, 31, 1, 42-49

- 上妻馨梨, 滝澤謙二: 2021, 530 nm、透過から見るか?反射から見るか?, 光合成研究, 31, 3, 169-179
- 滝澤謙二, 日下部展彦: 2021, 光合成研究から始めるアストロバイオロジー, 光合成研究, 31, 3, 144-151

#### 5-4 和文論文(査読なし)

- 平野照幸: 2021, 太陽系外惑星, 天文年鑑
- 堀安範: 2021, TRAPPIST-1 の惑星系と大気, 天文月報, 114, 10
- 日下部展彦: 2021, 宇宙における生命を考える, 月刊うちゅう, vol138, No7 (10), 4-9

#### 5-5 学会発表等

- 青木和光, 河原創, 葛原昌幸, 小谷隆行, 佐藤文衛, 成田憲保, 福井暁彦, 臼田知史: 2021, 超大型望遠鏡TMTで解き明かす太陽系外惑星, 日本惑星科学秋季講演会
- 石川裕之, 葛原昌幸, 青木和光, 小谷隆行, 大宮正士: 2022, 複数の近赤外高分散分光器を用いた M 型矮星の組成決定: 連星観測に基づく 検証温度範囲の拡張, 日本天文学会春季年会
- 石川裕之: 2022, IRD-SSPによる惑星探査対象であるM型矮星の組成決定, 新学術領域「新しい星形成理論によるパラダイムシフト」大研究会
- 鵜山太智, Currie Thayne, 高見道弘, 田村元秀, SCEXAO/VAMPIRES team: 2022, Subaru/VAMPIRES を用いた H $\alpha$  高コントラスト撮像: 原始惑星系円盤内における惑星形成とジェットの検出, 天文学会春季講演会
- 大平泰広, 村上尚史, 須藤星路, 西川淳, 「偏光2チャンネル型位相マスクコロナグラフのための焦点面波面センサーの開発」, 日本天文学会2021年秋季年会V246b (オンライン/2021年9月13-15日, 9月14日発表)
- 大宮正士, 原川紘季, 工藤智幸, Sebastien Vievard, 葛原昌幸, 平野照幸, 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, 佐藤文衛, IRD-SSP チーム, IRD 装置チーム: 2022, IRD-SSP による M 型星周りの惑星サーベイ: 3年目の観測状況, 天文学会春季講演会
- 大宮正士, 他 平野照幸 含む: 2021, JASMINE アストロメトリ解析ソフトウェアの開発, 日本天文学会秋季年会
- 大宮正士: 2021, GAOES-RV で目指す系外惑星サーベイ, 2021年度せいめいユーザーズミーティング
- 蔭谷泰希, 成田憲保, 福井暁彦, 小玉貴則, 木村真博, 平野照幸, 堀 安範, 石川裕之, 小谷隆行, 生駒大洋, 田村元秀, IRD インテンシブチーム, IRD 装置チーム: 2022, 高金属量 mid-M 型星をトランジットする巨大惑星 TOI-519b の質量決定, 天文学会春季講演会

- 葛原昌幸: 2022, 加速する固有運動を示す恒星に対する深い直接撮像による惑星や褐色矮星の探査, 新学術領域「星・惑星形成」2021年度大研究会
- 小杉真貴子, 川崎 政人, 柴田 穰, 原 光二郎, 高市 真一, 守屋 俊夫, 安達 成彦, 亀井 保博, 菓子野 康浩, 工藤 栄, 小池 裕幸, 千田 俊哉: 2022, Uphill energy transfer mechanism for photosynthesis in the Antarctic alga, 第63回日本植物生理学会年会
- 小松 勇, 藤井友香: 2022, 地球型惑星における光合成由来の酸素の双安定性, 日本天文学会春季年会
- 小松 勇: 2022, 太陽系外惑星における光合成由来のバイオシグネチャー, 2021 年度 ISAS 宇宙生命探査シンポジウム
- 佐藤文衛, 橋本修, 大宮正士, 泉浦秀行, 田實晃人, 神戸栄治, 原川紘季, 松林和也, 本田敏志, 宝田拓也, 堀 安範, 成田憲保, 國友正信: 2022, せいめい望遠鏡に搭載する系外惑星探索専用高分散分光器 GAOES-RV, 日本天文学会春季年会
- 清水利憲, 鶴山太智, 堀 安範, 田村元秀: 2021, 离心率の大きなホットジュピターを持つ若い星の高コントラスト撮像, 日本天文学会秋季年会
- 芹澤 琢磨, 田中 洋介, 黒川 隆志, 高坂 繁弘, 杉崎 隆一: 2021, 近赤外12.5GHz間隔光周波数コムの帯域拡大, 第82回応用物理学会秋季学術講演会(オンライン)
- 土井靖生, Jungmi Kwon, 富阪幸治, 長谷川哲夫, Doris Arzoumanian, 島尻芳人, 田村元秀, 松村雅文, 古屋玲, 犬塚修一郎, 他 BISTRO チーム: 2022, 星形成領域 NGC 1333 の磁場構造 III, 天文学会春季講演会
- 成田憲保, 福井暁彦, 小玉貴則, 渡辺紀治, 木村真博, 森万由子, 蔭谷泰希, 鄒 宇傑, 平野照幸, 堀 安範, 小谷隆行, 生駒大洋, 田村元秀, 川内紀代恵: 2022, MuSCAT シリーズとすばる望遠鏡 IRD インテンシブ観測による TESS トランジット惑星候補のフォローアップ観測 II, 日本天文学会春季年会
- 西川 淳, 第10回 宇宙における生命ワークショップ, 2022年2月17日~2月18日 (東京), High-contrast coronagraph for r direct detection of exoplanets
- 林寛昭, 村上尚史, 土生圭一郎, 西川淳, 「フォトニック結晶にもとづく広帯域離散型6次ベクトル渦マスクの設計」, 日本天文学会2021年秋季年会V247b (オンライン/2021年9月13-15日, 9月14日発表)
- 原川紘季, 平野照幸, 宝田拓也, 笠木結, 小谷隆行, 福井暁彦, 葛原昌幸, 堀 安範, 大宮正士, 石川裕之, 工藤智幸, Sebastien Vievard, 芹澤琢磨, 黒川隆志, 西川淳, 上田暁俊, 田村元秀, 佐藤文衛, IRD-SSP チーム:: 2022, IRD 戦略枠観測による惑星の発見: 低温 M 型星のハビタブルゾーン内側境界近傍を公転するスーパーアース, 天文学会春季講演会
- 平野照幸: 2021, 若い恒星まわりの系外惑星探査: 新解析手法の確立とトランジット惑星観測, 新学術「星惑星形成」後半戦キックオフミーティング
- 平野照幸: 2021, 系外惑星探査におけるデータ科学手法, 惑星科学と情報基盤シンポジウム
- 平野照幸: 2021, 低質量星まわりの系外惑星探査: 近赤外線観測が切り開く系外惑星科学のフロンティア, 日本惑星科学会秋季講演会

平野照幸: 2022, 近赤外分光による若い系外惑星の観測, 新学術領域「星・惑星形成」2021年度大研究会

Hirano, T. & KESPRINT consortium: 2022, Follow-up Observations of Transiting Planet Candidates Identified by K2, 第10回 宇宙における生命ワークショップ

平野照幸, 河原創, 上塚貴史, 大澤亮, 片坐宏一, Exo-JASMINEチーム: 2022, JASMINE衛星による精密測光観測, 日本天文学会春季年会

福井暁彦, 木村真博, 成田憲保, 小玉貴則, 平野照幸, 堀 安範, 生駒大洋, 田村元秀: 2022, 明るいM型星をまわる低日射の小型トランジット惑星 TOI-2285b の発見, 日本天文学会春季年会

福井暁彦, John Livingston, 森万由子, 成田憲保, 川内紀代恵, 栗田誠矢, 小玉貴則, Jerome de Leon, 渡辺紀治, 西海拓, 荻原正博, 磯貝桂介, 日下部展彦, 寺田由佳, 田村元秀, MuSCAT2 collaboration, LCO/MuSCAT3 commissioning team, TFOP contributors, TESS architects and contributors: 2021, 2:1 周期比ペアを含む3つの惑星がトランジットするM型星の発見, 天文学会秋季講演会

福井暁彦, John Livingston, 森万由子, 荻原正博, 成田憲保, Jerome de Leon, 磯貝桂介, 川内紀代恵, 小玉貴則, 栗田誠矢, 日下部展彦, 西海拓, 寺田由佳, 渡辺紀治, 田村元秀: 2021, 周期比が2に極めて近い惑星ペアがトランジットするM型星の発見, 日本惑星科学秋季講演会

福井暁彦, 木村真博, 成田憲保, 小玉貴則, 平野照幸, 堀 安範, 生駒大洋, 田村元秀, MuSCAT2 チーム, IRD インテンシブチーム, IRD 装置チーム, MuSCAT3 装置チーム, TFOP contributors, TESS architects and contributors: 2022, 明るいM型星をまわる低日射の小型トランジット惑星 TOI-2285b の発見, 天文学会春季講演会

藤井悠里, 荻原正博, 堀 安範: 2021, ガス惑星の磁場強度の違いによる周惑星円盤構造と衛星系の軌道, 日本惑星科学秋季講演会

藤田浩徳: 2022, 生命における自己組織的パターン形成, 慶應アストロバイオロジーキャンプ 2022

藤田菜穂, 堀 安範, 佐々木貴教: 2021, 短周期 super-Earth の大気的光蒸発に伴う軌道進化: 観測への示唆, 日本惑星科学秋季講演会

藤田菜穂, 堀 安範, 佐々木貴教: 2021, Observational Implications of atmospheric and orbital evolution of super-Earths, 日本地球惑星科学連合大会

堀 安範: 2021, 水素・ヘリウムの高圧物性が切り拓く木星・土星そして系外惑星科学, 第62回 高圧討論会

堀 安範: 2022, 大気組成から紐解く太陽系の巨大惑星の形成と進化, 第23回 惑星圏研究会

三井康裕, 大宮正士, 葛原昌幸, 田村元秀, IRD-SSP チーム: 2021, M型星周りの惑星サーベイ: すばる戦略枠観測 IRD-SSP におけるサンプルの特性調査, 日本天文学会秋季年会

村上 尚史, 米田 謙太, 西川 淳, "太陽系外惑星探査を目指した波面揺らぎ補正技術の開発," レーザー学会学術講演会 第42回年次大会 S11-12p-XII-02, オンライン (2022年1月12-14日, 2022年1月12日発表) [招待講演]

米田謙太, 村上尚史, 小池隆太, **西川淳**, 「連星系における系外惑星探査のためのダークホール技術の開発2」, 日本天文学会2022年春季年会V207a (オンライン/2022年3月2-5日, 3月3日発表)

米田謙太, 村上尚史, 一圓光, 須藤星路, **西川淳**, 「ハーフトーン手法を用いた高コントラスト観測のためのダークホール制御技術の開発」, 日本天文学会2021年秋季年会V239a (オンライン/2021年9月13-15日, 9月14日発表)

Huan-Yu Teng, Bun'ei Sato, **Takuya Takarada, Masashi Omiya, Hiroki Harakawa**, Hideyuki Izumiura, Eiji Kambe, Yoichi Takeda, Michitoshi Yoshida, Yoichi Itoh, Hiroyasu Ando, and Eiichiro Kokubo: 2022, Regular Radial velocity variations in Nine G- and K-type Giant Stars: Eight Planets and One Planet Candidate, 日本天文学会春季年会

**Meadows, V.**: 2021, The Search for Life Beyond the Solar System: Synergies between Earth, Solar System and Exoplanet Science, AGU Fall Meeting 2021.

