

# 大阪大学大学院理学研究科 宇宙地球科学専攻

## 年次報告書

Annual Report 2021  
Department of Earth and Space Science  
Graduate School of Science  
Osaka University



令和3年度



## 表紙：玄関ロビー壁画（右側）について

F棟ロビーの正面壁画は、ビッグバン、地層、新しい学問の夜明けを象徴している。下記はその石材についての説明である。

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| ① ストロマトライト（コレニア石灰岩）   | ⑥ 赤色大理石（ミルキーゴールド）     |
| ② 成長大理石（トルテス：松香石）     | ⑦ 大理石（グリーンスポット：鴨緑岩）   |
| ③ 緑色大理石（グリーンフロー：霊寿緑）  | ⑧ 雲母岩（マイカスター）         |
| ④ 白色大理石（ホワイトマーブル：白玉石） | ⑨ 乱流堆積岩（紫板石：パープルウェーブ） |
| ⑤ 大理石（オータムミスティ：蓬葉青）   | ⑩ 波状痕板石（アイボリーウェーブ）    |

---

大阪大学大学院理学研究科  
宇宙地球科学専攻

---

年次報告書

Annual Report 2021  
Department of Earth and Space Science  
Graduate School of Science  
Osaka University

令和3年度

# 目 次

宇宙地球科学専攻アドミッションポリシー	3
宇宙地球科学専攻令和3年度総括報告	4
宇宙地球科学専攻メンバー表	8
校費予算配分	10
科学研究費補助金受け入れ状況	12
その他の研究費受け入れ状況	16
理学部F棟・G棟宇宙地球科学専攻使用スペース	18
教務関係	19
博士前期課程大学院入試(第1次募集と第2次募集)	19
所有大型装置	20
担当授業科目	22
卒業研究発表会プログラム	24
学位授与	27
進路状況	30
学生支援活動	31
T A ・ T F ・ R A 採用者名簿	32
教員担当委員	36
各種委員会委員	37
入試実務関係	38
学外委員	40
客員教授・共同研究員等	42
国際・国内会議・研究会主催共催	43
他大学での非常勤講師・博士学位審査協力	43
宇宙地球科学セミナー	44
社会貢献・受賞	45
海外出張・海外からの来訪者	51
各研究グループの研究概要	53
長峯研究室(宇宙進化学)	54
松本研究室(X線天文学)	66
波多野研究室(理論物質学)	73
寺田研究室(惑星科学)	77
佐々木研究室(惑星物質学)	88
近藤研究室(惑星内部物質学)	97
桂木研究室(ソフトマター地球惑星科学)	101
住研究室(赤外線天文学)	109
宇宙地球科学専攻の運営について(申し合わせ)	118
宇宙地球科学専攻における特任教員の扱いについて	119
教室会議議事録	120
F棟エントランスロビーについて	131

## 宇宙地球科学専攻のアドミッションポリシー

本専攻は、専攻設立の趣旨として、「物理学の基礎を身につけ物理学の最先端の成果を武器として宇宙地球科学の研究・教育を行う」ことを掲げている。そのため、学部学生の教育を物理学科として一本化し、大学院においては、専攻独自のカリキュラムに基づく教育と同時に、物理学専攻と合同の入学試験、研究発表・評価方式を取り入れ、学習と研究の中に常に物理学的視点を持つことを重視している。従って、本専攻に受け入れる学生に対しても、自然現象に対する素朴な好奇心を持つと同時に、現象を可能な限り物理的、定量的に理解しようとする態度、能力を学部段階において培ってきたことを求めている。宇宙地球科学専攻の専門分野は、生物学を含む物質科学、地球・惑星科学、天文・宇宙論まで極めて広い分野に広がっている。それぞれの分野においては、野外活動、観測技術、実験技術、分析技術、機器開発、理論的考察等々、重視する視点が異なる。受け入れたい学生も、上に述べた基本的資質を持つ限り、特定のスタイルにこだわることはなく、様々なタイプの学生を受け入れている。

博士前期課程では、本専攻に関連する分野におけるプロフェッショナルな研究者を志す者も、課程終了後に専門にこだわらず民間企業などに広く活躍の場を求める者も、将来的に希望する進路に関わらず受け入れている。基本的には、物理学を基礎にした知識や考え方を身に付けている学生を求めており、必ずしも入学時に特定の専門分野に詳しい必要はない。

博士前期課程は、自由に、また深く専門知識を身につけ、研究能力を磨くことのできる期間であるから、研究に邁進する強い決意をもった学生であることが必要である。博士後期課程の学生は、独立した研究者として研究分野の最前線で活躍し、民間企業や国公立の研究所等において、問題発見から解決のプロセスに至るまで自立した研究者としての役割を果たすことが求められる。そのための能力と意欲を持った者を広く積極的に受け入れている。

# 宇宙地球科学専攻 令和3年度総括報告

専攻長 寺田健太郎

宇宙地球科学専攻の設立27年目となる令和3年度も、新型コロナ(COVID-19)の感染拡大の余波で、研究・教育・教室運営においてイレギュラーな一年になりました。また、宇宙地球科学専攻設立以来、教室運営に多大な貢献をされていた林田清准教授が永眠されましたことは、残念至極の出来事でした。この場をかりてご冥福をお祈りいたします。

## 専攻の体制と人事

令和3年度も専攻の体制は基幹講座数が8で変更はありませんでしたが、教室運営に多大な貢献をされてきた林田清准教授がご逝去、廣野哲朗准教授が2022年3月末でご栄転されました。研究室間のバランス、専攻の教育研究の活性化の視点から、現在後任人事を進めています。

専攻事務室にも動きがありました。2021年6月末で加納洋子さんが退職され、その後任として7月1日～2022年3月31日の期間、中川明美さんが着任され、5人体制で専攻運営にご尽力いただきました。

## 専攻予算と研究費

全国的な運営費交付金の減額傾向は今年も続いています。各専攻への配分に大きな変化が生じ無いよう、研究科レベルで自助努力を続けているものの、今後の大きな課題として残っています。

外部資金については、専攻構成員が科学研究費補助金、及びその他の研究費を獲得しており、何とか凌ぎました。これらの間接経費は、大型外部資金獲得者が推進する研究のための整備費、及び専攻内共通部の各種整備項目に充当しました。

## 教育・研究の状況

新型コロナ感染拡大の2年目となる今年は、昨年度ほどの混乱はなく、教育活動ができたのではないかと思います。卒業研究発表会、修士論文発表会、博士論文公聴会なども昨年同様、ハイブリッド型で挙行了しました。各種入学試験／編入学試験は新型コロナの余波で、追試対応や試験会場分散にともなう試験監督

者の増員など、業務内容が倍増したままですが、専攻構成員の献身的なご尽力により、滞りなくすべての入試業務を終えることができました。

新しい試みとして、大学院入試業務の効率化の観点から、学外の英語検定試験導入の議論を開始しました。現在、令和5年度に実施する大学院入試から採用する方向で準備を進めています。また海外からの多様な大学院生の受け入れを目指し、物理学専攻が進めてきた International Physics Course (IPC)への参入について議論しました。2023年4月以降、宇宙地球科学専攻でも IPC 制度を通じて、まずは宇宙進化グループから留学生の受け入れを開始することになりました。

研究面では、国内外の移動の規制も少しずつ緩和され、研究のアクティビティが徐々に戻りつつあります。4月には長峯健太郎教授の研究チームが「“かくれんぼ” をしている銀河の発見」について、7月には横田勝一郎准教授らの研究チームが「明滅オーロラとともに起こるオゾン破壊 ～宇宙からの高エネルギー電子が大気に及ぼす影響を実証～」について、8月には鈴木大介助教らの研究グループが「遠い軌道を回る冷たい系外惑星が銀河系内の広い範囲で存在することを解明」について、プレスリリースを発行するなど、研究成果は着実に出ています。また11月には不肖私が、令和3年度大阪大学賞(教育貢献部門)を受賞するなど、専攻として実りの多い一年となりました。これらのニュースは、今年度大幅リニューアルした専攻ホームページや研究科 WEB にも掲載されています。

### 管理運営・その他

昨年度に引き続き、テレワークの活用、ローテーション勤務を推奨し、2021年度開催のすべての教授懇談会、教室会議をオンライン開催としました。またコロナ禍で激減した教員間の「顔の見える交流」を進めるべく、F棟玄関ロビーに教員の顔写真一覧を掲示したり、オンライン交流の場として「ESS Chat」を非公式に3度企画し、職位や研究室の壁を超えた情報交換を行いました

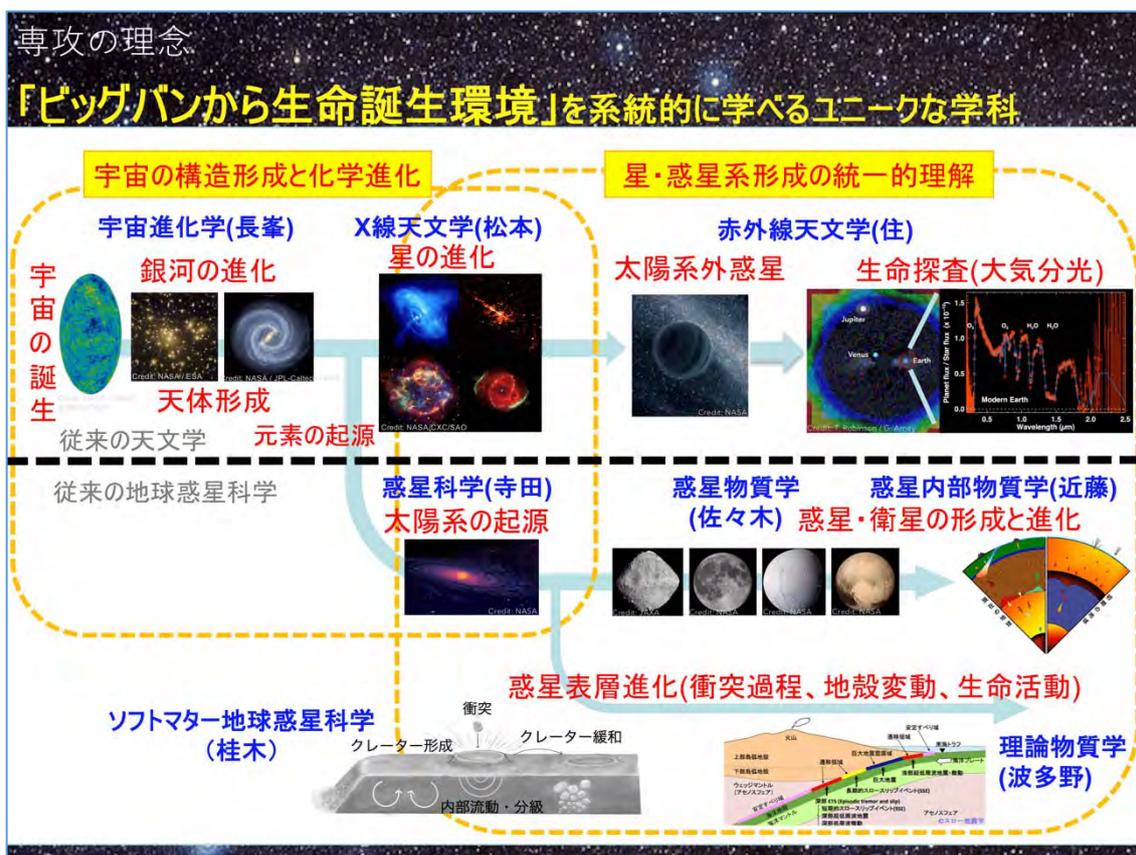


た。専攻ホームページのリニューアルに合わせ、専攻の理念について再検討し、ビジュアル化しました。また教員間の委員の引き継ぎや、情報共有を円滑にするための手段として、Teams を試験的に導入しました。

F 棟 6 階の雨漏りは、長年の懸案事項でしたが、全学および理学研究科のサポートにより屋上の大規模修繕が行われました。これに伴い屋上に設置してあった小型ドームを撤去し、大型ドーム部の雨漏りについても対策を講じました(実際の施工は 2023 年度の予定)。

## 最後に

私ごとになりますが、2018 年度からの 4 年間でのべ 3 年の専攻長を務めました。定期の専攻長・物理学科長業務に加え、全学や研究科の業務、さらには自分自身の 2 度の入院も重なり、何度かパンク寸前の状態になりましたが、構成員の皆さんのサポートにより、大過なく乗りきることができました。ここに、改めて感謝したいと思います。尚、2022 年度（令和 4 年度）は松本浩典教授へ専攻長を引き継ぐことになりました。今後とも宇宙地球科学専攻をよろしくお願い致します。





# 宇宙地球科学専攻メンバー表

研究室名	教職員	博士後期課程	博士前期課程	卒研4年生	その他
宇宙進化学	教授 長峯 健太郎 准教授 井上 芳幸 助教 高棹 真介 招へい教授 Isaac SHLOSMAN 兼任教員 Luca BAIOTTI 招へい教員 Renyue CEN	D 3 Abednego WILLIARDY (留) D 2 Nicolas LEDOS (留) D 1 奥 裕理 福島 啓太	M 2 大西 一慶 寺口 遼 M 1 海野 真輝 片山 諒介 柴田 健吾 戸丸 一樹 柳澤 馨 山本 凌也	檜原 昂 西田 海斗 山田 知也	Jackson NORRIS (特任、7/31退任) 道山 知成 (特任)
X線天文学	教授 松本 浩典 准教授 林田 清 助教 野田 博文	D 3 岡崎 貴樹 D 2 朝倉 一統	M 2 澤上 拳明 松下 友亮 M 1 峯田 大靖 善本 真梨那 大出 優一 鴨川 航 佐藤 淳矢 袴田 知宏	青柳 美緒 石渡 幸太 荻原 涼太	
赤外線天文学	教授 住 貴宏 助教 増田 賢人 助教 鈴木 大介	D 3 佐藤 佑樹 D 2 近藤 依央菜 藤井 大翔 D 1 桐川 凜太郎	M 2 門野 創一 山崎 祐斗 丸野 瑞季 M 1 岡村 有紗 戸田 大凱 松本 翔 山 響 丹羽 宏輔	友善 瑞雄 濱田 龍星 山下 寛介	平尾 優樹 (特任) 宮崎 翔太 (学振) 越本 直季 (招へい)
惑星科学	教授 寺田 健太郎 准教授 植田 千秋 准教授 山中 千博 准教授 横田 勝一郎 助教 河井 洋輔	D 2 村山 純平	M 2 植田 晃平 杉浦 聖也 M 1 松本 匡能 瀧上 駿	松井 秋水 秋吉 遥己	久好 圭治 (特任)
惑星物質学	教授 佐々木 晶 准教授 大高 理 准教授 佐伯 和人 助教 木村 淳	D 2 小島 晋一郎 D 1 荒木 亮太郎	M 2 有田 直哉 川上 結生 高橋 明寛 M 1 筏 明子 加藤 礼也 高橋 華乃子 盛満 真一 鶴海 達大 山口 朋恵	江口 大喜 前田 和輝 増田 清司	
惑星内部物質学	教授 近藤 忠 准教授 谷口 年史 准教授 西 真之 助教 境家 達弘	D 2 鶴岡 椋	M 2 佐野 僚 福田 良太 藤本 雅弘 三浦 巧 M 1 大野 正和 司 今 (留) 橋本 佳依	加藤 拓人 神垣 遼 河野 克俊 鈴木 悠斗	米田 明 (招へい) Nadezda CHERTKOVA (学振)

研究室名	教職員	博士後期課程	博士前期課程	卒研4年生	その他
理論物質学	教授 波多野 恭弘 准教授 湯川 諭 助教 青山 和司	D1 水嶋 遼 坂本 龍之輔 林 朱元 (留) (10/1~)	M1 各務 衣月 村上 朔	伊瀬 百花 舟見 優 Lee JANG HUI (留) 野崎 晃平	
ソフトマター 地球惑星科学	教授 桂木 洋光 准教授 久富 修 准教授 廣野 哲朗 助教 桂 誠 助教 山本 憲		M2 足立 裕美子 岩垣 恵太 宮本 英 大久保 文暁 M1 嶋本 朱那 仲田 慶晴 保田 彪賀 矢野 弘道 種子 文也 張 麟 永野 優太	絹川 流清 鯨田 大地 佐々木 隆登 土草 一輝 福本 健 山本 侑樹	Sonar PRASADO (特任)
合計	教授：8名 准教授：12名 助教：10名 招へい教授：1名 招へい教員：1名 兼任教員：1名	D3：3名 D2：7名 D1：7名 うち、留学生3名	M2：23名 M1：34名 うち、留学生1名	B4：28名 うち、留学生1名	特任研究員：5名 招へい研究員：2名 学振特別研究員：1名 学振外国人特別研究員：1名

協力講座

レーザー科学 研究所	教授 中井 光男 准教授 坂和 洋一	D3 江頭 俊輔 D3 太田 雅人	M2 石原 大樹 倉本 織羽乃 松本 雄志郎 M1 前田 亘佑		
合計	教授：1名 准教授：1名	D3：2名	M2：3名 M1：1名		

非常勤事務員	加納 洋子 (近藤研・寺田研) ~6/30 城 裕子 (住研・波多野研) 中川 明美 (近藤研・寺田研) 7/1~		澤本 茂美 (松本研・住研・専攻共通) 常盤 真理子 (長峯研・波多野研・専攻共通) 水口 さおり (佐々木研・桂木研)		
--------	---	--	--	--	--

(特任)：特任研究員  
(招へい)：招へい研究員  
(学振)：学振特別研究員・学振外国人特別研究員  
(留)：留学生

運営費交付金 研究グループ配分一覧

(単位：円)

研究グループ名	当 初 配 分					合 計
	講座経費	学部 学生経費	大学院 学生経費	留学生経費	設備維持 運営費	
長峯研究室	1,207,148	77,673	956,000	0	35,920	2,276,741
松本研究室	1,065,299	77,673	722,000	0	0	1,864,972
寺田研究室	1,742,426	51,782	361,000	0	610,640	2,765,848
波多野研究室	1,207,148	103,564	356,000	0	0	1,666,712
佐々木研究室	1,474,787	77,673	783,000	0	0	2,335,460
桂木研究室	1,653,213	129,455	610,000	0	0	2,392,668
近藤研究室	1,311,527	103,564	544,000	0	251,440	2,210,531
住研究室	1,117,935	77,673	956,000	0	0	2,151,608
合 計	10,779,483	699,057	5,288,000	0	898,000	17,664,540

※ 昨年度の精算額、次年度への繰越額は含まない。

運営費交付金 当初配分収支計算書

(単位：円)

収 入 の 部	金 額	支 出 の 部	金 額
教育研究基盤経費	34,785,000	研究室への配分	17,664,540
基礎配分額	33,887,000	講座経費	10,779,483
設備維持運営費	898,000	学部学生経費	699,057
TA経費(研究科補填分)	0	大学院学生経費	5,288,000
TA経費(プロジェクト管理)	0	留学生経費	0
間接経費	7,275,000	設備維持運営費	898,000
		専攻共通経費	7,740,386
		物理学科経費	533,551
		物理系図書費	2,107,917
		教員人件費(非常勤講師)	201,000
		職員人件費(秘書)	12,063,114
		TA経費	0
		移算・精算額	1,749,492
合 計	42,060,000	合 計	42,060,000

## 科学研究費補助金(文部科学省・日本学術振興会)受け入れ状況

種 別	研究者	研究課題名	金 額
<特別推進研究>			
(再繰越)	住 貴宏	近赤外線重力マイクロレンズ観測による冷たい系外惑星及び 浮遊惑星の探索	96,820 千円
(繰越)	住 貴宏	近赤外線重力マイクロレンズ観測による冷たい系外惑星及び 浮遊惑星の探索	14,050 千円
<新学術領域研究>			
継続	長峯 健太郎	物質の起源を解明する新たな素粒子模型と初期宇宙進化の理論研究 (分担、代表：浜口 幸一)	400 千円
(再繰越)	波多野 恭弘	非平衡物理学に基づくスロー地震と通常地震の統一的理解	1,193 千円
(繰越)	波多野 恭弘	非平衡物理学に基づくスロー地震と通常地震の統一的理解	3,039 千円
継続	井上 芳幸	負ミュオンビームによる原子分子物理の精密検証と宇宙物理観測への展開 (分担、代表：東 俊行)	500 千円
(繰越)	鈴木 大介	南天における重力波対応天体の可視光近赤外線多波長観測	1,948 千円
継続	鈴木 大介	南天における重力波対応天体の可視光近赤外線多波長観測	2,000 千円
<基盤研究>			
S	継続 青山 和司	フラストレーションが創るスピントクスチャ (分担、代表：川村 光)	600 千円
S	新規 増田 賢人	Mapping Habitable Planetary Environments with Exoplanet Imaging (分担、代表：Guyon Olivier)	4,000 千円
A	継続 桂木 洋光	階層粉体の基礎物理特性解明と衝突応答	8,600 千円
A	(繰越) 寺田 健太郎	有機物を含む地球外物質の完全非破壊キャラクタリゼーション分析法の開発	10,174 千円
A	継続 寺田 健太郎	有機物を含む地球外物質の完全非破壊キャラクタリゼーション分析法の開発	4,962 千円
A	継続 長峯 健太郎	すばるPFSの超大型分光探査で切り開く宇宙再電離と銀河形成研究の新領域 (分担、代表：大内 正己)	925 千円

種 別	研究者	研究課題名	金 額
< 基盤研究 >			
A 継続	松本 浩典	大型国際X線天文衛星計画Athenaの科学成果最大化	13,700 千円
A 継続	松本 浩典	サブミリ波観測に基づく銀河系内ミッシング・ブラックホールの探査 (分担、代表：岡 朋治)	100 千円
A 継続	西 真之	高温高压変形実験で探る内核のレオロジー (分担、代表：西原 遊)	400 千円
A 継続	林田 清	ブラックホールにX線でズームイン：新概念干渉計の基礎開発と偏光・超高精度分光観測	9,000 千円
A 継続	林田 清	X線偏光観測による回転するブラックホールの時空構造の解明 (分担、代表：郡司 修一)	500 千円
A 継続	山中 千博	深宇宙プローブとしての窒素同位体研究 (分担、代表：橋爪 光)	4,000 千円
A 新規	横田 勝一郎	太陽系外から飛来する未知の天体の探査に向けた中性粒子・イオン質量分析器の開発 (分担、代表：笠原 慧)	2,100 千円
A 新規	高棹 真介	星・惑星形成過程における高エネルギー物理現象の探求 (分担、代表：富田 賢吾)	455 千円
B 継続	桂木 洋光	コマ型小惑星の形状形成過程と地形緩和過程の解明 (分担、代表：渡邊 誠一郎)	600 千円
B 新規	近藤 忠	鉄スピン転移の弾性測定：高周波GHz-DAC音速法による地球科学重要問題への挑戦 (分担、代表：米田 明)	300 千円
B (繰越)	佐々木 晶	宇宙風化作用・熱疲労による天体表面進化：はやぶさ2探査結果の実証	750 千円
B 継続	寺田 健太郎	ガス惑星の大移動は生まれたてのS型小惑星を破壊したのか？ (分担、代表：宮原 正明)	200 千円
B (繰越)	波多野 恭弘	地震発生頻度の応力摂動に対する鋭敏性：理論と実験	3,100 千円
B 継続	波多野 恭弘	地震発生頻度の応力摂動に対する鋭敏性：理論と実験	3,200 千円
B (繰越)	佐伯 和人	月惑星探査のための岩石組織に対応した可視近赤外分光データ解析モデルの構築	400 千円
B 継続	佐伯 和人	月惑星探査のための岩石組織に対応した可視近赤外分光データ解析モデルの構築	1,560 千円
B (繰越)	佐伯 和人	無人航空機による速度可変型貫入観測装置の開発と桜島昭和噴火口直近での実証観測 (分担、代表：田中 智)	163 千円

種 別	研究者	研究課題名	金 額
<基盤研究>			
B 継続	西 真之	地球マントル—中心核境界および氷惑星深部における水の挙動	2,300 千円
B 継続	林田 清	世界最高感度の硬X線の偏光観測で実現する超巨大ブラックホールの相対論的効果の測定 (分担、代表：高橋 弘充)	300 千円
B 継続	横田 勝一郎	複数衛星観測と粒子追跡計算を用いた地球磁気圏近尾部での酸素イオン高圧化現象の研究 (分担、代表：桂華 邦裕)	150 千円
B 継続	野田 博文	X線精密分光と多波長観測で測定する巨大ブラックホールのスピン	2,500 千円
B 継続	野田 博文	輻射磁気流体計算に基づく活動銀河中心核状態遷移過程の解明 (分担、代表：松元 亮治)	400 千円
C 継続	久富 修	光制御型転写因子を用いた光情報の変換と伝達機構の解明	600 千円
C 継続	廣野 哲朗	断層物性科学と動力学解析の統合による南海トラフ地震破壊伝播過程の解明	700 千円
C 継続	湯川 諭	破壊のパターン形成と分布則の普遍性	1,139 千円
C 継続	横田 勝一郎	天体放出物質の質量分析による地球型惑星・衛星系に偏在する物質輸送の観測的研究	700 千円
C 新規	青山 和司	磁性体における相転移近傍のスピン輸送、熱輸送に関する理論的研究	1,100 千円
C 継続	河井 洋輔	太陽系創世記解明のための超高精度局所U-Pb年代分析法の開発	2,300 千円
<挑戦的研究(開拓)>			
継続	湯川 諭	熱伝導下における一次転移：新しい現象の同定と熱力学の拡張 (分担、代表：佐々 真一)	1,303 千円
<挑戦的研究(萌芽)>			
継続	寺田 健太郎	ナノスケール多元素同位体顕微鏡の実用化と元素合成過程の物質科学的探求	1,300 千円
継続	野田 博文	X線干渉計に向け超伝導遷移端型カロリメータを応用する高位置精度X線検出器の開発	1,700 千円

種 別	研究者	研究課題名	金 額
<若手研究>			
継続	井上 芳幸	電波・X線観測による巨大ブラックホール近傍の磁場測定	1,300 千円
継続	高棹 真介	磁気流体シミュレーションを用いた原始星への質量降着最終過程の解明	910 千円
新規	増田 賢人	多様なアーカイブデータの統合で迫る太陽系外惑星の軌道の多様性の起源	1,200 千円
継続	山本 憲	長距離界面張力とElectrowettingによる液滴の超低電圧駆動	1,100 千円
<学術変革領域研究 (A) >			
新規	波多野 恭弘	Slow-to-Fast地震学 (分担、代表：井出 哲)	50 千円
<国際共同研究加速基金 国際共同研究強化 (B) >			
継続	鈴木 大介	氷境界外側における惑星質量関数の解明	2,072 千円
継続	野田 博文	遠方AGN探査による宇宙再電離光子源解明のための革新的X線撮像分光器の開発研究 (分担、代表：中嶋 大)	500 千円
<特別研究員奨励費>			
継続	近藤 忠	高温高圧力下における軽元素流体の挙動と天体の内部構造	800 千円
新規	宮崎 翔太	銀河中心領域の短周期惑星の新たな検出手法の開発・惑星形成の銀河系環境依存性の解明	1,100 千円
継続	朝倉 一統	X線偏光撮像とX線精密分光による活動銀河核トーラスの構造の解明	1,000 千円
(繰越)	近藤 依央菜	重力マイクロレンズ法による惑星存在頻度の主星質量依存性及び惑星質量関数の解明	707 千円
継続	近藤 依央菜	重力マイクロレンズ法による惑星存在頻度の主星質量依存性及び惑星質量関数の解明	1,000 千円
新規	奥 裕理	銀河アウトフローから解明する低質量銀河形成	800 千円

## その他の研究費受け入れ状況

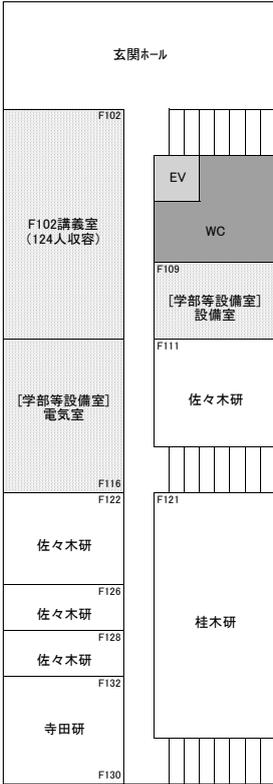
相手先	研究者	研究課題名	金額
＜共同研究 及び 受託研究＞			
新潟大学 災害・復興科学研究所	桂木 洋光	雪・水・火山砕屑物による混合流の粘性評価	370 千円
自然科学研究機構アストロ バイオロジーセンター	住 貴宏	PRIME1.8m近赤外線望遠鏡を用いた共同研究	15,000 千円
大阪大学 国際共同研究促進プログラム	長峯 健太郎	宇宙論的視点で追う巨大ブラックホールの生成と進化	500 千円
宇宙航空研究開発機構	松本 浩典	硬X線集光偏光計 XL-Calibur気球実験	500 千円
(株)タクマ	植田 千秋	磁気を利用した焼却灰中成分の分離技術に関する相談	700 千円
(株)コンボン研究所	山中 千博	地震先行現象の物理メカニズム研究	3,000 千円
国立天文台 ALMA共同科学研究事業	井上 芳幸	ALMAで解き明かす超巨大ブラックホールコロナの磁気活動	1,000 千円
名古屋大学宇宙地球環境研究所 国際共同研究	横田 勝一郎	飛翔体用荷電粒子分析器の視野掃引及び高エネルギー質量分析機能の開発	564 千円
名古屋大学宇宙地球環境研究所 一般共同研究	横田 勝一郎	あらせ衛星搭載XEPの観測データを用いた応答特性評価	100 千円
＜研究助成金＞			
文部科学省 「社会と知の統合」を実現する イノベーション博士人材フェ ローシップ	荒木 亮太郎	中等教育の場で理科教員が教える地学の現状とアウトリーチのあり方	700 千円
科学技術振興機構 次世代挑戦的研究者育成 プロジェクト助成金	Abednego Wiliardy	Understanding the Role of Supermassive Black Holes in Galaxy Evolution	450 千円
科学技術振興機構 次世代挑戦的研究者育成 プロジェクト助成金	鶴岡 椋	球形成過程における鉄の再分配：GHz音速法による含鉄物質の弾性測定	450 千円
科学技術振興機構 次世代挑戦的研究者育成 プロジェクト助成金	桐川 凜太郎	次世代大型望遠鏡による太陽系外惑星・ブラックホール探査	450 千円
科学技術振興機構 次世代挑戦的研究者育成 プロジェクト助成金	坂本 龍之輔	一過性の振動が剪断粉体層に与える影響に関する研究	450 千円
科学技術振興機構 次世代挑戦的研究者育成 プロジェクト助成金	佐藤 祐樹	重力マイクロレンズイベント解析による太陽系外惑星の銀河系分布	450 千円
科学技術振興機構 次世代挑戦的研究者育成 プロジェクト助成金	福島 啓太	機械学習を用いた銀河の化学進化史の解明	450 千円
科学技術振興機構 次世代挑戦的研究者育成 プロジェクト助成金	水嶋 遼	統計力学的アプローチによる滑り摩擦のスケール依存性の解明	450 千円



# 宇宙地球科学棟[F棟及びG棟地下] 平面図

- 宇宙地球科学専攻使用スペース
- 他専攻または理学部共通スペース

F棟(1階-7階)  
1階



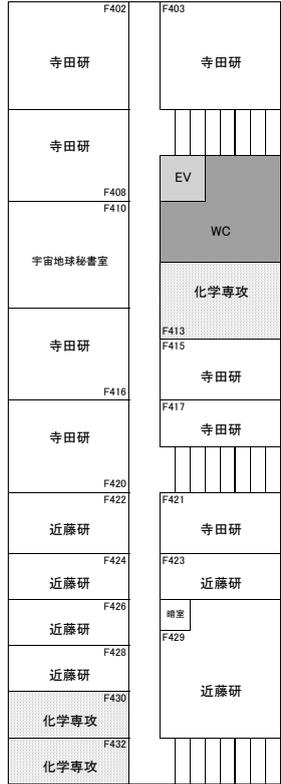
F棟(1階-7階)  
2階



F棟(1階-7階)  
3階



F棟(1階-7階)  
4階



F棟(1階-7階)  
5階



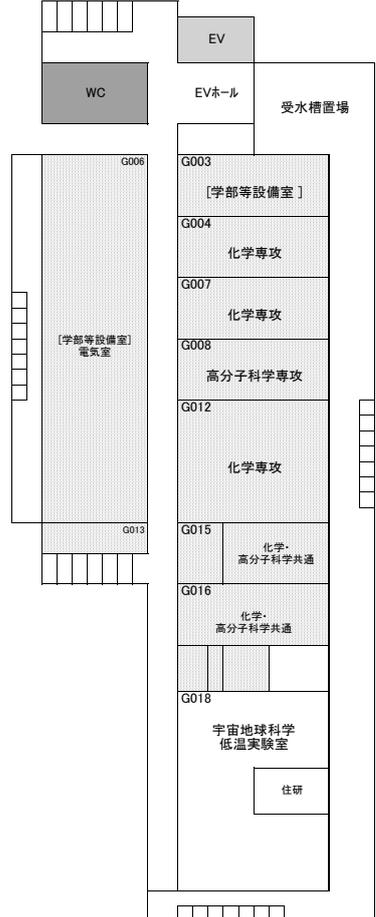
F棟(1階-7階)  
6階



F棟(1階-7階)  
7階<屋階>



F棟(1階-7階)  
G棟(B1階)



## 教務関係

理学部物理学科のカリキュラムについては、前年度までのものを継続した。理学研究科宇宙地球科学専攻の大学院カリキュラムについて、本年度については、変更は無かった。2015年度より、博士後期課程への進学を前提としたプログラムとして、大学院理学研究科にもオナープログラムが設置され、これまでに宇宙地球科学専攻から2名が採用された。

第三期中期目標に向けた大規模な教育改革の一環として、学事暦が4学期（春・夏・秋・冬学期）制に変更され、2017年度より開始した。それに対応して、学部・大学院とも、物理学・宇宙地球科学分野のカリキュラムの再検討／再構築を行った。全学教育の宇宙地球科学Ⅰは必修科目（宇宙地球科学Ⅱは選択科目）として提供され、専攻の多くの教員が関わっている。大学院では、2年に1回、2単位として開講されていた講義の約半数が、毎年1単位の講義として開催されるようになった。また、2単位の講義でも、2コマを使い集中的に講義を行うケースもある。

## 博士前期課程大学院入試（第1次募集と第2次募集）

宇宙地球科学専攻は、8月末もしくは9月初めに物理学専攻と合同で第1次募集の大学院入学試験を行うと同時に、2005年度からは、より広い分野からの人材を受け入れるべく、10月に専攻独自の第2次募集を行っている。

第1次募集（定員28名）は、2021年8月30日～9月2日に行われた（出願期間：2021年7月8日～12日、合格発表：9月10日）。筆記試験は8月30日9:00-12:30に物理、14:00-15:00に英語の試験が行われた。採点日を1日挟んで、口頭試問が9月1日と2日に行われた。宇宙地球科学専攻の合格者は27名であった（入学者26名）。

第2次募集（定員若干名）は、2021年10月30日に筆記試験と口頭試問が行われた（出願期間：2021年10月6日～7日、合格発表：11月10日）。9:30-10:30に英語、11:00-12:30に宇宙地球科学・小論文の筆記試験が行われた。小論文は、天文学・宇宙物理、地球科学、一般物理などの分野の3問のうち2題選択とした。引き続いて口頭試問が14:00から行われた。この試験の結果、5名の受験者から3名が合格した（入学者3名）。

これに加えて、2021年度は外国人留学生特別選抜制度による受験者が1名いた。2022年2月17日に物理と英語の筆記試験を行い、翌日の2月18日に口頭試問を行った。この試験の結果、受験者1名は合格した（入学者1名）。

第1次募集、第2次募集、留学生特別選抜を合わせて、合計30名が博士前期課程に入学した。

大学院の過去の入試問題は、ホームページ

<http://www.ess.sci.osaka-u.ac.jp/admissions/past-exam.html> に掲載されている。

# 宇宙地球科学専攻所有大型装置

品 目	数量	規 格	購入年度	金額 (千円)
-----	----	-----	------	---------

## 波多野研究室

並列計算機	1	1U Rack Customized Server, 2U Rack Customized Server	2007年	6,719
-------	---	--	-------	-------

## 近藤研究室

ローターX線発生装置	1	RU-200 4148	1996年	8,200
IP型X線回折装置	1	R-AXIS (IV)	1998年	18,900
顕微ラマン分光装置	1	日本分光	2002年	23,000
DAC用レーザー加熱装置	1	日本レーザー	2008年	9,500
高周波スパッター装置	1	サンヨー電子	2004年	4,700
液体ヘリウム再凝縮装置	1	仁木工芸 PT410HeRL-FS	2013年	11,970
微小部X線回折装置	1	RINT-RAPID II	2013年	32,550
高出力ファイバーレーザー	1	日本レーザー (SP-020P0-A-EP-S-A-Y)	2019年	1,512
NC加工機	1	ローランドディー. ジー. MDX-540	2020年	愛媛大より移管

## 佐々木研究室

1000トン超高压発生装置	1	NP-1000	1988年	基礎工より移管
高压発生装置	1	キュービック型700ton	1995年	27,538
原子間力顕微装置AFM	1	SIIナノテクノロジーNanopics	2003年	秋田大学より移管
月面観測用画像分光望遠鏡	1	JFEテクノロジーALIS	2003年	秋田大学より移管
スライディングルーフト体観測ドーム	1	協栄産業SR-2x4.5	2004年	2,888
ダスト加速装置	1		2014年	京都大学より移管
ワークステーション	1	uniV APEXX 2 2400	2017年	705
ワンショット3D形状測定機	1	キーエンスVR-3000/3100SP	2019年	3,910

## 住研究室

宇宙観測データ解析用サーバー	1	大阪大学	2011年	9,941
恒温槽 (-40~+100°C)	1	タバイエスペック		常深研より移管
1.8m反射望遠鏡	1	西村製作所NAM-180	2004年	名古屋大学より移管
1.8m反射望遠鏡用ドーム	1	西村製作所DM-09B	2004年	名古屋大学より移管

## 松本研究室

クリーンルーム	1		1994年	20,000
X線発生装置	1		1995年	12,000
二結晶分光器	1		1997年	30,000
I.T STAR DOME 2800 観測室付き	1	アストロ工学工業 (株)	2004年	3,780
CCD評価装置	1	浜松ホトニクス(株) SSD-01	2004年	4,673
開放型マイクロフォーカス	1	浜松ホトニクス(株) L8321-01	2004年	13,965
高性能三次元空気ばね式防振台	1	ヘルツ株式会社 TDIS-2012LAKY	2005年	1,595
パルスチューブ冷凍機	1	岩谷瓦斬株式会社 P007	2005年	1,352
パルスチューブ冷凍機用コンプレッサー	1	岩谷産業株式会社	2006年	14,679
N A S マシン	1	シーティソリューション社 RANS-5250GBSR2	2007年	815
ターボチューブ排気ユニットキャスター	1	ファイブアーバキューム TSH071/MVP035-2DN63	2008年	1,491
CCDカメラ冷却装置	1	岩谷瓦斯(株)製 CRT-P007-HTN	2008年	2,520
CCDカメラ冷却装置	2	岩谷瓦斯(株)製 CRT-P007-HTH	2009年	4,986
CCD実験用大型真空装置	1	堀口鉄工所製 CV-500	2010年	1,480
冷凍機	1	住友重機械工業(株) SRS-2110	2010年	2,205
冷凍機	1	住友重機械工業(株) SRS-2110	2011年	2,352
MI0-PreFMボード	2	三菱重工株式会社 99AS50505	2012年	3,215
SpaceCard-PreFMボード	1	三菱重工株式会社 99AS50506	2012年	1,665
1段スターリング冷凍機駆動電源	1	住友重機械工業(株) KE0757TA	2012年	9,996

