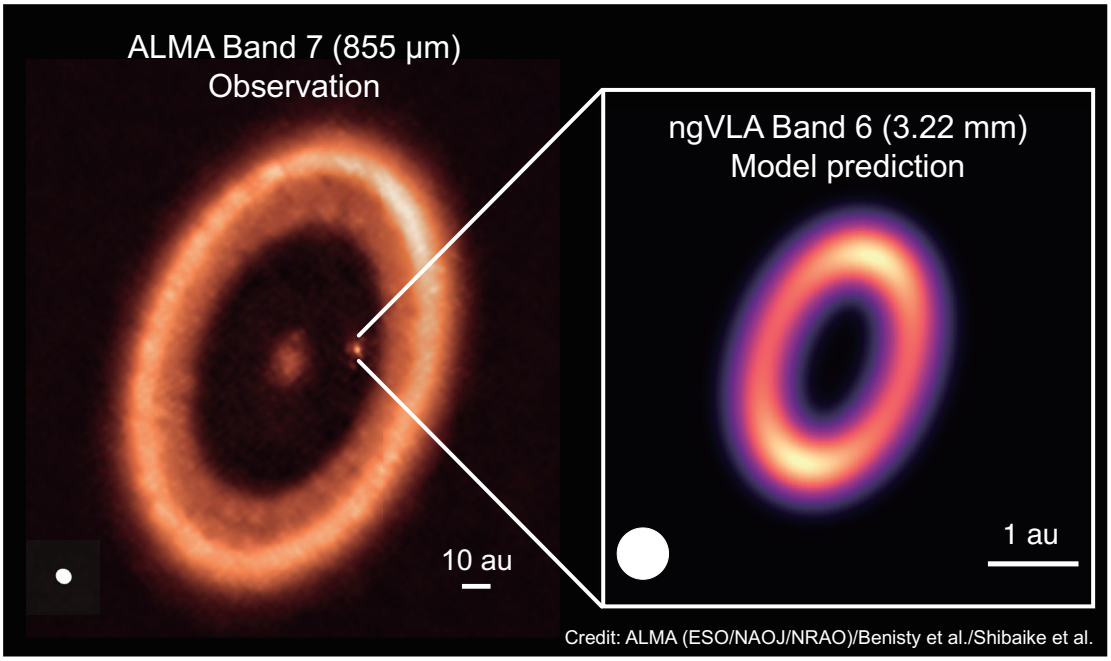
AGARC NEWS No. 11

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

2026.10.01



左) アルマ望遠鏡による PDS70 系の連続波観測。明るい大きなダストリングの内側に、形成中の系外惑星 PDS70c の光点が見えている。この光点は PDS70c の周惑星円盤に含まれるダストの熱放射と考えられるが、空間解像はできていない。右) 芝池特任助教らの提唱した、周惑星円盤内のダストリングの、ngVLA 望遠鏡 (建設中) による観測予測図。この小さなダストリングを仮定すると、アルマ望遠鏡による PDS70c の多波長観測結果が説明できる。詳しくは 9 ページを参照。

TABLE OF CONTENTS

巻頭言…… 2
研究ハイライト…… 4
研究活動報告……18
教育交流活動報告……25
イベント参加報告……26
入来の丘から……28
博士論文ダイジェスト……31
業績一覧……32

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. 099-285-8917
〒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

電波天文学の教科書を書きました

電波天文学の教科書を書きました（図１）。

高桑が行っている研究は、星間空間の分子やダストがだす電波を観測して、星形成や惑星形成を調べるものです。使っている電波望遠鏡は、電波干渉計と呼ばれる、多数のパラボラアンテナを配置して実効的に高い空間解像度を得ようとする装置です。現在は主に ALMA という、南米チリに設置された世界最大の電波干渉計の観測データを用いています。

高桑の研究室に来る学生も、このような電波望遠鏡のデータを用いて星、惑星形成の観測的研究をすることを期待しています。そのためには、星間分子やダストの電波放射、さらには観測装置である電波望遠鏡、電波干渉計の基本を修得する必要があります。しかし、これまでこの分野のこういった基礎を学部生にもわかるようにまとめた教科書は、高桑が知る限り皆無でした。また授業では天文学全般の基礎を伝えるのに精一杯で、このような分野に特化した基礎知識の授業は大学院でしかできていなかったです。それで毎年、研究室に来た学生に、ゼミなどで同じ話を繰り返していました。

また自分自身の研究においても、基礎的な数式やそれに伴う数値など、毎回毎回必要になったらとり散らかった古いノートや論文探したりで、全く効率的でなかったです。この状況なんとかならないのかと思い、この本を書き始めました。あと何よりも歳くってきた中で、自分の名前で何か長く残るものを残したい、という思いがありました。内容は、学生の方々に毎回話していることと、自分の研究のノートです。大学院生時代から書き殴っていたノートがまだ手元にあります。もうボロボロになっているこれらのノートの内容をできるだけ取り込みたいと考えました。自分のまとめにするのが目標でした。

電磁気学の授業で森北出版の教科書を使っていたこともあり、森北出版の鈴木遼さんが定期的に高桑のところをご訪問くださっていました。最初は教科書採用関連の話だったと思いますが、鈴木さんが早稲田の宇宙物理のご出身のとても優秀な方で話が盛り上がり、上記の動機もあって高桑が教科書を書くという話になりました。メールを見返すと、話が決まって LaTeX のスタイルファイルをいただいたのが 2023 年の年末でした。最初の 40 ページ弱の書き殴りを鈴木さんに送ったのが 2024 年の年明けです。その後、鈴木さんに励まされながら、研究をおいてもこちらの方を重点的に取り組みました。企業を巻き込んでしまっているので、いい加減にはできないです。

森北出版は伝統的に著者に色々とコメントする出版社らしく、高桑も鈴木さんはじめ森北出版の方々から色々とコメント、訂正依頼を受けました。これが実はありがたくて、高桑の恥ずかしい間違いを色々と指摘してくれました。例えばガウス関数の σ、これ、高桑何も考えずに分散って呼んでいましたが、正確には σ^2 が分散で、σ は標準偏差と呼ぶべきものです。あとシンクロトロン放射の電子の回転方向と磁場の向きについて、電子の電荷がマイナスなので反転させないといけないのに、それに気づいていなかったりしました。また大学院の授業でこの本の内容を話していた時、学生から質問を受けて、ちょっと考えて自分の書いていた数式の次元が間違っていることに気づきました。これほんと出版直前に気づかせてくれたので学生にめちゃ感謝です。結局、校正 3 回＋出版直前の最終確認を経て、出版にこぎつけたのは 2026 年 3 月末です。丸 2 年以上かかっていることになります。

この本を書いている過程で気付いたもう一つの大事なことは、世間に出回っている論文、教科書の中にも間違いがあるということです。一つだけ例を挙げると、日本の天文学会で出ている黒体放射の図、あれ間違っています。グラフを重ねてもどうしても自分の計算と合わなくて、最初は自分が間違っているのだと感じました。しか

し、Astropy 使って計算しても、プランクの式を数値で書き下してそのグラフを書いても、その３者とも同じグラフになり、天文学会の黒体放射の図だけ合わないのです。それで天文学会の方を疑い始めました。決定的だったのは、天文学会の図がウィーンの変位則を満たしていないことを見つけたことでした。プランクの式の扱いって実は結構難しくて、単純に波長と周波数を置き換えるだけでは正しい式にならないし、正しい変位則もでてこないです。そもそも高桑自身も最初きちんとわかっていなくて、ちゃんとプランクの式を扱えるようになるまで、めちゃ苦労しました。年末に台湾に出張中、ホテルに引きこもってウンウン言っていたのを覚えています。いずれにしても非常に勉強になりました。が、こんなことをいまだにわかっていなかったのか、、、とも感じました。わかっていたつもりになっていたことが、実際にやってみたら全然わかっていなかったということです。こんなことって実は結構あるのではと、開き直っています。ですので常に謙虚に自分はまだまだと思っていた方がいいかと思います。



図 1：出版した電波天文学の教科書

いずれにしても、全 224 ページ（本を作る関係上、16 の倍数でないといけないそうです）、定価 4180 円の本が出来上がりました。値段高いと言われそうで実際高いと思いますが、この値段は高桑が決めたものではないです。出版社が元をとって利益が出るようにしないといけないので、このような種類の本ですとどうしても割高になるみたいです。そもそも本として出版することにかなりの費用がかかるみたいなので、そこを全部出版社が持ってくれるだけでも感謝しないといけないと思いました。

出版から幸い、十分元が取れる部数 ～ 500 くらいは売れたようです。何人かの方々からはお褒めのお言葉もいただきました。また学生の方の何人かからはサインを求められて、舞い上がって喜んでサインしました。あと、高桑のゼミはもちろんのこと、幾つかの大学のゼミで採用されているようです。書いてよかったとずっとしみじみと感じております。もう引き出しは出し切ったので今後は本を書くという考えは持たず、研究論文の方を書くようにします。

個人的なことを書き連ねただけで終わってしまいそうですが、この本も天の川銀河研究センターの実績の一つになると思っています。当センターの人員は、皆さんこのように、日々泥臭くも成果を出すべく努力を継続しております。引き続き当センターへのご支援のほど、どうかよろしくお願いいたします。

副センター長　高桑 繁久

銀河のチリに埋もれた超新星を近赤外線で見る

山中 雅之 , 永山 貴宏 (鹿児島大学),
熊野 朱里 (広島大学),
Devendra Sahu, Hrishav Das, G. C. Anupama (Indian Institute of Astrophysics),
Avinash Singh (Stockholm University)

超新星とは一体、何でしょうか。それは恒星がその一生の最後に引き起こす大爆発現象です。銀河 1 つ分にも匹敵するほどの明るさで輝きます。

超新星は宇宙のどこで起こっているでしょうか？現代の天文学で研究対象となるものは、天の川銀河の外の銀河、系外銀河で起こっています。銀河はいくつかの種類に分かれます。渦巻を持っている銀河を「渦巻銀河」と呼びます。渦巻銀河の “ 腕 ” には星が生まれる材料でもある固体微粒子（本稿では以降 “ チリ ” と呼びます。英語ではダストとも呼ばれます）が存在しています。

超新星は、太陽の 10 倍以上の質量を持つ星が、その一生の最期に起こす爆発現象です。一方で、星の寿命は質量の 2 ～ 3 乗に反比例すると言われています。星は重ければ重いほどより早い段階で超新星爆発に至るということです。星は銀河の中を長い期間をかけて漂いますが、重い星はまだ腕の上にある段階で一生を終えてしまいます。このため、多くの超新星が銀河の “ 腕 ” で発見されます。腕にはチリが多く漂っています。このため、超新星からの光がチリによって遮られることは良くあります。チリによる遮蔽は、超新星を調査する上で、深刻なものとなります。

さて、私たちは、2023 年より最新の観測装置「kSIRIUS(ケーシリウス)」を使って、超新星などのデータを取得し始めていました。この観測装置を用いると、異なる 3 つのデータを同時に取得することが可能となります。「近赤外線」と呼ばれる特殊な光です。「可視光線」は人間の眼で見ることができますが、「近赤外線」は眼では見ることができません。

「近赤外線」は、チリに遮られにくい性質を持ちます。一方で、「可視光線」はチリに遮られ暗くなってしまいます。このため、可視光線でとても暗い超新星が発見されたとしても、それが真に暗い天体であるのか、チリによって光が遮られているのかわかりません。

近年、とても広い視野のカメラを搭載した望遠鏡による、新天体探索プロジェクトが急速に発展しつつあります。Zwicky Transient Facility (ヅビッキートランジェントファシリティ ; 略称 ZTF) やアトラスといったプロジェクトです。これらのプロジェクトは、単に視野が広いだけでなく、何度も同じ領域を繰り返し観測することで新たに増光している星を次から次へと見つけることができます。特に、ZTF は数多くの新天体を正確に、かつ早い段階で発見するようになり、超新星研究の業界に大きなパラダイムシフトをもたらしました。これにより発見された超新星は数多く存在します。