Ramiaramanantsoa, T.; Bowman J.; Shkolnik, E.; Loyd, R. O.; Ardila, D. R.; Barman, T.; Basset, C.; Beasley, M.; Cheng, S.; Gamaunt, J.; Gorjian, V.; Jacobs, D.; Jensen, L.; Jewell, A.; Knapp, M.; Llama, J.; **Meadows, V.**; Nikzad, S.; Peacock, S.; Scowen, P.; Swain M.: 2021, Dynamically Controlling Image Integration Onboard the Star-Planet Activity Research CubeSat (SPARCS), Small Satellite Conference.

**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, and Sébastien Vievard**. Detection of Hydroxyl Radical in the Day-side of an Exoplanet Atmosphere. European Astronomical Society Annual Meeting 2021

**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, and Sébastien Vievard**. OH on the day-side of an ultra hot Jupiter, WASP-33b. Atmospheres, Atmospheres! Do I look like I care about atmospheres? Online Workshop held 23-27 August, 2021, id.7

## 5-6 プレスリリース・新聞記事・取材など

### プレスリリース:

2021年4月27日: 世界初: すばる望遠鏡の新分光器で系外惑星にOH分子を発見

2021年5月17日: 木星よりも強力な磁場を持つ太陽系外惑星

2021年7月9日: 光合成のステート遷移構造決まる

2021年9月27日: 「1年」の長さが1日に満たない地球型惑星を低温度星のまわりで発見

2021年10月22日: すばる望遠鏡、生まれたての太陽系外惑星を発見

2021年11月24日：太陽系近傍に低日射のスーパーアースを発見  
2021年12月23日：星のゆりかごの直接撮像により多数の浮遊惑星を発見  
2022年1月14日：惑星誕生のゆりかごを揺らす飛来天体  
2022年3月29日：惑星探しのデータから、未開拓の低温度星の化学組成を調査

#### 出張授業・一般講演・サイエンスカフェ等：

2021年7月29日：（サイエンスカフェ：日下部展彦）「第5回国循環スコレー」，  
国立循環器病研究センター  
2021年8月6日：（オンライン一般講演：堀 安範）「生命を宿す星を探す」、明  
石市立天文科学館  
2022年1月22日：（一般講演：日下部展彦）「太陽系外惑星に生命の可能性を求  
めて」，多摩六都科学館  
2022年1月25日：（出張授業：日下部展彦）「生命の材料はどこから？」，第3  
回おかざきキッズサイエンスセミナー（オンライン）  
2022年3月19日：（イベント：日下部展彦）科学ライブショー「ユニバース」案  
内人，科学技術館

#### 取材等：

2021年6月11日：（取材：日下部展彦）フジテレビ Mr.サンデー取材協力  
2021年7月：（取材：石川裕之）月間星ナビ9月号「突撃！ラボ訪問」  
2021年7月：（取材：堀 安範）読売新聞、ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡  
2021年10月7日：（取材：細川晃）月間星ナビ9月号「突撃！ラボ訪問」  
2022年2月22日：（取材：日下部展彦）NHK「有吉のお金発見 突撃！カネオク  
ん」  
2022年3月27日：（ラジオ：日下部展彦）ニッポン放送「宇宙のへそ」

#### 5-7 連携研究による成果論文(査読あり):43編

※二重下線は公募研究代表者、下線は連携研究の共同研究者。5-1との重複あり。以下同様。

Takamiya, H., Kouduka, M., & Suzuki, Y. (2021). The Deep Rocky Biosphere: New Geomicrobiological Insights and Prospects. *Frontiers in Microbiology*, 12, 785743-785743.

Hayashi H., Mikouchi T., Kim N. K., Park C., Sano Y., Takenouchi A., Yamaguchi A., Kagi H. and Bizzarro M. (2022) Unique igneous textures and shock metamorphism of the Northwest Africa 7203 angrite and its implication for the crystallization process and evolutionary history of the angrite parent body. *Meteoritics and Planet. Sci.*, 57, doi.org/10.1111/maps.13776.

Watanabe, Noriharu; Narita, Norio; Palle, Enric; Fukui, Akihiko; Kusakabe, Nobuhiko;

- Parviainen, Hannu; Murgas, Felipe; Casasayas-Barris, N ria; Johnson, Marshall C.; Sato, Bun'ei; Livingston, John H.; de Leon, Jerome P.; Mori, Mayuko; Nishiumi, Taku; Terada, Yuka; Esparza-Borges, Emma; Kawauchi, Kiyoe, 2022, "Nodal precession of WASP-33b for 11 yr by Doppler tomographic and transit photometric observations," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 512, pp. 4404-4418
- Tampo, Yusuke; Nogami, Daisaku; Kato, Taichi; Ayani, Kazuya; Naito, Hiroyuki; Narita, Norio; Fujii, Mitsugu; Hashimoto, Osamu; Kinugasa Satoshi; Honda, Kenzo; Takahashi, Hidenori; Narusawa, Shin-ya; Sakamoto, Makoto; Imada, Akira, 2022, "Spectroscopic Observations of V455 Andromedae Superoutburst in 2007: the Most Exotic Spectral Features in Dwarf Nova Outbursts," *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 74, pp. 460-476
- Kawauchi, Kiyoe; Narita, Norio; Sato, Bun'ei; Kawashima, Yui, 2022, "Investigation of the upper atmosphere in ultra-hot Jupiter WASP-76 b with high-resolution spectroscopy," *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 74, pp. 225-238
- Lacedelli, G.; Wilson, T. G.; Malavolta, L.; Hooton, M. J.; Collier Cameron, A.; Alibert, Y.; Mortier, A.; Bonfanti, A.; Haywood, R. D.; Hoyer, S.; Piotto, G.; Bekkelien, A.; Vanderburg, A. M.; Benz, W.; Dumusque, X.; Deline, A.; L pez-Morales, M.; Borsato, L.; Rice, K.; Fossati, L.; Latham, D. W.; Brandeker, A.; Poretti, E.; Sousa, S. G.; Sozzetti, A.; Salmon, S.; Burke, C. J.; Van Grootel, V.; Fausnaugh, M. M.; Adibekyan, V.; Huang, C. X.; Osborn, H. P.; Mustill, A. J.; Pall , E.; Bourrier, V.; Nascimbeni, V.; Alonso, R.; Anglada, G.; B rczy, T.; Barrado y Navascues, D.; Barros, S. C. C.; Baumjohann, W.; Beck, M.; Beck, T.; Billot, N.; Bonfils, X.; Broeg, C.; Buchhave, L. A.; Cabrera, J.; Charnoz, S.; Cosentino, R.; Csizmadia, Sz; Davies, M. B.; Deleuil, M.; Delrez, L.; Demangeon, O.; Demory, B. -O.; Ehrenreich, D.; Erikson, A.; Esparza-Borges, E.; Flor n, H. -G.; Fortier, A.; Fridlund, M.; Futyan, D.; Gandolfi, D.; Ghedina, A.; Gillon, M.; G del, M.; Gutermann, P.; Harutyunyan, A.; Heng, K.; Isaak, K. G.; Jenkins, J. M.; Kiss, L.; Laskar, J.; Lecavelier des Etangs, A.; Lendl, M.; Lovis, C.; Magrin, D.; Marafatto, L.; Martinez Fiorenzano, A. F.; Maxted, P. F. L.; Mayor, M.; Micela, G.; Molinari, E.; Murgas, F.; Narita, N.; Olofsson, G.; Ottensamer, R.; Pagano, I.; Pasetti, A.; Pedani, M.; Pepe, F. A.; Peter, G.; Phillips, D. F.; Pollacco, D.; Queloz, D.; Ragazzoni, R.; Rando, N.; Ratti, F.; Rauer, H.; Ribas, I.; Santos, N. C.; Sasselov, D.; Scandariato, G.; Seager, S.; S gransan, D.; Serrano, L. M.; Simon, A. E.; Smith, A. M. S.; Steinberger, M.; Steller, M.; Szab , Gy; Thomas, N.; Twicken, J. D.; Udry, S.; Walton, N.; Winn, J. N., 2022, "Investigating the architecture and internal structure of the TOI-561 system planets with CHEOPS, HARPS-N and TESS," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 511, pp. 4551-4571
- Gan, Tianjun; Lin, Zitao; Xuesong Wang, Sharon; Mao, Shude; Fouqu , Pascal; Stassun, Keivan G.; Gialalone, Steven; Fukui, Akihiko; Murgas, Felipe; Ciardi, David R.; Howell, Steve B.; Collins, Karen A.; Shporer, Avi; Arnold, Luc; Barclay, Thomas; Charbonneau, David; Christiansen, Jessie; Crossfield, Ian J. M.; Dressing, Courtney D.; Elliott, Ashley Esparza-Borges, Emma; Evans, Phil; Gnilka, Crystal L.; Gonzales, Erica J.; Howard, Andrew W.; Isogai, Keisuke; Kawauchi, Kiyoe; Kurita, Seiya; Liu, Beibei; Livingston, John H.; Matson, Rachel A.; Narita, Norio; Palle, Enric; Parviainen, Hannu; Rackham, Benjamin V.; Rodriguez, David R.; Rose, Mark; Rudat, Alexander; Schlieder, Joshua E.; Scott, Nicholas J.; Vezie, Michael; Ricker, George R.; Vanderspek, Roland; Latham, David W.; Seager, Sara; Winn, Joshua N.; Jenkins, Jon M., 2022, "TOI-530b: A giant planet transiting an M dwarf detected by TESS," *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 511, pp. 83-99
- Bouma, L. G.; Curtis, J. L.; Masuda, K.; Hillenbrand, L. A.; Stefansson, G.; Isaacson, H.; Narita,

N.; Fukui, A.; Ikoma, M.; Tamura, M.; Kraus, A. L.; Furlan, E.; Gnilka, C. L.; Lester, K. V.; Howell, S. B., 2022, “A 38 Million Year Old Neptune-sized Planet in the Kepler Field,” *The Astronomical Journal*, vol. 163, id. 121