品 目	数量	規 格	購入年度	金額 (千円)
-----	----	-----	------	---------

寺田研究室

イオンマイクロアナライザー	1	日立IMA2A	1980年	34,700
AFM装置	1	JSPM4200	1999年	16,275
振動磁力計・大型ヘルムホルツコイル ホールビース型電磁石	1		2002年	1,300
3Dリアルサーフェス顕微鏡一式	1	VE9800 キーエンス	2006年	13,177
エネルギー分散型X線分析装置	1	Genesis 2000 EDAX	2006年	7,140
高周波電子スピン共鳴年代測定装置	1		2008年	
テラワットコヒーレント白色光ライダー受信装置	1		2008年	
分析走査電子顕微鏡	1	JEOL JSM-6010A	2012年	11,949
EDSシステム (ベックタイプ)	1	NORAN System 7	2013年	8,719
ネオオスミウムコーター	1	Nwoc-STB	2012年	2,262
電子スピン共鳴年代測定装置	1	JES-X320	2013年	36,750
MULTUM-SIMS	1	JEOL製	2006年	
フェムト秒レーザー	1	スペクトラフィジックス社製	2013年	25,200
真空蒸着装置	1	JEE-420	2013年	2,310

桂木研究室

DNAシーケンサー	1	SQ-5500	1998年	6,405
生体分子精製装置	1	AKTA purifier	2001年	6,332
化学発光解析装置	1	Fluor-S/MAX	2001年	6,294
熱分析装置STA449F3用ハイスピード炉	1	NETZSCH	2011年	3,076
分子間相互作用解析装置	1	Single-Q	2014年	1,580
紫外可視分光光度計	1	V-750CH	2015年	1,976
万能試験機	1	Shimadzu AGX	2020年	名古屋大学より移管
振動発生装置	1	Emic 513-B/A	2020年	名古屋大学より移管
高速度カメラ	1	Photron FASTCAM SA5	2020年	名古屋大学より移管
レーザー変位計	1	KEYENCE LJ-V7080	2020年	名古屋大学より移管
空気ばね式防振台	1	明立精機製	2020年	東京理科大学より移管
130万画素高速度カメラ	1	Optronis製	2020年	東京理科大学より移管

長峯研究室

並列計算機	1	VT, 2U Rack Customized Server	2014年	4,733
データストレージ	1	ラックマウント型ストレージシステム	2015年	648
並列計算機	1	Visual Technology VT64 Server E5-1TF (V4)	2016年	2,236
並列計算機	1	Real Computing RC Viento	2016年	480
並列計算機	1	RC C-Server クラスタリングシステム	2016年	4,999
並列計算機	1	RC R-X ラックマウントサーバー	2018年	1,328
並列計算機	1	RC R-X ラックマウントサーバー	2018年	1,296
並列計算機	1	RC R-X ラックマウントサーバー	2019年	1,399
並列計算機	1	RC R-X ラックマウントサーバー	2019年	1,328
並列計算機	1	RC RC Viento ミドルタワーケース	2019年	891
並列計算機	1	RC Server Calm IV 2000	2020年	1,309
並列計算機	1	RC Server Calm IV 1000	2020年	1,098
並列計算機	1	RC nami4	2021年	2,444

## 担当授業科目

	担 当 科 目 名				担 当 科 目 名		
	大 学 院	学 部	共 通 教 育		大 学 院	学 部	共 通 教 育
桂木 洋光	ソフトマター地球惑星科学セミナー ソフトマター地球惑星物理学	宇宙地球科学特別研究 物理学セミナー 生命理学文献調査 生命理学特別研究	熱学・統計力学要論(基) 力学詳論I	松本 浩典	X線天文学特別セミナー X線天文学セミナー X線天文学	宇宙地球科学特別研究 宇宙物理学	力学詳論II 学問への扉
				井上 芳幸	宇宙進化学セミナー 宇宙進化学特別セミナー 高エネルギー天文学	先端物理学・宇宙地球科学輪講 力学2 力学2演義 宇宙地球科学への招待	学問への扉
近藤 忠	惑星内部物質学セミナー 惑星内部物質学特別セミナー 宇宙生命論 惑星内部物質学	宇宙地球科学特別研究 地球科学概論 宇宙地球フィールドワーク	宇宙地球科学I(工・基) 宇宙地球科学II(工・基) 宇宙地球科学への招待	植田 千秋	惑星科学セミナー 惑星科学特別セミナー		宇宙地球科学の考え方 (人・文・外・法・経) 物理学概論II(葉・歯) 基礎地学実験(理)
				佐々木 晶	地球惑星物質学セミナー 地球惑星物質学特別セミナー 宇宙生命論	宇宙地球科学特別研究 地球惑星物質学 物理学セミナー	宇宙地球科学I(理) 宇宙地球科学II(理)
住 貴宏	赤外線天文学セミナー 赤外線天文学特別セミナー 宇宙生命論 光赤外線天文学	生命理学文献調査 生命理学特別研究 宇宙地球科学特別研究	宇宙地球科学I, II 基礎地学実験(理)	大高 理	地球惑星物質学セミナー 地球惑星物質学特別セミナー 高压物性科学	地球惑星物質学 物理学セミナー	宇宙地球科学I(基) 宇宙地球科学II(基) 宇宙地球科学への招待
				寺田 健太郎	惑星科学セミナー 惑星科学特別セミナー 宇宙生命論 先端的研究法：質量分析 同位体宇宙地球科学	宇宙地球科学特別研究 惑星科学概論	宇宙地球科学I(工) 宇宙地球科学II(工) 宇宙地球科学への招待
長峯 健太郎	宇宙進化学セミナー 宇宙進化学特別セミナー Frontierlab Mini 6 宇宙論 宇宙生命論	宇宙地球科学特別研究 生命理学特別研究 宇宙構造形成論 宇宙地球科学への招待	宇宙地球科学I(理) 宇宙地球科学II(理) 学問への扉	西 真之	惑星内部物質学セミナー 惑星内部物質学特別セミナー 地球内部物性学	宇宙地球フィールドワーク1 宇宙地球フィールドワーク2	基礎地学実験(理) 基礎地学実験(基) 宇宙地球科学への招待
				林田 清	X線天文学セミナー X線天文学特別セミナー 天体輻射論	数値計算法	学問への扉
波多野 恭弘	理論物質学セミナー 理論物質学特別セミナー 非平衡物理学	宇宙地球科学特別研究 熱物理学 熱物理学演義		久富 修	地球生命論 ソフトマター地球惑星科学セミナー ソフトマター地球惑星物理学 生命科学特論J2	生物物理学概論 物理学実験1 物理学実験2 物理学セミナー	

	担 当 科 目 名				担 当 科 目 名		
	大 学 院	学 部	共 通 教 育		大 学 院	学 部	共 通 教 育
廣野 哲朗	地球惑星物理化学セミナー 地球惑星物理化学特別セミナー 地球テクニクス	宇宙地球フィールドワーク1 宇宙地球フィールドワーク2	基礎地学実験(理) 基礎地学実験(基) 自然科学実験2地学(理) 宇宙地球科学の考え方 (人・文・外・法・経)	木村 淳	地球惑星物質学セミナー 地球惑星物質学特別セミナー 宇宙生命論	物理学実験1 物理学実験2 地球惑星物質学 物理学セミナー	
山中 千博	惑星科学セミナー 惑星科学特別セミナー 環境物性・分光学	物理学実験基礎	物理学1B 力学通論 電磁気学通論	境家 達弘	惑星内部物質学セミナー 惑星内部物質学特別セミナー	宇宙地球フィールドワーク1 宇宙地球フィールドワーク2	基礎地学実験(理) 基礎地学実験(基) 学問への扉
湯川 諭	理論物性学セミナー 理論物性学特別セミナー		力学詳論I 力学詳論II	鈴木 大介	赤外線天文学セミナー 赤外線天文学特別セミナー	物理学実験1 物理学実験2	
横田 勝一郎	惑星科学セミナー 惑星科学特別セミナー 太陽惑星系電磁気学 宇宙生命論	宇宙地球フィールドワーク2	電磁気学詳論I(工) 基礎地学実験(理) 基礎地学実験(基)	高棹 真介	宇宙進化学セミナー 宇宙進化学特別セミナー 宇宙生命論 天体物理の基礎	宇宙地球科学への招待 先端物理学・宇宙地球科学輪講	力学通論(工) 力学詳論II(工) 学問への扉
青山 和司	理論物性学セミナー 理論物性学特別セミナー	数値計算法	電磁気学I(基) 電磁気学II(基)	野田 博文	X線天文学セミナー X線天文学特別セミナー 天体物理の基礎	物理学実験1 物理学実験2	学問への扉
桂 誠	ソフトマター地球惑星科学セミナー ソフトマター 地球惑星科学特別セミナー	物理学実験1 物理学実験2 物理学セミナー		増田 賢人	赤外線天文学セミナー 赤外線天文学特別セミナー 宇宙生命論 天体物理の基礎		基礎地学実験(理) 基礎地学実験(基) 力学詳論II(工)
河井 洋輔	先端的研究法：質量分析	物理学実験1 物理学実験2	基礎地学実験(理)	山本 憲	ソフトマター地球惑星科学セミナー ソフトマター地球惑星物理学	物理学実験1 物理学実験2 物理学セミナー 先端物理学・宇宙地球科学輪講	力学通論(工)

大学院協力講座

中井 光男	レーザー物理学 レーザー宇宙物理学セミナー レーザー宇宙物理学 特別セミナー		
坂和 洋一	レーザー宇宙物理学セミナー レーザー宇宙物理学 特別セミナー	プラズマ物理学	

特別講義

松本 剛 田川 義之	特別講義I「乱流とスケーリング則」 特別講義II「流体基礎方程式の簡略化とその応用展開」
---------------	---

## 卒業研究合同発表会プログラム

- 日 時： 令和4年2月16日（水）
- 場 所： F102 講義室
- 発表時間： 10分（発表7分、質疑応答3分）
- 世話人： 桂木 研究室

### ≪午前の部≫

#### ① 10:00~10:30

座長：住貴宏教授

佐々木 隆登（桂木研）

「丹波帯におけるテクトニックメランジュの構造地質学的特徴」

加藤 拓人（近藤研）

「高温 GHz-DAC 音速測定法の開発」

山田 知也（長峯研）

「活動銀河核円盤風からの非熱的電波放射モデルの構築」

#### ② 10:30~11:10

座長：松本浩典教授

伊瀬 百花（波多野研）

「毛細管方程式を用いた生成気泡の体積評価」

山下 寛介（住研）

「重力マイクロレンズイベントMOA-2011-BLG-371/OGLE-2011-BLG-1192の解析」

松井 秋水（寺田研）

「CYコンドライトYamato-980115、Yamato-86029のNanoSIMS 50LによるアパタイトU-Pb年代測定」

絹川 流清（桂木研）

「水に浮遊する粉体層への気泡流入による変形現象」

#### ③ 11:20~11:50

座長：桂木洋光教授

青柳 美緒（松本研）

「XRISM衛星搭載Xtendに向け開発した受光部外からの電荷侵入に強い新CCD駆動法」

LEE JANG HUI（波多野研）

「Hidden Physics Modelsを用いたKuramoto-Sivashinsky方程式の係数推定」

江口 大喜 (佐々木研)

「月の永久影領域における水分子のコールドトラップシミュレーション」

④ 11:50~12:20

座長：佐々木晶教授

神垣 遼 (近藤研)

「天体衝突における鉄合金の分布変化の初期温度依存性」

西田 海斗 (長峯研)

「核周円盤から出る磁気駆動アウトフローの発達と周囲に与える影響」

山本 侑樹 (桂木研)

「太管現象における非対称性の効果」

《午後の部》

⑤ 13:30~14:10

座長：長峯健太郎教授

土草 一輝 (桂木研)

「二次元磁石粒子系における粒子サイズ分布と秩序度合いの関係」

河野 克俊 (近藤研)

「高温高圧下での含水ブリッジマナイトと金属鉄の反応メカニズム」

石渡 幸太 (松本研)

「銀河中心領域の高速分子雲CO 0.02-0.02の調査」

増田 清司 (佐々木研)

「火星地下の熱伝導率と、それに伴う氷の時間変化」

⑥ 14:10~14:40

座長：近藤忠教授

舟見 優 (波多野研)

「電荷密度波に対する表面弾性波の効果」

檜原 昂 (長峯研)

「銀河とその周辺の金属量との相関」

萩原 涼太 (松本研)

「中性鉄輝線分光で探る活動銀河核の中心構造とジェットに関連」

⑦ 14:50～15:20

座長：波多野恭弘教授

秋吉 遥己（寺田研）

「微小重力実験装置を用いた強磁性粒子の磁気並進運動の観察」

前田 和輝（佐々木研）

「月の永久影における水分子コールドトラップの再現実験」

友善 瑞雄（住研）

「巨星連星UU Cncの潮汐変形の効果を考慮した視線速度変動の解析」

⑧ 15:20～15:50

座長：寺田健太郎教授

鈴木 悠斗（近藤研）

「衝撃回収された橄欖岩のX線回折による衝撃変成評価」

濱田 龍星（住研）

「重力マイクロレンズイベント MB19380 の解析」

福本 健（桂木研）

「粒状斜面を駆け上がる球の挙動」

## 学位授与

### <修士論文>

- 日 時： 令和4年2月14日(月)、15日(火)
- 場 所： F608 会議室 (Zoom での同時開催)
- 世 話 人： 松本研究室
- 宇宙地球科学専攻・物理学専攻合同開催

- 足立 裕美子 「タンパク質の複合体の安定化に関する静電的相互作用」  
主査：久富修准教授 副査：桂木洋光教授、山中千博准教授
- 有田 直哉 「氷天体内部の高圧氷相境界が氷固相対流のダイナミクスに与える影響」  
主査：佐々木晶教授 副査：近藤忠教授、木村淳助教
- 石原 大樹 「高強度 LFEX レーザーを用いた無衝突静電衝撃波によるイオン加速」  
主査：中井光男教授(レーザー研) 副査：住貴宏教授、坂和洋一准教授(レーザー研)
- 岩垣 恵太 「地震時の摩擦発熱の指標としての炭質物の熱成熟度における水の影響」  
主査：廣野哲朗准教授 副査：桂木洋光教授、近藤忠教授
- 植田 晃平 「あらせ衛星搭載超高エネルギー電子観測器のエネルギー較正と放射線帯外帯電子の極小値を持ったエネルギースペクトルの観測」  
主査：横田勝一郎准教授 副査：寺田健太郎教授、松本浩典教授
- 門野 創一 「若い恒星の自転軸と原始惑星系円盤の回転軸のずれの観測的推定」  
主査：住貴宏教授 副査：佐々木晶教授、増田賢人助教
- 川上 結生 「金属を主成分とする小惑星の宇宙風化作用」  
主査：佐々木晶教授 副査：佐伯和人准教授、山中千博准教授
- 倉本 織羽乃 「高強度 J-KAREN-P レーザーを用いた無衝突静電衝撃波によるイオン加速」  
主査：中井光男教授(レーザー研) 副査：近藤忠教授、坂和洋一准教授(レーザー研)
- 佐野 僚 「エウロパの表面構造と氷 Ih 相の成長」  
主査：近藤忠教授 副査：西真之准教授、佐々木晶教授
- 澤上 拳明 「Circinus 銀河中心核の空間的に広がった鉄輝線放射領域の詳細解析」  
主査：松本浩典教授 副査：野田博文助教、住貴宏教授

- 寺口 遼 「Cold Stream による銀河の星形成と角運動量への影響」  
主査：長峯健太郎教授 副査：井上芳幸准教授、高棹真介助教、増田賢人助教
- 福田 良太 「異方性を制御した CuMn スピングラスの温度-磁場相図」  
主査：近藤忠教授 副査：西真之准教授、吉野元准教授（サイバーメディア）
- 松本 匡能 「レーザーポストイオン化 SNMS を用いたアパタイトの Pb-Pb 年代分析法の開発」  
主査：寺田健太郎教授 副査：植田千秋准教授、豊田岐聡教授
- 松本 雄志郎 「X 線自由電子レーザー (SACLA) を用いたサブミクロン集合体の X 線小角散乱とイオン計測」  
主査：中井光男教授（レーザー研） 副査：松本浩典教授、坂和洋一准教授（レーザー研）
- 丸野 瑞季 「wide binary における惑星存在頻度」  
主査：住貴宏教授 副査：松本浩典教授、増田賢人助教
- 三浦 巧 「小惑星の核-マントルの分離メカニズム」  
主査：近藤忠教授 副査：西真之准教授、大高理准教授、寺崎英紀教授（岡山大学）
- 峯田 大靖 「中性 Fe-K $\alpha$  輝線の時間変動解析を用いた Changing-Look AGN の構造の解明」  
主査：松本浩典教授 副査：野田博文助教、井上芳幸准教授
- 宮本 英 「断層内における複合面構造発達の物理的描像の理解に向けた実験的および数値的検証」  
主査：廣野哲朗准教授 副査：桂木洋光教授、湯川諭准教授
- 山崎 祐斗 「M 型星を公転する惑星の軌道離心率分布」  
主査：住貴宏教授 副査：井上芳幸准教授、増田賢人助教
- 善本 真梨那 「X 線分光撮像衛星 XRISM 搭載 CCD 検出器 SXI におけるエネルギーゲイン補正及び応答プロファイルの作成」  
主査：松本浩典教授 副査：野田博文助教、南條創准教授（物理）

<博士論文>

- 日 時： 令和4年2月10日（木）
- 場 所： H701 講義室（Zoom での同時開催）

太田 雅人 「Ultrafast Diagnostics for Relativistic Laser-Plasma Interaction  
（相対論的レーザープラズマ相互作用の超高速計測）」  
主査：中井光男教授（レーザー研）  
副査：松本浩典教授、細貝知直教授（物理）、藤岡慎介教授（レーザー研）、  
坂和洋一准教授（レーザー研）、有川安信講師（レーザー研）

## 進路状況

理学部物理学科卒業生（宇宙地球科学教室配属者）	計 27 名
・ 博士前期課程進学	20 名
宇宙地球科学専攻	17 名
他専攻	2 名
他研究科	1 名
・ 就職	5 名
民間企業	5 名
(株)イマオコーポレーション、(株)サイバーエージェント、(株)J R 西日本コミュニケーションズ、日鉄ソリューションズ(株)、(有)三 心ゼミナール	
・ その他	2 名
大学院博士前期課程修了者	計 20 名
・ 博士後期課程進学	3 名
宇宙地球科学専攻	2 名
他大学	1 名
・ 就職	17 名
民間企業	17 名
アクセンチュア(株)、(株)イシダ、(株)N T T ドコモ、(株)サイバーエ ージェント、大成建設(株)、大和証券(株)、東急不動産(株)、日鉄ソ リューションズ(株)、(株)豆蔵、三菱重工業(株)、三菱スペース・ソ フトウエア(株)、三菱電機(株)、(株)リンカイ、(有)愛媛県官報販売所、 (株)リコー、(株)トプコン、	
大学院博士後期課程修了者	計 1 名
・ 就職	1 名
法人	1 名
国立大学法人大阪大学	
大学院博士後期単位取得退学者	計 1 名

## 学生支援活動

<新入生研修旅行> 新型コロナウイルスの影響により中止

対 象：理学部物理学科1年生

研 修 先：豊中市立青少年自然の家「わっばる」 他

<相談室等>

理学部学生相談委員：桂木 洋光、大高 理

いちょう祭実行担当：桂 誠

<奨学金（大学院生）>

日本学生支援機構奨学金 2021年度採用分

- ・第一種奨学金 博士前期 10名、博士後期 2名
- ・第二種奨学金 博士前期 1名、博士後期 0名

## TA・TF・RA 採用者名簿

<ティーチング アシスタント採用者>

・全学教育推進機構採用

鶴岡 椋	(D2)	基礎地学実験
村山 純平	(D2)	基礎地学実験、力学通論、電磁気学通論、基礎物理学実験
荒木 亮太郎	(D1)	基礎地学実験
岩垣 恵太	(M2)	基礎地学実験
植田 晃平	(M2)	基礎地学実験
門野 創一	(M2)	基礎地学実験
川上 結生	(M2)	基礎地学実験
佐野 僚	(M2)	基礎地学実験
高橋 明寛	(M2)	宇宙地球科学 I・II
松本 匡能	(M2)	宇宙地球科学 I・II
丸野 瑞季	(M2)	基礎地学実験、物理学実験
三浦 巧	(M2)	基礎地学実験
宮本 英	(M2)	基礎地学実験、宇宙地球科学 I・II
山崎 祐斗	(M2)	基礎地学実験、基礎物理学実験
筏 明子	(M1)	宇宙地球科学 I・II
大野 正和	(M1)	基礎地学実験、宇宙地球科学 I・II
岡村 有紗	(M1)	基礎地学実験
片山 諒介	(M1)	力学詳論 II
加藤 礼也	(M1)	基礎地学実験、宇宙地球科学 I・II
佐藤 淳矢	(M1)	力学詳論 II
柴田 健吾	(M1)	力学通論
嶋本 朱那	(M1)	基礎地学実験
高橋 華乃子	(M1)	基礎地学実験
瀧上 駿	(M1)	基礎地学実験、力学通論、電磁気学通論、基礎物理学実験
種子 文也	(M1)	力学詳論 I
張 韓	(M1)	熱学・統計力学要論
戸田 大凱	(M1)	基礎地学実験
戸丸 一樹	(M1)	宇宙地球科学 I・II
丹羽 宏輔	(M1)	基礎地学実験、宇宙地球科学 I・II
橋本 佳依	(M1)	基礎地学実験、宇宙地球科学 I・II
松本 翔	(M1)	基礎地学実験
盛満 眞一	(M1)	宇宙地球科学 I・II
保田 彪賀	(M1)	力学通論
矢野 弘道	(M1)	基礎地学実験
山 響	(M1)	基礎地学実験

・理学部採用

鶴岡 椋	(D2)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
村山 純平	(D2)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
荒木 亮太郎	(D1)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
水嶋 遼	(D1)	熱物理学演義スタンダード
足立 裕美子	(M2)	物理学実験：生体物質の光計測
岩垣 恵太	(M2)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
川上 結生	(M2)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
佐野 僚	(M2)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
松本 匡能	(M2)	宇宙地球フィールドワーク 1.2、物理学実験：高温・熱測定
三浦 巧	(M2)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
宮本 英	(M2)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
筏 明子	(M1)	物理学実験：高温・熱測定
海野 真輝	(M1)	力学2 演義スタンダード
大野 正和	(M1)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
各務 衣月	(M1)	熱物理学演義スタンダード
加藤 礼也	(M1)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
鴨川 航	(M1)	物理学実験：エレクトロニクス
嶋本 朱那	(M1)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
瀧上 駿	(M1)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
張 韓	(M1)	物理学 세미나(補講)
戸田 大凱	(M1)	物理学実験：エレクトロニクス
永野 優大	(M1)	物理学実験：生体物質の光計測
袴田 知宏	(M1)	物理学実験：エレクトロニクス
橋本 佳依	(M1)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
松本 翔	(M1)	物理学実験：エレクトロニクス
柳澤 馨	(M1)	力学2 演義スタンダード、先端物理学・宇宙地球科学輪講
矢野 弘道	(M1)	宇宙地球フィールドワーク 1.2
山本 凌也	(M1)	宇宙構造形成論

・理学部プロジェクト（オーナーセミナー）採用

大西 一慶	(M2)
各務 衣月	(M1)

<ティーチング フェロー採用者>

- ・理学部プロジェクト（オーナーセミナー）  
福島 啓太 (D1)

<リサーチ アシスタント採用者>

- ・基礎科学研究者養成プロジェクト  
ABEDNEGO WILIARDY (D3)長峯研究室  
NICOLAS LEDOS (D2)長峯研究室  
佐藤 佑樹 (D3)住研究室  
藤井 大翔 (D2)住研究室  
桐川 凜太郎 (D1)住研究室  
坂本 龍之輔 (D1)波多野研究室  
福島 啓太 (D1)長峯研究室  
水嶋 遼 (D1)波多野研究室

・大学院オーナー特別コース

- 鶴岡 椋 (D2)近藤研究室



## 教員担当委員

<教授>		<准教授>	
桂木 洋光	学部教育教務委員会、学務評価委員会、学生生活委員会、理学部学生相談員、物理学科教務委員	井上 芳幸	議長団、物理学科教務委員、学務評価委員会、先端物理学・宇宙地球科学輪講担当
近藤 忠	副理事／総長補佐、原子力研究・安全委員会研究施設・設備等検討部会委員、SEEDS運営委員会委員、副研究科長、専攻長・学科長合同会議、企画調整会議、防災委員会、情報倫理委員会、ハラスメント対策委員会、理学懇話会運営委員会、先端強磁場科学研究センター運営委員会、研究推進委員会、総合学術博物館兼任教員、レーザー研・共同研究専門委員会委員	植田 千秋	学年担任（3年）、人権問題委員会委員、年次報告書作成
佐々木 晶	理学部入試実施委員会、研究企画推進部委員、共通教育実施推進部・専門基礎教育部門・地学部会	大高 理	学生生活委員会、研修旅行、理学部学生相談員
住 貴宏	施設マネジメント委員会、基礎科学研究者養成プロジェクト実施委員会、生物科学科生命理学コース運営委員会	佐伯 和人	広報委員会、社会学連携委員会、新入生既修得単位認定審査委員（地学）、宇宙地球フィールドワーク
寺田 健太郎	専攻長、専攻長・学科長合同会議、防災委員会、物理学科長、理学部入試委員会、理学懇話会運営委員会、研究推進委員会、評価委員会、防災班員、国際物理コース(IPC)運営委員会、年次報告書作成	谷口 年史	学部教育教務委員会、物理学科教務委員、総合学術博物館兼任教員
長峯 健太郎	大学院入試委員、大学院入試委員会、総合学術博物館湯川記念室委員会、21世紀懐徳堂企画委員会、適塾管理運営委員会、理論科学研究拠点委員会、サイバーメディアセンター高性能計算機システム委員会	西 真之	学生実験委員会、新入生既修得単位認定審査委員（地学）、宇宙地球フィールドワーク、議長団
波多野 恭弘	大学院入試委員会、大学院教育教務委員会、大学院教育プログラム実施委員会、2次試験実行委員、国際物理コース(IPC)運営委員会	林田 清	省エネ対策委員、物理学科教務委員
松本 浩典	広報委員会、就職担当、基礎理学プロジェクト研究センター連絡会議、豊中地区研究会運営委員、	久富 修	ブロック安全衛生管理委員、動物実験委員会、安全衛生担当、学生実験
		廣野 哲朗	国際交流委員会、共通教育連絡委員会、学生実験委員会、学年担任（2年）、理学研究科留学生担当
		山中 千博	共通機器管理部委員、学年担任（1年）、議長団
		湯川 諭	理論科学研究拠点委員会
		横田 勝一郎	理学部プロジェクト教育実施委員会、情報資料室運営委員会、広報委員会オープンキャンパス小委員会
		<助教>	
		青山 和司	Web情報委員会
		桂 誠	いちょう祭実行担当
		河井 洋輔	防災班員、消防訓練担当
		木村 淳	専攻秘書室機器担当
		境家 達弘	ブロック安全衛生管理委員会エックス線・放射線専門委員会
		鈴木 大介	防災班員、専攻HP作成、
		高棹 真介	ネットワークシステム委員会、ODINS、専攻HP作成
		野田 博文	放射線障害防止委員会
		増田 賢人	研修旅行、ODINS
		山本 憲	研修旅行

# 各種委員会委員

(\*)は委員長

委 員 名	担 当 者	委 員 名	担 当 者
<p>&lt;宇宙地球科学専攻&gt;</p> <p>専攻長 議長団 専攻HP作成 ODINS 年次報告書作成 物理学専攻・宇宙地球科学専攻入学案内資料作成 大学院入試委員 2次試験実行委員 安全衛生担当 専攻秘書室機器担当</p>	<p>寺田 山中・井上・西 高棹・鈴木 高棹・増田 寺田・植田 (物理) 長峯 波多野 久富 木村</p>	<p>&lt;理学部・理学研究科&gt;</p> <p>研究科長 副研究科長 専攻長・学科長合同会議 企画調整会議 ブロック安全衛生管理委員 防災委員会 情報倫理委員会 動物実験委員会 ネットワークシステム委員会 Web情報委員会 広報委員会 ハラスメント対策委員会 国際交流委員会 理学部入試委員会 入試実施委員会 学部教育教務委員会 理学部プロジェクト教育実施委員会 学務評価委員会 学生生活委員会 大学院入試委員会 大学院教育教務委員会 施設マネジメント委員会 ブロック安全衛生委員会 エックス線・放射線専門委員会 放射線障害防止委員会 情報資料室運営委員会 社学連携委員会 理学懇話会運営委員会 先端強磁場科学研究センター運営委員会 大学院教育プログラム実施委員会 研究推進委員会 研究企画推進部委員 省エネ対策委員 いちよう祭実行担当 評価委員会 防災班員 広報委員会オープンキャンパス小委員会 基礎理学プロジェクト研究センター連絡会議 基礎科学研究者養成プロジェクト実施委員会 理学部学生相談員 共通機器管理部委員</p>	<p>(深瀬:物理) 近藤 寺田・近藤 近藤 久富 寺田・近藤 近藤 久富 高棹 青山 佐伯・松本 近藤 廣野 寺田 佐々木 桂木・谷口 横田 桂木・井上 桂木・大高 長峯(*)・波多野 波多野 住 境家(*) 野田 横田 佐伯 寺田・近藤 近藤 波多野 近藤・寺田 佐々木 林田 桂 寺田 寺田・河井・鈴木 横田 松本 住 桂木・大高 山中</p>
<p>&lt;物理学科&gt;</p> <p>物理学科長 学年担任(1年) 学年担任(2年) 学年担任(3年) 物理学科教務委員 学生実験 研修旅行 先端物理学・宇宙地球科学輪講担当 就職担当 理学研究科留学生担当 消防訓練担当 宇宙地球フィールドワーク</p>	<p>寺田 山中・(工藤:物理) 廣野・(松野:物理) 植田・(川端:物理) 桂木・井上 林田・谷口 久富 大高(正)・山本・増田 井上 松本 廣野 河井 佐伯・西</p>		
<p>&lt;全学&gt;</p> <p>副理事/総長補佐 総合学術博物館湯川記念室委員会 原子力研究・安全委員会研究施設・設備等検討部会委員 豊中地区研究交流会運営委員 SEEDS運営委員会委員 人権問題委員会委員</p>	<p>近藤 長峯 近藤 松本 近藤 植田</p>		
<p>&lt;全学教育推進機構&gt;</p> <p>共通教育実施推進部・専門基礎教育部門・地学部会 学生実験委員会 新入生既修得単位認定審査委員(地学)</p>	<p>佐々木 廣野・西 佐伯・西</p>		
<p>&lt;他専攻&gt;</p> <p>国際物理コース(IPC)運営委員会 生物科学科生命科学コース運営委員会</p>	<p>寺田・波多野 住</p>		
<p>&lt;他部局&gt;</p> <p>総合学術博物館兼任教員 21世紀懐徳堂企画委員会 適塾管理運営委員会 理論科学研究拠点委員会 サイバーメディアセンター高性能計算機システム委員会 レーザー研・共同研究専門委員会委員</p>	<p>近藤・谷口 長峯 長峯 長峯・湯川 長峯 近藤</p>		

※専攻長は学科目主任、入試委員、防災委員、研究推進委員、評価委員を兼任する。

## 入試実務関係

本専攻の教員は学部、大学院に関する入試の実務に携わっている。その仕事は質・量ともに膨大であり、負担も大きい。中でも入試ミス防止への対応として問題点検の業務量が増加傾向にある。

また前年度に引き続き令和3年度も、新型コロナウイルス感染拡大の余波が入試実務にも及び、後述するように教員の負担が例年よりも倍増する年となった。

### 学部入試

前期日程では主に物理の問題に関わり、物理学専攻と協力して出題・点検・採点に大きな責任を負っている。これに加えて、入試業務ミス防止のための作業量がますます増加しており、従来型の筆記試験のありかたを再検討すべき時期に差し掛かっているとの認識が生まれつつある。平成29年度入学からスタートした世界適塾AO入試の物理系では、本年度は総合型選抜（挑戦型）として実施した。また、帰国生徒特別入試、私費外国人留学生特別入試、海外在住私費外国人留学生特別入試、国費外国人留学生入試、日韓共同理工系学部留学生入試に関する業務もあり、これには書類審査とともに面接も担当している。センター試験や一般選抜（前期日程）では、例年通り監督業務にも多くの教員が従事した。その他にも部局内外での物理系入試関連の業務にも、協力している。

入試ミス防止対策や、入試形態の多様化など、入試に関する業務量は年々増加傾向で、ほぼ全教員が何らかの業務に携わっている。なかには、複数業務に関わる例も出ており、当専攻の大きな課題となってきた。

特に令和3年度は、新型コロナウイルス感染拡大の余波で、通常 of 学部入試（2月25、26日）に加え、3月22、23日に追試を行うなど、結果的に例年に比べ入試業務が倍増した。

### 大学院入試

宇宙地球科学専攻は、例年、物理学専攻と共同で前期課程1次募集の夏期合同入試を実施している。大学院入試の実務については全て教員の負担で行なわざるを得ない。今年も数名の教授・准教授が出題・点検・採点に、助教がデータ管理ならびに監督業務に携わった。口頭試問には全ての教授と多数の准教授が関与した。平成17年度から宇宙地球科学専攻が独自に実施している前期課程の2次募集でも、多くの教員が準備作業、出題・点検・採点および、口頭試問や試験監督業務に携わった。

近年1次募集の採点業務の負担が非常に大きくなっていることから、令和3年度は筆記試験と面接者発表の間(8月31日)に一日採点日を設けた。

なお、新型コロナウイルス感染拡大のため、大学院入試についても追試を設ける要請が大学本部よりあったが、当専攻は10月末に大学院の2次募集試験を設けていることから、特段の措置は講じず、例年通りの入試実施体制で対処した。

## 学外委員

- 桂木 洋光 Scientific Reports / Editorial Board Member
- 近藤 忠 日本鉱物科学会 / 学会誌編集委員  
日本高圧力学会 / 高圧力の科学と技術の辞典・編集委員  
AIRAPT(国際学会) / AIRAPT2023 準備委員会 委員
- 佐々木 晶 日本学術会議 / 連携会員  
日本学術会議 / 地球惑星科学委員会 委員  
日本学術会議 / 地球惑星科学委員会 地球惑星圏分科会 委員  
日本学術会議 / 地球惑星科学委員会 社会貢献分科会 委員  
日本学術会議 / 地球惑星科学委員会 人材育成分科会 委員  
日本学術会議 / COSPAR 小委員会 委員  
JAXA 宇宙科学研究所 / 超高速衝突専門委員会 委員  
JAXA 宇宙科学研究所 / 宇宙理学委員会 研究班員  
国立極地研究所 / 南極隕石委員会 委員  
日本地球惑星科学連合 / 代議員  
日本地球惑星科学連合 / 宇宙惑星科学セクションボードメンバー  
東京大学 / 原子力専攻共同利用運営委員会 委員
- 住 貴宏 日本学術会議 / 連携会員  
日本学術振興会 / 特別研究員等審査会専門委員  
国立天文台 / TMT 推進小委員会 委員  
国立天文台 / すばる望遠鏡 TAC 委員  
国立天文台 / プロジェクト評価 (ハワイ観測所) 外部評価委員  
国立天文台 / 運営委員会委員  
光学赤外線天文連絡会 / 光学赤外線天文連絡会運営委員会 運営委員  
光学赤外線天文連絡会 / 次世代地上大型望遠鏡戦略 WG 委員
- 寺田 健太郎 日本地球化学会 / Geochemical Journal 誌 編集委員  
広島大学 総合博物館 / 企画委員  
日本学術会議地球惑星化学委員会 IUGS 分科会 / ICS 対応地質年代学小委員会 委員  
第30回「青少年のための科学の祭典」大阪大会 / 実行委員  
日本学術振興会 / 科学研究費委員会 専門委員
- 長峯 健太郎 日本天文学会 / PASJ 編集委員会 委員  
PRACE (ヨーロッパ) / PRACE supercomputing proposal review panel  
筑波大学 / 筑波大学計算科学研究センター運営協議会

- 波多野 恭弘 Journal of the Physical Society of Japan / Associate Editor  
Association pour l'Etude de la MicroMécanique des Milieux Granulaires  
/ Committee Member
- 松本 浩典 JAXA 宇宙科学研究所 / Athena ワーキンググループ主査  
JAXA 宇宙科学研究所 / 宇宙放射線専門委員会 委員  
JAXA 宇宙科学研究所 / 宇宙理学委員会 委員  
高エネルギー宇宙物理連絡会 / 運営委員  
日本物理学会 / 宇宙線宇宙物理領域運営委員
- 井上 芳幸 理論天文学宇宙物理学懇談会 / 運営委員
- 大高 理 日本材料学会 / 極限環境部門委員  
日本学術振興会 / 特別研究員等審査会 専門委員
- 佐伯 和人 日本惑星科学会 / 運営委員会 委員  
日本惑星科学会 / 将来計画専門委員会 委員  
日本惑星科学会 / 財務専門委員会 委員長  
日本惑星科学会 / 事務局体制検討作業部会 部会員  
JAXA 宇宙科学研究所 / 宇宙理学委員会 研究班員  
JAXA / 宇宙探査イノベーションハブ研究提案評価委員
- 林田 清 JAXA 宇宙科学研究所 / X線ガンマ線偏光観測リサーチグループ主査  
JAXA 宇宙科学研究所 / 宇宙放射線専門委員会 委員  
JAXA 宇宙科学研究所 / X線分光撮像衛星搭載 Xtend 装置責任者  
(JAXA クロスアポイント)
- 久富 修 日本生物物理学会 / 分野別専門委員  
日本動物学会 / 近畿支部委員
- 廣野 哲朗 大阪地方裁判所・大阪高等裁判所 / 専門委員
- 湯川 諭 東京大学物性研究所 / スーパーコンピューター共同利用課題審査委員  
京都大学湯川記念館内 / 物性研究・電子版編集委員会
- 横田 勝一郎 日本地球惑星科学連合 / 宇宙惑星科学 代議員  
日本惑星科学会 / 財務専門委員会 委員
- 木村 淳 JAXA 宇宙科学研究所 / 宇宙理学委員会 研究班員  
国際天文学連合 (IAU) / Outer Solar System タスクグループ  
Geoscience Letters 誌 / 編集委員
- 野田 博文 高エネルギー宇宙物理連絡会 / 第4期将来計画検討委員
- 山本 憲 可視化情報学会 / 理事  
可視化情報学会 / 学会誌編集委員会 委員

## 客員教授・共同研究員等

近藤 忠	SPring-8 / 共同研究員
佐々木 晶	神戸大学 惑星科学研究センター (CPS) / 協力研究員 JAXA 宇宙科学研究所 / システム研究員
住 貴宏	JAXA 宇宙科学研究所 / Roman プリプロジェクトチーム PI
寺田 健太郎	広島大学 理学部附属未来創生科学人材育成センター / 客員教授 広島大学 教育本部全学教育統括部 / 客員教授
長峯 健太郎	ネバダ大学 / 客員教授 東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構 / 客員上級科学研究員
松本 浩典	名古屋大学 / 招聘教授 JAXA 宇宙科学研究所 / 大学共同利用システム研究員
井上 芳幸	理化学研究所 数理創造プログラム / 客員主管研究員 東京大学 カブリ数物連携宇宙研究機構 / 客員科学研究員
佐伯 和人	JAXA / 小型月着陸実証機 SLIM 共同研究員 JAXA / 月極域探査計画 LUPEX 共同研究員 理化学研究所、JAXA / 高分散回折格子開発プロジェクト共同研究員
西 真之	SPring-8 / 共同研究員 愛媛大学 / 客員准教授
林田 清	JAXA 宇宙科学研究所 / 大学共同利用システム研究員
山中 千博	レーザー科学研究所 / 共同研究員 レーザー技術総合研究所 / 共同研究員 JAXA / 月極域探査計画水分析装置研究グループリード研究者
横田 勝一郎	名古屋大学 / 客員准教授 JAXA 宇宙科学研究所 / 大学共同利用システム研究員
木村 淳	東京工業大学 / 協力研究員 神戸大学 惑星科学研究センター (CPS) / 協力研究員 JAXA 宇宙科学研究所 / システム研究員
野田 博文	JAXA 宇宙科学研究所 / 大学共同利用システム研究員 理化学研究所 / 客員研究員
山本 憲	東京理科大学 総合研究院ウォーターフロンティア研究センター / 客員研究員