本研究の対象となった SN 2023dbc は 2023 年 3 月 13 日に ZTF によって 19.3 等の明るさで発見されました。19 等台という明るさは非常に暗く、世界でも 2 メートル以上の鏡を持つ望遠鏡でなければ追観測されません。しかしながら、私たちは銀河の内部にあるチリによる減光を受けている可能性を考慮し、「近赤外線」の光を受けるべく「kSIRIUS」を用いて観測を開始したのです。発見翌々日の 3 月 15 日に最初の観測を行いました。

その後、3 月 16 日には中国のグループから、3 月 20 日にはアメリカのグループから “ スペクトル ” の取得報告がなされました。“ スペクトル ” の観測を行うことで、星に含まれる多様なガスを特定することができます。これらの観測から、当初は爆発して間もない時期の、水素もヘリウムも無いタイプの超新星爆発であると同定されました。

さて、この超新星は M108 という地球から近い銀河で発見されました。3200 万光年先の銀河です。私たち人類からすればとても遠くに感じますが、この手の超新星を研究するにはとても良い、非常に近

い距離と言えます。私たちは、この時点でこの天体が非常に重要な天体であると判断し、その後もkSIRIUSで観測を続け、約130日の間に計17夜分のデータを取得することに成功しました。

この時、ちょうど私を代表とする日本インド間の二国間共同研究を実施していました。この枠組みには、日本側からいくつかの大学が参画しています。1m望遠鏡を有する鹿児島大学もその1つです。インド側は、ヒマラヤ山脈の非常に天候条件の良い場所に望遠鏡施設を有しています。彼らは、この超新星の“スペクトル”を1本取得していました。私たちは、kSIRIUSのデータと彼らが取得したスペクトルを組み合わせて、この超新星の性質を調べることにしました。

私たちは、まずはこの超新星の“色”を調べました。ここで用いた“色”とは近赤外線に比べて可視光線がどれだけ大きな減光を受けているか、と言いかえることができます。近赤外線の観測例は非常に少ないのですが、いくつかの別の超新星が、先行研究によって良く調べられていました。超新星は本来であれば、非常に色が青いことが知られています。SN 2023dbcの場合、非常に赤くなっていたことを突き止めたのです。

この色の“赤さ”を使って、銀河のチリによってどれだけ光がさえぎられているか調査しました。その結果、この超新星は、なんと可視光線において、本来の明るさに比べて4.1等も減光していたことが判明したのです。私たちは、この量を使って超新星本来の明るさを推定しました。質の高い近赤外線データのおかげで、高い精度でチリの影響を取り除くことに成功したのです。

これにより、SN 2023dbcの本来の“色”、そして“明るさ”を得ることができました。その結果、SN 2023dbcは過去に良く研究されている超新星の中でも、かなり暗いことがわかりました。

超新星は爆発とともに非常に大きな速度で膨張しています。実は、“スペクトル”を用いて、それぞれの組成が含まれるガスの膨張速度を測定できるのです。その結果、ヘリウムが秒速14000キロメートルもの速度で膨張しているとわかりました。このクラスの超新星としては、やや大きな膨張速度です。

そして、次に、超新星の明るさの変化に着目しました。そこから、膨張するガスの形を検討しました。実は、このタイプの超新星は単純に“球に近い”形のガスでは、説明することが難しいことが知られていました。そこで、ガスが一部ひしゃげたような、例えば卵のような形状とドーナツ状の形のガスが組み合わさったような状況を想定しました。このような“丸くない”ガスのシナリオは比較的良く受け入れられています。私たちは、SN 2023dbcもやはり“球に近い”形では説明が難しく、卵とドーナツが重なったような形と合うと結論付けました。

さて、これらの観測事実・検討結果から私たちは以下のようなシナリオを検討しました。まず、この超新星は真に暗いことはすでに指摘しました。これは明るさの源となる“熱源”の量がとても少ないことを意味します。そして、膨張速度が速いことは爆発エネルギーが大きいことを示唆します。私たちの計算では、4.1x10の44乗ジュールと見積もられました。これは、桜島の大正大噴火の10の26乗倍ものエネルギーに相当します。

以上のことから、私たちは、ヘリウムガスは非常に大きな速度で運動している一方で、明るさの“熱源”となるガスは、中心に落ち込んでいるシナリオを提示しました。相当な量の熱源が落ち込んでいると見られ、中心ではブラックホールを形成している可能性があります。

本研究による波及効果は非常に大きいと考えています。つまり、本研究の対象となった超新星SN 2023dbcは銀河のチリの向こう側で爆発しています。このため、これまででは追観測の対象とはなりえませんでした。しかし、kSIRIUSを用いれば、近赤外線の明るさを詳細に調べることが可能となります。このような研究アプローチは、これまで世界でもあまり実施されてきませんでした。もしかしたら、チリの向こう側にはまだ、人類が知らないような新

たな種族ともいえる超新星が眠っているかもしれません。私たちは、今後も kSIRIUS で“赤い”超新星の観測に基づく研究を続けるつもりです。これにより、超新星爆発に新たな知見をもたらすことができるかもしれません。今後大きな期待が寄せられます。

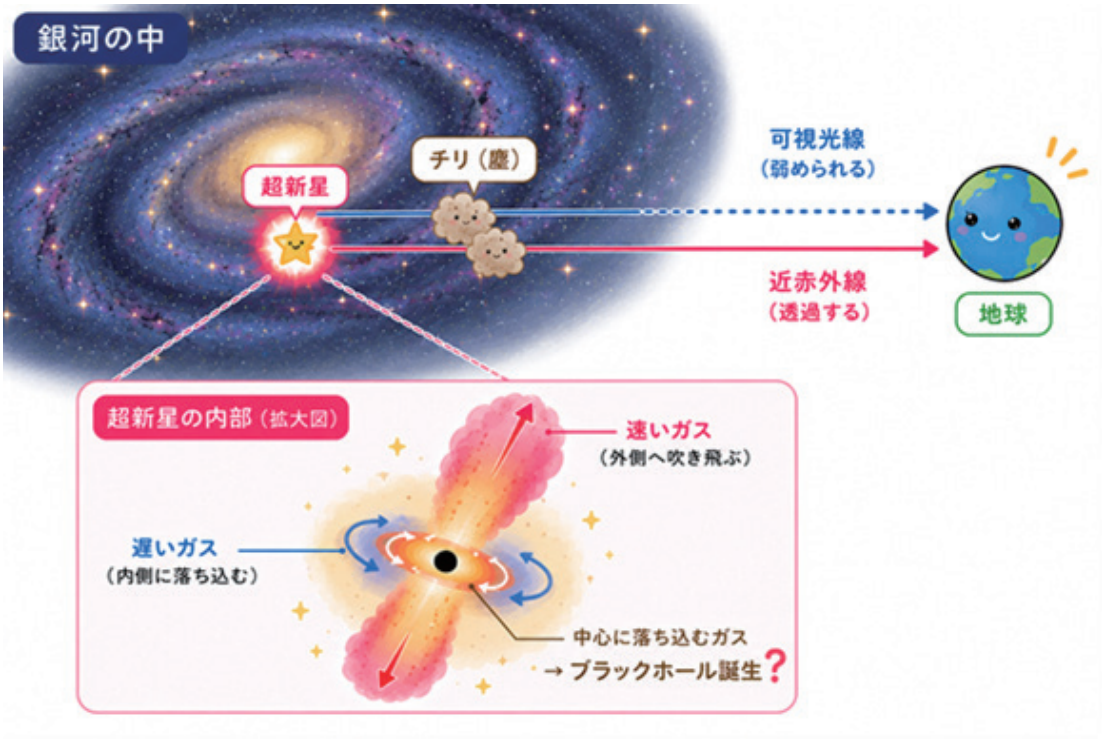


図 1：チリの向こう側にある「ゆがんだ形」の超新星爆発のイメージ図。可視光線はチリによって暗くなり、赤外線は影響が少なく透過しやすい。また、「ゆがんだ形」の中心では、ガスが中心に落ち込み、ブラックホールが誕生している可能性がある。本画像は山中が対話型生成 AI ChatGPT を用いて作成。

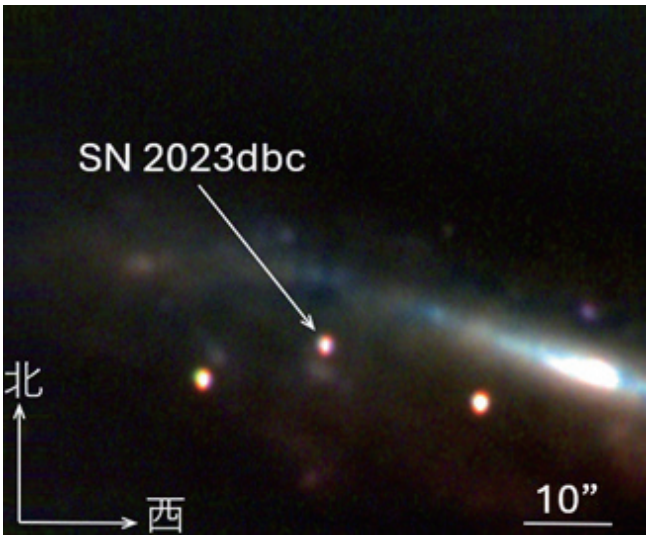


図 2：鹿児島大学望遠鏡（入来観測所）に搭載した赤外カメラ kSIRIUS で撮影された超新星の赤外写真。矢印の先にあるのが超新星 SN2023dbc。右に見える明るいコアから左斜め上に伸びているのは、銀河 M108（メシエ 108）。

長く輝く超新星から『宇宙のちり』の誕生を探る

後藤 颯太 (鹿児島大学 博士課程),
山中 雅之 (鹿児島大学),
川端 弘治 (広島大学), 田中 雅臣 (東北大学),
Avinash Singh(Stockholm University),
Devendra K. Sahu(IIA), 中岡 竜也 (広島大学),
Anjasha Gangopadhyay(Stockholm University),
永山 貴宏 (鹿児島大学),
Naveen Dukiya, Monalisa Dubey, Kuntal Misra, and Bhavya Ailawadhi(ARISE)

太陽よりもはるかに重い星は、その一生の最後に「超新星」と呼ばれる大爆発を起こします。超新星爆発では、星の内部で作られたさまざまな元素が宇宙空間へ放出され、その後の星や惑星を作る材料になります。さらに、爆発後の環境では、それらの元素の一部が冷えて固体の微粒子となり、「宇宙のちり（ダスト）」が形成されると考えられています。

宇宙に存在するダストは、星や惑星の材料になるだけでなく、星から放射された光を吸収し、そのエネルギーを赤外線として再放射することで、銀河の見え方や進化にも大きな影響を与えます。そのため、「宇宙のダストはどこで、どのように作られるのか」という問題は、天文学における重要な研究テーマの一つです。超新星は有力なダスト生成源の一つと考えられていますが、実際に爆発後のどの時期に、どこで、どれほどのダストが形成されるのかについては、まだ十分には分かっていません。

私たちは今回、2024 年に発見された超新星「SN 2024dy」を、爆発から約 500 日間にわたって詳しく観測しました。この研究で特に重要な役割を果たしたのが、鹿児島大学の 1m 望遠鏡に搭載された近赤外線観測装置「kSIRIUS」です (センターニュース No.4 参照)。kSIRIUS を用いることで、人間の目では見ることのできない近赤外線の波長域で SN 2024dy を長期間継続して観測し、超新星の明るさが時間とともにどのように変化していくのかを追跡することができました。