Kemmer, J.; Dreizler, S.; Kossakowski, D.; Stock, S.; Quirrenbach, A.; Caballero, J. A.; Amado, P. J.; Collins, K. A.; Espinoza, N.; Herrero, E.; Jenkins, J. M.; Latham, D. W.; Lillo-Box, J.; Narita, N.; Pallé, E.; Reiners, A.; Ribas, I.; Ricker, G.; Rodríguez, E.; Seager, S.; Vanderspek, R.; Wells, R.; Winn, J.; Aceituno, F. J.; Béjar, V. J. S.; Barclay, T.; Bluhm, P.; Chaturvedi, P.; Cifuentes, C.; Collins, K. I.; Cortés-Contreras, M.; Demory, B. -O.; Fausnaugh, M. M.; Fukui, A.; Gómez Maqueo Chew, Y.; Galadí-Enríquez, D.; Gan, T.; Gillon, M.; Golovin, A.; Hatzes, A. P.; Henning, T.; Huang, C.; Jeffers, S. V.; Kaminski, A.; Kunimoto, M.; Kürster, M.; López-González, M. J.; Lafarga, M.; Luque, R.; McCormac, J.; Molaverdikhani, K.; Montes, D.; Morales, J. C.; Passegger, V. M.; Reffert, S.; Sabin, L.; Schöfer, P.; Schanche, N.; Schlecker, M.; Schroffenegger, U.; Schwarz, R. P.; Schweitzer, A.; Sota, A.; Tenenbaum, P.; Trifonov, T.; Vanaverbeke, S.; Zechmeister, M., 2022, “Discovery and mass measurement of the hot, transiting, Earth-sized planet GJ 3929 b,” *Astronomy & Astrophysics*, vol. 659, id. A17

Fukui, Akihiko; Kimura, Tadahiro; Hirano, Teruyuki; Narita, Norio; Kodama, Takanori; Hori, Yasunori; Ikoma, Masahiro; Pallé, Enric; Murgas, Felipe; Parviainen, Hannu; Kawauchi, Kiyoe; Mori, Mayuko; Esparza-Borges, Emma; Bieryla, Allyson; Irwin, Jonathan; Safonov, Boris S.; Stassun, Keivan G.; Alvarez-Hernandez, Leticia; Béjar, Víctor J. S.; Casasayas-Barris, Núria; Chen, Guo; Crouzet, Nicolas; de Leon, Jerome P.; Isogai, Keisuke; Kagetani, Taiki; Klagyivik, Peter; Korth, Judith; Kurita, Seiya; Kusakabe, Nobuhiko; Livingston, John; Luque, Rafael; Madrigal-Aguado, Alberto; Morello, Giuseppe; Nishiumi, Taku; Orell-Miquel, Jaume; Oshagh, Mahmoudreza; Sánchez-Benavente, Manuel; Stangret, Monika; Terada, Yuka; Watanabe, Noriharu; Zou, Yujie; Tamura, Motohide; Kurokawa, Takashi; Kuzuhara, Masayuki; Nishikawa, Jun; Omiya, Masashi; Vievard, Sébastien; Ueda, Akitoshi; Latham, David W.; Quinn, Samuel N.; Strakhov, Ivan S.; Belinski, Alexandr A.; Jenkins, Jon M.; Ricker, George R.; Seager, Sara; Vanderspek, Roland; Winn, Joshua N.; Charbonneau, David; Ciardi, David R.; Collins, Karen A.; Doty, John P.; Bachelet, Etienne; Harbeck, Daniel, 2022, “TOI-2285b: A 1.7 Earth-radius Planet Near the Habitable Zone around a Nearby M Dwarf,” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 74, pp. L1-L8

Giacalone, Steven; Dressing, Courtney D.; Hedges, Christina; Kostov, Veselin B.; Collins, Karen A.; Jensen, Eric L. N.; Yahalomi, Daniel A.; Bieryla, Allyson; Ciardi, David R.; Howell, Steve B.; Lillo-Box, Jorge; Barkaoui, Khalid; Winters, Jennifer G.; Matthews, Elisabeth; Livingston, John H.; Quinn, Samuel N.; Safonov, Boris S.; Cadieux, Charles; Furlan, E.; Crossfield, Ian J. M.; Mandell, Avi M.; Gilbert, Emily A.; Kruse, Ethan; Quintana, Elisa V.; Ricker, George R.; Seager, S.; Winn, Joshua N.; Jenkins, Jon M.; Duffy Adkins, Britt; Baker, David; Barclay, Thomas; Barrado, David; Batalha, Natalie M.; Belinski, Alexander A.; Benkhaldoun, Zouhair; Buchhave, Lars A.; Cacciapuoti, Luca; Charbonneau, David; Chontos, Ashley; Christiansen, Jessie L.; Cloutier, Ryan; Collins, Kevin I.; Conti, Dennis M.; Cutting, Neil; Dixon, Scott; Doyon, René; Mufti, Mohammed El; Esparza-Borges, Emma; Essack, Zahra; Fukui, Akihiko; Gan, Tianjun; Gary, Kaz; Ghachoui, Mourad; Gillon, Michaël; Girardin, Eric; Glidden, Ana; Gonzales, Erica J.; Guerra, Pere; Horch, Elliott P.; Helminiak, Krzysztof G.; Howard, Andrew W.; Huber, Daniel; Irwin, Jonathan M.; Isopi, Giovanni; Jehin, Emmanuël; Kagetani, Taiki; Kane, Stephen R.; Kawauchi, Kiyoe; Kielkopf, John F.; Lewin, Pablo; Luker, Lindy; Lund, Michael B.; Mallia, Franco; Mao, Shude; Massey, Bob; Matson, Rachel A.; Mireles, Ismael; Mori, Mayuko; Murgas, Felipe; Narita, Norio; O'Dwyer, Tanner; Petigura, Erik A.; Polanski, Alex S.;

- Pozuelos, Francisco J.; Palle, Enric; Parviainen, Hannu; Plavchan, Peter P.; Relles, Howard M.; Robertson, Paul; Rose, Mark E.; Rowden, Pamela; Roy, Arpita; Savel, Arjun B.; Schlieder, Joshua E.; Schnaible, Chloe; Schwarz, Richard P.; Sefako, Ramatholo; Selezneva, Aleksandra; Skinner, Brett; Stockdale, Chris; Strakhov, Ivan A.; Tan, Thiam-Guan; Torres, Guillermo; Tronsgaard, René; Twicken, Joseph D.; Vermilion, David; Waite, Ian A.; Walter, Bradley; Wang, Gavin; Ziegler, Carl; Zou, Yujie, 2022, “Validation of 13 Hot and Potentially Terrestrial TESS Planets,” *The Astronomical Journal*, vol. 163, id. 99
- Ishikawa, Hiroyuki Tako; Aoki, Wako; Hirano, Teruyuki; Kotani, Takayuki; Kuzuhara, Masayuki; Omiya, Masashi; Hori, Yasunori; Kokubo, Eiichiro; Kudo, Tomoyuki; Kurokawa, Takashi; Kusakabe, Nobuhiko; Narita, Norio; Nishikawa, Jun; Ogihara, Masahiro; Ueda, Akitoshi; Currie, Thayne; Henning, Thomas; Kasagi, Yui; Kolecki, Jared R.; Kwon, Jungmi; Machida, Masahiro N.; McElwain, Michael W.; Nakagawa, Takao; Vievard, Sebastien; Wang, Ji; Tamura, Motohide; Sato, Bun'ei, 2022, “Elemental Abundances of nearby M Dwarfs Based on High-resolution Near-infrared Spectra Obtained by the Subaru/IRD Survey: Proof of Concept,” *The Astronomical Journal*, vol. 163, id. 72
- Cale, Bryson; Reefe, Michael; Plavchan, Peter; Tanner, Angelle; Gaidos, Eric; Gagné, Jonathan; Gao, Peter; Kane, Stephen R.; Béjar, Víctor J. S.; Lodieu, Nicolas; Anglada-Escudé, Guillem; Ribas, Ignasi; Pallé, Enric; Quirrenbach, Andreas; Amado, Pedro J.; Reiners, Ansgar; Caballero, José A.; Rosa Zapatero Osorio, María; Dreizler, Stefan; Howard, Andrew W. Fulton, Benjamin J.; Xuesong Wang, Sharon; Collins, Kevin I.; El Mufti, Mohammed; Wittrock, Justin; Gilbert, Emily A.; Barclay, Thomas; Klein, Baptiste; Martioli, Eder; Wittenmyer, Robert; Wright, Duncan; Addison, Brett; Hirano, Teruyuki; Tamura, Motohide; Kotani, Takayuki; Narita, Norio; Vermilion, David; Lee, Rena A.; Geneser, Claire; Teske, Johanna; Quinn, Samuel N.; Latham, David W.; Esquerdo, Gilbert A.; Calkins, Michael L.; Berlind, Perry; Zohrabi, Farzaneh; Stibbards, Caitlin; Kotnana, Srihan; Jenkins, Jon; Twicken, Joseph D.; Henze, Christopher; Kidwell, Richard, Jr.; Burke, Christopher; Villaseñor, Joel; Boyd, Patricia, 2021, “Diving Beneath the Sea of Stellar Activity: Chromatic Radial Velocities of the Young AU Mic Planetary System,” *The Astronomical Journal*, vol. 162, id. 295
- Wong, Ian; Shporer, Avi; Zhou, George; Kitzmann, Daniel; Komacek, Thaddeus D.; Tan, Xianyu; Tronsgaard, René; Buchhave, Lars A.; Vissapragada, Shreyas; Greklek-McKeon, Michael; Rodriguez, Joseph E.; Ahlers, John P.; Quinn, Samuel N.; Furlan, Elise; Howell, Steve B.; Bieryla, Allyson; Heng, Kevin; Knutson, Heather A.; Collins, Karen A.; McLeod, Kim K. Berlind, Perry; Brown, Peyton; Calkins, Michael L.; de Leon, Jerome P.; Esparza-Borges, Emma; Esquerdo, Gilbert A.; Fukui, Akihiko; Gan, Tianjun; Girardin, Eric; Gnilka, Crystal L.; Ikoma, Masahiro; Jensen, Eric L. N.; Kielkopf, John; Kodama, Takanori; Kurita, Seiya; Lester, Kathryn V.; Lewin, Pablo; Marino, Giuseppe; Murgas, Felipe; Narita, Norio; Pallé, Enric; Schwarz, Richard P.; Stassun, Keivan G.; Tamura, Motohide; Watanabe, Noriharu; Benneke, Björn; Ricker, George R.; Latham, David W.; Vanderspek, Roland; Seager, Sara; Winn, Joshua N.; Jenkins, Jon M.; Caldwell, Douglas A.; Fong, William; Huang, Chelsea X.; Mireles, Ismael; Schlieder, Joshua E.; Shiao, Bernie; Villaseñor, Jesus Noel, 2021, “TOI-2109b: An Ultrahot Gas Giant on a 16 hr Orbit,” *The Astronomical Journal*, vol. 162, id. 256
- Matsuo, M; Hashishita, H; Nakata, S: 2021, Self-Propelled Motion Sensitive to the Chemical Structure of Amphiphilic Molecular Layer on an Aqueous Phase. *Membranes* **11**(11) 885
- Matsuo, M; Kurihara, K: 2021, Proliferating Coacervate Droplets as the Missing Link between Chemistry and Biology in the Origins of Life. *Nature Communications* **12**(5487)
- Hirata, Y; Matsuo, M, Kurihara, K; Suzuki, K; Nonaka, S; Sugawara, T: 2021, Colocalization

