AGARC NEWS No. 6

天の川だより

鹿児島大学大学院 理工学研究科附属 天の川銀河研究センターニュース

2024.04.01

2024 年 1 月 11 日から 3 週間、JST「さくらサイエンス招へいプログラム」の支援を受け、「鹿児島大・南アフリカ大・ノースウェスト大 電波天文研修会」を開催。南アフリカから大学院生 4 名、学部生 3 名と教員 1 名を招へいした。本学の学生と共に、電波天文学の基礎、VERA で取得した VLBI データの解析、南アフリカで運用が始まったばかりの電波干渉計 MeerKAT で取得したデータの解析について学んだ。写真は鹿児島大学附属図書館前にて。詳しくは 20 ページを参照。

TABLE OF CONTENTS

巻頭言…… 2
退任にあたって…… 4
研究ハイライト…… 5
研究活動報告……12
教育 / 研究交流活動報告……18
入来の丘から……22
特集　卒業生 / 博士課程学生からの寄稿……26
修士 / 博士論文ダイジェスト……34
業績一覧……42

発行
鹿児島大学大学院　理工学研究科附属
天の川銀河研究センター

Tel. 099-285-8012
〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-35
agarc-adm@sci.kagoshima-u.ac.jp
http://agarc.sci.kagoshima-u.ac.jp

巻頭言
Editor's Note

昨今、日本の「研究力」が諸外国に比べて低下しているというのが国際的にも話題になっています [1]。ここで問題は「研究力」を何をもって評価するかです。例えば、文部科学省の「 令和 4 年版科学技術・イノベーション白書」の冒頭には、「**研究力を測る主要な指標である論文指標については、2000 年代前半より、国際的な地位の低下が続いている状況です。定量的な指標のみをもって研究力を判断することはできませんが、このような状況は深刻に受け止めるべきです**」とあり、2000 年以降さまざまな指標で国別の順位が大きく下がっていることが示されています。この白書では他人事のように書かれていますが、国が大学への運営費交付金を減らし続けていることに主な原因があることは多くの人が指摘しています。

「研究力を図る定量的指標」では論文数や論文引用数が最も重要視されます。「論文の数」はわかりやすい指標ではあります。ただし、「論文が多ければよいというものではない。質が重要だ。」という主張は常にあります。一方、「引用数」には注意が必要です。ある論文が他の論文で引用される「引用数」やそれを元にした「インパクトファクター（IF)」、「トップ 10% 論文」、「h-index」といった指標は科学論文の影響力や、専門誌の優劣、研究者の業績を議論するときによく使われています。しかし、これらの指標は研究分野によって大きく異なるので、研究分野間や専門誌間の比較には使うべきではないのです。例えば、引用数や IF は、雑誌の総数や研究者の数が多い分野、多くの論文が出版される分野ほど大きくなります。ある雑誌の IF は年によっても違うということすら忘れている人もいます。

天文学が他の分野と大きく異なるのは専門誌の数が非常に限られていることです。アメリカ天文学会が出版している学会誌（主には Astrophysical Journal, Astronomical Journal)、イギリス王立天文協会が出版している Monthly Notices of Royal Astronomical Society、ヨーロッパ南天文台の Astronomy and Astrophysics、そして日本天文学会の欧文報告（Publications of Astronomical Society of Japan) の 4 つの雑誌のどれかに投稿することがほとんどです (物理寄りの基礎研究論文の場合は物理学会系の雑誌を選ぶ場合もあります)。本センターで 2016 年ー 2021 年に出版された 267 論文のうち、これらのアメリカ、ヨーロッパ、イギリス、日本の専門誌で出版された論文は 88%を占めます（図 1)。この他に Nature や Science、それらの姉妹誌で出版することもありますが、これらの総合科学雑誌と上記のような専門誌とは性格が全く異なります。選択肢がほぼ 4 つしかないので、他の分野でしばしばあるように、IF が高い雑誌で掲載拒否（リジェクト）されたら、掲載が認められる（アクセプト）まで順次 IF の低い雑誌に投稿していく、ということは天文学ではほとんどありません。どの雑誌を選ぶかは好みの問題や共同研究者がアメリカベースなのか EU なのかによることもあります（MNRAS は去年まで掲載が無料だったので貧乏な研究室の味方でした)。しかし、これらの 4 雑誌のどれかでリジェクトされたら他でもリジェクトされる可能性が高いので、諦めてさらによい研究をして論文を書き直し再挑戦する、というが普通です。こういう状況なので IF や top 10% 雑誌などというものには天文学の研究者は興味がありません。論文の引用数はデータベースを調べればわかりますから、自分の論文がどれくらい引用されてきたか、他の論文でどういう文脈で引用されているのかは気にはなりますが、引用数自体を他人、ましては他分野の人と比較してもしょうがないのです。

そうはいうものの、ここ数年論文数などのいろいろな指標で大学をランク付けして、それに応じて大学の予算を増減する、という政策が導入されています（鹿児島大学は残念ながらランクがかなり下の方です)。研究者数も分野構成も全く異なる大学を一緒くたにして「定量的な

[1] Nature 2023, 10 月 25 日号 "Japanese research is no longer world class - here's why"

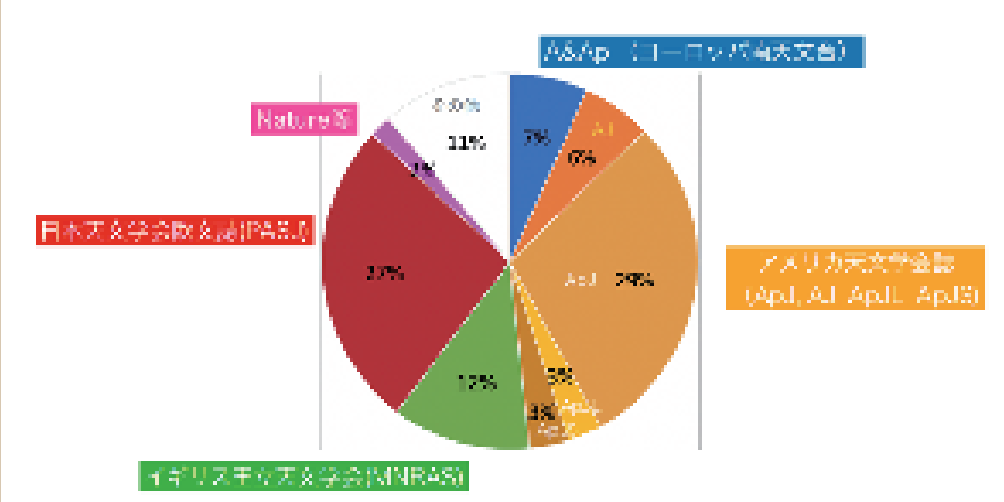


図 1: 2016-2021 年に天の川銀河研究センターから出版された 267 論文の出版先

指標」で優劣をつけ予算の根拠にするという政策には危機感を覚えます。

この件に限らず日本の大学を取り巻く環境はここ 20 年どんどん厳しくなってきており、今後も良くなるという展望はないのですが、幸い？にも最悪な状況になる前に前センター長の半田先生がこの 3 月で退職されます（p.4 参照）。半田先生は電波天文学や銀河がご専門ですが、本センターの設立にあたっては大変ご尽力をいただき、今ではさまざまな分野の若手研究者も集まり国際的な研究センターになりつつあります。ここに感謝申し上げたいと思います。半田先生は筋金入りの鉄道マニアでもあり (例えば「物理で広がる鉄道の魅力」という本を出版されています)、パブリックアウトリーチでも有名です。今後のご活躍を期待したいと思います。

この半年もさまざまな方がセンターを訪問して共同研究が進みました。特に 1 月 11 日～ 31 日には JST さくらサイエンスプログラム（https://ssp.jst.go.jp/) の一環として、南アフリカから James Chibueze 教授が学生 7 名とともに滞在しました（表紙、p.20 参照）。Chibueze 教授は 2011 年に理工学研究科物理宇宙専攻で博士号を取得し、地元に戻って後進の育成に尽力されてきたのですが、その成果が現れた今回の訪問は嬉しいものでした。

また、本号では特集として博士後期課程の学生に進学した動機や研究生活について体験を語ってもらいました。

他にもこの半年さまざまな研究活動を行っていますので、本文を御覧ください。

センター長　和田 桂一

退任にあたって

2010 年 12 月に鹿児島大学に着任して以来、13 年余り在籍していましたが、この３月をもって定年退職となります。この間、世界では 21 世紀最大の感染症蔓延や戦後体制を揺るがす戦争が起きました。日本では３つ以上もの巨大地震災害が起き、降雨災害は恒例となっています。国力の低下も著しく、経費の半分程度を国庫支出から賄っている国立大学の再編は必須と予想できます。

それを踏まえて我々の強みを顕在化させることを目的として 2019 年に天の川銀河研究センター（以下、天の川センター）を発足させました。天の川銀河は自分の関心があるだけでなく、星形成や宇宙論など現代天文学の主な分野をつなぐものであり、かつ、それまでの VERA での研究との繋がりもよいこと、他大学の天文研究機関との差別化もできるだろうと考えたからです。

2011 年９月には日本天文学会秋季年会が鹿児島大学で行われました。その懇親会で後に学長となる前田理事が挨拶し、「天文学は若手が多い活気ある学会である」と感じたと語っていました。これに構成教員の活動度・研究レベルが高いことも加わり、天の川センター発足へと繋がったのでしょう。

馬場淳一さんの着任挨拶にも記されているように天の川銀河研究は学際的に大きく進展しつつあります。天の川センター発足時に謳った「６次元天文学」「宇宙物質循環」「宇宙生命学」「高度装置開発」が世界でも特色ある天の川センターの売りになることもわかってきました。宇宙生命学はまだ発展途上の分野ですが、化学や生物学や地球科学との関係も深いので、それらの分野の研究者も今以上に巻き込んで今後の活性化や発展を図れると良いのではと考えています。工学系との連携を深めた装置開発も含め、これが現在を打開し、より大きな組織へと発展する萌芽となることを期待します。

幸いにして、今や「天の川の中心は鹿児島にあり」との認識が日本の天文学界には広まりました。では、次の目標は何か。それは皆さんが考えるべきことです。

日本の今後を考えると現在の１大学だけで天文学研究の規模を維持するのはさらに困難となるでしょう。それを打開するためには「KaKuE ３大学連携」を発展させ、「九州広域大学天文連合」を目指すのが一案です。南アフリカやオーストラリアとの人脈を強化することで日本を代表する国際研究拠点を目指すのも良いでしょう。各自の研究内容を発展させるのに資する体制とするのが理想ですが、その芽は既に多数あります。

学長らの高評価を反映して、今は比較的恵まれた予算状況にあります。これを有効活用する意味でも若手研究者が続々と目指してくれる天の川センターとなることは重要です。近年では天の川センターの存在を学部受験生も知るようになり、大学院進学者も増加基調です。これらは次の高評価に繋がります。

こうした“夢”は「銀の弓」と名付けた定例お茶会で語るのが妥当でしょう。海外の研究機関では常識であるこうした集まりにも多くの研究者・学生の参加が望まれるところです。

全体が縮小基調である現在、縮小を避けるには、こうした指標をいろいろな場で広くアピールする必要が高まっています。各自の研究実績を向上させることは当然ですが、こうした点にも関心を持ち、発展に繋がればと感じています。

天の川センターの今後の発展に期待します。さらば桜島！

鹿児島大学大学院
理工学研究科
教授

半田 利弘

Toshihiro Handa

ついに解明！超巨大ブラックホールの成長メカニズムと銀河中心の物質循環

和田 桂一（天の川銀河研究センター）、泉 拓磨（国立天文台准教授 / 天の川銀河研究センター客員研究員）

多くの大質量銀河の中心には、その質量が太陽の 100 万倍以上に達する「超巨大ブラックホール」が存在します。この超巨大ブラックホールはどのようにして作られるのでしょうか？これまでの研究から提案されている重要な成長機構は、ブラックホールへの「ガス降着」です。これは、銀河に存在するガスが、銀河中心のブラックホールへ落ちていくことを指します。

超巨大ブラックホールのごく近傍に集まったガスは、ブラックホール重力により高速で運動し、ガス同士の激しい摩擦で数百万度まで高温化して輝きます。これは活動銀河核と呼ばれる天体現象で、その光は時に銀河の星の光の総量を凌駕するにまで至ります。興味深いことに、ブラックホールめがけて落ち込んでいったガス（降着流）の一部は、この活動銀河核の膨大なエネルギーをあびて吹き飛んでしまう（噴出流）とも考えられているのです。

さて、これまでの理論・観測研究の双方から、10 万光年におよぶ銀河スケールから中心の数百光年程度までのガス降着機構については詳しく理解されています。しかし、そのさらに内側、特に銀河中心数十光年以内でのガス降着に関しては、領域のあまりの小ささから詳細は謎に包まれていました。たとえば、ブラックホールの成長を定量的に理解するためには、降着流の流量（どれくらいの量のガスが流入しているのか）を測定すること、また、噴出流としてどういうタイプのガス（プラズマガス・原子ガス・分子ガス）がどれだけの量で流出しているかを測定することが必要ですが、その観測的理解は進んでいませんでした。

国立天文台の泉（本研究実施時は国立天文台と東京都立大学に所属）を中心とする国際研究チームは、アルマ望遠鏡を用いて、超巨大ブラックホール周辺わずか数光年という非常に小さな空間スケールでのガス流とその構造を、プラズマ・原子・分子の全ての相において定量的に測定することに世界で初めて成功しました。多相ガスを観測することで、ブラックホール周りの物質の分布や運動に関する、より包括的で正確な理解を得ることができるのです。観測したのはコンパス座銀河という、近傍宇宙の代表的な活動銀河核天体です。達成した解像度は約 1 光年。これは活動銀河核に対する多相ガス観測として、これまでで最高の解像度です。

本研究ではまず、銀河中心から数光年にわたって存在する高密度分子ガス円盤（図 1 の緑）において、超巨大ブラックホールへ向かう降着流を初めてとらえることに成功しました。実は領域の小ささに加えて、銀河中心部はガスの運動が複雑なため、降着流を特定することは長らく困難でした。しかし今回、研究チームは、明るく輝く活動銀河核の光を手前の分子ガスが吸収して影になっている現場を、アルマ望遠鏡の高解像度観測で特定したのです。詳しい解析から、この吸収体は私たちから「遠ざかる方向」に動いていることが分かりました。吸収体は、必ず活動銀河核と私たちの間に存在するので、これはつまり活動銀河核めがけて落ちていく降着流をとらえたことを意味します。

さらに、この銀河中心部でのガス降着を引き起こす物理機構も解明しました。観測されたガス円盤自身の重力は、ガス円盤の運動から計算された圧力では支えきれないほど大きかったのです。この状態に陥ると、ガス円盤は自重で潰れて複雑な構造を形成し、銀河中心部で安定して運動することができなくなります。そうすると、ガスは一気に中心のブラックホールめがけて落ちていくのです。この「重力不安定」と呼ばれる物理現象が起きていることを、ア

ルマ望遠鏡は明らかにしたのです。

また、本研究で活動銀河核まわりのガス流の定量的な理解も大きく進みました。観測されたガスの密度と降着流の速度から、ブラックホールへ供給されるガスの流量が分かります。その量は、この活動銀河核の活動性を支えるのに必要な量より、なんと30倍も大きな値でした。つまり、銀河中心1光年スケールでのブラックホール降着流のほとんど全ては、ブラックホールの成長に寄与していなかったのです。では、その余ったガスはどこに行ったのでしょうか？本研究はこの謎も解明しました。アルマ望遠鏡の高感度観測により、中密度分子ガス・原子ガス・プラズマガスの全てのガス相（それぞれ図1の赤色、青色、ピンク色の分布に相当）において、活動銀河核からの噴出流が検出されたのです。定量的な解析の結果、ブラックホールへ流入したガスの大半は分子か原子として噴出するものの、速度が遅いためにブラックホールの重力圏から脱出できずにガス円盤に舞い戻り、再度ブラックホールへの降着流と化す、あたかも噴水のようなガスの循環が起きていることも分かりました（図2、図3）。これらの観測成果は、Izumi et al. “Supermassive black hole feeding and feedback observed on sub-parsec scales” として米国学術雑誌 Science に 2023 年 11 月 3 日付で掲載されました [1]。

今回の成果の重要な点は「まさしく現在成長中」の超巨大ブラックホール周辺のわずか数光年スケールの領域で、ブラックホール降着流や噴出流を多相

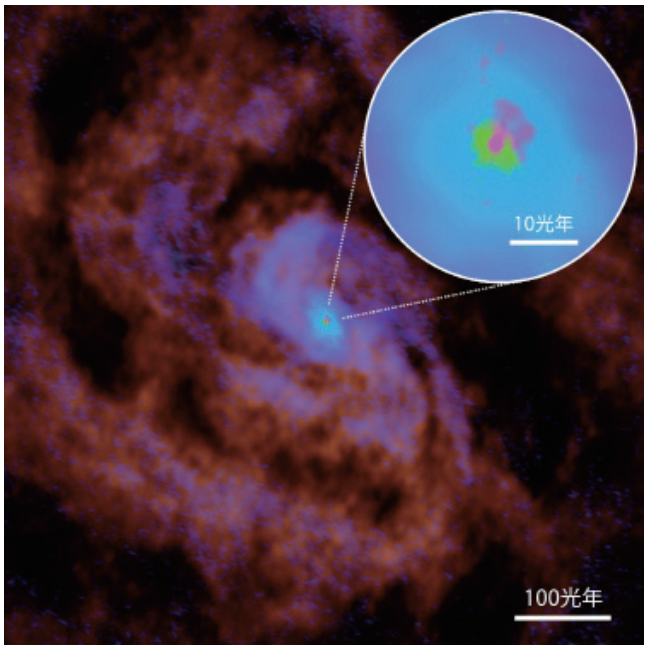


図 1: アルマ望遠鏡で観測したコンパス座銀河の中心部。中密度分子ガスを反映する一酸化炭素（CO）の分布を赤色、原子ガスを反映する炭素原子（C）の分布を青色、高密度分子ガスを反映するシアン化水素（HCN）の分布を緑色、プラズマガスを反映する水素再結合線（H36 α）の分布をピンク色で示しています。図の中央には活動銀河核が存在します。この銀河は外側から内側にいくにつれて傾いた構造を持つことが知られており、中心部では高密度分子ガス円盤を横から見る形に近づきます。この高密度分子ガス円盤（図の中心部の緑色領域：右上のズームも参照）の大きさは直径約 6 光年程度で、アルマ望遠鏡の高い解像度で初めて明確に捉えることができました。プラズマ噴出流は、この高密度分子ガス円盤とほぼ直交する方角に出ています。Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), T. Izumi et al.

ガスで検出し、さらにはブラックホールへの降着機構を解明することができたこことにあります。これは超巨大ブラックホール研究の歴史における一つの記念碑的な成果であるといえます。今後は「宇宙史における超巨大ブラックホール成長」を包括的に理解することが求められます。そのためにはより遠く

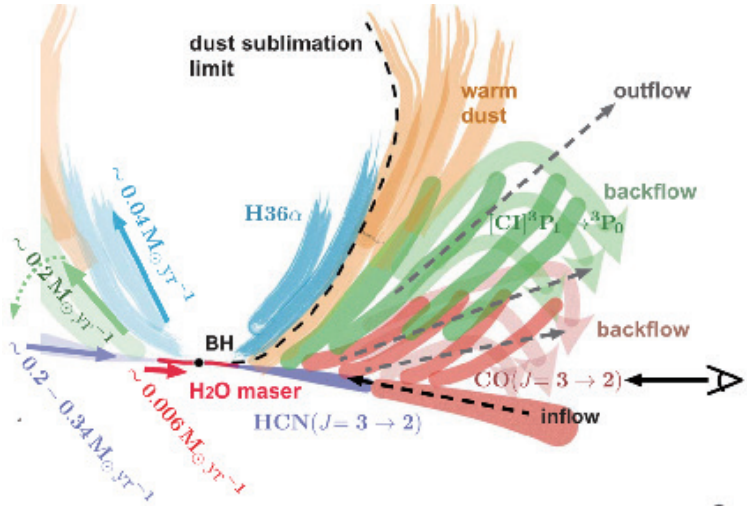


図 2 : 今回の観測結果や他の観測そして理論研究を総合して、Circinus galaxy 中心付近の構造を模式的に示したもの。色の違いはガスの種類（分子や原子、プラズマ）を表す。オレンジ色の部分は暖かい（数 100 K）のダストで、黒点線より内側ではダスト粒子が BH 近傍からの強い輻射を受けて融けてしまう領域。

図 3 : 今回の観測結果に基づく活動銀河核の星間物質分布の想像図。銀河から高密度分子ガスが円盤面を伝ってブラックホール方向へと流入します。ブラックホール周りに集積した物質が高温化することで生じたエネルギーで、分子ガスが破壊されて原子やプラズマへと変化します。これらの多相星間物質の多くは銀河中心部から外部へと向かう噴出流（円盤直上方向へは主にプラズマ噴出流が、斜め方向へは主に原子や分子の噴出流が発生する）と化すものの、大半は噴水のように再び円盤に舞い戻ることが分かりました。Credit: ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), T. Izumi et al.

にある、様々な性質をもった超巨大ブラックホールを多角的に調べる必要があります。それにはアルマ望遠鏡のみならず高解像度・高感度の観測が必須であり、次世代の大型電波干渉計にも期待したいところです。

さらに本研究では ALNA による観測データが出るずっと前にスーパーコンピュータを駆使した理論的な研究によって、輻射によって駆動された「噴水構造」が予想されていたことも重要な点です [2]。われわれはこの数値流体計算をもとに、輻射輸送過程（電磁波と物質の相互作用）を計算し、さまざまな波長でどのような構造が観測的に予想されるかという論文を多数出版しています（例えば、[3]）。X 線から電波まで広い波長範囲に渡る最新の観測と基礎物理過程に基づいた理論シミュレーションの共同研究により、図 1 のような観測データから図 2 のような構造を明らかにすることができたのです。

本研究は、国立天文台 ALMA Scientific Research Grant No. 2020-14A、2022-21A、ALMA Japan Research Grant for the NAOJ ALMA Project Code NAOJ-ALMA-271、および日本学術振興会科学研究費補助金 (JP20K14531、JP21H04496、JP17H06130、JP21K03632、JP19K03937、JP20K14529、JP20H00181、JP22H00158、JP22H01268) の支援を受けて行なわれました。

[1]. Izumi, Takuma; Wada, Keiichi ; Imanishi, Masatoshi d ; Nakanishi, Kouichiro; Kohno, Kotaro; Kudoh, Yuki; Kawamuro, Taiki; Baba, Shunsuke; Matsumoto, Naoki ; Fujita, Yutaka ; Tristram, Konrad R. W.," Supermassive black hole feeding and feedback observed on subparsec scales", Science, Volume 382, Issue 6670, pp. 554-559 (2023).