SN 2024dy は「IIn 型超新星」と呼ばれる種類の超新星です。通常の超新星では、爆発によって放出された物質が時間とともに膨張し、徐々に暗くなっていきます。一方、IIn 型超新星では、爆発によって高速で飛び出した物質が、爆発前に星自身が周囲へ放出していた大量のガスと衝突します。この衝突によって運動エネルギーが光へと変換されるため、長期間にわたって明るく輝き続けることがあります。

SN 2024dy も非常に長く明るさを保った超新星でした。鹿児島大学 1m 望遠鏡 /kSIRIUS による近赤外線観測を継続した結果、爆発から約 300 日が経過したころから、可視光では急速に暗くなる一方で、近赤外線では強い放射が残り続けるという特徴が明らかになりました。爆発後期になるほど、超新星から放射されるエネルギーのうち近赤外線が占め

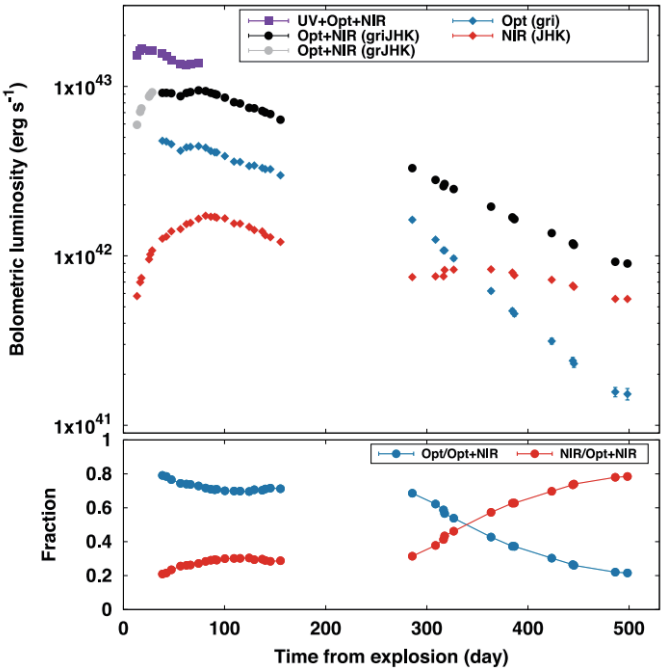


図 1：SN 2024dy の明るさの時間変化。爆発後期には近赤外線の割合が増加し、高温のダストからの放射が示唆された。

る割合が大きくなっていったのです（図 1）。

このような近赤外線の強い放射は、高温に熱せられたダストが存在するときに見られる代表的な特徴です。そこで、観測された光の波長ごとの分布をモデル計算と比較したところ、約 1300 ～ 1800 K という高温の炭素質ダストからの熱放射を加えることで、観測結果をよく説明できることが分かりました。また、推定されるダストの量は時間とともに増加する傾向を示しており、超新星爆発後に新しいダストが形成されている可能性を示しています。

さらに、可視光のスペクトルにもダスト形成を示唆する特徴が現れていました。SN 2024dy では、水素から放射される「Hα」と呼ばれる強い輝線が観測されています。爆発後期の Hα を詳しく調べると、私たちから遠ざかる方向に運動している物質からの光が、近づいてくる側の光に比べて弱くなっていることが分かりました。

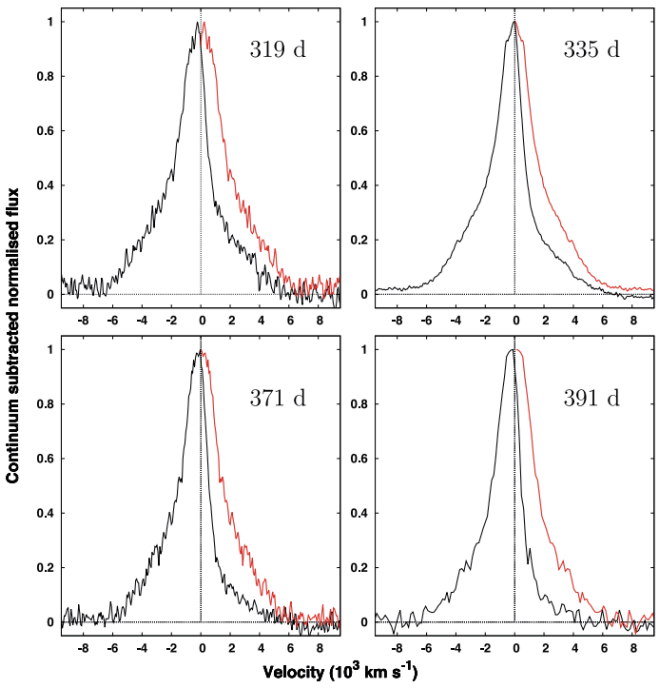


図 2：Hα 輝線の時間変化。赤線は青側の形状を反転して示したもの。爆発後期には赤側の光が弱くなり、新たに形成されたダストによる吸収が示唆された。

超新星の内部が透明で、光を遮るものがなければ、手前側と奥側からの光はおおむね対称に観測されると考えられます。ところが、超新星の内部、あるいは爆発物質と周囲のガスが衝突している領域でダストが新たに形成されると、奥側から私たちに向かって進んでくる光の一部が途中でダストに吸収されます。その結果、遠ざかる側からの光だけが弱く見えるようになります（図 2）。SN 2024dy で見つかった Hα の変化は、このようなダスト形成の描像とよく一致していました。

この研究では、鹿児島大学 1m 望遠鏡 /kSIRIUS と広島大学かなた望遠鏡 /HONIR の共同観測による、長期間の近赤外線観測によって、高温ダストの存在を示す近赤外線放射の変化を捉えることができました。さらに、可視光スペクトルに現れた光の遮蔽の兆候と組み合わせることで、SN 2024dy では爆発後数百日の間に新たなダストが形成された可能性が高いと結論づけました。

超新星におけるダスト形成は、爆発直後だけを観測していては捉えることができません。今回の研究では、鹿児島大学の観測設備を活用して約 500 日間にわたる近赤外線観測を継続したことで、超新星が時間とともに変化し、その内部で新しい物質が形成されていく過程を捉えることができました。今後もこのような長期観測を積み重ねることで、超新星が宇宙のダストをどれほど生み出しているのか、そして星の死が次の世代の星や惑星の材料へとどのようにつながっていくのかを明らかにしていきたいと考えています。

形成中の系外惑星 PDS70c の周惑星円盤は、衛星の材料となるダストリングを持つ

芝池 諭人 (鹿児島大学)

私たちの住む地球、そして太陽系に存在する多様な惑星たち。これらがどのようにして作られたのか明らかにすることは、天文学・惑星科学の大きな目標の一つです。この「惑星形成論」は、約 30 年前に初めて発見されて以来 6000 個も見つかっている、太陽以外の恒星を周回する惑星「系外惑星」の観測により、大きく進展しました。しかし、発見された系外惑星のほとんどは、太陽系の惑星と同じくすでに出来上がった惑星であり、惑星形成過程そのものを観測することは、つい最近までできていませんでした。

若い T タウリ型星 (つまり形成途中の恒星)PDS70 は、二つの惑星、PDS70b と PDS70c を持ちます。この二つの惑星は、いずれも、これまでに 10 例ほどしか発見されていない形成途中の系外惑星です。この二つの惑星は、太陽系の木星や土星と同じように、固体でできたコアの周囲に多量の大気を纏った「ガス惑星」であると考えられ、今まさにこのガスを周囲の「原始惑星系円盤」から集積している途中です。特に惑星 PDS70c は、サブミリ・ミリ波 (つまり電波) でも検出された、唯一の系外惑星です。この電波は、ガス集積中の惑星周囲にできる小さなガス円盤「周惑星円盤」に含まれるダスト (塵) から発せられていると考えています。

近年、南米チリのアタカマ砂漠にあるアルマ電波望遠鏡によって、この PDS70c が複数の波長で検出されました。その結果、周惑星円盤がサブミリ・ミリ波帯で光学的に厚いことがわかりました (図 1)。光学的に厚いとは、簡単に言えば、周惑星円盤内に反対側が見通せないほど多量のダストが存在することを意味します。これは、驚くべき観測結果です。なぜなら、周惑星円盤内のダストは、円盤のガス抵抗を受けて角運動量を失い、惑星に向かって螺旋状に落下 (ドリフトと呼ばれる)、結果として周惑星円盤は光学的に薄くなる、と予測されていたからです。

本研究では、周惑星円盤内に光学的に厚いダストリングの存在を仮定することで、この謎を解くことに成功しました。図 2 は、アルマ望遠鏡による PDS70 系の実際の観測画像に、私たちの理論モデルによる惑星 PDS70c 周囲のダストリングの予想図を組み込んだものです。PDS70 系は、原始惑星系円盤に綺麗なダストリングを保持しています。もし私たちの予想が正しければ、そのダストリングの中に位置する惑星

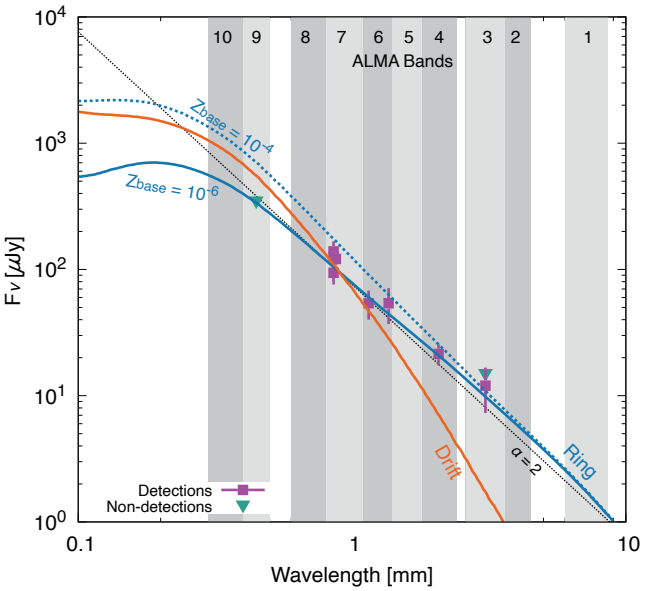


図 1：理論モデルによる PDS70c のアルマ望遠鏡多波長観測の再現。紫の四角は、アルマ望遠鏡で検出された各波長での PDS70c からのフラックス密度を示す。緑の逆三角は、非検出の観測のノイズ (3 σ) を示す。バンド 7 から 3 の幅広い波長で、検出されたフラックス密度がスペクトル指数 (傾きの逆数) α =2 に沿っており、光学的に厚いことを示唆している。橙と青の曲線は、典型的なパラメーターにおける、従来のドリフトモデルと新しいリングモデルによる予測。ドリフトモデルでは α =2 の観測は再現できないが、リングモデルでは再現可能とわかる。Zbase はリングでない部分のダスト / ガス面密度比で、リングのピーク面密度比 Zpeak は 1 で固定している。したがって、Zbase が小さいほど、リング内外の面密度比の差が大きい明瞭なリング構造を意味する。Shibaike et al. (2026) より。