- Analysis of Lipo-Deoxyribozyme Consisting of DNA and Protic Catalysts in a Vesicle-Based Protocellular Membrane Investigated by Confocal Microscopy. *Life* **11**(12) 1364
- Kodama, T., H. Genda, J. Leconte, and A. Abe-Ouchi (2021), The Onset of a Globally Ice-covered State for a Land Planet, *Journal of Geophysical Research: Planets*, 126(12).
- Niihara, T.; Yokoyama, T; Arai, T; Misawa, K.: 2021, Petrology and mineralogy of an igneous clast in the Northwest Africa 1685 (LL4) chondrite: Comparison with alkali-rich igneous clasts in LL-chondritic breccias. *Meteoritics and Planetary Science* 56, 1619-1625.
- Matoba, S; Kanzaki, C; Yamashita, K; Kusukawa, T; Fukuhara, G; Okada, T; Narushima, T.; Okamoto, H; Numata, M: 2021, Directional supramolecular polymerization in a dynamic microsolution: linearly moving polymer's end striking monomers, *Journal of the American Chemical Society* **143**, 8731–8746
- Endo, I; Sakon, I.; Onaka, T; Kimura, Y; Kimura, S; Wada, S; Helton, L. A; Lau, R. M; Kebukawa, Y.; Muramatsu, Y; Ogawa, N. O; Ohkouchi, N; Nakamura, M; Kwok, S: 2021, On the Nature of Organic Dust in Novae. *The Astrophysical Journal* 917, 103
- Milojevic, T., Kish, A. and Yamagishi, A. Editorial: Astrobiology at the interface: Interactions between biospheres, geospheres, hydrospheres and atmospheres under planetary conditions, *Frontiers in Microbiology*, section Extreme Microbiology. 12, 261- (2021)
- Yamagishi, A., Yokobori, S., Kobayashi, K., Mita, H., Yabuta, H., Tabata, M., Higashide, M. and Yano, H. Scientific targets of Tanpopo: astrobiology exposure and micrometeoroid capture experiments at the Exposure Facility of the International Space Station. *Astrobiology* 21. 1451-1460 (2021)
- Yamagishi, A., Hashimoto, H., Yano, H., Imai, E., Tabata, M., Higashide, M. and Okudaira, K. Four-year operation of Tanpopo: Astrobiology exposure and micrometeoroid capture experiments on the Exposure Facility of the International Space Station. *Astrobiology* 21. 1461–1472 (2021)
- Kodaira, S., Naito, M., Uchihori, Y., Hashimoto, H., Yano, H. and Yamagishi, A. Space radiation dosimetry at the exposure facility of the International Space Station for the Tanpopo mission. *Astrobiology* 21. 1473–1478 (2021)
- Kobayashi, K., Mita, H., Kebukawa, Y., Nakagawa, K., Kaneko, T., Obayashi, Y., Sato, T., Yokoo, T., Minematsu, S., Fukuda, H., Oguri, Y., Yoda, I., Yoshida, S., Kanda, K., Imai, E., Yano, H., Hashimoto, H., Yokobori, S., Yamagishi, A. Space exposure of amino acids and their precursors during the Tanpopo Mission. *Astrobiology* 21. 1479–1493 (2021)
- Fujiwara, D., Kawaguchi, Y., Kinoshita, I., Yatabe, J., Narumi, I., Hashimoto, H., Yokobori, S. and Yamagishi, A. Mutation analysis of the rpoB gene in the radiation-resistant bacterium *Deinococcus radiodurans* R1 exposed to space during the Tanpopo experiment at the International Space Station. *Astrobiology* 21. 1494–1504 (2021)
- Tomita-Yokotani, K., Kimura, S., Ong, M., Tokita, M., Katoh, H., Abe, T., Hashimoto, H., Sonoike, K. and Ohmori, M. Investigation of *Nostoc* sp. HK-01, cell survival over three years during the Tanpopo Mission. *Astrobiology* 21. 1505–1514 (2021)
- Nugroho, S. K., Kawahara H., et al. First Detection of Hydroxyl Radical Emission from an Exoplanet Atmosphere: High-dispersion Characterization of WASP-33b using Subaru/IRD, *ApJL* 910, 9 (2021)
- Kawahara, H., Kawashima, Y., Masuda, K. et al. Auto-Differentiable Spectrum Model for High-Dispersion Characterization of Exoplanets and Brown Dwarfs, *ApJS* , 258, 31(2022)

- Kasagi, Y., Kotani, T., Kawahara, H., et al. Dippers from TESS Full-frame Images. II. Spectroscopic Characterization of Four Young Dippers, *ApJS* (2022)
- Murakami, N., Yoneta, K., Kawai, K., Kawahara, H., Kotani, T., Tamura, M. and Baba, N. Polarization-based Speckle Nulling Using a Spatial Light Modulator to Generate a Wide-field Dark Hole, *AJ* (2022)
- Ishizuka, M., Kawahara, H., Nugroho, S. K., Kawashima, Y., Hirano, T., Tamura, M., Neutral metals in the atmosphere of HD149026b, *AJ* 161, 153 (2021)
- Kamada, A.; Kuroda, T.; Kasaba, Y.; Terada, N.; Nakagawa, H.: 2021, Global climate and river transport simulations of early Mars around the Noachian and Hesperian boundary, *Icarus* **368**, 114618, doi:10.1016/j.icarus.2021.114618
- 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* **912**, 135, doi:10.3847/1538-4357/abf0ac
- Nakamura, Y.; Terada, N.; Leblanc, F.; Rahmati, A.; Nakagawa, H.; Sakai, S.; Hiruba, S.; Kataoka, R.; Murase, K.: 2022, Modeling of diffuse auroral emission at Mars: Contribution of MeV protons, *Journal of Geophysical Research*, **127**, e2021JA029914, doi:10.1029/2021JA029914
- Sakai, S.; Seki, K.; Terada, N.; Shinagawa, H.; Sakata, R.; Tanaka, T.; Ebihara, Y.: 2021, Effects of the IMF direction on atmospheric escape from a Mars-like planet under weak intrinsic magnetic field conditions, *Journal of Geophysical Research*, **126**, e2020JA028485, doi:10.1029/2020JA028485
- Yoshida, N.; Terada, N.; Nakagawa, H.; Brain, D. A.; Sakai, S.; Nakamura, Y.; Benna, M.; Masunaga, K. 2021, Seasonal and dust related variations of the dayside thermospheric and ionospheric compositions of Mars observed by MAVEN/NGIMS, *Journal of Geophysical Research*, **126**, e2021JE006926, doi:10.1029/2021JE006926
- Tachibana, S., Sawada, H., Okazaki, R., Takano, Y., Sakamoto, K., Miura, Y. N., Okamoto, C., Yano, H., Yamanouchi, S., Michel, P., Zhang, Y., Schwartz, S., Thuillet, F., Yurimoto, H., Nakamura, T., Noguchi, T., Yabuta, H., Naraoka, H., Tsuchiyama, A., Imae, N., Kurosawa, K., Nakamura, A. M., Ogawa, K., Sugita, S., Morota, T., Honda, R., Kameda, S., Tatsumi, E., Cho, Y., Yoshioka, K., Yokota, Y., Hayakawa, M., Matsuoka, M., Sakatani, N., Yamada, M., Kouyama, T., Suzuki, H., Honda, C., Yoshimitsu, T., Kubota, T., Demura, H., Yada, T., Nishimura, M., Yogata, K., Nakato, A., Yoshitake, M., Suzuki, A. I., Furuya, S., Hatakeda, K., Miyazaki, A., Kumagai, K., Okada, T., Abe, M., Usui, T., Ireland, T. R., Fujimoto, M., Yamada, T., Arakawa, M., Connolly Jr. H. C., Fujii, A., Hasegawa, S., Hirata, N., Hirata, N., Hirose, C., Hosoda, S., Iijima, Y., Ikeda, H., Ishiguro, M., Ishihara, Y., Iwata, T., Kikuchi, S., Kitazato, K., Laurretta, D. S., Libourel, G., Marty, B., Matsumoto, K., Michikami, T., Mimasu, Y., Miura, A., Mori, O., Nakamura-Messenger, K., Namiki, N., Nguyen, A. N., Nittler, L. R., Noda, H., Noguchi, R., Ogawa, N., Ono, G., Ozaki, M., Senshu, H., Shimada, T., Shimaki, Y., Shirai, K., Soldini, S., Takahashi, T., Takei, Y., Takeuchi, H., Tsukizaki, R., Wada, K., Yamamoto, Y., Yoshikawa, K., Yumoto, K., Zolensky, M. E., Nakazawa, S., Terui, F., Tanaka, S., Saiki, T., Yoshikawa, M., Watanabe, S. and Tsuda, Y. Pebbles and sand on asteroid (162173) Ryugu: In situ observation and particles returned to Earth, *Science* 375, 1011-1016. DOI: 10.1126/science.abj8624 (2022).
- Yada, T., Abe, M., Okada, T., Nakato, A., Yogata, K., Miyazaki, A., Hatakeda, K., Kumagai, K., Nishimura, M., Hitomi, Y., Soejima, H., Yoshitake, M., Iwamae, A., Furuya, S., Uesugi, M., Karouji, Y., Usui, T., Hayashi, T., Yamamoto, D., Fukai, R., Sugita, S., Cho, Y., Yumoto,