## 国際・国内会議・研究会主催共催

- 佐々木 晶 『Mercury's Surface Response to the Interplanetary Environment』  
2022年1月24日～27日 / オンライン
- 松本 浩典 『第21回高宇連研究会「今後の高宇連宇宙科学ミッション推進へ向けて」+  
「高宇連博士論文発表会」』  
2022年3月9日～11日 / 大阪大学豊中キャンパス南部ホール (Zoom併用)
- 湯川 諭 『第27回交通流と自己駆動粒子系のシンポジウム』  
2021年12月9日～10日 / オンライン
- 青山 和司 『International Conference on Frustration, Topology, and Spin  
Textures』  
Dec. 22 and 23, 2021 / Online+Onsite (Kobe International Conference  
Center)
- 木村 淳 『第23回惑星圏研究会』  
2022年2月8日～10日 / オンライン
- 山本 憲 『化学とマイクロ・ナノシステム学会 第43回研究会』  
2021年5月17日～18日 / オンライン
- 山本 憲 『日本機械学会年次大会 2021』  
2021年9月5日～8日 / オンライン

## 他大学での非常勤講師

- 寺田 健太郎 広島大学 / 放射線と自然科学
- 桂木 洋光 東京大学大学院理学研究科 / 宇宙惑星科学特論 IV
- 佐伯 和人 神戸大学理学研究科 / 惑星地質学
- 横田 勝一郎 名古屋大学大学院理学研究科 / 宇宙空間科学特別講義 4

## 他大学での博士学位審査協力

- 長峯 健太郎 総合研究大学 (物理科学研究科天文科学専攻)

# 宇宙地球科学セミナー

## 第1回

日 時： 2021年7月1日（木）18:40～

場 所： Zoom 配信

タイトル： 全球大気循環モデルを用いた火星の常時惑星自由振動の推定とその観測可能性

講演者名： 西川 泰弘

所属・職： 高知工科大学

担 当： 佐伯 和人

## 第2回

日 時： 2021年9月10日（金）10:30～

場 所： F102+Zoom 配信

タイトル： 超音速・高粘度マイクロジェットの力学と医工学応用

講演者名： 田川 義之

所属・職： 東京農工大学

担 当： 桂木 洋光

## 第3回

日 時： 2021年12月13日（月）13:30～15:00

場 所： F608+Zoom 配信

タイトル： 一般座標変換不変な新しいエネルギー保存量

講演者名： 大野木 哲也

所属・職： 大阪大学理学研究科物理学専攻・教授

担 当： 寺田 健太郎

## 社会貢献

- 佐々木 晶 高校生講演会（主催：公益財団法人千里ライフサイエンス振興財団、  
大阪大学免疫学フロンティア研究センター(IFReC)）  
『「はやぶさ2」探査機による小惑星「リュウグウ」探査』  
2021年7月30日 / オンライン / 参加者：40名
- 寺田 健太郎 テレビ（主催：NHK コズミックフロント）  
『8億年前の地球大異変 月が教えてくれたこと』  
2021年4月8日 / 参加者：不明
- 一般対象講演会（主催：大阪府高齢者大学）  
『月の科学の最前線』  
2021年7月19日 / 大阪助産師会館 / 参加者：60名
- 模擬講義（主催：大阪大学大学院理学研究科 International Summer Program）  
『New insights into the Earth-Moon system revealed by KAGUYA』  
2021年7月21日 / オンライン / 参加者：150名
- 一般対象講演会（主催：亀岡生涯学習市民大学）  
『太陽系46億年の物語 ～隕石やハヤブサ試料から紐解く「太陽系の年表」～』  
2021年7月24日 / ガレリアかめおか / 参加者：120名
- 一般対象講演会（主催：大阪府高齢者大学）  
『隕石からわかる太陽系の歴史 ～太陽系年代学入門～』  
2021年7月26日 / 大阪助産師会館 / 参加者：60名
- 子供科学イベント（主催：豊中市立中央公民館）  
『ねえねえはかせ、かぐや姫はどうやって月に帰ったの』  
2021年7月27日 / 豊中市立中央公民館 / 参加者：50名
- オープンキャンパス（主催：大阪大学理学部）  
『大阪大学の物理学科紹介』  
2021年8月19日 / オンライン / 参加者：172名
- 一般対象講演会（主催：蒲郡市生命の海科学館）  
『満月に吹く地球からの風 ～月探査衛星「かぐや」の観測～』  
2021年9月23日 / オンライン / 参加者：100名

寺田 健太郎 模擬講義（主催：大阪大学大学院理学研究科/Saturday Afternoon Physics）

『宇宙への旅立ち/月の科学の最前線』

2021年10月23日 / オンライン / 参加者：100名

出張講義（主催：西宮市立西宮東高校）

『月の科学の最前線 ～月と地球のビミョーな関係～』

2021年10月27日 / 西宮市立西宮東高校 / 参加者：70名

オープンキャンパス（主催：大阪大学日本語日本語文化教育センター）

『大阪大学の物理学科紹介』

2021年11月5日 / オンライン / 参加者：30名

模擬講義（主催：大阪府立今宮工科高等学校定時制科学部）

『月のひみつ ～月と地球のビミョーな関係～』

2021年11月27日 / オンライン / 参加者：50名

一般対象講演会（主催：朝日カルチャー「宇宙の進化・太陽系の誕生」）

『元素の起源から迫る宇宙の進化像』

2021年10月23日 / オンライン / 参加者：30名

一般対象講演会（主催：朝日カルチャー「宇宙の進化・太陽系の誕生」）

『星の進化：元素でたどる星の進化と爆発』

2021年11月6日 / オンライン / 参加者：30名

一般対象講演会（主催：朝日カルチャー「宇宙の進化・太陽系の誕生」）

『銀河考古学：元素パターンで探る銀河宇宙の進化』

2021年11月20日 / オンライン / 参加者：30名

一般対象講演会（主催：朝日カルチャー「宇宙の進化・太陽系の誕生」）

『太陽系年代学：隕石、はやぶさ試料からわかる太陽系の起源と進化』

2021年12月6日 / オンライン / 参加者：30名

一般対象講演会（主催：日本物理学会大阪支部「太陽系年代学 ～隕石、はやぶさ試料からわかる太陽系の起源と進化～」）

『太陽系年代学 ～隕石、はやぶさ試料からわかる太陽系の起源と進化～』

2021年12月19日 / オンライン / 参加者：218名

- 寺田 健太郎 テレビ（主催：NHK サイエンス ZERO）  
『月が教えてくれる!? 地球と生命 “共進化” の謎』  
2021年1月23日 / 参加者：不明
- 一般対象講演会（主催：朝日カルチャー中之島教室「宇宙と地球と元素」）  
『神秘の宇宙・元素・生命の誕生』  
2022年1月22日 / オンライン / 参加者：25名
- 一般対象講演会（主催：朝日カルチャー中之島教室「宇宙と地球と元素」）  
『スパコンの中の超新星』  
2022年2月4日 / オンライン / 参加者：25名
- 一般対象講演会（主催：朝日カルチャー中之島教室「宇宙と地球と元素」）  
『地下1000mから宇宙を見る～スーパーカミオカンデによる超新星爆発観測』  
2022年2月19日 / オンライン / 参加者：25名
- 一般対象講演会（主催：朝日カルチャー中之島教室「宇宙と地球と元素」）  
『最先端加速器で元素と宇宙を繋ぐ』  
2022年3月5日 / オンライン / 参加者：25名
- 一般対象講演会（主催：朝日カルチャー中之島教室「宇宙と地球と元素」）  
『地球アーカイブからさぐる、宇宙と地球の歴史』  
2022年3月26日 / オンライン / 参加者：25名
- 長峯 健太郎 出張講義：千里ライフサイエンスフォーラム（主催：公益財団法人千里ライフサイエンス振興財団）  
『加速膨張宇宙と構造形成』  
2022年2月18日 / 千里ライフサイエンスビル / 参加者：100名
- 波多野 恭弘 ファンダメンタルズ バザール（主催：東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構）  
2021年6月6日 / オンライン / 990回視聴
- ファンダメンタルズ トーク（主催：東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構）  
『vol 11 芸術における抽象』  
2021年7月9日 / オンライン / 911回視聴

- 波多野 恭弘 ファンダメンタルズ フェス mini オンライントーク（主催：東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構）  
2022年3月19日 / オンライン / 124回視聴
- 松本 浩典 出張講義（主催：大阪府立岸和田高等学校）  
『大阪府立岸和田高等学校 SSH「熱く激しい宇宙を観る！」』  
2021年8月25日 / 大阪府立岸和田高等学校 / 参加者：40名×2回
- 出張講義（主催：兵庫県立豊岡南中学校）  
『兵庫県教育委員会サイエンス・トライやる事業「X線天文学入門：ブラックホールを見る」』  
2021年9月29日 / 兵庫県立豊岡南中学校 / 参加者：180名
- 公開講座（主催：箕面市立生涯学習センター）  
冬の講座『はかる ～過去・現在 そして未来へ～』  
2022年3月9日 / 箕面市立生涯学習センター / 参加者：30名
- 植田 千秋 博学連携展示（主催：大阪市立科学館）  
『小型の磁石で 砂の中から金の粒を選り分ける？』  
2022年2月1日～9月30日 / 大阪市立科学館 / 参加者：120名
- 佐伯 和人 出張講義（主催：鹿児島県立楠隼中学校）  
『月・太陽系の探査』  
2021年6月8日 / オンライン / 参加者：50名
- 早稲田大学オープンカレッジ（主催：早稲田大学エクステンションセンター）  
『月はすごい一月と人類の未来を解き明かす』  
2021年7月20日, 27日 / オンライン / 参加者：15名
- 早稲田大学オープンカレッジ（主催：早稲田大学エクステンションセンター）  
『鉱物を楽しむ ― 鉱物を集めて楽しむ太陽系旅行』  
2022年1月8日, 15日 / オンライン / 参加者：10名
- シニア自然大学自然と文化科公開講演会（主催：認定NPO法人シニア自然大学校）  
『今、改めて月はすごい』  
2022年1月21日 / 高槻市民会館 / 参加者：70名

- 佐伯 和人 探査データ解析実習会（主催：月惑星探査育英会 会津大学宇宙情報科学研究センター）  
『SLIM の理学目標と着陸点検討』  
2022 年 3 月 2 日 / オンライン / 参加者：30 名
- 廣野 哲朗 西宮市 宮水学園 サイエンス講座（主催：西宮市）  
『生きている地球と宇宙』  
2021 年 7 月 27 日 / 西宮市山口ホール / 参加者：40
- NHK スペシャル「MEGAQUAKE 巨大地震 2021 ～震災 10 年 科学はどこまで迫れたか～」（主催：NHK）  
2021 年 9 月 21 日 / NHK 地デジ
- 桂 誠 SpringX 超学校 大阪大学 SEEDS 特別プログラム（主催：大阪大学 SEEDS プログラム 一般社団法人ナレッジキャピタル）  
『チームでチャレンジ、最速でその振り子を止めよ！』  
2021 年 5 月 16 日 / 大阪大学豊中キャンパス / 参加者：19 名

## 受賞

- 桂木 洋光 (公社)日本設計工学会、武藤栄次賞優秀設計賞  
『クレーター形成用独立回転型コイルばね駆動斜め衝突実験装置』  
(名古屋大学 山口隆正氏と共同)
- 寺田 健太郎 大阪大学、令和3年度大阪大学賞(教育貢献部門)  
『最新の研究成果に基づいた地球惑星科学のグローバルアウトリーチ』
- 大久保 文暁 日本混相流学会、日本混相流学会学生優秀講演賞  
『階層的構造を持つ粉体における固体弾自由落下衝突ダイナミクスの実験的研究』  
(名古屋大学からの指導委託学生)
- 保田 彪賀 The 8th Asian Particle Technology Symposium, Excellent Poster Award  
『Water retention in model soil aggregates』

## 海外出張

研究者氏名	期間	渡航先	用務	旅費の財源
〈教員〉				
横田 勝一郎	2021/10/8- 2021/11/13	アンドーヤ宇宙センター / ノルウェー	SS520-3号機による観測実験	JAXA経費
〈研究員・大学院生〉				
平尾 優樹	2021/4/1- 2021/12/31	アメリカ合衆国	カメラの作成	科学研究費補助金
峯田 大靖	2021/10/27- 2021/12/4	NASA Wallops Flight Facility /アメリカ合衆国	X線光学系に関する研究打合せと 実験	科学研究費補助金

## 海外からの来訪者

研究者氏名	期間	来訪先
Kerstin Nordstrom (Mount Holyoke College)	2022/3/30-	桂木研究室



## 各研究室グループの活動概要

# 長峯研究室（宇宙進化学）

当研究室では、この宇宙における様々な天体・宇宙物理現象を観測結果にも目を配りながら、理論的に解明することを目指している。

## 1. 宇宙の構造形成：銀河形成と巨大ブラックホール種形成

### 1.1 宇宙論的流体シミュレーション、銀河形成、フィードバック、物質循環

ダークマターとダークエネルギーによって支配された宇宙における構造形成を、宇宙初期から現在に至るまで、理論モデルや宇宙論的流体シミュレーションを用いて研究を行っている。銀河の進化には超新星爆発や巨大ブラックホール(supermassive black hole; SMBH)によるフィードバックが重要と考えられている。我々のグループでは GADGET3-Osaka という宇宙論的 SPH シミュレーションコードを開発しており、星形成・超新星フィードバックモデル、化学進化モデル、ダストの形成破壊モデルなどが実装されている。特に最近超新星爆発モデルをアップデートした (Shimizu et al. 2019; Oku et al. 2022)。これは従来のモデルよりも、局所的なガスの熱力学的性質やスーパーバブルの物理を考慮したモデルになっている。さらに、これらのフィードバックモデルをベースに AGORA コード比較プロジェクトにも参画し、さまざまなコードにおける比較検討結果を宇宙論的ズーム計算でも行い、出版した (Roca-Fabrega et al. 2021)。

近年、銀河の周辺物質 (Circum-galactic medium; CGM) の分布が研究の焦点となってきており、我々も宇宙論的シミュレーションを用いて  $z=2$  の中性水素分布を調べ、銀河周辺の  $\text{Ly}\alpha$  吸収の度合いに銀河の星質量や種族への依存性があることを明らかにした (Momose et al. 2021a; Nagamine et al. 2021)。これはダークマターに対するバリオン分布のバイアスとして特徴づけられ、我々は電離水素分布を活用することによって、より非線形な波数領域までバイアスモデルを拡張して、機械学習を活用することで非常に高速にバリオン分布を再現できることを示した (Sinigaglia et al. 2021, 2022)。同時に、銀河周辺の中性水素分布に関する観測との比較も詳細に行った (Liang et al. 2021; Momose et al. 2021b, c)。特に重たい銀河の周辺にはより多くの中性水素が集積していて、フィードバックモデルによる影響が 30%ほどあることがわかった。一方、 $\text{Ly}\alpha$  emitter の観測は散乱・吸収に影響を受けるため、Mpc スケールの中性水素分布にも影響を受ける可能性を指摘した。

### 1.2 巨大ブラックホール種の形成と進化、ダイレクトコラプス、AGN feedback

早期宇宙における SMBH 種形成の有力なモデルとしてダイレクトコラプスシナリオがある。我々は大阪大学国際共同研究促進プログラムに 2014 年から採択されて、シュロスマン招へい教授と共同研究を展開している。宇宙論的流体コード Enzo adaptive mesh refinement (AMR) を用いて、ズームシミュレーションを各流体素片からの輻射を考慮して実行している。これまでに紫外光を考慮した輻射輸送計算を行って輻射圧の影響について調べてきたが、現在さらに  $\text{Ly}\alpha$  輝線の影響を考慮したモデルの構築及びその輻射輸送計算を行っている。また銀河と SMBH の共進化にとって重要な役割を果たすと考えられている活動銀河核 (active galactic nuclei; AGN) によるフィードバック効果についても大学院生とともに研究を進めている。

## 2. 高エネルギー宇宙物理

### 2.1 X線連星の光度関数と基本平面の構築

近年の天文学では、重力波の発見により、重力波源となる連星中性子星や連星ブラックホールの進化過程である連星進化が大きな注目を集めている。これらの連星の進化過程でもX線で明るく輝くX線連星は質量輸送解明に結びつく。そこで、X線連星の形成過程を調べるために我々はX線連星の統計的性質の研究を進めている。本年はChandra衛星、XMM-Newton衛星、Swift衛星の全アーカイブデータを用いて、近傍銀河と空間マッチングをとることで、過去最大規模のX線連星カタログを構築し、これを元にX線連星光度関数を構築した。さらに、銀河のX線光度、星形成率、星質量の間の基本平面 (fundamental plane) も発見した (Inoue, Yabe, & Ueda 2021 PASJ)。我々の結果により、X線連星の起源となっているコンパクト天体は一つの種族が支配的になっていることもわかってきている。今後はこれらの観測結果を再現する連星進化モデルを構築することで、連星進化過程を理解していく予定である。

### 2.2 原始ブラックホール

原始ブラックホールは宇宙初期に形成されたと期待されるブラックホールであり、暗黒物質の候補としても、近年、非常に注目を集めている。そこで、原始ブラックホールが暗黒物質たりうるか、様々な宇宙観測データをもとに検証が進められている。

ここで、矮小銀河は暗黒物質が豊富にあるシステムであり、ガスも同時に存在すれば、原始ブラックホールはBondi-Hoyle-Lyttleton降着で輝く。この時、降着円盤は放射や円盤風を介して周辺ガスを加熱する。一方で、ガス温度は観測から計測可能であり、これらを比較することで原始ブラックホールへの存在量を制限できる。我々はこれらの手法を、多様な天体に応用できる定式化を行った (Takhistov, Inoue, et al. 2021 JCAP)。

### 2.3 MeVガンマ線天体カタログの構築

Fermi衛星やSwift衛星によりGeVガンマ線や硬X線は全天で観測され、様々な発見がなされている。しかし、その狭間であるMeVガンマ線帯域の観測は未だに進んでおらず、どのような天体が期待されるかもわかっていないままである。そのため、MeVガンマ線の将来ミッション検討において現実的な成果の見積もりが難しくなっている。そこで、我々はFermi衛星とSwift衛星の最新のカatalogを組み合わせることで、期待されるMeVガンマ線天体リストを構築した (Tsuji, Inoue, et al. 2021 ApJ)。これにより、将来のMeVガンマ線ミッションでのサイエンス検討が大きく進むと期待される。さらに、我々は将来のMeVガンマ線観測に向けて、Gamma-Ray and AntiMatter Survey (GRAMS) 計画を推進している。そこで、我々のMeVガンマ線カタログを用いて、GRAMSで期待される全天観測のシミュレーション研究も推進している。

## 3. 星・惑星形成と太陽・恒星研究、銀河磁場研究

### 3.1 原始ガス惑星への降着に関する理論研究

原始星や前主系列星は、周囲の原始惑星形円盤からの降着を受けて成長進化する。その降着構造は星の自転速度や星磁場によって大きく変わるため、降着の理解には星と円盤の相互作用過程を詳細にモデル化することが必要となる。我々は3次元磁気流体シミュレーションを用いて、双

極子磁場を持つ星への降着過程を過去最高解像度で調査しており、論文を投稿準備中である。さらに別のモデルとして、原始星外部から内部までを解く世界初の原始星モデルも構築中である。

### 3.2 原始ガス惑星への降着に関する理論研究

近年、原始惑星円盤内で降着を受けつつ成長する、原始ガス惑星候補天体 PDS 70b, c が H $\alpha$  輝線を用いて発見された。我々は原始ガス惑星やその周りから来る H $\alpha$  放射の理論モデルを作るべく、流体シミュレーションを用いて H $\alpha$  放射領域の推定や時間変動性の機構などを調べた。その結果、観測される H $\alpha$  は主に惑星表面のごく小さい領域から出ているはずであることがわかった (Takasao et al. 2021 ApJ)。

### 3.3 恒星コロナ放射の関係に関する研究

太陽をはじめとする恒星コロナからの X 線、UV といった短波長の放射強度は、惑星の大気散逸の一因となっている。特に FUV, EUV 付近がエネルギー的に重要であるが、星間減光のために EUV を直接観測することは極めて困難であり、惑星大気散逸モデルの不定性となっていた。そこで我々は、太陽観測で妥当性が検証されている磁気流体方程式に基づいた太陽コロナモデルを応用し、観測可能な X 線光度から EUV 光度を見積もる方法を提案した (Shoda & Takasao 2021 A&A)。

### 3.4 銀河中心からの磁気駆動アウトフローの研究

NGC1377 という Compton-thick な AGN をもつ銀河の中心で、回転あるいは歳差運動と解釈できるような分子雲アウトフローが観測された。AGN の光学的に輻射駆動はあり得ず、磁場駆動と考えられているが、アウトフローの発現条件などはよくわかっていない。そこで我々は核周円盤スケールから銀河スケールまでをカバーする長時間シミュレーションを実行し、銀河スケールから降着を受けている状況でどのように磁気駆動アウトフローが発生するかを数値的・理論的に調べ、条件式を導出した (Takasao et al. 2022 ApJ)。

## 4. General-relativistic simulations of neutron stars

We have been continuing to work mainly on the dynamics and gravitational-wave emission from compact stars (neutron stars) in merging binary-star systems. Our main research tools are numerical codes, which solve the Einstein equations and relativistic hydrodynamics and magnetohydrodynamics equations on consistently time-varying spacetime manifolds.

More specifically, we have focused on the merger of binary neutron stars that produce a rapidly rotating stellar object that then collapses to a black hole, surrounded by a magnetized accretion disk. Several preliminary studies have shown that such systems may launch relativistic jets and hence, in principle, power short gamma-ray bursts.

We have been mainly studying the dependence of the gravitational wave signal on the (unknown) equation of state of the ultrahigh density matter of which neutron stars are composed, focusing on a recently proposed family of equations of state that involve a quark-hadron crossover (rather than a first-order phase transition from ordinary matter to quark matter). Finally, we have continued to work as part of the KAGRA collaboration for the construction and operation of the Japanese underground cryogenic interferometric detector of

gravitational waves. KAGRA has started taking data in 2021, and will soon do so also in conjunction with the LIGO and Virgo Collaborations from 2022.

## 発表論文

“Mapping Lyman-alpha forest three-dimensional large scale structure in real and redshift space” F. Sinigaglia, F.-S. Kitaura, A. Balaguera-Antolínez, I. Shimizu, K. Nagamine, M. Sánchez-Benavente, M. Ata, 2022, ApJ, 927, 230

“FOREVER22: galaxy formation in protocluster regions” H. Yajima, M. Abe, S. Khochfar, K. Nagamine, et al. 2022, MNRAS, Volume 509, Issue 3, pp.4037-4057

“The bias from hydrodynamic simulations: mapping baryon physics onto dark matter fields” F. Sinigaglia, F.-S. Kitaura, A. Balaguera-Antolínez, K. Nagamine, M. Ata, I. Shimizu, M. Sánchez-Benavente, 2021, ApJ, Volume 921, Issue 1, id.66, 18 pp.

“Reconstructing HI power spectrum with minimal parameters using the dark matter distribution beyond halos” R. Ando, A. J. Nishizawa, I. Shimizu, K. Nagamine, 2021, MNRAS, Volume 507, Issue 2, pp.2937-2948

“The AGORA High-resolution Galaxy Simulations Comparison Project. III: Cosmological Zoom-in Simulation of A Milky Way-mass Halo” S. Roca-Fàbrega, J.-h. Kim, L. Hausammann, K. Nagamine, et al. 2021, ApJ, Volume 917, Issue 2, id.64, 24pp.

“Probing Feedback via IGM tomography and Ly $\alpha$  forest with Subaru PFS, TMT/ELT, & JWST” K. Nagamine, I. Shimizu, K. Fujita, et al., 2021, ApJ, Volume 914, Issue 1, id.66, 20 pp.

“Catch me if you can: Biased distribution of Ly $\alpha$ -emitting galaxies according to the viewing direction” R. Momose, K. Shimasaku, K. Nagamine, et al. 2021, ApJL, Volume 912, Issue 2, id. L24, 8 pp.

“Connection between galaxies and H<sub>I</sub> in the circumgalactic and intergalactic media: Variation according to galaxy stellar mass and star-formation activity” R. Momose, I. Shimizu, K. Nagamine, et al. 2021, ApJ, Volume 911, Issue 2, id.98, 16 pp.

"Interstellar gas heating by primordial black holes" V. Takhistov, P. Lu, G. B. Gelmini, K. Hayashi, Y. Inoue, and A. Kusenko 2022, Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, 2022, 017

"A fundamental plane in X-ray binary activity of external galaxies" Y. Inoue, K. Yabe, and Y. Ueda 2021, Publications of the Astronomical Society of Japan, 73, 1315

"Spatial Variations of Magnetic Field along Active Galactic Nuclei Jets on Sub-parsec to Megaparsec Scales" S. Ito, Y. Inoue, and J. Kataoka 2021, *The Astrophysical Journal*, 916, 95

"Cross-match between the Latest Swift-BAT and Fermi-LAT Catalogs" N. Tsuji, H. Yoneda, Y. Inoue, T. Aramaki, G. Karagiorgi, R. Mukherjee, and H. Odaka 2021, *The Astrophysical Journal*, 916, 28

"Gamma-ray and Neutrino Signals from Accretion Disk Coronae of Active Galactic Nuclei" Y. Inoue, D. Khangulyan, and A. Doi 2021, *Galaxies*, 9, 36

"Probing the Physics of the Solar Atmosphere with the Multi-slit Solar Explorer (MUSE). II. Flares and Eruptions" M. C. M. Cheung et al. (20th coauthor, S. Takasao) 2022, *The Astrophysical Journal*, 926, 53

"Spontaneous Formation of Outflows Powered by Rotating Magnetized Accretion Flows in a Galactic Center", S. Takasao, Y. Shuto, and K. Wada 2022, *The Astrophysical Journal*, 926, 50

"Corona and XUV emission modelling of the Sun and Sun-like stars" M. Shod and S. Takasao 2021, *Astronomy & Astrophysics*, 656, A111

"Hydrodynamic Model of H $\alpha$  Emission from Accretion Shocks of a Proto-giant Planet and Circumplanetary Disk" S. Takasao, Y. Aoyama, and M. Ikoma 2021, *The Astrophysical Journal*, 921, 10

"A Necessary Condition for Supernova Fallback Invading Newborn Neutron-star Magnetosphere" Y. Zhong, K. Kashiyama, T. Shigeyama, and S. Takasao 2021, *The Astrophysical Journal*, 917, 71

"Constraints on dark photon dark matter using data from LIGO's and Virgo's third observing run", Abbott et al., 2022, *Physical Review D*, 105, 063030

"Search for intermediate-mass black hole binaries in the third observing run of Advanced LIGO and Advanced Virgo", Abbott et al., 2022, *Astronomy and Astrophysics*, 659, A84

"Gravitational waves from binary neutron stars", L. Baiotti, 2022, *Arabian Journal of Mathematics*, 2022

"All-sky search for short gravitational-wave bursts in the third Advanced LIGO and Advanced Virgo run", Abbott et al., 2021, *Physical Review D*, 104, 122004

"Constraints from LIGO O3 Data on Gravitational-wave Emission Due to R-modes in the Glitching Pulsar PSR J0537-6910", Abbott et al., 2021, *The Astrophysical Journal*, 922, 71

"Searches for Continuous Gravitational Waves from Young Supernova Remnants in the Early Third Observing Run of Advanced LIGO and Virgo", Abbott et al., 2021, *The Astrophysical Journal*, 921, 80

"All-sky search for continuous gravitational waves from isolated neutron stars in the early O3 LIGO data", Abbott et al., 2021, Physical Review D, 104, 082004

"Search for anisotropic gravitational-wave backgrounds using data from Advanced LIGO and Advanced Virgo's first three observing runs", Abbott et al., 2021, Physical Review D, 104, 022005

"Upper limits on the isotropic gravitational-wave background from Advanced LIGO and Advanced Virgo's third observing run", Abbott et al., 2021, Physical Review D, 104, 022004

"Observation of Gravitational Waves from Two Neutron Star-Black Hole Coalescences", Abbott et al., 2021, The Astrophysical Journal, 915, L5

"Constraints on Cosmic Strings Using Data from the Third Advanced LIGO-Virgo Observing Run", Abbott et al., 2021, Physical Review Letters, 126, 241102

"Diving below the Spin-down Limit: Constraints on Gravitational Waves from the Energetic Young Pulsar PSR J0537-6910", Abbott et al., 2021, The Astrophysical Journal, 913, L27

"Overview of KAGRA: Calibration, detector characterization, physical environmental monitors, and the geophysics interferometer", Akutsu et al., 2021, Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2021, 05A102

"Overview of KAGRA: Detector design and construction history", Akutsu et al., 2021, Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2021, 05A101

"A comparative study of URANS, DDES and DES simulations of Jetstream 31 aircraft near the compressibility limit" H. Chaudhary, N. Ledos, L. Konozy. 2021, Journal of Computational and Applied Mechanics, 16, 159.

## **国際会議**

K. Nagamine, "Dust in Galaxy Simulations: the origin and fate of dust in our Universe", Workshop on Cosmic Dust (Dec 15-17, 2021, Online)

Y. Inoue, "Unveiling the Coronal Activity of Active Galactic Nuclei with ALMA", EA-ALMA 2022 Workshop (Jan 17-20, 2022, Online)

S. Takasao, " Numerical approaches for the understanding of particle acceleration during magnetic reconnection", Particle Acceleration in Solar Flares and the Plasma Universe -- Deciphering its features under magnetic reconnection (Nov 15-19, 2021, online)

S. Takasao, "3D MHD modeling of magnetospheric accretion from the turbulent disk", STAR FORMATION: FROM CLOUDS TO DISCS: A Tribute to the Career of Lee Hartmann (Oct 18-21, 2021, hybrid; Grand Hotel, Malahide, Ireland and online)

S. Takasao, "Spontaneous formation of magnetically driven outflows powered by galactic-scale accretion flows in a galactic center", East-Asia AGN workshop 2021 (Oct 11-13, 2021, hybrid: Chongqing/China and online)

S. Takasao, "Solar-Stellar-Protostellar connection", 5th Asia Pacific Conference on Plasma Physics (AAPPS-DPP2021), (Sep 26 - Oct 1, 2021, Online)

S. Takasao, "Explosive phenomena on the Sun and protostars", High Energy Density Sciences 2021 (HEDS2021) (Apr 19-21, 2021, Online)

L. Baiotti, "Gravitational waves from binary neutron stars", International online workshop on Relativistic Astrophysics and Gravitation (IWRAG-2021) (May 12-14, 2021, Ulugh Beg Astronomical Institute, Uzbekistan, and online)

K. Fukushima, K. Nagamine, I. Shimizu, "Star Formation and Chemical Enrichment in Protoclusters" Galaxy Cluster Formation II (GCF 2021) (Jun 14-18, 2021, online talk) id.59

K. Fukushima, K. Nagamine, I. Shimizu "Star formation and chemical evolution in protocluster" Cosmic Cartography 2022: Exploring the Cosmic Web and Large-Scale Structure (March 7-11, 2022, online, Kavli IPMU, Kashiwa, Japan)

M. Unno, T. Hanawa, S. Takasao, "MHD model of nonaxisymmetric accretion from an envelope to a protoplanetary disk" STAR FORMATION: FROM CLOUDS TO DISCS. A Tribute to the Career of Lee Hartmann (Oct 18-21, 2021, hybrid)

K. Shibata, S. Takasao, "3D MHD simulations of the dynamical shock structure in the above-the-loop-top region of a solar flare", Hinode-14/IRIS-11 Joint Science Meeting (Oct 25-28, 2021, online)

R. Yamamoto and J. Fukue, "Continuum-radiation-driven black hole wind model for ultra-fast outflows", East Asia AGN workshop 2021 (Oct 11-13, 2021, online)

## 主要学会

●日本天文学会 2021年秋季年会 (2021年9月13日から15日 京都産業大学 オンライン開催)

安藤梨花, 西澤淳, 長峯健太郎, 清水一紘

「21-cm 線観測による BAO 解析のための理論的枠組みの構築」

A. Wiliardy, K. Nagamine, R. Cen

「AGN Jet Feedback Model for Galaxy Simulation」

奥裕理, 富田賢吾, 長峯健太郎, 清水一紘

「多相アウトフローを考慮した超新星爆発フィードバックモデルの構築」

福島啓太, 長峯健太郎, 奥裕理, 清水一紘, 矢島秀伸

「原始銀河団中銀河の Ly $\alpha$ ・H $\alpha$  放射とその星形成史」

一戸悠人, 青山一天, 岩澤広大, 木村真人, 櫻井真由, 田中雅士, 中曾根太地, 寄田浩平, 井上芳幸, 小高裕和, 高嶋聡, 南木宙斗, 馬場彩, 辻直美, 米田浩基, Tsuguo Aramaki, Georgia Karagiorgi, Reshmi Mukherjee, GRAMS コラボレーション

「GRAMS 計画 3: MeV ガンマ線観測・ダークマター探索気球実験」

岩田季也, 谷本敦, 小高裕和, 馬場彩, 井上芳幸

「NuSTAR による Centaurus A の硬 X 線時間変動の調査」

成影典之, 岡光夫, 深沢泰司, 松崎恵一, 渡辺伸, 坂尾太郎, 萩野浩一, 三石郁之, 水野恒史, 篠原育, 川手朋子, 下条圭美, 高棹真介, 金子岳史, 田辺博士, 上野宗孝, 高橋忠幸, 高島健, 太田方之, PhoENiX WG

「磁気リコネクションに伴う粒子加速の理解を目指す衛星計画 PhoENiX の進捗報告」

仲谷峻平, 高棹真介

「原始惑星系円盤光蒸発の再考」

青山雄彦, 橋本淳, 小西美穂子, 鶴山太智, 高棹真介, 生駒大洋, 谷川享行

「原始惑星 PDS70b, c の H $\beta$  測光: 減光強度への示唆」

庄田宗人, 高棹真介

「太陽・太陽型星の XUV 放射モデリング: 光蒸発理論の発展に向けて」

海野真輝, 花輪知幸, 高棹真介

「非軸対称降着が原始惑星系円盤の回転速度分布に及ぼす磁気張力加速」

●日本天文学会 2022 年春季年会 (2022 年 3 月 2 日から 5 日 広島大学 オンライン開催)

高棹真介, 細川隆史, 富田賢吾

「原始星の境界層降着に関する磁気流体計算」

奥裕理, 富田賢吾, 長峯健太郎, 清水一紘

「高分解能シミュレーションに基づいた超新星フィードバックモデルの構築」

福島啓太, 長峯健太郎, 松本明訓, 大内正己, 斎藤貴之, 平居悠  
「EMPGs での化学組成比進化」

N. Ledos, S. Takasao, K. Nagamine 「Effect of heat conduction onto cold streams accretion inside circumgalactic medium of massive high redshift galaxies」

柳澤 馨, 井上 芳幸  
「活動銀河核ダストトラスを用いた原始ブラックホール存在量への新たな制限」

辻 直美, 井上 芳幸, 米田 浩基, 小高 裕和, Reshmi Mukherjee  
「COMPTEL による MeV 拡散銀河ガンマ線の起源の検証」

米田浩基, 辻直美, 小高裕和, 高嶋聡, 丹波翼, 南木宙斗, 馬場彩, 八幡和志, 青山一天, 岩澤  
広大, 櫻井真由, 田中雅士, 中曾根太地, 寄田浩平, 一戸悠人, Dmitry Khangulyan, 井上芳幸,  
内田悠介, 須田祐介, 高橋弘允, 深沢泰司, 大野雅功, 広島渚, Tsuguo Aramaki, Georgia  
Karagiorgi, Reshmi Mukherjee, GRAMS コラボレーション  
「GRAMS 計画 4:MeV ガンマ線観測・ダークマター探索気球実験」

海野真輝, 高棹真介  
「磁気流体シミュレーションを用いた遷移円盤周りの星風構造の調査」

柴田健吾, 高棹真介  
「三次元磁気流体シミュレーションを用いたフレアループトップにおける乱流の調査」

山本凌也, 高棹真介  
「Slim 円盤における磁束輸送の理論研究」

●第 38 回 プラズマ・核融合学会年会 (2021 年 11 月 22 日から 25 日 オンライン開催)

柴田健吾, 高棹真介  
「磁気流体シミュレーションを用いた太陽フレアにおける乱流・衝撃波構造の研究」

海野真輝, 高棹真介  
「星風衝撃波が駆動する原始惑星系円盤光蒸発モデルの提案」

## 研究会

長峯健太郎 「銀河理論から GREX-PLUS に期待されるサイエンス」  
GREX-PLUS サイエンス検討会 FY2021 2022 年 1 月 17 日-20 日 早稲田大学

長峯健太郎 「Galaxy, SMBH formation (including Reionization)」  
国立天文台将来シンポジウム：～波長を超えて将来計画を考える～ 2021年11月9日－10日  
オンライン開催

長峯健太郎 「Anatomy of Cosmic Gas - galaxy clusters, SN/AGN/CR feedback (大規模構造と銀河形成の観点から)」 高エネルギー現象で探る宇宙の多様性、宇宙線研究所共同利用小研究会 2021年10月18日-19日 東京大学柏キャンパス

長峯健太郎 「Galaxy Formation & Metallicity Distribution」  
金属欠乏宇宙 2021 2021年9月27日-30日 オンライン開催

長峯健太郎 「Probing Feedback via Ly $\alpha$  forest & IGM tomography」  
銀河-銀河間物質研究会 2021年9月16日-18日 オンライン開催

K. Nagamine, “Probing Feedback by Ly $\alpha$  forest and IGM tomography”  
AGORA Workshop 2021 2021年8月12日-14日 オンライン開催

井上芳幸 「Unveiling the Coronal Activity of Active Galactic Nuclei with ALMA」  
EA-ALMA 2022 Workshop 2022年1月17日-20日 オンライン開催

井上芳幸 「宇宙とブラックホール」  
SSI Workshop 2021年12月14日 オンライン開催

高棹真介 「太陽・星形成分野の問題解決に向けたアプローチについて」  
SoLaBo-X Workshop 2022年3月23-24日 ホテルグランヴィア京都とオンラインのハイブリッド開催

高棹真介 「降着を受ける原始ガス惑星からのH $\alpha$ 放射に関するシミュレーション」  
形成中の惑星およびその兆候のALMA観測に向けた勉強会 2022年2月1日、4日、21日、24日  
オンライン開催

高棹真介 「磁気圏降着を受ける前主系列星からのウィンド」  
CfCA ユーザーズミーティング 2022年1月18日-1月19日 オンライン開催

高棹真介 「核周円盤への磁場の持ち込みと磁気駆動アウトフローの形成」  
超巨大ブラックホール研究会：その実態・影響・起源の全貌解明に向けて 2021年12月27-28日  
オンライン開催

高棹真介 「Explosive magnetic energy release on the Sun and accreting young stars」  
プラズマ・核融合学会第38回年会シンポジウム High-Temperature Plasma Dynamics and  
Structure Formation Based on Magnetic Field Diversity (磁場の多様性が拓く超高温プラズマ  
ダイナミクスと構造形成) 2021年11月23日 オンライン開催

A. Wiliardy, K. Nagamine, R. Cen 「AGN Feedback Model in Galaxy Simulation」  
CfCA ユーザーズミーティング 2022年1月18日-19日 オンライン開催

N. Ledos, S. Takasao, K. Nagamine 「Cold stream accretion: Effect of heat conduction on stream accretion」  
Galaxy-IGM Workshop 2021年08月16日-20日 オンライン開催

N. Ledos, S. Takasao, K. Nagamine 「Effect of heat conduction onto cold streams accretion inside circum-galactic-medium of massive high redshift galaxies」  
CfCA ユーザーズミーティング 2022年1月18日-19日 オンライン開催

奥裕理、富田賢吾、長峯健太郎、清水一紘、R. Cen  
「Osaka Feedback Model II: Modeling Supernovae Based On High-Resolution Simulations」  
9th annual Workshop of the AGORA Project 2021年08月12日-13日

奥裕理、富田賢吾、長峯健太郎、清水一紘  
「多相アウトフローを考慮した超新星爆発フィードバックモデルの構築」  
Galaxy-IGM workshop 2021 2021年08月16日-20日

奥裕理、富田賢吾、長峯健太郎、清水一紘、R. Cen  
「Osaka Feedback Model II: Modelling supernovae based on high-resolution simulations」  
1st KooGiG-Junior Workshop 2021年11月01日-05日

奥裕理、富田賢吾、長峯健太郎、清水一紘、R. Cen  
「高分解能シミュレーションに基づいた超新星爆発フィードバックモデルの構築」  
理論懇シンポジウム 2021年12月22日-12月24日 オンライン開催