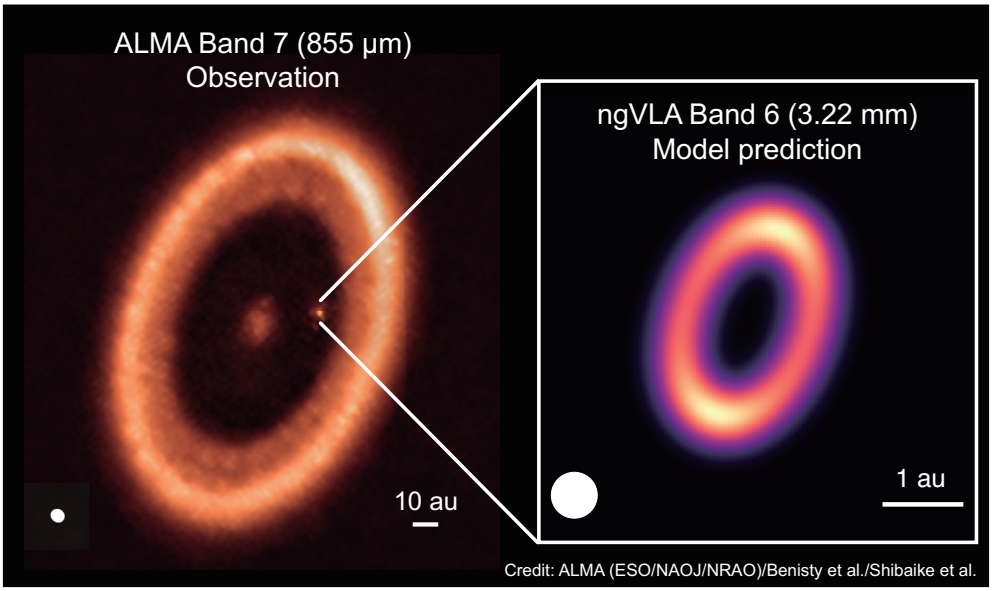


図 2：左) アルマ望遠鏡による PDS70 系の連続波観測。観測波長はアルマのバンド 7(855 μ m)、空間解像度は約 20 ミリ秒角 (左下の白色楕円がビームサイズ) である。明るい大きな「外側リング」と微かな「内側円盤」が映っており、その間のギャップに PDS70c の光点が見えている。この光点は周惑星円盤のダストの熱放射と考えられるが、ビームサイズが周惑星円盤より大きいため、周惑星円盤の解像はできていない。詳細は、Benisty et al. (2021) を参照。右) 私たちのダストリングモデルが予測する PDS70c の周惑星円盤のダスト熱放射強度マップ。2040 年代に本格運用開始予定の ngVLA 望遠鏡で観測した場合を想定してスムージングした。観測波長はバンド 6(3.22 mm)、空間解像度は 5 ミリ秒角を想定した。私たちの予想するダストリングは、ngVLA 望遠鏡によって明瞭に観測できると期待される。

PDS70c も、(はるかに小さな) ダストリングを持つことになります。

私たちはまず、ダストリングの簡単なモデルを作成し、従来の「ドリフトモデル」と共に、典型的なパラメーターでの、周惑星円盤全体からのフラックス密度の波長依存性を調べました (図 1)。すると、やはりドリフトモデルではアルマ望遠鏡の多波長観測は再現できませんが、ダストリングモデルでは再現可能とわかりました。

次に、実際には PDS70c の多くの物理量が不明であるため、各種パラメーターに幅広い値を与えて計算し、観測と比較しました (図 3)。結果、ドリフトモデルでは、周惑星円盤が光学的に厚くなる条件が非常に厳しいことを示しました。すなわち、ダストがどんどん惑星に落下してしまう状況で円盤を光学的に厚くするには、大量のダストを周惑星円盤に供給し続ける必要があるのです (図 3)。一方で、リングモデルでは、円盤全体にダストが充満するのでなく、円盤の一部にリング状にダストが集中し、その部分のみ光学的に厚くなれば良いため、円盤へのダスト供給量が少なくて済みます。そして、アルマ望遠鏡では周惑星円盤を空間解像できないため、ダストリングからの放射が十分に強ければ、円盤全体が光学的に厚いように「見える」のです。結果、ドリフトモデルよりも容易に達成可能な条件で、観測結果を再現できることを示しました (図 3)。

では、このようなダストリングは、実際に存在しうるのでしょうか?実は、「衛星形成論」の文脈では、このダストリングはすでに予測されていました。木星や土星の周囲には、氷と岩石でできた巨大衛星が存在します。これらの衛星は、惑星が原始惑星系円盤の中でできるように、周惑星円盤内でダストが集まってできたとされています。しかし、惑星へのダスト落下は、この巨大衛星の形成過程でも障害となります。そのため、研究者たちは、惑星に集積されるガスの流れを詳細に数値シミュレーションし、惑星から外に向かって流れるガス流や、周惑星円盤にできる溝 (ギャッ

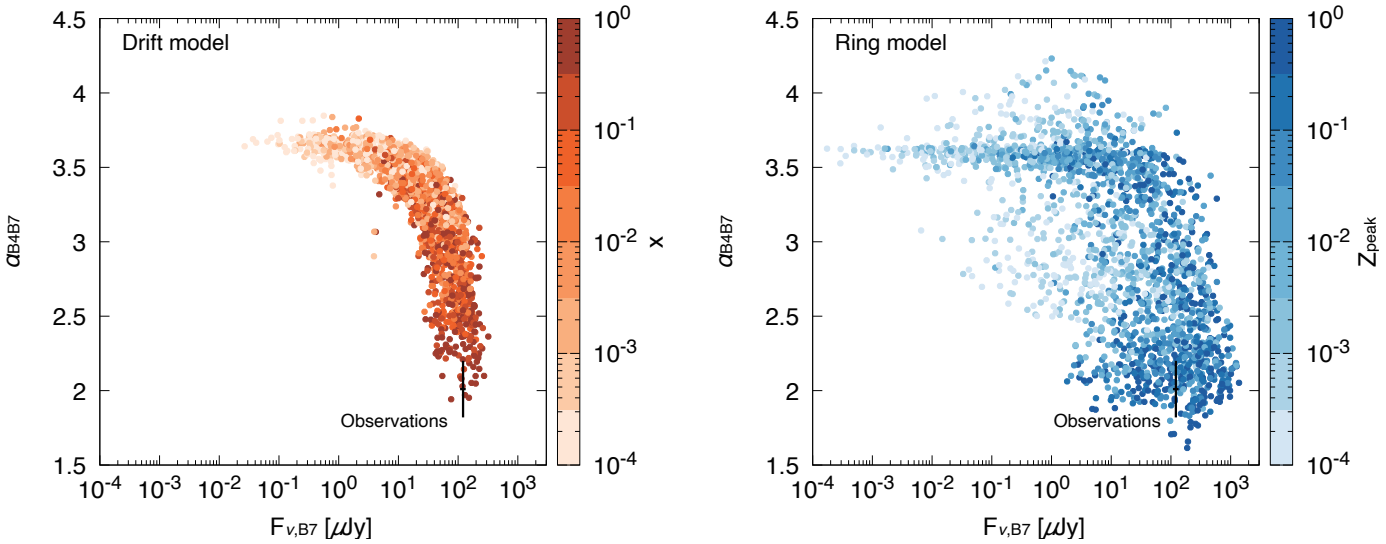


図 3：パラメーターを幅広い値で変動させた場合の、ドリフト・リングモデルでの PDS70c 観測の再現。横軸はアルマバンド 7 のフラックス密度、縦軸はアルマバンド 4,7 間でのスペクトル指数を表す。各点がモデル予測値、黒十字がアルマ望遠鏡による観測値を示す。左) ドリフトモデルによる観測値の再現。周惑星円盤に流入するダストガス質量フラックス比 x が 0.1 以上という、極端な状況を仮定しないと、観測値が再現できない。右) リングモデルによる観測値の再現。多くの場合で観測値が再現され、ダストリングのダスト / ガス面密度比 Zpeak が 0.003 以上であれば、観測再現の可能性がある。Shibaike et al. (2026) より。

プ) が、ダスト落下を妨げ、結果としてダストリングが形成されると予測していたのです。逆に言えば、今回 PDS70c の観測から示唆されたダストリングの存在は、これまでのガス集積過程の数値シミュレーション結果を支持します。さらに本研究では、観測を再現するようなダストリングは、その後の衛星形成に繋がるほど十分に、ダストを集めている可能性を示しました。

以上のように、本研究は、周惑星円盤内にダストリングが存在することを仮定することで、アルマ望遠鏡による PDS70c の多波長観測の結果を再現することに成功しました。これは、惑星形成論において重要な惑星の「ガス集積」過程に制約を与えるだけでなく、その後の周惑星円盤内での衛星形成の可能性も示唆する、とても重要な研究成果です。

この文章は、2026 年 9 月の鹿児島大学によるプレスリリースを改変したものです。研究の詳細は、論文 Y. Shibaike et al., 2026, ApJL, 1006, L26 をご覧ください。

「棒渦巻銀河」としての天の川銀河のガスの真の分布を描き出す

馬場 淳一 (鹿児島大学 / 国立天文台)

なぜ天の川銀河の「全体マップ」を描くのは難しいのか？

私たちが住む天の川銀河を上空から見下ろしたような全体マップ（俯瞰図）を描くことは、天文学における長年の大きな挑戦です。私たちは天の川銀河の内部（ディスク面）に位置しているため、夜空に広がるガス雲までの距離を直接測ることが困難だからです。

これまでの研究では、ガス雲の視線速度を測定し、「ガスは軸対称な円運動をしている」と仮定して距離を計算する「運動学的距離（Kinematic Distance; KD）法」が広く使われてきました。

しかし、天の川銀河の中心部には巨大な「棒状の星の集まり（バー構造）」が存在します。バーの強い重力を受けると、ガスは円運動から大きく外れ、複雑に引き流される動き（ストリーミング運動）を始めます。そのため、従来の方法で距離を計算すると、実際のガスの形とはかけ離れた「偽の構造」がマップに写り込んでしまう問題がありました。

近年の位置天文観測衛星 Gaia をはじめとする星の観測プロジェクトの進展により、このバー構造が作る詳細な重力場が高精度に解明されてきました。今回私たちは、観測で正確に制限された重力場のもとで高精度な流体シミュレーションを行い、最新の観測データと組み合わせることで、従来手法で生じる系統誤差のメカニズムを解明するとともに、バーによる動きを考慮に入れた画期的な新解析手法「BIKD 法」を開発・実証しました。

従来の方法で描かれたマップの「ゆがみ」と「錯覚」(Baba 2026a)

まず、星の観測から得られたバー重力場を精密に再現したコンピューターシミュレーションを行い、「円運動」を仮定した従来の方法がどれくらい実物とズレてしまうかを詳しく検証しました。

解析の結果（図 1）、円運動を仮定して距離を計算すると、観測者（太陽系）からの視線方向に沿って伸びた不自然なスカスカの穴や、実際には存在しないアーチ状の偽のガスの壁が人工的に作り出され

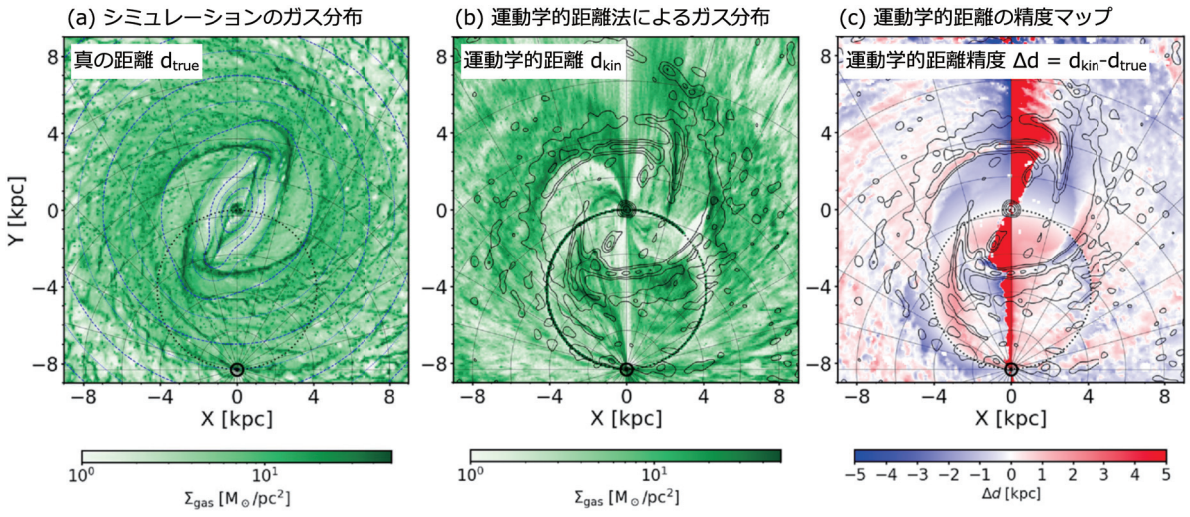


図 1：流体シミュレーションを用いた標準的な運動学的距離法の系統誤差の評価 (Baba 2026a)。◉は観測者（太陽系）の位置を示す。(左) シミュレーション中の真のガスの空間分布、(中央) シミュレーションのガスの視線速度を用いて運動学的距離を適用して得たガスの空間分布、(右) 真の距離と運動学的距離の差の分布。バー領域では円運動仮定が成り立たず、運動学的距離に大きな誤差が生じる。