K., Yabe, Y., Bibring, J., Pilorget, C., Hamm, V., Brunetto, R., Riu, L., Lourit, L., Loizeau, D., Lequertier, G., Moussi-Soffys, A., Tachibana, S., Sawada, H., Okazaki, R., Takano, Y., Sakamoto, K., Miura, Y. N., Yano, H., Ireland, T. R., Yamada, T., Fujimoto, M., Kitazato, K., Namiki, N., Arakawa, M., Hirata, N., Yurimoto, H., Nakamura T., Noguchi, T., Yabuta H., Naraoka, H., Ito, M., Nakamura, E., Uesugi, K., Kobayashi, K., Michikami, T., Kikuchi, H., Hirata, N., Ishihara, Y., Matsumoto, K., Noda, H., Noguchi, R., Shimaki, Y., Shirai, K., Ogawa, K., Wada, K., Senshu, H., Yamamoto, Y., Morota, T., Honda, R., Honda, C., Yokota, Y., Matsuoka, M., Sakatani, N., Tatsumi, E., Miura, A., Yamada, M., Fujii, A., Hirose, C., Hosoda, S., Ikeda, H., Iwata, T., Kikuchi, S., Mimasu, Y., Mori, O., Ogawa, N., Ono, G., Shimada, T., Soldini, S., Takahashi, T., Takei, Y., Takeuchi, H., Tsukizaki, R., Yoshikawa, K., Terui, F., Nakazawa, S., Tanaka, S., Saiki, T., Yoshikawa, M., Watanabe S. and Tsuda, Y. Preliminary analysis of the Hayabusa2 samples returned from C-type asteroid Ryugu, Nature Astronomy 6, 214–220, (2022). DOI: 10.1038/s41550-021-01550-6

Pilorget, C., Okada, T., Hamm, V., Brunetto, R., Yada, T., Loizeau, D., Riu, L., Usui, T., Moussi-Soffys, A., Hatakeda, K., Nakato, A., Yogata, K., Abe, M., Aléon-Toppani, A., Carter, J., Chaigneau, M., Crane, B., Gondet, B., Kumagai, K., Langevin, Y., Lantz, C., Pivert-Jolivet, T. L., Lequertier, G., Lourit, L., Miyazaki, A., Nishimura, M., Poulet, F., Arakawa, M., Hirata, N., Kitazato, K., Nakazawa, S., Namiki, N., Saiki, T., Sugita, S., Tachibana, S., Tanaka, S., Yoshikawa, M., Tsuda, Y., Watanabe, S. and Bibring, J.-P. First compositional analysis of Ryugu samples by the MicrOmega hyperspectral microscope, Nature Astronomy 6, 221–225 (2022).

Fujiya, W., Higashi, H., Hibiya, Y., Sugawara, S., Yamaguchi, A., Kimura, M., Hashizume, K. Hydrothermal activities on C-complex asteroids induced by radioactivity, The Astrophysical Journal Letters 924:L16 (10pp), (2022).

Tatsumi, E., Sakatani, N., Riu, L., Matsuoka, M., Honda, R., Morota, T., Kameda, S., Nakamura, T., Zolensky, M., Brunetto, R., Hiroi, T., Sasaki, S., Watanabe, S., Tanaka, S., Takita, J., Pilorget, C., De León, J., Popescu, M., Rizos, J. L., Licandro, J., Palomba, E., Domingue, D., Vilas, F., Campins, H., Cho, Y., Yoshioka, K., Sawada, H., Yokota, Y., Hayakawa, M., Yamada, M., Kouyama, T., Suzuki, H., Honda, C., Ogawa, K., Kitazato, K., Hirata, N., Hirata, N., Tsuda, Y., Yoshikawa, M., Saiki, T., Terui, F., Nakazawa, S., Takei, Y., Takeuchi, H., Yamamoto, Y., Okada, T., Shimaki, Y., Shirai K. and Sugita S., Spectrally blue hydrated parent body of asteroid (162173) Ryugu, Nature Communications 12, Article number: 5837 (2021).

## 5-8 連携研究による会議収録および成果論文(査読なし)

Takamiya, H., Kouduka, M., Furutani, H., Mukai, H., Yamamoto, T., Kato, S., Kodama, Y., Tomioka, N., Ito, M., Suzuki, Y. (2021). Ultra-small cells and DPANN genome unveiled inside an extinct vent chimney. bioRxiv.

Enya, K., Yoshimura, Y., Kobayashi, K. and Yamagishi, A. "Fluorescence microscope as a core instrument for extraterrestrial life detection methods", Proc. SPIE 11815, Novel Optical Systems, Methods, and Applications XXIV, 118150V (7 September 2021); <https://doi.org/10.1117/12.2595495>

木賀大介, 遺伝暗号による制約を突破する翻訳システムの改変と非標準アミノ酸 遺伝暗号改変を活用した人工進化からみるmagic20の意味, 生化学 93(3) 2021年

## 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

Umino, S., Moore, G. F., Boston, B., Coggon, R., Crispini, L., d'Hondt, S., Suzuki, Y., Inagaki, F. et al. (2021). Workshop report: Exploring deep oceanic crust off Hawaii. *Scientific Drilling*, 29, 69-82.

鈴木庸平、第33回 日本Archaea研究会講演会・招待講演「岩石内生命圏におけるArchaeaの生態とゲノムの解明」2021年7月16日

Hongo, Y., The 17th Life in the Universe workshop by Astrobiology Center “Protein first-order structure originated by multi-phase heterogeneous reactions”,(10th, Feb 2022)

Hongo, Y., The 12nd Okinawa Open Tech Seminar by OoPNet, 「質量分析で何が見えるのか？ 生命起源から進化まで覗いてみた」(4th, Jan 2022) (招待講演)

三河内岳 「地球外物質の鉱物学的研究による太陽系における天体進化プロセスの解明」日本鉱物科学会2021年年会（広島大、広島（オンライン））2021年9月17日（招待講演）。

三河内岳・竹之内惇志・山口亮・安武正展・アンソニーアービング「カンラン岩質エコンドライト隕石のカンラン石結晶方位解析：原始惑星でのマグマ結晶化・変形過程の検証」日本鉱物科学会2021年年会（広島大、広島（オンライン））2021年9月18日。

Mikouchi T., Takenouchi A., Abe D., Yamaguchi A. and Irving A. J., “Olivine Petrofabrics of Ungrouped Olivine-Rich Achondrites Northwest Africa 6077, Northwest Africa 6962 and Northwest Africa 13446”, 84th Annual Meeting of the Meteoritical Society (Chicago, USA, hybrid), August 16-20, 2021.

Mikouchi T., Nakamura T., Zolensky M. E., Yoshida H., Nakashima D., Hagiya K., Kikuri M., Morita T., Amano K., Kagawa E., Yurimoto H., Noguchi T., Okazaki R., Yabuta H., Naraoka H., Sakamoto K., Tachibana S., Watanabe S. and Tsuda Y., “Olivine Compositional Variation of Asteroid Ryugu Samples: Possible Precursors of Ryugu's Parent Asteroid”, 53rd Lunar and Planetary Science Conference, (The Woodlands, USA, hybrid), Mar. 16, 2022.

林秀幸, 三河内岳 「コマチアイトとの対比を通じた急冷アングライトの形成場」日本鉱物科学会2021年年会（広島大、広島（オンライン））2021年9月18日。

Rider-Stokes B. G., Greenwood R. C., Yamaguchi A., Anand M., Debaille V., White L. F., Goderis S., Franchi I. A., Mikouchi T. and Claeys, P., “Mixing in the Early Solar System as Evidenced by the Quenched Angrite Meteorites”, 53rd Lunar and Planet. Sci. Conf. (The Woodlands, USA, hybrid), Mar. 14-18, 2022.

Yamazaki S., Mikouchi T. and Tang C. P., “Mineralogical and Petrological Study of Northwest Africa 14127 Shergottite: Implications for Mineralogical Diversity of Poikilitic Shergottites”, 53rd Lunar and Planet. Sci. Conf. (The Woodlands, USA, hybrid), Mar. 14-18, 2022.

今井巴絵、荏原基力、井川善也、松村茂祥 “Functional analysis of a novel VS ribozyme variant obtained by experimental evolution” 第22回 日本RNA学会年会 2021年7月7日（ポスター発表）

寺田海舟、荏原基力、井川善也、松村茂祥 “Analysis of unknown functional RNAs

emerging during in droplet ribozyme evolution” 第22回 日本RNA学会年会 2021年7月7日 (ポスター発表)

稲葉倭治、西山祐夏、井川善也、松村茂祥 “無細胞転写翻訳系内でVSリボザイムの活性を促進する短鎖ペプチドの探求”2021年度 日本化学会北陸地区講演会と研究発表会 2021年11月12日 (ポスター発表)

野口唱、寺田海舟、荏原基力、井川善也、松村茂祥 “VSリボザイムの進化実験により得られたリボザイム配列類似型・非切断RNAの機能解析” 2021年度 日本化学会北陸地区講演会と研究発表会 2021年11月12日 (ポスター発表)

寺田海舟、荏原基力、井川善也、松村茂祥 “リボザイムの進化実験中に出現した未知の機能性RNAの解析” 第44回 日本分子生物学会年会 2021年12月2日 (ポスター発表)

寺田海舟、荏原基力、井川善也、松村茂祥 “リボザイムの擬細胞内実験進化で出現した未知の機能性RNAの解析” 第46回 生命の起原および進化学会 学術講演会 2022年3月22日 (口頭発表)

木村円香、赤沼哲史、リジルトRNA合成酵素の分子系統解析及び祖先配列推定、第11回日本生物物理学会関東支部会、2022年3月、オンライン

Ryutaro Furukawa, Satoshi Akanuma, Ancestral sequence inference of ferredoxins possessed by the last archaeal and bacterial common ancestors, RIKEN BDR Symposium 2022“Emergence in Biological Systems: Challenges to Bridging Hierarchies” March 2022, online

木村円香、赤沼哲史、リジルトRNA合成酵素の分子系統解析及び祖先配列推定、第46回生命の起原および進化学会学術講演会、2022年3月、オンライン

Enya, K. et al., “Life-signature Detection fluorescence Microscope (LDM) for detection and analysis of extraterrestrial life”, ISAS惑星探査ワークショップ、2021年9月24日、オンライン

塩谷ほか、"Life-signature Detection fluorescence Microscope (LDM) 生命兆候探査蛍光顕微鏡"、日本惑星科学会秋季講演会、2021年9月16日、オンライン

塩谷ほか、"蛍光顕微鏡による宇宙生命体探査：火星縦穴探査への適用"、宇科連、2021年11月12日、オンライン

諸野祐樹、寺田武志、Aliaksandr V. Kachynski、深紫外光レーザーによるラベルフリー一孢子・細胞ソーティング、日本微生物生態学会第34回大会2021年10月31日 (口頭発表、オンライン)

Norio Narita, Akihiko Fukui, Masahiro Ikoma, Teruyuki Hirano, Takayuki Kotani, Motohide Tamura, and MuSCATs team, IRD intensive team, IRD instrument team “Results of TESS follow-up observations by the MuSCAT series and the Subaru IRD intensive program,” Japan Geoscience Union Meeting 2021, 2021 June 6th, poster