[2]. Wada, Keiichi, " Radiation-driven Fountain and Origin of Torus around Active Galactic Nuclei", The Astrophysical Journal, Volume 758, Issue 1, article id. 66, 10 pp. (2012)

[3]. Wada, Keiichi; Schartmann, Marc; Meijerink, Rowin, " Multi-phase Nature of a Radiation-driven Fountain with Nuclear Starburst in a Low-mass Active Galactic Nucleus", The Astrophysical Journal Letters, Volume 828, Issue 2, article id. L19, 7 pp. (2016).

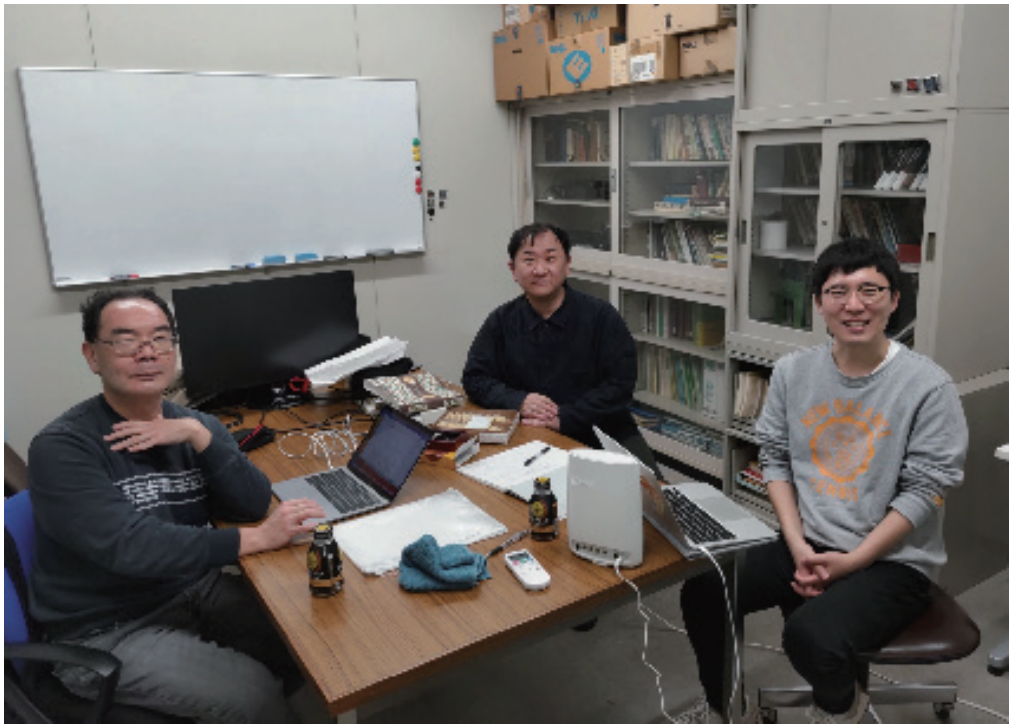


図 4 : 天の川銀河研究センターに共同研究のために集まった AGN 研究者（2024 年 2 月撮影）。
右端が筆者のひとり（泉）。左が上田佳宏京都大学教授、中央は長尾愛媛大学教授（天の川銀河研究センター客員研究員）。それぞれ X 線、光赤外、電波の観測の専門家であり、科学研究費補助金・基盤 A「活動銀河核構造の全波長域新パラダイムの確立」（研究代表：和田桂一）のメンバーとして AGN 研究を多角的に進めている。

太陽系、1 万光年も遠くで誕生か？

– 元素組成から探る太陽系誕生地と惑星系多様性の謎 –

馬場 淳一 (鹿児島大学 / 国立天文台)、
斎藤 貴之 (神戸大学)、辻本 拓司 (国立天文台)

われわれの研究チームは、天の川銀河に分布する様々な元素の組成の進化を計算するモデルを構築し、太陽系は現在の位置よりも銀河系中に約 1 万光年ほど近い場所で誕生した可能性を指摘しました。さらに、このモデルを応用して、天の川銀河内の元素分布から惑星系の多様性の予測を行いました。

私たちの太陽系は、天の川銀河（または銀河系）の中に位置しています。この太陽系は約 46 億年前に天の川銀河のどこかで誕生しました。そして、現在は銀河系中心から約 2 万 7 千光年離れたところを周回運動しています。しかし、太陽系はその誕生から現在までの約 46 億年の間、ずっと同じ場所を周回運動してきたのでしょうか？

この疑問の答えを見つけるカギは、太陽系の元素組成にあります。私たちの身の回りには多くの元素がありますが、水素やヘリウムなどの軽い元素は、宇宙が生まれた時のビッグバンでできたものです。それに対して、私たちの体の主成分である炭素や酸素、地球の地殻・マントル・コアなどを作っているケイ素・マグネシウム・鉄などの重い元素（重元素 または金属元素）は星の進化過程で作られました。これらの元素は、星が生まれ変わる度に増えていきます。このような銀河における元素の循環を「銀河化学進化」と呼びます。

興味深いことに、太陽系の重元素の量は、太陽の周辺にある同じ年代の他の星々と比べて異なっています。なぜなのでしょうか？実は、天の川銀河の中心部と外側で元素の量に違いがあることが知られています。この事実から、太陽系はもともと銀河の中心に近い場所で生まれ、その後、今の位置まで移動してきたのではないかと考えられています。

そこでわれわれは、異なる星の進化プロセス（II 型超新星、Ia 型超新星、AGB 星）を考慮した銀河化学進化モデルを構築し、太陽系が誕生した 46 億年前に、太陽系の重元素組成に到達する銀河系内の場所を探査しました。図 1 は、われわれのモデルが予測する、さまざまな天の川銀河の中心距離 (半径) の元素の相対存在度の時間変化です。これを見ると、太陽が誕生した 46 億年までに太陽系の重元素組成に達するのは、銀河系中心から約 1 万 6 千光年の位置だとわかります。現在の太陽系の位置は約 2 万 7 千光年ですので、太陽系は現在よりも約 1 万光年ほど内側で形成された可能性が浮かび上がりました。

さらに、天の川銀河の化学進化から、太陽系の誕生地の推定の他に天の川銀河内で形成される惑星系の多様性に関しても予測を与えることができます。天の川銀河内の異なる位置は、異なる星形成の歴史を経てきているため、重元素の組成が異なります。もし太陽系が銀河系内の全く異なる場所で誕生していた場合、含まれる重元素の組成が全く異なり、それに応じて惑星系の形成や生命の発生も異なる可能性があります。

われわれの理論モデルから天の川銀河内の異なる位置と時刻における重元素の組成を予測し、それに基づいて惑星系の形成を予測も行いました。図 2 は、この予測を示しています。銀河系の内側ほど惑星の材料物質が豊富で、さらに、鉄コアの大きな岩石惑星が形成される可能性があます。一方、外側では水の豊富な惑星系が誕生する可能性があることを予測しました。

この研究は、私たちの太陽系が天の川銀河内のどのような環境で誕生し、進化してきたのかを理解する上で重要な一歩です。将来的には、太陽系の起源と進化に関する疑問に対する深い洞察をもたらし、「われわれの起源」についての新しい知見をもたらすでしょう。

この研究成果は、2023 年 10 月 19 日に英国の王立天文学会月報 (Monthly Notices of the Royal Astronomical Society) に掲載され、2023 年 11 月 14 日に鹿児島大学と神戸大学から共同プレスリリースが行われました。

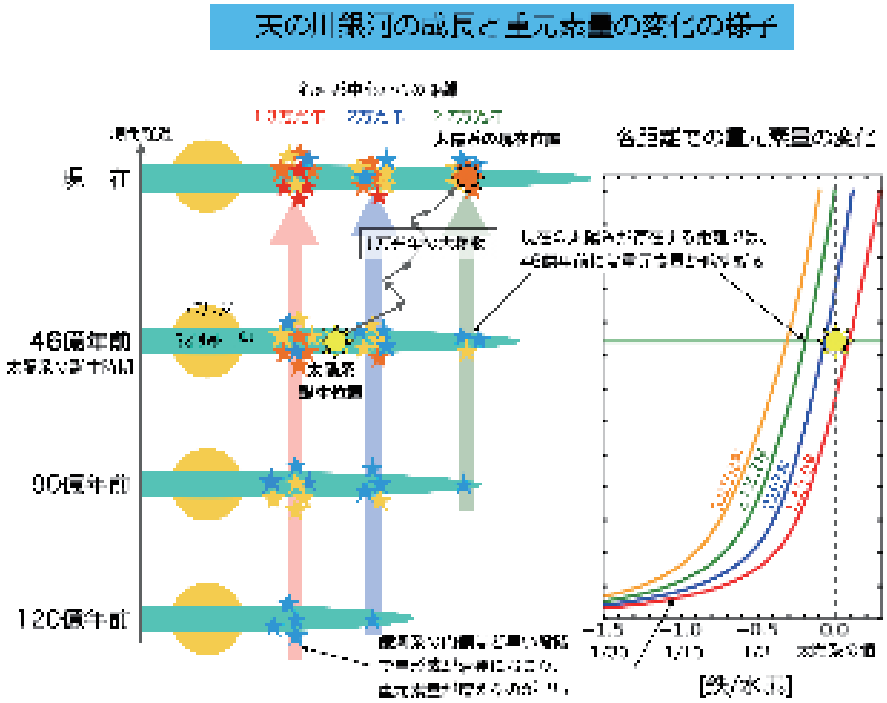


図 1 : われわれの天の川銀河の化学進化の理論モデル（左）と、銀河系中心からのさまざまな距離における重元素（鉄と水素の割合）の時間変化の様子（右）。

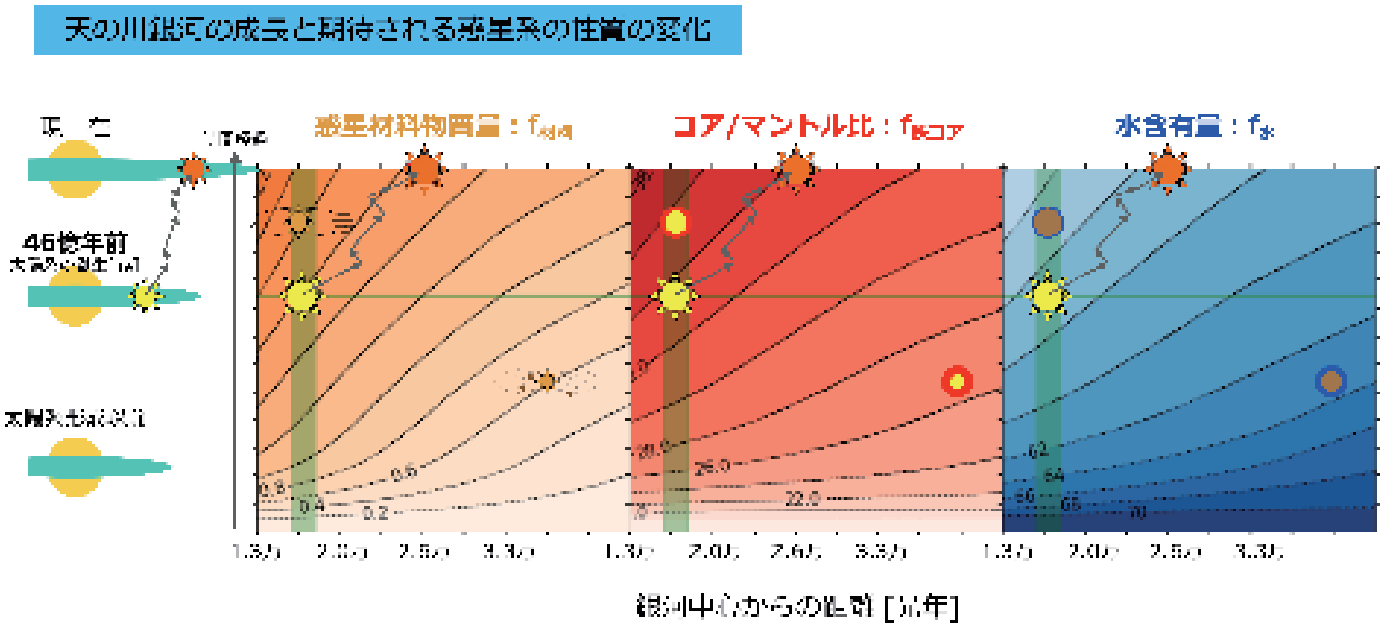


図 2 : われわれのモデルに基づく惑星材料物質の空間分布の時間変化の様子。（左）銀河系の内側ほど惑星材料物質の総量が多く、巨大ガス惑星をもつ惑星系が誕生しやすい可能性がある。（中）銀河系の内側ほど鉄の相対含有量が高く、大きな鉄コアを持つ岩石惑星が誕生しやすい可能性がある。（右）外側ほど鉄に対する酸素の相対含有量が高く、水を豊富に含む惑星が形成されやすい可能性がある。

国際研究会 : Global Hands-on Universe Conference 2023

半田 利弘 (鹿児島大学)

2023 年 8 月 7 ～ 11 日の 5 日間、鹿児島大学の稲盛会館および理学部 1 号館で「Global Hands-on Universe Conference 2023」(以降、GHOU および GHOU2023 と略す) が開催されました。GHOU の年次大会は天文教育普及活動に関する世界規模での研究会で、今回が実質的には 25 回目、日本では 3 回目の開催です。GHOU はその活動を支援する組織も持ち、現在、90 ヶ国以上からの参加があります。

GHOU の母体は、1994 年に米国で始まった科学教育プログラム Hands-on Universe です。これは、「Ia 型超新星による宇宙膨張の研究」を行っていたカリフォルニア大学の C.Pennypacker が「実際の天体観測データを使って発見的な科学教育と科学研究を同時に行う」ことを目標としてはじめられたもので市民科学の先駆けといえます。

2020 ～ 22 年は COVID19 禍のため online のみ開催でしたが、2023 年は鹿児島での対面と online の併用でした。鹿児島会場での発表は 34 件、対面参加は約 50 名でした。これに加えて欧州時間帯に online 発表が行われ、ほぼ同件数の発表がありました。

発表は原則として英語で行いましたが、日本の学校教員等の参加を促すため、GHOU 初の試みとして一部は日本語での発表を認めました。今後の機械翻訳の進展次第ではこうしたやり方が増えるかも知れません。

鹿児島大学からは本センターに関係する半田、笠井、松坂が発表を行い、県内の愛好者や高校教員からも 3 件の発表がありました。もちろん、日本をはじめ世界各地で行われている先進的で体験型・課題解決型の科学教育がいくつも紹介されると共に、各国の教育体制の相違、経済水準の違いから生じる課題、科学教育の意義などについても発表や意見交換がなされ、日本国内に留まっているだけでは認識しにくい問題点や解決策が提示されたことは、国際会議を行う本来的な意義であると感じました。

集録は現在、編集中で 4 月頃にはオンライン公開される見込みです。

次回の開催地は未定ですが、例年 8 月頃に開催されるので近々、案内が回覧されると思います。鹿児島では残念ながら、これまで GHOU になじみがない鹿児島大学の教員等の参加がありませんでしたが、地方にいるからこそ、このような機会を逃さずに積極的な参加を望みたいです。

なお、GHOU2023 は天の川銀河研究センターと天文学振興財団からの財政支援および鹿児島の私企業 3 社からの寄付を得て実施されました。また、開催時には鹿児島大学学生ほか、多くのボランティアにご協力頂きました。ここに感謝の意を表したいと思います。

稲盛会館前での集合写真。最前列、右から 5 人目が HOU の始祖である Pennypacker 氏

国際研究会：Multi-wavelength AGN Structure and Cosmological Applications

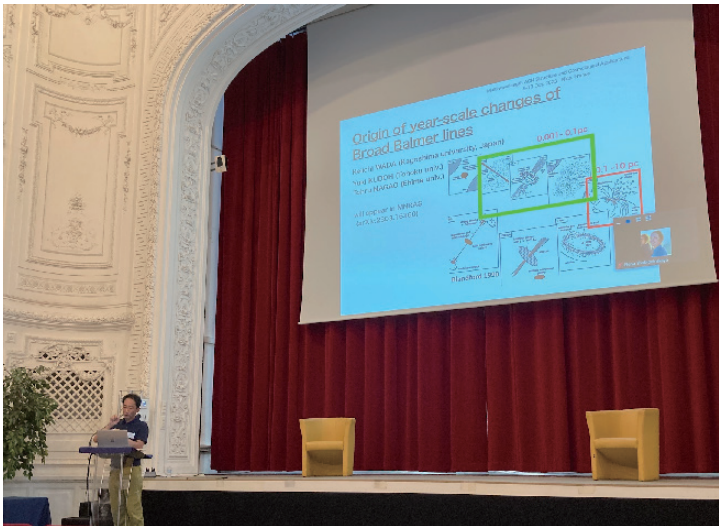
和田 桂一（鹿児島大学）

2023 年 10 月 9 ～ 13 日にフランス南部のニース (Nice) で開催された会議に参加してきました。この会議は、活動銀河中心核（Active Galactic Nuclei=AGN) と呼ばれる銀河中心の超巨大ブラックホール（太陽質量の１００万倍から１０億倍）周囲の構造について最新の観測や理論の成果を議論するものです。私はここ２０年くらい、AGN の構造の理論計算や多波長観測結果との比較を行っていましたので、まさにタイムリーな研究会でした。

会場は、コートダジュール大学（Université Côte d'Azur）の Château de Valrose という「城」でした（写真左）。大学の中にこのような城があるところがフランス的ですが、会議のホールも非常に歴史を感じさせるものでした。

私は 1 日目午後のセッションで「Origin of year-scale changes of Broad Balmer lines」と題する発表を行いました（写真右）。この発表の内容は、Wada, Kudoh, Nagao (2023) Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Volume 526, 2717 として出版されています。超巨大ブラックホール近傍には、広輝線領域（BLR: broad line region) という電離したガスがあるとされているのですが、その構造を理論シミュレーションによって調べたものです。数年～１０年程度で輝線スペクトルが大きく変動するという観測結果がいくつかの AGN で報告されているのですが、その原因が AGN 近傍からの非定常アウトフローにある可能性を示しました。この会議にはさまざまな波長での BLR の観測的研究をしている研究者が多く参加していたので、詳しい議論を行うことができました。特に reverberation mapping（AGN 光度の時間変動を用いて構造を調べる手法）の専門家や、光赤外干渉計（VLTI) の研究者と今後の共同研究について議論を行うことができ大変有意義でした。実際に帰国後にわれわれのデータをもとにテスト計算を始めています。これまでの国際共同研究を思い出してみると、国際会議での雑談レベルからスタートしたことが珍しくありません。最近はオンライン会議も増えていますが、対面での研究会の空き時間に直接会って話をすることの重要性をあらためて認識しました。

Nice は地中海に面した観光地としても有名で、いろいろなシーフードレストランを夕食ごとに楽しめたのも良い思い出です。ただ、円安 Euro 高のため滞在コストが非常に掛かったのが経済的に辛いところでした。大学が定めている日当・宿泊費は日本円で固定ですが、せめて現地通貨ベースにならないものかというのは日本からの参加者の共通した意見でした。



コートダジュール大学のキャンパス内にあるシャトー・ド・ヴァルローズ

国際研究会 : East Asia AGN workshop 2023

和田 桂一 (鹿児島大学)

2023 年 9 月 25 ～ 27 日、鹿児島大学理学部にて研究会「East Asia AGN workshop 2023」が開催されました。この研究集会は東アジア地域で超巨大ブラックホール (SMBH) や活動銀河核 (AGN) について研究を行う研究者が一同に会して研究成果の発表や討議を行い、共同研究の萌芽を探ることを目的として、2012 年から定期的に行われてきました。過去の開催場所は、済州島 (韓国)、札幌 (日本)、長春 (中国)、ソウル (韓国)、台北 (台湾)、重慶 (中国 ; ハイブリッド) で、鹿児島大学では 2017 年以来 2 回目の開催となります。今回の参加者は日本 49 名、中国 28 名、韓国 13 名、台湾 5 名、アメリカ 3 名、イギリス 1 名、スウェーデン 1 名（合計 100 名）でした。

ポスターセッション会場の様子 (理学部 1 号館 2 F)

３日間の会議では下記のセッションを設け、最新の成果についての報告や議論がありました。

Session 1. SMBH への降着流

Session 2. AGN のフィードバックとフィーディング

Session 3. 電波銀河

Session 4. AGN からのガスアウトフロー

Session 5. AGN トーラス

Session 6. AGN の環境

Session 7. SMBH と銀河との共進化

Session 8. AGN と銀河合体との関係

Session 9. AGN の時間変動現象

メインの会場は理学部 220 教室で、理学部 1 号館 2 F にポスターセッション会場（写真）も設け、３６件の発表があり、個別の議論が会期中活発に行われました。

今回の会議の企画にあたっては、大学院生を含む若手研究者が自身の成果を発表する機会がコロナ禍で減少していた状況を考慮し、若手研究者の口頭発表時間をできるだけ確保するために招待講演をあえて設けませんでした。また、コロナ禍の中で主流となったハイブリッド形式での開催スタイルを導入することにより、旅費の捻出が困難だったり家庭の事情で出張が難しかったりする研究者にもオンライン参加ができるようにしました。結果として 24 名のオンライン参加者を含む 100 名という多数の研究者に参加してもらうことができました。そのうち大学院生は 43 名でした（内 14 名が口頭発表）。

講演内容として、初期宇宙における巨大ブラックホールの種形成の理論研究や、JWST や EHT といった最新の観測装置を用いた観測研究など、時宜を得た最先端の研究成果の発表が多数行われました。第 1 回 EAAGN ワークショップからの 10 年間のうちに東アジアの AGN 分野での研究水準が圧倒的に向上しているのが印象的でした。

本研究集会は天の川銀河研究センターの主催ですが、国立天文台の２０２３年度の研究集会に採択され、若手研究者の旅費などをサポートしていただきました。ここに感謝申し上げたいと思います。

会場は理学部で一番大きな教室である２２０教室を用いましたが、スクリーンが小さく、プロジェクタも暗いため、この規模の会議には不向きであったかもしれません。さらに不幸にも理学部の空調機が大規模に故障中だったため、教室もポスター会場も残暑の厳しい中、過酷な環境になってしまったことは参加者に申し訳なかったと思います。

科学組織委員会委員、LOC 委員長　和田 桂一

国際研究会：ALMA at 10 years: Past, Present, and Future

高桑 繁久　（鹿児島大学）

2023 年 12 月 4 日 -8 日、南米チリ、プエルトバラスの Hotel Cumbres にて、ALMA の１０周年を記念した国際研究会「ALMA at 10 years: Past, Present, and Future」が開催されました。世界中の第一線の電波天文学者から新進の若手まで、317 人が参加しました。そのうち、137 人が物理的にプエルトバラスに集まりました。コロナが明けて久々に顔を合わせての国際研究会であり、とてもエキサイティングなものになりました。鹿児島大学天の川センターからは、博士課程 1 年の城戸未宇さんと、高桑が参加いたしました。

地球の裏側に行くことになるので、渡航はとても大変です。１２月２日の昼に鹿児島を出て、羽田、アメリカのダラス、チリの首都のサンチアゴと経由して、会場の最寄り空港のプエルトモン空港に着いたのが、現地時間の１２月３日の昼過ぎです。１日半以上、渡航に費やしていることになります。久しぶりの超遠距離の渡航でしたが、飛行機の座席を全て通路側で抑えることができたのは幸いでした。