奥裕理、富田賢吾、長峯健太郎、清水一紘、R. Cen  
「高分解能シミュレーションに基づいた超新星フィードバックモデルの構築」  
CfCA ユーザーズミーティング 2022年1月18日-19日 オンライン開催

奥裕理、富田賢吾、長峯健太郎、清水一紘、R. Cen  
「Osaka Feedback Model II: Modeling Supernova Feedback Based on High-Resolution Simulations」  
Galaxy Evolution Workshop 2021 2022年2月07日-10日 オンライン開催

K. Fukushima, K. Nagamine “Star Formation and Chemical Enrichment in Protocluster”  
1st KooGiG-Junior workshop in 2021 2021年11月1日-5日 Beijing, China, Virtual Workshop

福島啓太、長峯健太郎、奥裕理、清水一紘、矢島秀伸  
「原始銀河団中銀河のLya・Ha放射とその星形成史」  
銀河・銀河間ガス研究会2021 2021年8月16日-20日 オンライン開催

福島啓太、長峯健太郎、清水一紘 「原始銀河団領域での星形成・化学組成進化」  
CfCA ユーザーズミーティング 2022年1月18日-19日 オンライン開催

K. Fukushima, K. Nagamine, I. Shimizu “Star formation and chemical evolution in protocluster”  
Galaxy Evolution Workshop 2021 2022年02月07日-10日 オンライン開催

寺口遼、長峯健太郎 「Cold Stream による銀河へのガスの供給と星形成率の関係」  
理論懇シンポジウム 2021年12月22日-24日 オンライン開催

## 研究交流

長峯健太郎 「Large-scale Structure & Dark Matter」  
暗黒物質分布セミナーシリーズ 2021年10月1日 オンライン開催

井上芳幸 「Coronal Magnetic Activity in nearby Active Supermassive Black Holes」  
京都大学天体核研究室 2021年12月16日

# 松本研究室 (X線天文学)

本研究室の研究の柱は、

1. X線天体の観測的研究
2. 将来のX線天文学を発展させるための観測装置開発である。以下にそれぞれをまとめる。

## [1] X線天体の観測的研究

### (1) M型星フレアの研究

NuSTAR 衛星によるマグネター1E2259+586 の観測中に偶然に発見された硬 X 線突発天体の解析を行った。X 線スペクトルを調べると、増光時には 6.7 keV に鉄のヘリウム状イオンからの特性 X 線が見られた。これは、X 線の起源が高温プラズマであることを物語っており、スペクトルフィッティングから温度は約 8.3 keV と見積もられた。他の X 線天文衛星の観測データを調べると、Chandra 衛星や XMM-Newton 衛星により、突発天体の位置に、増光時の数百分の一の明るさの X 線天体が存在することも判明した。さらに、WISE や 2MASS、SDSS などの赤外線・可視光アーカイブデータを解析し、突発天体に対応天体を発見した。その赤外線・可視光スペクトルは黒体放射で表すことができ、温度は約 3600 K であった。このことから、突発天体は M 型星だと考えられる。M 型星は太陽よりも小質量の星だが、X 線活動性は一般に太陽などよりも大きいことが知られている。X 線増光は、M 型星で発生した X 線フレアによるものと考えて矛盾はない。また、Kepler 衛星の観測より年周視差が判明し、この天体までの距離は約 300 pc だと見積もられた。過去の M 型星フレアの文献値と比較すると、今回発見した M 型星フレアは、最も温度が高い部類のフレアであり、また最大級のエネルギー放出量であることが判明した。M 型星は銀河系内でもっともありふれた恒星であり、おそらくその周囲には惑星を持つものも多く存在するであろう。惑星からの大気散逸メカニズムの一つとして、恒星からの X 線放射と惑星大気の相互作用が考えられており、近年 M 型星の X 線放射に注目が集まっている。我々が今回発見した M 型星の巨大 X 線フレアは、惑星のハビタビリティの観点からも興味深い対象である。

### (2) 銀河中心の分子雲 CO+0.02-0.02 領域の X 線観測

天の川銀河中心領域に存在する CO+0.02-0.02 は、非常にコンパクト (空間サイズ < 10 pc) でありながら、大きな速度幅 ( $\Delta V > 50 \text{ km s}^{-1}$ ) を示す、特異な分子雲である。先行研究によって、 $10^{51} \text{ erg}$  程度の運動エネルギーを持ち、年齢は 3~5 万年以下であることがわかっているが、その形成過程はよくわかっていない。X 線天文衛星 NuSTAR による観測で、CO+0.02-0.02 の領域中に、硬 X 線天体が 2 つ存在することが示唆された (Hong et al. 2016)。これらの天体をより詳細に調査するべく、我々は角度分解能に優れた Chandra 衛星の軟 X 線観測データの調査を行った。Chandra はこの領域を合計約 4.2M 秒観測しており、それらのデータを全て合わせて解析したところ、2 つの NuSTAR 天体のうち、片方には軟 X 線対応天体が見つからなかったが、もう片方の天体には軟 X 線対応天体が存在することを発見した。この天体の X 線スペクトルを調べると、吸収の柱密度が非常に大きく ( $N_{\text{H}} \sim 10^{23} \text{ cm}^{-2}$ )、確かに分子雲の中に存在することが示唆された。6.9keV に鉄の水素状イオンの特性 X 線が見られたが、6.7keV の鉄のヘリウム状イオンの特性 X 線は上限値が得られたのみであった。これは、X 線放射の起源が非常に温度の高いプラズマであることを示唆しており、スペクトル解析によると温度の下限は  $kT > 10 \text{ keV}$  程度であった。さらに、6.4 keV には中性鉄の特性 X 線が見られ、こ

れはおそらく天体を囲む濃い星間ガス中に含まれる鉄原子が、天体からの X 線にさらされて出て来る蛍光 X 線であろう。銀河中心までの距離を仮定すると、光度は  $10^{33}$  erg 程度となる。まだこの天体の起源はよくわかっていないが、白色矮星に起因する激変星、あるいは原始星が候補であろう。分子雲 CO+0.02-0.02 との関連もまだよくわかっていない。我々は引き続き、X 線強度の時間変動や、他の観測データの解析を行う予定である。

### (3) Circinus 銀河中心核周辺に空間的に広がった鉄輝線放射領域の研究

超巨大ブラックホール(Super Massive Black Hole; SMBH)に質量が降着することで銀河の中心領域が銀河全体よりも明るく輝く活動銀河核(Active Galactic Nucleus; AGN) は、SMBH の事象の地平線から数 100 pc まで 7 桁にも及ぶスケールに、内側からコロナ、降着円盤、広輝線領域、ダストトラス、核周分子円盤などの構造が形成されると考えられているが、それぞれの領域における物質の分布や状態は未だによくわかっていない。X 線観測はガスやダストといった物質の状態によらずに分布を探ることができるため有効であるため、我々は、X 線衛星の中で最高の角度分解能を持つ Chandra 衛星によって観測された最近傍の 2 型 AGN である Circinus 銀河のデータに着目した。この天体では、検出された空間的に広がった Fe-K  $\alpha$  輝線が検出されている (e.g., Kawamuro et al. 2019)。今年度は、Circinus 銀河からの空間的に広がった Fe-K  $\alpha$  輝線の時間変動に着目して、Chandra による 2000 年、2004 年、2010 年に 2 回ずつ行われた 20 ksec 以上の露光時間のデータを用いてスペクトル解析を行った。AGN の中心領域から 20–60 pc の範囲を 8 領域に区切り、それぞれの領域で観測ごとにスペクトルフィットすることで Fe-K  $\alpha$  輝線の強度を調べたところ、AGN 中心領域からの漏れ込みだけでは説明できない空間的に広がった Fe-K  $\alpha$  輝線を検出した。さらに、そのうちの西側の領域で、Fe-K  $\alpha$  輝線の強度が  $\sim 4.5$  年で  $\sim 4$  倍の変動を示すことを明らかにした。多波長の観測結果と比較を行ったところ、これらの結果は、AGN 中心領域の光度が  $\sim 2$  倍高く、そこからの連続 X 線が核周円盤やコンパクトなクランプを照射したことで広がった Fe-K  $\alpha$  輝線が生じたと考え、説明し得ることがわかった。

### (4) 中性 Fe-K $\alpha$ 輝線の時間変動を用いた Changing-Look AGN の構造の研究

ダストトラスよりも内側の AGN 中心領域は、Chandra 衛星を持ってしても空間的に分解できない。これまで考えられてきた AGN の統一描像では、内側に存在する SMBH、コロナ、降着円盤、広輝線領域(BLR)をドーナツ状のダストトラスが覆っており、見込む角度によって、BLR が見える AGN は 1 型、見えない AGN は 2 型と、タイプが区別されてきた。しかし近年、質量降着率の変化に伴って AGN タイプが数年のタイムスケールで 1 型と 2 型の間で変化する「Changing-Look (CL)」現象を示す AGN が多数発見され、従来の統一描像に見直しが求められており、中でも、CL 現象によって BLR が現れたり消えたりするのか、トラス構造に変化があるのかなど、AGN 構造の変化が大きな課題の一つとなっている。我々は、AGN スペクトル中に一般に見られる AGN の構造を反映して放射される中性 Fe-K  $\alpha$  輝線の時間変動に着目した。2013 年に光度が通常より最大 1 桁減少すると同時に、広輝線が消失する CL 現象を起こしたセイファート銀河 NGC 3516 の、広輝線が消えた 2 型の期間のすざく衛星、Swift 衛星および可視光望遠鏡のデータに対して時間変動解析を行った。その結果、Fe-K  $\alpha$  輝線が SMBH から  $\sim 12$  光日離れた物質から放射されることを突き止めた。これは 1 型の期間の BLR の位置とコンシステントであったことから、CL 現象でタイプが 2 型に変化した後も、BLR は消滅せず、中性物質として存在し続けていることを初めて明らかにした。引き続き、CL 現象の際の BLR の変化についての考察を進めると同時に、今年度打ち上げ予定の XRISM 衛星に搭載する X 線マイクロカロリメータによる精密 X 線分光を用いることで、どこまで BLR やダスト

トーラスの構造を制限できるかを検討していく。

## [2] X線観測装置開発

### (1) XRISM 衛星搭載 Xtend 用 X線 CCD の開発

2022 年度打ち上げ予定の次期 X線天文衛星 XRISM(X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission)は、軟 X線望遠鏡と X線マイクロカロリメータを組み合わせる高いエネルギー分解能を実現する Resolve とともに、軟 X線望遠鏡と X線 CCD カメラを組み合わせる 38 分角四方という広視野を撮像分光できる Xtend を搭載する。当研究室では、JAXA、京都大学、宮崎大学などの機関、および浜松ホトニクス、三菱重工といったメーカーと共同で、Xtend 用の X線 CCD カメラ Soft X-ray Imager(SXI)の開発を進めている。SXI 用 CCD は「ひとみ」に搭載した CCD の設計を踏襲するが、電荷転送路へのノッチの導入や可視光遮断層の増強などいくつかの改善を施しており、当研究室ではこれまで、ミニ素子を用いた性能改善効果の検証、浜松ホトニクスから納入された CCD 素子 12 枚の中から衛星に搭載する 4 素子を選び出すスクリーニング、そして選んだ 4 素子に対する地上キャリブレーション実験などを行ってきた。また、メーカーや JAXA にて検出器構体や電子基板と組み合わせ、検出器単体としての性能評価を進めてきた。

2022 年 2 月のフライト検出器単体の試験の最中に突如、受光部外からの電荷侵入によって撮像領域の広い範囲が影響を受ける事象が発生した。今年度は、この事象を受け、元々選定した 4 素子をフライト素子とすることを止め、残ったスペア素子から改めて性能の良い 4 素子を選び出し、新しくフライト素子として選定した。そしてこれらに対し、改めて地上キャリブレーション実験を行い、検出器構体に納めた後、JAXA やメーカーでサブシステム噛み合わせ試験や熱真空試験などの性能試験を進めた。並行して、この事象の対策と原因追及を大阪大学の実験室にて進め、分光性能を向上させるために人工的に CCD に電荷を注入するためのポテンシャル構造を経由して、外部から電荷が侵入することを突き止めた。そこで、露光中と電荷転送中に電荷注入用ポテンシャルの形を変化させる CCD の新しい駆動方法を確立し、電荷侵入を極小化することに成功した。現在は、フライト検出器を模擬したシステムで、電荷の発生要因を調べている。加えて、改めて選定したフライト CCD 4 素子に関する地上キャリブレーション実験のデータを解析し、SXI 応答関数を構成する量子効率、入射エネルギーと出力波高値を関係づけるゲイン関数、単色 X線入射時の出力波高値分布であるラインプロファイルのうち、ラインプロファイルの詳細研究を行った。そして、我々の結果と他機関の研究結果を総合し、SXI の応答関数を構築した。この応答関数は、XRISM を使って観測を行う世界中の研究者によって将来使用されるものとなる。

### (2) 多重像 X線干渉計 MIXIM の開発

近年の X線天文衛星に搭載される撮像系は、斜入射反射鏡と X線 CCD の組み合わせが主流となっている。その中でも最高の角度分解能 0.5 秒角を誇るのが 1999 年打ち上げの *Chandra* 衛星である。角度分解能の向上は X線天体の空間構造の情報を得る上で重要だが、反射鏡を用いてこの精度を再現することは技術的、コスト的にも困難とされている。我々はこのような従来の撮像系とは全く異なる原理の X線撮像系、多重像 X線干渉計 (Multi-Image X-ray Interferometer Module; MIXIM) を発案 (Hayashida+ 2016)、その開発を行ってきた。MIXIM は周期的な開口部を持つマスクと微小ピクセル撮像素子から構成され、基本的にはマルチピンホールカメラと同様の原理で撮像を行う。開口径を小さくすると角度分解能が向上する一方で、回折の影響で像がなまされてしまうが、MIXIM では Talbot 干渉条件をみだす波長の X線のみを分光することで、回折を抑制し、シャープな X線像を得

ることができる。マスク・検出器間の距離を  $z$  とすると、MIXIM の角度分解能は  $z$  に反比例し、ピッチ  $d = 9.6 \mu\text{m}$ 、開口率  $f = 0.2$  の場合、 $z < 1 \text{ m}$  で *Chandra* 衛星と同等の像幅（角度分解能）が期待できる。

昨年度に導入した多重化コーデッドマスクにより、MIXIM は大幅な有効面積の向上に成功した一方で、低エネルギー帯域の X 線撮像ではこのマスクの基板による吸収が無視できない、という課題が残存していた。そのため、今年度では、基板厚を  $550 \mu\text{m}$  から  $10 \mu\text{m}$  にまで薄くした多重化コーデッドマスクを新たに導入し、低エネルギー帯域（ $6.4 \text{ keV}$ ）での撮像性能を SPring-8 BL20B2 にて評価した。その結果、MIXIM としての撮像性能は昨年度と同じレベルを保持したまま、マスクの X 線透過率を 50% 近くまで向上させることに成功した。これはマスクの開口率とほぼ同じ値であることから、実質的にマスク基板の吸収を無視できるレベルに到達したと言える。

### (3) X 線望遠鏡開発

我々は、Washington University, NASA Goddard Flight Center, 広島大学、宇宙科学研究所などが参加する国際実験 XL-Calibur 計画に参加している。XL-Calibur は、我々が所有する X 線望遠鏡を使用する気球による X 線偏光観測実験であり、2022 年 6 月ごろにスウェーデンから打ち上げる予定である。今年度は、NASA Wallops Flight Facility において、X 線望遠鏡の Bread Board Model を気球トラスに組み込み、各種の試験を行った。

### 発表論文

“Spatially resolved X-ray spectroscopy of the archetype type 2 active galactic nucleus NGC 1068 with Chandra”  
Ryo Nakata, Kiyoshi Hayashida, Hirofumi Noda, Tomokage Yoneyama, Hironori Matsumoto  
Publications of the Astronomical Society of Japan, Volume 73, Issue 2, Pages 338–349 (2021)

“X-Ray Emission from the PeVatron-candidate Supernova Remnant G106.3+2.7”  
Yutaka Fujita, Aya Bamba, Kumiko K. Nobukawa, and Hironori Matsumoto  
The Astrophysical Journal, Volume 912, Issue 2, id.133, 6 pp. (2021)

“Suzaku detection of solar wind charge exchange emission from a variety of highly ionized ions in an interplanetary coronal mass ejection”  
Kazunori Asakura, Hironori Matsumoto, Koki Okazaki, Tomokage Yoneyama, Hirofumi Noda, Kiyoshi Hayashida, Hiroshi Tsunemi, Hiroshi Nakajima, Satoru Katsuda, Daiki Ishi, Yuichiro Ezoe  
Publications of the Astronomical Society of Japan, psab015 (2021)

“Deexcitation Dynamics of Muonic Atoms Revealed by High-Precision Spectroscopy of Electronic K X rays”  
T Okumura, T Azuma, D A Bennett, P Caradonna, I Chiu, W B Doriese, M S Durkin, J W Fowler, J D Gard, T Hashimoto, R Hayakawa, G C Hilton, Y Ichinohe, P Indelicato, T Isobe, S Kanda, D Kato, M Katsuragawa, N Kawamura, Y Kino, M K Kubo, K Mine, Y Miyake, K M Morgan, K Ninomiya, H Noda, G C O’Neil, S Okada, K Okutsu, T Osawa, N Paul, C D Reintsema, D R Schmidt, K Shimomura, P Strasser, H Suda, D S Swetz, T Takahashi, S Takeda, S Takeshita, M Tampo, H Tatsuno, X M Tong, Y Ueno, J N

Ullom, S Watanabe, S Yamada

Physical Review Letters, Volume 127, Issue 5, article id.053001 (2021)

“Dynamical Response of Transition-Edge Sensor Microcalorimeters to a Pulsed Charged-Particle Beam”

Okumura, Takuma ; Azuma, Toshiyuki ; Bennett, Douglas A. ; Caradonna, Pietro ; Chiu, I. -Huan ; Doriese, W. Bertrand ; Durkin, Malcolm S. ; Fowler, Joseph W. ; Gard, Johnathon D. ; Hashimoto, Tadashi ; Hayakawa, Ryota ; Hilton, Gene C. ; Ichinohe, Yuto ; Indelicato, Paul ; Isobe, Tadaaki ; Kanda, Sohtaro ; Katsuragawa, Miho ; Kawamura, Naritoshi ; Kino, Yasushi ; Mine, Kairi ; Miyake, Yasuhiro ; Morgan, Kelsey M. ; Ninomiya, Kazuhiko ; Noda, Hirofumi ; O'Neil, Galen C. ; Okada, Shinji ; Okutsu, Kenichi ; Osawa, Takahito ; Paul, Nancy ; Reintsema, Carl D. ; Schmidt, Dan R. ; Shimomura, Koichiro ; Strasser, Patrick ; Suda, Hiroataka ; Swetz, Daniel S. ; Takahashi, Tadayuki ; Takeda, Shinichiro ; Takeshita, Soshi ; Tatsuno, Hideyuki ; Ueno, Yasuhiro ; Ullom, Joel N. ; Watanabe, Shin ; Yamada, Shinya

IEEE Transactions on Applied Superconductivity, vol. 31, issue 5, id. 3067793 (2021)

“Probing the circumnuclear environment of NGC 1275 with high-resolution X-ray spectroscopy”

Christopher S. Reynolds, Robyn N. Smith, Andrew C. Fabian, Yasushi Fukazawa, Erin A. Kara, Richard F. Mushotzky, Hirofumi Noda, Francesco Tombesi, Sylvain Veilleux

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 507, Issue 4, pp.5613-5624 (2021)

## 国際会議

多重像 X 線干渉計 MIXIM による超高角度分解能 X 線撮像の実現

朝倉 一統, 林田 清, 佐久間 翔太郎, 石倉 彩美, 澤上 拳明, 鴨川 航, 米山 友景, 野田 博文, 岡崎 貴樹, 花岡 真帆, 服部 兼吾, 松下 友亮, 峯田 大靖, 善本 真梨那, 大出 優一, 袴田 知宏, 松本 浩典, 常深 博

Optics & Photonics Japan 2021

2021 年 10 月 26 日 - 29 日

国立オリンピック記念青少年総合センター（オンライン併用）

## 国内主要学会

●日本天文学会 2021 年秋季大会、オンライン開催、2021 年 9 月 13 日 - 15 日

野田 博文

「X 線干渉計に向け TES を応用する高位置精度 X 線センサーの開発」

澤上 拳明

「Circinus 銀河中心核の空間的に広がった鉄輝線放射領域の詳細解析(2)」

峯田 大靖

「Fe-K $\alpha$  輝線反響マッピング法を用いた NGC 3516 活動銀河核構造の研究(2)」

鴨川 航

「硬 X 線偏光検出気球実験 XL-Calibur 用 X 線望遠鏡の開発(2)」

●日本天文学会 2022 年春季年会、オンライン開催、2022 年 3 月 2 日－5 日

峯田 大靖

「硬 X 線偏光検出気球実験 XL-Calibur の現状と噛み合わせ試験の報告」

鴨川 航

「X 線偏光検出気球実験 XL-Calibur 用 X 線望遠鏡の開発(3)」

袴田 知宏

「マグネター 1E2259+586 観測時に NuSTAR 衛星で観測された X 線突発天体」

## 研究会

●SMBH 研究会、2021 年 12 月 27 日－28 日

松本 浩典

「CFRP を使った X 線望遠鏡開発」

野田 博文

「XRISM の開発状況と超巨大ブラックホールサイエンスの検討」

●第 22 回宇宙科学シンポジウム、オンライン開催、2022 年 1 月 6 日－7 日

松本 浩典

「X 線天文衛星計画 Athena の現状」

●第 21 回高宇連研究会「今後の高宇連宇宙科学ミッション推進へ向けて」、大阪大学豊中キャンパス南部陽一郎ホール（オンライン併用）、2022 年 3 月 9 日－11 日

松本 浩典

「X 線天文衛星計画 Athena の現状」招待講演

野田 博文

「X 線干渉計に向け TES を応用する高位置精度 X 線センサーの開発」

●GREX-PLUS サイエンス検討会 FY2021、オンライン＋早稲田大学西早稲田キャンパス、2022 年 3 月 24 日－25 日

松本 浩典

「Athena と GREX-Plus のシナジー」

●ブラックホール降着流ワークショップ、オンライン開催、2022年3月28日  
野田 博文  
「Fe-K $\alpha$  反響マッピングで探る Changing-Look 現象に伴う AGN 構造の変化」

#### 研究室公開セミナー

2021年5月17日 佐藤 寿樹 氏 (立教大学)

2021年7月12日 和田 有希 氏 (大阪大学工学研究科)

# 波多野研究室（理論物質学）

多様な物質のダイナミクスとその背後にある普遍性を「多体相互作用系の協力現象」という観点から探求している。数値シミュレーションも含む広義の統計物理学的アプローチに基づいて、地球惑星科学との学際領域を積極的に開拓し、新しい研究分野を拓くことを目指している。

## 1. 破壊・摩擦・地震発生の物理

### 1.1 摩擦法則の研究

岩石摩擦実験による歴史的な知見は、摩擦力が滑り速度に対数的に単調に依存するというものであり、それは単純な経験法則（速度状態依存摩擦法則）としてまとめられている。しかし、この法則には安定性の観点から問題があることが知られている。加えて、より複雑な物質、特にコア試料などの摩擦力は必ずしも単調な対数依存性を示すわけではないことも近年になって知られてきた。このように複雑な速度依存性を持つ摩擦力は従来の理論的理解を超えており、その微視的な機構の解明は地震学・地質学における重要な未解決課題となっている。

2021年度においては、上記の経験的摩擦法則を断層の簡単なモデルに適用し、粘性的緩和効果（radiation damping）なしでは解が発散してしまい周期解が存在しない（リミットサイクルが存在しない）ことを厳密に示した。その上で、粘性項なしでも周期解を実現できる法則を複数発見した。そのうちの1つは摩擦力の非単調な速度依存性を記述しており、実際の断層物質のモデルになり得るかどうか、更なる検証を行なっている。

### 1.2 グラフ理論を用いた時系列データ解析

地震活動データの解析に新手法を導入し、地震活動の新しい見方を開発することを試みた。これは時系列データを数学的なグラフ（ネットワーク）にマップし、生成されたグラフを複雑ネットワーク分野の理論を用いて解析する方法である。時系列の特性がグラフの特性に写されるので、グラフ解析という従来と全く異なる観点から時系列を解析することが可能になる。

2021年度においては、微動まで含めた様々な地震活動のマグニチュード時系列を「visibility graph」と呼ばれる手法を用いてグラフにマップした上で、生成されたグラフの性質を解析した。その際、地震活動の特性が「ノード次数分布」と呼ばれる性質によく反映され、マグニチュード時系列がゲーテンベルク・リヒター則に従ってランダムに生成された場合にはある特定の分布関数に従うことを確かめた。実際の地震時系列に関してもよく似た分布が生成され、一見、「マグニチュードはランダムに決まる」という広く信じられている仮説と整合するかに見えるが、これらの分布関数に関してKolmogorov-Smirnov検定を行ったところ、実際のカタログとランダム生成された時系列とは有意に異なる分布を持つことが明らかになった。これはマグニチュード時系列が統計的に相関を持った時系列であることを示す有力な結果である。

### 1.3 スロー地震の力学的モデル

スロー地震の発生には高圧の間隙流体が関与することが様々な観測から示唆されているため、スロー地震の発生機構に流体がどのように関与するのか、その具体的な物理的機構の解明が待たれている。特に、スロー地震の一種である「微動」は低周波の極めて弱い地震波を放出するが、その波形スペクトルは通常の地震とは定性的に異なることが知られている。

2021年度においては微動のモデル化を試みた。流体が断層面に継続的に供給され、流体圧が高まると滑りを誘発するモデルを考案し、その地震波スペクトルを計算することで、モデルが観測結果

と同様のスペクトルを示すことを発見した。のみならず、グーテンベルク・リヒター則やモーメント・継続時間のスケーリング則などもこのモデルは再現するので、それなりに良いモデルであると考えられる。ただし現段階でのモデルは空間が格子状に離散化されており、その長さ定数を説明できないという欠点がある。これを連続体的記述に変更することが今後の課題として残されている。

## 2. 非平衡現象のシミュレーション

湯川は自然界にみられる様々な非平衡現象を計算機シミュレーションをもちいて調べている。今年度は、昨年度に引き続き、茨木大理の中川尚子氏、京大理の佐々真一氏とともに、彼らが提唱した非平衡定常状態における気液転移に関する理論的予言をシミュレーションにより検証するため、レナードジョーンズ粒子系を用いた気液熱伝導系の大規模シミュレーションを行った。昨年度、3次元の熱伝導条件下での気液転移では彼らが提唱する新しい理論的予言が成立していないという結果が得られていたが、さらに2次元系でも理論的予言が成立していないという結果を得た。またより大きな系や相互作用レンジが異なるモデルで調べた結果でも否定的である。

また、これらの研究でえられた非等方圧力制御と熱流制御を組み合わせた等エンタルピーシミュレーションアルゴリズムの知見を元に2次元剛体円盤系の非平衡熱伝導シミュレーションを始めた。2次元の剛体円盤系では3次元系でみられる流体相および固相の共存域がヘキサティック相と呼ばれる新しい相になることが知られている。また近年の研究で、さらにヘキサティック相と流体相間の一次転移である共存域が存在するといわれている。この共存域を非平衡シミュレーションで調べた。まだまだ予備的な計算ではあるが、平衡状態でいわれている共存域が非平衡熱伝導状態ではみられないことが明らかになり、さらなる研究を進めている。さらにこのアルゴリズムを元に、重力下中での等圧熱流制御非平衡シミュレーションを始めた。この状況は巨視系での沸騰現象や液滴凝縮のマイクロモデルに対応し、より豊かな現象の再現が可能となる。今後は連続体モデルとの対応や熱ダイオード効果などを調べたい。

これらの研究とは別に桂木研修士学生の宮本英氏が廣野哲郎氏のもとでおこなっている粉体摩擦のシミュレーションについて助言を行っており、そこでえられた成果を学会等で発表した。

## 3. 磁性体をはじめとする固体物理の研究

我々の身の周りには金属や磁石（磁性体）など様々な物質が存在し、温度や外場によって多彩な性質を示す。青山は磁性体をはじめとする固体物理の研究を数値シミュレーションを用いて行っており、令和3年度は、トポロジカル磁気構造である磁気スカーミオン、摩擦現象と類似性のある電荷密度波（CDW）のダイナミクス、超伝導体の量子振動などの理論解析を行なった。

近年、基礎・応用の面から精力的に研究が行われてきた磁気スカーミオン結晶は、通常は外部から磁場を印加することによって実現することがよく知られている。我々は、ベースとなる格子系に歪みがある場合にはゼロ磁場であってもスカーミオン結晶が実現可能であることを明らかにした。また、青山・舟見は、CDWの横滑り現象であるCDWスライディングへの表面弾性波の効果を調べた。CDWは電荷がつくる構造体であることを反映して、通常は交流電場によって特徴的なダイナミクスが現れるが、表面弾性波という力学的な効果によっても同様な振る舞いが生じることが分かった。ごく最近行われた対応する実験結果との詳細な比較検討が今後の課題である。最近実現された実験系に触発されて行なった超伝導研究では、超伝導リングにバイアス電流を印加することにより、特殊な磁気パターンを伴う量子状態が実現することを明らかにした。

## 発表論文

“Extracting Correlations in Earthquake Time Series Using Visibility Graph Analysis”, Sumanta Kundu, Anca Opris, Yohei Yukutake, Takahiro Hatano, *Frontiers in Physics* **9**, 656310 (2021).

“Dilation as a precursor in a continuous granular fault”, Victor Levy dit Vehel, Takahiro Hatano, Loïc Vanel, Knut Jørgen Måløy, Osvanny Ramos, *EPJ Web of Conferences* **249**, 15006-15006 (2021).

“Slow periodic oscillation without radiation damping: new evolution laws for rate and state friction”, Ryo Mizushima and Takahiro Hatano, *Geophysical Journal International* **229**, 274-285 (2021).

“Model for tectonic tremors: Enduring events, moment rate spectrum, and moment-duration scaling”, Kota Fukuda, Takahiro Hatano, Kimihiro Mochizuki, *Physical Review E* **105**, 014124 (2022).

"Emergent skyrmion-based chiral order in zero-field Heisenberg antiferromagnets on the breathing kagome lattice", K. Aoyama and H. Kawamura, *Physical Review B* **105**, L100407 (2022).

"Spin Dynamics Simulation of the  $Z_2$ -vortex Fluctuations", Yo. P. Mizuta, K. Aoyama, K. Tomiyasu, M. Matuura, and H. Kawamura, *Journal of the Physical Society of Japan* **91**, 035001 SHORT NOTES (2022) .

"Effects of spin-lattice coupling and a magnetic field in classical Heisenberg antiferromagnets on the breathing pyrochlore lattice", K. Aoyama, M. Gen, and H. Kawamura, *Physical Review B* **104**, 184411 (2021).

## 学会研究会発表

### 国際会議

青山和司： International Conference on Frustration, Topology, and Spin Textures (ICFTS2021)

“Spin current as a probe of the  $Z_2$ -vortex topological transition in the triangular-lattice Heisenberg antiferromagnet” (招待講演)

2021年12月22日、ハイブリッド開催（神戸国際会議場）

青山和司、川村光： International Conference on Strongly Correlated Electron Systems (SCES2020/21)

“Hedgehog-lattice spin texture in breathing-pyrochlore antiferromagnets”

2021年9月29日、オンライン開催（主催国：ブラジル）

青山和司、川村光： International Conference on Quantum Liquid Crystals 2021 (QLC2021)

“Frustration-induced hedgehog lattice in breathing-pyrochlore Heisenberg antiferromagnets”

2021年5月11日、オンライン開催（主催国：日本）

宮本英、廣野哲郎、福家朱莉、大橋聖和、湯川諭： EGU General Assembly “Experimental and numerical demonstrations for development of composite planar fabrics in fault zones” 2021年4月19日 オンライン開催

## 主要学会

宮本英、廣野哲郎、福家朱莉、大橋聖和、湯川諭：JpGU 2021 “摩擦実験と数値計算による複合面構造発達過程の物理的描像の解明” 2021年6月4日 オンライン開催

伊藤伸一、中原明生、湯川諭：日本物理学会 2021年秋季大会 “乾燥亀裂パターンの動的統計則に現れる相転移的性質”

2021年9月22日 オンライン開催

宮本英、廣野哲郎、湯川諭：日本活断層学会 2021年度秋季学術大会 “様々なスケールで断層に発達する複合面構造とその物理的描像”

2021年10月22日、富山大学

青山和司：日本物理学会第77回年次大会

“トリプレット超伝導体における半整数量子渦とリトルパークス振動”

2022年3月16日、オンライン開催

長村燎、青山和司、光元亨汰、川村光：日本物理学会第77回年次大会

“積層三角格子ハイゼンベルグ反強磁性体におけるスカーミオン格子ガラス状態”

2022年3月17日、オンライン開催

青山和司、南部雄亮、川村光：日本物理学会 201年秋次大会

“三角格子反強磁性体におけるZ2渦転移と磁気相関の異方性”

2021年9月21日、オンライン開催

青山和司、川村光：日本物理学会 2021年秋季大会

“ブリージングパイロクロア反強磁性体におけるヘッジホッグ格子相の安定性”

2021年9月20日、オンライン開催

青山和司、川村光：日本物理学会 2021年秋季大会

“ブリージングカゴメ反強磁性体で実現するゼロ磁場スカーミオン格子相”

2021年9月20日、オンライン開催

# 寺田研究室（惑星科学）

当グループは、太陽系の起源と進化の解明に取り組んでいます。具体的には、太陽系の固体物質の同位体分析、惑星間の荷電粒子の動態分析、磁性/ESR 測定等を通して、恒星内部の元素合成過程、原始太陽系星雲内での微惑星や惑星の形成過程、星間ダストの整列現象、惑星表層から惑星間における物理/化学現象の素過程、についての研究・教育を行っています。並行して、高感度・高空間分解能の質量分析計の開発、素粒子ミュオンを用いた非破壊 3 次元元素分析法の開発、さらに探査機搭載用の分析装置（質量分析計、レーザー吸収分光計、固体粒子の同定装置など）の開発も行っています。

## 1.

### 1.1 地球外物質の局所 U-Pb 年代分析

昨年に引き続き、ポストイオン化を新機軸としたサブミクロン同位体質量分析装置 (MULTUM-SNMS) の開発に取り組んだ。これまで、鉱物ジルコン ( $ZrSiO_4$ ) 中の微量元素であるウラン及び鉛の局所同位体分析手法の開発を行ってきたが、本年度は新たに、隕石中にしばしば産出する鉱物アパタイト ( $Ca_5(PO_4)_3(F, Cl, OH)$ ) の  $2\mu m$  領域におけるウラン及び鉛の局所同位体分析の実現を目指した。Pb 濃度が 53ppm のアパタイト標準試料 (PRAP)、および 17ppm の天然アパタイトの Pb 同位体分析を行い、試料表面のラスタリング条件およびバックグラウンドイオンの原因を再評価した。その結果、先行研究である高感度・高分解能イオンマイクロプローブ (SHRIMP; Sensitive High Resolution Ion MicroProbe) より空間分解能を十倍近く (スパッタ面積にして 100 倍以上) 向上させた条件下で、誤差の範囲で一致する Pb 同位体比、および  $^{207}Pb/^{206}Pb$  モデル年代を得ることに成功した。この結果をもとに、月隕石 Northwest Africa 4734 中のアパタイトの Pb-Pb 年代分析を行った。分析領域  $2\mu m$  の高い空間分解能で、先行研究と誤差の範囲で一致する Pb-Pb アイソクロン年代を得ることに成功した。

並行して、CY グループに分類される炭素質コンドライト隕石 Yamato-980115、Yamato-86029 中に含まれるリン酸塩鉱物 (アパタイト) の U-Pb 年代系を、東京大学大気海洋研究所の NanoSIMS 50L を用いて調べた。これらの隕石は水質変成と熱変成の両方を経験したユニークな隕石グループで、小惑星探査機はやぶさ 2 による小惑星リュウグウの反射スペクトルと似ていることから、小惑星リュウグウ母天体との関連が指摘されている。U-Pb 系の最大の利点は、固化後に 2 次的変成を受けた場合に、 $^{238}U \rightarrow ^{206}Pb$ 、 $^{235}U \rightarrow ^{207}Pb$  の 2 つの放射壊変系を組み合わせることで、結晶化年代のみならず 2 次的な変成年代の情報も得ることができる点である。NanoSIMS で検出した  $^{204}Pb+$ 、 $^{206}Pb+$ 、 $^{207}Pb+$ 、 $^{238}UO_2+$ 、 $^{238}UO_2+$  の 2 次イオンから、 $^{238}U/^{206}Pb$ 、 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 、 $^{204}Pb/^{206}Pb$  を算出したところ、データは概ねコンコーディアであり、Y-980115 に対して  $4315 \pm 360$  Ma、Y-86029 に対して  $4577 \pm 420$  Ma の結晶化年代を得た。Y-980115 については結晶化後の Pb の拡散を示唆するディスコーディアな測定点が 1 点得られたが、K-Ar 系で報告されているような 2 次的イベントに関する有意な年代値 (直近 13 億年以内の Ar ロス年代) は算出されなかった。

### 1.2 Muon を用いた地球惑星物質の分析手法の開発

今年度は、(1) Muon 非破壊分析手法の開発と、(2) 実試料の測定をおこなった。

装置開発としては、Muon 特性 X 線分析の低バックグラウンド化を目指した。バックグラウンドノイズの主原因は主成分の特性 X 線のコンプトン散乱成分であることから、Ge 検出器から漏れ出る放

射線をモニターし反同期をとるコンプトンサプレッサーとして、BGO シンチレーターを採用した。新型コロナ感染拡大の余波で海外の Muon 施設にて Muon ビーム照射ができなくなったことから、10MeV までの幅広いガンマ線を照射することで、同システムの性能評価(直線性、エネルギー分解能、検出効率など)を行った。結果、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{60}\text{Co}$  のコンプトン成分をコンプトンサプレッサーを用いることで 50-60%削減することに成功した。

並行して、初期分析チームとして小惑星探査機はやぶさ 2 が採取した小惑星リュウグウの非破壊分析を J-PARC の Muon 施設で行なった。特筆すべきは、地球に大気に触れさせることなく、ヘリウム雰囲気中で特性 X 線分析を行なったことである。これにより、炭素、窒素、酸素といった、従来は困難であった軽元素の非破壊定量分析に成功した。現在、Science 誌に投稿し、revision の状況である。

## 2. 携行可能な物質分離および物質同定システムの開発

地球惑星科学の分析現場では、異種粒子の混合試料を対象とすることが少なくない。そのような試料の分析を進める前処理の手段として、混合試料を物質ごとの集団に分離したのち、それらの物質を迅速に同定する技術が望まれる。これを実現する目的で、大きな磁気力が発生可能な小型磁気回路の開発を進めてきたが (IEEE Magnetics Lett. 2021)、今回、地上重力下における反磁性粒子の並進距離を、従来の 2 倍以上の向上させることに成功し、分析現場に携行が可能な分析システムを実用化する展望を得た。

物質探査の現場では、採取した試料の分析を後日専門の部署で行うことが多く、分析結果を得るまでの待時間が無視できない。採取した試料の予備的な分析結果がその場で得られれば、ターゲット物質の探査の効率が大きく向上する。有機分子の混合液体に関しては、クロマトグラフィ技術が前処理の方法として導入され、分析手法の変革が様々な分野で進展した。今回の改良で固体粒子の集団に関しても同様の展開が期待され、これを実現するあらたな原理として、上記の磁気力による物質分別が考えられる。今回、ケイ酸塩鉱物粒子の鉄濃度と上記装置による磁気並進距離に関する検量線を、多くのカンラン石、キ石試料を用いて決定する事に成功した。これにより採取現場で試料の鉄濃度を、短時間かつ高精度で推定する展望が得られた。

反磁性体や常磁性体への磁場の作用は微弱であるにも関わらず、これらの物質を強磁場で運動させる試みは、この数十年、多数の報告がなされてきた。その結果として、例えば、磁気ビーズや常磁性イオンの付加によるドラッグデリバリーや磁気分離の技術開発が進められている。私たちが進めてきた実験研究は、これと同等の機能がビーズを付加することなく、しかも導入しやすい小型の永久磁石で実現することを示すもので、固体物質一般の磁気利用の促進に寄与すると期待される (Sci. Rep 6 38431 2016; IJASMAC in print)。

## 3.

### 3.1 地震先行現象の物理メカニズム研究：巨大地震前の電離層電子密度 (TEC) 異常現象の解明

外部電場を仮定した上での電離層電子密度変化の大規模シミュレーションの実施。電離層観測による数値や実験などで得られる応力誘起電荷の性質と発生メカニズム、電荷量の定量的な評価を行うとともに、実際の現象の解明へつなげることを目的とする。計算は、大阪大学サイバーメディアのスーパーコンピュータで実施した。

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震 ( $M_w=9.0$ ) において、北海道大学の日置により、地震

発生 40 分前から震源上空の電離層総電子数 (TEC : Total Electron Content) の増大があったことが報告された。日置は、1994 年から 2015 年までの Mw=8 級以上の地震について震源上空の TEC を解析し、磁気嵐の時期を除いて、過去 18 回のすべての例で地震発生直前数十分以内において TEC 異常があったことを示した。この現象を説明できる物理モデルはまだ存在しておらず、その構築が求められている。地表側の分極とその幾何学的構造や時間変動などの影響について検討を進めた。

### 3.2 月極域水資源探査用の機器開発

月極域水資源探査用の機器開発として、小型の CRDS (cavity ring-down spectrometer) の開発を行っている。1.4  $\mu$  mDFB レーザーを使用したキャビティ長 5cm の小型 CRDS (mini-CRDS) は、1 気圧の窒素ガス中 16 ppb 未満の微量水分の検出器として JAXA 宇宙イノベーションハブ研究 (神栄テクノロジー、産総研、阪大、茨城大、鹿児島大) で開発された (Abe et. Al, 2021)。本研究では、mini-CRDS の同型モデルを使用して、水同位体測定に焦点を当てた。同位体比の水標準サンプルと、吸収スペクトルからの水素同位体比の測定を行った結果、 $\delta D = -987 \pm 19\%$  の D が枯渇した水試料の測定に成功し、H<sub>2</sub>O 吸収ピークの SNR (信号対雑音比) は、検出限界の 3 よりも十分に高い 7.17 を示した。

## 4.

### 4.1 月惑星圏プラズマ環境の観測的研究

#### 4.1.1 小型天体と太陽風の相互作用の研究

月探査衛星 KAGUYA 搭載の粒子計測器の観測データを用いて、不揮発性元素の観測から将来の火星衛星探査計画 MMX での質量分析にて Phobos の起源に制約を与えることを定量的に示した。その結果を MMX 科学目標達成実現性の評価の一部として誌上発表を行った。

#### 4.1.2 地球内部磁気圏のエネルギー輸送過程及び磁気嵐・オーロラの研究

NASA 磁気圏編隊観測衛星 MMS (Magnetospheric Multiscale) の観測データを利用して、地球磁気圏プラズマシートへの冷たいイオン侵入経路や、イオンと波動間でのエネルギー輸送の研究を行った。

ジオスペース観測衛星 ARASE による観測データを用いた研究にて、地球電気圏に降り込む高エネルギー電子、選択的に加速加熱される酸素イオン、相対論的電子の生成消失への波動の関与などを明らかにした。ARASE/MEPi の質量分析データから酸素と窒素の分離手法を開発し、その精度を検証した。ARASE/XEP の較正情報を整備して、観測データ較正の精度を検証した。その結果として、放射線帯に時折現れる超高エネルギー電子の大きく歪んだエネルギー分布を多数同定した。

#### 4.1.3 水星探査機 BepiColombo/MIO 粒子計測器での地球・金星磁気圏観測

2018 年打ち上げの BepiColombo は水星に向かって運航中であり、8 月に金星スイングバイ 2 回目と 10 月の水星スイングバイがあったため、それぞれで観測キャンペーンを実施した。両者にて担当するイオン質量分析器にて惑星から流出するイオンの観測に成功した。不具合があった搭載ソフトウェアについて地上試験にてデバッグを行い、改訂版をアップロードして機上での正常動作を確認することも出来た。

### 4.2 飛翔体搭載用粒子計測器の開発

#### 4.2.1 極域電離圏観測ロケット SS520-3 搭載用低エネルギーイオン電子分析器の開発

電離大気の加速・流出現象を観測する SS520-3 観測ロケット実験が 2017 年度に計画されていたが、ロケットシステムの不具合にて延期となっていた。4 月前後より噛み合わせ試験から再開して、8 月に輸送、10 月よりスバル諸島ニールソン射場での組み上げ作業に参加し、11 月 4 日にロケット観測実験が実施された。直ちに観測データを解析し、担当する低エネルギー粒子計測器が正常に動作し、超高層大気での降り込み電子や流出イオンが観測されていることを確認した。

#### 4.2.2 火星衛星探査計画 MMX 搭載用イオン質量分析器の開発

火星衛星観測・サンプル採取を目的とする火星衛星探査計画 MMX (Martian Moons eXploration) に搭載するイオン質量分析器を開発責任者として担当している。エンジニアリングモデル (EM) を製造し、センサ単体での性能試験を実施して設計通りの性能を確認した。詳細設計審査会を一部通過し、現在は EM 環境試験を実施中である。イオン質量分析器を始めとする MMX 計画での理学目標や運用計画を整理し、特集号として誌上発表を行った。

#### 4.2.3 月極域探査計画用質量分析器の開発

月極域探査機 LUPEX のローバに搭載される水資源分析計 REIWA (Resource Investigation Water Analyzer) の開発チームの一員として、特に質量分析器 TRITON (Triple-reflection Reflectron) のパルス高圧電源開発を担当している。2021 年度は試作モデルを使った検証などから予備設計審査会に向けた準備を進めた。

### 発表論文

Susceptibility of Diamagnetic Particles Measured in a Microgravity Using a Simple Double-Capsule System  
K. Hisayoshi, M. Taniguchi, J. Esuga, H. Ozawa, W. Yamaguchi, S. Jinnouchi, C. Uyeda and **K. Terada**,  
*IEEE Magnetics Letters* **12**, doi:10.1109/LMAG.2021.3109534, 2021.