成田憲保、「生命居住可能惑星探査の現在と未来」、生命の起原および進化学会夏の学校、2021年9月2日、招待講演

成田憲保、福井暁彦、小玉貴則、渡辺紀治、木村真博、森万由子、蔭谷泰希、鄒宇傑、平野照幸、堀安範、小谷隆行、生駒大洋、田村元秀、川内紀代恵、MuSCAT

チーム、IRDインテンシブチーム、IRD装置チーム、「MuSCATシリーズとすばる望遠鏡IRDインテンシブ観測によるTESSトランジット惑星候補のフォローアップ観測 II」、日本天文学会・2022年春季年会、2022年3月4日、口頭発表

成田憲保、「Observing Transiting Exoplanets with the MuSCAT series」、新学術「星・惑星形成」2021年度大研究会、2022年3月16日、招待講演

眞山聡「ALMA and VLT exploration of an embedded planet in the protoplanetary discs/ALMAとVLTによる原始惑星系円盤内の埋もれた惑星の探査」第10回宇宙における生命ワークショップ、2022年2月 口頭発表

松尾宗征,超分子でつなぐ生命起源の化学と生物学,第24回 植物オルガネラワークショップ 2022年3月21日、招待講演

MATSUO, M., Life of Autonomous Droplet, 10th Life in the Universe Workshop 2022年2月18日、招待講演

MATSUO, M., Self-oscillating propulsion of chemically active droplet, Active Matter Workshop 2022 2022年1月29日、招待講演

松尾宗征,分子集合体の触媒作用で探る生命の創成,生命創成探究センター ExCELLS セミナー 2021年12月14日、招待講演

松尾宗征,増殖ペプチド液滴,広島大学理学部化学科 ケムサロン 2021年12月6日

松尾宗征,化学で創る生命らしさ,第26回 HiPSIセミナー,広島大学,植物研究拠点 2021年11月16日、招待講演

MATSUO, M., Self-oscillations of a Novel Droplet Swimmer, Poland-Japan symposium on spatio-temporal self-organization 2021 2021年10月6日、招待講演

松尾宗征,中田聡,自励振動する自己駆動液滴,第102回日本化学会春季年会 2022年3月24日、口頭発表

松尾宗征,合成化学による原始細胞の増殖能獲得機構の解明,第46回 生命の起原および進化学会学術講演会 2022年3月22日、口頭発表

久世雅和、松尾宗征、中田聡,化学振動反応であるBriggs-Rauscher反応を用いた自己駆動液滴系の開発,第102回日本化学会春季年会 2022年3月24日、口頭発表

江島佳歩、巽優希、松尾宗征、中田聡,化学反応とカップリングした自己駆動体の可逆的走化性,第102回日本化学会春季年会 2022年3月24日、口頭発表

四元まい、藤田理沙、松尾宗征、福原幸一、高橋修、中田聡,匂い分子の構造に依存するリン脂質膜の特異的応答,第102回日本化学会春季年会 2022年3月26日、口頭発表

藤田理沙、四元まい、松尾宗征、高橋修、福原幸一、中田聡,リン脂質単分子膜に対する悪臭化合物の効果と芳香化合物によるマスクング効果,第102回日本化学会春季年会 2022年3月26日、口頭発表

安田勝成、久世雅和、松尾宗征、西慧、北畑裕之、西浦廉政、中田聡,基板に置かれた球体上で生じる化学進行波の発生点の基板依存性,第102回日本化学会春季年会 2022年3月24日、口頭発表

- 松尾宗征, 中田聡, 界面の自己触媒反応が誘起するメントール誘導体液滴の多様な自己駆動, 第72回コロイドおよび界面化学討論会 2021年9月15日, 口頭発表
- 阿部真也、藤田深里、松尾宗征、鈴木健太郎、菅原正, 多重膜ベシクルの自己集合化と自己生産反応における触媒分子とDNAの影響, 第102回日本化学会春季年会 2022年3月23日, ポスター発表
- 江島佳歩、巽優希、松尾宗征、中田聡, クマリンおよびクマリン誘導体円板の可逆的走化性, 第72回コロイドおよび界面化学討論会 2021年9月17日, ポスター発表
- 安田勝成、久世雅和、松尾宗征、中田聡, 基板においたBelousov-Zhabotinskyビーズにおける化学波の発生点と基板の物性との関係, 第72回コロイドおよび界面化学討論会 2021年9月17日, ポスター発表
- 四元まい、藤田理沙、松尾宗征、福原幸一、中田聡, 悪臭マスキング剤の添加に対するリン脂質膜の応答, 第72回コロイドおよび界面化学討論会 2021年9月17日, ポスター発表
- Trpを持たない酵素群によって構成される解糖系の構築に向けた活性測定
- 高木有隣, 橋本真奈, 西田暁史, 柘植謙爾, 木賀大介  
生物物理学会関東支部会 2022年3月2日 ポスター
- Kiga, D., Simplified genetic code for directed evolution of proteins without specific amino acid species, BuildACell 2022年2月21日 招待講演
- 木賀大介, 合成生物学とバイオセキュリティ, バイオエコノミーの現状 セミナー (シリーズ) 応用編 2022年2月21日 招待講演
- 木賀大介, 合成生物学に期待される役割, 生命倫理学会 2021年11月28日, 口頭発表
- Kodama, T., How do we understand habitable climates on exoplanets?, JpGU, 2021. (Virtual), 招待講演
- 小玉貴則, 系外惑星・生命探査, 光赤外天連シンポジウム: 2030年代の戦略的中型をどうするのか, 2022, (オンライン) 招待講演
- 小玉貴則, 門屋辰太郎, 玄田英典, 石渡正樹, 暴走温室限界の自転軸傾斜角, 軌道離心率, 自転角速度依存性, 日本惑星科学会 秋季講演会 2021, オンライン, 口頭発表
- Kodama, T., Takasuka, D., Kuroda, T., Miyakawa, T., Satoh, M., Climate for exo-terrestrial planets with 3D high resolution cloud resolved model: Effect of obliquity, JpGU, 2021. (online), ポスター発表
- Niihara, T., Misawa, K. and Kusaba, Y. (2022) Calcium distribution in Elephant Moraine A79001: comparison with other martian meteorites. Lunar and planetary science conference 53. ポスター発表
- 片山海渡, 石川大輔, 原正彦: 原子間力顕微鏡による黄鉄鉱表面上の欠陥構造に関する研究, 2021年日本表面真空学会学術講演会、オンライン・ポスター発表、2021.11.5.
- 内田大地、石川大輔、原正彦: 鉱物表面におけるヘテロジペプチドの合成および合成メカニズムの解明, 2021年日本表面真空学会学術講演会、オンライン・口頭発表、2021.11.5.

Sodei, S., Sanden, S., Ishikawa, D., McGlynn, S., Hara, M.: “Abiotic synthesis of metal-sulfur clusters containing iron and molybdenum and evaluation of their catalytic functions” Astrobiology Graduate Conference 2021, Online-Oral, 2021.9. 14-17.

蟻 瑞欽, Non-specific oxidation of aldonic acid to pentoses. CAS-JSPS Online Bilateral Symposium on “Geoelectrochemistry: The driver for life in deep oceanic environments”, 24 August 2021, Oral. (Online)

Narushima, T., “Microscopic study on circular dichroism localized in materials to analyze hierarchical chirality in various scale”, the 11th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (META 2021), (2021 July 20-23, University of Warsaw, Warsaw, Poland) 招待講演

成島哲也, “高精度円偏光照射によるナノ・マイクロ物質のキラリイメーjing分析”, 量子ビーム科学部門セミナー, (2021年7月16日, 量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所, Japan) 招待講演

成島哲也, “円二色性イメーjingによるキラリ物質分析と磁気回転効果の円偏光による制御の試み; Circular dichroism imaging for analysis of materials chirality and attempts to control gyromagnetic effect by circularly polarized light”, 先端基礎研究センター 基礎科学セミナー (803rd ASRC Seminar), (2021年6月25日, 原子力研究開発機構, Japan) 招待講演

Okamoto, H., Hashiyada, S., Le, K. Q., Narushima, T., “Imaging chiral plasmons and chiral near-field interactions”, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem2021)招待講演

的場聖太, 楠川隆博, 福原学, 岡田哲男, 成島哲也, 岡本裕巳, 沼田宗典, 「マイクロ流体エネルギーを用いた分子間相互作用の誘発と異方的超分子重合」第18回ホスト-ゲスト・超分子化学シンポジウム

神崎千沙子, 成島哲也, 岡本裕巳, 沼田宗典, 「迅速なプロトン化を駆動力とする J/H共会合の実現と高活性超分子ナノファイバーの創製」第70回高分子討論会

神崎千沙子, 成島哲也, 岡本裕巳, 沼田宗典, 「速度論的J/H会合を鍵とした高活性超分子の創製とその階層化」第11回CSJ化学フェスタ2021

Ahn, H., Narushima, T., Yamanishi, J., Nam, K. T., Okamoto, H. “Strongly chiral two-photon induced luminescence from single chiral nanoparticles”, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2021 (Pacifichem2021)

中島良太, 廣部大地, 川口玄太, 佐藤拓朗, 鍋井庸次, 成島哲也, 岡本裕巳, 山本浩史, 「キラリ有機超伝導体のスピン依存現象」日本物理学会第77回年次大会

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, 杉本学, Tetyana Milojevic, 山岸明彦, 横堀伸一, 別所義隆, 加藤浩, 阿部智子, 遠藤いずみ, 木村駿太, オン碧, 大森正之, 藤田知道, 鈴木利貞, 浅野眞希, 奥平恭子, 今井栄一。ポストたんぽぽ計画の進捗状況。第36回宇宙環境利用シンポジウム (Online)。2022年1月18~19日。

橋本博文, 横堀伸一。培養機能付き微生物曝露装置の開発。第36回宇宙環境利用シンポジウム (Online)。2022年1月18~19日。

癸生川陽子, 古賀優志, 松岡萌, 左近樹, 小林憲正, 伊藤元雄, 山下翔平, 武市泰

男、高橋嘉夫、三田肇、矢野創「太陽系小天体の表面過程の理解のための有機物の宇宙曝露実験」日本地球化学会第68回年会、2021年9月1日(水)～21日(火)

古賀優志、癸生川陽子、左近樹、小林憲正、三田肇、矢野創「たんぼぼ2計画における国際宇宙ステーションでの隕石有機物やその模擬物質の宇宙曝露実験」日本宇宙生物科学会 第35回大会、2021年9月24日(金)～26日(日)

古賀優志、癸生川陽子、左近樹、小林憲正、三田肇、矢野創「隕石有機物やその模擬物質の宇宙曝露および紫外線照射による分子構造変化」第46回生命の起原および進化学会 学術講演会、2022年3月21日～23日