てしまうことが判明しました。さらに、この動径方向の不正確な距離割り当てによって、銀河中心付近における全体的なガス密度の落ち込みや構造が正しく捉えられず、実物とは異なる平坦なプロファイルに変換されてしまうことも確かめられました。

これらの検証は、これまで従来法で描かれてきた天の川銀河中心部のマップには大きなゆがみが含まれていたことを明確に示しています。

バーの動きを取り入れた新手法「BIKD法」の開発と実証 (Baba 2026b)

このゆがみを克服するため、観測から得られたリアルなバー重力場の中でガスがどう流れるかを計算した運動場を距離計算の基準に使う、新しい解析手法「バー情報を考慮した運動学的距離法（Bar-Informed Kinematic-Distance; BIKD 法）」を開発しました。

BIKD 法では、複雑な運動領域で生じる距離のあいまいさ（手前か奥か）を確率として扱い、特定の一点に決めつけるのではなく、確率の高さに応じてガスを滑らかに配置する工夫を取り入れています。さらに、バーの回るスピードや角度などのわずかな違いを考慮するため、150 通りの計算パターンを重ね合わせて平均化することで、特定の計算条件に左右されない「確かな構造」だけを抽出することに成功しました。

この BIKD 法を全天の CO 分子ガス観測データ (Dame et al. 2001) に適用したところ、従来の運動学的距離法マップで見られた不自然な引き伸ばし構造は見事に消去されました。復元されたマップには、星のバー構造に沿って斜めに伸びるガスの分布や、左右非対称な美しい渦巻き構造が鮮明に描き出されています（図 2）。また、最も中心の領域（Central Molecular Zone; CMZ）に非常に濃いガスが集中している様子も含め、中心部のガス密度構造を正確に捉え直すことができました。

まとめと今後の展望

今回の研究によって、天の川銀河の中心部を描くには「観測で明らかになったバーの重力場のもとでガスがどう動かされているか」を正しく考慮することが不可欠であることが実証されました。BIKD 法によって完成した新しい分子ガス成分のマップは、Gaia 衛星等の観測によって得られた「星の 3 次元分布データ」と直接比較・融合できる高品質なベースマップとなると期待します。

掲載誌情報

Baba, J. (2026a), "Kinematic-distance biases in the inner Milky Way from a stellar dynamically constrained bar", Publications of the Astronomical Society of Japan, 78(3), psag021.

Baba, J. (2026b), "Bar-informed kinematic-distance mapping of molecular gas in the inner Milky Way", Publications of the Astronomical Society of Japan, 78(3), 1093–1106.

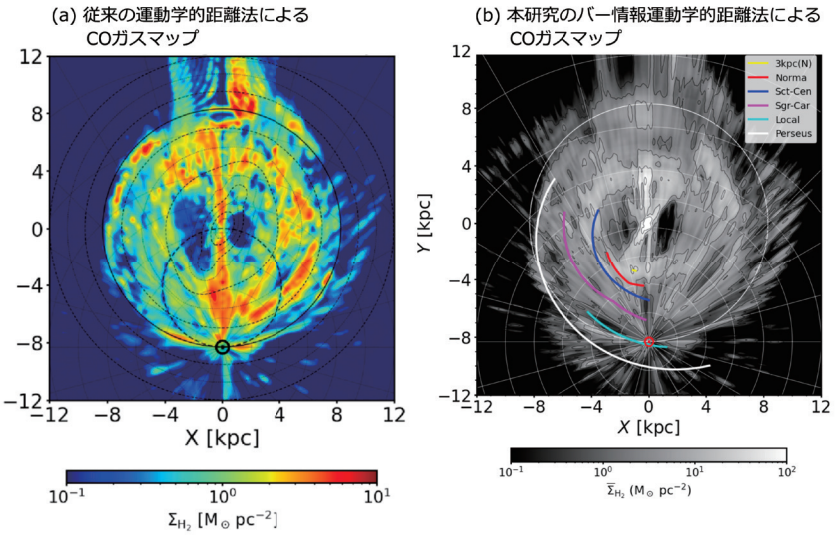


図 2：CO(0-1) 輝線の観測データ (Dame et al. 2001) に標準的な運動学的距離を適用して得たマップ (左) と、Baba (2026b) で開発したバー情報を考慮した運動学的距離 (BIKD 法) を適用して得たマップ (右)。右の BIKD 法マップではバー領域のガスの自然な分布が得られている。また、大質量星形成領域メーザーの VLBI 観測で得られた渦状腕位置 (Reid et al. 2019) も実線で示してある。

銀河中心へ“飛び込む”ガス
—「跳躍機構」の発見—

小林 孝太朗 (鹿児島大学 修士課程),
油谷 直道 , 齋藤 貴之 (神戸大学),
馬場 淳一 (国立天文台 / 鹿児島大学),
和田 桂一 (鹿児島大学)

超巨大ブラックホールはどうやって成長する？

多くの大質量銀河の中心には、超巨大ブラックホールが存在します。しかし、その形成・成長の仕組みは、天文学における大きな謎の一つです。

ブラックホールは周囲のガスを取り込むことで成長します。しかし、ブラックホールの成長に必要なガスが、銀河のどこから、どのように銀河中心まで運ばれてくるのかは、いまだ十分に解明されていません。

棒状構造によるガス輸送と核リング

ガスを銀河中心へ運ぶメカニズムの一つとして、銀河の棒状構造「バー」による角運動量の輸送が知られています。円盤銀河内のガスは回転しているため、角運動量を持っており、そのままでは銀河中心へ落ち込むことができません。バーはガスの角運動量を外側へ輸送することで、ガスを銀河中心へ運ぶ役割を果たします。

しかし、バーによって運ばれるガスは、銀河中心まで到達するとは限りません。ガスはある半径でせき止められ、リング状の構造をつくります。この構造は「核リング」と呼ばれます。核リングはガスの流れをせき止める障壁のようなものであり、それより内側へのガス輸送を妨げることが知られています。核リングより内側へのガス輸送機構は、現在でもよく分かっていない問題の一つです。

核リングを「跳び越える」ガス

この問題を解明するため、我々は「SPH 法」と呼ばれる手法を用いて、棒状銀河のガスの運動をシミュレーションしました。SPH 法は、ガスを多数の粒子の集まりとして表現し、それぞれの粒子の運動を計算することで、ガスの流れを数値的に再現する手法です。SPH 法では、ガスを構成する個々の粒子の軌道を追跡できるため、銀河中心へ流れ込むガスが「どこから来て、どのような経路をたどるのか」を詳しく調べることができます。

解析の結果、銀河中心へ到達するガスは、核リングの外側で銀河面から上方へと打ち上げられ、核リングを立体的に乗り越えるようにして、その内側へ流れ込むことを発見しました (図 1)。バーによって流入するガスの大半は核リングにとどまりますが、

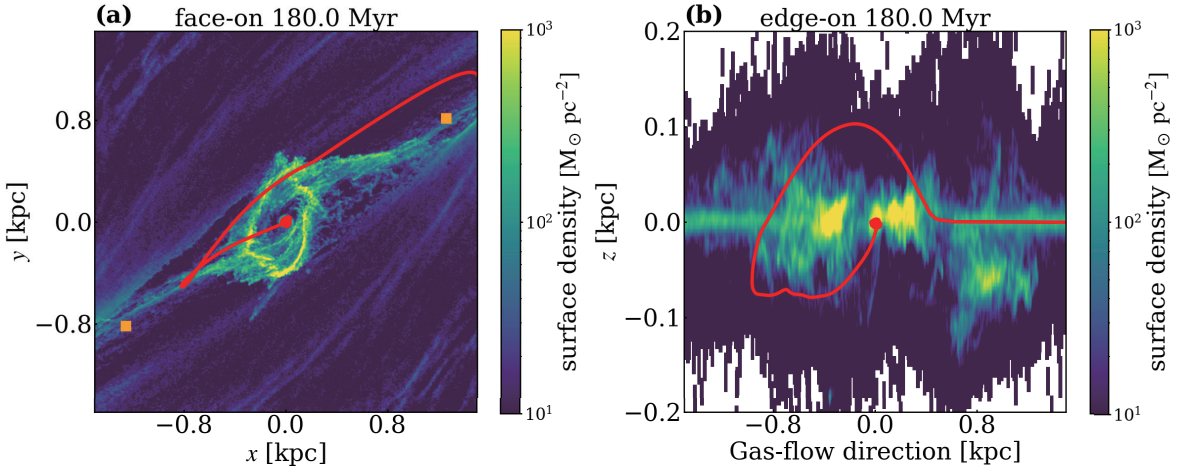


図 1：ガスの面密度マップの上に中心へ到達したガスの軌道を赤線で示したもの。左図は銀河を真上から見たもの、右図は銀河を真横から見たものである。

一部のガスは核リングを 3 次元的に避けて、その内側へ到達するのです。我々は、この新たに発見された 3 次元的なガス流入機構を「跳躍機構 (vaulting mechanism)」と名付けました。

なぜガスは銀河面から打ち上げられるのか？

さらに、ガスを銀河面から打ち上げる物理的な仕組みも明らかにしました。バーは、銀河面内のガスに衝撃波を引き起こすことが知られています。衝撃波では、ガスの運動エネルギーの一部が熱エネルギーへと変換されます。このようなエネルギーの散逸によってガスは角運動量を失い、銀河中心へ流れ込みます。3 次元計算では、この衝撃波面がガスの流れる方向に対して斜めに傾きます。ガスが斜めに傾いた衝撃波面を通過すると、運動方向が変化し、銀河面に垂直な速度成分を持ちます。つまり、斜めに傾いた衝撃波が、ガスを銀河面から上方へと持ち上げるのです (図 2)。衝撃波によって、角運動量を失い、さらに鉛直運動を得た一部のガスだけが核リングのバリアを超えて銀河中心へ到達できるのです。

観測への示唆と今後の展望

近年、ALMA などの高性能な望遠鏡によって、銀河中心の数十光年ほどの領域にあるガスの詳しい構造が観測されています。その結果、銀河中心のガス円盤（CND）は、しばしば母銀河の円盤とは異なる向きを持つことが分かってきました。

銀河面に沿った 2 次元的なガス流だけでは、このような多様な向きを持つ CND を説明することは困難です。我々の「跳躍機構」では、ガスは銀河面から打ち上げられ、銀河の回転軸に近い方向から銀河中心へ到達します（図 1)。そのため、母銀河とは異なる向きをもつ CND の形成機構を説明する可能性があります。跳躍機構は、銀河中心へのガス輸送だけでなく、銀河中心のガス構造を理解する上でも重要な手がかりになる可能性があります。

掲載誌情報

【発表雑誌】The Astrophysical Journal Letters

【論文名】Vaulting the Barrier: An Intrinsic Mechanism to Fuel the Gas beyond the Nuclear Ring into the Central Region of Barred Galaxies

【著者】Kotaro Kobayashi, Naomichi Yutani, Takayuki R. Saitoh, Junichi Baba, Keiichi Wada