Chemical effect on muonic atom formation through muon transfer reaction in benzene and cyclohexane samples  
M. Inagaki, K. Ninomiya, A. Nambu, T. Kudo, **K. Terada**, A. Sato, Y. Kawashima, D. Tomono and A. Shinohara,  
*Radiochimica Acta* **109**, 319 – 326, 2021

Magnetization of a Diamagnetic Particle Measured from its Parabolic Movement Caused by Field-gradient Force in Terrestrial Gravity  
S. Jinnouchi, K. Hisayoshi, C. Uyeda, **K. Terada**,  
*IEEE Transactions on Magnetics* **58**, doi:10.1109/TMAG.2021.3084462, 2021

巨大地震前の電離層電子密度 (TEC) 異常現象の解明  
古河裕之、山中千博、近藤斎、杉浦繁貴  
Study of anomalous TEC in ionosphere before large earthquakes  
2020 年度 レーザー技術総合研究所 研究成果報告書 (2021 年 7 月)

D-depleted water isotopic measurement with a miniaturized cavity ring-down spectrometer aiming for exploration of lunar water  
J. Murayama, C. Yamanaka, K. Hashizume, S. Takigami,

Superfast precipitation of energetic electrons in the radiation belts of the Earth,

X.-J. Zhang, A. Artemyev, V. Angelopoulos, E. Tsai, C. Wilkins, S. Kasahara, D. Mourenas, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, Y. Miyoshi,  
Nature Communications, 13, 1611, 2022.

Martian Moons Exploration MMX: Sample Return Mission to Phobos Elucidating Formation Processes of Habitable Planets,

K. Kuramoto, Y. Kawakatsu, M. Fujimoto, A. Araya, M. A. Barucci, H. Genda, N. Hirata, H. Ikeda, T. Imamura, J. Helbert, S. Kameda, M. Kobayashi, H. Kusano, D. J. Lawrence, K. Matsumoto, P. Michel, H. Miyamoto, T. Morota, H. Nakagawa, T. Nakamura, K. Ogawa, H. Otake, M. Ozaki, S. Russel, S. Sasaki, H. Sawada, H. Senshu, S. Tachibana, N. Terada, S. Ulamec, T. Usui, K. Wada, S. Watababe, S. Yokota,  
Earth Planets Space, 74:12, 2022.

Preferential energization of low-charge-state heavy ions in the near-Earth magnetotail,

K. Keika, S. Kasahara, S. Yokota, M. Hoshino, K. Seki, T. Amano, L. M. Kistler, M. Nosé, Y. Miyoshi, T. Hori, and I. Shinohara,  
J. Geophys. Res., 127(1), e2021JA029786, 2022.

An event study on broadband electric field noises and electron distributions in the lunar wake boundary,

M. N. Nishino, Y. Kasahara, Y. Harada, Y. Saito, H. Tsunakawa, A. Kumamoto, S. Yokota, F. Takahashi, M. Matsushima, H. Shibuya, H. Shimizu, Y. Miyashita,  
Earth Planets Space, 74:9, 2022.

Transport path of cold-dense plasmas in the dusk magnetotail plasma sheet: MMS Observations,

M. N. Nishino, Y. Saito, H. Hasegawa, N. Kitamura, Y. Miyashita, S. Yokota, C. T. Russell, D. J. Gershman, B. L. Giles,  
J. Geophys. Res.: Space Physics, e2021JA029747, 2022.

The Mars system revealed by the Martian Moons eXploration mission,

K. Ogohara, H. Nakagawa, S. Aoki, T. Kouyama, T. Usui, N. Terada, T. Imamura, F. Montmessin, D. Brain, A. Doressoundiram, T. Gautier, T. Hara, Y. Harada, H. Ikeda, M. Koike, F. Leblanc, R. Ramirez, E. Sawyer, K. Seki, A. Spiga, A. C. Vandaele, S. Yokota, A. Barucci, S. Kameda,  
Earth Planets Space, 74(1), 2022.

Science operation plan of Phobos and Deimos from the MMX spacecraft,

T. Nakamura, H. Ikeda, T. Kouyama, H. Nakagawa, H. Kusano, H. Senshu, S. Kameda, K. Matsumoto, F. Gonzalez-Franquesa, N. Ozaki, Y. Takeo, N. Baresi, Y. Oki, D. J. Lawrence, N. L. Chabot, P. N. Peplowski, M. A. Barucci, E. Sawyer, S. Yokota, N. Terada, S. Ulamec, P. Michel, M. Kobayashi, S. Sasaki, N. Hirata, K. Wada, H. Miyamoto, T. Imamura, N. Ogawa, K. Ogawa, T. Iwata, T. Imada, H. Otake, E. Canalias, L. Lorda, S. Tardivel, S. Mary, M. Kunugi, S. Mitsuhashi, A. Doressoundiram, F. Merlin, S. Fornasier, J.-M. Reess, P. Bernardi, S. Imai, Y. Ito, H. Ishida, K. Kuramoto, Y. Kawakatsu,

Comparative study of electric currents and energetic particle fluxes in a solar flare and Earth magnetospheric substorm,

A. Artemyev, I. Zimovets, I. Sharykin, Y. Nishimura, C. Downs, J. Weygand, R. Fiori, X.-J. Zhang, A. Runov, M. Velli, V. Angelopoulos, O. Panasenco, C. Russell, Y. Miyoshi, S. Kasahara, A. Matsuoka, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, Y. Kazama, S.-Y. Wang, I. Shinohara, Y. Ogawa, *Astrophys. J.*, 923(2), 151, 2021.

In situ observations of ions and magnetic field around Phobos: The Mass spectrum Analyzer (MSA) for the Martian Moons eXploration (MMX) mission,

S. Yokota, N. Terada, A. Matsuoka, N. Murata, Y. Saito, D. Delcourt, Y. Futaana, K. Seki, M. J. Schaible, K. Asamura, S. Kasahara, H. Nakagawa, M. N. Nishino, R. Nomur, K. Keika, Y. Harada, S. Imajo, *Earth Planets Space*, 73:216, 2021.

Study of an equatorward detachment of auroral arc from the oval using ground-space observations and the BATS-R-US - CIMI model,

S. Yadav, K. Shiokawa, S. Oyama, Y. Inaba, N. Takahashi, K. Seki, K. Keika, T.-F. Chang, S. W. Y. Tam, B.-J. Wang, Y. Kazama, S.-Y. Wang, K. Asamura, S. Kasahara, S. Yokota, T. Hori, Y. Kasaba, F. Tsuchiya, A. Kumamoto, M. Shoji, Y. Kasahara, A. Matsuoka, S. Matsuda, C-W Jun, S. Imajo, Y. Miyoshi, I. Shinohara, *J. Geophys. Res.*, 126(12), e2020JA029080, 2021.

Penetration of MeV electrons into the mesosphere associated with pulsating aurorae,

Y. Miyoshi, K. Hosokawa, S. Kurita, S.-I. Oyama, Y. Ogawa, S. Saito, I. Shinohara, A. Kero, E. Turunen, P. T. Verronen, S. Kasahara, S. Yokota, T. Mitani, T. Takashima, N. Higashio, Y. Kasahara, S. Matsuda, F. Tsuchiya, A. Kumamoto, A. Matsuoka, T. Hori, K. Keika, M. Shoji, M. Teramoto, S. Imajo, C. Jun, S. Nakamura, *Scientific reports*, 11:13724, 2021.

Relative Contribution of ULF Waves and Whistler-mode Chorus to the Radiation Belt Variation during the May 2017 Storm,

N. Takahashi, K. Seki, M.-C. Fok, Y. Zheng, Y. Miyoshi, S. Kasahara, K. Keika, D. Hartley, Y. Kasahara, Y. Kasaba, N. Higashio, A. Matsuoka, S. Yokota, T. Hori, M. Shoji, S. Nakamura, S. Imajo, I. Shinohara, *J. Geophys. Res.: Space Physics*, 126(11), e2020JA028972, 2021.

Role of ducting in relativistic electron loss by whistler-mode wave scattering,

A. V. Artemyev, A. G. Demekhov, X.-J. Zhang, V. Angelopoulos, D. Mourenas, Yu. V. Fedorenko, J. Maninnen, E. Tsai, C. Wilkins, S. Kasahara, Y. Miyoshi, A. Matsuoka, Y. Kasahara, T. Mitani, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, S. Matsuda, S. Nakamura, M. Kitahara, T. Takashima, I. Shinohara, *J. Geophys. Res.: Space Physics*, 126(11), e2021JA029851, 2021.

Global maps of solar wind electron modification by electrostatic waves above the lunar day side: Kaguya observations,

Y. Harada, Y. Kasahara, M. N Nishino, S. Kurita, Y. Saito, S. Yokota, F. Takahashi, H. Shimizu,

Geophys. Res. Lett., 48(17), e2021GL095260, 2021.

First simultaneous observation of nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbance from ground and a magnetospheric satellite,

K. Kawai, K. Shiokawa, Y. Otsuka, S. Oyama, Y. Kasaba, Y. Kasahara, F. Tsuchiya, A. Kumamoto, S. Nakamura, A. Matsuoka, S. Imajo, Y. Kazama, Shiang-Yu, Wang, Sunny W. Y. Tam, T. F. Chang, B. J. Wang, K. Asamura, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, Y. Miyoshi, C. Jun, M. Shoji, I. Shinohara, J. Geophys. Res., 126(9), e2020JA029086, 2021.

Magnetic field and energetic particle flux oscillations and high-frequency waves deep in the inner magnetosphere during substorm dipolarization: ERG Observations,

Y. Miyashita, T.-F. Chang, Y. Miyoshi, T. Hori, A. Kadokura, S. Kasahara, S.-Y. Wang, K. Keika, A. Matsuoka, Y. Tanaka, Y. Kasahara, M. Teramoto, C.-W. Jun, K. Asamura, Y. Kazama, S. W. Y. Tam, B.-J. Wang, S. Yokota, A. Kumamoto, F. Tsuchiya, M. Shoji, S. Kurita, S. Imajo, I. Shinohara, J. Geophys. Res., 126(9), e2020JA029095, 2021.

Pre-flight Calibration and Near-Earth Commissioning Results of the Mercury Plasma Particle Experiment (MPPE) onboard MMO (Mio),

Y. Saito, D. Delcourt, M. Hirahara, S. Barabash, N. André, T. Takashima, K. Asamura, S. Yokota, Martin Wieser, M. N. Nishino, M. Oka, Y. Futaana, Y. Harada, J.-A. Sauvaud, P. Louarn, B. Lavraud, V. Génot, C. Mazelle, I. Dandouras, C. Jacquy, C. Aoustin, A. Barthe, A. Cadu, A. Fedorov, A.-M. Frezoul, C. Garat, E. L. Comte, Q.-M. Lee, J.-L. Médale, D. Moirin, E. Penou, M. Petiot, G. Peyre, J. Rouzaud, H.-C. Séran, Z. Němeček, J. Šafránková, M. F. Marcucci, R. Bruno, G. Consolini, W. Miyake, I. Shinohara, H. Hasegawa, K. Seki, A. J. Coates, F. Leblanc, C. Verdeil, B. Katra, D. Fontaine, J.-M. Illiano, J.-J. Berthelier, J.-D. Techer, M. Fraenz, H. Fischer, N. Krupp, J. Woch, U. Bührke, B. Fiethe, H. Michalik, H. Matsumoto, T. Yanagimachi, Y. Miyoshi, T. Mitani, M. Shimoyama, Q. Zong, P. Wurz, H. Andersson, S. Karlsson, M. Holmström, Y. Kazama, W.-H. Ip, M. Hoshino, M. Fujimoto, N. Terada, K. Keika, BepiColombo Mio/MPPE Team, Space Science Reviews, 217:70, 2021.

Characterization and calibration for High-Energy electron instruments onboard the Arase satellite,

I. Park, Y. Miyoshi, T. Mitani, T. Hori, T. Takashima, S. Kurita, I. Shinohara, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, S. Claudpiere, M. Looper, J. Geophys. Res., 126(7), e2021JA029110, 2021.

Preliminary Statistical Comparisons of Spin-Averaged Electron Data from Arase and Van Allen Probes Instruments,

M. Szabó-Roberts, Y. Y. Shprits, H. J. Allison, R. Vasile, A. G. Smirnov, N. A. Aseev, A. Y. Drozdov, Y. Miyoshi, S. G. Claudepierre, S. Kasahara, S. Yokota, T. Mitani, T. Takashima, N. Higashio, T. Hori, K. Keika, S. Imajo, I. Shinohara, J. Geophys. Res., 126(7), e2020JA028929, 2021.

Evening side EMIC waves and related proton precipitation induced by a substorm,

A. G. Yahnin, T. A. Popova, A. G. Demekhov, A. A. Lubchich, A. Matsuoka, K. Asamura, Y. Miyoshi, S.

Yokota, S. Kasahara, K. Keika, T. Hori, F. Tsuchiya, A. Kumamoto, Y. Kasahara, M. Shoji, Y. Kasaba, S. Nakamura, I. Shinohara, H. Kim, S. Noh, T. Raita,  
J. Geophys. Res., 126(7), e2020JA029091, 2021.

Contribution of electron pressure to ring current and ground magnetic depression using RAM-SCB simulations and Arase observations during 7–8 November 2017 geomagnetic storm,  
S. Kumar, Y. Miyoshi, V. K. Jordanova, M. Engel, K. Asamura, S. Yokota, S. Kasahara, Y. Kazama, S.-Y. Wang, T. Mitani, K. Keika, T. Hori, C. Jun, I. Shinohara,  
J. Geophys. Res., 126(6), e2021JA029109, 2021.

Energy transfer between hot protons and electromagnetic ion cyclotron waves in compressional Pc5 ultra-low frequency waves,  
N. Kitamura, M. Shoji, M. Kitahara, S. Nakamura, T. Amano, Y. Omura, Y. Miyoshi, H. Hasegawa, Y. Katoh, Y. Saito, M. Teramoto, S. Yokota, M. Hirahara, S. A. Boardsen, D. J. Gershman, A. F. Viñas, B. L. Giles, W. R. Paterson, C. J. Pollock, C. T. Russell, R. J. Strangeway, N. Ahmadi, P.-A. Lindqvist, R. E. Ergun, S. A. Fuselier, and J. L. Burch,  
J. Geophys. Res., 126(5), e2020JA028951, 2021.

Low-altitude ion upflow observed by EISCAT and its effects on supply of molecular ions in the ring current detected by Arase (ERG),  
M. Takada, K. Seki, Y. Ogawa, K. Keika, S. Kasahara, S. Yokota, T. Hori, K. Asamura, Y. Miyoshi, I. Shinohara,  
J. Geophys. Res., 126(5), e2020JA028951, 2021.

A feasible study of in-situ measurements of light isotopes and organic molecules with high resolution mass spectrometer MULTUM on the OKEANOS mission,  
M. Ito, T. Okada, Y. Kebukawa, J. Aoki, Y. Kawai, J. Matsumoto, T. Chujo, R. Nakamura, H. Yano, S. Yokota, M. Toyoda, H. Yurimoto, M. Watanabe, R. Ikeda, Y. Kubo, N. Grand, H. Cottin, A. Buch, C. Szopa, O. Mori,  
Trans. JSASS, Aerospace Tech. Japan, 19(4), 477—484, 2021.

Data-driven simulation of rapid flux enhancement of energetic electrons with an upper-band whistler burst,  
S. Saito, S. Kurita, Y. Miyoshi, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, Y. Kasahara, S. Matsuda, M. Shoji, S. Nakamura, A. Matsuoka, S. Imajo, I. Shinohara,  
J. Geophys. Res., 126(4), e2020JA028979, 2021.

Multi-event Analysis of Plasma and Field Variations in Source of Stable Auroral Red (SAR) Arcs in Inner Magnetosphere during Non-storm-time Substorms,  
Y. Inaba, K. Shiokawa, S. Oyama, Y. Otsuka, M. Connors, I. Schofield, Y. Miyoshi, S. Imajo, A. Shinbori, A. Y. Gololobov, Y. Kazama, S.-Y. Wang, S. W. Y. Tam, T.-F. Chang, B.-J. Wang, K. Asamura, S. Yokota, S. Kasahara, K. Keika, T. Hori, A. Matsuoka, Y. Kasahara, A. Kumamoto, S. Matsuda, Y. Kasaba, F. Tsuchiya, M. Shoji, M. Kitahara, S. Nakamura, I. Shinohara, H. E. Spence, G. D. Reeves, R. J. Macdowall, C. W. Smith, J. R. Wygant, J. W. Bonnell,  
J. Geophys. Res., 126(4), 2021.

揮発性有機化合物の直接その場分析に向けたプロトン移動反応イオン化-マルチターン飛行時間型質量分析装置の開発

河井洋輔, 河居伸哉, 古谷浩志, 石原盛男, 渡辺励起, 中山邦彦, 神納育則, 畠山典久, 豊田岐聡  
Journal of the Mass Spectrometry Society of Japan, **69**(5), 68-74 (2021).

## 学会研究会発表

### 国際会議

An influx of bioavailable elements to the Earth 0.8 billion years ago suggested by the size-frequency distribution of the lunar craters

K. Terada, K. Morota and Kato

Goldschmidt conference、オンライン参加、2021.7.4-9

Non-Destructive Bulk Elemental Analysis for Stones from Asteroid Ryugu

K. Ninomiya, T. Osawa, T. Takahashi, K. Terada, Y. Miyake, et al.

53rd Lunar and Planetary Science Conference, オンライン参加、2022.3.7-11

Nitrogen and oxygen ions from the Earth's ionosphere observed by the Arase satellite

S. Yokota, K. Tsuda, et al., JpGU Meeting 2021, 遠隔, 2021.6.5.

### 主要学会

月/小惑星レゴリスサンプルの年代分析からわかること

寺田健太郎

第 69 回日本質量総合討論会、オンライン、2021.5.21-23

8 億年前に月と地球を襲った小惑星シャワー

寺田健太郎、諸田智克、加藤麻美

Japan Geoscience Union Meeting 2021、2021.5.30-6.6

Development of an engineering model (EM) of the Mass spectrum Analyzer (MSA) for Mars Moons eXploration (MMX)

横田勝一郎他

地球電磁気・地球惑星圏学会 第 150 回総会・講演会、遠隔, 2021.11.2.

火星衛星探査計画 MMX MSA EM 開発状況報告

横田勝一郎他

第 65 回宇宙科学技術連合講演会、遠隔, 2021.11.11.

揮発性有機化合物の網羅的な直接その場分析に向けたプロトン移動反応イオン化・マルチターン飛行時間型質量分析装置の開発

河井洋輔, 河居伸哉, 古谷浩志, 石原盛男, 渡辺励起, 中山邦彦, 神納育則, 畠山典久, 豊田岐聡  
第 69 回質量分析総合討論会, オンライン開催, 2021. 5. 19-21.

## 研究室公開セミナー

### 研究交流

#### ① 他大学での講演・セミナー

太陽系探査におけるオンサイト質量分析装置の開発

横田勝一郎他

名古屋大学 ISEE 特別セミナー, 遠隔, 2021.12.23.

#### ② 研究発表

なし

### 研究会

隕石、ハヤブサ試料から紐解く太陽系の起源と進化 ～ミュオン非破壊分析への期待～

寺田健太郎

2021 年度 Muon 合同研究会・シンポジウム、大阪府豊中市、2022.1.6-8

ミュオン X 線非破壊分析への期待 ～宇宙地球化学の立場から～

寺田健太郎

RCNP 研究会「ミュオン X 線  $\gamma$  線分光 –非破壊分析、化学、原子核物理への新展開」、大阪府吹田市、2022.3.24-25

LEP のフライトデータと解析状況

横田勝一郎他

ISEE 研究集会「極域電離圏における電離大気流出現象のメカニズム解明に向けた戦略的研究」、遠隔, 2022.03.29.

SS520-3 搭載低エネルギー粒子計測器(LEP)の観測

横田勝一郎他

JAXA/ISAS 観測ロケットシンポジウム, 遠隔, 2022.03.15.

SS520-3 搭載低エネルギー粒子計測器(LEP)の性能機能評価

横田勝一郎他

JAXA/ISAS 宇宙科学に関する室内実験シンポジウム, 書面発表, 2022.03.1.

火星衛星探査機 MMX 搭載低エネルギーイオン質量分析器(MSA)の開発

横田勝一郎他

JAXA/ISAS 宇宙科学に関する室内実験シンポジウム, 書面発表, 2022.03.1.

# 佐々木研究室（惑星物質学）

当研究室では、地球をはじめとする惑星の成り立ちとそこでの諸現象について、物質科学をもとにした実験的・理論的・観測的アプローチによって研究を進めている。具体的には、隕石や宇宙塵の成因と原始太陽系における物質の分化、固体天体内部の熱進化と構造形成、地球惑星表層環境を特徴づける地形の成因解明、氷天体における生命居住環境の起源と進化、月惑星探査、マグマの固結や発泡現象、地球・惑星内部での高温高压物質科学（圧力誘起構造相転移など）についての研究である。

## 1. 地球科学の研究

### 1.1 融体の圧力誘起構造転移の研究

放射光を利用して高温高压下での X 線吸収および X 線回折実験を行い、液体ジャーマネート（マントルを構成するケイ酸塩の模擬物質）の圧力誘起局所構造変化を調べた。また、ジャーマネートガラスを試料として室温高压下で同様の測定を行うことで、精度が良く精密な構造解析が可能な実験データを得ることに成功し、MD シミュレーションも行うことで、局所構造変化のメカニズムを議論することができた。さらに X 線ラジオグラフィ（PF-AR 利用）及び回収試料の分析による密度測定と粘性率測定を試み、高温高压融体のこれらの物性と局所構造の相関を調べている。

## 2. 宇宙科学の研究

### 2.1 宇宙風化作用に関する研究

月、小惑星、水星といった大気のない固体天体表面では、主に微小隕石の衝突、太陽風そして紫外線の照射により、表面物質の光学物性が変わり反射スペクトルが変化する。典型的には、反射スペクトルの赤化、暗化、吸収帯の弱化としてあらわれる、この宇宙風化作用という現象は、ナノ鉄微粒子の生成が主原因と考えられている。パルス幅がナノ秒程度のパルスレーザを用いると、宇宙風化作用に特有なスペクトル変化をシミュレーションできる。科研費により、反射率測定装置の測定波長を長くすること（3.2 ミクロン）、および、ナノ秒パルスレーザの更新を行い、小惑星リュウグウを想定して炭素質シミュラントおよび CM 炭素質コンドライトへのレーザ照射実験を行った。また金属質と考えられる小惑星 Psyche を想定して鉄／シリケート比の大きなサンプルへの照射実験も行った。さらに、サンプルに長時間紫外線を照射するシステムの構築を行い、月高地を模擬したカンラン石と斜長石（およびそれらの混合物）への照射実験を行い、パルスレーザ照射の結果と比較した。紫外線照射によりカンラン石の反射スペクトルが非常に短いタイムスケールで暗化することがわかった。

### 2.2 ダスト計測器の開発

2018 年秋に打ち上げられた日欧共同水星探査ミッション「ベピコロポ」には、日本のグループが開発したピエゾ素子を用いたダスト計測器 MDM (Mercury Dust Monitor) が搭載されている。水星環境では、ダスト衝突速度は大きく(5 km/s 以上)、これまではそれを想定した高速ダスト衝突試験を行ってきた。2024 年に打ち上げ予定の火星衛星探査計画 MMX (Martian Moons Exploration) には、火星周囲のダスト環境を明らかにする目的で、ピエゾ素子と大面積フィルムを組み合わせたダスト計測器 CMDM (Circum-Martian Dust Monitor) を搭載することになり、千葉工業大学や JAXA 等と共同で開発を進めている。火星衛星起源のダストと MMX との相対速度は、数 100 m/s から 1 km/s 程度と予想される。宇宙地球科学専攻の現有する小型ダスト加速器を再整備して、これまで 1 ミクロンサイズのダストを 800 m/s まで加速することに成功し、較正実験を行っている。CMDM のプロト

タイプ（ポリイミドフィルムとピエゾ素子を合わせている）を使った計測により、この低速域のダスト計測に感度があることを明らかにした。このプロトタイプは千葉工大の超小型衛星に搭載され、宇宙での測定実績がある。

さらに、小惑星 Phaeton へのフライバイ観測を目指す DESTINY プラス計画には、ドイツのグループが製作する質量分析機能のあるダスト分析器 DDA が搭載される予定であり、その開発計画にも参加している。

### 2.3. 小天体探査に関する研究：はやぶさ 2 計画

「はやぶさ 2」探査機は 2014 年 12 月に打ち上げられ、2018 年 6 月に、大きさ 900 m ほどの C 型小惑星リュウグウに到着した。C 型小惑星は炭素質隕石の源と考えられており、生命の材料となる有機物や水を含んでいると考えられる。はやぶさ 2 はリュウグウ全面の画像を取得するとともに、3 機の表面探査機（ミネルバ IIA, ミネルバ IIB, マスコット）の運用、表面への本体のタッチダウンおよびサンプル採取、衝突体 SCI によるクレーター形成実験およびその放出物を含む地点からのサンプル採取に成功し、2020 年 12 月に回収サンプルを地球へ持ち帰った。

リュウグウの表面は反射率の低い（2%）岩石に覆われている。相対的に明るい滑らかな（層状の）岩と、暗く凹凸の激しい粗い岩が存在し、この特徴の違いは、100 m から 10 cm スケールにまで現れているが、ローバーによる表面観測では明るい粗い岩も存在する。我々は、解像度が 1 cm を切る最近接画像から、暗い岩の中にも断面が数倍明るいものを発見している。明るい岩の中には可視近赤外域の反射スペクトルが C 型とは異なるものがあり、おそらく普通コンドライト（S 型）の破片が含まれていると考えられる。また、岩の表面は宇宙風化によって明るさが変化すると考えられる。

リュウグウ表面の 10 m 以下の岩塊は、しばしば南北方向の割れ目が確認できる。表面温度の日変化や年変化に対応して発生する熱ストレスが原因ではないかと推察し、100 枚以上の画像データの解析から 500 個を超える割れ目のあるボルダーを解析して割れ目を分類した。その結果、割れ目の型にかかわらず、南北方向の割れ目が卓越することが明らかになった。また、周期的な加熱により、タマネギの皮がむけるように球殻状に割れ目が入る Exfoliation という現象が報告されているが、そのように解釈できる割れ目もある。

日本が関わる小天体探査計画は現在も継続している。本研究室は MMX, DESTINY プラスのほか、はやぶさ 2 の拡張ミッションやヨーロッパの HERA 計画に参加している。

### 2.4. 月探査に関する研究

次期および将来月探査計画に参加している。小型月着陸実証機 (SLIM) プロジェクトに搭載するミッション機器として、鉱物同定用のマルチバンドカメラ (MBC) を設計し、搭載機器として開発を行った。また、着陸地点での科学観測の有効性の検討を継続して行っている。今年度には、マルチバンドカメラのフライトモデルが完成し、JAXA 納品前に機能性能を確認する試験を行った。そして、納品前審査をクリアし、SLIM 本体への組み立て工程へと進んだ。

さらに、将来の月極域氷探査への準備として月土壌への着氷状態を再現できる着氷装置を開発して、改良を続けている。この着氷装置によって微量の氷を付けた鉱物粒や月模擬土壌の分光観測をして、月極域探査車に搭載する氷検出分光カメラの仕様を決めた。これらの成果をもとに、月極域氷探査計画 LUPEX の月探査ローバー搭載候補機器として、近赤外画像分光カメラ (ALIS) の概念設計検討を行い、搭載機器に採用された。正式な搭載候補機器になったことを受け、ALIS 開発チームを本格的に組織し、インテグレーションメーカーも決定して、搭載機器開発を開始した。

さらに、今年度は、JAXA や東京大学と共同で氷付の月模擬レゴリスを開発する計画をスタート

した。この氷付月模擬レゴリスは月極域氷資源探査計画に参画する各種搭載機器の性能試験に使用されることを目的に製造されるものである。

## 2.5. 外惑星探査に関する研究：JUICE, Dragonfly, LOPYUTA 計画

欧州宇宙機関（ESA）の木星系衛星探査機 JUICE（JUperiter ICy moons Explorer）は、木星とその衛星複数を探査し、その後衛星ガニメデの周回観測を予定しており、2023年4月の打ち上げに向けた最終試験段階にある。我々は、10個の科学観測機器のひとつであるガニメデレーザ高度計（GALA: Ganymede Laser Altimeter）のチームメンバーとして開発や科学検討に参加し、2020年7月に欧州へ発送したフライトモデルが今年度に JUICE 探査機全体への統合組み上げを完了した。

米国航空宇宙局（NASA）は2019年6月、4番目の New Frontier Program として土星衛星タイタンへの着陸ドローン探査 Dragonfly を採択した。搭載する5つの科学観測機器のひとつ DraGMet（Dragonfly Geophysics and Meteorology Package）を構成する地震計の機器開発は日本が担当することになり、開発メンバーとして2027年の打ち上げを目指す活動を開始した。また、2022年4月に予定している JAXA のミッション定義審査、システム要求審査、およびシステム定義審査に向け、機器仕様の最適化と科学目標の具体化を行っている。

紫外線天文学はハッブル宇宙望遠鏡（HST）によって大きく成長したが、時間領域天文学や銀河形成論において未開拓の領域が多く残るだけでなく、機能劣化が著しい HST の後に続く紫外線望遠鏡計画が存在しないことから、2030年代に世界最高レベルの感度と空間分解能をもつ紫外線宇宙望遠鏡を実現する計画を起動した。氷天体や地球型惑星の大気散逸の観測から生命環境に必要とされる液体の水の存在形態と変遷を明らかにし、その知見を系外惑星へ拡張することを目指したこの宇宙望遠鏡は LOPYUTA（Life-environmentology, Astronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assembly）と名付けられ、開発メンバーとして参加している。2020年12月には JAXA ワーキンググループとして承認され、本年度は日本惑星科学会の「第2回：来る10年の月惑星探査」へ探査サイエンス提案を提出した。さらには「第25期日本学術会議における次期大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン2023）」へも重点大型計画として提案を出し、科学目的と機器仕様の検討を行っている。

上記の活動と並行して、国内向けに2022年2月に惑星圏研究会を、国際的な場として2021年5月に JpGU 大会で Outer Solar System Exploration セッションを主宰し、各計画の開発・検討状況の報告と科学的議論を行った。

## 2.6. 氷天体に関する研究

氷天体の多くはその内部に大規模な液体水圏、いわゆる地下海を持つ可能性があることから、地球外生命発生の候補地とされている。その文脈において現在は、様々な有機物など H<sub>2</sub>O 以外の物質の探索やエネルギー論的考察など、生体物質の形成に繋がる材料と化学反応がどれほど存在し得るかという視点が世界的な潮流となっている。本研究室では、地上望遠鏡を用いた可視および近赤外波長域の撮像と分光観測を氷天体など様々なターゲットに対して行い、物質探索や時変動の観察を行った。具体的には、国立天文台のすばる望遠鏡を用いて木星衛星エウロパとイオの近赤外観測を行い、H<sub>2</sub>O vapor やメタン、エタン、メタノールなどの存否を見極めるべく現在もデータを解析中である。また、北海道大学附属天文台のピリカ望遠鏡を用いて木星衛星エウロパ、イオ、土星衛星エンセラダス、タイタン、土星リング、天王星およびその衛星群を観測し、大気や表面のメタンやアンモニア分子による吸収、およびナトリウムやカルシウムによる大気発光の探索を行った。観測結果の一部は学会発表を行った一方で、標準星を用いた大気補正法の改良などを行いシグナルの高精度化を行っている。

これらの非 H<sub>2</sub>O 物質は、天体内部の岩石核で生成し表層へ輸送された可能性があるが、その過程で厚い氷層を通過せねばならない。特に表面半径や氷の質量比が大きい氷天体では、多様な結晶相を持つ氷層が複数の相転移面を持って積層した固相対流運動をしているはずである。こうした系のダイナミクスや輸送効率を明らかにするため、複数の相転移面を伴う H<sub>2</sub>O 氷固相対流の数値シミュレーションを行った。これらの結果はそれぞれ学会発表と学位論文としてのまとめを行った。

## 発表論文

Eri Tatsumi, Naoya Sakatani, Lucie Riu, Moe Matsuoka, Rie Honda, Tomokatsu Morota, Shingo Kameda, Tomoki Nakamura, Michael Zolensky, Rosario Brunetto, Takahiro Hiroi, Sho Sasaki, Sei'ichiro Watanabe, Satoshi Tanaka, Jun Takita, Cédric Pilorget, Julia de León, Marcel Popescu, Juan Luis Rizos, Javier Licandro, Ernesto Palomba, Deborah Domingue, Faith Vilas, Humberto Campins, Yuichiro Cho, Kazuo Yoshioka, Hirotaka Sawada, Yasuhiro Yokota, Masahiko Hayakawa, Manabu Yamada, Toru Kouyama, Hidehiko Suzuki, Chikatoshi Honda, Kazunori Ogawa, Kohei Kitazato, Naru Hirata, Naoyuki Hirata, Yuichi Tsuda, Makoto Yoshikawa, Takanao Saiki, Fuyuto Terui, Satoru Nakazawa, Yuto Takei, Hiroshi Takeuchi, Yukio Yamamoto, Tatsuaki Okada, Yuri Shimaki, Kei Shirai, Seiji Sugita, Spectrally blue hydrated parent body of asteroid (162173) Ryugu, *Nature Communications* 12(1) (2021), doi.org/10.1038/s41467-021-26071-8.

Masanori Kanamaru, Sho Sasaki, Tomokatsu Morota, Yuichiro Cho, Eri Tatsumi, Masatoshi Hirabayashi, Naru Hirata, Hiroki Senshu, Yuri Shimaki, Naoya Sakatani, Satoshi Tanaka, Tatsuaki Okada, Tomohiro Usui, Seiji Sugita, and Sei-ichiro Watanabe, YORP Effect on Asteroid 162173 Ryugu: Implications for the Dynamical History, *Journal of Geophysical Research: Planets*. (2021) 126, doi.org/10.1029/2021JE006863.