研究会は１２月４日の朝から始まりました。最初に ALMA 観測所の所長 Sean Dougherty 氏による ALMA の現状の報告があり、ALMA が実現に至るまでの歴史の話と続いて、その後、全ての研究分野で、ALMA を用いた最新の研究成果の紹介がありました。私の研究分野である星、惑星形成の分野のみならず、星間化学、系外銀河、宇宙論、晩期型星、太陽系など全ての分野の研究が新鮮で素晴らしいものでした。

我々のグループは、ALMA 大型観測プログラム eDisk を推進しております。eDisk は生まれて間もない（～＜１０万年）原始星周囲の円盤を 5 天文単位の超高解像度で観測し、原始星段階での惑星形成の兆候を探る国際共同プロジェクトです。観測は 2022 年内に終了し、2023 年度は得られたデータの最初の論文、first-look papers の出版ラッシュでした。2023 年年末の国際研究会は、こういった我々の eDisk の成果を世界に発信する絶好の機会でした。全体の口頭発表は eDisk の PI である台湾中央研究院の大橋永芳さんが行いました。さらに eDisk 個別の成果を５つのポスターとして紹介しました。そのうちの２つが高桑のものと城戸さんのものです。またこの研究会は、世界中に散らばった eDisk の共同研究者と顔合わせができる、久しぶりの機会でもありました。eDisk を今後どう発展させていくのかの活発な face-2-face での議論を行うことができました。

チリ、プエルトバラスにて eDisk のメンバーと記念撮影

議論を行えたのは eDisk のメンバー間だけではありません。これまで名前は知っていたけど直接話をしたことがなかった研究者や、あるいは新たな若手の研究者、国内でもこれまであまりきちんと話ができなかった研究者など、様々な方々と非常に有意義な話をすることができました。研究の世界はやはり素晴らしいということを再認識できます。この世界にいれるのは大きな特権であるし、この特権を持っている立場にいる限りは、常に成果を出し続けていく義務があるとも感じます。

研究会のタイトルにあるように ALMA は始まってから１０年が経ちます。ALMA による様々な天体の画像、成果は想像を遥かに超えるものです。こういった成果を次の世代の学生に伝えていき、天の川センターと鹿児島大学のますますの発展に寄与していければと思います。

国際研究会：Transient & Supernova WS 2023

山中 雅之（鹿児島大学天の川銀河研究センター）

2023 年 12 月 18 ～ 21 日に「ホテルウェルビューかごしま」にて研究会「Transient & Supernova WS 2023」が天の川銀河研究センターの主催で開催されました。この研究会では、超新星爆発の観測と理論に関わる研究者が集まり、議論を行うことになっています。ポスドクと学生は他機関の先生方の前で研究発表を行う機会が与えられます。彼らは査読論文誌への投稿を目標として発表を行います。泊まり込みで集中的に議論を行うことから関係者の間では通称「超新星合宿」と呼ばれています。

今回の参加者は、特任・ポスドクを含めたスタッフが 17 名、学生が 22 名でした。発表件数は 34 件で、12 件がスタッフ、22 件が学生によるものでした。また、外国籍の方が 6 名参加し、日本を含め 5 カ国からの参加がありました。初日の発表・質疑は英語で行われました。2 日目以降もスライドは全て英語で作ってもらいました。日本語で発表した方もいましたが、英語で質問を受ければもちろん英語で返さなくてはなりません。

この研究会はおおよそ 1 年に 1 度のペースで開催されています。入来観測所 1m 望遠鏡による超新星観測の活躍もあり、今回は鹿児島開催となりました。

鹿児島大学からは 5 名参加し、うち 3 名は 4 年生でした。永山准教授からは kSIRIUS を始めとする装置開発に関する発表がありました。また、後藤君は、superluminous supernova に関する研究について、熊野さんはプリカーサーを伴う特異な超新星の研究について発表を行いました。彼らは学部生でありながら、厳しい質問にも耐え抜き、しっかりと発表をこなしました。彼らの研究には、kSIRIUS で取得された近赤外線データが使われています。超新星分野においても国際的に最先端の研究を可能にしています。

研究会では、多様な超新星や突発現象について、理論・観測の双方による研究報告がなされました。近年注目を浴びつつある中性子星合体現象キロノバに関してや、エジェクタと星周物質の相互作用を起こすタイプの超新星についても、多くの報告がありました。今後、この分野はさらに国際競争が激しくなることが予見され、そこに食らいつくためには何が必要か、活発な議論が行われました。

最終日には、入来観測所と VERA のエクスカーションを行いました。外部の観測所や望遠鏡を見る機会がほとんど無い学生も多く、刺激的であったようです。

次回開催地は未定ですが、鹿児島から若手・学生を含めて参加するつもりです。1m 望遠鏡による研究で多くの成果発表が出来ればと考えています。

鹿児島大学 天文・宇宙特別イベント
日本一の星空“鹿児島”で体験する宇宙の魅力と不思議

松坂 怜（鹿児島大学）

鹿児島大学は、全国有数の天文・宇宙研究に力を入れており、星空や宇宙に興味がある学生が多く在籍しています。さらに、鹿児島県は環境省主催のスターウォッチング・ネットワーク（全国星空継続観測）で4度も日本一に指定されたことがあり、全国有数の美しい星空を持つ県です。そこで、2023年12月23日（土）に、鹿児島大学で研究している学生が中心となり、鹿児島の星空の魅力や宇宙の不思議を紹介するイベントを行いました（図1 イベント参加者集合写真）。

図1：イベント当日、入来観測所での集合写真

本イベントの実施のために、私たちは学生グループ「薩摩の星々」を立ち上げ、鹿児島大学「進取の精神チャレンジプログラム」の支援の下、計画から実施までを学生だけで行いました。このプログラムは、大学が学生の自主的な活動に対して金銭的な支援を行うものです。定員50名に対し、小学生から大学の先生まで幅広い年齢層の81名からお申し込みがあり、年齢を問わず多くの方に興味を持っていただけたと考えています。イベント前後に行ったアンケート調査によると、本イベントにより参加者の科学への興味関心が高まったことが分かりました。また、計画から運営まで全て学生が担当することで、これまでこのような活動にあまり興味がなかった学生も教育普及活動への関心が深まったと感じています。

イベントの目的と特色は、日本一きれいな星空の魅力と不思議を、天文学を専門とする学生を中心に紹介することにあります。「きれいな星空」と「専門性が高い学生が多く在籍している」という点を兼ね備えたプログラムは、全国的にも実施可能な場所が限られています。そして、天文・宇宙に関する科学コミュニケーションは、一般の方々に広く受け入れられる可能性が高く、このテーマを題材としたコミュニケーションを通じて、多くの人々に自然科学に興味を持っていただくことを目指しました。

イベント参加者の募集時の主な対象は、小中高生とその保護者でした。小中高生と年齢が近い大学生が主体として実施することで、より実施者と参加者の距離感が近いイベントにしました。そして、本プログラムの目的を子供たちへの「科学の普及と興味喚起、科学的な思考の促進」と設定しました。多くの場所で同様の目的を持った活動が行われていますが、主催者と参加者の距離感が近いイベントは、科学館などでは実現が難しいため、このプログラムの特色とも言えます。

最初に、鹿児島大学学習交流プラザで、「大学生による天文・宇宙の講演」を行い、その後、「宇宙に関するワークショップ」「今日の星空紹介」を開催しました。大学での企画が終了後、貸し切りバスで国立天文台入来観測所に移動し、星空観望会を行いました。

大学生による天文・宇宙の講演では、大学院生3名（松坂、小林さん、武内さん）が、鹿児島大学が得意とする「観測天文学」「シミュレーション天文学」「天

文学のための装置開発」という３つの観点から、それぞれ 10 分程度の講演を行いました (図 2)。これらの講演は、「それぞれの視点から見るオリオン星雲」という共通のサブテーマで結びついており、参加者からの質問も多く、事後アンケートでも高い興味を示していただけました。

図 2 : 学習交流プラザでの講演の様子

観測天文学では、松坂が「宇宙を観測する」というテーマで、最新の観測結果を豊富に示しながら、宇宙に存在する様々な天体について紹介しました。異なる波長で観測した天体の結果を通じて、観測天文学の魅力を伝え、参加者と一緒に、カシオペア座 A やオリオン大星雲について意見交換を行いました。シミュレーション天文学では、小林さんが「シミュレーションで探る宇宙」というテーマで、シミュレーションの重要性やその概念について詳しく説明し、観測データだけでは不十分な理由を様々なアニメーションを用いて解説しました。天文学のための装置開発では、武内さんが 1m 光赤外線望遠鏡の装置開発を中心に、「装置開発で探る宇宙」というテーマで講演し、新しい装置によって見えてくる宇宙の新たな姿を紹介しました。

宇宙に関するワークショップでは、「3D 星図」「手作り望遠鏡」「銀河下敷き」の３つのテーマでワークショップを行いました。参加者は、鹿児島大学での研究と密接に関連するこれらのテーマから選択し、大学生の指導のもと、自らの手で作品を作りました。これにより、参加者は言葉だけでは伝えにくい内容を、実際に作品を作ることで深く理解することができました。

Mitaka を用いた星空紹介では、山口さんがイベント開催当日の星空を、4 次元デジタル宇宙ビューワー Mitaka を使用して紹介しました。これにより、参加者は星や星座の見え方を簡単に理解することができ、天体の時間変化についても深く知ることができました。

鹿児島大学入来観測局での星空観望会では、口径 10cm 以下の家庭用小型望遠鏡を使って、アルビレオや土星、木星などの観察を行いました。参加者は、望遠鏡の使い方を学びながら、実際の星空を観察することができました。また、鹿児島大学 1m 望遠鏡を用いた電子観望では、リアルタイムでの大型望遠鏡の観測結果を YouTube で共有し、天体観測の難しさや面白さを体感することができました。

図 3 : 星空観望会の様子

本イベントを通じて、さまざまな方々に天文・宇宙に関する情報をお伝えすることができたと考えております。また、このイベントの主目的であった自然科学への興味や関心を高めることにも、成功したと感じています。さらに、スタッフである大学生たちにも大きな影響を与えることができました。

これからも、天文・宇宙の魅力を広めるとともに、こうした教育普及活動の重要性を同世代に伝え続けていきたいと考えています。また、イベントを通して行ったアンケート調査の結果などは、2024 年 3 月発行の「天文教育」に掲載されていますので、そちらもご確認いただければと思います。

JST さくらサイエンス招へいプログラム

鹿児島大・南アフリカ大・ノースウェスト大 電波天文研修会

中西 裕之 (鹿児島大学)

2024 年 1 月 11 日から 31 日までの 3 週間、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）「さくらサイエンス招へいプログラム」および天の川銀河研究センターに支援いただき、「鹿児島大・南アフリカ大・ノースウェスト大 電波天文研修会」を開催しました。

南アフリカのノースウェスト大学および南アフリカ大学から大学院生 4 名、学部生 3 名と引率教員 1 名の計 8 名が、鹿児島大学理学部に滞在し、本学の学生と一緒に、電波天文学の基礎、VERA で取得した VLBI データの解析、南アフリカで運用が始まったばかりの電波干渉計 MeerKAT で取得したデータの解析について学びました。

今回引率いただいた現在南アフリカ大学・ノースウェスト大学の James Chibueze 教授は、2013 年 3 月に鹿児島大学で博士号の学位を取られた方です。今回、そのような縁もあって、本プログラムに協力していただけることになりました。

南アフリカでは現在、次世代電波干渉計である Square Kilometre Array (SKA) の建設が始まっており、建設が完了した暁には、これまで解明できなかった多くの謎が明らかになることが期待されます。鹿児島大学では、2008 年より SKA 時代に向けた日本における研究・開発を精力的に取り組んできました。

南アフリカの MeerKAT は、SKA 先駆機として建設、運用されているものです。また、鹿児島大学が国立天文台と共同で運用している VERA も SKA 先行機として登録されており、SKA を用いた VLBI 研究の検討も精力的に進めています。南アフリカの学生にとって VLBI 観測のデータを触る機会は少なく、また日本の学生にとって MeerKAT のセンチ波観測データを触る機会が少ないため、両国の研究者と学生が一同に集まることによって、SKA 時代の電波天文学をリードする若手研究者を育成し、国際連携を強化することを目標に据えました。

南アフリカの学生達は、1 月 11 日 (木) の夜に鹿児島空港に到着し、翌日 1 月 12 日 (金) には、まず西郷隆盛像や鶴丸城跡、仙巌園など鹿児島市内の観光名所を巡りました。市内観光には、鹿児島大学の学生 14 名が同行し、各自が、南アフリカの学生を案内してくれました。また、その日の夕方には、大学の食堂ガロアにて、ウェルカムパーティーを開き、さらに親睦を深めました。

共通テストの 1 月 13 日 (土)、14 日 (日) をはさんで、1 月 15 日 (月) から本格的に電波天文の研修会が始まりました。午前中、センター長から挨拶をいただき、趣旨説明ののち、学内を案内しました。午後から、電波天文学の基礎についてのレクチャーが始まりました。翌 1 月 16 日、17 日には手作り電波望遠鏡による天の川の HI 21cm 線観測の実習や VLBI についてのレクチャー、MeerKAT のデータ解析や AIPS による VERA のデータ解析実習などを行いました。一通りの解析実習が終わったのは、1 月 23 日 (火) 正午、そこから 4 グループに分かれて、1 月 26 日 (金) に研究成果報告会に向けたグループワークが始まりました。

MeerKAT データを用いた電波銀河研究、高速電波バースト研究、HI 輝線研究、VERA データを用いた水メーザー研究の 4 グループに分かれて、研究発表の準備に取り組みました。

1 月 26 日 (金) の研究成果報告会には、南アフリカ大使館公使もいらっしゃり発表を見ていただきました。

わずかな準備時間であったにも関わらず、予想以上にレベルの高い講演であり、大使館公使も我々スタッフも大変驚きました。

滞在期間中、1 月 18 日 (木) には入来の武家屋敷や VERA 入来局へのバスツアー、1 月 25 日 (木) には JAXA 内之浦宇宙空間観測所へのバスツアーも行い、ここでも学生の皆さんが手厚いサポートをしてくださいました。

また、週末には学生の皆さんが自主的に、桜島や霧島に連れて行ったりと、学生同士の交流も活発でした。このことは、南アフリカの学生にとっても大きな喜びだったようです。

1 月 29 日 (月) の朝には東京へと移動し、渋谷や秋葉原などの東京観光をしたのち、1 月 30 日 (火) に国立天文台三鷹キャンパスを見学し、1 月 31 日 (水) に成田空港から帰国されました。

南アフリカの学生の多くは海外旅行を経験したことがなく、最初の国外滞在、しかも 3 週間の長期滞在が遠いアジアンの日本であったことに、渡航前はかなりの不安があったようです。しかし、それが 3 週間の滞在、交流を通じて、学生同士の友情が深まり大切なチームメイトができました。

年始より、かなりのハードスケジュールでしたが、南アフリカ・日本の双方のスタッフにとっても、学生にとっても、非常に意義深い 3 週間になりました。これを契機とし、また今回の経験を活かして、この両国の研究交流を継続し、さらに強めていきたいと考えています。

本プログラムを援助いただいた JST はじめ、天の川銀河研究センター、そしてレクチャー等でご協力いただいたスタッフの皆様、本プログラムの参加者として、また南アフリカの学生のおもてなしをしてくださった学生の皆さんに深く感謝いたします。

入来の丘から

高精度電波アストロメトリと地球大気研究の連携

今井 裕 (鹿児島大学)

鹿児島大学が運用に協力してきた国立天文台 VERA（VLBI Exploration of Radio Astrometry, 天文広域精測望遠鏡）は、「天の川銀河立体地図作成」という当初の科学目標事業を 2021 年度に終了しました。VERA が最も得意とするのは、２視野同時観測システムを駆使した高精度電波アストロメトリ（天体位置計測）です。ほぼ同じ方向 (離角 2.2 度以内) に見える遠方不動（とほぼみなせる）クェーサーと天の川銀河（銀河系）内の測量（年周視差測定）対象天体（主に水 / 一酸化珪素メーザー源）を完全同時に観測することにより、この２天体方向共通に見られる地球大気がもたらす位置揺らぎの影響を相殺し、この２天体間の離角を高精度で測定するものです。こうして 100 を超える天体に対して測量を実施し、主に２つの集大成とも言える成果をまとめました。

１つ目は、銀河系の構造を特徴づける２つの基本パラメータ（銀河系中心—太陽系間の距離 R_0 及び太陽系付近の銀河回転速度 Ω_0）の値を決め、太陽系近傍に渦状腕が実在することを直接確認した事です (VERA Collaboration 2020, PASJ, 72, 50) 。２つ目は、距離梯子の１つとして注目されている長周期変光星の周期—光度関係を、直接測量を通して銀河系中の変光星に対しても明らかにした事です (直近のレビューは Nakagawa 2023, IAU Symposium 376 Proceedings)。これらに加えて直近では、銀河系の重力中心であるいて座 A*（スター）の年周視差検出を果たした事です (図１、Oyama et al. 2024, PASJ, 76, advance access)。

こうして、当初の科学目的を完了させたとされた VERA は、2022 年度よりユーザー提案を広く受け入れて新たな研究課題 (VLCOP=VERA Large Collaborative Programs) に取り組んでいます。しかし著者自身は、VERA 本来の目的は未完だと考えています。広大な銀河系の大部分について、測量がほぼ手付かずのままです。特に銀河系中心領域は、多くの天文学者が注目する電波アストロメトリに残されたフロンティアです。また、いて座 A* の年周視差決定相対精度は 15% 程度に留まっています。別の手法で求められたいて座 A* までの距離の値が本当に正しいのか（いて座 A* や測定装置自身の特徴に何か見落としがないのか）を、独立した決定手法で検証する必要があります。このためには、上記精度を最終的には 3% まで向上させる必要があります。今後、VLCOP の枠組みでこれらを遂行していこうと鋭意努力するところです。

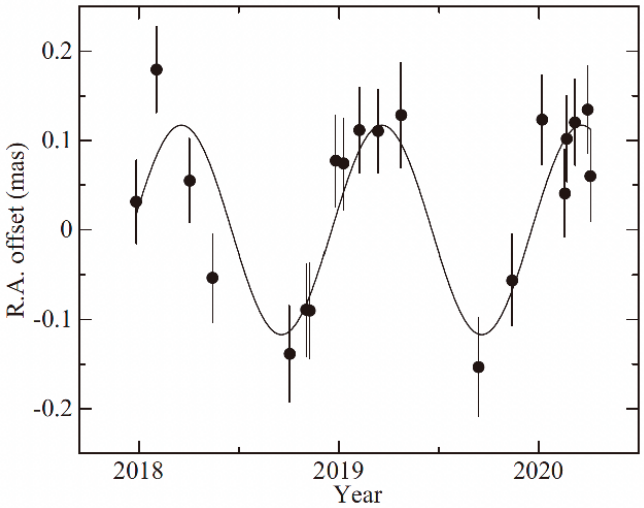


図 1: いて座 A* で検出された、年周視差に伴う東西方向（縦軸）の年周位置変化 (Oyama et al. 2024)。太陽系が銀河系内を公転するため逆にいて座 A* 側に反映される固有（並進）運動（年間 6 ミリ秒角程度）が現れるが、上図ではそれが観測された位置変化より差し引かれている。

だだし、従来のやり方だけでは、今後さらに 10 年掛けても、電波アストロメトリの新境地を切り開くことも、いて座 A* 測量で精度 3% を達成することもできません。そこで、電波アストロメトリ１回１回の精度を向上させることが課題となります。AGARC News No.4 (2023 年)

では、観測感度の向上に向けた装置性能向上（受信信号記録速度つまり受信帯域幅の向上や両円偏波受信）について紹介しました。本誌では、地球大気によるアストロメトリへの影響を軽減する新手法について紹介します。

VERA で完全同時に観測するほぼ同じ方向に見える２天体とは言え、観測仰角はわずかながら異なります。すると、天体から望遠鏡に電波が届くまでに通過する地球大気中の物理的経路長も異なります。地球大気の大部分は対流層、しかも地表からせいぜい 3000 m 以内に溜まっており、さらにその中に水蒸気を含んでいます。この様な対流層で生じる電波伝送遅延の差は、アストロメトリの拠り所となる幾何学的遅延時間（電波干渉計を成す２台の電波望遠鏡間の相対位置と電波源方向から決まる、天体電波受信タイミングのズレ）の測定値へ無視し難い系統的誤差として付加されてしまいます。この様な誤差成分を計測してアストロメトリデータ較正に利用するため、今日まで GPS (Global Positioning Service、現在は主に GNSS= Global Navigation Satellite System) 信号を利用してきました。この手法は元々、1990 年代後半に、超過電波到達遅延 (excess path delay length= EPL) をもたらす大気中水蒸気の量（可降水量）を推定する「GPS 気象学」として考案され、国土地理院が構築した GPS 観測網の発達によって気象学に広く利用されてきました。そこから VERA をはじめとする VLBI（超長基線電波干渉法）観測でも普及してきました。しかし、この手法で計測できるのは観測地点（GPS/GNSS 局）の天頂方向における EPL であり、アストロメトリに利用するためには、これを観測天体の仰角における EPL に外挿推定しなければなりません。EPL の仰角依存性を表現する関数を mapping function と呼びますが、測定しようとする大気の構造を一般モデル化したものであり、仰角が低くなるほど EPL の推定精度が落ちる懸念があります。方位角方向に依って EPL が異なることにも留意が必要です。

そこで、観測する天体の方向における可降水量を直接測定する装置が考案されました。それがデジタル分光型水蒸気ラジオメータです。当初の水蒸気ラジオメータ (WVR) というものは、視野が非常に広く、また大気からの電波放射パワーのみを計測していました。そのため、水蒸気だけでなく水滴や乾燥大気成分（酸素など）も混じった計測になっていました。近年は単なるパワーではなくスペクトルとしてデータを取得するようになり、これら３成分の分離の精度が向上しつつあります。しかし、視野を観測天体方向に限定したものとなると、WVR を搭載したパラボラアンテナの開発が必要となります。また、WVR そのものの小型化も必要です。VERA では、広帯域信号技術（アナログ - デジタル高速変換）を利用したデジタル分光型 WVR の開発を行いました (川口則幸国立天文台名誉教授ら)。そして、まだ入来局にしか搭載されていませんが、この WVR を電波望遠鏡の焦点付近に設置することにより、観測天体（ビーム B 側のみですが）とほぼ同じ方向の EPL を計測できるようになっています（図 2）。現在、この WVR から取得したスペクトルから EPL を正確に求めるための研究が続いています（図 3）。