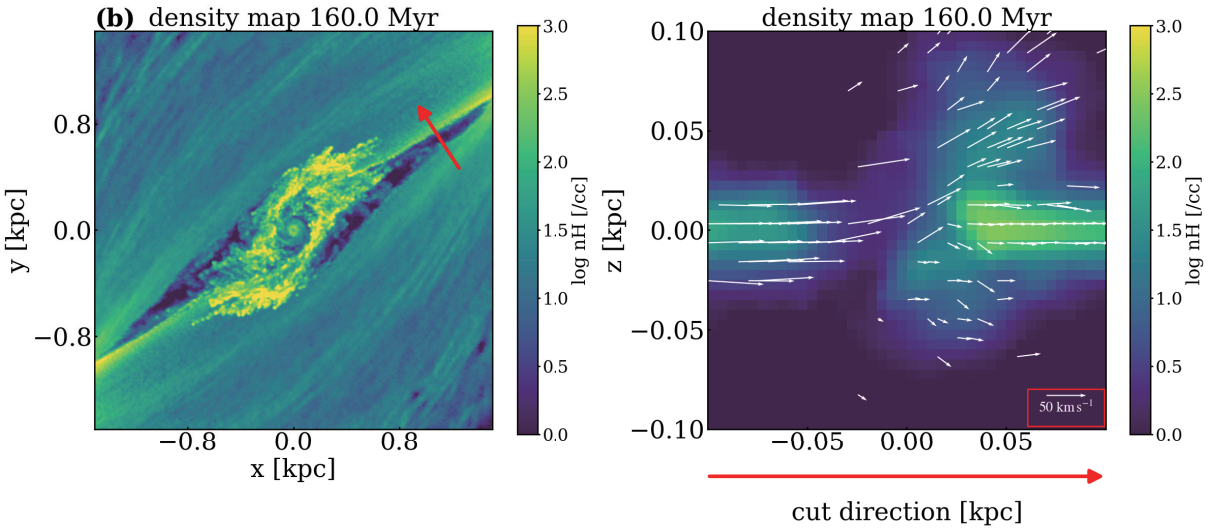


図 2：左図はガスの密度マップであり、右図は左図の赤矢印で切り取った断面を表す。右図中の白矢印はガスの速度ベクトルを表しており、衝撃波後面でガスが銀河面から持ち上がることが分かる。

分子雲は"つぶつぶ"の集まりか：VLBIで星間分子の吸収線を捉える

中島 圭佑 (鹿児島大学 博士課程 / 国立天文台),
今井 裕 (鹿児島大学),
Youngjoo Yun (Korea Astronomy and Space Science Institute)

星間空間は、希薄なガスと塵で満たされています。その中で主に水素分子ガスで構成される「分子雲」は、星が生まれる現場です。一つの分子雲の大きさは典型的に 1-10 pc (約 100 万 au) にもなります。ところがこの巨大な雲が、なめらかで一様なガスの塊なのか、それとも数 au から数千 au しかない小さな構造が無数に集まったものなのかは、いまだによく分かっていません。

原子ガスと電離ガスでは、こうした微小構造の存在がすでに広く知られています。ところが分子ガスでは、同様の構造 (Tiny-scale molecular structures, TSMS) の直接的な証拠は数例に留まっています。2025 年には、高感度の赤外線宇宙望遠鏡 JWST (James Webb Space Telescope) が、おうし座分子雲の縁で 140-350au の構造を直接撮像しました。ただしそれは、乱流や衝撃波によって局所的に熱せられ、赤外線で輝いている構造です。冷たく、分子がほとんど電波を放射しないようなガスの中にも同じ構造があるのかは、未解明のままです。私たちはこの問いに、「吸収線」と「超長基線電波干渉計 (Very long baseline interferometry, VLBI)」の組み合わせで挑んでいます。

遠方天体の電波が映すガスの影

吸収線観測は、遠方の明るい天体を光源にして、その手前にあるガスの影を見る手法です。今回の光源は、数億光年以上遠くにある銀河の明るい電波源、いわゆるクエーサーです。その電波が天の川の分子ガスを通り抜けるとき、HCO^+(ホルミルイオン) や HCN(シアン化水素) といった分子が特定の周波数だけを吸収し、スペクトルにくぼみが刻まれます。希薄なガスは密度が低く、HCO^+ や HCN のような分子は電波を放射するほどのエネルギーを持ちません。こうした分子にとって、吸収線は最適な観測手段です。

もう一方の主役である VLBI は、遠く離れた複数の電波望遠鏡で同じ天体を同時に観測し、あとからそのデータを合成する手法です。望遠鏡どうしの間隔があたかも一つの巨大な望遠鏡の口径として働くため、桁違いの視力 (角度分解能) が得られます。今回用いた韓国 VLBI 観測網 (KVN) は韓国国内の 3 局からなり、89GHz 帯で約 2 ミリ秒角の分解能を実現しました。これは、鹿児島大学から東京に置いた 1 円玉を見分けられるほどの視力です。

吸収線観測で TSMS を探る二つの道

一つ目の方法は、同じ方向 (視線) を複数回観測し、吸収線スペクトルの形状が時間とともに変わるかを見る方法です (図 1)。もし手前のガスの中に TSMS があれば、それが私たちと背景天体を結ぶ細い視線を横切るときに、吸収の深さが変化するはずです。逆にいえば、変化を捉えられれば TSMS の存在を示せることになります。ただし変化が見えたとしても、それが真の密度構造の塊によるものか、他の要因 (例えば化学組成のむらなど) によるものかを切

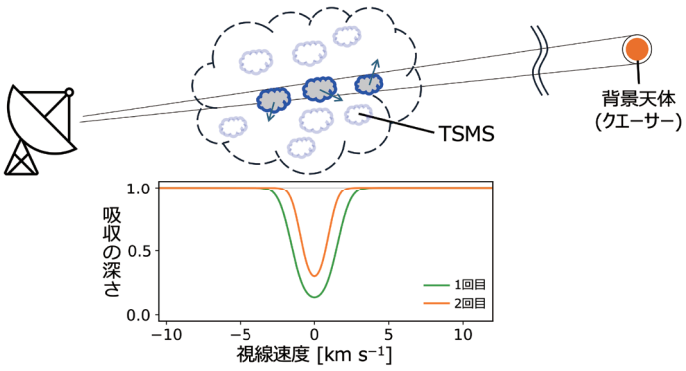


図 1：吸収線の時間変動から TSMS を探る仕組み (一つ目の方法)。背景天体の電波が手前の分子雲を通り抜け、望遠鏡に届く。雲の中の TSMS が視線を横切ると吸収が深くなる。下は 2 回の観測の模式図で、吸収がないとき縦軸は 1.0。

り分けるのは容易ではありません。

二つ目は、背景天体そのものを空間的に分解する方法です。クエーサーの電波像はジェットなどによってミリ秒角の広がりを持っており、これを分解できれば、その広がりの上で吸収の強さがどう変わるかを一度に測れます。より直接的に TSMS を識別できるのはこちらであり、ミリ秒角の視力を達成できる装置は VLBI だけです。

問題は、VLBI で希薄な分子ガスの吸収線を測った実績が、ほとんどなかったことです。過去の検出例は、2 視線での HCO^+ 吸収線だけでした。別の分子や視線でも同じように測れるのか。ガスの性質を語れるだけの測定精度が出るのか。ここを固めないことには、次の段階へは進めません。今回の観測は、そのために行いました。

4 視線すべてで HCO^+、3 視線で HCN を検出

2023 年 11 月、KVN の 3 局 (ヨンセイ、タムナ、ウルサン) を用いて、4 つの背景天体 (NRAO 150、3C 111、BL Lac、3C 454.3) の方向を各 10 時間ほど観測しました。狙ったのは 89GHz 帯での吸収線が期待される HCO^+ と HCN(いずれも J=1 → 0 遷移) です。

結果、HCO^+ の吸収線は 4 視線すべてで、HCN の吸収線は 3 視線で検出されました。VLBI を用いた天の川銀河の HCO^+ 吸収線の検出例を 2 から 4 視線に倍増させ、HCN 吸収線を初めて捉えました (図 2)。

さらに、検出した吸収線から 2 種類の分子の柱密度 (視線上の分子の総量) を求め、過去に 43 視線で測られた値と比べました。両者の関係を対数空間で直線に当てはめると、傾きは 1.272(誤差は +0.041、-0.050) となり、先行研究が報告してきた値とおおむね整合しました。VLBI で測っても、2 種類の分子は、既知の関係をそのまま再現したことから、スペクトルの吸収が VLBI で観測することによる偽の構造ではないこと。そして単に検出できるだけでなく、ガスの性質を論じられる精度に達していることを裏づけています。

次は「1 年後の姿」との比較へ

私たちはすでに、吸収線の形をより細かく捉えられる高い視線速度分解能の設定で、1 年の間隔をあけた追観測を実施しています (図 1)。この比較結果は次の論文で報告する予定です。そして 2026 年 9 月には、北半球で 89GHz 帯を観測できる電波望遠鏡を総動員した、グローバルミリ波 VLBI 観測網 (GMVA) による地球規模の観測が控えています。背景天体を分解し、吸収の強さの分布を描く、二つ目の道への挑戦です。希薄な分子ガスが一様なのか " つぶつぶ " なのか、その答えに一歩ずつ近づいていきます。

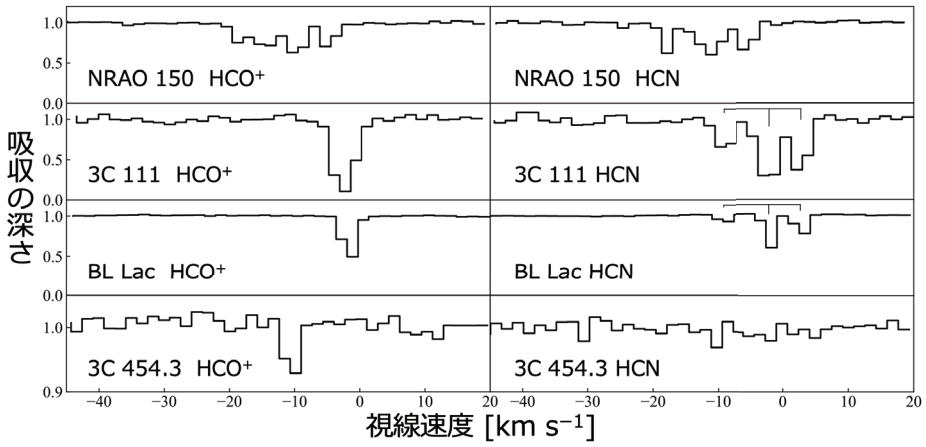


図 2：4 つの背景天体で得られた吸収線スペクトル。縦軸は 1.0 が吸収なし、下への落ち込みが吸収を表す。HCN は超微細構造遷移により 3 本組で現れる (右列上部の横棒)。最下段は吸収が浅いため縦軸を拡大。

TORUS2026: Multi-wavelength approach to the AGN structures

和田 桂一 (鹿児島大学)

5 月 17 日、日曜日の午後、京都の地下鉄五条烏丸駅からほど近いホテルにチェックインした。次の日から京都大学北白川キャンパスの益川ホールで行われる国際会議「TORUS2026: Multi-wavelength approach to the AGN structures」を主催するためである。この会議では、私は SOC chair (科学組織委員会委員長) および Local organizing committee の副委員長を務めた。ここまで約半年間にわたって、LOC 委員長の京都大学宇宙物理学教室の上田佳宏教授をはじめとする LOC、SOC のメンバー達と準備してきた。会場の下見もしてある。抜かりはないはずである。あとは明日の朝、会場設営に立ち会えばよい。

ところが、ホテルの部屋でメールをチェックしてみると、ヨーロッパからの参加者から不吉な知らせが続々と届いていた。

「アムステルダムから関空への KLM オランダ航空便がエンジントラブルで欠航」
「振替便の手配中」
「振替便だと到着は最短でも月曜日午後」
「月曜日中に京都には着けない」