Yamagishi, A., Survival of microbes in space and the search for life on Mars, 第44回日本分子生物学会年会2021年 12月2日

矢野創、三田肇、左近樹、横堀伸一、小林正規、平井隆之、藤井雅之、柴田裕美、新井和吉、小林憲正、癸生川陽子、横谷香織、藤島皓介、木村俊太、奥平恭子、佐々木聰、田端誠、富田勝、ビノールイス、ネルソンキース、バライソジョー、山岸明彦「たんぼぼシリーズによるアストロバイオロジー研究の継続的成果とゲートウェイ時代への展望」第22回宇宙科学シンポジウム、2022年1月6-7日

山岸明彦、たんぼぼプロジェクトチーム。「宇宙実験たんぼぼの成果およびアストロバイオロジー今後の課題」第36回宇宙環境利用シンポジウム、2022年1月18-19日

山岸明彦、たんぼぼプロジェクトチーム「たんぼぼ計画とパンスペルミア、生命の起源」第23回惑星圏研究会 (SPS2022) 2022年2月9日

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、たんぼぼプロジェクトチーム「たんぼぼ初号機成果概要」宇宙生命探査シンポジウム。2022年3月29日

小林憲正、宇宙に化学進化のミッシングリンクを探す、生命の起原および進化学会 夏の学校、on line、2021年9月3日。

小林憲正、生命起源の探求を目指すアストロバイオロジー研究、日本宇宙生物科学会第35回大会、on line、2021年9月24-26日。

小林憲正、三田肇、癸生川陽子、中川和道、金子竹男、大林由美子、佐藤智仁、横尾拓哉、峰松沙綾、福田一志、小栗慶之、依田 功、吉田 聡、神田一浩、今井栄一、矢野 創、橋本博文、横堀伸一、山岸明彦、たんぼぼ計画での有機物曝露実験のまとめと展望、日本宇宙生物科学会第35回大会、on line、2021年9月24-26日。

小林憲正、宇宙が語る生命の起源と未来、化学フェスタ：次は宇宙だ～宇宙も化学も可能性は無限大～、on line、2021年10月20日。

Kobayashi, K., Sato, T., Kuramoto, S., Kebukawa, Y., Mita, M., Shibata, H., Fukuda, H., Oguri, Y. and Kanda, K. Formation and Robutness of Complex Amino Acid Precursors with Large Molecular Weights in Space, International Chemical Congress of Pacific Basin Societies (Pacifichem) 2021, online, December 16-21, 2021.

癸生川陽子、古賀優志、松岡萌、左近樹、小林憲正、伊藤元雄、山下翔平、武市泰男、高橋嘉夫、三田肇、矢野創、たんぼぼ2における小天体有機物の宇宙曝露実験、2021年度ISAS宇宙生命探査シンポジウム、on line、2022年3月29日。

小林憲正、たんぽぽ・たんぽぽ2計画におけるアミノ酸関連分子の宇宙曝露、2021年度ISAS宇宙生命探査シンポジウム、on line、2022年3月29日。

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、杉本学、Tetyana Milojevic、山岸明彦、横堀伸一、別所義隆、加藤浩、安倍智子、遠藤いずみ、木村駿太、オン碧、大森正之、藤田知道、鈴木利貞、浅野眞希、奥平恭子、今井栄一、浜瀬健司、古庄仰、中山美紀、中島香織、白水まどか、たんぽぽおよびポストたんぽぽ2計画での有機物の捕集と曝露実験、2021年度ISAS宇宙生命探査シンポジウム、on line、2022年3月29日。

奥平恭子、矢野創、山岸明彦、佐々木聰、三田肇、矢口勇一、角田雄大、蜂谷亜里珠「たんぽぽ1捕集実験試料データアーカイブの重要性と現状報告」2021年度ISAS宇宙生命探査シンポジウム、online、2022年3月29日

河原創、Exo JASMINEチーム、“Exo JASMINE” JASMINE コンソーシアム (招待講演) 2021年12月6日～8日 オンライン

河原創、Exo JASMINEチーム、“JASMINEで探る系外惑星”ISAS宇宙生命探査シンポジウム2022年3月28日 (招待講演)

Ono, C., Kakegawa, T., Furukawa, Y., Effects of pH on the ribose synthesis in the formose reaction: implication for abiotic synthesis on ancient Mars. JPGU 2021 meeting

Yabuta, H. et al., An initial look at the distributions and compositions of organic macromolecules in the asteroid Ryugu samples, Hayabusa 2021 Symposium, November 16, 2021.(招待講演)

Nakamura T. et al., Initial analysis of “stone” size Ryugu samples: current status, Hayabusa 2021 Symposium, November 16, 2021.(招待講演)

Pilorget, C. et al., First NIR hyperspectral imaging of Hayabusa2 returned samples by the MicrOmega microscope within the ISAS Curation Facility, Hayabusa 2021 Symposium, November 16, 2021.(招待講演)

Tatsumi, E. et al., Hydrothermal history of (162173) Ryugu’s parent body inferred from remote-sensing data, Hayabusa 2021 Symposium, November 17, 2021.(招待講演)

Fujiya, W. et al., Scientific importance of the sample analyses of Phobos regolith and the analytical protocols of returned samples by the MMX mission. Hayabusa 2021 Symposium, November 17, 2021.(招待講演)

重中美歩、網本智子、藪田ひかる、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、地球惑星科学連合大会2021、地球化学の最前線セッション、オンライン、2021年6月3日 (口頭発表)

Tachibana, S. et al., Initial analysis of Hayabusa2 returned samples from asteroid (162173) Ryugu, Hayabusa 2021 Symposium, November 16, 2021. (口頭発表)

Nittler, L. et al., Microscale diversity of H, C, and N isotopes in asteroid Ryugu, Hayabusa 2021 Symposium, November 16, 2021. (口頭発表)

Yabuta, H., Cody G. D., Engrand C., Kebukawa Y., De Gregorio B. et al., Macromolecular Organic Matter in C-Type Asteroid Ryugu, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (口頭発表)

- Nakamura, T., Matsumoto, M., Amano, K., Enokido, Y., Zolensky, M. E., et al., Early History of Ryugu's Parent Asteroid: Evidence from Return Sample, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (口頭発表)
- Stroud, R. M., De Gregorio, B. T., Nittler, L. R., Barosch, J., Yabuta, H., et al., Diversity in Asteroid Ryugu Organic Matter as Revealed by Analytical Transmission Electron Microscopy, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (口頭発表)
- Tachibana, S., Yurimoto, H., Nakamura, T., Noguchi, T., Okazaki, R. et al., Representative Surface Samples Returned from Near-Earth C-Type Asteroid (162173) Ryugu and Their Initial Analysis, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (ポスター発表)
- Quirico, E., Bonal, L., Kebukawa, Y., Dartois, E., Engrand, C. et al., Abundance and Composition of Organics In Hayabusa2 Samples: Insights from Micro-FTIR Spectroscopy, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (ポスター発表)
- Remusat, L., Verdier-Paoletti, M., Mostefaoui, S., Yabuta, H., Engrand, C. et al., H- and N- Isotope Distributions in the Insoluble Organic Matter of Ryugu Samples, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (ポスター発表)
- Dartois, E., Kebukawa, Y., Engrand, C., Duprat, J., Bejach, L. et al., Ryugu Chemical Characterisation from Synchrotron Spectroscopy in the Mid to Far Infrared of Hayabusa 2 Samples, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (ポスター発表)
- Komatsu, M., Yabuta, H., Kebukawa Y., Bonal, L., Quirico, E., et al., The Laser-Induced Fluorescence from Ryugu Particles and Their Extracted Residues by Raman Spectroscopy, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (ポスター発表)
- Bonal, L., Quirico, E., Montagnac, G., Komatsu, M., Yabuta, H., et al., Thermal History of Ryugu Based on Raman Characterization of Hayabusa2 Samples, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (ポスター発表)
- Nittler, L. R., Barosch, J., De Gregorio, B. T., Stroud, R. M., Yabuta, H., et al., Carbonaceous Presolar Grains in Asteroid Ryugu, The 53<sup>rd</sup> Lunar and Planetary Science Conference, March 7-11, 2022. (ポスター発表)

## 5-10 連携研究による著書

- 島菌進 (著, 編集), 四ノ宮成祥 (著, 編集), 木賀大介 (著), 須田桃子 (著), 原山優子 (著) 「合成生物学は社会に何をもたらすか」 ISBN-13:978-4881253700
- 小林憲正 「地球外生命」、中央公論新社、2021年12月、274 pp. 井田茂、渡部潤一、佐々木晶編、小林憲正他執筆、太陽系と惑星 (シリーズ現代の天文学第2版)、日本評論社、2021年8月、327 pp.

## 5-11 連携研究による一般講演・解説・受賞・その他

鈴木庸平、東京大学オープンキャンパス2021・講演「火星に生命は存在するのか？地球の岩の中で生きる微生物が物語ること」2021年7月11日

三河内 岳（監修），千葉 茂樹（訳）（2021）「火星は…」あすなる書房，48ページ。

成田憲保、「第二の地球探しの現在と未来」、東京大学・高校生と大学生のための金曜特別講座、2021年10月1日、一般向け講演

成田憲保、「地球は特別な惑星か？地球外生命に迫る系外惑星の科学」、時事通信社・時事トップセミナー、2022年1月21日、一般向け講演

成田憲保、「第二の地球探しの研究」、慶應アストロバイオロジーキャンプ2022、2022年3月17日、一般向け講演

成田憲保、「太陽系外惑星2022」、JPA最新の天文学の普及をめざす会オンライン講演会、2022年3月29日、一般向け講演

松尾宗征，月刊 化学 4月号（化学同人），巻頭記事「生命起源における増殖能力獲得の謎を解明！」，2022年3月18日

松尾宗征，化学と工業（日本化学会），飛翔する若手研究者「超分子化学で目指す人工生命の創製」，2022年1月1日

Matsuo, M.，Chemistry World (Royal Society of Chemistry (イギリス王立化学会))，「How protocells bridge the gap from chemistry to biology」

Matsuo, M.，Global Education News (QS (世界大学ランキング機関))，「Lab-made self-replicating droplet may be missing link for origin of life」

松尾宗征，読売新聞 11月21付日刊，「生命を探すー増殖する『人工生命』ー」

松尾宗征，現代化学 11月号，FLASH「生命の起源研究：化学進化と生命構築がつながった!？」

松尾宗征，中国新聞 10月8日付朝刊，「原始生命の謎解明へ前進ー広島大院の松尾助教ら実験に成功ー」

松尾宗征，Yahooニュース，「生物の先祖はどうやって増殖する能力を得たのか 100年前の仮説を広島大が初解明」，2021年9月28日

Matsuo, M.，Eurekalert (American Association for the Advancement of Science (アメリカ科学振興協会))，「Answering a Century-old Question on the Origins of Life」，2021年9月28日

木賀大介，学会誌 特集企画 生化学 93(3) 2021年，特集「遺伝暗号による制約を突破する翻訳システムの改変と非標準アミノ酸」企画

小玉 貴則，ハビタブル惑星の気候，天文月報，日本天文学会，27，83-91，2021

Hara, M.：“Nano-Spectroscopic Studies of Chemical Evolution at Mineral Surfaces” Quantum Biology Meetings (UCLA)，Online-Oral，2021.4.27.