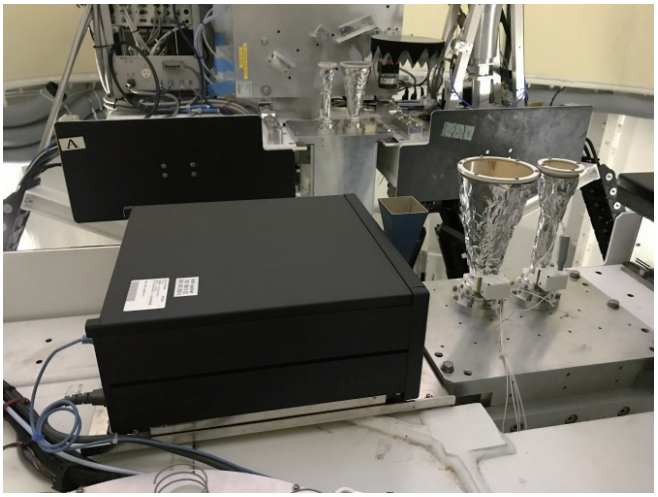


図 2：VERA 入来局 20 m 電波望遠鏡焦点部（B ビーム）に設置されたデジタル分光型 WVR（手前黒い筐体）。22 GHz 帯及び 43 GHz 帯電波受信フィードホーン（それぞれ WVR 右側及びさらに右側）のすぐ側に WVR 受信ホーンが配置され、天体とほぼ同じ方向に WVR の視野を確保している。

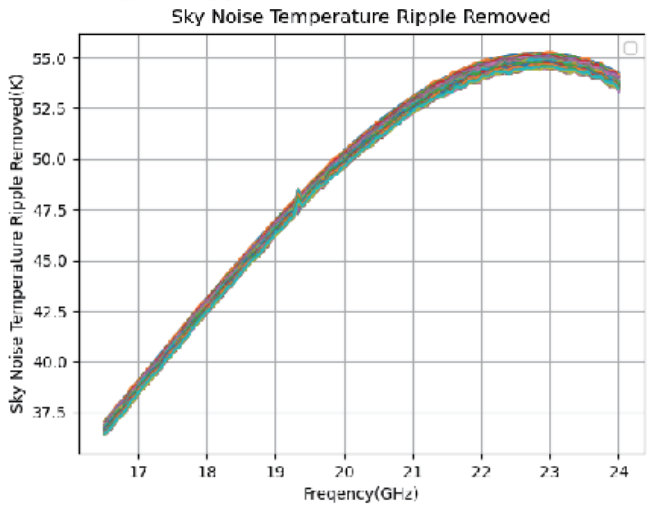


図３：VERA 入来局デジタル分光型 WVR で取得した地球大気放射スペクトル。水蒸気の輝線スペクトルの静止周波数は約 22.2 GHz。酸素分子放射（静止周波数は 60 GHz 付近）の影響で、スペクトル全体が右肩上がりになっている。生の取得スペクトルは、多数の反射波の漏れ込みで非常に雑音だらけになっているが、時間的に安定して見える雑音成分を差し引くと、この図の通り綺麗なスペクトルを取得できる。１秒毎に異なる色の曲線で 60 秒分のスペクトルをまとめて表示している。この時間内でも水蒸気成分放射がアンテナ温度に換算して１K 程度変動していることが伺える（図は坂元優一氏作成）。

ところで、先に地球大気可降水量の計測という面で気象学分野を中心に GNSS そして WVR の導入が進んできたことを紹介しました。現在は、局所的気象現象、特に線状降水帯の出現を予測するための研究が盛んになっています。そこでは、地球大気の水蒸気や乾燥大気成分を高い空間分解能 (1 km 程度) かつ高い時間分解能（1 分程度）で広域にわって監視するシステムの構築を目指しています。一方 VLBI 観測においても、天文一般、アストロメトリ、測地学、宇宙 / 深宇宙飛翔体運用、惑星科学、時間・周波数計測、等、非常に多くの分野にわたって非常に広い電波帯域（1—60 GHz）をまとめて観測するシステムが考案されています。そして、これらを統合して新たな超広帯域電波受信システムを開発する計画が進んでいます（図４）。著者ら鹿大グループもまた、先述の WVR を用いた研究、新超広帯域受信システム試作機を野辺山 45m 電波望遠鏡光学系へ設置して行う試験観測、さらに本学理学部１号館屋上における計測（図５）において、この計画に参加しています。

以上の活動に関する成果について、また後日報告できれば幸いです。

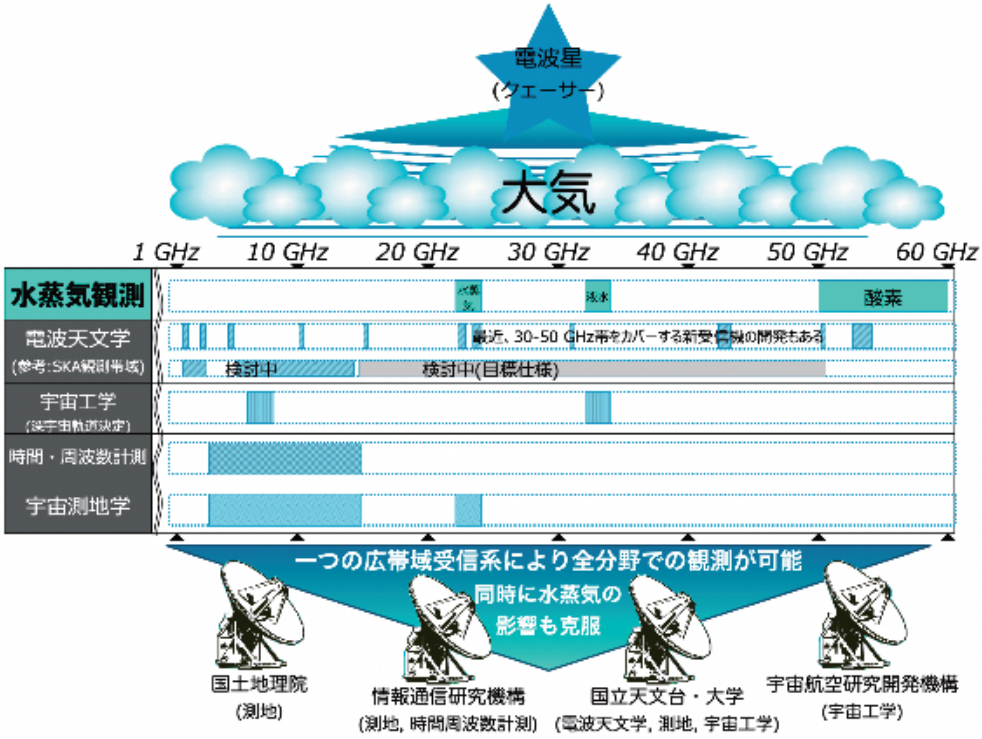


図 4: 開発中の超広帯域電波観測システムで想定されている共同研究テーマの模式図。氏原秀樹氏科学研究費申請調書中の図を引用。

図 5: 本学理学部 1 号館屋上に 2023 年 11 月から設置された、局所的気象現象監視ネットワーク構築用機器。

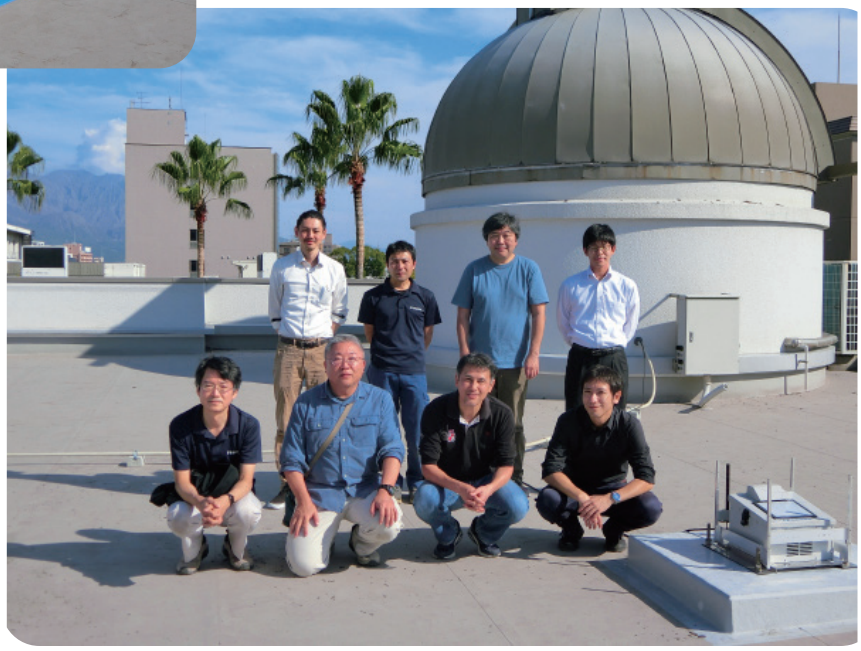


図６：天頂方向観測用水蒸気ラジオメータ（図右下に見える機器）と機器設置メンバー。筆者は前列右から２番目。筆者の左隣は市川隆一氏（情報通信研究機構、研究代表者）。東北大学、気象研究所、古野電気の皆さんが設置作業に集結した。この場所は、近い将来桜島から噴出される水蒸気を直接検出するための超広帯域電波観測用パラボラアンテナ（開発代表：氏原秀樹氏）を設置する適所として選ばれている。

特集 - 卒業生からの寄稿

2019 年修士卒　川口 雄大さん （システムエンジニア・コンサルタント）

皆さま、はじめまして。2019 年に理工学研究科 物理宇宙専攻 修士課程を卒業した川口と申します。私は 2019 年に大学院を卒業後から IT 業界にて約 5 年間勤務しております。センター長の和田さんから宇宙コースの学生や、これから鹿児島大学で宇宙を研究したいと思っている学生に向けて、「IT 業界で働くってどんな感じ？」「学生時代の経験は活きている？」という点をぜひ書いてほしいといただきました。研究歴も社会人歴も未熟な私ではありますが、少しでも皆さんの参考になればと思い記事を書かせていただきます。

1.　学生時代

高校生の頃は物理が好きだったこともあり、大学は物理科を志望しておりました。恩師に九州だと鹿児島大学で宇宙が学べるからおすすめだよと言われ、その言葉を疑うこともなく鹿児島大学に入学しました。入学後はある講義での和田さんの「計算機 (コンピュータ) の中に銀河を作っている」という言葉を聞いて、和田研究室に行こうと決めました。3 年生の 1 月くらいから和田研究室でコンピュータを弄ったり、勉強をしたりとキャッチアップをした後に、銀河やブラックホールの研究を開始しました。元々博士課程に行くつもりはなく、B4 で卒論のポスター賞を受賞、M1 で学会発表、M2 で論文を出すということを目標にコツコツと研究をしていました。

昔からプログラミングできる人ってカッコいいと思っていたので、大学時代に独学で C 言語や Python を学びました。ブラウザゲームや iPhone アプリを作ったり、数学が苦手だったので Python に数学の課題を任せていました。

2.　社会人になって

宇宙コースの就職先できっと多いのが、教員、公務員、システムエンジニア・コンサルを含む IT 系企業かなと思います。私自身プログラミングは得意だったので、IT 系企業への就職を決めました。当時は工学部に比べたら技術も劣っていると思っていましたが、300 人程度いる同期の中で、新卒研修の成績は上位でした。実は前職の日系大手 SIer では新卒社員は理系 6 割、文系 4 割になりますし、理系の中で工学部出身は 4-5 割程度になります (ほかの会社もそこまで割合は変わらないかなと思います)。しかも、物理科出身の私が上位に入れるぐらいなので、理学部と工学部でそこまで技術の差はないと思っています (専門性は負けると思いますけどね)。

日系の大手 SIer に入社後はインフラエンジニア (サーバ、NW、クライアント PC の導入など) として 4 年間ほど従事しました。1 年目から派遣会社の新卒の子の面倒を見て、2 年目にはチームリーダ、3 年目にはほぼプロジェクトリーダー、4 年目にはプロジェクトリーダーとかなり順調に仕事を覚えて活躍していました。3 年目くらいから給与の折り合いがつかず、23/3 月に前職を辞めて、23/4 月から現職の総合コンサルティング会社に勤めています。現職では金融系のクライアント向けに支援を行っています。

システムエンジニアとコンサルって何が違うの？と思われるかもしれませんが、

- システムエンジニアはお客さんの要望にあったシステムを導入するのが仕事
- コンサル (IT) はお客さんの業務課題を見つけてきて、改善案を提案するのが仕事 (+ 最近ではシステムの導入までやります)

というのが一般的かと思います (最近はいろいろな業態があり一概には言えません)。

3.　物理科や研究室の経験で何が活きたか、何が不足していたか

IT 業界に従事して、個人的に学生時代の経験が活きたと思う点は 2 点あります。

1 点目がスケジュール管理のスキルです。和田研究室では週 1 で和田さんへ進捗報告をする機会があります。私自身、天文学会や論文の目標達成に向けて、進捗会で細かく研究状況を伝えて、アドバイスをいただきたいと思っていました。そのためには、和田さんからのフィードバックの実践、シミュレーション、結果の考察、成果をまとめてスライドに起こす作業を毎週こなす必要がありました。そこで日単位の自分がやるべきタスクやスケジュールを毎週計画していました。併せて天文学会への発表なども考えると、○月にはここまでといったマクロなスケジュールも立てないといけないのかなと思います。そんな生活を 3 年間くらい繰り返してきたので、この仕事をするならいつまでにこれをやるみたいな感覚値がわかるようになりましたし、タスクが振られた際には都度スケジュールを立てる習慣ができました。システムエンジニアとして働く際には若いころは「自分のタスクをいつまでに終わらせるために、、、」という観点でスケジュールを立てないといけないですし、プロジェクトリーダーになるとプロジェクトメンバー分のスケジュールを管理してあげないといけないです。という点で学生時代に培ったスケジュール管理のスキルは今でも重宝しています。前職の同期や先輩社員と働いているときもこのスキルがないなと思う人が多かった印象ですし、これができない人はあまり活躍していない印象です。ぜひみなさんは講義の課題や研究の際にもスケジュールを立てて進めるというのを意識してほしいと思います。夏休みの宿題や課題を最終日にやるなんてことは社会では通用しません (笑)

2 点目としては未知の勉強をするという点です。宇宙コースで研究をするとなると莫大な知識が必要で、日々勉強の毎日かと思います。IT 業界では比較的社会人になっても資格の勉強をしたり、新しい技術の習得のために勉強が必要になります。IT 業界のお客様は最新の技術を自分の会社に導入したいと考えますし、日々新しい製品や技術が出てくるため、勉強無しで活躍するのは不可能かなと思います。社会人として 5 年間働いていて、新しいことを学ぶ際の抵抗がないというのは宇宙コースで勉強をしていたからなのかなと思っています。

逆になにが不足していたかというと、相手の立場に立って説明するという観点です。私が初めてクライアント向けの提案書を書いた際に、上司からお前は技術について詳しく書きすぎと言われました。私自身、学生時代から相手に伝わるようにかみ砕いて説明することを意識していましたが、それでも足りなかったです。学会や研究会では相手も宇宙関連に詳しいこともあり、説明が専門的でも理解してもらえることが多いかなと思います。IT 業界では相手がまったく知らない前提で説明が必要になるので、学生時代から意識してみるとよいかもしれません。

4.　さいごに

最後まで読んでいただき、ありがとうございます。短い社会人経験ではありますが、IT 業界を目指す学生さんの参考になれば幸いです。

「学生時代に物理や宇宙を学んで何か社会人生活に役に立ったか？」と聞かれたら、「多少数字に強いだけで、何も活きていない」と答えると思います。ただ、研究生活で培ったスキルや経験は間違いなく活きていますし、工学部で IT スキルを学ばなかったことを後悔したこともありません。好きなことを学べる機会なんて人生の中で少ないと思うので、学生時代は好きなことを学んでほしいと思います。

2017 年学部卒　水町 亮介さん （弁護士）

今から６、７年前、私は鹿児島大学理学部物理科学科に在籍しており、当センターのセンター長である和田教授の研究室で理論宇宙物理の研究をしておりました。時は経ち、現在私は東京のＩＴ企業で企業内弁護士としてのキャリアをスタートさせたところです。本寄稿の機会を頂いたので、後輩の学生たちに数多の選択可能な進路の一例をお示しできればと思います。

まずは遡って、私が鹿児島大学にいた頃についてお話しします。大学４年次の頃、私は多くの理系の大学生と同様、大学院進学に向けて勉強をしながら研究を進めるという典型的な過ごし方をしていました。ところが、進路も決まって大学を卒業する直前に、弁護士になろうと思い立ち、一転、法科大学院への進学を目指し、全ての決まっていた進学先を白紙にして卒業しました。もっとも、当時の私には、「司法試験に合格すれば弁護士になれる」といった程度の知識しかなく、もちろん法律の勉強なんかしたこともないので、振り返れば随分と楽観的な決断だったなと思わないわけでもないですが、その気楽さが功を奏したのか無事翌年には法科大学院に入学、その後司法試験に合格しました。

馴染みのない方がほとんどだと思いますので簡単に説明すれば、司法試験は、憲法、民法、刑法、民事訴訟法、刑事訴訟法、会社法、行政法、その他の選択科目の合計８科目で構成され、マークシート式の短答試験と記述式の論文試験の２形式で問われる試験です。私は、理系出身ということもあり、選択科目では知的財産法を選択しました。知的財産法は特許法と著作権法で構成されており、特に特許法は技術的発明を保護する法律であることから、馴染みがあると考えたのです。実際その通りで、理学部で学んだ「知識」が直接生きたのは、知的財産法の学習においてではないかと思います。他方で、理学部で学んだという「経験」は、法律の学習において「知識」以上に役立ちました。物理の勉強では、どの分野であっても、まずは書籍等を丁寧に読み込むことから始まり、厳密な数学を前提に理解していきます。法律の学習においても、まずは体系書を丁寧に読み込むことから始めました。このとき、数学的に厳密に考える癖は、法律の文言や解釈を厳密に理解する上で役に立ちます。つまるところ、数式や文章の読解については、表現が記号か言葉かの違いしかないことに気付かされました。

司法試験の合格者は、司法修習という実務研修を約１年間行います。ここでは、全国各地の裁判所、検察庁、法律事務所等で実際にナマの事件を扱います。裁判所では、実際に法廷での公判を傍聴し、事件について裁判官と意見交換し、文書を起案します。検察庁では、捜査の一部を行います。法律事務所では、弁護士の広範な業務を間近で経験することができます。

司法修習の最後には、司法修習生考試が実施され、これに合格すれば司法修習を終えて弁護士等になることができます。同試験は司法試験に次いで実施される試験であるため「二回試験」と呼ばれます。司法試験が法律の解釈や適用、判例や学説の知識を真っ向から問われるのに対して、二回試験では、法律の知識を前提として、具体的な事件において証拠からどのような事実が認められるのかといった事実認定を問われる点で内容に違いがあります。

事実認定とは、要するに経験していない事実について「ある」と言えるかを証拠から判断する作業になりますが、これは科学的証明における立証とはその内容が大きく異なります。そのため頭が混乱することもありましたが、違いを知ることで面白みを感じる部分でもありました。

私は昨年末に司法修習を修了し、今年の１月から企業内弁護士として働いております。理系出身の弁護士は少数派であり、価値のあるバックグラウンドであると思います。

物理の研究をしている学生にとって選択可能な進路は数多あり、むしろ物理を扱う進路の方が少数であると思いますが、いずれの道を選択するとしても、物理の世界にいる間はその世界に没頭することが畢竟最も有意義な過ごし方であるといえます。限りある時間の中で集中して頑張ってください。

01

理工学研究科 博士後期課程 1 年
城戸 未宇　Miu Kido

博士後期課程への進学の動機

博士前期課程の時に行っていた研究で面白い結果が得られ、研究を続けたいと感じたことがきっかけで、博士後期課程への進学を考えるようになりました。今となっては、この選択に後悔はしていませんが、当初は博士号取得後の進路や金銭面をはじめ、自分が博士後期課程の 3 年間を乗り切ることができるのかなど、不安が尽きなかったのを覚えています。そこで何に不安を感じ、なぜそのように感じるのかを明確にし、不安を取り除くためにできることやすべきことを把握しました。これによって今後の方針をはっきりとさせることができ、かつ進学したいという自分の気持ちも相まって、最終的に進学することを決意しました。

研究の状況

私は、エンベロープから原始惑星系円盤に降着する分子ガスが円盤に衝突した際に与える物理 / 化学的な影響を、観測的に明らかにしたいというモチベーションのもと、研究に取り組んでいます。博士前期課程では対象天体に降着するガスの軌道を捉え、その空間 / 力学構造を明らかにしました。さらにこの研究を進めていくと、その軌道の終着点で一酸化ケイ素分子を検出しました。これは強い衝突によってのみ昇華される分子であり、降着ショックが関連した現象と捉えることができます。この領域を一酸化ケイ素の複数の回転遷移で観測できれば、光学的に薄いことと LTE を仮定することで、衝突領域の温度や密度構造、分子の存在量を正確に見積もることができます。これをファーストステップとして、降着ショックが円盤の構造形成に与える影響を探り、さらに対象天体の数を増やすことによって降着ショックの多様性についても定量的に調べていく予定です。現在は、ALMA 望遠鏡の観測提案書の申請が近づいているので、それに向けて準備を進めています。

学生の皆さんへ

研究を続けていく上で最も重要なのは、研究を楽しむことだと私は思っています。博士後期課程への進学を考えている方もそうでない方も、研究が楽しいと感じる瞬間に出会えることを願っています。応援しています。

02

理工学研究科 博士後期課程 1 年
小林 雄大　Yudai Kobayashi

博士後期課程への進学の動機

博士後期への進学の動機は、研究に対する「未練」です。「将来、研究者になりたい」や「業界に残りたい」というわけではなく、ただ単純にもう少し研究を続けたい、というのが理由です。お金のことや博士後期修了後のことなど、不安なことも多くありましたが、両親の理解や指導教員である塚本先生からのアドバイス・サポートもあり、博士後期への進学を決意しました。また所属する研究室に博士後期課程の先輩がいる、ということも進学の後押しになったと思います。

私の場合、周囲の環境にかなり恵まれて、進学を決意したため、博士後期進学後の現在は、「研究成果を出して、恩返しをする！」という気持ちで研究を行っています。

現在の研究の状況、悩みなど

私の研究テーマは地球や木星といった惑星の形成現場である原始惑星系円盤の約 100 万年にわたる長期進化の解明です。修士課程では、研究に必要な 1 次元のシミュレーションコードの開発をメインに行ってきました。開発したシミュレーションコードを用いて、先行研究である、カナダの Basu 教授らのグループの結果の再現に成功しており、その結果を修士論文にまとめました。塚本先生や研究室の学生からのアドバイス・コメントもあり、修士論文の結果で見られていた数値振動を大幅に改善することに成功しています。