など悲痛なメールばかり。その多くはスペイン、UK からの参加者で、しかも月曜の最初の招待講演の Martin Ward 氏はじめ、月曜の最初のセッションの招待講演者、口頭発表者の多数が含まれている。KLM 欠航の直接の影響を受けた参加者は 15 名（全体の参加者は 114 名、うち海外からは 77 名）以上いただろう。中には、何時間も機内と空港に足止めされたあげく最終的に飛行機の振替を諦めて、スペインに戻ってしまった人までいた。私も過去に何度も経験があるが、外国の空港でトラブルが起きると非常にストレスである。多くの場合、地上係員は日本の空港ほど親切に対応してくれない。振替便の手配をするために長蛇の列ができ、遅々として進まない（ちなみに日本の大学の場合、このようなトラブルで旅程が変わった場合、いろいろな事務手続きが発生するので、二重にストレスである）。

どんな研究会でも一人二人のキャンセルはよくあることだが、国際会議の初日の発表者の多くが参加できないということが前日になってわかるのは前代未聞である。とりあえず、上田さんともう一人の SOC cochair の Claudio Ricci (ジュネーブ大学) と連絡を取りながら、ホテルの部屋でプログラムの組み直しをした。

口頭発表者を選んでプログラムを編成するのは SOC（写真 1）のメインの仕事であり、それ自体は 2 ヶ月ほど前に終わっている。しかし、各セッションの割り振りや休憩時間の入れ方など、最終的なプログラムにするためにはかなり細かい事務作業がある。国際会議開催の準備作業としては、会議のホームページ（https://astrophysics.jp/torus2026/）の立ち上げ・修正や受付 Form の作成、参加者リスト作成、プログラムへの講演アブストラクトのリンク、バンケットやエクスカーションの情報、支払いサイトへの誘導、参加者からの問い合わせに応じて Q&A を作成するなど、なかなか手間がかかる。いつもなら自分だけでは手に負えず、ポスドクなど若手を数名動員するのが通例であった。しかし、今回はそのほとんどを私自身で行った。そんなことができるのも強力な AI のおかげである。作成したプログラムに漏れがないか、時間配分は適切か、といったなど手動で行えば時間がかかる作業も AI と連携すれば、通常業務の合間に行えた。しかも、国際会議なので当然すべて英文だが、日本語でざっくりとした指示を与



写真 1 : SOC のメンバー

えればあとは宜しくやってくれるのも素晴らしい。ただし、AIを使う上で気をつけなければならないことがある。AIはしばしば重大なミスをする、ということだ（人間もミスするが）。たとえば、プログラムの発表順を入れ替えた結果、抜け落ちてしまった発表があるとか、セッションの時間をオーバーしてしまうということも珍しくなかった。必ず作業結果を「監査」する仕組みをAIに作らせるべきだ（別のAIを使う方がベターである）。

というわけで、大量の遅刻者に対応するプログラムの再編成もホテルの部屋からAIを駆使して、初日のセッションの一部を最終日の金曜日に回すなどして、なんとか間に合わせることができた。

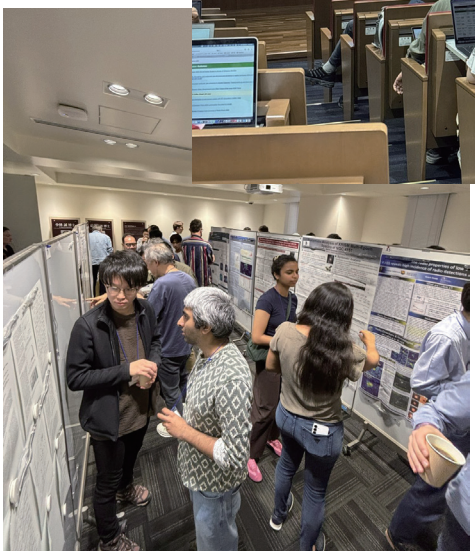
さて、この会議は、数年ごとに世界各地で開催されている活動銀河核（Active Galactic Nuclei, AGN）の遮蔽体（Torus）に関する国際会議シリーズの最新回で、日本では初めての開催である。前回は2023年12月にオランダの大学街Leiden（ヨーロッパの天文学の中心地のひとつ）、前々回は2018年にチリの南部の風光明媚な街Puerto Varas（富士山によく似た火山がある）で開催され、その両方に私も参加した。そのときに、日本でぜひ開催してほしい、という参加者からのリクエストを何度も受けた。この分野では日本の研究者も多いので日本での開催はもっともなことであった。今回、京都大学の上田さんの尽力もありようやくその役目を果たせたわけである。

会議のタイトルでもある"Torus"とは、AGNという超巨大ブラックホールの重力をエネルギー源とする宇宙で最も明るい天体を構成する重要な要素の一つである。「トーラス」と呼ばれているのは、ガスやダスト（固体微粒子）から成る分厚い円盤状の構造だと信じられているからだ（ドーナツ形状と言った方がわかりやすいだろうか）。最初に提案されたときは、観測的特徴、特に2つの種族（タイプ1、タイプ2と呼ばれる）のスペクトルを上手く説明するために導入された、あくまでも「仮想的な」構造だったが、現在では、ALMAなど高分解能の最先端の観測機器により、実際に「トーラス的な」構造があることがわかってきている（必ずしもドーナッツのような形というわけではないが）。AGNトーラスの物理的性質を解明することは、ブラックホール成長と銀河進化の理解に不可欠である。

この会議の目的は、日本の最新X線衛星であるXRISM（クリズム）による高精度X線分光、JWSTやALMAによる最新の赤外線・電波観測データ、および最先端の多次元シミュレーションを融合させ、AGN周辺の多相ガスの構造と進化を包括的に議論する、というものである。要するに、「トーラス」と銘打っているが、実際にはAGNや銀河進化など多様なトピックを含む包括的な研究会と言ってよいだろう。

40名以上の若手研究者（ポスドク、学生）を含む計114名が参加し、結果的に本シリーズ研究会で過去最大の規模となった。今回はレビュー講演4本・招待講演5本を含む約60本の口頭講演と、約40本のポスター講演があり、多波長の観測家と理論家によって、トーラスに限らずAGNに関連したさまざまな理論・観測の最新結果が議論された（写真2、3）。5日間にわたり、AGNトーラスを多波長・多手法で議論できるよう、Radio/mm、IR/Optical、X-ray、Multiwavelength、Evolutionの各セッションとそれぞれのセッションのあ





（上）写真2：口頭講演の様子
（下）写真3：ポスター講演の様子

とに議論の時間を設けた。

国際会議といえば、参加者の楽しみはエクスカーションとバンケットである。水曜日午後に、バスツアーを組んで、われわれには修学旅行でおなじみの二条城や金閣寺など定番の観光に出かけてもらった（写真 4）。バンケットは河原町に近い和食店で行った（写真 5）。日本庭園もあり、料理も豪華で参加者にも好評であった。バンケットの手配はプログラム作成よりもある意味大変で、LOC の鳥羽さん（立命館大学）に大変お手数をおかけした。

初日のトラブル以降は特に大きな問題もなく（体調不良で病院に行った外国からの参加者が 2 名いたが）、順調にプログラムをこなし、非常に有意義な会議となった。会議の規模も大きすぎず、小さすぎず、外国からの参加者にも喜んでもらえたと思う。

国際会議の準備で大変なことの一つに VISA の対応がある。VISA が必要な国からの参加者には事前にいろいろな書類を送らなければならない。これは天の川銀河研究センターの事務室に全面的にお願いした。事務室のお二人には感謝したい。今回の会議は京都大学で行ったわけだが、実は京都大学の宇宙物理学教室には研究業務を広くサポートする事務室はない（いわゆる学科事務室のようなところはある）。いろいろなことを頼める秘書さんのような方がいないので、雑務はすべて教員と教員から依頼された学生やポスドクが行わざるを得ない。例えば、研究会場のセッティング、お茶菓子の買い出し、受付業務、コーヒーブレイクのセッティングやゴミの片づけまで、本センターであれば事務室で請け負ってくれるような仕事もすべて研究者がやっている。これは日本の多くの大学では普通のことだが、国際標準とは言い難い。本センターではその点、センター事務室があるおかげで、国内・国際研究会の開催はスムーズである。今回も実は鹿児島で開催した方が（事務的に）簡単なのではないか、と思う場面も多くあったが、本学は残念ながら国際会議を開いたところで評価がそれほど高くなるわけでもなく、外国からの参加者には京都は魅力的なので、京都開催で良かったと思う。

次回の TORUS 会議の場所と時期はまだ決まっていないが、関係者が多いスペインかもしれない。今度は一参加者として気楽に楽しみたいと思う。



写真 4：平安神宮にて



写真 5：バンケットは河原町に近い和食店



写真 6：参加者の集合写真

SKIRT workshop 2026 in Kyoto
Torus 2026 in Kyoto

小林 孝太朗 （ 鹿児島大学 修士課程 ）

2026 年 5 月に京都で開催された SKIRT Workshop 2026 に参加しました。

SKIRT は、天文学分野で広く利用されている輻射輸送シミュレーションコードの一つです。本ワークショップでは、SKIRT を用いた最新の研究事例の紹介に加え、コードの基本的な使用方法について講習を受けました。また、ハンズオンセッションでは参加者がグループに分かれ、実際に SKIRT を用いた研究課題に取り組みました。最終日には、各グループがその成果を発表する機会も設けられました。

私たちのグループは、流体シミュレーションの結果をもとに、SKIRT を用いて CO の回転遷移による輝線を計算する課題に取り組みました。異なる大学や研究分野の参加者と協力しながら課題に取り組み、その成果を発表する経験は非常に刺激的で、多くのことを学ぶ貴重な機会となりました。また、ワークショップを通じて、輻射輸送計算の基礎を実践的に学ぶとともに、異分野の研究者との交流を深めることができました。

2026 年 5 月に京都で開催された Torus 2026 にも参加しました。

Torus 2026 は、活動銀河中心核（AGN）のトーラス構造に関する国際学会です。AGN は、銀河中心の超大質量ブラックホールへガスが降着する際に明るく輝く現象です。AGN の周囲にはガスやダストからなるトーラス構造が存在すると考えられており、その形成機構や物理的性質について活発に研究が進められています。

学会では、最新の望遠鏡による AGN トーラスの観測研究や数値シミュレーションを用いた理論研究など、観測・理論の両面から活発な議論が行われました。

私は、「Vaulting the Barrier: A 3D Pathway to Fuel the Centers of Barred Galaxies」というタイトルでポスター発表を行いました。発表では、棒状銀河において母銀河から AGN トーラススケールへと至る 3 次元的なガス流入プロセスについて議論しました。ポスターを見てくださった方々から自身の研究に対して貴重なコメントをいただき、新たな視点を得ることができました。

本学会は私にとって初めての国際学会への参加でした。世界中の研究者による発表を聴講し、最先端の研究成果や知見に触れることができたことは、国際学会ならではの貴重な経験であり、今後の研究活動への大きな刺激となりました。

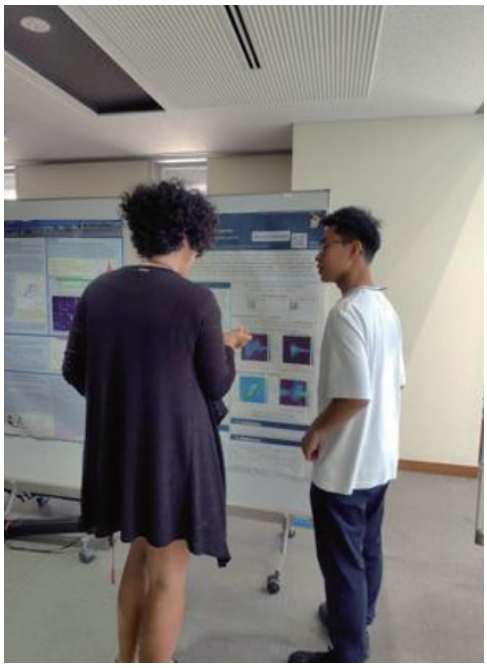


写真 1 : Torus 2026 のポスター発表の様子

Discs on the Exe
From protostellar discs to debris discs and planets

崔 仁士（ 鹿児島大学 ）

2026 年 7 月 26 日 -31 日、イギリス・エクセターで開催された国際研究会、Discs on the Exe に参加してきました。本研究会は、星・惑星形成の研究分野の中でも、特に原始惑星系円盤とそこでの惑星形成過程に焦点を当てており、当研究分野のエキスパートが世界中から集まっていました。また、学生や若手研究者から教授クラスのシニア研究者まで、幅広いキャリアステージの研究者が 300 人近く参加する、大規模な研究会でした。