Kiyoshi Kuramoto, Yasuhiro Kawakatsu, Masaki Fujimoto, Akito Araya, Maria Antonietta Barucci, Hidenori Genda, Naru Hirata, Hitoshi Ikeda, Takeshi Imamura, Jörn Helbert, Shingo Kameda, Masanori Kobayashi, Hiroki Kusano, David J. Lawrence, Koji Matsumoto, Patrick Michel, Hideaki Miyamoto, Tomokatsu Morota, Hiromu Nakagawa, Tomoki Nakamura, Kazunori Ogawa, Hisashi Otake, Masanobu Ozaki, Sara Russell, Sho Sasaki, Hirotaka Sawada, Hiroki Senshu, Shogo Tachibana, Naoki Terada, Stephan Ulamec, Tomohiro Usui, Koji Wada, Sei-ichiro Watanabe and Shoichiro Yokota, Martian moons exploration MMX: sample return mission to Phobos elucidating formation processes of habitable planets, *Earth, Planets and Space* (2022) 74:12, doi.org/10.1186/s40623-021-01545-7.

Tomoki Nakamura, Hitoshi Ikeda, Toru Kouyama, Hiromu Nakagawa, Hiroki Kusano, Hiroki Senshu, Shingo Kameda, Koji Matsumoto, Ferran Gonzalez-Franquesa, Naoya Ozaki, Yosuke Takeo, Nicola Baresi, Yusuke Oki, David J. Lawrence, Nancy L. Chabot, Patrick N. Peplowski, Maria Antonietta Barucci, Eric Sawyer, Shoichiro Yokota, Naoki Terada, Stephan Ulamec, Patrick Michel, Masanori Kobayashi, Sho Sasaki, Naru Hirata, Koji Wada, Hideaki Miyamoto, Takeshi Imamura, Naoko Ogawa, Kazunori Ogawa, Takahiro Iwata, Takane Imada, Hisashi Otake, Elisabet Canalias, Laurence Lorda, Simon Tardivel, Stéphane Mary, Makoto Kunugi, Seiji Mitsuhashi, Alain Doressoundiram, Frédéric Merlin, Sonia Fornasier, Jean-Michel Reess, Pernelle Bernardi, Shigeru Imai, Yasuyuki Ito, Hatsumi Ishida, Kiyoshi Kuramoto and Yasuhiro Kawakatsu, Science operation plan of Phobos and Deimos from the MMX spacecraft, *Earth, Planets and Space* (2021) 73:227, doi.org/10.1186/s40623-021-01546-6.

Hideaki Miyamoto, Takafumi Niihara, Koji Wada, Kazunori Ogawa, Hiroki Senshu, Patrick Michel, Hiroshi Kikuchi, Ryodo Hemmi, Tomoki Nakamura, Akiko M. Nakamura, Naoyuki Hirata, Sho Sasaki, Erik Asphaug, Daniel T. Britt, Paul A. Abell, Ronald-Louis Ballouz, Olivier S. Barnouin, Nicola Baresi, Maria A. Barucci, Jens Biele, Matthias Grott, Hideitsu Hino, Peng K. Hong, Takane Imada, Shingo Kameda, Makito Kobayashi, Guy Libourel, Katsuro Mogi, Naomi Murdoch, Yuki Nishio, Shogo Okamoto, Yuichiro Ota, Masatsugu Otsuki, Katharina A. Otto, Naoya Sakatani, Yuta Shimizu, Tomohiro Takemura, Naoki Terada, Masafumi Tsukamoto, Tomohiro Usui and Konrad Willner, Surface environment of Phobos and Phobos simulant UTPS, *Earth, Planets and Space* (2021) 73:214, doi.org/10.1186/s40623-021-01406-3.

Hiroki Senshu, Takahide Mizuno, Kazuhiro Umetani, Toru Nakura, Akihiro Konishi, Akihiko Ogawa, Hirokazu Ikeda, Koji Matsumoto, Hirotomo Noda, Yoshiaki Ishihara, Sho Sasaki, Naoki Tateno, Yasuyuki Ikuse, Katsunori Mayuzumi, Teiji Kase and Hisayoshi Kashine, Light detection and ranging (LIDAR) laser altimeter for the Martian Moons Exploration (MMX) spacecraft, *Earth, Planets and Space* (2021) 73:219, doi.org/10.1186/s40623-021-01537-7.

Bertram Boehrer, Kazuto Saiki, Takeshi Ohba, Greg Tanyileke, Dmitri Rouwet, Minoru Kusakabe, Carbon Dioxide in Lake Nyos, Cameroon, Estimated Quantitatively from Sound Speed Measurements, *Frontiers in Earth Science*, vol.9, DOI=10.3389/feart.2021.645011, 2021.

Keigo Enya, Masanori Kobayashi, Jun Kimura, Hiroshi Araki, Noriyuki Namiki, Hirotomo Noda and 45 coauthors, The Ganymede Laser Altimeter (GALA) for the Jupiter Icy Moons Explorer (JUICE): Mission, science, and instrumentation of its receiver modules, *Advances in Space Research* (21) 00885-1, DOI: doi.org/10.1016/j.asr.2021.11.036, 2021.

古谷克司, 犬飼亮太, 高野孝義, 岡田達明, 佐伯和人, 大上寛之, 真空環境における岩石のワイヤソ一切断加工 (第2報) 加工時の温度上昇, *精密工学会誌*, 88 卷, 2 号, pp. 198-205, 2022.

## 解説

大竹真紀子, 佐伯和人, 宮本英昭, 宇宙探査と地盤工学 第3章 月・惑星地盤の成り立ち, *地盤工学会誌*, 69 卷, 5 号, 2021.

荒木亮太郎, 荒川創太, 于賢洋, 鈴木雄大, 紅山仁, 前田夏穂, 太陽系若手研究会 2021 (SSBW2021) 開催報告, *日本惑星科学会誌* Vol. 31, No. 1, pp. 94-97, 2022.

## 学会研究会発表

### 国際会議

Sho Sasaki, Shiho Kanda, Hiroshi Kikuchi et al., Thermally Controlled Crack Orientation of Boulders on Ryugu: N-S Preference and Exfoliation Structure, *JpGU Meeting 2021*, Online, May 30 – Jun. 6, 2021.

Jun Kimura, Europa's structural conditions for the existence of subsurface ocean and the absence of metallic core-driven magnetic field, *JpGU Meeting 2021*, Online, May 30 – Jun. 6, 2021.

Jun Kimura, For the next decades of the icy worlds' science and exploration, *ISAS Planetary Exploration Workshop 2021*, Kanagawa, Japan, Sep. 22, 2021 (invited keynote talk).

Sho Sasaki, Sulfur effect of space weathering experiment simulating micrometeorite bombardment on the Hermean surface, *Workshop on Mercury's Surface Response to the Interplanetary Environment*, Online, Jan.27, 2022.

Sho Sasaki, Shiho Kanda et al., Crack Orientation of Boulders on Ryugu: Meridional Preference and Exfoliation, *31<sup>st</sup> ISTS*, Online, Mar.2, 2022.

Fuminori Tsuchiya, Go Murakami, Ryoichi Koga, Masato Kagitani, Tomoki Kimura, Kazuo Yoshioka, Atsushi Yamazaki, Shotaro Sakai, Jun Kimura, Chihiro Tao, Future observations of Jovian system with LOPYUTA (Life-environmentology, Astronomy, and PlanetarY Ultraviolet Telescope Assembly), *JpGU Meeting 2021*, Online, May 30 – June 6, 2021.

## 主要学会

### 国内会議

佐々木晶、神田志穂、菊地紘ほか、リュウグウ表面の熱疲労、日本惑星科学会 2021 年秋季講演会、オンライン、2021 年 9 月。

佐伯 和人、仲内悠祐、小川佳子、鹿山雅裕、北里宏平、出村裕英、長岡央、平野照幸、三河内岳、海老塚昇、岡本隆之、佐々木実、山形豊、石原吉明、唐牛譲、水野浩靖、月極域探査のための画像分光カメラ ALIS の開発、JpGU Meeting 2021、オンライン、2021 年 5-6 月。

佐伯和人、仲内悠祐、海老塚昇、岡本隆之、小川佳子、鹿山雅裕、北里宏平、佐々木実、出村裕英、長岡央、平野照幸、三河内岳、山形豊、石原吉明、唐牛譲、水野浩靖、月極域探査のための画像分光カメラ ALIS の仕様と開発状況、日本惑星科学会 2021 年秋季講演会、オンライン、2021 年 9 月。

佐伯和人、仲内悠祐、海老塚昇、岡本隆之、小川佳子、鹿山雅裕、北里宏平、佐々木実、出村裕英、長岡央、平野照幸、三河内岳、山形豊、石原吉明、唐牛譲、水野浩靖、近赤外分光による月の水氷資源探査の試み、第 65 回宇宙科学技術連合講演会、オンライン、2021 年 11 月。

荒木亮太郎、佐伯 和人、月極域探査のための鉱物種と粒径が異なる着氷鉱物粉体の近赤外分光観測、日本惑星科学会 2021 年秋季講演会、オンライン、2021 年 9 月。

川上結生、佐々木晶、盛満眞一、島名亮太、金属の露出した小惑星における 宇宙風化作用について、日本惑星科学会 2021 年秋季講演会、オンライン、2021 年 9 月。

有田直哉、木村淳、氷天体において高圧氷相境界が氷固相対流のダイナミクスに与える影響、日本惑星科学会 2021 年秋季講演会、オンライン、2021 年 9 月。

盛満眞一、佐々木晶、島名亮太、海田博司、廣井孝弘、カンラン石への紫外光照射を用いた宇宙風化模擬実験、日本惑星科学会 2021 年秋季講演会、オンライン、2021 年 9 月。

荒木亮太郎、佐伯 和人、月極域氷探査を見据えた着氷鉱物粉体の近赤外分光観測 ~鉱物種と粒径の差異が吸収強度に与える影響~、第 23 回惑星圏研究会、オンライン、2022 年 2 月。

Masahiro Kayama, Makiko Ohtake, Ko Hashizume, Kazuto Saiki, Chihiro Yamanaka, Reiko Nomura, Makoto Hareyama, Yoshifumi Saito, Teruaki Enoto, Hideaki Miyamoto, Tomokatsu Morota, Yuzuru Karouji, Yoshiaki Ishihara, Hiroyasu Mizuno, Takeshi Hoshino, Dai Asoh, Scientific approaches to promotion of the Lunar Polar Exploration, LUPEX, JpGU Meeting 2021, オンライン、2021 年 5-6 月。

高木聖子、松尾太郎、木村淳、吉岡和夫、木星氷衛星大気における Na と Ca の探索：地上望遠鏡による可視観測、JpGU Meeting 2021, オンライン、2021 年 5-6 月。

土屋史紀、村上豪、山崎敦、木村智、吉岡和夫、鍵谷将人、古賀亮、木村淳、成田憲保、亀田真吾、生駒大洋、大内正、田中雅、益永圭、堺正太郎、埜千尋、桑原正輝、鳥海森、LAPYUTA ワーキンググループ、惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡(LAPYUTA)計画の検

討, 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021 年 9 月.

塩谷圭吾, 小林正規, 木村淳, 並木則行, 荒木博志, 野田寛大, 押上祥子, 石橋高, 東原和行, 齋藤義文, フスマンハウケ, GALA チーム, JUICE 搭載ガニメデレーザ高度計(GALA): 概要および日本担当ハードウェアのフライトモデルの開発・出荷報告, 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021 年 9 月.

平井 隆之, 小林 正規, 荒井 朋子, 木村 宏, 佐々木 晶 他、DESTINY+搭載用ダストアナライザの開発と地上較正計画 2021, 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021 年 9 月.

大竹真紀子, 麻生大, 石原吉明, 井上博夏, 榎戸輝揚, 鹿山雅裕, 唐牛讓, 熊本篤志, 佐伯和人, 齋藤義文, 田中智, 橋爪光, 晴山慎, 星野健, 水野浩靖, 宮本英昭, 諸田智克, 山中千博, 月極域探査 (LUPEX) -アウトプット創出に向けた活動-, 日本惑星科学会 2021 年秋季講演会, オンライン, 2021 年 9 月.

仲内悠祐, 佐伯和人, 大竹真紀子, 佐藤 広幸, 長岡央, 本田親寿, 石原吉明, 西谷隆介, 白石浩章, MBC 開発チーム, 坂井真一郎, SLIM 搭載 Multi-Band Camera (MBC) の FM 光学性能・Auto-Focus 性能評価, 第 65 回宇宙科学技術連合講演会, オンライン, 2021 年 11 月.

木村智樹, 大槻美沙子, 北野智大, 星野亮, 仲内悠祐, 木村淳, 村上豪, 寺田直樹, 白井英之, 西野真木, 横田勝一郎, 三宅洋平, 太陽系天体の宇宙風化再現実験に向けた汎用プラズマ照射装置の開発・評価の現状, 第 149 回 SGEPPS 総会および講演会, オンライン, 2021 年 11 月.

土屋史紀, 村上豪, 山崎敦, 木村智樹, 吉岡和夫, 鍵谷将人, 古賀亮一, 木村淳, 成田憲保, 亀田真吾, 生駒大洋, 大内正己, 田中雅臣, 益永圭, 堺正太郎, 埜千尋, 桑原正輝, 鳥海森, 惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画の提案, 第 149 回 SGEPPS 総会および講演会, オンライン, 2021 年 11 月.

古賀亮一, 土屋史紀, 村上豪, 桑原正輝, 堺正太郎, 木村智樹, 吉岡和夫, 木村淳, 高木聖子, 次世代紫外線宇宙望遠鏡によるエウロパブルーム検出可能性の検討, 第 149 回 SGEPPS 総会および講演会, オンライン, 2021 年 11 月.

土屋史紀, 村上豪, 山崎敦, 木村智樹, 吉岡和夫, 鍵谷将人, 古賀亮一, 木村淳, 成田憲保, 亀田真吾, 大内正己, 田中雅臣, 益永圭, 堺正太郎, 埜千尋, 桑原正輝, 鳥海森, 惑星科学, 生命圏科学, および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA), 第 22 回宇宙科学シンポジウム, オンライン, 2022 年 1 月.

古賀亮一, 土屋史紀, 村上豪, 桑原正輝, 堺正太郎, 木村智樹, 吉岡和夫, 木村淳, 高木聖子, 山崎敦, 亀田真吾, LAPYUTA による氷衛星ブルームの観測に向けた科学検討, 第 22 回宇宙科学シンポジウム, オンライン, 2022 年 1 月.

村上豪, 土屋史紀, 山崎敦, 古賀亮一, 鍵谷将人, 吉岡和夫, 木村智樹, 木村淳, LAPYUTA WG, LAPYUTA: 惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画, 2021 年度宇宙

生命探査シンポジウム, オンライン, 2022年3月.

川村太一, 白石浩章, 田中智, 三谷烈史, 村上英樹, 小野寺圭佑, 鎌田俊一, 木村淳, 黒川宏之 (東工大), 西田究, 関根康人, 辻健, Dragonfly が目指す生命探査と DraGMet SEIS の地震観測, 2021年度宇宙生命探査シンポジウム, オンライン, 2022年3月.

村上豪, 土屋史紀, 山崎敦, 古賀亮一, 鍵谷将人, 吉岡和夫, 木村智樹, 木村淳, LOPYUTA WG, LOPYUTA: 惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画, 2021年度宇宙生命探査シンポジウム, オンライン, 2022年3月.

## 研究交流

### ① 他大学での講演・セミナー

木村淳, 外部太陽系天体の可視分光観測: 木星衛星 Europa, 土星衛星 Enceladus, Titan, 土星リング, 天王星衛星 Titania, Oberon, 北大附属天文台会議, オンライン, 2021年12月.

木村淳, 外部太陽系天体の可視分光観測: 木星衛星 Europa, 土星リング, 天王星衛星 Titania, Oberon, 北大附属天文台会議, オンライン, 2022年3月.

### ② 学内研究発表

#### 研究室公開セミナー

佐伯和人, 月極域探査ローバーに搭載予定の近赤外画像分光装置 ALIS の開発状況と運用イメージ, 2021年5月.

荒木亮太郎, 月模擬凍土を再現した近赤外スペクトル形状の研究, 2021年5月.

大高理, マルチアンビルプレスによる高圧下放射光 X 線実験, 2021年5月.

木村淳, ガリレオ衛星の地上望遠鏡可視観測, 2021年6月.

高橋華乃子, 月極域の永久影領域における水分子の付着・移動メカニズムの研究, 2021年6月.

筏明子, 氷天体における非ニュートン粘性と熱進化, 2021年6月.

有田直哉, 氷天体の高圧氷マントルでの対流における相境界の影響, 2021年6月.

小島晋一郎, 変形の局所化を組み込んだ氷殻内応力蓄積の効率化, 2021年7月.

盛満眞一, レーザ・紫外光照射による宇宙風化模擬実験, 2021年7月.

佐々木晶, リュウグウ、ベンヌ表面の熱疲労, 2021年7月.

加藤礼也, 月極域氷探査のための月模擬土壌を用いた近赤外スペクトル観測, 2021年7月.

高橋明寛, ルビジウム・ジャーマネート融体の圧力誘起局所構造変化, 2021年7月.

川上結生, カンラン石と鉄の混合物にかかる圧力別のスペクトル変化, 2021年7月.

山口朋恵, Enceladus のプルームと tiger stripe の形成についてのレビュー, 2021年8月.

鶴海達大, Europa 大気の構造や組成と plume の寄与, 2021年8月.

佐伯和人, 惑星探査に活かす「ものづくり」+Arduino 入門, 2021 年 10 月.

木村淳, 氷天体の可視近赤外観測における物質探索の科学と地上観測における大気補正問題への取り組み, 2021 年 11 月.

佐々木晶, 宇宙ダストを測る, 2021 年 11 月.

川上結生, カンラン石と鉄の混合物において粒径がスペクトルに与える影響, 2021 年 12 月.

有田直哉, 氷天体において高圧氷相境界が氷固相対流のダイナミクスに与える影響, 2021 年 12 月.

小島晋一郎, 木星衛星 Europa における内部海の固結が内部のダイナミクスに与える影響, 2021 年 12 月.

荒木亮太郎, 鉱物種と粒径が異なる着氷鉱物粉体の近赤外分光観測および吸収深さ検量手法の検討, 2021 年 12 月

高橋華乃子, 月永久影の水分子コールドトラップ再現装置の作製と水の付着深度分布考察, 2022 年 1 月.

鶴海達大, Europa 大気組成とその振る舞いについてのモデル計算結果との比較を目的とした可視近赤外スペクトルの解析, 2022 年 1 月.

盛満眞一, カンラン石への紫外光照射による宇宙風化模擬実験, 2022 年 1 月.

筏明子, 熱史計算と観測を用いた地下海の存在可能性の議論, 2022 年 1 月.

加藤礼也, 月極域探査のための着氷したレゴリスシミュラントの近赤外スペクトル測定, 2022 年 1 月.

山口朋恵, Enceladus プリュームの時間変化と組成の理解に向けた地上望遠鏡可視近赤外観測, 2022 年 1 月.

大高理, 液相や非晶質相等のランダム系における圧力誘起局所構造変化, 2022 年 1 月.

## 研究会

JpGU Meeting 2021, PS01: Outer Solar System Exploration today and tomorrow セッション, オンライン, 2021 年 5 月 30 日~6 月 6 日.

太陽系天体若手研究会 2021, オンライン, 2021 年 11 月 11 日~12 日.

Mercury's Surface Response to the Interplanetary Environment, オンライン, 2022 年 1 月 24 日~27 日.  
第 23 回惑星圏研究会, オンライン, 2022 年 2 月 8 日~10 日.

## 著書

ちいさな手のひら事典「月」, ブリジット・ビュラール=コルドー著, 佐伯和人監修, グラフィック社, 2021 年.

# 近藤研究室

当研究室では、地球・惑星・衛星の深部構造とその進化過程の解明を目指して、高温・高圧から低温・高圧に至る極限環境の再現と、その環境下にある物質に対する多様な計測法を組み合わせた実験を行っている。主な研究手法として、静的圧縮装置であるダイヤモンドアンビルセルやマルチアンビル型装置、また動的圧縮法として高強度レーザーを用い、特殊条件下での物性測定や、放射光施設を用いた各種その場観察法の開発も行なっている。令和3年度は直近の3月に着任した西准教授が新たにグループのスタッフとして加わり、新たな研究を展開した。令和3年度に行った主な研究活動を以下に記す。

## 1. 地球・惑星・衛星の深部構造と進化に関する研究

### 1.1 金属および鉄合金の音速・密度測定

地球や惑星の金属核の物性を調べるため、高圧力下における金属の密度や音速測定の基礎技術開発を行っている。特に液体金属に関する基本的な物性量測定の実験技術を確立する観点から、本年度はより高温条件下での測定を実現するために、レーザー加熱型ダイヤモンドアンビルを用いたX線吸収法による密度測定を SPring-8:BL10XU で行った。一方、高圧力下の音速測定では、米田明招聘研究員の協力を得て、ダイヤモンドアンビルと GHz 法を用いた高圧下の試料の音速測定の技術開発を進めており、50 万気圧領域の試料サイズを想定した測定で、薄膜試料の音速が測定可能となり、今後の高温下測定を想定した検討を行った。

### 1.2 小天体中における液体金属の分離過程に関する研究

初期の天体形成過程におけるケレスなどの小天体中の金属の珪酸塩からの分離機構として、浸透が候補に挙げられる。液体金属の浸透に関して岡山大学との共同研究として、高圧下における液体金属と珪酸塩の浸透の可能性を調べた。その結果、珪酸塩が輝石の場合には、既に報告があるカンラン石の場合よりもはるかに低圧側で、浸透の可否が逆転することが明らかになった。エンスタタイトコンドライトなどを想定した天体形成の場合は、初期の小天体中でも金属分離が起こせる可能性を示唆した。

### 1.3 高圧鉱物の非晶質化に関する研究

隕石を構成する鉱物として、しばしば超高圧下で熱力学的に安定な鉱物(高圧鉱物)が見つかる。これは天体衝突時の衝撃により瞬間的に高い温度圧力が生じるためである。しかしながら、このような高い圧力状態は、天体衝突後数秒以内に解消される。この脱圧直後に残る温度(残留温度)が高い場合、生成された高圧鉱物の非晶質化が引き起こされる。我々は、高圧鉱物が非晶質化する速度とその温度依存性を定量的に決定し、天体衝突前後の温度圧力履歴を解明するための新しい指標とすることを目標としている。今年度は、高圧合成したブリッジマナイト多結晶体の非晶質化の様子を、放射光を用いた高温 XRD 測定によって観察した。その結果、非晶質化に伴いブリッジマナイト粒子に 0.5 GPa 程度の圧力が発生し、これが非晶質化の進行を妨げることを見出した。

### 1.4 地球深部の水循環に関する研究

鉱物中に含まれる少量の水成分は、マントル対流に伴い地球内部を循環することが示唆される。特に、核—マントル境界は鉱物と液体金属鉄が超高温で接する地球内部最大の化学的不連続面であることから、地球内部の水循環により中心核付近に輸送された水が関与する大規模な化学反応の有無が議論されている。今回の実験では、出発物質として、含水化したブリッジマナイト(下部マントルの主要鉱物)と金属鉄とを重ね合わせ、高温高圧下における化学反応を観察した。回収試料の分析

により、含水ブリッジマナイトと金属鉄の境界部に酸化鉄を含む反応帯が確認された。これは無水の環境下での実験では見られない現象であり、水の存在によりマントルと中心核の化学反応が推進されることが示唆された。

## 1.5 氷天体の内部構造と進化に関する研究

多くの氷衛星の内部には液体水が存在する事が示唆されており、内部海の性質を知ることは、氷天体の構造や進化を理解する上で重要である。本年度は、継続して行っている氷の成長に対する電磁気学的な影響を調べるための研究を進めた。より広い視野で氷の成長を観察できるようになった結果、大量の粒子解析を行う必要が出たため、機械学習を用いた解析プログラムの作成を行い、まだ十分な学習データが得られていないが、より効率的に大量の粒子解析ができるようになった。粒子解析の結果からはこれまでに統計的に十分な粒子の形状や方位の分布にも電磁気学的な系な影響が認められることがわかった。また、内部海を持つ氷衛星内部の進化過程を考える上で、液体の密度変化は不可欠情報であるが、圧力下にある試料の密度測定法に関していくつかの可能性について予備実験を行い、その実験的な初期段階として屈折率測定を行う光学測定系の構築を行った。

## 2. 大型レーザー装置を使った地球惑星科学研究

### 2.1 隕石衝突に起因する金属/ケイ酸塩の分離過程の解明

衝突起因の金属/ケイ酸塩の分離や変成のプロセスの有無を検証することを目的とし、未分化天体を模擬した鉄合金とケイ酸塩の混合粉末試料を使って隕石衝突模擬実験を行い、回収試料の分析を行っている。今年度は、未分化天体内で液体金属相が出現することを想定し、初期温度約 1000K 程度の試料条件を実現するために、試料回収セルにヒーターを組み込んで高温発生のテストを行った。その結果、試料部の温度測定で約 800K の高温発生が可能となった。今後、更に改良を行い高温試料を出発条件とした隕石衝突模擬実験を行う予定である。

### 2.2. 衝撃回収試料の X 線回折パターン分析による変成度合の評価

隕石中に含まれる鉱物の変成状態からその隕石が受けた衝撃度合の分類が行われているが、その温度推定には不確実性が大きい。衝撃回収した試料と数値計算コード結果との比較から、試料が経験した温度に制約を与えることを目的として検討を行っている。特に衝撃回収試料の X 線回折パターンから衝撃変成度合を推定可能かを評価している。今年度はいくつかの橄欖岩の衝撃回収試料について微小部 X 線回折測定を行ったところ、衝撃点近傍では回折ピークがブロード状で、遠方に行くにしたがってスポット状に変化している結果が得られた。また、大型レーザーを用いた  $\text{SiO}_2$  粉末試料の衝撃回収に関しても、微小部 X 線回折による詳細な分析を進めている。衝撃点からの距離によって、回折線の線幅や格子体積に大きな変化が見られ、格子が不均質に歪んでいることがわかった。これらは光学顕微鏡観察による変成状態の異なる境界と整合的であるが、光学観察だけでは読み取れない、変成度の異なる境界を定量的に示せる可能性を示唆した。

## 3. 物性物理の研究

少量の磁性金属原子が非磁性金属中にランダムに配置するようにした合金はカノニカルスピングラスと呼ばれている。スピングラスの現象の理論に平均場近似とカイラリティ仮説があるが、平均場近似から予想される温度・磁場・ランダム磁気異方性の相図と、カイラリティ仮説から予想される相図とでは、ランダム磁気異方性が小さく低磁場の領域では一致していない。この領域の相図について実験から詳しく調べるために、カノニカルスピングラス  $\text{CuMn}$  よりランダム磁気異方性が小さ

くなる可能性が考えられる Cu-Mn-Al 系合金試料を合成、SQUID による磁化測定を行って温度-磁場相図を詳細に検討し、両理論の差を明確に示す転移曲線が現れない結果が得られた。

## 発表論文

- Ryo Tsuruoka, Hidenori Terasaki, Seiji Kamada, Fumiya Maeda, Tadashi Kondo, Naohisa Hirao, Saori I. Kawaguchi, Iori Yamada, Satoru Urakawa & Akihiko Machida, Density and elastic properties of liquid gallium up to 10 GPa using X-ray absorption method combined with externally heated diamond anvil cell, High pressure research, 41,379-391, 2021.
- H. Terasaki, T. Sakaiya, K. Shigemori, K. Akimoto, H. Kato, Y. Hironaka, and T. Kondo, “In situ observation of the Rayleigh–Taylor instability of liquid Fe and Fe–Si alloys under extreme conditions: Implications for planetary core formation”, *Matter and Radiation at Extremes* **6**, 054403, 2021.
- Asaka Kamiya, Hidenori Terasaki, Tadashi Kondo, Precise determination of the effect of temperature on the density of solid and liquid iron, nickel, and tin, Am.Mineral. 106,1077–1082, 2021.
- Masayuki Nishi, Phase transition of aluminium hydroxide at extremely high pressure, SPring-8/SACLA Research Frontiers 2020, 100-101, 2021.

## 学会研究会発表

### 国際会議

○84th Annual Meeting of the Meteoritical Society, Chicago, August 15-21, 2021.

- K. Kurosawa, H. Ono, T. Niihara, T. Mikouchi, T. Sakaiya, T. Kondo, N. Tomioka, H. Genda, T. Tada, R. Tada, M. Kayama, M. Koike, Y. Sano, T. Matsuzaki, M. Murayama, W. Satake, W. Okamoto, and T. Matsui, “Shock recovery of macro blocks of rocky materials with decaying shock waves”.

○Europlanet Science Congress 2021, Virtual meeting, September 13-24, 2021.

- H. Ono, K. Kurosawa, T. Niihara, T. Mikouchi, H. Genda, N. Tomioka, T. Sakaiya, T. Kondo, M. Kayama, M. Koike, Y. Sano, W. Satake, and T. Matsui, “Shock recovery of rocks with a variety of shock-induced pressure at a single shot”.

### 主要学会

○地球惑星科学連合大会(JpGU)2021 5月30～6月1日:現地開催(パシフィコ横浜ノース:横浜市)  
+6月3～6日:オンライン開催

- 鶴岡椋、米田明、鎌田誠司、寺崎英紀、近藤忠、山崎大輔, GHz ultrasonic velocity measurements of iron beyond the bcc-hcp transition II: sample thickness determination using X-ray imaging method.
- 米田明、鶴岡椋、鎌田誠司、寺崎英紀、近藤忠、山崎大輔, GHz ultrasonic velocity measurement of iron beyond bcc-hcp transition III: FEM analysis on GHz-DA.
- 三浦巧、寺崎英紀、近藤忠、大高理、芳野極, Possibility of percolation of Fe-S melts in asteroids.
- 寺崎英紀、神谷朝香、近藤忠, Density and thermal expansion of liquid and solid iron at 1 atm determined using high-temperature furnace (Invited Papers).

- ・ 黒澤耕介、玄田英典、東真太郎、岡崎啓史、大野遼、新原隆史、三河内岳、富岡尚敬、境家達弘、近藤忠、鹿山雅裕、小池みずほ、佐野有司、松崎琢也、村山雅史、佐竹渉、松井孝典、炭酸塩岩の高歪速度変形時の挙動 (Elasto-plastic behavior of carbonate rocks under high strain rate deformation)
- 第 62 回高圧討論会, オンライン開催, 2021 年 10 月 18-20 日
- ・ 大野正和, 近藤忠, 境家達弘, 重森啓介, 弘中陽一郎, レーザー衝撃圧縮を受けた SiO<sub>2</sub> の変成分布
  - ・ 鶴岡椋, 米田明, 加藤拓人, 鎌田誠司, 寺崎英紀, 近藤忠, 山崎大輔, 平尾直久, 河口沙織, GHz-DAC 法による高圧下での鉄の音速測定
  - ・ 寺崎英紀, 鎌田誠司, 紙名宏幸, 鶴岡椋, 近藤忠, 米田明, 河口沙織, 平尾直久, レーザー加熱式 DAC を用いた X 線吸収法による密度測定を試み
  - ・ Chertkova Nadezda, 近藤忠, 境家 達弘, 鶴岡椋, 西真之, Development of external heating techniques for *in situ* investigation of light elements systems at high pressure.
  - ・ 高市合流, 西原遊, 西真之, 下部マントルにおける地殻物質の再含水化に関する実験的検証

## 研究会

- 惑星深部理論研究会, 2021 年 3 月 11 日
- ・ 西真之, Role of deep water cycle on the core-mantle interaction

# 桂木研究室（ソフトマター地球惑星科学）

当研究室では、地球惑星の主に表層近傍領域を構成する様々な物質についてソフトマターの視点に立ち、その基礎物性解明から地球惑星関連現象、生命関連現象への応用までを目指した総合的研究に取り組んでいる。具体的には、粉体や流体とその混合物、生体物質、地震断層を構成する物質などの特性解明、それらの物質の関わる多様な自然科学現象の理解について実験的手法を中心として研究している。これらの実験実施に必要となる計測技術の開発なども必要に応じて行っている。

## 1. ソフトマター物性

### 1.1 粉体物性とその地球惑星科学的展開

地球惑星の表層に普遍的に存在する「粉体」の基礎物理特性の解明とその地球惑星科学関連現象への応用展開について実験的研究を行った。本年度は特に、階層構造を持った粉体の衝突応答、微粉末による粉体層の振動応答、階層構造を持った土壌団粒の保水性などについての研究を中心に様々な現象についての研究を行った。

#### (1) 階層粉体の力学

通常の粉体は剛体的な固体粒子の集団として定義され、摩擦や非弾性衝突等の散逸効果により様々な反直感的現象を呈することが知られている。その基礎物理特性は近年盛んに研究されているが、その構成要素である固体粒子が凝集体を形成し、更にその凝集体が多数集まることにより形成される階層粉体の特性についてはこれまでほとんど研究されることがなかった。

そこで、我々は直径  $5\ \mu\text{m}$  程度のガラスビーズの凝集により  $1\ \text{mm}$  程度の直径を持つ粒子を形成し、この  $1\ \text{mm}$  粒子を多数集めることにより構成される階層粉体層の衝突試験を行った。衝突を受ける階層粉体では粒子が破壊されることがある。この粒子破壊の程度を制御するために本研究では凝集粒子に焼結処理を施した。焼結処理の温度および時間を変化させることにより凝集粒子の強度を幅広い範囲で変化させることに成功し、凝集粒子の強度と衝突抵抗力との関係を定量的に明らかにした。

同様に焼結技術を用いて、さまざまな粒径をもつ凝集粒子群（階層粉体）の保水性評価についても取り組んだ。この階層性を持つ凝集粒子の集合は、土壌団粒をモデル化したものであり、その保水性、排水性を評価することは粉体物理の農学的応用を考える上で重要な要素となる。

また、直径  $5\ \mu\text{m}$  程度の微小ガラスビーズ層に振動を印加することにより、ガラスビーズ層の挙動が多様に変化することも新たに発見した。特に、振動強度を上げていくことにより層内に亀裂が成長し、成長した亀裂が層内を伝播することがあることを見出した。この亀裂の伝播速度は振動条件には依存しないことも実験的に明らかになった。

#### (2) 複雑粉体現象一般

その他にも、火山泥流を模擬した火山砕屑物と水の混合液の粘性計測、粉体層からの棒引き抜き時の応力鎖発展則の光弾性効果による可視化、回転砂山の変形における履歴効果、雪だるま型粒子による粉体サイロ流の特性、磁気反発相互作用による2次元多粒子系の圧縮応答挙動（圧縮力則および圧縮による秩序形成など）、振動粉体層にみられる太管現象（液体で見られる毛管現象に類似の粉体現象）、粉体層斜面を軽がり登る球体の運動などの研究テーマについても取り組んだ。また、フィラメント上の粒子（ひも）が多数絡み合うことにより形成される凝集体の構造についても単純な実験系を用いて（理学部物理学科1年生の田中玲奈さん、岩野詩織さんによる自主研究テーマとして）研究した。

## 1.2 流体力学現象の基礎と応用、その他

### (1)液滴の衝突・浮遊現象

液滴を粉体層に衝突させた際に噴出されるスプラッシュ粒子挙動のターゲット粉体層物性依存性を調べるために、スプラッシュ粒子の追跡技術を開発し、ターゲット粉体粒子のサイズを変化させ系統的衝突実験を行った。その結果、スプラッシュ挙動が液滴の表面張力効果、液滴の衝突慣性、およびターゲット粒子慣性の効果が絡み合うことにより複雑に（非単調に）変化することが明らかになった。

さらに、熔融金属の固体壁面衝突後の挙動を数値計算を用いて明らかにした。得られた結果から、液滴外縁では表面張力や慣性に起因する不安定性が発生し、液滴表面形状が波打つことを明らかにした。

また、高温の基板上で液滴が浮上するライデンフロスト現象についての実験にも取り組んだ。具体的には、金属メッシュを基板として用い、メッシュ構造上でライデンフロスト現象の起こる条件について実験的に明らかにした。さらに、ラチェット上でライデンフロスト液滴の自発的な運動を可視化観察し、運動の詳細なメカニズムを明らかにした。

### (2)マイクロスケールにおけるマランゴニ対流

プラズモニックバブル表面でマランゴニ対流を発生させ、広範囲に存在するバルク溶液中のナノ粒子をバブル底面に集積可能であることを実験的に示し、その過程を可視化した。

## 2. 生体分子によるエネルギー変換と複合体形成の生物物理学的解析

生命現象は複雑かつ多種多様であり、それらを理解するためには、究極のソフトマターである生体分子の作動機構や他の分子との相互作用を解明する必要がある。我々は、ほとんどの生物種が持つ LOV ドメインに着目して、生体分子による光情報の受容と伝達の分子機構を解析している。これまでの LOV ドメインの研究が、タンパク質全体の活性を調べることなく行われてきたことを考慮して、効果ドメインとして DNA 領域を持つ光ジッパータンパク質 (PZ) をモデルタンパク質とした解析を行った。その結果、光による LOV ドメイン・コア領域の構造変化が  $\beta$  シートの疎水性アミノ酸を経由して N 末側の A' $\alpha$  ヘリックスを解離させることが示された。また、その A' $\alpha$  ヘリックスの解離により、LOV ドメイン間に水素結合が形成されて PZ の二量体が安定化し、DNA 結合性が增大することを示した。

## 3. 地震と断層の物質科学

地震発生プロセスは震源核の形成、動的破壊の開始、広域への破壊伝播、地震波放出、地殻変動、津波発生などと非常に複雑である。近年の地震観測および地殻変動観測の進展によって、地震時の断層の滑り様式や静穏時の固着過程およびゆっくり滑りなど、新しい知見が次々と報告されつつあるが、物質科学的にどのような機構やプロセスによるものであるかはいまだ不明なことが多い。そのため、地震を理解するためには、観測のみならず、断層に着目した地震の物理を研究することが極めて重要である。本年度は、南アフリカの金鉱床付近で発生した M5.5 のオークレー地震に焦点を充て、断層研究を推進した。

国際陸上掘削プロジェクトで採取された断層試料を多角的に分析した結果、震源断層は多くの滑石を含み、かつ高い帯磁率を示すことが明らかになった。これらの特徴は、断層が強い変質を受けたランプロファイア沿いに発達していることと調和的であり、かつ摩擦特性が速度強化のため、地

震時の大規模滑りの抑制が生じたと推定される。

## 発表論文

History-dependent growth and reduction of the ripples formed on a swept granular track

S. Hata, M. Katsura, and H. Katsuragi, *Eur. Phys. J. E* 45, 8 (2022).

Deformation of a rotated granular pile governed by body-force-dependent friction

T. Irie, R. Yamaguchi, S. Watanabe, and H. Katsuragi, *Phys. Rev. E* 104, 064902 (2021).

Measurement of surface deformation and cohesion of a granular pile under the effect of centrifugal force

T. Irie, R. Yamaguchi, S. Watanabe, and H. Katsuragi, *Meas. Sci. Technol.* 32, 125301 (2021).

Clogging phenomena in a system of asymmetric dumbbells

A. Vamsi Krishna Reddy, K. Anki Reddy, I. Zuriguel, and H. Katsuragi, *J. Stat. Mech.* 2021, 063201 (2021).

Force chain structure in a rod-withdrawn granular layer

F. Okubo and H. Katsuragi, *Mod. Phys. Lett. B* 35, 2150206 (2021).

Grain size effect on the compression and relaxation of a granular column: solid particles vs dust agglomerates

F. Pacheco Vazquez, T. Omura, and H. Katsuragi, *EPJ Web of Conf.* 249, 07005 (2021).

Effect of Water Saturation on the Electrical Conductivity of Microporous Silica Glass

R. Umezawa, M. Katsura and S. Nakashima, *Transp Porous Med* 138, 225–243 (2021).

Effects of pore water distributions on P-wave velocity–water saturation relations in partially saturated sandstones

T. Horikawa, M. Katsura, T. Yokota and S. Nakashima, *Geophys. J. Int.* 226, 1558–1573(2021)

Droplet motion by Leidenfrost phenomenon on Zn plate surfaces with and without ZnO nanorods

T. Hirokawa, M. Sakai, K. Yamamoto, M. Motosuke, T. Isobe, S. Matsushita, A. Nakajima, *Mat. Chem. Phys.* 273, 125123 (2021).

Numerical simulation of the solidification phenomena of single molten droplets impinging on non-isothermal flat plate using explicit moving particle simulation method

K. Fukudome, Y. Muto, K. Yamamoto, H. Mamori, M. Yamamoto, *Int. J. Heat Mass Transfer* 180, 121810 (2021).

Accumulation mechanism of nanoparticles around photothermally generated surface bubbles

K. Okada, K. Kodama, K. Yamamoto, M. Motosuke, *J. Nanopart. Res.* 23, 188 (2021).

Determining particle depth positions and evaluating dispersion using astigmatism PTV with a neural network

Y. Ichikawa, R. Kikuchi, K. Yamamoto, M. Motosuke, *Appl. Opt.* 60 (22), 6538–6546 (2021).

微粒子懸濁によるマイクロ混相流の挙動変化

山本 憲, 可視化情報 42(163), 3-6 (2022).