これにより、先行研究では調べられていなかった原始惑星系円盤の長期進化を調べることができ、現在、シミュレーション結果を論文にまとめています。

後輩の学生に向けて

博士後期課程では、学士、修士課程に比べると、研究会に参加する機会が多く、他大学の研究者との交流が増えます。私の場合、昨年の春に開催された研究会で、Basu 教授と議論する機会がありました。実際に会ったときは、論文を読んで名前を知っていたので、かなり感動したことを覚えています。英語での議論だったので、苦戦する場面も多々ありましたが、アドバイスやコメントをもらうことができ、研究に対するモチベーションがかなり上がりました。その後、上手くいかないときもありましたが、めげずに研究を続け、良い結果を出すことができました。来年度は今回得られた成果を持って、カナダの Basu 教授のもとへ行く計画を立てています。このように進学して研究を長く続けることで、良い成果が得られ、海外の研究者と共同研究ができるというのも博士進学の魅力の 1 つだと思います。少しでも「研究を続けたい」という気持ちがあるならば、博士後期への進学を考えてみてはどうでしょう？きっといい経験になると思います。先輩や指導教員に話を聞いてみるのもありです。

一緒に鹿児島大学の宇宙コースを盛り上げていきましょう！

初めて Basu 教授と議論した研究会（第 2 回シン九州星形成ゼミ）

研究室での様子

03

理工学研究科 博士後期課程 1 年
吹原 瑶　Haruka Fukihara

博士後期課程への進学の動機

私にとって博士後期課程への進学という選択肢は、大学受験を控えた高校生の頃すでに、ぼんやりとですが自分の中にありました。その頃の私は天文学という学問に興味があったというよりは、研究とはなんなのか、未知のものに対してどんな学び方ができるのか、というところに興味を持っていました。そして科学者や研究者といった何かについて詳しく語れる専門家に強い憧れを持っていました。当時はそういう人はみんな博士号を持っている、くらいに考えていたと思います。

自分の中で半ば当たり前になっていた修士課程への進学とは異なり、博士課程への進学を決心するまでに時間を要しました。進路を考え始めた頃の私は、研究の楽しさを感じる一方で、自分の研究の発展性についてよくわかっていませんでしたし、進学したとしてもいつまで続けたいのだろう、と自分の気持ちが定まりませんでした。また、アカデミックな世界の外にも未知な物事はもちろんたくさんあって、それらを知りたい・経験してみたいという気持ちも強くありました。

すぐに決断できなかった私は、進学準備と就職活動を並行し、いずれやってくる機会まで選択を先延ばしにすることにしました。内定をいただいて、企業への就職か大学へ残っての研究かの２択を迫られた私が選んだのは後者でした。内定先も研究職でしたが、自分が取り組んでいるような理論天文学の研究は大学でしか継続できないということが一番の判断要因となりました。自身の研究への気持ちの大きさを再確認できました。また、かねてから査読論文を出版してみたいと夢見ていましたが、この時はまだこの目標も達成できていませんでした。加えて、修士課程在学中は誰もが様々に活動を制限されていたコロナ禍の真っ只中だったので、対面での研究会など制限のない研究活動をもっともっと味わってみたいという気持ちもありました。研究活動の中にまだまだ経験してみたいことがたくさんあったのです。

現在の研究の状況、悩みなど

ということで私は博士課程に進学し、早くも一年が経ちました。修了後のことはまだ未定ですが、一旦は博士号取得までを区切りに、という気持ちで日々研究に取り組んでいます。これまで同様、研究対象を追究していく研究生活は刺激的で楽しいです。現在は、これまでの研究成果を論文にまとめ、投稿するという段階にいます。私にとって１本目の査読論文となるのですが計画通りには進まず、自分の至らなさにフラストレーションを感じることもたくさんあります。ですが、そういった中にも未経験を経験中という楽しさを感じています。また、経験値の高い先輩方や先生方からの共感や励ましの言葉に力をもらっています。また先輩後輩関係なく、皆さんの日々研究を頑張っている姿を見ては励まされ、研究発表で成果を聞いたりすると嬉しくなり、私も頑張ろうと思えます。研究活動は１人で作業する時間も長いですが、決して孤独ではないと実感しています。周囲の皆さんに支えられているなあとありがたみを感じる毎日です。

後輩の学生に向けて

博士課程への進学を考えると経済面の心配や将来の不透明さなどの不安要素がたくさん頭に浮かぶと思います。私も不安に思うことはありましたが、ご自身が研究を楽しみ、いつも親身に相談に乗りアドバイスをくださる先輩方・先生方の存在が、博士課程進学という選択をとてもポジティブなものに見せてくれました。私も皆さんにとってそんな存在の１人になれたらと思っています。皆さんの進路選択においても、日々の大学・研究生活においても、その中で支えが必要になった時は力になりたいです。皆さんを少しでも支えられたらと思っていますので、どんな些細なことでも何かできることがあれば是非ご協力させてくださいね。

皆さんの学生生活・研究生活が実り多きものになりますように。

04

理工学研究科 博士後期課程 2 年
甘田 渓　Kei Amada

博士後期課程への進学の動機

私が博士後期課に進学したのは、自分が行なっている研究分野に強い興味があり、より詳しい研究を行いたかったからです。私の研究対象は進化末期段階にある恒星で、そのような星は大量の物質を勢いよく星表面から放出しています（質量放出）。私が学部および修士学生のときは、星から放出されてからしばらく時間が経ち大きく拡散したガスを観測して、そのような星からの質量放出について研究していました。この研究をしている時に、星の表面付近ではどのような質量放出が起こっているのかに興味を持ち始め、それについても研究したいと思い博士後期課程に進学しました。

現在の研究の状況、悩みなど

研究の進捗状況としては、当初の予定より遅れてしまっています。そのため、博士論文を無事書き上げ、このまま順当に卒業できるかどうかが一番大きな悩みです。

また、年度終わりから新年度初めにかけて、日本学術振興会 特別研究員 (PD) の申請調書を書く予定であるため、私自身の研究を行いながら、卒業後の研究に向けた準備も進めなければなりません。加えて、来年度中旬からは学術論文も書き進めなければなりません。これら全てをしっかりと同時に進行でやり遂げられるかも大きな悩みです。

さらに、卒業後に就職できるポストがあるのかという悩みもあります。昨今、日本の学術業界におけるポストが少ないという問題があります。その 1 つの対策として前述の特別研究員 (PD) に応募するつもりですが、その採用人数は多くはなく、簡単に採用されるものでは決してありません。そのため、それ以外の就職先も考えておく必要があると思っていますが、私の専門分野や近い分野のポスドク公募が日本国内で多く出るわけではありません。海外の公募にも目を向けていますが、仮に採用されたとしても海外でしっかり生活していけるのだろうかという不安もあります。

後輩の学生に向けて

もし自分の研究が思ったように進まず、うまく結果が出ず、ストレスを抱えてしまうような時は、結果だけではなく自身の成長に目を向けることが大事だと私は思っています。学生は知識も経験もまだ未熟であるため、多くのことがうまくいかないと思います。しかし、そのような未熟な状態のまま研究活動を続けなければならないため、大きな失敗をしてしまうことや、人前で大きく指摘されることがあります。そのため、研究がうまく進んでないことや自分の能力の低さに打ちひしがれるという経験を多くの学生がしていると思います。しかし、そのような一見ネガティブな経験でさえ、何かしら自分の成長につながっていると私はいつも考えるようにしています。このように失敗はポジティブなものとして捉えることができれば、精神衛生的に良いだけでなく、研究がより楽しいものになります。

ただ、普段からそのように考えていてもネガティブな感情になってしまう時はあると思います。そんな時は、先輩や友達とご飯にでも行って相談すると良いと思います。先輩たちも後輩たちと同じような悩みを抱えていた経験があるはずなので、良い相談相手になってくれると思います。また、週末に趣味を楽しんだりしっかり休息したりして、リフレッシュすることも大事だと思います。

筆者が鹿児島大学から野辺山 45m 電波望遠鏡のリモート観測をしている風景。

05

理工学研究科 博士後期課程 2 年
油谷 直道　Naomichi Yutani

博士後期課程への進学の動機

博士後期へ進学した動機は、修士課程で行った研究テーマをより深く探求したいという強い欲求にあります。私は超大質量ブラックホールの形成過程に興味を抱き、それらに関する研究を行うために、鹿児島大学へ入学し修士課程へ進学しました。修士課程では、数値シミュレーションを用いて、銀河衝突を通した銀河中心核への質量供給過程に着目した研究を行いました。研究活動を経て興味の幅と深さが広がり、博士後期課程へ進学することを決めました。今後も自身の興味を追求するために、研究活動を続けていきたいと考えています。

現在の研究の状況、悩みなど

現在は、孤立円盤における銀河中心核への質量降着過程に着目した研究を行っています。具体的には、母銀河スケールからダスト昇華半径スケールまでの質量降着過程や、銀河中心核での星形成活動と活動銀河中心核の活動性の関係に迫りたいと考えています。この研究では、粒子分割法を用いて数キロパーセクスケールとダスト昇華半径スケールを同時に計算することで、数キロパーセクから 100 パーセクスケールの星形成領域と、そこからの活動銀河中心核への質量降着過程を詳細に解くことができます。また、この計算データを用いて、星形成領域の低温ダストと、活動銀河中心核近傍パーセクスケールの高温ダストの両方からの連続放射を考慮した赤外疑似観測を行うことができます。これによって、これまで半経験則的に扱われてきた赤外連続光を用いた熱源診断法について、理論研究から一石を投じることができます。将来的には、この孤立円盤モデルを衝突計算に用いたいと考えています。研究についての悩みは考えないようにしているのでありません。

後輩の学生に向けて

私の修士課程での経験をもとに、やって良かったと感じたことを共有します。一つは、自身の興味や関心を発展させていくことです。私はコロキウムなどのイベントに積極的に参加することで、興味の幅を広げ、研究テーマを発展させることができました。関連して、二つ目は研究室での積極的なコミュニケーションです。研究室に顔を出し、積極的に議論を行うことで、考えを整理し、新たな視点を得ています。必ずしも研究テーマが同じでなくても、意見を言ってくれるだけで十分に有意義な議論を行えるように感じます。また、他人の研究についての議論も新たな興味の発見や発展につながりました。加えて、普段からコミュニケーションをとっていると、研究などで困難に直面した際に支えてくれることもありました。自宅に籠っていたら博士課程に進学していなかったでしょう。以上、駄文でしたが、有意義な学生生活の一助になることを願っています。

高感度分子ガス観測データから探る銀河の分子雲形成進化過程

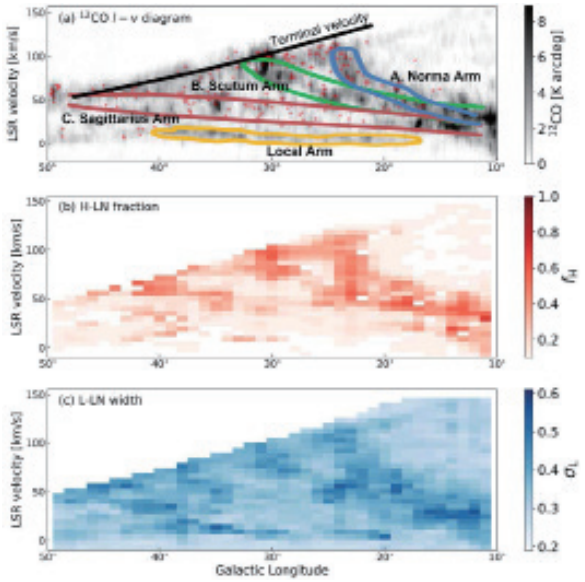
Evolutionary processes of the molecular cloud formation in galaxies based on high-sensitivity molecular gas observation data

松坂　怜

星形成は、高密度な分子雲の中で進行してくが、分子雲を形成するためには希薄ガスを集積する必要がある。これまでの研究では、銀河の質量の半分ほどが希薄な分子ガスから構成されることが示唆されているが、どこにどの程度希薄ガスが分布しているかなどの観測的な証拠が不十分である。同時に、星形成の理解に重要となる希薄ガスの集積メカニズムも不明である。希薄ガスの性質、及び、希薄ガスと高密度ガスの関係を包括的に調査する強力な方法としてガス密度頻度分布 (Gas Density Histogram: GDH) がある。GDH とは、ある領域中の分子ガスの密度ヒストグラムのことであり、希薄ガスから高密度ガスまでの密度構造を同時に表している。

我々はまず、希薄ガスに対して最も感度がある天の川銀河で GDH を作成した。その結果、希薄ガスと高密度ガスの割合が大きく変化している領域を発見し、その空間分布が天の川銀河の Arm とされる領域と一致する可能性を示した (図中 b)。これは、Arm 上で希薄ガスから高密度ガスが形成されていることを観測的に示唆した重要な結果である (Matsusaka et al., 2024 MNRAS 528, 3473–3485)。

しかし、天の川銀河は完全な edge-on 銀河であるため、GDH の特徴量と Arm などの銀河環境 (ここでの銀河環境とは、Arm や Bar, Bar-end, Inter-arm などを示す) を直接比較し、議論することが難しい。そこで、我々は銀河環境の同定が比較的に容易な近傍宇宙の face-on 銀河を対象に GDH を調べることで、希薄ガスの性質と銀河環境の関係性を探った。



図：天の川銀河における渦状腕構造と GDH パラメータの比較。(a) CO の位置速度図と渦状腕の位置。(b) 高密度ガス割合。(c) 希薄ガスの物理的特徴。

天の川銀河で示した可能性を確かなものとするために、天の川銀河に似た環境を持つとされる近傍棒渦巻銀河 M83 を対象に GDH を描くことで、希薄ガスと高密度ガスの空間分布を明らかにする。その結果、確かに希薄ガスと高密度ガスの割合が Arm 上で変化していることを確認した。また希薄ガスの集積メカニズム (高密度化) についての調査も行った。その結果、局所的な星形成フィードバックのみでは、十分な高密度化ができないことが分かった。これは、より大局的な銀河のダイナミクスによって、希薄ガスの集積が行われていることを示唆している。

周連星円盤の自己重力分裂過程の解明

久島　慶大

近年、望遠鏡の角分解能が上昇し、観測精度が向上したことにより、様々な構造を持つ原始惑星系円盤が観測されるようになった。また、観測されている円盤のなかには、連星の周りに形成されている原始惑星系円盤が分裂しているものも発見されている (Tobin et al (2016))。原始惑星系円盤の分裂条件は、分裂片が惑星や新たな恒星になると考えられているため古くから研究されており、円盤における冷却率 (Gammie (2001)) や渦状腕に対する Q パラメータの最小値 (Takahashi et al (2016)) と言った様々な分裂条件が考えられてきた。しかし、現在考えられている分裂条件の多くは、中心星が一つのものを前提として考えられており、Tobin et al(2016) で観測されたような周連星円盤に対する分裂条件については十分な議論がされていない。そのため、本研究では自己重力を考慮した三次元流体シミュレーションを実行し、周連星円盤の形成の様子を再現することで、中心星が連星の場合における円盤の分裂条件を調べた。その結果、周連星円盤が分裂するときの Q パラメータの最小値は 0.3 程度であり、連星の場合においても、Takahashi et al (2016) の理論が適応可能であることが判明した。

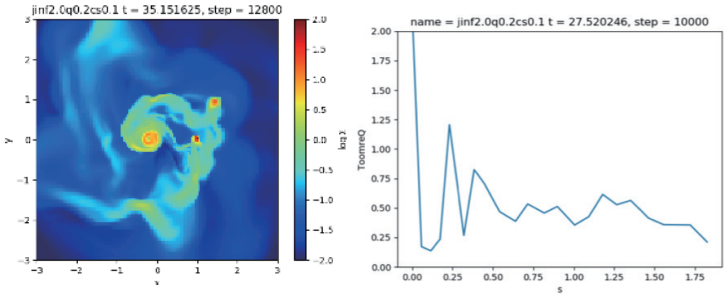


図 : 本研究の計算で得られた分裂の画像 (左) と分裂モデルの腕の Q パラメータを解析したグラフ (右)

FPGAボードによる高周波数分解能デジタル分光計回路の開発

古橋　真貴

デジタル分光計は、受信した天体信号から周波数毎のパワースペクトルを求める装置である。本研究では AD 変換→時間積分→高速フーリエ変換（FFT）→パワースペクトルの取得、という順番に信号処理を行うデジタル分光計を FPGA ボードに実装した。以降、FFT 前に時間積分するこの信号処理手法を前積分型分光法と呼ぶ。前積分型分光法を用いることで回路構成が簡素化され、分光点数を上げやすくなる。前積分型分光法では半自己相関関数部が重要になる。半自己相関関数部では、一つ前の複素時系列ベクトルの最後の要素である z_k の複素共役 z_k^* を取得し、次の複素時系列ベクトルの各要素に乗算していくことを行う。任意の要素 z_{k+j} と z_k^* の乗算結果を時間積分し、時間平均した最終的な結果は、

$$< Z_j > \approx \Sigma_m a_m^2 e^{-i\omega_m j\Delta t}$$

となり、自己相関関数と等しくなる。ウィーナー＝ヒンチンの定理より上記の結果を FFT することでパワースペクトルを取得できる。今回、実装報告がなされていない分光点数 2^{17} のモデルを開発した。単色波を入力した実験室実験を行った。入力信号が意図した周波数チャンネルに出力されることの確認、周波数応答関数、線形性などの測定を行った。また、FPGA 内部のリソース演算量を従来のデジタル分光計モデルと比較したところ、約 1/10 程度のリソースで済むことが分かった。

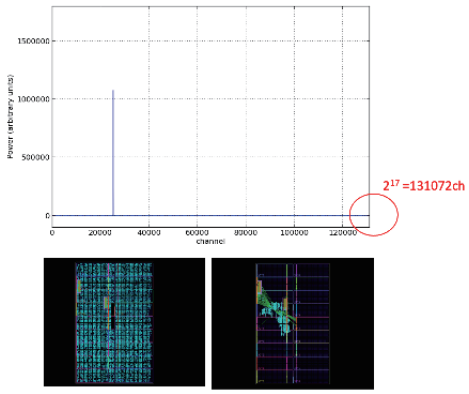
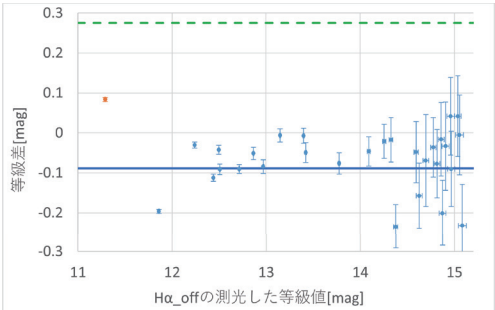


図 : (上) 50MHz、-10dBm の信号を入力した時。(下) FPGA 内部のリソース量の比較。左が従来の分光計モデル。右が前積分型分光法モデル。

鹿児島大学１m望遠鏡用可視２バンド同時撮像装置におけるHα観測機能の追加

溝口　智貴

昨年度、近赤外線３バンド同時撮像装置と可視２バンド同時撮像装置（可視カメラ）がファーストライトを迎え、目標である５バンド同時撮像の実現間近である。しかし、我々が使用している口径 1m の光赤外線望遠鏡はありふれた中小口径望遠鏡なので常にユニークさを追求しなければいけない。そこで本研究ではさらなる観測機能の強化として可視カメラに着目し、可視カメラへＨα観測機能を追加し、Ｈα輝線星を選出できるか評価することを目的とした。撮像観測でＨα輝線成分のみ取り出すためには、Ｈα輝線を含む連続線成分（Ｈα _on）とＨα輝線を含まない連続線成分（Ｈα _off）を観測して差し引く必要がある。本研究では、輝線波長の短波長側と長波長側の２波長をＨα _off として、Ｈα _on と同時に観測することで従来の問題点をクリアした。今回、VX Cassiopeia（VX Cas）という輝線星を含む視野を観測し、積分時間 300 秒、S/N=10 という条件下で、選出の基準を等級差（Ｈα _off - Ｈα _on）の平均値から３シグマとした。VX Cas は輝線星として選出されないが、等価幅 20 Å以上のＨα輝線を放射している輝線星であればＨα輝線星候補天体として選出されることが期待される。

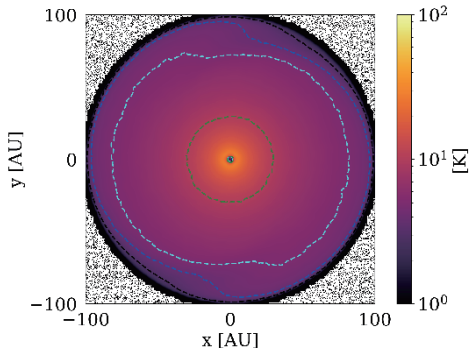


図：VX Cas を含む視野における S/N=10 以上の星の等級差
橙色の点がが VX Cas、青色が VX Cas 以外の星、青色の直線が VX Cas 以外の星の平均値、緑色が３シグマを示す。

ダスト散乱減光の原始惑星系円盤観測に対する影響

佐々木　恵

Class0/I 段階の原始惑星系円盤の研究で、観測と理論の両面で円盤構造に関して興味深い相違があった。観測では軸対称構造が多く観測される一方、理論では渦状腕のような非軸対称構造が多く形成され双方に矛盾が生じている。この相違の背景には、Class0/I 円盤でダストが数 100 μ m まで成長し、ダストが成長すると、(サブ) ミリ波では観測で考慮されていないダスト散乱による効果が大きくなることが考えられる。そこで本研究では、非軸対称構造を持つ円盤の観測的可視化を行い円盤構造の矛盾の原因をダスト散乱に着目して探る。非軸対称構造の特徴である渦状腕が観測的に同定可能かどうかを調べた。その結果、ダスト散乱 (等方散乱) を考慮すると、ダストサイズが大きいモデル (a_{max}=300 μ m , 1 mm) では渦状腕が見えにくくなり軸対称構造のように見えることがわかった。これは先行研究で示唆されたダスト散乱減光と、腕との間の光学的に薄い領域で増光した効果が要因と考えた。特に増光効果は散乱による影響で起こることが分かり、構造を隠す大きな役割である。したがって、ダスト散乱を仮定すると非軸対称構造は観測的に同定が難しくなる。



図：λ =1.25mm における等方散乱を考慮した輝度温度 map。コントアは、3.0K(黒点線)、4.0K(青点線)、5.0K(水色点線)。
a_{min} =1 μ m , a_{max}=1 mm, q=3.5 のダストサイズ分布を仮定。

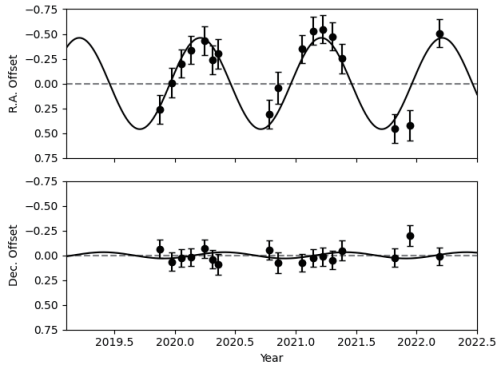
長周期変光星AW TauとIRC－30363の年周視差距離と星周縁内部運動

坂本　直也

VLBI 観測による天の川銀河の周期光度関係は変光周期 300 日前後に集中し、近年では長期周期側の拡張を目的に観測を実施し、1000 日以上の測定結果を得てきた。長周期側の結果が出てきた一方で、周期 700 日前後の観測結果は少ない。本研究では VERA を用いて変光周期 700 日前後の長周期変光星 AW Tau(672 日) と IRC-30363(720 日) の年周視差距離を測定し、星周縁に付随する H_2O メーザーの構造や運動について調べた。