山岸明彦「地上12kmに存在する微生物と、微生物の宇宙での生存」日本学術会議

公開シンポジウム 東京-Evo-リンピック ～驚くべき性質や能力をもつ生き物たち～ 2021年8月21日

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「たんぼぼ計画」～」生命の起原学会若手シンポジウム 2021年9月2日

山岸明彦 「パンスペルミア説と地球外生命の可能性」岐阜おおがきビエンナーレ 2021 国際シンポジウム「L I F — E !?」 2021年12月19日

古川善博, NHK 特集番組「Roots -生命起源への旅-」

藪田ひかる 日経サイエンス2022年3月号 フロントランナー挑む

藪田ひかる ガリレオX (第258回) 2022年1月9日放送 小惑星リュウグウに生命の材料を探す “はやぶさ2” が持ち帰った試料分析のいま (主な取材先：中村智樹教授、藪田ひかる教授、高橋嘉夫教授)

藪田ひかる 蒲郡市生命の海科学館レクチャーシリーズ☆Online教えて！リュウグウ～小惑星と“生命の海”のひみつ～ 第4回『リュウグウがきっと！教えてくれる「生命誕生への道のり」』(2021年9月11日開催) (講師：藪田ひかる、ナビゲータ：橘省吾、進行：山中敦子)

橘省吾 蒲郡市生命の海科学館レクチャーシリーズ☆Online教えて！リュウグウ～小惑星と“生命の海”のひみつ～ 第1回『リュウグウがきっと！教えてくれる「太陽系のはじまり」』(2021年6月12日開催) (講師：橘省吾、進行：山中敦子)

藪田ひかる 講演「X線顕微鏡を使って、小惑星リュウグウの微粒子から生命の材料をさがす」 KEKオンライン一般公開2021 2021年9月4日

Yabuta, H., “My academic walk from the first step of organic geochemistry to the asteroid sample return mission” Astrobiology Graduate Science conference 2021, Virtual,

藪田ひかる 講演「小天体サンプルリターン：生命の材料を宇宙に求めて」 アストロバイオロジークラブ Astrobiology seminar (オンライン) 2021年4月17日

### (特許)

特許成立 特許番号6917050 最適特性を有する非天然型タンパク質の製造方法, 発明者 木賀大介, 榎本利彦, 出願者 早稲田大学

成島哲也, 岡本裕巳, PCT出願：PCT/JP2022/005014 「円偏光照射器、分析装置及び顕微鏡」 (出願日2022年2月9日)

### 【受賞】

松尾宗征, 若手口頭講演賞, 第72回コロイドおよび界面化学討論会, 2021年10月

## 6. 財務

2021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	338,218,000	386,095,884	-47,877,884
産学連携等研究収入及び寄附金収入等	10,840,000	23,407,292	-12,567,292
自己収入	0	220	-220
合計	349,058,000	409,503,396	-60,445,396

支出		予算額	決算額	差額(予算額-決算額)
業務費	研究教育費	326,572,000	369,089,383	-42,517,383
	一般管理費	11,646,000	9,824,019	1,821,981
産学連携等研究収入及び寄附金収入等		10,840,000	19,000,561	-8,160,561
合計		349,058,000	397,913,963	-48,855,963

収入-支出	予算額	決算額	差額(予算額-決算額)
	0	11,589,433	-11,589,433

## 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	2021 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)					
2021-2022	若い恒星まわりの系外惑星探査:新解析手法の確立とトランジット惑星観測	平野 照幸	4,000	1,200	5,200
2021-2022	ALMA 長基線観測と新しい解析手法で探査する周惑星円盤	橋本 淳	1,000	300	1,300
合計	2 件		5,000	1,500	6,500

### 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	2021 年度交付額(単位:千円)		
			直接経費	間接経費	合計
若手研究					
2019-2022	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	700	210	910
2021-2023	太陽系内惑星間塵中の生命関連有機物探索	高橋 葵	300	90	390
2021-2023	若い星団における視線速度観測に基づく惑星の形成・進化過程の解明	寶田 拓也	1,400	420	1,820
2021-2023	量子化学計算を用いた近赤外光を利用して水を酸化する光合成色素の探索	小松 勇	2,700	810	3,510
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	500	150	650
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	400	120	520

挑戦的研究(萌芽)					
2021-2022	可視回折限界イメージング実現のための 革新的光導波路回路開発	小谷 隆行	3,800	1,140	4,940
研究スタート支援					
2021-2022	惑星探査データの応用による近傍 M 型 星の元素組成の統一的調査	石川 裕之	1,100	330	1,430
合計	9 件		11,200	3,360	14,560

※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 総合研究大学院大学 物理化学研究科 天文科学専攻

#### 第 1 学年

大学院学生	指導教員	研究課題
越坂 紫織	小谷 隆行	高コントラスト偏光直接撮像観測による原始惑星系円盤と太陽系外惑星の研究

#### 第 2 学年

大学院学生	指導教員	研究課題
多田 将太郎	小谷 隆行	シングルモードファイバー高分散分光器の開発と高分散分光観測による太陽系外惑星大気の特徴づけ

#### 第 3 学年

大学院学生	指導教員	研究課題
笠木 結	小谷 隆行	若い星・晩期型星・褐色矮星まわりの太陽系外惑星探査による様々な恒星質量・進化段階における惑星形成の解明について
細川 晃	小谷 隆行	すばる望遠鏡用高コントラスト高分散分光器の開発と太陽系外惑星大気の特徴づけ

#### 第 4 学年

氏名	指導教員	研究課題
西海 拓	堀 安範	MuSCAT シリーズを用いた高精度測光観測で探る系外惑星の特徴付

## 8-2 大学・大学院との連携

氏名	学年	指導教員	所属
清水 利憲	修士1年	田村 元秀	東京大学大学院・理学系研究科・天文学専攻
三井 康裕	修士2年	田村 元秀	東京大学大学院・理学系研究科・天文学専攻
桑田 敦基	博士1年	田村 元秀	東京大学大学院・理学系研究科・天文学専攻
森 万由子	博士2年	田村 元秀	東京大学大学院・理学系研究科・天文学専攻

## 9. 公開事業

日程	名称	場所	参加者
2021年 10月23日	三鷹・星と宇宙の日 2021 (共催)	オンライン	当日視聴者 最大同時接続数合計 2,054

※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

2021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	1
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、ほとんどの海外出張ができなかった。

## 11. 受賞

氏名	職名	賞の名称	受賞日
Nugroho, Stevanus Kristianto	特任研究員	第13回泉菪会奨励賞	2021年10月30日

## 12. 年間記録

2021 年度

2021 年	
10 月 18 日～10 月 25 日	第 29 回運営委員会
10 月 23 日	三鷹・星と宇宙の日 2021 (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)
10 月 24 日	大学共同利用機関シンポジウム 2021 (オンライン開催)
11 月 18 日～11 月 26 日	第 30 回運営委員会
2022 年	
1 月 11 日～1 月 17 日	第 31 回運営委員会
1 月 28 日	2021 年アストロバイオロジーセンターシンポジウム (バーチャル会場にてオンライン開催)
2 月 17 日～2 月 18 日	第 10 回宇宙における生命ワークショップ ～令和3年度プロジェクト/サテライト成果発表会～ (バーチャル会場にてオンライン開催)
3 月 7 日	第 32 回運営委員会
3 月 17 日～3 月 19 日	慶應アストロバイオロジーキャンプ 2022 (オンライン開催, 協力)
3 月 30 日	神戸大学惑星科学研究センター(CPS) & ABC ワークショップ 「火星から諸惑星」(オンライン開催)

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: <https://abc-nins.jp>  
E-mail: [abc-pub@abc-nins.jp](mailto:abc-pub@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 14 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 13 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

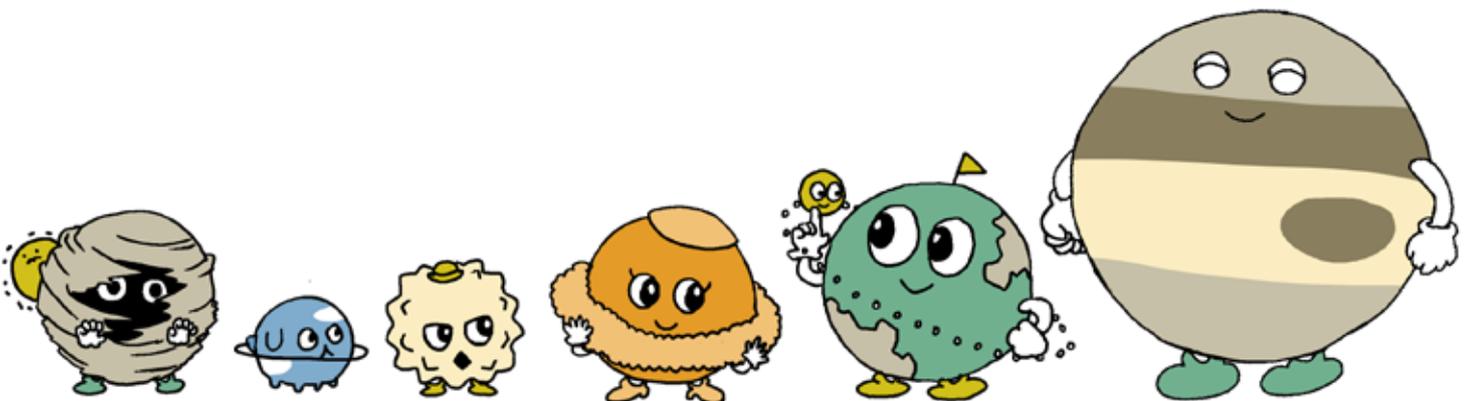
ABC 事務のみなさま

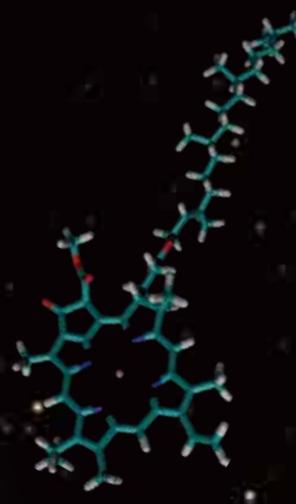


### 【裏表紙説明】

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*