Transmission of light signals from the light-oxygen-voltage core via the hydrophobic region of the  $\beta$ -sheet surface in aureochrome-1

Nakajima, H., Kobayashi, I., Adachi, Y., Hisatomi, O. *Scientific Reports*, 11:11995. (2021).

## 学会研究会発表

### 主要学会

粉体内の巨視的応力分布のガラス的不規則構造【依頼講演】

桂木洋光, 日本物理学会 第 77 回年次大会「2022 年国際ガラス年記念シンポジウム: ガラス転移はどこまでわかったのか? ~ガラス研究の最先端と普遍性~」, 2022 年 3 月 15-19 日, オンライン.

粉体ヒープの回転による付着力評価

入江輝紀, 山口隆正, 渡邊誠一郎, 桂木洋光\*, 日本物理学会 第 77 回年次大会, 2022 年 3 月 15-19 日, オンライン.

メッシュ状壁面におけるライデンフロスト転移温度測定

種子文也, 山本憲, 桂木洋光, 日本物理学会 第 77 回年次大会, 2022 年 3 月 15-19 日, オンライン.

ダスト凝集に繊維状物質が与える影響~部屋の埃から微惑星形成まで~

岩野志織, 田中玲奈, 桂木洋光, 日本物理学会 第 77 回年次大会, 2022 年 3 月 15-19 日, オンライン.

液滴の粉体層衝突によるスプラッシュの計測

張イ, 山本憲, 桂木洋光, 日本物理学会 第 77 回年次大会, 2022 年 3 月 15-19 日, オンライン.

団粒構造による土壌の保水性評価

保田彪賀, 桂木洋光, 日本物理学会 第 77 回年次大会, 2022 年 3 月 15-19 日, オンライン.

宇宙・地球・生態を貫く粉体の物理【依頼講演】

桂木洋光, 航空宇宙学会関西支部 第 480 回航空宇宙懇談会, 2022 年 2 月 4 日, オンライン.

Measuring cohesion by rotating a granular pile

H. Katsuragi, T. Irie, R. Yamaguchi, and S. Watanabe, The 8th Asian Particle Technology Symposium, Oct. 11-14, 2021, Osaka, Japan (hybrid).

Impact dynamics in hierarchically structured granular materials

F. Okubo and H. Katsuragi, The 8th Asian Particle Technology Symposium, Oct. 11-14, 2021, Osaka, Japan (hybrid).

Water retention in model soil aggregates

H. Yasuda, M. Katsura, and H. Katsuragi, The 8th Asian Particle Technology Symposium, Oct. 11-14, 2021, Osaka, Japan (hybrid).

Physical characterization of novel phenomena found in a vibrated powder bed

P. R. Sonar and H. Katsuragi, The 8th Asian Particle Technology Symposium, Oct. 11-14, 2021, Osaka, Japan (hybrid).

融雪型火山泥流の粘度計測に関する検討

小田憲一, 新屋啓文, 桂木洋光, 雪氷研究大会 (2021), 2021年9月13-16日, 千葉-オンライン.

階層的構造を持つ粉体における固体弾自由落下衝突ダイナミクスの実験的研究

大久保文暁, 桂木洋光, 混相流シンポジウム2021, 2021年8月22-24日, オンライン.

団粒構造による土壌の保水性評価

保田彪賀, 桂誠, 桂木洋光, 混相流シンポジウム2021, 2021年8月22-24日, オンライン.

Experimental and numerical demonstrations for development of composite planar fabrics in fault zones

Takeshi Miyamoto, Tetsuro Hirono, Akari Fuke, Kiyokazu Oohashi, and Satoshi Yukawa

the virtual EGU General Assembly 2021 (vEGU21), online, April 2021 (2-minutes oral presentation and text chat)

Geochemical Approach to Evaluate Slip Behavior of an Ancient Plate Boundary Fault in the Shimanto Accretionary, Japan

Ayana SHIMAMOTO, Tetsuro HIRONO, Tsuyoshi ISHIKAWA

AOGS2021 VIRTUAL 18th annual meeting, オンライン開催, 2021年8月 (口頭)

摩擦実験と数値計算による断層複合面構造の発達過程の物理的描像の解明

宮本 英, 廣野 哲朗, 福家 朱莉, 湯川 諭

日本地球惑星科学連合2021年大会, オンライン開催, 2021年6月 (口頭)

回転式せん断摩擦試験機を用いた砂岩の摩擦挙動の解明

矢野 弘道, 宮本 英, 廣野 哲朗,

日本地球惑星科学連合2021年大会, オンライン開催, 2021年6月 (口頭発表)

四万十帯日高川層群美山累層における太古のプレート境界断層の滑り痕跡:有機地球化学-地球化学的分析によるアプローチ

嶋本朱那, 廣野哲朗, 石川剛志, 小川丈彰

日本地球惑星科学連合2021年大会, オンライン開催, 2021年6月 (口頭発表)

含水条件における炭質物の熱熟成反応の実験的評価:地震時の断層摩擦発熱の指標として

岩垣恵太, 廣野哲朗

日本地球惑星科学連合大会2021年大会, オンライン開催, 2021年6月 (口頭)

様々なスケールで断層に発達する複合面構造とその物理的描像

宮本 英, 廣野 哲朗, 湯川 諭

日本活断層学会 2021 年度秋季学術大会, 現地開催 (富山大学五福キャンパス), 2021 年 10 月 22 日 (口頭)

断層摩擦発熱の指標としての炭質物の熱熟成反応の含水条件下での実験的評価

岩垣恵太, 廣野哲朗

日本地震学会 2021 年度秋季大会, オンライン開催, 2021 年 10 月 (口頭)

液滴表面温度不均一性に起因するライデンフロスト液滴の駆動方向変化

山本憲, 日本物理学会 第 77 回年次大会, 2022 年 3 月 15-19 日, オンライン.

ライデンフロスト現象による水滴の自走の主要機構の時間依存性

廣澤拓哉, 磯部敏宏, 松下祥子, 中島章, 山本憲, 酒井宗寿, 日本セラミックス協会 年会 2022, 2022 年 3 月, 東京 (オンライン).

光散乱を用いた単一ナノ粒子の高感度検出

左藤麟太郎, 芹田真澄, 市川賀康, 山本憲, 元祐昌廣, 第 31 回 MRS-J 年次大会, 2021 年 12 月, 横浜.

ホログラフィックプラズモン光ピンセットによるナノ粒子の操作

小玉健人, 岡田皓輝, 山本憲, 市川賀康, 元祐昌廣, 第 31 回 MRS-J 年次大会, 2021 年 12 月, 横浜.

チップ内細胞培養のための電場駆動灌流ポンプの開発

小林颯介, 檜垣知加, 川田到, 市川賀康, 山本憲, 元祐昌廣, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第 44 回研究会, 2021 年 11 月, 姫路 (オンライン).

ラチェット上におけるライデンフロスト液滴駆動の温度・壁面依存性

廣澤拓哉, 酒井宗寿, 山本憲, 元祐昌廣, 磯部敏宏, 松下祥子, 中島章, 日本機械学会 熱工学コンファレンス 2021, 2021 年 10 月, 佐賀 (オンライン).

非点収差 PTV における機械学習を用いた粒子軌行位置の校正とその有効性

市川賀康, 菊地亮太, 山本憲, 元祐昌廣, 日本流体力学会 年会 2021, 2021 年 9 月, 東京 (オンライン).

混相流の特性を利用した血液型判定マイクロ流体チップ

山本憲, 櫻井亮介, 元祐昌廣, 第 49 回可視化情報シンポジウム, 2021 年 9 月, 横浜 (オンライン).

金ナノ構造体の光熱変換によって生成するマイクロバブルによる粒子収集メカニズムの解明

岡田皓輝, 小玉健人, 市川賀康, 山本憲, 元祐昌廣, 第 49 回可視化情報シンポジウム, 2021 年 9 月, 横浜 (オンライン).

液膜上エレクトロウェッティング (EWOLF) における液滴内部流動の可視化

高木森平, 山本憲, 市川賀康, 元祐昌廣, 第 49 回可視化情報シンポジウム, 2021 年 9 月, 横浜 (オンライン).

ライデンフロスト液滴の蒸気ポケット形状の変化

山本憲, 片山圭吾, 元祐昌廣, 日本混相流学会混相流シンポジウム 2021, 2021 年 8 月, 大阪 (オンライン).

ライデンフロスト液滴の多波長計測

山本憲, 東京理科大学 総合研究院 ウォーターフロンティア研究センター キックオフシンポジウム, 2021 年 6 月, オンライン.

皮膚装着型フレキシブル発汗量センサの開発

森下裕樹, 山本憲, 四反田功, 元祐昌廣, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第 43 回研究会, 2021 年 5 月, オンライン.

ROT/DEP を用いた HeLa 細胞の 6-thioguanine 耐性の有無による分離

依田和真, 佐々木勇斗, 山本憲, 元祐昌廣, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第 43 回研究会, 2021 年 5 月, オンライン.

電場駆動流による灌流培養に向けた培地交換法の検討

川田到, 小林颯介, 山本憲, 元祐昌廣, 化学とマイクロ・ナノシステム学会 第 43 回研究会, 2021 年 5 月, オンライン.

Label-free dielectrophoretic separation of cancer cells by drug resistance

K. Yoda, Y. Sasaki, K. Yamamoto, Y. Ichikawa, M. Motosuke, 25th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Science (MicroTAS 2021), Palm Spring (hybrid), October 2021.

The role of ribitol-phosphate of the chromophore (FMN) in AUREO1 (AUREO1 における発色団 FMN のリビトールリン酸の役割)

O. Hisatomi and Y. Nagano, 第 59 回日本生物物理学会年会, 2021.11.25-27 (オンライン)

Photoreaction of Aureochrome-3 in a brown alga, *E. siliculosus* (褐藻類シオミドロ Aureochrome-3 の光反応)

Y. Nagano, Y. Adachi, and O. Hisatomi, 第 59 回日本生物物理学会年会, 2021.11.25-27 (オンライン)

The role of hydrogen bonds in the stabilization of AUREO1 dimer (AUREO1 の二量体安定性における水素結合の役割)

Y. Adachi, H. Nakajima, Y. Nagano, and O. Hisatomi, 第 59 回日本生物物理学会年会, 2021.11.25-27 (オンライン)

High-speed AFM observation on the light-induced dimerization of a bZIP transcription factor, Photozipper (bZIP 型転写因子 Photozipper における光誘起二量体形成過程の高速 AFM 観察)

A. Tsuji, H. Yamashita, O. Hisatomi, and M. Abe, 第 59 回日本生物物理学会年会, 2021.11.25-27 (オンライン)

高速原子間力顕微鏡による光応答転写因子 Photozipper の二量体形成メカニズムに関する研究  
辻 明宏, 山下 隼人, 久富 修, 阿部 真之, 応用物理学会関西支部 2021 年度第 1 回講演会 2021.4.23 (オンライン)

High-speed AFM observation on the blue light-induced dimer formation of the transcription factor, Photozipper (転写因子 Photozipper の青色光応答による二量体形成過程の高速 AFM 観察)

A. Tsuji, H. Yamashita, O. Hisatomi, and M. Abe, 第 21 回日本蛋白質科学会年会 2021.6.16~18 (オンライン)

### 研究交流

粉体層の変形・衝突の物理とその惑星科学的応用の可能性【依頼セミナー】

桂木洋光, 東京大学地球惑星物理セミナー, 2022 年 2 月 2 日, オンライン.

Laboratory experiments of granular slope relaxation【依頼セミナー】

H. Katsuragi, September 27, 2021, Mechanical Engineering Department Seminar, IIT Kanpur, India, (online).

液滴の運動とせん断流【依頼セミナー】

山本憲, 日本機械学会 せん断流の多様な機能の探求と先端科学技術への応用に関する研究分科会 (3) 第 5 回分科会, 2021 年 9 月 16 日, オンライン.

# 住研究室（赤外線天文学）

本研究室の研究分野は赤外線天文学で、地上望遠鏡やスペース望遠鏡を用いた赤外線観測（可視光、サブミリ波を含む）により、宇宙諸現象の研究とそのための装置開発を行っている。特に、太陽系外惑星（系外惑星）の形成過程の解明に焦点をあて、将来は太陽系外生命現象の検出を目指している。また、重力波天体（ブラックホール、中性子星連星）の光学的同定、銀河系の構造、暗黒物質などの研究も行っている。

本年度はニュージーランドの MOA-II 望遠鏡、すばる望遠鏡などを用いて、太陽系外惑星、原始惑星系円盤、星などの観測を行った。さらに世界初の近赤外線重力マイクロレンズ観測を実現する PRIME 望遠鏡の建設を行っている。また NASA の Kepler 衛星などのアーカイブデータを利用した、系外惑星などの研究をおこなった。さらに、将来の展開への準備として、次世代宇宙赤外線望遠鏡 Roman, LUVOIR 計画の検討を国際協力で進めた。

## 1. 地上望遠鏡による系外惑星の研究

### 1.1 重力マイクロレンズ現象による系外惑星の探索 MOA

名大他との共同研究 MOA プロジェクトを推進し、重力マイクロレンズ現象を利用して系外惑星の探索を継続した。ニュージーランドに設置した専用の 1.8m 広視野望遠鏡「MOA-II」を利用し、約 5 千万個の星を毎晩 10~50 回と高頻度で観測する事により、世界で初めて 1 日程度の短い増光現象を検出できる。これにより、星から遠い軌道を回る惑星の存在量を見積もり、それらの形成過程の解明を目指している。2021 年度は、新たに 9 個の系外惑星を発見した。

### 1.2 近赤外線重力マイクロレンズ望遠鏡 PRIME

世界初の近赤外線重力マイクロレンズ観測 PRIME 望遠鏡の建設を始めた。新たに口径 1.8m の望遠鏡を製作し、NASA から最新の近赤外線アレイセンサーの供給を受けて、南アフリカ天文台が建設するドームに設置する。これによって、恒星数密度が極めて高い銀河系のバルジ中心部方向についても、手前の暗黒星雲を透過して重力マイクロレンズ現象を観測できるようになると期待される。2021 年度は、1.8m 主焦点広視野望遠鏡を南アフリカ、サザerland天文台にインストールする予定だったが、コロナの影響で遅れている。SAAO は、本年度、望遠鏡を格納する建物を完成させた。

## 2. 宇宙望遠鏡を用いた研究

### 2.1 Roman 宇宙赤外線望遠鏡によるマイクロレンズ系外惑星探査

2026 年打ち上げ予定の NASA の口径 2.4m 次期大型宇宙望遠鏡 Roman に参加して、スペースからのマイクロレンズ惑星探査を行う。地球軌道の外側の全ての惑星分布を解明し、惑星系形成過程を解明する。2021 年度は、JAXA でプロジェクト化して、フェーズ B に進むための審査の準備を行なった。

### 2.2 太陽系外惑星大気分光観測による地球外生命探査

2040 年代に提案されている NASA の超大型宇宙望遠鏡ミッション（LUVOIR）への参加を念頭に置き、太陽系外生命探査のための検討及び技術実証を行っている。太陽系外惑星の直接撮像や食を利用した惑星の大気分光で、惑星の大気成分を測定し、生命が存在する痕跡（バイオシグネチャー）を見つけ出すのに必要な、衛星搭載用の非常に安定した装置の開発を行っている。本年度は、学術会

議マスタープランへの提案を行った。

2.3 Kepler, TESS, Gaia, ALMA 等の衛星・地上観測データを用いた系外惑星、恒星、原始惑星系円盤の研究。特に恒星と食を起こすトランジット惑星系の軌道構造を詳細に調べることを通じて、多様な惑星系の形成・進化の過程を明らかにすることを目指している。

## 発表論文

“Asteroid Lightcurves from the MOA-II Survey: A pilot study”,

Cordwell, A. J. ; Rattenbury, N. J. ; Bannister, M. T. ; Cowan, P. ; Abe, Fumio ; Barry, Richard ; Bennett, David P. ; Bhattacharya, Aparna ; Bond, Ian A. ; Fujii, Hirosane ; Fukui, Akihiko ; Itow, Yoshitaka ; Silva, Stela Ishitani ; Hirao, Yuki ; Kirikawa, Rintaro ; Kondo, Iona ; Koshimoto, Naoki ; Matsubara, Yutaka ; Matsumoto, Sho ; Muraki, Yasushi ; Miyazaki, Shota ; Okamura, Arisa ; Ranc, Clément ; Satoh, Yuki ; Sumi, Takahiro ; Suzuki, Daisuke ; Tristram, Paul J. ; Toda, Taiga ; Yama, Hibiki ; Yonehara, Atsunori ; (The MOA Collaboration), Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, (2022), 10.1093/mnras/stac674

“OGLE-2014-BLG-0319: A Sub-Jupiter-mass Planetary Event Encountered Degeneracy with Different Mass Ratios and Lens-source Relative Proper Motions”,

Shota Miyazaki, Daisuke Suzuki, Andrzej Udalski, Naoki Koshimoto, David P. Bennett, Nicholas J. Rattenbury, Takahiro Sumi, Fumio Abe, Richard K. Barry, Aparna Bhattacharya, Ian A. Bond, Akihiko Fukui, Hirosane Fujii, Yuki Hirao, Stela Silva, Yoshitaka Itow, Rintaro Kirikawa, Iona Kondo, Brandon Munford, Y. Matsubara, Sho Matsumoto, Yasushi Muraki, Arisa Okamura, Greg Olmschenk, Clément Ranc, Yuki K. Satoh, Taiga Toda, P. J. Tristram, Hibiki Yama, A. Yonehara, Radek Poleski, Przemek Mroz, Jan Skowron, Michal Szymanski, Igor Soszynski, Pawel Pietrukowicz, Syzmon Kozlowski, Krzysztof Ulaczyk, Lukasz Wyrzykowski, The Astronomical Journal, 163, 123. (2022), 10.3847/1538-3881/ac4960

“Systematic KMTNet Planetary Anomaly Search. II. Six New  $q < 2 \times 10^{-4}$  Mass-ratio Planets”,

Kyu-Ha Hwang, Weicheng Zang, Andrew Gould, Andrzej Udalski, Ian A. Bond, Hongjing Yang, Shude Mao, (Lead Authors), Michael D. Albrow<sup>8</sup>, Sun-Ju Chung, Cheongho Han, Youn Kil Jung, Yoon-Hyun Ryu, In-Gu Shin, Yossi Shvartzvald, Jennifer C. Yee, Sang-Mok Cha, Dong-Jin Kim, Hyoun-Woo Kim<sup>1</sup>, Seung-Lee Kim, Chung-Uk Lee, Dong-Joo Lee<sup>1</sup>, Yongseok Lee, Byeong-Gon Park, Richard W. Pogge, (KMTNet Collaboration), Przemek Mróz, Radek Poleski, Jan Skowron, Michał K. Szymański, Igor Soszyński, Paweł Pietrukowicz, Szymon Kozłowski, Krzysztof Ulaczyk, Krzysztof A. Rybicki, Patryk Iwanek, Marcin Wrona, Mariusz Gromadzki, (OGLE Collaboration), Fumio Abe, Richard Barry, David P. Bennett, Aparna Bhattacharya, Hirosane Fujii, Akihiko Fukui, Yuki Hirao, Yoshitaka Itow, Rintaro Kirikawa, Iona Kondo, Naoki Koshimoto, Brandon Munford, Yutaka Matsubara, Shota Miyazaki, Yasushi Muraki, Greg Olmschenk, Clément Ranc, Nicholas J. Rattenbury<sup>4</sup>, Yuki K. Satoh, Hikaru Shoji, Stela Ishitani Silva<sup>1</sup>, Takahiro Sumi, Daisuke Suzuki, Paul J. Tristram, Atsunori Yonehara, (The MOA Collaboration), Xiangyu Zhang, Wei Zhu, Matthew T. Penny, Pascal Fouqué, and (The Tsinghua & CFHT Microlensing Group) The Astronomical Journal, 163, 43. (2022), 10.3847/1538-3881/ac38ad

“KMT-2021-BLG-0912Lb: a microlensing super Earth around a K-type star”,

Han, Cheongho ; Bond, Ian A. ; Yee, Jennifer C. ; Zang, Weicheng ; Albrow, Michael D. ; Chung, Sun-Ju ;

Gould, Andrew P. ; Hwang, Kyu-Ha ; Jung, Youn Kil ; Kim, Doeon ; Lee, Chung-Uk ; Ryu, Yoon-Hyun ; Shin, In-Gu ; Shvartzvald, Yossi ; Cha, Sang-Mok ; Kim, Dong-Jin ; Kim, Seung-Lee ; Lee, Dong-Joo ; Lee, Yongseok ; Park, Byeong-Gon ; Pogge, Richard W. ; Abe, Fumio ; Barry, Richard ; Bennett, David P. ; Bhattacharya, Aparna ; Hirao, Yuki ; Fujii, Hirosane ; Fukui, Akihiko ; Itow, Yoshitaka ; Kirikawa, Rintaro ; Kondo, Iona ; Koshimoto, Naoki ; Matsubara, Yutaka ; Matsumoto, Sho ; Muraki, Yasushi ; Miyazaki, Shota ; Ranc, Clément ; Okamura, Arisa ; Rattenbury, Nicholas J. ; Satoh, Yuki ; Sumi, Takahiro ; Suzuki, Daisuke ; Ishitani Silva, Stela ; Toda, Taiga ; Tristram, Paul J. ; Yama, Hibiki ; Yonehara, Atsunori ; Cooper, Tony ; Dimitrov, Plamen ; Dong, Subo ; Drummond, John ; Green, Jonathan ; Hennerley, Steve ; Liu, Zhuokai ; Mao, Shude ; Maoz, Dan ; Penny, Matthew ; Yang, Hongjing,  
*Astronomy & Astrophysics*, 658, A94. (2022), 10.1051/0004-6361/202142495

“An Earth-mass planet in a time of COVID-19: KMT-2020-BLG-0414Lb”,

Zang, Weicheng; Han, Cheongho ; Kondo, Iona ; Yee, Jennifer C. ; Lee, Chung-Uk ; Gould, Andrew ; Mao, Shude ; de Almeida, Leandro ; Shvartzvald, Yossi ; Zhang, Xiangyu ; Albrow, Michael D. ; Chung, Sun-Ju ; Hwang, Kyu-Ha ; Jung, Youn Kil ; Ryu, Yoon-Hyun ; Shin, In-Gu ; Cha, Sang-Mok ; Kim, Dong-Jin ; Kim, Hyoun-Woo ; Kim, Seung-Lee ; Lee, Dong-Joo ; Lee, Yongseok ; Park, Byeong-Gon ; Pogge, Richard W. ; Drummond, John ; Tan, Thiam-Guan ; Nascimento Júnior, José Dias do ; Maoz, Dan ; Penny, Matthew T. ; Zhu, Wei ; Bond, Ian A. ; Abe, Fumio ; Barry, Richard ; Bennett, David P. ; Bhattacharya, Aparna ; Donachie, Martin ; Fujii, Hirosane ; Fukui, Akihiko ; Hirao, Yuki ; Itow, Yoshitaka ; Kirikawa, Rintaro ; Koshimoto, Naoki ; Alex Li, Man Cheung ; Matsubara, Yutaka ; Muraki, Yasushi ; Miyazaki, Shota ; Olmschenk, Greg ; Ranc, Clément ; Rattenbury, Nicholas J. ; Satoh, Yuki ; Shoji, Hikaru ; Silva, Stela Ishitani ; Sumi, Takahiro ; Suzuki, Daisuke ; Tanaka, Yuzuru ; Tristram, Paul J. ; Yamawaki, Tsubasa ; Yonehara, Atsunori ; Petric, Andreea ; Burdullis, Todd ; Fouqué, Pascal,  
*Research in Astronomy and Astrophysics*, 21, 239. (2021), 10.1088/1674-4527/21/9/239

“OGLE-2019-BLG-0960 Lb: the Smallest Microlensing Planet”,

Yee, Jennifer C; Zang, Weicheng; Udalski, Andrzej; Ryu, Yoon-Hyun; Green, Jonathan ; Hennerley, Steve ; Marmont, Andrew ; Sumi, Takahiro; Mao, Shude; Gromadzki, Mariusz; Mróz, Przemek; Skowron, Jan; Poleski, Radoslaw; Szymański, Michał K.; Soszyński, Igor; Pietrukowicz, Paweł ; Kozłowski, Szymon; Ulaczyk, Krzysztof; Rybicki, Krzysztof A. ; Iwanek, Patryk; Wrona, Marcin; Albrow, Michael D. ; Chung, Sun-Ju; Gould, Andrew ; Han, Cheongho ; Hwang, Kyu-Ha; Jung, Youn Kil ; Kim, Hyoun-Woo ; Shin, In-Gu; Shvartzvald, Yossi; Cha, Sang-Mok ; Kim, Dong-Jin ; Kim, Seung-Lee; Lee, Chung-Uk ; Lee, Dong-Joo ; Lee, Yongseok ; Park, Byeong-Gon ; Pogge, Richard W.; Bachelet, Etienne; Christie, Grant ; Hundertmark, Markus P. G. ; Maoz, Dan; McCormick, Jennie ; Natusch, Tim ; Penny, Matthew T.; Street, Rachel A. ; Tsapras, Yiannis; Beichman, Charles A. ; Bryden, Geoffery ; Novati, Sebastiano Calchi ; Carey, Sean ; Gaudi, B. Scott; Henderson, Calen B.; Johnson, Samson ; Zhu, Wei ; Bond, Ian A. ; Abe, Fumio ; Barry, Richard; Bennett, David P.; Bhattacharya, Aparna ; Donachie, Martin ; Fujii, Hirosane ; Fukui, Akihiko; Hirao, Yuki; Silva, Stela Ishitani ; Itow, Yoshitaka; Kirikawa, Rintaro ; Kondo, Iona; Koshimoto, Naoki; Alex Li, Man Cheung ; Matsubara, Yutaka ; Muraki, Yasushi; Miyazaki, Shota ; Olmschenk, Greg ; Ranc, Clément; Rattenbury, Nicholas J.; Satoh, Yuki ; Shoji, Hikaru ; Suzuki, Daisuke ; Tanaka, Yuzuru ; Tristram, Paul J. ; Yamawaki, Tsubasa ; Yonehara, Atsunori ; MOA Collaboration,  
*The Astronomical Journal*, 162, 180. (2021), 10.3847/1538-3881/ac1582

“KMT-2021-BLG-0322: Severe degeneracy between triple-lens and higher-order binary-lens interpretations”, Han, Cheongho ; Gould, Andrew ; Hirao, Yuki ; Lee, Chung-Uk ; Albrow, Michael D. ; Chung, Sun-Ju ; Hwang, Kyu-Ha ; Jung, Youn Kil ; Kim, Doeon ; Mao, Shude ; Ryu, Yoon-Hyun ; Shin, In-Gu ; Shvartzvald, Yossi ; Yee, Jennifer C. ; Zang, Weicheng ; Cha, Sang-Mok ; Kim, Dong-Jin ; Kim, Hyoun-Woo ; Kim, Seung-Lee ; Lee, Dong-Joo ; Lee, Yongseok ; Park, Byeong-Gon ; Pogge, Richard W. ; Abe, Fumio ; Barry, Richard ; Bennett, David P. ; Bhattacharya, Aparna ; Bond, Ian ; Donachie, Martin ; Fujii, Hirosane ; Fukui, Akihiko ; Itow, Yoshitaka ; Kirikawa, Rintaro ; Kondo, Iona ; Koshimoto, Naoki ; Alex Li, Man Cheung ; Matsubara, Yutaka ; Muraki, Yasushi ; Miyazaki, Shota ; Ranc, Clément ; Rattenbury, Nicholas J. ; Satoh, Yuki ; Shoji, Hikaru ; Sumi, Takahiro ; Suzuki, Daisuke ; Tanaka, Yuzuru ; Tristram, Paul J. ; Yamawaki, Tsubasa ; Yonehara, Atsunori, *Astronomy & Astrophysics*, 655, A24. (2021), 10.1051/0004-6361/202141939

“Systematic KMTNet Planetary Anomaly Search. I. OGLE-2019-BLG-1053Lb, a Buried Terrestrial Planet”, Zang, Weicheng; Hwang, Kyu-Ha; Udalski, Andrzej; Wang, Tianshu ; Zhu, Wei; Sumi, Takahiro; Yee, Jennifer C.; Gould, Andrew ; Mao, Shude ; Zhang, Xiangyu ; Albrow, Michael D. ; Chung, Sun-Ju; Han, Cheongho; Jung, Youn Kil ; Ryu, Yoon-Hyun; Shin, In-Gu; Shvartzvald, Yossi; Cha, Sang-Mok ; Kim, Dong-Jin ; Kim, Hyoun-Woo; Kim, Seung-Lee ; Lee, Chung-Uk; Lee, Dong-Joo ; Lee, Yongseok ; Park, Byeong-Gon; Pogge, Richard W.; Mróz, Przemek; Skowron, Jan; Poleski, Radoslaw; Szymański, Michał K. ; Soszyński, Igor; Pietrukowicz, Paweł ; Kozłowski, Szymon; Ulaczyk, Krzysztof; Rybicki, Krzysztof A. ; Iwanek, Patryk; Wrona, Marcin ; Gromadzki, Mariusz; Bond, Ian A. ; Abe, Fumio ; Barry, Richard; Bennett, David P.; Bhattacharya, Aparna ; Donachie, Martin ; Fujii, Hirosane ; Fukui, Akihiko; Hirao, Yuki ; Itow, Yoshitaka; Kirikawa, Rintaro ; Kondo, Iona; Koshimoto, Naoki ; Li, Man Cheung Alex ; Matsubara, Yutaka ; Muraki, Yasushi; Miyazaki, Shota; Olmschenk, Greg; Ranc, Clément ; Rattenbury, Nicholas J. ; Satoh, Yuki ; Shoji, Hikaru ; Ishitani Silva, Stela ; Suzuki, Daisuke ; Tanaka, Yuzuru ; Tristram, Paul J. ; Yamawaki, Tsubasa ; Yonehara, Atsunori ; Beichman, Charles A. ; Bryden, Geoffery; Calchi Novati, Sebastiano; Carey, Sean; Gaudi, B. Scott; Henderson, Calen B. ; Johnson, Samson; Spitzer Team, *The Astronomical Journal*, 162, 163. (2021), 10.3847/1538-3881/ac12d4

“No Large Dependence of Planet Frequency on Galactocentric Distance”

Koshimoto, Naoki; Bennett, David P. ; Suzuki, Daisuke; Bond, Ian A.  
*The Astrophysical Journal Letters*, Volume 918, Issue 1, id.L8, 6pp. September 2021

“New giant planet beyond the snow line for an extended MOA exoplanet microlens sample”,

Ranc, Clément; Bennett, David P.; Barry, Richard K.; Koshimoto, Naoki; Skowron, Jan ; Hirao, Yuki ; Bond, Ian A. ; Sumi, Takahiro; Bathe-Peters, Lars ; Abe, Fumio ; Bhattacharya, Aparna ; Donachie, Martin ; Fujii, Hirosane ; Fukui, Akihiko; Ishitani Silva, Stela ; Itow, Yoshitaka ; Kirikawa, Rintaro ; Kondo, Iona ; Alex Li, Man Cheung ; Matsubara, Yutaka ; Muraki, Yasushi; Miyazaki, Shota ; Olmschenk, Greg ; Rattenbury, Nicholas J. ; Satoh, Yuki ; Shoji, Hikaru ; Suzuki, Daisuke; Tanaka, Yuzuru ; Tristram, Paul J. ; Yamawaki, Tsubasa ; Yonehara, Atsunori,  
*Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 506, 1498-1506. (2021), 10.1093/mnras/stab1787

“OGLE-2018-BLG-1185b: A Low-mass Microlensing Planet Orbiting a Low-mass Dwarf”,

Kondo, Iona; Yee, Jennifer C. ; Bennett, David P. ; Sumi, Takahiro; Koshimoto, Naoki ; Bond, Ian A. ; Gould, Andrew ; Udalski, Andrzej ; Shvartzvald, Yossi ; Jung, Youn Kil ; Zang, Weicheng ; Bozza, Valerio ; Bachelet,

Etienne ; Hundertmark, Markus P. G. ; Rattenbury, Nicholas J.; Abe, F. ; Barry, R. ; Bhattacharya, A. ; Donachie, M. ; Fukui, A.; Fujii, H. ; Hirao, Y. ; Silva, S. Ishitani ; Itow, Y.; Kirikawa, R. ; Li, M. C. A. ; Matsubara, Y. ; Miyazaki, S. ; Muraki, Y. ; Olmschenk, G. ; Ranc, C. ; Satoh, Y. ; Shoji, H. ; Suzuki, D. ; Tanaka, Y. ; Tristram, P. J. ; Yamawaki, T. ; Yonehara, A. ; Mróz, P.; Poleski, R. ; Skowron, J.; Szymański, M. K. ; Soszyński, I. ; Kozłowski, S. ; Pietrukowicz, P.; Ulaczyk, K. ; Rybicki, K. A. ; Iwanek, P. ; Wrona, M. ; Albrow, M. D. ; Chung, S. -J. ; Han, C. ; Hwang, K. -H.; Kim, H. -W. ; Shin, I. -G.; Cha, S. -M. ; Kim, D. -J. ; Kim, S. -L. ; Lee, C. -U. ; Lee, D. -J. ; Lee, Y. ; Park, B. -G. ; Pogge, R. W. ; Ryu, Y. -H. ; Beichman, C. A. ; Bryden, G.; Novati, S. Calchi ; Carey, S. ; Gaudi, B. S. ; Henderson, C. B. ; Zhu, W. ; Maoz, D.; Penny, M. T. ; Dominik, M. ; Jørgensen, U. G. ; Longa-Peña, P. ; Peixinho, N.; Sajadian, S. ; Skottfelt, J. ; Snodgrass, C. ; Tregloan-Reed, J. ; Burgdorf, M. J. ; Campbell-White, J. ; Dib, S. ; Fujii, Y. I. ; Hinse, T. C. ; Khalouei, E. ; Rahvar, S. ; Rabus, M.; Southworth, J. ; Tsapras, Y. ; Street, R. A.; Bramich, D. M. ; Cassan, A. ; Horne, K. ; Wambsganss, J. ; Mao, S. ; Saha, A. ; ROME/REA Project Team  
The Astronomical Journal, 162, 77. (2021), 10.3847/1538-3881/ac00ba

“MOA-2006-BLG-074: Recognizing Xallarap Contaminants in Planetary Microlensing”,  
P. Rota, Y. Hirao, V. Bozza, F. Abe, R. Barry, D. P. Bennett, A. Bhattacharya, I. A. Bond, M. Donachie, A. Fukui, H. Fujii, S. Ishitani Silva, Y. Itow, R. Kirikawa, N. Koshimoto, M. C. A. Li, Y. Matsubara, S. Miyazaki, Y. Muraki, G. Olmschenk, C. Ranc, Y. Satoh, T. Sumi, D. Suzuki, P. J. Tristram, A. Yonehara,  
The Astronomical Journal, 162, 59. (2021), 10.3847/1538-3881/ac0155

“KMT-2019-BLG-0371 and the Limits of Bayesian Analysis”,  
Yun Hak Kim, Sun-Ju Chung, Jennifer C. Yee, A. Udalski, Ian A. Bond, Youn Kil Jung, Andrew Gould, Michael D. Albrow, Cheongho Han, Kyu-Ha Hwang, Yoon-Hyun Ryu, In-gu Shin, Yossi Shvartzvald, Weicheng Zang, Sang-Mok Cha, Dong-Jin Kim, Hyoun-Woo Kim, Seung-Lee Kim, Chung-Uk Lee, Dong-Joo Lee, Yongseok Lee, Byeong-Gon Park, Richard W. Pogge, Radek Poleski, Przemek Mróz, Jan Skowron, Michal K. Szymański, Pawel Pietrukowicz, Szymon Kozłowski, Krzysztof Ulaczyk, Krzysztof A. Rybicki, Patryk Iwanek, Marcin Wrona, Mariusz Gromadzki, Fumio Abe, Richard Barry, David P. Bennett, Aparna Bhattacharya, Martin Donachie, Hirosane Fujii, Yoshitaka Itow, Yuki Hirao, Rintaro Kirikawa, Iona Kondo, Naoki Koshimoto, Yutaka Matsubara, Yasushi Muraki, Shota Miyazaki, Clément Ranc, Nicholas J. Rattenbury, Yuki Satoh, Hikaru Shoji, Daisuke Suzuki, Paul J. Tristram, Yuzuru Tanaka, Tsubasa Yamawaki, Atsunori Yonehara,  
The Astronomical Journal, 162, 17. (2021), 10.3847/1538-3881/abf930.

“KMT-2019-BLG-1715: Planetary Microlensing Event with Three Lens Masses and Two Source Stars”,  
Han, Cheongho ; Udalski, Andrzej ; Kim, Doeon ; Kil Jung, Youn ; Lee, Chung-Uk; Bond, Ian A. ; Albrow, Michael D.; Chung, Sun-Ju; Gould, Andrew ; Hwang, Kyu-Ha; Kim, Hyoun-Woo; Ryu, Yoon-Hyun; Shin, In-Gu; Shvartzvald, Yossi; Zang, Weicheng; Yee, Jennifer C.; Cha, Sang-Mok ; Kim, Dong-Jin ; Kim, Seung-Lee; Lee, Dong-Joo ; Lee, Yongseok ; Park, Byeong-Gon; Pogge, Richard W.; Kim, Chun-Hwey ; Kim, Woong-Tae; KMTNet Collaboration ; Mróz, Przemek ; Szymański, Michał K.; Skowron, Jan ; Poleski, Radek ; Soszyński, Igor; Pietrukowicz, Paweł; Kozłowski, Szymon; Ulaczyk, Krzysztof ; Rybicki, Krzysztof A. ; Iwanek, Patryk; Wrona, Marcin ; Gromadzki, Mariusz; OGLE Collaboration ; Abe, Fumio ; Barry, Richard; Bennett, David P.; Bhattacharya, Aparna ; Donachie, Martin ; Fujii, Hirosane ; Fukui, Akihiko ; Itow, Yoshitaka; Hirao, Yuki ; Kirikawa, Rintaro ; Kondo, Iona; Cheung Alex Li, Man ; Matsubara, Yutaka ; Muraki, Yasushi; Miyazaki, Shota; Ranc, Clément; Rattenbury, Nicholas J.; Satoh, Yuki ; Shoji, Hikaru ; Suematsu, Haruno ; Sumi, Takahiro ;

Suzuki, Daisuke; Tanaka, Yuzuru ; Tristram, Paul J. ; Yamakawa, Takeharu ; Yamawaki, Tsubasa ; Yonehara, Atsunori ; MOA Collaboration

The Astronomical Journal, 161, 270. (2021), 10.3847/1538-3881/abf4d0

“A 38 Million Year Old Mini-Neptune in the Kepler Field,”

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.

The Astronomical Journal, 163 (2022) 121.

“Inferring the Rotation Period Distribution of Stars from their Projected Rotation Velocities and Radii: Application to late-F/early-G Kepler Stars,”

Masuda, K., Petigura, E. A., Hall, O. J.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 510 (2022) 5623.

“Auto-Differentiable Spectrum Model for High-Dispersion Characterization of Exoplanets and Brown Dwarfs,”

Kawahara, H., Kawashima, Y., Masuda, K., Crossfield, I. J. M., Pannier, E., van den Bekerom, D.

The Astrophysical Journal Supplement Series, 258 (2022) 31 (21pp.).

“Tidal Effects on the Radial Velocities of V723 Mon: Additional Evidence for a Dark 3 M<sub>⊙</sub> Companion,”

Masuda, K. & Hirano, T.

The Astrophysical Journal Letters, 910 (2021) L17 (10pp.).