AW Tau の年周視差は 0.461 ± 0.04 ミリ秒角 (距離 2.17 ± 0.23kpc) と得られた。付随する H_2O メーザーは、5 ミリ秒角× 18 ミリ秒角 (11au × 40au) に南北に伸びた分布を示し、6.2 ± 2.3kms^{-1} の膨張速度で運動していた。

IRC-30363 の年周視差は 0.50 ± 0.1 ミリ秒角 (距離 2.01 ± 0.36kpc) と得られた。付随する H_2O メーザーは、35 ミリ秒角 × 30 ミリ秒角 (70au × 60au) に均一に広がった分布を示した。メーザースポットの運動については検出できた観測数が少なかったことから、求めることができなかった。



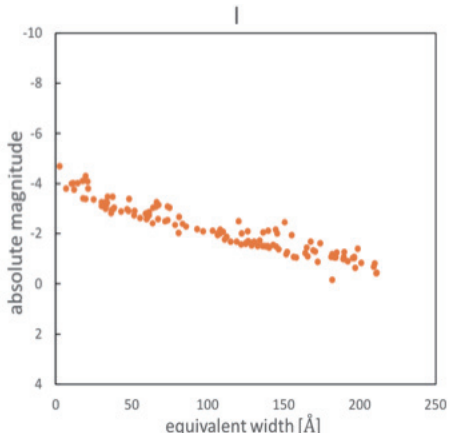
図：AW Tau の年周視差距離測定の赤経・赤緯方向の振動成分（上のパネルが赤経方向、下のパネルが赤緯方向。横軸は時間、縦軸は各振動成分を示す。）

ミラ型変光星のV･Iバンドでの変光フェイズと近赤外線領域の吸収線の関係

大木　美羽

鹿児島大学 1 m 光赤外線望遠鏡では、2019 年 3 月から 2022 年 12 月までの約 3 年 9 ヶ月、名古屋大学の IRSF 用近赤外線分光器を取り付けて分光観測を行ってきた。本研究では、藤崎修士論文（2022) では報告されていない、変光周期が 500 日以上のミラ型変光星 4 天体（GX Mon, AP Lyn, IRC+10374, NML Cyg）について詳細な解析を行った。また、周期の短い 3 天体（R Peg, S Gem, RS Eri）を加えて、ZTF の g･i バンドおよび KWS の V･I バンドを用いてそれぞれの波長で、光度変化と VO の吸収の深さの関係について調べた。その結果、全ての天体において V･I バンドの両方で相関係数が 0.8 以上の強い相関がみられた。

さらに、絶対等級を求めて等価幅との比較を行った。ただし、IRC+10374 では信頼できる年周視差が得られなかったため、これを除く 5 天体について比較した。その結果、V バンドでは藤崎 (2022) 同様に 2 等程度の幅をもつ分布となった。一方、I バンドではよりタイトな関係が得られ、残差は 0.31 となった。これは、変光周期によらず VO の等価幅から I バンドの絶対等級を± 0.31 等の精度で見積もることができることを意味する。絶対等級で± 0.31 等の不定性は距離に換算すると± 15% に相当するため、VO の等価幅の測定から± 15% の精度での距離決定ができる可能性を示唆する。



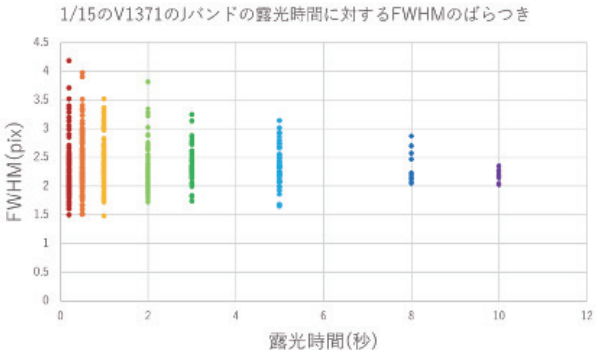
図：I バンドの絶対等級と VO 等価幅の比較
横軸は I バンドでの絶対等級、縦軸は波長 1.05μm の VO の等価幅を示す。

近赤外線3バンド同時撮像カメラkSIRIUSの短時間露光における星像改善効果

野村　健太

私たちが使用している口径 1m の光赤外光学望遠鏡では、現在、近赤外線 3 バンド同時撮像カメラ kSIRIUS を用いて観測している。しかし、大気の揺らぎによって星像サイズが制限され、本来の空間分解能を発揮できないことも多い。これを解決する方法として、ラッキーイメージングという方法を用いることにした。ラッキーイメージングとは、短時間露光観測で大量の画像を撮像し、大気の影響を受けていない小さな星像の画像を選別し、重ね合わせることにより、より解像度の高い画像の取得を狙う手法である。本研究では露光時間に対する星像の FWHM の変化を調べ、それをもとにした星像補正を行った。解析結果として、露光時間 0.2 秒の星像の FWHM には、最大約 3.0pixel のばらつきがあり、その大きさは、露光時間を長くすると小さくなるという傾向が見られ、最終的に露光時間 10 秒の星像の FWHM のばらつきは最大でも約 1.7pixel であった。

露光時間 1 秒の星像の内、FWHM の小さい順上位 5 %の星像を重ねた結果、J、H、Ks のバンドで FWHM が小さくなり、最小約 1.2pixel の FWHM の小さな星像を手に入れることができた。

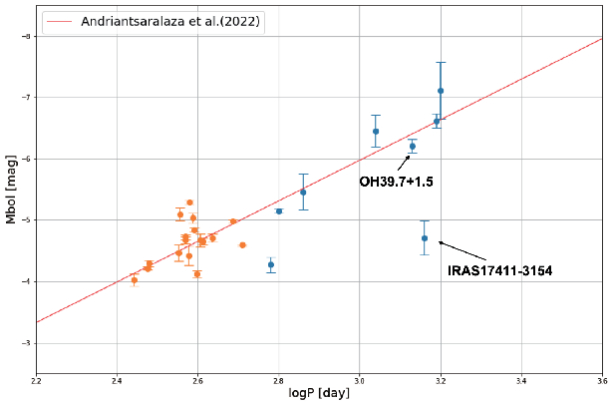


図：露光時間ごとの FWHM のばらつき　(J バンドで撮影)
縦軸は FWHM の大きさ、横軸は露光時間を示す。

VERAによる長周期OH/IR星の距離決定と輻射輸送モデルを用いた光度推定

渡邉　良介

本研究の目的は OH/IR 星の光度を見積もり、周期光度関係を構築することである。我々は 2 年半に及ぶ OH39.7+1.5 と IRAS17411-3154 の VERA2 ビーム相対 VLBI 観測から、OH39.7+1.5 の年周視差 0.55 ± 0.03 ミリ秒角 (距離 1.81 ± 0.09kpc)、IRAS17411-3154 の年周視差 π =1.21 ± 0.2 ミリ秒角 (距離 0.83 ± 0.12kpc) を得た。年周視差による距離と多波長観測から得られたスペクトルエネルギー分布 (Spectral Energy Distribution;SED) を用いて中心星の光度推定を試みた。輻射輸送コード DUSTY(V4) を用いて輻射輸送計算を行い、観測点と計算結果が最も一致する SED モデルを用いて、これまで VLBI 観測により距離が決められている OH/IR 星 8 天体の光度を推定した。その結果、OH39.7+1.5 は 24000L$_\odot$、IRAS17411 − 3154 は 6000L$_\odot$ を得た。先行研究で、これまで VLBI 観測によって年周視差が決定されたミラ型変光星の光度を推定し、天の川銀河における周期光度関係を求めていた。今回我々が光度を求めた OH/IR 星は、長周期側に拡張した先行研究の周期光度関係によく一致しており、幅広い変光周期に適応できる周期光度関係の存在が示唆された。



図：天の川銀河における AGB の PLR
赤色の直線は Andriantsaralaza et al.(2022) で求められた PLR。OH/IR 星 (青色のプロット) は長周期側の PLR によく一致している。

長い変光周期をもつOH/IR星の年周視差測定とSiOメーザーの分布に関する研究

池田　奈央

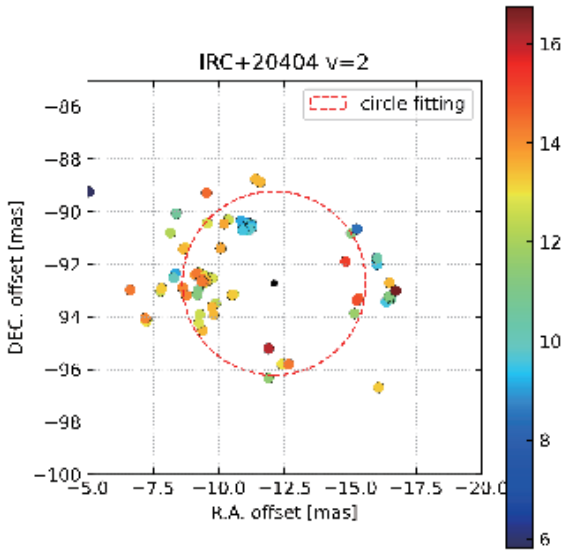
太陽の 1 ー 8 倍の初期質量をもつ恒星の進化段階の一つに、漸近巨星分枝 (AGB) 段階がある。AGB 段階の中でも Mira 型変光星、OH/IR 星、非変光 OH/IR 星の順に進化していくと考えられている。

VERA は 2 ビーム同時位相補償観測を強みとしている。この手法を用いて天体の位置の時間変化をミリ秒角を上回る精度で測り、得られた年周視差から天体までの距離を求めることができる。距離が分かれば、天体の星周物質が分布する範囲を得ることができるため、本研究では長い変光周期を持つ OH/IR 星に付随する SiO メーザーの分布や構造を明らかにすることを目的としている。

私は、OH/IR 星に分類されている NSV25875 と IRC+20404 の解析を行った。変光周期は IRC+20404 は 588.5 日（vsx）、Cho et al.（2017）による報告では 730 日、NSV25875 は Nakagawa et al.（2023）より 1535 日と報告されている。

NSV25875 では、位相補償マップを描くことができ、年周視差 0.328 ± 0.015 ミリ秒角、距離 3.04 ± 0.14 kpc を得た。

IRC+20404 では、SiO メーザーが光球の周りにシェル状に分布している様子が確認され、半径は $7.82\ ^{+2.12}_{-1.38}$ au であった。本研究結果を、先行研究による AGB 星の SiO メーザー空間分布と比較した結果、変光周期が長いほど分布領域が大きくなる傾向が示唆された。



図：IRC+20404（v=2）の SiO メーザーの分布。カラーバーは視線速度を表している。半径は 7.82 au。

乱流分子雲コアにおける原始星および原始惑星系円盤の形成と力学的進化

Formation and dynamical evolution of protostars and protoplanetary disks in turbulent molecular cloud cores

髙石 大輔

1995 年に太陽系外惑星の存在が初めて確認されて以来、今日までに約 5000 天体以上の太陽系外惑星が発見されています。そして、これらの発見された惑星は地球をはじめとする太陽系の惑星とは全く異なる特徴 (質量、軌道長半径、公転軌道面の傾きなど) を持つことが判明しています。

惑星は星形成の副産物である原始惑星系円盤と呼ばれる天体の中で誕生します。そのため、発見されている太陽系外惑星の多様性の起源を明らかにするためには、惑星形成の初期条件である原始惑星系円盤の形成進化過程を明らかにすることが非常に重要です。

原始惑星系円盤は星形成の副産物として形成されます。星形成過程は、水素分子ガスを主成分とする分子雲コアと呼ばれる天体の中心領域で進行します。分子雲コアが自己重力により収縮することでその中心領域にガスが降着し、原始星 (誕生後間もない星) や原始惑星系円盤が形成します (図 1 を参照)。

特に、分子雲コアが初期に持つ角運動量は、原始星周囲から駆動されるアウトフローと呼ばれるガス流出現象や、原始星および原始惑星系円盤の回転構造の起源として非常に重要な役割を担います。これまでの理論研究では、簡単化のため初期の角運動量分布として剛体回転を用いた研究が多くを占めていました。一方で、分子雲コアの (比) 角運動量分布の観測結果は、分子雲コア中のガスが剛体回転ではなく乱流速度場を持つことを示唆しています。しかし、初期に乱流速度場を仮定した分子雲コア中での原始星および原始惑星系円盤の形成進化過程は詳細には調べられていませんでした。

そこで、本研究では、分子雲コアの乱流に着目し、乱流速度場を持つガスの降着によって引き起こされる原始星や原始惑星系円盤の力学的進化を、3 次元流体力学および非理想磁気流体力学シミュレーションを用いて詳細に調べました。

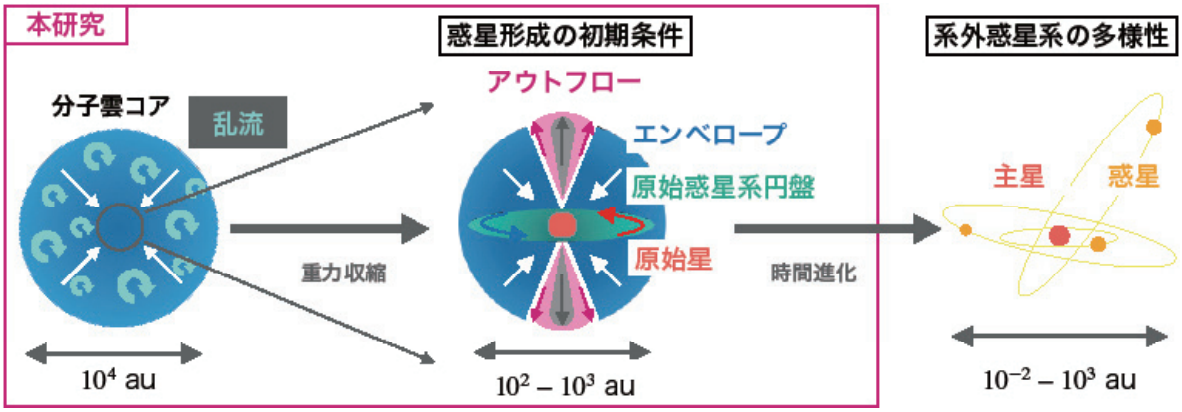


図 1：星形成過程の概念図。本研究は、赤枠の進化過程に着目した。

その結果、3 つの以下の結果を得ました。

(1) 分子雲コアが持つ乱流により、原始星や原始惑星系円盤の回転軸は時間とともに大きく変動することが分かりました。一方で、原始星や原始惑星系円盤が成長していくにつれて互いの回転軸同士のなす角度は 20 度以内に整列することも明らかになりました。これは、惑星形成の回転構造に関する初期条件に制限を与える大きな結果です。

(2) 三重連星の進化において、これまで知られていなかった逆回転円盤の形成シナリオを発見しました。この結果は、近年の ALMA 望遠鏡による観測の結果発見された、回転軸がお互いに大きく傾いた円盤を持つ連星系や互いに逆回転する円盤を持つ連星・多重星の観測結果を説明する可能性があります。

(3) 原始星周囲から片側のみアウトフローが駆動する現象 (単極アウトフロー) を世界で初めて明らかにしました。また、分子雲コアが初期に持つ乱流エネルギーが磁場エネルギーより大きい場合に単極アウトフローが駆動するという条件を明らかにしました。このような単極アウトフローを駆動する天体はこれまでにいくつも観測されていましたが、その起源は未解明でした。さらに、単極アウトフローを駆動する天体はアウトフローからの運動量輸送によって加速度運動を生じ、分子雲コアの中心領域から外側へと移動することが分かりました。この現象はロケットの打ち上げにとても似ています。そのため、我々の研究グループはこの現象が生じている天体に「原始星ロケット」という名前を付けました (図 2)。

鹿児島県は内之浦宇宙空間観測所や種子島宇宙センターがあるため、イプシロンロケットや H2A ロケットの打ち上げを間近で見ることができます。私も何度か、打ち上がったロケットを鹿児島大学理学部の屋上から眺めたことがあります。もし、ロケットの打ち上げを見る機会がありましたら、ぜひ「原始星ロケット」を思い出してください。

最後に、学部生から博士課程までの長い間、鹿児島大学の皆様には大変お世話になりました。また、鹿児島県出身と思わず口にしたくなるほど、鹿児島の魅力に惹かれ、鹿児島のことが大好きになりました。私の出身は愛媛県ですが、応援する J リーグサッカークラブはもちろん鹿児島ユナイテッド FC です (愛媛 FC や FC 今治も良いチームだと思っています)。鹿児島で関わってくださった皆様、ありがとうございました。

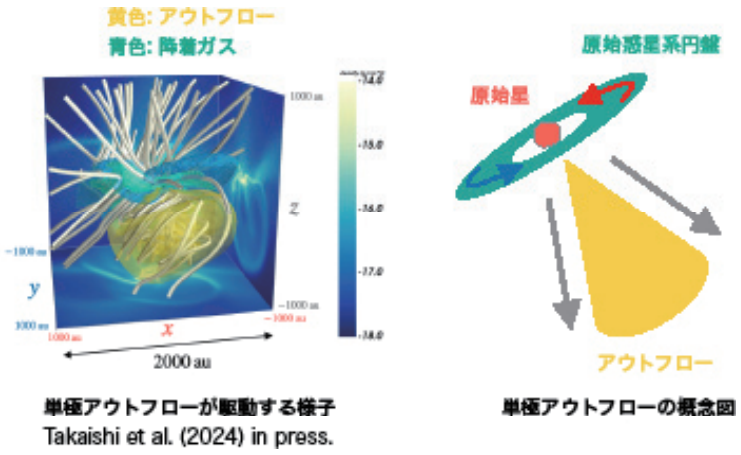


図 2:単極アウトフローのシミュレーション結果 (左) と概念図 (右)

査読付き論文

1. Tachibana, Kengo ;Miyata, Takashi ;Kamizuka, Takafumi ;Ohsawa, Ryou ;Takita, Satoshi ;Nakagawa, Akiharu ;Ita, Yoshifusa ;Uchiyama, Mizuho "Investigation of mid-infrared long-term variability of dusty AGB stars using multi-epoch scan data of AKARI and WISE" , 2023, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 75**, Issue 3, pp.489-498

2. Nakagawa, Akiharu ;Morita, Atsushi ;Sakai, Nobuyuki ;Kurayama, Tomoharu ;Sudou, Hiroshi ;Orosz, Gabor ;Yuda, Akito ;Kaseda, Daichi ;Matsuno, Masako ;Hamada, Shota ;Omodaka, Toshihiro ;Ueno, Yuji ;Shibata, Katsunori M. ;Tamura, Yoshiaki ;Jike,Takaaki ;Hirano, Ken ;Honma, Mareki "Astrometric VLBI observations of H2O masers in an extreme OH/IR star candidate NSV 17351" , 2023, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 75**, Issue 3, pp.529-545

3. Matsumoto, Kosei ;Camps, Peter ;Baes, Maarten ;De Ceuster, Frederik ;Wada, Keiichi ;Nakagawa, Takao ;Nagamine, Kentaro "Self-consistent dust and non-LTE line radiative transfer with SKIRT" , 2023, *Astronomy & Astrophysics*, **Volume 678**, id.A175, 12 pp.

4. Yusuke Toyoshima, Ryosuke Kamiya, Kenichi Ohhata "High-Precision Open-Loop Time Amplifier Using Current Regulator" , 2023, *IEEE Asian Pacific Conference on Circuits and Systems*

5. Kawamuro, Taiki ;Ricci, Claudio ;Mushotzky, Richard F. ;Imanishi, Masatoshi ;Bauer, Franz E. ;Ricci, Federica ;Koss, Michael J. ;Privon, George C. ;Trakhtenbrot, Benny ;Izumi, Takuma ;Ichikawa, Kohei ;Rojas, Alejandra F. ;Smith, Krista Lynne ;Shimizu, Taro ;Oh, Kyuseok ;den Brok, Jakob S. ;Baba, Shunsuke ;Balokovi., Mislav ;Chang, Chin-Shin ;Kakkad, Darshan ;Pfeifle, Ryan W. ;Temple, Matthew J. ;Ueda, Yoshihiro ;Harrison, Fiona ;Powell, Meredith C. ;Stern, Daniel ;Urry, Meg ;Sanders, David B. "BASS. XXXIV. A Catalog of the Nuclear Millimeter-wave Continuum Emission Properties of AGNs Constrained on Scales ≤ 100-200 pc" , 2023, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, **Volume 269**, Issue 1, id.24, 20 pp.

6. Izumi, Takuma ;Wada, Keiichi ;Imanishi, Masatoshi ;Nakanishi, Kouichiro ;Kohno, Kotaro ;Kudoh, Yuki ;Kawamuro, Taiki ;Baba, Shunsuke ;Matsumoto, Naoki ;Fujita, Yutaka ;Tristram, Konrad R. W. "Supermassive black hole feeding and feedback observed on subparsec scales" , 2023, *Science*, **Volume 382**, Issue 6670, pp. 554-559

7. Gangopadhyay, Anjasha ;Maeda, Keiichi ;Singh, Avinash ;Nayana, A. J. ;Nakaoka, Tatsuya ;Kawabata, Koji S. ;Taguchi, Kenta ;Singh, Mridweeka ;Chandra, Poonam ;Ryder, Stuart D. ;Dastidar, Raya ;Yamanaka, Masayuki ;Kawabata, Miho ;Alsaberi, Rami Z. E. ;Dukiya, Naveen ;Teja, Rishabh Singh ;Ailawadhi, Bhavya ;Dutta, Anirban ;Sahu, D. K. ;Moriya, Takashi J. ;Misra, Kuntal ;Tanaka, Masaomi ;Chevalier, Roger ;Tominaga, Nozomu ;Uno, Kohki ;Imazawa, Ryo ;Hamada, Taisei ;Hori, omoya ;Isogai, Keisuke "Bridging between Type IIb and Ib Supernovae: SN IIb 2022crv with a Very Thin Hydrogen Envelope" , 2023, *The Astrophysical Journal*, **Volume 957**, Issue 2, id.100, 21 pp.

8. Narayanan, Suchitra ;Williams, Jonathan P. ;Tobin, John J. ;Jorgensen, Jes K. ;Ohashi, Nagayoshi ;Lin, Zhe-Yu Daniel ;van't Hoff, Merel L. R. ;Li, Zhi-Yun ;Plunkett, Adele L. ;Looney, Leslie W. ;Takakuwa, Shigehisa ;Yen, Hsi-Wei ;Aso, Yusuke ;Flores, Christian ;Lee, Jeong-Eun ;Lai, Shih-Ping ;Kwon, Woojin ;de Gregorio-Monsalvo, Itziar ;Sharma, Rajeeb ;Lee, Chang Won "Early Planet Formation in Embedded Disks (eDisk). X. Compact Disks, Extended Infall, and a Fossil Outburst in the Class I Oph IRS43 Binary" , 2023, *The Astrophysical Journal*, **Volume 958**, Issue 1, id.20, 10 pp.

9. Thieme, Travis J. ;Lai, Shih-Ping ;Ohashi, Nagayoshi ;Tobin, John J. ;Jorgensen, Jes K. ;Sai, Jinshi (Insa Choi) ;Aso, Yusuke ;Williams, Jonathan P. ;Yamato, Yoshihide ;Aikawa, Yuri ;de Gregorio-Monsalvo, Itziar ;Han, Ilseung ;Kwon, Woojin ;Lee, Chang Won ;Lee, Jeong-Eun ;Li, Zhi-Yun ;Lin, Zhe-Yu Daniel ;Looney, Leslie W. ;Narayanan, Suchitra ;Phuong, Nguyen Thi ;Plunkett, Adele L. ;Santamaria-Miranda, Alejandro ;Sharma, Rajeeb ;Takakuwa, Shigehisa ;Yen, Hsi-Wei "Early Planet Formation in Embedded Disks (eDisk). VIII. A Small Protostellar Disk around the Extremely Low Mass and Young Class 0 Protostar IRAS 15398-3359" , 2023, *The Astrophysical Journal*, **Volume 958**, Issue 1, id.60, 22 pp.

10. Flores, Christian ;Ohashi, Nagayoshi ;Tobin, John J. ;Jorgensen, Jes K. ;Takakuwa, Shigehisa ;Li, Zhi-Yun ;Lin, Zhe-Yu Daniel ;van't Hoff, Merel L. R. ;Plunkett, Adele L. ;Yamato, Yoshihide ;Sai (Insa Choi), Jinshi ;Koch, Patrick M. ;Yen, Hsi-Wei ;Aikawa, Yuri ;Aso, Yusuke ;de Gregorio-Monsalvo, Itziar ;Kido, Miyu ;Kwon, Woojin ;Lee, Jeong-Eun ;Lee, Chang Won ;Looney, Leslie W. ;Santamaria-Miranda, Alejandro ;Sharma, Rajeeb ;Thieme, Travis J. ;Williams, Jonathan P. ;Han, Ilseung ;Narayanan, Suchitra ;Lai, Shih-Ping "Early Planet Formation in Embedded Disks (eDisk). XII. Accretion Streamers,Protoplanetary Disk, and Outflow in the Class I Source Oph IRS 63" , 2023, *The Astrophysical Journal*, **Volume 958**, Issue 1, id.98, 22 pp.

11. Tanimoto, Atsushi ; Wada, Keiichi ; Kudoh, Yuki ;Odaka, Hirokazu ;Uematsu, Ryosuke ;Ogawa, Shoji "Circumnuclear Multiphase Gas in the Circinus Galaxy. V. The Origin of the X-Ray Polarization in the Circinus Galaxy" , 2023, *The Astrophysical Journal*, **Volume 958**, Issue 2, id.150, 9 pp.

12. Taguchi, Kenta ;Maeda, Keiichi ;Maehara, Hiroyuki ;Tajitsu, Akito ;Yamanaka, Masayuki ;Arai, Akira ;Isogai, Keisuke ;Shibata, Masaaki ;Tampo, Yusuke ;Kojiguchi, Naoto ;Nogami, Daisaku ;Kato, Taichi "Spectra of V1405 Cas at the Very Beginning Indicate a Low-mass ONeMg White Dwarf Progenitor" , 2023, *The Astrophysical Journal*, **Volume 958**, Issue 2, id.156, 12 pp.

13. Wada, Keiichi ;Kudoh, Yuki ;Nagao, Tohru "Multiphase gas nature in the sub-pc region of the active galactic nuclei - II.Possible origins of the changing-state AGNs" , 2023, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **Volume 526**, Issue 2, pp.2717-2723

14. Baba, Junichi ;Saitoh, Takayuki R. ;Tsujimoto, Takuji "Exploring the Sun's birth radius and the distribution of planet building blocks in the Milky Way galaxy: a multizone Galactic chemical evolution approach" , 2023, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **Volume 526**, Issue 4, pp.6088-6102

15. Imai, Hiroshi ;Hamae, Yuhki ;Amada, Kei ;Nakashima, Keisuke ; Shum, Ka-Yiu ; Kasai, Rina ; Gomez, Jose F. ;Uscanga, Lucero ;Tafoya, Daniel ;Orosz, Gabor ;Burns, Ross A. "FLASHING: Project overview" , 2023, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 75**, Issue 6, pp.1183-1213

16. Tsukui, Takafumi ;Wisnioski, Emily ;Bland-Hawthorn, Joss ;Mai, Yifan ;Iguchi, Satoru ;Baba, Junichi ;Freeman, Ken "Detecting a disc bending wave in a barred-spiral galaxy at redshift 4.4" , 2024, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **Volume 527**, Issue 3, pp.8941-8949

17. Fan, Haichen ;Nakashima, Jun-ichi ;Engels, D. ;Zhang, Yong ;Qiu, Jian-Jie ;Feng, Huan-Xue ;Xie, Jia-Yong ;Imai, Hiroshi ;Hsia, Chih-Hao "Systematic Search for Water Fountain Candidates Using the Databases of Circumstellar Maser Sources" , 2024, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, **Volume 270**, Issue 1, id.13, 25 pp.

18. Yutani, Naomichi ; Toba, Yoshiki ; Wada, Keiichi "Apparent Effect of Dust Extinction on the Observed Outflow Velocity of Ionized Gas in Galaxy Mergers" , 2024, *The Astrophysical Journal*, **Volume 961**, Issue 1, id.68, 11 pp.

19. Arimoto, Makoto ;Asano, Katsuaki ;Kawabata, Koji S. ;Toma, Kenji ;Gill, Ramandeep ;Granot, Jonathan ;Ohno, Masanori ;Takahashi, Shuta ;Ogino, Naoki ;Goto, Hatsune ;Nakamura, Kengo ;Nakaoka, Tatsuya ;Takagi, Kengo ;Kawabata, Miho ;Yamanaka, Masayuki ;Sasada, Mahito ;Razzaque, Soebur "Gamma rays from a reverse shock with turbulent magnetic fields in GRB 180720B" , 2024, *Nature Astronomy*, **Volume 8**, p. 134-144

20. Ciuc., Ioana ;Kawata, Daisuke ;Ting, Yuan-Sen ;Grand, Robert J. J. ;Miglio, Andrea ;Hayden, Michael ;Baba, Junichi ;Fragkoudi, Francesca ;Monty, Stephanie ;Buder, Sven ;Freeman, Ken "Chasing the impact of the Gaia-Sausage-Enceladus merger on the formation of the Milky Way thick disc" , 2024, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, **Volume 528**, Issue 1, pp.L122-L126

21. Matsusaka, Ren ;Handa, Toshihiro ;Fujimoto, Yusuke ;Murase, Takeru ;Hirata, Yushi ;Nishi, Junya ;Ito, Takumi ;Sasaki, Megumi ;Mizoguchi, Tomoki "Sub-kpc scale gas density histogram of the galactic molecular gas: a new statistical method to characterize galactic-scale gas structures" , 2024, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **Volume 528**, Issue 2, pp.3473-3485

22. Murai, Yuta ;Tanaka, Masaomi ;Kawabata, Miho ;Taguchi, Kenta ;Teja, Rishabh Singh ;Nakaoka, Tatsuya ;Maeda, Keiichi ;Kawabata, Koji S. ;Nagao, Takashi ;Moriya, Takashi J. ;Sahu, D. K. ;Anupama, G. C. ;Tominaga, Nozomu ;Morokuma, Tomoki ;Imazawa, Ryo ;Inutsuka, Satoko ;Isogai, Keisuke ;Kasuga, Toshihiro ;Kobayashi, Naoto ;Kondo, Sohei ;Maehara, Hiroyuki ;Mori, Yuki ;Niino, Yuu ;Ogawa, Mao ;Ohsawa, Ryou ;Okumura, Shin-ichiro ;Saito, Sei ;Sako, Shigeyuki ;Takahashi, Hidenori ;Uno,Kohki ;Yamanaka, Masayuki "Intermediate-luminosity Type IIP SN 2021gmj: a low-energy explosion with signatures of circumstellar material" , 2024, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **Volume 528**, Issue 3, pp.4209-4227

23. Asano, Tetsuro ;Kawata, Daisuke ;Fujii, Michiko S. ;Baba, Junichi "Growing local arm inferred by the breathing motion" , 2024, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, **Volume 529**, Issue 1, pp.L7-L12

24. Almannaei, Aisha S. ;Kawata, Daisuke ;Baba, Junichi ;Hunt, Jason A. S. ;Seabroke, George ;Yan, Ziyang "Impacts of the Local arm on the local circular velocity inferred from the Gaia DR3 young stars in the Milky Way" , 2024, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* , **Volume 529**, Issue 2, Pages 1035–1046

25. Wang, Jia-Wei ; Koch, Patrick M. ; Clarke, Seamus D. ; Fuller, Gary ; Peretto, Nicolas ; Tang, Ya-Wen ; Yen, Hsi-Wei ; Lai, Shih-Ping ; Ohashi, Nagayoshi ; Arzoumanian, Doris ; Johnstone, Doug search by orcid ; Furuya, Ray ; Inutsuka, Shu-ichiro ; Lee, Chang Won ; Ward-Thompson, Derek ; Le Gouellec, Valentin J. M. ; Liu, Hong-Li ; Fanciullo, Lapo ; Hwang, Jihye ; Pattle, Kate ; Poidevin, Frédérick ; Tahani, Mehrnoosh ; Onaka, Takashi ; Rawlings, Mark G. ; Chung, Eun Jung ; Liu, Junhao ; Lyo, A-Ran ; Priestley, Felix ; Hoang, Thiem ; Tamura, Motohide ; Berry, David ; Bastien, Pierre ; Ching, Tao-Chung ; Coudé, Simon ; Kwon, Woojin ; Chen, Mike ; Eswaraiah, Chakali ; Soam, Archana ; Hasegawa, Tetsuo ; Qiu, Keping ; Bourke, Tyler L. ; Byun, Do-Young ; Chen, Zhiwei ; Chen, Huei-Ru Vivien ; Chen, Wen Ping ; Cho, Jungyeon ; Choi, Minho ; Choi, Yunhee ; Choi, Youngwoo ; Chrysostomou, Antonio ; Dai, Sophia ; Di Francesco, James ; Diep, Pham Ngoc ; Doi, Yasuo ; Duan, Yan ; Duan, Hao-Yuan ; Eden, David ; Fiege, Jason ; Fissel, Laura M. ; Franzmann, Erica ; Friberg, Per ; Friesen, Rachel ; Gledhill, Tim ; Graves, Sarah ; Greaves, Jane ; Griffin, Matt ; Gu, Qilao ; Han, Ilseung ; Hayashi, Saeko ; Houde, Martin ; Inoue, Tsuyoshi ; Iwasaki, Kazunari ; Jeong, Il-Gyo ; Könyves, Vera ; Kang, Ji-hyun ; Kang, Miju ; Karoly, Janik ; Kataoka, Akimasa ; Kawabata, Koji ; Khan, Zacariyya ; Kim, Mi-Ryang ; Kim, Kee-Tae ; Kim, Kyoung Hee ; Kim, Shinyoung ; Kim, Jongsoo ; Kim, Hyosung ; Kim, Gwanjeong ; Kirchschlager, Florian ; Kirk, Jason ; Kobayashi, Masato I. N. ; Kusune, Takayoshi ; Kwon, Jungmi ; Lacaille, Kevin ; Law, Chi-Yan ; Lee, Sang-Sung ; Lee, Hyeseung ; Lee, Jeong-Eun ; Lee, Chin-Fei ; Li, Dalei ; Li, Hua-bai ; Li, Guangxing ; Li, Di ; Lin, Sheng-Jun ; Liu, Tie ; Liu, Sheng-Yuan ; Lu, Xing ; Mairs, Steve ; Matsumura, Masafumi ; Matthews, Brenda ; Moriarty-Schieven, Gerald ; Nagata, Tetsuya ; Nakamura, Fumitaka ; Nakanishi, Hiroyuki ; Bich Ngoc, Nguyen ; Park, Geumsook ; Parsons, Harriet ; Pyo, Tae-Soo ; Qian, Lei ; Rao, Ramprasad ; Rawlings, Jonathan ; Retter, Brendan ; Richer, John ; Rigby, Andrew ; Sadavoy, Sarah ; Saito, Hiro ; Savini, Giorgio ; Seta, Masumichi ; Sharma, Ekta ; Shimajiri, Yoshito ; Shinnaga, Hiroko ; Tang, Xindi ; Thuong, Hoang Duc ; Tomisaka, Kohji ; Tram, Le Ngoc ; Tsukamoto, Yusuke ; Viti, Serena ; Wang, Hongchi ; Whitworth, Anthony ; Wu, Jintai ; Xie, Jinjin ; Yang, Meng-Zhe ; Yoo, Hyunju ; Yuan, Jinghua ; Yun, Hyeong-Sik ; Zenko, Tetsuya ; Zhang, Chuan-Peng ; Zhang, Yapeng ; Zhang, Guoyin ; Zhou, Jianjun ; Zhu, Lei ; de Looze, Ilse ; André, Philippe ; Dowell, C. Darren ; Eyres, Stewart ; Falle, Sam ; Robitaille, Jean-François ; van Loo, Sven "Filamentary Network and Magnetic Field Structures Revealed with BISTRO in the High-Mass Star-Forming Region NGC2264 : Global Properties and Local Magnetogravitational Configurations" , 2024, *The Astrophysical Journal*, **Volume 962**, Issue 2, id.136, 34 pp.

26. Takaishi, Daisuke ; Tsukamoto, Yusuke ; Kido, Miyu ;Takakuwa, Shigehisa ;Misugi, Yoshiaki ;Kudoh, Yuki ;Suto, Yasushi "Formation of Unipolar Outflow and Protostellar Rocket Effect in Magnetized Turbulent Molecular Cloud Cores" , 2024, *The Astrophysical Journal*, **Volume 963**, Issue 1, id.20, 14 pp.

27. Poojon, Panomporn ;Chung, Aeree ;Hoang, Thiem ;Baek, Junhyun ;Nakanishi, Hiroyuki ;Hirota, Tomoya ;Tsai, Chao-Wei "Detection of extragalactic anomalous microwave emission in NGC 2903 using KVN single-dish observations" , 2024, *The Astrophysical Journal*, **Volume 963**, Issue 2, id.88, 15 pp.

28. Misugi, Yoshiaki ;Inutsuka, Shu-ichiro ;Arzoumanian, Doris ;Tsukamoto, Yusuke "Evolution of the Angular Momentum of Molecular Cloud Cores in Magnetized Molecular Filaments" , 2024, *The Astrophysical Journal*, **Volume 963**, Issue 2, id.106, 19 pp.

29. Hirata, Yushi ;Murase, Takeru ;Nishi, Junya ;Shimajiri, Yoshito ;Omodaka, Toshihiro ;Nakano, Makoto ;Sunada, Kazuyoshi ;Ito, Takumi ;Handa, Toshihiro "KAgoshima Galactic Object survey with Nobeyama 45 m telescope by Mapping inAmmonia lines (KAGONMA): Discovery of parsec-scale CO depletion in the Canis Major star-forming region" , 2024, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 76**, Issue 1, pp.65-80

30. Takakuwa, Shigehisa ; Saigo, Kazuya ; Kido, Miyu ;Ohashi, Nagayoshi ;Tobin, John J. ;Jorgensen, Jes K. ;Aikawa, Yuri ;Aso, Yusuke ;Gavino, Sacha ;Han, Ilseung ;Koch, Patrick M. ;Kwon, Woojin ;Lee, Chang Won ;Lee, Jeong-Eun ;Li, Zhi-Yun ;Lin, Zhe-Yu Daniel ;Looney, Leslie W. ;Mori, Shoji ;Sai, Jinshi ;Sharma, Rajeeb ;Sheehan, Patrick ;Tomida, Kengo ;Williams, Jonathan P. ;Yamato, Yoshihide ;Yen, Hsi-Wei "Early Planet Formation in Embedded Disks (eDisk). XIV. Flared Dust Distribution and Viscous Accretion Heating of the Disk around R CrA IRS 7B-a" , 2024, *The Astrophysical Journal*, **Volume 964**, Issue 1, id.24, 21 pp.

31. Yamada, Satoshi ; Ueda, Yoshihiro ; Kawamuro, Taiki ; Ricci, Claudio ; Toba, Yoshiki ; Imanishi, Masatoshi ; Miyaji, Takamitsu ; Tanimoto, Atsushi ; Ichikawa, Kohei ; Herrera-Endoqui, Martin ; Ogawa, Shoji ; Uematsu, Ryosuke ; Wada, Keiichi"[O IV] and [Ne V]-weak AGNs Hidden by Compton-thick Material in Late Mergers" ,2024, *The Astrophysical Journal*, Volume 965, Issue 2, id.153, 10 pp.

32. Oyama, Tomoaki ;Nagayama, Takumi ;Yamauchi, Aya ;Sakai, Daisuke ;Imai, Hiroshi ;Honma, Mareki ;Asakura, Yu ;Hada, Kazuhiro ;Hagiwara, Yoshiaki ;Hirota, Tomoya ;Jike, Takaaki ;Kono, Yusuke ;Suzuki, Syunsaku ;Kobayashi, Hideyuki ;Kawaguchi, Noriyuki "Trigonometric parallax and proper motion of Sagittarius A* measured by VERA using the new broad-band back-end system OCTAVE-DAS" , 2024, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 76**, Issue 2, pp.163-174

33. Takahashi, Satoko ; Machida, Masahiro N. ; Omura, Mitsuki ; Johnstone, Doug ; Saigo, Kazuya ; Harada, Naoto ; Tomisaka, Kohji ; Ho, Paul T. P. ; Zapata, Luis A. ; Mairs, Steve ; Herczeg, Gregory J. ; Taniguchi, Kotomi ; Liu, Yuhua ; Sato, Asako "An Extremely Young Protostellar Core, MMS 1/OMC-3: Episodic Mass Ejection History Traced by the Micro SiO Jet" , 2024, *The Astrophysical Journal*, **Volume 964**, Issue 1, id.48, 14 pp.

査読なし論文

1. Nakagawa, Akiharu ;Kurayama, Tomoharu ;Sudou, Hiroshi ;Orosz, Gabor "Implication of the period-magnitude relation for massive AGB stars and its astronomical applications" , 2023, *Cambridge University Press, 2024*, **Volume 376** , pp. 159-179.

2. Imai, H. ; Niinuma, K. ; Ogawa, H. ; Oyama, T. ; Shimizu, Y. ; Miyazawa, C. ; Nishimura, A. ; Okada, N. ; Amada, K. ; Matsusaka, R. ; Nakashima, K. ; Shum, K. -Y. ; Takahashi, T. ; Tsutsumi, T. ; Yoneyama, S. ; Sawada-Satoh, S. ; Shinnaga, H. ; Yonckura, Y. ; Hirota, T. ;

Kameno, S."HINOTORI and its perspective" ,2023,*2023 XXXVth General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI GASS),* held 19-26 August 2023 in Sapporo, Japan, Published by IEEE. ISSN: 2642-4339, ISBN: 978-9-4639-6809-6., id.234

3. Nakagawa, Akiharu ;Kurayama, Tomoharu ;Sudou, Hiroshi ;Orosz, Gabor"Properties of pulsating OH/IR stars revealed from astrometric VLBI observation" ,2024, *Cosmic Masers: Proper Motion Toward the Next-Generation Large Projects, held 20-24 March, 2023 in Kagoshima, Japan. Proceedings of the International Astronomical Union*, **Volume 380**, pp.300-308

学会、研究会における発表（国際研究会）

1. 和田 桂一 , "Origin of year-scale changes of Broad Balmer lines" , MASCA（Multi-wavelength AGN Structure and Cosmological Applications）, 2023/10/09-2023/10/13, コートダジュール大学ヴァルローズキャンパス、シャトードヴァローズ (フランス・ニース), Oral, Invited

2. 髙石 大輔 , "Formation of unipolar outflow and "protostellar rocket effect" in magnetized and turbulent molecular cloud cores" , The 14th RESCEU symposium:"From Large to Small Structures in the Universe", 2023/10/30-2023/11/02, 東京大学本郷キャンパス小柴ホール (東京都文京区), Oral

3. 高桑 繁久 , "SMA and ALMA Study of the Protostellar Binaries in the L1551 Region with Paul" ,「Probing the Universe at Higher Resolution」, 2023/10/30-2023/11/03, 台湾中央研究院天文及天文物理研究所 (ASIAA)(台湾・台北市), Oral

4. 山中 雅之 , "Supernova 2023ixf in M101: Optical/near-infrared follow-up observations with small telescopes" , SuperVirtual 2023, 2023/11/06-2023/11/10, オンライン（ZOOM）, Poster

5. 甘田 渓 , "Excitation mechanism of circumstellar SiO maser investigated by intensive monitoring observations using EAVN" , 14th East Asian VLBI Workshop, 2023/11/27-2023/11/30, Lingang Xinchen International Conference Center(中国・上海), Poster

6. 城戸 未宇 , "Probing the physical structures of streamers accreting to the disk around IRAS 16544-1604 by using various molecular lines" , ALMA at 10 years: Past, Present, and Future, 2023/12/04-2023/12/08, Hotel Cumbres(チリ・プエルトバラス), Poster

7. 高桑 繁久 , "eDisk Modeling of a Protostellar Disk: Dust Flaring, Viscous Accretion Heating, and Larger Gas adius" , ALMA at 10 years: Past, Present, and Future, 2023/12/04-2023/12/08, Hotel Cumbres(チリ・プエルトバラス), Poster

8. 山中 雅之 , "NIR follow-up of supernovae and transients with kSIRIUS" , Transient & Supernova WS 2023, 2023/12/18-2023/12/21, ホテルウェルビュー鹿児島 (鹿児島市), Oral

9. 永山 貴宏 , " 鹿児島大学 1m 望遠鏡と kSIRIUS での多色同時測光 " , Transient & Supernova WS 2023, 2023/12/18-2023/12/21, ホテルウェルビュー鹿児島 (鹿児島市), Oral

10. 後藤 颯太 , "Near-infrared and optical studies of the possible superluminous supernova SN 2022aahy" , Transient & Supernova WS 2023, 2023/12/18-2023/12/21, ホテルウェルビュー鹿児島 (鹿児島市), Oral

11. 熊野 朱里 , "Ultraviolet, optical, and near-infrared data analysis of an extraordinary supernova with a slow evolution and a delayed peak" , Transient & Supernova

WS 2023, 2023/12/18-2023/12/21, ホテルウェルビュー鹿児島 (鹿児島市), Oral

12. 山中 雅之 , "Near-Infrared Followups of NearbySupernovae and Transients with the Iriki 1m Telescope" , Transients Down Under conference 2024, 2024/01/29-2024/02/02, SWINBURNE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY(オーストラリア・メルボルン), Oral

13. 半田 利弘 , "Gas density histogram (GDH) analysis and global property of ISM" , GASKAP-OH Kagoshima Team Meeting, 2024/02/06-2024/02/08, 鹿児島大学 (鹿児島市), Oral