“J-GEM optical and near-infrared follow-up of gravitational wave events during LIGO's and Virgo's third observing run”

Mahito Sasada, Yousuke Utsumi, Ryosuke Itoh, Nozomu Tominaga, Masaomi Tanaka, Tomoki Morokuma, Kenshi Yanagisawa, Koji S Kawabata, Takayuki Ohgami, Michitoshi Yoshida, Fumio Abe, Ryo Adachi, Hiroshi Akitaya, Yang Chong, Kazuki Daikuhara, Ryo Hamasaki, Satoshi Honda, Ryohei Hosokawa, Kota Iida, Fumiya Imazato, Chihiro Ishioka, Takumi Iwasaki, Mingjie Jian, Yuhei Kamei, Takahiro Kanai, Hidehiro Kaneda, Ayane Kaneko, Noriyuki Katoh, Nobuyuki Kawai, Keiichiro Kubota, Yuma Kubota, Hideo Mamiya, Kazuya Matsubayashi, Kumiko Morihana, Katsuhiko L Murata, Takahiro Nagayama, Noriatsu Nakamura, Tatsuya Nakaoka, Yuu Niino, Yuki Nishinaka, Masafumi Niwano, Daisaku Nogami, Yumiko Oasa, Miki Oeda, Futa Ogawa, Ryou Ohsawa, Kouji Ohta, Kohei Oide, Hiroki Onozato, Shigeyuki Sako, Tomoki Saito, Yuichiro Sekiguchi, Toshikazu Shigeyama, Takumi Shigeyoshi, Minoru Shikauchi, Kazuki Shiraishi, Daisuke Suzuki, Kengo Takagi, Jun Takahashi, Takuya Takarada, Masaki Takayama, Himeka Takeuchi, Yasuki Tamura, Ryoya Tanaka, Sayaka Toma, Miyako Tozuka, Nagomi Uchida, Yoshinori Uzawa, Masayuki Yamanaka, Moeno Yasuda, Yoichi Yatsu.

Progress of Theoretical and Experimental Physics, Volume 2021, Issue 5, May 2021, 05A104.

## 学会研究会発表

### 国際会議

T. Sumi, “PRIME”、SUPER IRNET seminar, online、2022年1月20日、口頭発表

T. Sumi, “Subaru and Roman Space Telescope”、Subaru Users Meeting FY2021、online、2022年1月13日、口頭発表.

N. Koshimoto, “A new insight on the Galactic distribution of planets by microlensing”、2021 STScI Spring Symposium、2021年4月19日 - 4月23日、口頭発表.

## 主要学会

増田賢人、 “射影自転速度と半径を用いた恒星の自転周期分布の推定: 磁気制動則への示唆”、日本天文学会 2022 年春季年会 (オンライン)、2022 年 3 月.

増田賢人、 “いっかくじゅう座 V723 の視線速度変動における潮汐変形の影響のモデル化”、日本天文学会 2021 年秋季年会 (オンライン)、2021 年 9 月.

宮崎翔太、他 PRIME コラボレーション、 “広視野近赤外マイクロレンズサーベイ望遠鏡 PRIME の進捗報告”、日本天文学会 2021 年秋季年会、V234a、オンライン、2021 年 9 月 14 日、口頭発表.

桐川凜太郎、MOA コラボレーション、 “OGLE-2014-BLG-0221 (0284)/MOA-2014-BLG-069: 晩期型星またはコンパクト天体周りの巨大ガス惑星”、日本天文学会 2021 年秋季年会、2021 年 9 月 14、口頭発表.

佐藤佑樹、MOA コラボレーション、 “重力マイクロレンズイベント MOA-2019-BLG-273/OGLE-2019-BLG-0825/KMT-2019-BLG-1389 の解析”、日本天文学会 2021 年秋季年会、2021 年 9 月 14 日、口頭発表.

山響、MOA コラボレーション、 “PRIME 望遠鏡 H-band テストカメラの開発と展望”、日本天文学会 2021 年秋季年会、2021 年 9 月 14 日、口頭発表.

## 研究交流

Masuda, K., “Modeling Radial Velocity Measurements of a Tidally Deformed Star: Evidence for a Dark and Massive Companion of V723 Mon,” Stellar Astrophysics Center seminar (online), December 2021.

Masuda, K., “Modeling Signals from Star-Compact-object Binaries,” Tsinghua University Department of Astronomy colloquium (online), December 2021.

Masuda, K., “Modeling Signals from Star-Compact-object Binaries,” IPMU lunch seminar (online), May 2021.

## 研究会

住 貴宏、“Roman と GREX-PLUS のシナジー”、GREX-PLUS サイエンス検討会 FY2021、online、2022 年 3 月 24 日、口頭発表。

T.Sumii、“NIR microlensing exoplanet search by PRIME and Roman”、新学術 A02A03 合同研究会、online、2022 年 2 月 17 日、口頭発表。

住貴宏、“Roman 宇宙望遠鏡の進捗”、宇宙科学シンポジウム、online、2022 年 1 月 7 日、口頭発表。

住貴宏、“将来の大型スペース計画”、理論懇シンポジウム、online、2021 年 12 月 23 日、口頭発表。

山響、MOA コラボレーション、“PRIME 望遠鏡 H-band テストカメラの開発と展望”、第 10 回 可視赤外線観測装置技術ワークショップ 2021、2021 年 12 月 13 日、口頭発表。

増田賢人、“JASMINE によるトランジット惑星探査の検討”、JASMINE Consortium Annual Meeting 2021 (オンライン)、2021 年 12 月。

鈴木大介 et al.、“PRIME による銀河系中心サーベイ”、JASMINE Consortium Meeting 2021 (オンライン開催)、2021 年 12 月 8 日、口頭。

松永典之、“銀河系中心ミラ型変光星”、JASMINE Consortium Meeting 2021 (オンライン開催)、2021 年 12 月 8 日、口頭発表。

住貴宏、“NIR microlensing PBH & exoplanet search by PRIME and Roman”、31st Regular Meeting of the New Higgs Working Group, Osaka Univ、2021 年 11 月 27 日、口頭発表。

住貴宏、“Roman への参加”、光赤天連シンポジウム、online、2021 年 9 月 7 日、口頭発表。

住貴宏、“Roman”、光赤天連シンポジウム、online、2021 年 9 月 7 日、口頭発表。

住貴宏、“Roman 近赤外広視野サーベイ宇宙望遠鏡への参加”、【日本学術会議】大型中型計画シンポジウム、online、2021 年 8 月 4 日、口頭発表。

住貴宏、“Roman 近赤外広視野サーベイ宇宙望遠鏡への参加”、光赤天連学術会議マスタープラン 2023 大型計画に関するヒアリング、online、2021 年 7 月 2 日、口頭発表。



## 宇宙地球科学専攻の運営について（申し合わせ）

### （1） 運営の基本

- ・ 専攻長を中心に風通しのよい教室運営を行う
- ・ 教授・准教授・助教の差を小さくする
- ・ 研究グループ制とし呼称は教授名又は講座名（研究内容）とする
- ・ 研究教育の交流を図り、グループ間の壁を低くする
- ・ 物理学専攻との連絡を密にする

### （2） グループ代表者会議

- ・ 各グループより、全権を委任された1名の代表者で構成する
- ・ 専攻長の相談組織とする
- ・ 以下のような教室全体に関わる問題を審議し、円滑な教室運営をはかる（重要なものは教室会議にかける）  
概算要求事項、一般設備費等、建物、人事、共通予算、共通設備、教室事項、秘書、対外向けの行事等

### （3） 教室会議

- ・ 教室会議で構成員と決められた助教以上で構成する（特任教員、大学院生、ポスドク、秘書を含むその他のスタッフはオブザーバーとして参加できる）
- ・ 原則として月1回（学部研究科教授会の後の木曜日 17:00 から）開催する
- ・ 3名で議長団を構成する（任期は1年）
- ・ 人事を除き定足数は、外国出張を除く構成員の1/2以上とする
- ・ 長期病欠等の場合、教室会議の議を経て海外出張者に準ずることができる
- ・ 人事に関する議題は、原則として1週間前には通知する
- ・ 人事に関する議題は、専任講師以上が議決権を持つ
- ・ 人事に関するルールは、以下（4）に定める
- ・ Zoom等のオンライン会議システムによる参加を認める。ただし、オブザーバー参加とする  
（緊急事態時には、ZOOM等での参加でも教室会議の出席とみなすこととする）
- ・ 審議事項
  - ・ 人事に関する事柄（分野の決定、人事委員会の構成、人事の決定等）
  - ・ 予算に関する事柄（予算配分の決定、概算要求事項の審議、他の予算費目の審議等）
  - ・ 教育・研究に関する事柄（共通教育と専門教育、卒業研究の発表、年次研究報告会、大学院生の発表等）
  - ・ その他（部屋、秘書体制、理学部より諮問があった問題、役割分担等）

### （4） 人事のルール

- ・ 人事に関する事柄を議論する教室会議には、投票権のある専任講師以上の2/3以上の出席を要する（外国出張は除く）
- ・ 人事委員会は少なくとも4名プラス物理教室から1名で構成する
- ・ 人事委員会は以下のように構成する
  - ・ 教授人事は教授のみ
  - ・ 准教授人事は准教授以上
  - ・ 助教人事は専任講師以上
- ・ 専攻長は最終候補者を教室会議で提案し、1週間以降の教室会議で投票する
  - ・ 長期病欠等の場合、教室会議の議を経て海外出張者に準ずることができる
  - ・ 全ての人事について不在者投票を認める
  - ・ 投票総数の2/3以上の可が必要
- ・ 緊急事態時には、ZOOM等での参加でも教室会議の出席とみなし、人事案件を審議できる

## 宇宙地球科学専攻における特任教員の扱いについて

2014年12月11日(教室会議で承認)

2016年2月18日(教室会議で改定)

宇宙地球科学専攻長

1. 専攻に所属する特任教授、特任准教授、特任助教（まとめて特任教員と呼ぶ）は、原則として教員選考と同じ基準で選考する。その手順については教室会議の議を経て簡素化できる。
2. 専攻に所属する特任教員は、教員と協力して専攻の活動に貢献するものとする。
3. 専攻に所属する特任教員は、原則として教室会議にオブザーバーとして参加できる。
4. 専攻に所属する特任教員は、その雇用形態に応じて、必要な義務を負い、責任を果たすものとする。その内容は、別途教室会議の審議を経て決定する。
5. 専攻に所属する特任教員の活動について、疑義が生じた場合には、専攻長が教室会議に発議して審議する。
6. 理学研究科に所属する本専攻以外の教員を本専攻の教員に兼任する場合にも、1から5までの事項を適用する。

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.361

【日 時】 2021年4月22日(木) 17:00～ ZOOM

【議 長】 山中 千博

【記 録】 井上 芳幸

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	寺田健太郎	
長峯健太郎	波多野恭弘	松本 浩典			
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之	
林田 清	久富 修	廣野 哲朗	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘	鈴木 大介
高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲		
オブザーバー	中井 光男				

委員	30 名中	出席者	29 名	定足数	15 名
講師以上	20 名中	出席者	19 名	定足数	15 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

1. 山中議長団より、専攻申し合わせ事項の確認があった。Zoomでのオンライン参加についての文言は見直し、次回の教室会議で審議し直す。
2. 寺田専攻長より、対面授業に不安を抱える学生からの配慮申請への対応について報告があった。
3. 寺田専攻長より、教員の業績評価について連絡があった。
4. 寺田専攻長より、大学院学生の入学確定者数について報告があった。
5. 寺田専攻長より、JST 創発的研究支援事業の応募者へのサポートについて連絡があった。
6. 寺田専攻長より、2021年度財務の基本方針について報告があった。
7. 寺田専攻長より、2021年度TA・TF経費の配分について報告があった。
8. 寺田専攻長より、既修得単位の認定について報告があった。
9. 寺田専攻長より、各種委員会の廃止・設置等について報告があった。
10. 寺田専攻長より、秘書室の公募について報告があった。
11. 高棹 ODINS 委員より、ネットワークセキュリティの注意喚起についての連絡があった。

## 【審議事項】

1. 寺田専攻長より、新年度の各種委員について説明がなされた。
2. 波多野教務委員より、大学院入学案内資料の説明があり、改訂・印刷について議論された。
3. 高棹専攻 HP 作成委員より、専攻ホームページの更新についての報告があり、議論された。専攻 HP の更新内容に意見があれば5/11(火)までにHP作成委員まで連絡することとした。
4. 長峯大学院入試委員より、大学院入試の英語の出題に関する見直しについて提案があり、議論された。
5. 横田情報資料室運営委員よりエルゼビア梓電子資料購読希望調査についての説明があり、議論された。各研究室で希望リストをまとめ、今月中に横田委員まで連絡することとした。

【次回予定】 教室会議： 2021年5月20日(木) 17:00～

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.362

【日 時】 2021年5月20日(木) 17:00~ ZOOM

【議 長】 井上 芳幸

【記 録】 西 真之

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	
寺田健太郎	長峯健太郎	波多野恭弘	松本 浩典	
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之
久富 修	廣野 哲朗	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘
鈴木 大介	高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲
オブザーバー	中井 光男			

委員	30 名中	出席者	28 名	定足数	15 名
講師以上	20 名中	出席者	18 名	定足数	15 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

1. 寺田専攻長より、令和3年度「教育実習」について報告があった。
2. 寺田専攻長より、特別聴講学生（留学生）の受入れについて報告があった。
3. 寺田専攻長より、秘書の公募状況について報告があった。
4. 寺田専攻長より、シラバス入力の再点検について連絡があった。
5. 廣野国際交流委員より、TOEIC 対策講座補助についての報告があった。
6. 寺田専攻長より、6月12日に大学院入試説明会が開催される旨の報告があった。
7. 波多野大学院教育教務委員より、大学院入試説明会の受付が開始された旨の報告があった。

## 【審議事項】

1. 横田オープンキャンパス委員より、2021年度オープンキャンパスについて説明があり、コンテンツの改訂について議論された。また、オンライン模擬講義を行う教員1名を選出する必要がある旨の報告があった。長峯研究室と寺田研究室がプロモーションビデオを作成することが決定した。
2. 高棹専攻 HP 作成委員より、専攻ホームページの更新について報告があった。寺田専攻長が作成した「専攻の紹介」の内容について議論され、HPに反映されることが承認された。また、日本語版 HP は6月第一週目までに公開することが承認された。物理学 HP の更新作業の進捗報告があり、デザインや作文について説明があった。

## 【その他】

1. コロナ禍における教員間でのコミュニケーションの重要性が議論された。
2. 佐伯広報委員より、理学研究科紹介パンフレット更新について連絡があった。

【次回予定】 教室会議： 2021年6月10日(木) 17:00~

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.363

【日時】 2021年6月10日(木) 17:00~ ZOOM  
【議長】 西 真之 【記録】 山中 千博

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	長峯健太郎
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之
久富 修	廣野 哲朗	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘
鈴木 大介	高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲
オブザーバー	中井 光男			

委員	30 名中	出席者	25 名	定足数	15 名
講師以上	20 名中	出席者	15 名	定足数	15 名
		海外出張者	0 名		

議事に先立ち、専攻秘書、加納さんの離任挨拶があった。

## 【報告・連絡事項】

寺田専攻長代理として近藤氏より以下の報告事項があった。その他の報告者は各項目に記載した。

1. バーチャル留学プログラムに係るオンラインによる授業科目の提供について。
2. 令和3年度「介護等の体験」について。
3. オープンキャンパス委員横田氏より、オープンキャンパス2021の開催について。
4. 理学部高大連携委員会について。
5. 理学研究科・理学部ハラスメント研修会の開催について。7/7 15:20開催で、CLE上のオンデマンド配信も予定。
6. エルゼビア枠電子資料購読希望タイトルの結果について。
7. 2021年度理学研究科当初予算について。
8. 総長選挙の結果について。
9. 屋上の防水工事について。
10. 非常勤職員の人事について。
11. F棟玄関に掲示する専攻教員の顔写真の提出の依頼について。
12. 専攻ODINS委員高棹氏より、専攻内ネットワークでみられた不審なアクセス試行について。

## 【審議事項】

1. 専攻HP作成委員の高棹、鈴木氏より 物理学科HPの新デザインの報告があり、紹介文の位置、内容について議論した。

【次回予定】 教室会議： 2021年7月29日(木) 17:00~

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.364

【日 時】 2021年7月29日(木) 17:00~ ZOOM

【議 長】 山中 千博 【記 録】 井上 芳幸

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	
寺田健太郎	長峯健太郎	波多野恭弘	松本 浩典	
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之
久富 修	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎	
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘
鈴木 大介	高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲
オブザーバー	中井 光男			

委員	30 名中	出席者	27 名	定足数	15 名
講師以上	20 名中	出席者	17 名	定足数	15 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

寺田専攻長より以下の報告事項があった。その他の報告者は各項目に記載した。

1. 理学研究科・理学部ハラスメントに関する研修会について。
2. 2021年度 間接経費専攻配分額(第1回目)(案)について。
3. 基礎理学プロジェクト研究センターの改組案について。
4. 大学院学生の異動について。
5. エルゼビア梓電子資料購読の結果について。
6. International Summer Programの実施について。
7. 理学部F棟上水道水の飲用禁止について。
8. F棟ドームの雨漏り対策について。
9. オープンキャンパス委員横田氏より、今年度のオープンキャンパスについて。
10. 大学院教務委員波多野氏より、今年度の大学院入試について。
11. コンプライアンス教育の受講について。
12. 対面式の学祭(つむぎ祭, 9/6-9)の開催について。
13. 理学部Web情報委員青山氏より、広報活動について。

## 【審議事項】

1. 寺田専攻長より、RA支援について報告があり、学振申請が必須であるべきかについて議論した。
2. 寺田専攻長より、F棟ロビーの顔写真について報告があり、議論した。
3. 寺田専攻長より、教員とキャンパスライフ支援室との懇談会(10月21日17時から)について報告があり、懇談会後に教室会議を開催することにした。
4. 寺田専攻長より、専攻HP内の研究室の表記の順番について報告があり、議論した。

【次回予定】 教室会議： 2021年9月9日(木) 17:00~

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.365

【日 時】 2021年9月9日(木) 17:00～ ZOOM

【議 長】 井上 芳幸 【記 録】 西 真之

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	
寺田健太郎	長峯健太郎	波多野恭弘	松本 浩典	
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之
久富 修	廣野 哲朗	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘
鈴木 大介	高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲
オブザーバー	中井 光男			

委員	30 名中	出席者	28 名	定足数	15 名
講師以上	20 名中	出席者	18 名	定足数	15 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

寺田専攻長より以下の報告事項があった。その他の報告事項は各項目に記載した。

1. 次期研究科長の候補者の選考日程について。
2. 基礎工学・理学キャンパスライフ支援室の今後の運用について。
3. クロス・アポイントメント制度に関する協定について。
4. 教員・研究員への新メールアドレスの利用開始と旧メールアドレスからの移行について。
5. 卒業者の決定について。
6. 学部学生の異動について。
7. 大学院学生の異動について。
8. 次世代研究者挑戦的プログラムについて。
9. コンプライアンス教育の受講について。
10. オンライン雑談会について。
11. F棟の水道水の飲用および今後の見通しについて。

## 【審議事項】

1. 寺田専攻長より、2021年度の専攻予算について使用状況、内訳等の報告があり、今後の使用の方針が議論された。年次報告書については今後情報を集め、再度議論することとした。
2. 大学院教務委員波多野氏より、大学院合同入試の英語出題様式の変更について報告があった。また、専攻の2次募集の英語出題様式の変更について承認された。
3. 寺田専攻長より、2021年度の防災訓練について連絡があり、その実施内容が議論された。
4. F棟の水道水について、水質の改善方法について議論された。

【次回予定】 教室会議： 2021年10月21日(木) 17:00～

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.366

【日 時】 2021年10月21日(木) 17:00～ ZOOM  
【議 長】 西 真之 【記 録】 山中 千博

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	
寺田健太郎	長峯健太郎	波多野恭弘	松本 浩典	
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之
久富 修	廣野 哲朗	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘
鈴木 大介	高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲
オブザーバー	中井 光男			

委員	29 名中	出席者	28 名	定足数	15 名
講師以上	19 名中	出席者	18 名	定足数	15 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

寺田専攻長他より以下の報告があった

1. 林田清准教授ご逝去について：  
一同、黙禱にて故人のご冥福を祈るとともに長年のご貢献に対し感謝の意を表した
2. 令和4年度大学入学共通テストの実施について
3. 特別研究学生（留学生）の受入れについて
4. 合理的配慮学生について
5. 海外との連携時における安全保障輸出管理手続きの徹底について
6. 宇宙地球雑談会の開催について
7. 国際物理コース説明会について（国際物理コース(IPC)運営委員、波多野教務委員 長峯大学院入試委員）
8. 令和3年度招へい教員等の受け入れおよび称号付与について
9. 総長補佐の選出について
10. 今後の行事予定について（南部コロキウム、大学院2次募集 理学研究科長選挙 等）
11. 佐伯社会学連携委員より、社会学連携（大阪市立科学館における展示ブース）活動の説明

## 【審議事項】

以下の項目について議論した

1. 「前任者の遺産処分についての申し合わせ事項」の提案について
2. 素粒子物理学1、2、原子核物理学1、2の再編 および 放射線計測学基礎について（桂木教務委員）
3. 専攻内業務の引継ぎのデータベース化（ICHO文書など）について（寺田専攻長、議長団 井上氏）
4. 大型競争的資金の間接経費の取り扱いについて
5. 専攻サーバーの現況と対応策について（寺田専攻長、高棹 専攻 ODINS 委員）
6. 専攻予算の再改訂案について

【次回予定】 教室会議： 2021年11月18日(木) 17:00～

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.367

【日 時】 2021年11月18日(木) 17:00～ ZOOM  
【議 長】 井上 芳幸 【記 録】 西 真之

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	
寺田健太郎	長峯健太郎	波多野恭弘	松本 浩典	
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之
久富 修	廣野 哲朗	湯川 諭	横田勝一郎	
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘
鈴木 大介	高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲
オブザーバー	中井 光男			

委員	29 名中	出席者	27 名	定足数	15 名
講師以上	19 名中	出席者	17 名	定足数	15 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

寺田専攻長より以下の報告があった

1. 学部・大学院の行事予定(学年末・学年始)について
2. フォアフロント研究センターについて
3. サバティカル制度実施に伴う運用の改正について
4. 豊中市シェアサイクル実証実験への協力について
5. キャンパスライフ支援室の新規相談受付再開について
6. 教員の異動について
7. 宇宙地球科学専攻セミナーについて
8. ロレアル・ユネスコ女性科学者日本奨励賞について
9. 令和3年度コンプライアンス研修「公的研究費の取扱いに関する理解度チェック」の受講状況について
10. 高棹専攻 ODINS 委員より専攻サーバーについて

## 【審議事項】

1. 寺田専攻長より、2021年度 間接経費専攻配分(第2回)について提案があり、承認された。
2. 桂木教務委員より、今年度の卒論発表会の日程について提案があり、卒論発表会は2月16日(水)に開催することに決定した。
3. 桂木教務委員より、カリキュラム改訂について継続議論であることが報告された。
4. 波多野大学院入試委員より、大学院二次試験の実施内容について提案があり、議論された。

【次回予定】 教室会議 : 2021年12月9日(木) 17:00～

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.368

【日時】 2021年12月9日(木) 17:00~ ZOOM  
【議長】 西 真之 【記録】 井上 芳幸

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	
寺田健太郎	長峯健太郎	波多野恭弘	松本 浩典	
井上 芳幸	大高 理	佐伯 和人	西 真之	
久富 修	廣野 哲朗	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘
鈴木 大介	高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲
オブザーバー	中井 光男			

委員	29 名中	出席者	27 名	定足数	15 名
講師以上	19 名中	出席者	17 名	定足数	13 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

寺田専攻長より以下の報告があった。

1. 年休取得の促進について
2. 大阪大学公式ウェブサイトについて
3. 教員・研究員のメールアドレスについて
4. 助教海外サバティカル制度実施要項の一部改正について
5. 理工情報系オナー大学院プログラム履修学生への給付型奨学金の増額について
6. 専攻予算(クロスアポイント経費の配分)について
7. 宇宙地球科学セミナーについて
8. 専攻のネットワークについて(高棹専攻 ODINS 委員より)

## 【審議事項】

1. 寺田専攻長より、X線グループの准教授人事について、人事委員会の立ち上げの提案があり、議論ののち、承認された。人事委員会の構成は、松本(委員長)・住・寺田・佐々木・物理学専攻の教員(1名)で構成されることが承認された。
2. 寺田専攻長より、櫛田孝司名誉教授の著書の寄贈と新入生配布について提案があり、議論された。
3. 桂木教務委員より、カリキュラム改訂に関して、学生を対象にアンケート調査を行うことが報告された。
4. 波多野大学院教務委員より、大学院二次募集方法の改訂案の提案があり、議論された。
5. 長峯大学院入試委員より、宇宙地球科学専攻のIPCへの参加に関する情報について報告された。

【次回予定】 教室会議： 2022年1月20日(木) 17:00~

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.369

【日時】 2022年1月20日(木) 17:00～ ZOOM  
【議長】 井上 芳幸 【記録】 西 真之

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	
寺田健太郎	長峯健太郎	波多野恭弘	松本 浩典	
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之
久富 修	廣野 哲朗	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘
鈴木 大介	高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲
オブザーバー	中井 光男			

委員	29 名中	出席者	28 名	定足数	15 名
講師以上	19 名中	出席者	18 名	定足数	13 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

寺田専攻長より以下の報告があった。

1. 令和4年度教室会議の開催日について
2. 令和4年度オープンキャンパスの日程について
3. 交換留学プログラム（バーチャル留学プログラム等）への授業科目の提供について
4. サバティカル制度の利用について
5. 令和4年度非常勤講師授業計画について
6. 学位論文審査委員会委員の就任について
7. 博士学位授与申請の審査付託について（課程博士・3月修了）
8. 学部入試について
9. 専攻秘書の人事について
10. 化学薬品の取り扱いについて（久富安全衛生担当より）
11. 豊中キャンパス 東口のスロープについて（久富理学研究科ブロック安全衛生管理委員より）
12. 教務委員会報告（桂木教務委員より）
13. 評議員選挙の結果について

## 【審議事項】

1. 寺田専攻長より、次年度専攻長について提案があり、承認された。
2. 長峯氏より、研究室のIPCへの参加について説明があり、承認された。
3. 井上議長団より、Teamsを利用した専攻内でのファイル共有についての提案があり、その有用性が議論された。導入については次回の教室会議で継続議論する。
4. 寺田専攻長より、専攻予算書の作成方法の変更について提案があり、議論された。

【次回予定】 教室会議： 2022年2月17日(木) 17:00～

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.370

【日時】 2022年2月17日(木) 17:00~ ZOOM  
【議長】 西 真之 【記録】 山中 千博

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	
寺田健太郎	長峯健太郎	波多野恭弘	松本 浩典	
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之
久富 修	廣野 哲朗	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	境家 達弘
高棹 真介	野田 博文	増田 賢人	山本 憲	
オブザーバー	中井 光男			

委員	29 名中	出席者	27 名	定足数	15 名
講師以上	19 名中	出席者	18 名	定足数	13 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

以下の報告が寺田専攻長他よりあった。

1. 令和4年度専攻長・学科長について(専攻長 松本氏、学科長 物理 黒木氏)
2. 令和4年度個別学力検査等の実施について(2/25実施)(追試3/22)
3. 特任教授の更新について
4. 令和3年度3月期理学研究科「博士学位記」等授与式の挙行について(3/24)
5. 令和4年度の行事について(4/1新入生履修指導、4/4オリエンテーション)
6. 大阪大学学部入学生(女子学生)向け入学支援金制度について
7. 大阪大学大学院理学研究科と大阪公立大学大学院理学研究科との間における特別研究学生交流協定の締結について
8. 大学院学生の研究指導の委託・受託について
9. 長峯氏よりケンタッキー大学との交流協定期間更新について
10. 波多野大学院教務委員より、博士後期課程学生の他研究科 他専攻単位取得に関する規定の再整備について
11. 桂木教務委員より学部カリキュラムワーキングにおけるカリキュラム案について

## 【審議事項】

1. 各種委員の引き継ぎ方法について (Teamsで情報共有など)

【次回予定】 教室会議 : 2022年3月10日(木) 17:00~

# 宇宙地球科学専攻 教室会議 議事録 No.371

【日時】 2022年3月10日(木) 17:00~ ZOOM  
【議長】 山中 千博 【記録】 井上 芳幸

## 【出席者】

桂木 洋光	近藤 忠	佐々木 晶	住 貴宏	
寺田健太郎	長峯健太郎	波多野恭弘		
井上 芳幸	植田 千秋	大高 理	佐伯 和人	西 真之
久富 修	廣野 哲朗	山中 千博	湯川 諭	横田勝一郎
青山 和司	桂 誠	河井 洋輔	木村 淳	
境家 達弘	増田 賢人	山本 憲		
オブザーバー	中井 光男			

委員	29 名中	出席者	24 名	定足数	15 名
講師以上	19 名中	出席者	17 名	定足数	13 名
		海外出張者	0 名		

## 【報告・連絡事項】

寺田専攻長より以下の報告があった。

1. 兼任教員について
2. 外部資金等の受入れについて
3. 令和3年度卒業者の決定及び楠本賞、理学部賞の受賞者について
4. 令和3年度理数オナープログラム修了者について
5. 令和4年度大学院科目等履修生（理学部学部学生の大学院科目履修）について
6. 学部学生の異動について
7. 大学院学生の異動について
8. 令和4年度入学の合格者について
9. 令和4年度招へい研究員の受入れについて

## 【審議事項】

1. 寺田専攻長より、フォアフロントセンター助教の兼任について提案があり、議論ののち、承認された。
2. 寺田専攻長より、新年度委員の分担について提案があり、承認された。
3. 寺田専攻長より、理論物質学グループの助教人事について、人事委員会の立ち上げの提案があり、議論ののち、承認された。人事委員会の構成は、波多野（委員長）・近藤・桂木・湯川・吉野（物理学専攻）で構成されることが承認された。
4. 寺田専攻長より、専攻秘書の分担について提案があり、議論ののち、承認された。
5. 寺田専攻長より、学部学生の成績証明書の保護者への送付について提案があり、議論された。
6. 桂木教務委員より、カリキュラム改訂に関して提案があり、議論ののち、承認された。

廣野先生より離任のご挨拶があった。

【次回予定】 教室会議： 2022年4月28日(木) 17:00~

## F棟エントランス ロビーについて

理学部F棟の建設計画は平成2年(1990年)から開始された。昭和39年(1964年)に建設された理学部建物の老朽化に伴い、学部全体の改築および新造が計画されたが、F棟はその端緒になるべく、階段教室、オープンスペースの研究室、天体望遠鏡をもつ天文ドームなど、当時としては斬新なプランが立てられた。しかしながら、予算や基準面積の縛り、非常時の避難経路の確保など種々の制限により、通常構造の部屋配置を有する現F棟の西半分の建物が竣工された。以来、理学部物理系・宇宙地球科学科の時代を経て、大学院重点化以降は、主に宇宙地球科学専攻が使用している。

F棟玄関については、池谷元何教授(当時・故人)などの発案で、新しい学科の象徴的な存在として、アピール性のある装飾を施すことが議論され、地球科学的に興味ある石材を具象化したデザインが採用された。このときの内装関係の資金上の問題は、理学部F棟の建設担当であった(株)五洋建設のご厚意、委任経理金の支援、有志の方々のご寄附によりまかなわれた。これらの天然石材は、21億年前に形成された世界最大の貫入岩体を構成する斑れい岩、12億年前の波の痕の化石、10億年前に炭酸ガスを固定したシアノバクテリアが作ったストロマトライト、プレートテクトニクスの考えに先駆けた地層逆転構造で有名な秋吉台の石炭岩(フリズナ・腕足貝化石入り)などがあり、地球の歴史を伝える貴重な試料が多数展示されている。

2004年(16年度)には、これに加えて、「本専攻のテーマたる宇宙と地球をイメージできるもの、および手に触れることのできる地球科学的試料」というコンセプトのもとに、岩石鉱物試料・大型化石プレート・マチカネワニ顎部のレプリカ展示、F棟エントランス天井部分への星図表示、専攻名が入ったプレートの設置がおこなわれた。これは理学研究科「平成16年度競争資金に係る間接経費執行計画」における「F棟エントランス玄関ロビーの学生の教育・啓蒙目的での整備」に基づくものである(委員:土山明、山中千博、佐伯和人、小柳光正、鳥居研一)。これらは、大学祭、オープンキャンパス、オリエンテーションや講義、公開講座の折りに紹介、説明され、教育研究や広報活動の面で役立っている。

### 1) 岩石鉱物試料

壁面石材以外のもので、地球科学的に興味ある岩石・鉱物試料を各15点選定した。独立行政法人・産業技術総合研究所・地質標本館には一部の鉱物標本の寄贈をお願いした。豊遥秋博士(地質標本館前館長・当時)には標本寄付を仲介していただいた。地球内部のマントルからもたらされたカンラン岩や太古の超苦鉄質岩(コマチアイト)、世界最古の岩石のひとつであるカナダ・アキヤスタ地域の片麻岩(39.6億年前)、1990年代に噴火した雲仙普賢岳の岩石(デイサイト)、縄文～古墳時代の権威の象徴であった糸魚川の翡翠(ひすい)、大型水晶、かつては資源大国であった明治～昭和初期の日本を象徴する鉱石標本(日立鉱山産硫化鉄鉱・北海道稲倉石鉱山産菱マンガン鉱)などである。

### 2) 大型化石プレート

平成7年(1995年)に故池谷名誉教授が、ドイツ(ボン)の地質標本業者Horst Burkard Mineralien Fossilien, より購入した3点の化石プレートの展示が実現した。試料はそれぞれ、カンブリア紀中期の三葉虫(*Acadoparadoxides briareus*)、デボン紀の直角貝化石(*Orthoceras Fossil Plate*)、およびアンモナイト(*Ammonite: Clymenia plate with Orthoceras*)で、モロッコ、サハラ付近の産である。

### 3) マチカネワニ上顎・下顎部

マチカネワニは理学部の建設地から昭和39年（1964年）に発掘された日本で初めて発見されたワニ類の化石であり、現在大阪大学総合学術博物館待兼山修学館に実物と復元骨格が展示されている。F棟玄関には、上顎のレプリカ（ガラスケース入り）と下顎のレプリカを展示している。富田幸光国立科学博物館地学研究部古生物第三研究室長には同博物館のレプリカ作成室でマチカネワニ下顎レプリカの作成にご尽力いただいたほか、展示方法に関して様々なアドバイスをいただいた。実際の製作はレプリカ作成室円尾博美氏にお世話になった。また江口太郎教授（当時、大阪大学総合学術博物館長）にはレプリカを作るためのマチカネワニの原型データの提供や、解説のための各種資料を提供いただいた。



マチカネワニ下顎部

### 4) 天井星図

東洋や西洋の歴史的な星図、装飾的な星図等、色々な可能性を議論した後に、現代の科学教育という観点から、実用的な星座早見盤のデザインを選定した。これは日本天文学会編、三省堂刊の「世界星図早見」の北天の星図に基づいた。この図版の特徴は 4.5等星より明るい約900の恒星、天の川と星座等が星表のデータに基づいてコンピュータで忠実に描かれていることである。(株)三省堂と日本天文学会には、図案の使用を快諾頂いた。

### 5) 専攻名プレート（1200×300×30mm）

ステンレス製SUS304 のプレートに文字高さ100mmで「宇宙地球科学研究棟」と、縦にレーザー切文字加工したもの。平成29年(2017年)より、入口自動扉のガラス部に建物の正式名称である「理学・F棟」のサインも追加された。

展示内容に関しては、今後も機会あるごとに内容の充実と更新を行う考えである。このロビーが、文字通り「開かれた大阪大学・宇宙地球科学専攻の玄関」となることを期待したい。平成7年(1995年)におけるF棟玄関ロビーの整備については当時の学科パンフレット「未踏のフロンティア」p18-23に詳しい写真と説明がある。ここに改めて、国費でまかなえなかった部分をご寄付頂いた個人、団体、企業の名を記して、感謝を申し上げたい。

裏 克己（阪大名誉教授）、金森順次郎（元阪大総長）、理学部同窓会、宇宙地球科学科有志大和地質研究所、日本電子、住友特殊金属、日本ペイント、サンハイ、オクエンテール

大阪大学大学院理学研究科

宇宙地球科学専攻

令和3年度年次報告書

2022年9月発行

編集・発行

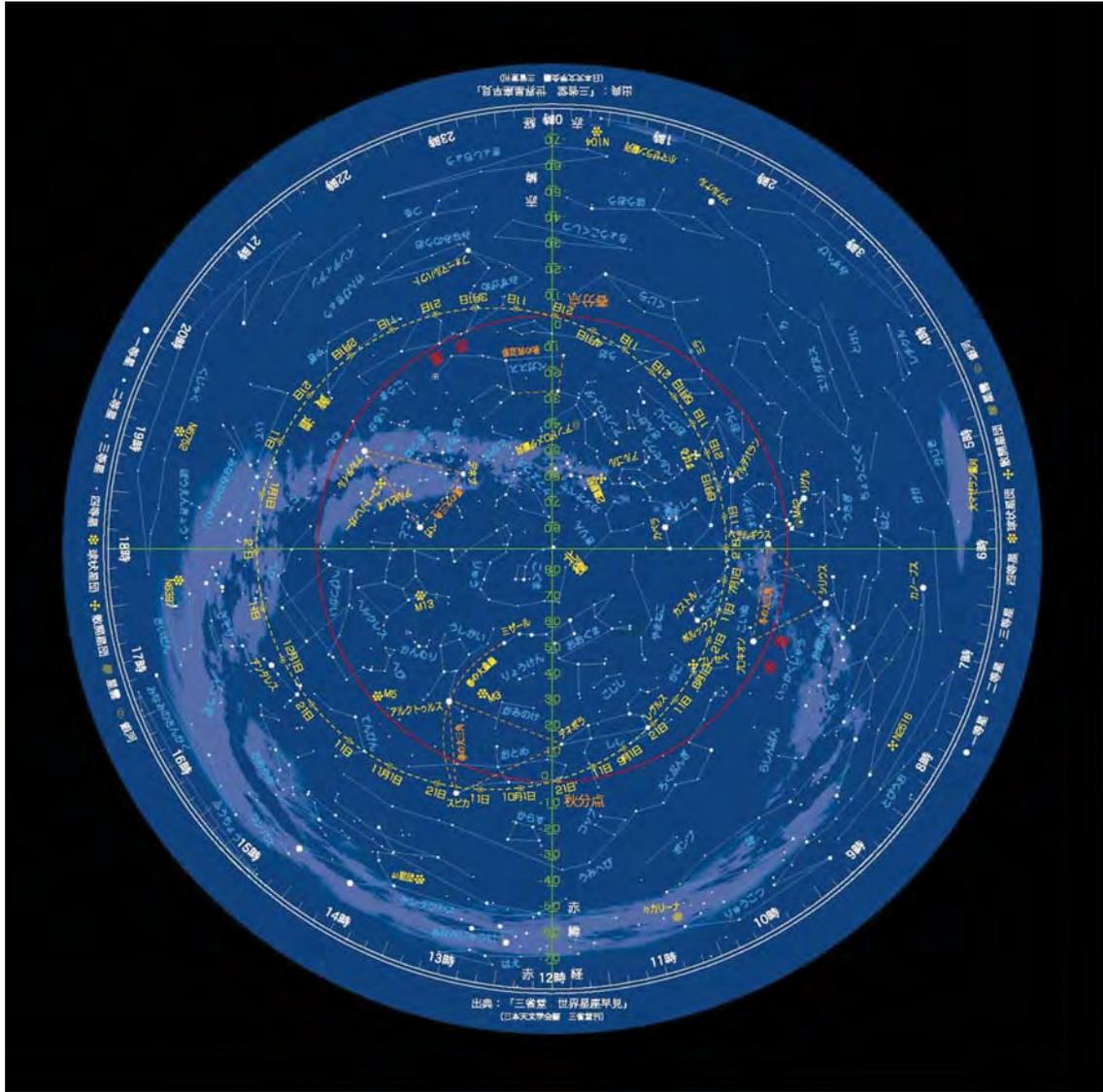
大阪大学大学院理学研究科宇宙地球科学専攻

〒560-0043 豊中市待兼山町1-1

TEL 06-6850-5479 FAX 06-6850-5480

<http://www.ess.sci.osaka-u.ac.jp>

e-mail: [jimu@ess.sci.osaka-u.ac.jp](mailto:jimu@ess.sci.osaka-u.ac.jp)



F棟エントランス天井星図

大阪大学大学院理学研究科  
宇宙地球科学専攻

〒560-0043

大阪府豊中市待兼山町1-1

<http://www.ess.sci.osaka-u.ac.jp/>