14. 今井 裕 , "Study on circumstellar OH masers in GASKAP-OH" , GASKAP-OH Kagoshima Team Meeting, 2024/02/06-2024/02/08, 鹿児島大学 (鹿児島市), Oral

15. 甘田 渓 , "Lessons learned from collaborative works in ATNF/Macquarie Univ. and GASKAP-OH contributions by Japanese community " , GASKAP-OH Kagoshima Team Meeting, 2024/02/06-2024/02/08, 鹿児島大学 (鹿児島市), Oral

16. 笠井 梨名 , "GASKAP-OH science case - ISM structures" , GASKAP-OH Kagoshima Team Meeting, 2024/02/06-2024/02/08, 鹿児島大学 (鹿児島市), Oral

17. Shum, Ka-Yiu, "GASKAP-OH science case: Galactic Center magnetism" , GASKAP-OH Kagoshima Team Meeting, 2024/02/06-2024/02/08, 鹿児島大学 (鹿児島市), Oral

18. 酒見 はる香 , "High-ordered magnetic fields at microquasar SS433 jet terminal region" , Black hole astrophysics with VLBI 2024, 2024/02/14-2024/02/15, 国立天文台三鷹キャンパス (東京都三鷹市), Oral, Invited

学会、研究会における発表（国内研究会）

1. 馬場 淳一 , " 太陽系移動問題：銀河化学進化モデルによる太陽系誕生半径の推定と軌道移動過程への示唆 " , 新学術「星惑星形成」A01 班研究会 , 2023/10/02-2023/10/03, オンライン

2. 髙橋 実道 , " 原始星形成段階における円盤構造の観測的特徴について " , 日本惑星科学会 2023 年秋季講演会 , 2023/10/11-2023/10/13, 広島市文化交流会館 (広島市), Oral

3. 谷本 敦 , "The Origin of the X-Ray Polarization in the Circinus Galaxy" , HSC-AGN Meeting 2023, 2023/11/14-2023/11/16, 愛媛大学 (愛媛県松山市), Oral

4. 中西 裕之 , " 「HI 放射機構・原理について」・「ASKAP/MeerKAT ISM 論文レビュー 15」 " , SKA precursor による星間物質研究ワークショップ 2023, 2023/11/16-2023/11/17, 名古屋大学 理学南館 1F ネオレックスプレイスセミナー室 (名古屋市), Oral

5. 髙石 大輔 , " 磁化した乱流分子雲コア中で駆動するアウトフローの形状と時間進化 " , 星・惑星形成：これまでの 20 年間とこれから , 2023/11/20-2023/11/22, みんなの貸会議室 那覇泉崎店 (沖縄県那覇市), Oral

6. 吹原 遥 , " 偏波プロファイルを用いたフィラメント分子雲内３次元磁場構造の研究 " , 星・惑星形成：これまでの 20 年間とこれから , 2023/11/20-2023/11/22, みんなの貸会議室 那覇泉崎店 (沖縄県那覇市), Oral

7. 塚本 裕介 , "Coevolution of dust grains and circumstellar disks" , 星・惑星形成：これまでの 20 年間とこれから , 2023/11/20-2023/11/22, みんなの貸会議室 那覇泉崎店 (沖縄県那覇市), Oral

8. 小林 雄大 , "1 次元シミュレーションで探る原始惑星系円盤の長期進化 " , 星・惑星形成：これまでの 20 年間とこれから , 2023/11/20-2023/11/22, みんなの貸会議室 那覇泉崎店 (沖縄県那覇市), Oral

9. 髙橋 実道 , " 自己重力的原始星円盤の観測的特徴 " , 星・惑星形成：これまでの 20 年間とこれから , 2023/11/20-2023/11/22, みんなの貸会議室 那覇泉崎店 (沖縄県那覇市), Oral

10. 髙橋 実道 , "Observational features of self-gravitating protostellar disks" , ALMA Grant Fellow Symposium 2023, 2023/12/20, 国立天文台 (東京都三鷹市), Oral

11. 髙石 大輔 , " 磁化した乱流分子雲コア中における単極アウトフローの駆動と原始星ロケット効果の発見 " , 第 36 回理論懇シンポジウム「高赤方偏移のフロンティア」, 2023/12/25-2023/12/27, 弘前大学 (青森県弘前市), Oral

12. 髙橋 実道 , " 形成過程での原始惑星系円盤の自己重力的分裂条件について " , 新学術「星•惑星形成」大研究会 , 2023/12/04-2023/12/07, 名古屋大学 (名古屋市), Oral

13. 馬場 淳一 , " 太陽系移動問題 " , 新学術「星・惑星形成」大研究会 , 2023/12/04-2023/12/07, 名古屋大学 (名古屋市), Oral

14. 甘田 渓 , "EAVN を用いた高頻度モニター観測による長周期変光星星周 SiO メーザー励起機構の調査 " , 2023 年度連星系・変光星研究会 , 2024/02/16-2024/02/18, 宇宙科学研究所 (神奈川県相模原市), Oral

15. 髙橋 実道 , " 自己重力的原始星円盤の観測的特徴 " , 惑星形成討論会 2024, 2024/02/28-2024/03/01, 東北大学 (宮城県仙台市), Oral

16. 谷本 敦 , "The Origin of the X-Ray Polarization in the Circinus Galaxy" , ブラックホール大研究会 ~ 星質量から超巨大ブラックホールまで ~, 2024/02/28-2024/03/02, 御殿場高原ホテル (静岡県御殿場市), Oral

17. 酒見 はる香 , "SS433/W50 東側領域と分子雲との相互作用 " , SNR Workshop 2024, 2024/02/29-2024/03/01, 長良川国際会議場 (岐阜市), Oral

18. 今井 裕 , " 電波天文分光観測の現状 " , 第 29 回天体スペクトル研究会 , 2024/03/02-2024/03/03, 鹿児島大学理学部 220 教室＆オンライン (鹿児島市), Oral, 招待講演

19. 山中 雅之 , "M101 銀河に出現した SN 2023ixf の早期分光観測及び近赤外線観測 " , 第 29 回天体スペクトル研究会 , 2024/03/02-2024/03/03, 鹿児島大学理学部 220 教室＆オンライン (鹿児島市), Oral

20. 後藤 颯太 , " 緩やかな進化を示した明るい IIn 型超新星 SN 2022aahy の観測的研究 " , 第 29 回天体スペクトル研究会 , 2024/03/02-2024/03/03, 鹿児島大学理学部 220 教室＆オンライン (鹿児島市), Oral

21. 半田 利弘 , " 最終講義：役立つ学問を目指せ!～真の実学と虚学 " , 天の川銀河研究会 2024(Milky Way Galaxy Workshop 2024), 2024/03/06-2024/03/08, 鹿児島大学理学部 1 号館 2 階大会議室 (鹿児島市), Oral, 招待講演

22. 松坂 怜 , " 近傍銀河 M83 における希薄ガスの空間分布：GDH を用いた sub-kpc スケールでの推定 " , 天の川銀河研究会 2024(Milky Way Galaxy Workshop 2024), 2024/03/06-2024/03/08, 鹿児島大学理学部 1 号館 2 階大会議室 (鹿児島市), Oral

23. 石橋 志悠 , " 主成分解析を用いた分子流同定アルゴリズムの開発 " , 天の川銀河研究会 2024(Milky Way Galaxy Workshop 2024), 2024/03/06-2024/03/08, 鹿児島大学理学部 1 号館 2 階大会議室 (鹿児島市), Oral

24. 山中 雅之 , " 鹿児島大学 1m 望遠鏡による天の川・系外銀河に出現する突発天体の近赤外線観測 " , 天の川銀河研究会 2024(Milky Way Galaxy Workshop 2024), 2024/03/06-2024/03/08, 鹿児島大学理学部 1 号館 2 階大会議室 (鹿児島市), Oral

25. 堂込 天太 , " 機械学習による分子輝線データからのダスト温度の予測モデルの構築 " , 天の川銀河研究会 2024(Milky Way Galaxy Workshop 2024), 2024/03/06-2024/03/08, 鹿児島大学理学部 1 号館 2 階大会議室 (鹿児島市), Oral

26. 半田 利弘 , " サブ kpc スケールでのガス密度頻度分布関数と天の川銀河の構造 " , 天の川銀河研究会 2024(Milky Way Galaxy Workshop 2024), 2024/03/06-2024/03/08, 鹿児島大学理学部 1 号館 2 階大会議室 (鹿児島市), Oral

学会、研究会における発表
（日本天文学会春季年会）

2024年3月11日～15日
東京大学本郷キャンパス＆オンライン

1. N10b：甘田渓 , 今井裕（鹿児島大学）, Youngjoo Yun (KASI), Bo Zhang (SHAO), および ESTEMA, "EAVN を用いた高頻度モニター観測による星周 SiO メーザー励起機構の調査 "

2. N14a：熊野朱里 , 山中雅之 , 永山貴宏 , 後藤颯太 ,(鹿児島大学), 他鹿児島大学 1m 光赤外線望遠鏡グループ , " 緩やかな前駆現象を伴う特異な超新星候補 SN 2023aew の紫外 - 可視 - 赤外観測 "

3. R17a：松坂怜 , 半田利弘 , 柴田洋佑 , 天野諒 , 池田智喜 , 笠井梨名 , 山口智輝 (鹿児島大学), 江草芙実 , 前田郁弥 (東京大学),藤本裕輔 (会津大学),村瀬建 (岐阜大学), " 棒渦巻銀河 M83 における希薄分子ガスの空間分布とその集積機構 "

4. S16a：谷本敦 , 和田桂一 (鹿児島大学), 小高裕和 (大阪大学), 工藤祐己 (東北大学), " 輻射駆動噴水モデルに基づいた精密 X 線スペクトル計算 "

5. S18a：油谷直道 (鹿児島大学)、斎藤貴之 (神戸大学)、山田智史 (理化学研究所)、馬場俊介 (宇宙科学研究所)、和田桂一 (鹿児島大学), " 赤外線連続光を用いた爆発的星形成と埋もれた活動銀河核の分類について "

広報普及活動・社会貢献
（広報普及活動）

1. 中川 亜紀治 , 2023/07/20, " 宇宙に広がる 2 つの闇 " , 池田高校令和 5 年度全国総文祭生徒プレゼン講習会 , 学校法人池田学園 池田高等学校 (鹿児島市)

2. 酒見 はる香 , 2023/10/28, 理工系進路を目指す女子中高生のためのワークショップ , 特定非営利活動法人女子中高生理工系キャリアパスプロジェクト、国際ソロプチミストオンライン鹿児島、鹿児島大学、鹿児島大学アカデミーロータリークラブの共催 , 鹿児島大学学習交流プラザ (鹿児島市)

3. 酒見 はる香 , 2023/11/12, " 宇宙ジェットで探る見えない宇宙の姿！ " , 第 35 回サイエンスカフェかごしま , 鹿児島大学若手教員サイエンスカフェ有志の会 , 鹿児島大学郡元キャンパス産学交流プラザ 1 階キッチンスタジオ (鹿児島市)

4. 半田 利弘 , 2023/11/17, " 宇宙を調べる様々な方法 ～電波で調べる星形成と天の川銀河～ " , 山梨県立韮崎高校　SSH オンライン講義 , オンライン

5. 山中 雅之 , 2023/12/02, " 宇宙で花火と爆発の共演！？回転花火銀河に現れた超新星爆発 " , 日本宇宙少年団うちのうら銀河分団特別講和 , 肝付町教育委員会 , 内之浦銀河アリーナ (肝属郡肝付町)

6. 山中 雅之・半田 利弘 , 2023/12/08, " 国立天文台 VERA 入来観測局見学 " , 山梨県立韮崎高校 SSH 科学研修 , 国立天文台 VERA 入来観測局 (薩摩川内市)

7. 谷本 敦 , 2023/12/12, "X 線偏光観測による活動銀河核の構造 " , つくば宇宙フォーラム , 筑波大学宇宙物理理論研究室計算科学研究センター , 筑波大学宇宙物理理論研究室計算科学研究センター (茨城県つくば市)

8. 新永 浩子 , 2023/12/21, " やっぱり物理・宇宙がすき " , 女性研究者育成フォーラム , 学校法人 池田学園 , 学校法人池田学園 池田中学校、池田高等学校 (鹿児島市)

9. 馬場 淳一 , 2024/01/16, " 天の川銀河の化学動力学進化から探る、太陽系の誕生場所と軌道移動過程 " , 神戸大学 CPS セミナー , 惑星科学研究センター (CPS), ネット会議システム (Zoom)(神戸市)

広報普及活動・社会貢献（一般向け講演会）

1. 今井 裕 , 2023/07/22, " 宇宙の噴水・間欠泉の観測から星の進化を見届ける " , 国立天文台 野辺山宇宙電波観測所 特別公開 2023, 国立天文台 野辺山宇宙電波観測所 , オンライン

2. 中川 亜紀治 , 2023/08, 星と流星群　寺山少年自然の家 , 寺山少年自然の家 (薩摩川内市)

3. 中川 亜紀治 , 2023/11/18, " 星のいのち、人のいのち " , 宙 (コスモ）ガーデンズ - かごしま宙の駅 2023-, マルヤガーデンズ、株式会社宙の駅 , マルヤガーデンズ 4F ユナイトメントガーデン (鹿児島市)

4. 中川 亜紀治 , 2023/12/02, " 水俣病のおさらい " , いま水俣病を考えること　鹿児島の水俣病を撮りつづける写真家との対話 , 鹿児島大学法文学部附属「鹿児島の近現代」教育研究センター地域マネジメント教育研究プロジェクト , 鹿児島大学法文学部 1 号館 2 階 201 教室 (鹿児島市)

5. 松坂 怜 , 2023/12/23, " 日本一の星空 " 鹿児島 " で体験する宇宙の魅力と不思議 " , 鹿児島大学 天文・宇宙特別イベント , 薩摩の星々 (鹿児島大学宇宙コース学生), 鹿児島大学学習交流プラザ / 国立天文台 VERA 入来局 (鹿児島市 / 薩摩川内市)

6. 中川 亜紀治 , 2024/01/06, " 銀河や宇宙について鹿児島大学での研究もまじえて講演、その後観望会を実施 " , 霧島小学校　観望会 , 霧島小学校 (霧島市)

7. 半田 利弘 , 2024/01/08, " 宇宙に広がる 2 つの闇 " , 鹿児島天文協会　天文講演会 , 鹿児島天文協会 , 鹿児島市勤労者交流センター 第 1 会議室 (鹿児島市)

8. 半田 利弘 , 2024/01/27, " 行かずに測る　～天体の性質を観測から知る方法～ " , サイエンストーク IN プラネタリウム , 鹿児島市立科学館 (鹿児島市)

広報普及活動・社会貢献（研究会の主催）

1. 山中 雅之 , 天の川銀河研究センター主催 , 2023/12/18-2023/12/21, "Transient & Supernova WS 2023", ホテルウェルビュー鹿児島 (鹿児島市)

2. 今　井　裕 , 2024/02/06-2024/02/08, "GASKAP-OH Kagoshima Team Meeting", 鹿児島大学共通教育棟 3 号館全学研究スペース 3(鹿児島市)

3. 酒見 はる香 , 2024/02/12-2024/02/13, " 長波長偏波解析講習会 2024", 国立天文台三鷹中央棟講義室 (三鷹市)

4. 今井 裕 , 2024/02/19, " 鹿児島・愛媛・熊本　合同発表会 + 電波天文観測実習 ", 理学部 1 号館 1 F 104 号講義室＆オンライン (鹿児島市)

5. 山中 雅之 , 天の川銀河研究センター主催 , 天体スペクトル研究会事務局共催 , 2024/03/02-2024/03/03, " 第 29 回天体スペクトル研究会 ", 理学部 220 教室＆オンライン (鹿児島市)

6. 馬場 淳一 , 天の川銀河研究センター主催 , 天の川銀河研究会共催 , 2024/03/06-2024/03/08, " 天の川銀河研究会 2024(Milky Way Galaxy Workshop 2024)", 理学部 1 号館 2 階大会議室 &220 教室 & オンライン (鹿児島市)

広報普及活動・社会貢献（マスコミ報道）

1. 中川 亜紀治 , 2023/06/02, NHK ニュース , " 天文学が専門の鹿児島大学の教員が独学で学んだ水俣病の授業 "

2. 永山 貴宏 , 2023/10/16, 南日本新聞 , "1 ﾒｰﾄﾙ光赤外線望遠鏡 " 九州最大級 学生も使用 "

3. 和田 桂一 , 2023/11/03, 南日本新聞 , " 落ちていくガス詳細観測　国立天文台鹿大が発表（ブラックホールは小食？）"

4. 中川 亜紀治 , 2023/12/07, MBC ニューズ NOW, " 水俣病を撮り続ける写真家　鹿児島側で目の当たりにした状況「忘れられている　写真にはできない悲惨さがあった」"

5. 中西 裕之 , 2024/02/02, 南日本新聞 , " 天文台を通して南ア学生と交流 "

6. 馬場 俊介 , 2024/02/16, 南日本新聞 , オセモコ " 銀河～衝突や合体繰り返し成長～ "

受賞、特許

1. 中西裕之 , 2024/02/07,【公報種別】特許公報 , " 離散信号処理装置、デジタル分光計及び離散信号処理方法 ",【発行国】日本国特許庁

天の川銀河研究センター主催
鹿児島大学天文学談話会

鹿児島大学天文学談話会とは、宇宙物理学研究室の学生やスタッフを主たる対象として、鹿児島大学を訪れている天文学研究者が自らの研究成果を中心に紹介する会合です。

2023 年度下半期は 9 回開催しました。

http://agarc.sci.kagoshima-u.ac.jp/ja/danwakai

1. 第 120 回 2023/11/02
   峰崎 岳夫 (東京大学天文学教育研究センター , 特任教授)
   「活動銀河核の時間軸天文学（time-domain study for AGNs)」

2. 第 121 回 2023/12/04
   小高 裕和 (大阪大学 , 准教授)
   「Monte Carlo radiative transfer code MONACO for X-ray astronomy—the framework design and its applications to molecular clouds, black holes, and neutron stars」

3. 第 122 回 2023/12/14
   Devendra Sahu(Indian Institute of Astrophysics, Professor)
   「Supernova studies at Indian Institute of Astrophysics」

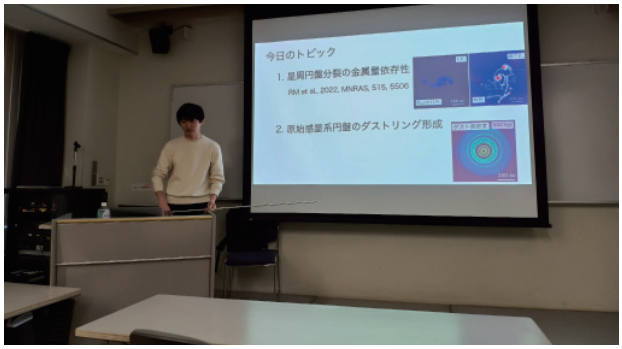
4. 第 123 回 2023/12/21
   冨永 望 (国立天文台 , 教授)
   「Supernovae, Multi-messenger astronomy, and Galactic archeology」

5. 第 124 回 2023/12/21
   川端 弘治 (広島大学 , 教授)
   「広島大かなた望遠鏡の近況と銀河磁場サーベイ観測」

6. 第 125 回 2023/02/21
植村 誠 (広島大学 , 准教授)
「多色測光観測による激変星の研究」

7. 第 126 回 2024/02/29
Jayender Kumar(CSIRO Astronomy & Space Science, Research Fellow)
「The Structure and 3D Kinematics within 4 kpc of the Galactic Centre」

8. 第 127 回 2024/03/01
松木場 亮喜 (京都大学 , 研究員)
「原始惑星系円盤のガス - ダスト 2 成分 2 次元グローバル計算による円盤進化とダストリング形」



9. 第 128 回 2024/03/04
高橋 幹弥 (筑波大学 , 博士 3 年)
「ブラックホールの観測イメージによる時空構造の推定」

※ No image

【教　員】

今井裕	いまいひろし	教授, 協力教員, 総合科学域
犬童寛子	いんどうひろこ	准教授, 協力教員, 医歯学域
大畠賢一	おおはたけんいち	准教授, 登録教員, 理工学域
小林励司	こばやしれいじ	准教授, 登録教員, 理工学域
新永浩子	しんながひろこ	准教授, 登録教員, 理工学域
高桑繁久	たかくわしげひさ	教授, 副センター長, 登録教員, 理工学域
塚本裕介	つかもとゆうすけ	准教授, 登録教員, 理工学域
中川亜紀治	なかがわあきはる	助教, 登録教員, 理工学域
中西裕之	なかにしひろゆき	准教授, 登録教員, 理工学域
永山貴宏	ながやまたかひろ	准教授, 登録教員, 理工学域
西川健二郎	にしかわけんじろう	教授, 登録教員, 理工学域
半田利弘	はんだとしひろ	教授, 登録教員, 理工学域
馬嶋秀行	まじまひでゆき	教授, 協力教員, 医歯学域(2019年3月まで)
和田桂一	わだけいいち	教授, センター長, 登録教員, 理工学域

【研究支援者】

今門亜弥	いまかどあや
福田しのぶ	ふくだしのぶ

【研究員等】

酒見はる香	さけみはるか	プロジェクト研究員
西合一矢	さいごうかずや	プロジェクト研究員
谷本敦	たにもとあつし	特任助教
山中雅之	やまなかまさゆき	特任助教
髙橋実道	たかはしさねみち	特任研究員
馬場淳一	ばば じゅんいち	特任准教授
工藤祐己	くどうゆうき	特任研究員（2023年3月まで）
三杉佳明	みすぎよしあき	プロジェクト研究員（2023年4月まで）
馬場俊介	ばばしゅんすけ	プロジェクト研究員（2023年12月まで）

天の川銀河研究センター　構成メンバー　　令和6年（2024）3月現在

鹿児島大学大学院理工学研究科附属天の川銀河研究センター運営会議規則
（平成30年11月14日付け）より構成員は以下です。

(1) 鹿児島大学大学院理工学研究科附属天の川銀河研究センター

センター長　和田桂一 教授

(2) 鹿児島大学大学院理工学研究科附属天の川銀河研究センター

副センター長　髙桑繫久 教授

(3) 組織規則第４条第１項第３号に定める者から理工学研究科長が指名する者 ２名

永山貴宏 准教授、中西裕之 准教授

(4) 学術研究院理工学域理学系の教授又は准教授のうちから理工学研究科長が指名する者 ２名

新留康郎 教授、冨安卓滋 教授

(5) 学術研究院理工学域工学系の教授又は准教授のうちから理工学研究科長が指名する者 ２名

福島誠治 教授、上谷俊平 教授

(6) 理工学研究科等理学系事務課長

立和名幸洋　事務課長

(7) その他運営会議が必要と認めた者

該当者なし

オブザーバー

山口明伸　理工学研究科長

発行
鹿児島大学大学院　理工学研究科附属
天の川銀河研究センター

Tel. 099-285-8012
〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元1-21-35
agarc-adm@sci.kagoshima-u.ac.jp
http://agarc.sci.kagoshima-u.ac.jp