口頭講演の申し込みが多かったことから、研究会は参加者全員が聴講できる全体セッションと、複数のトピックに関する講演が並行にそれぞれ別の部屋で行われるパラレルセッションに分かれていました。私は、研究会初日にありがたいことに全体セッションで「Large Nonthermal Velocity Dispersion in the Outer Disk of HL Tau」というタイトルで、15 分の口頭講演を行わせていただきました。本講演では、ALMA 望遠鏡を用いた観測により、原始星 HL Tau 周囲の原始惑星系円盤の外側領域（半径 ~100–200 au ; 1 au は太陽と地球の距離）で強いガスの乱流運動が測定された、という最新の研究結果を報告しました。講演後、各分野のエキスパートの研究者たちと研究結果に関して大変有意義な議論をすることができました。特に、ALMA 望遠鏡を用いた原始惑星系円盤内の乱流強度測定を行っている研究者たちとは、データ解析手法に関する詳細な議論を行うことができ、観測・データ解析手法を向上させる知見を得ることができました。また、原始惑星系円盤の重力不安定性に精通している理論研究者とは、観測された強い乱流運動が重力不安定性由来である可能性について、深く議論することができました。また、研究内容に興味を持った複数の学生からも声をかけてもらい、交流を持つことができました。



私の講演準備の様子。全体セッションで多くの人に研究成果を聞いてもらうことができたのは大きな収穫です。

研究会では他にも密接に関連する研究内容の講演を数多く聞くことができ、新たな知見が得られたのと共に、今後の自身の研究をどのように発展させていくかについても考えることができました。さらに、研究会 4 日目には、「Early Career Researcher Session」という題目で、パネラーと若手研究者のキャリア構築について議論をする時間もありました。休憩時間や研究会後には、グループランチや研究会ディナー、エクスカーションなど研究者間でカジュアルに交流できるイベントも多く用意されており、研究内容に関わらず様々な研究者たちと親睦を深めることができました。

第一線で活躍する世界中の研究者との交流・研究議論はとても刺激的で、イギリスまで足を運んだ甲斐がありました。この経験を糧に、さらに研究に邁進していきたいと思います。


研究会集合写真。原始惑星系円盤に焦点を当てながら 300 人近くが参加する、専門的かつ大規模な研究会でした。

2026 年度 天文・天体物理若手夏の学校

小林 孝太朗 （ 鹿児島大学 修士課程 ）

2026 年 7 月 28 日から 7 月 31 日の 4 日間、長野県で開催された「天文・天体物理若手夏の学校」に参加しました。

本研究会は、天文学・天体物理学を専門とする若手研究者が一堂に会し、自身の研究成果を発表するとともに、同年代のさまざまな分野の研究者と交流する場です。今年は 300 名を超える参加者が長野に集まり、活発な議論が行われました。

研究会は、上山田温泉にあるホテル圓山荘を貸し切って行われました。開催期間中は、他の参加者と寝食をともにし、所属や専門分野を越えて交流できることも夏の学校の魅力の一つです。私も同室の方々との交流を通じて、普段は聞く機会の少ない分野の研究や考え方に触れることができ、大変刺激を受けました。

研究発表は、各分科会に分かれて行われました。私は銀河・銀河団の分科会に所属し、「棒状銀河における中心 10 pc スケールへの 3 次元的なガス流入プロセス」というタイトルで口頭発表を行いました。発表後には、私の研究に興味を持ってくださった方々と議論する機会もあり、自分の研究について新たな視点や意見を得ることができました。

夏の学校に参加したことで、他大学の大学院生がどのような研究に取り組んでいるのかも知ることができました。銀河・銀河団分科会では、ALMA や JWST、XRISM などの最新の観測装置を用いた研究が数多く発表されていました。高い空間分解能や観測性能を活かした研究によって、低赤方偏移・高赤方偏移の両方において、これまで知られていなかった天体の性質や現象が明らかにされており、大変興味深く感じました。また、数値シミュレーションに関する研究も多く発表されていました。例えば、磁気流体コード Athena++ を宇宙論的シミュレーションへ拡張する研究や、Godunov Density-Independent SPH 法に関する研究など、普段自分が扱っている数値シミュレーションとも関連する興味深い発表がありました。研究内容だけでなく、発表の構成や説明の仕方などについても学ぶことが多く、今後、自分が研究発表を行う上でも大変参考になりました。

夏の学校では、一般講演に加えて招待講演も行われました。招待講演では、主に遠方銀河の観測的研究に焦点が当てられており、近年発展している高性能な観測装置を用いた研究について紹介されました。普段、自分が取り組んでいる数値シミュレーションとは異なる観測的な視点から最新の研究に触れることができ、大変勉強になりました。

夏の学校への参加を通して、自分の研究を発表し、他大学の大学院生や研究者と議論する貴重な経験を得ました。また、さまざまな分野の研究に触れることで、自分の専門分野だけでは得られない多くの刺激を受けました。今回得た経験や知識を今後の研究活動に活かし、より幅広い視点を持って研究に取り組んでいきたいと思います。



夏の学校の集合写真

第二回 CHIPS 研究会

後藤 颯太（鹿児島大学 博士課程）

2026 年 8 月 2 日から 8 月 5 日にかけて、山形県飯豊町のいいで白川荘にて開催された「第二回 CHIPS 研究会」に参加しました。本研究会は、相互作用によって駆動される超新星の光度曲線をシミュレーションするために開発された「CHIPS（Complete History of Interaction-Powered Supernovae）」コードの普及を目的とした研究会です。今回、大変ありがたいことに、私は招待講演者として参加させていただきました。

相互作用によって駆動される超新星は、その物理過程が複雑で、理論的な解釈が非常に難しい超新星の一種です。こうした超新星の物理を理解するため、2022 年に東京大学の茂山研究室で開発されたのが CHIPS コードです。現在までに、5 本以上の論文で実際の研究に使用されています。

私 は「Optical and Near-infrared Observations of Type IIn Supernovae: SN 2023vbg and SN 2024dy」というタイトルで、最近、学術誌に掲載された 2 本の論文の成果について講演しました。初日の講演では多くの質問やコメントをいただき、自分の研究を改めて見直す良いきっかけにもなりました。

また、2 日目からは、本研究会の大部分を占める「ハッカソン」と呼ばれる活動に参加しました。ハッカソンとは、参加者が短期間に集中的に議論・作業を行い、特定のテーマについて成果をまとめ、最終的に発表する形式の活動です。今回は光度曲線とスペクトルの 2 班に分かれ、参加者による講演をヒントに設定されたテーマについて、それぞれ研究に取り組みました（写真 1）。私自身、今回初めて「ハッカソン」という言葉を知りましたが、参加者と集中的に議論しながら研究を進める非常に有意義な時間となりました。

また、今回の研究会の目玉の一つが、著名なアマチュア天文家である板垣公一氏の所有する「板垣天文台」への訪問でした。板垣氏は、世界有数の「超新星ハンター」として知られ、数多くの超新星や新星を発見し、その功績により多数の表彰を受けています。今回の訪問では、観測施設について説明を伺うとともに、日々の観測について直接質問することができ、大変貴重な機会となりました（写真 2）。

今回の研究会を通じて、この研究分野の第一線で活躍されている方々との新たなつながりを持つことができました。また、一部の参加者とは具体的な共同研究計画についても議論が進みました。今後、博士論文に向けて研究を発展させていく上でも、大変重要な機会となりました。



写真 1：三日目のハッカソンの様子



写真 2：板垣天文台にて、板垣氏（写真中央）との集合写真



中川 亜紀治（鹿児島大学）

福岡市科学館にて 2026 年 8 月 22 日 (土) 10 時から「宇宙を学べる大学 2026 in 九州」が開催されました。お昼休みをはさみ 16 時に終了しました。鹿児島大学からも理学部や物理宇宙プログラムにおける天文学研究の紹介を行うために参加してきました。私自身は、この催しへの参加は今回で二回目となります。

この催しでは、九州を中心とした大学の天文および宇宙物理研究者が、それぞれの大学の教育内容や研究の特色を紹介します。中高生に限らず、一般市民に対しても大学で宇宙を学ぶ魅力を体感していただくとともに、最先端の宇宙科学研究に触れる機会を提供しています。プログラムは 10 件の講演とその合間のブース巡回時間で構成されます。各大学のブースでは進路相談にも対応します。2026 年度の参加大学 (学部) は次の通りでした。

愛媛大学 (理), 大分大学 (理工),
鹿児島大学 (理), 九州工業大学 (工),
九州大学 (工), 九州大学 (理),
第一工科大学 (工), 福岡教育大学 (教),
山口大学 (理), 福岡大学 (理)

鹿大ブースへの来訪は 8 組で、中学生と高校生がほぼ同数です。中には大学の学部 3 年生から大学院進学に関する質問もありました。中高生からの質問は次のようなものでした。

「勉強が得意じゃないけど宇宙が好きです。大丈夫ですか？」「宇宙学習を重視した高校を選んだ方が有利ですか？」「どういう仕事に就けますか？」「鹿児島大学の物理宇宙プログラムに興味があります」「理学部先取り履修科目について詳しく教えてください」「ブラックホールに興味があります」などなど。質問の意図を詳しく聞きながら答えましたが、彼ら・彼女らの疑問の解決や高校や大学への進路選択に対して、少しでも参考になることを願います。

実は、昨年の同じ催し (2025 年 11 月 15 日 (土)) に参加した後、世話人の方々とプログラム改善について意見交換を行いました。その結果、今年度は参加者が大学ブースを巡回できる時間を十分に確保することができ、前述のような多くの質問を受けることに繋がりました。（おわり）



写真：鹿児島大学のブース。多くの研究テーマを掲示し、参加者の関心を集めました。

第 12 回日仏先端科学シンポジウム

JSPS Japanese-French Frontiers of Science

https://www.jsps.go.jp/j-fos/

新永 浩子（鹿児島大学）

日本学術振興会（JSPS）は科研費をはじめ、さまざまな科学助成事業を行っていますが、その中でも先端科学シンポジウム事業（FoS と略します）は、日本を代表するサイエンティストを育成し、世界の中での日本の研究力を強化、かつ日本の優秀な若手サイエンティストと諸外国の優秀なサイエンティストとのネットワークづくりを強力に後押しするための大切な事業の 1 つで、4 日間、会場に宿泊して分野横断的な議論を行う、合宿形式のシンポジウムです。私は 2026 年 4 月から、先端科学シンポジウム事業委員として活動を開始し、2026 年 6 月 4 日～7 日に、私にとって最初の先端科学シンポジウムとなった、日本とフランスの間のシンポジウムに参加してきました。日仏としては第 12 回目となり、今回は、東京スカイツリーを望む、墨田区横網 1 丁目の KFC ホールで執り行われました。

JSPS の先端科学シンポジウム（詳しくはこちら → https://www.jsps.go.jp/j-fos/）は、実はすでに 27 年前から開催されてきたとのことですが、あまりその存在を知られていないようです。参加を希望する際は、参加の条件として、博士の学位を有する 45 歳以下の者、あるいは博士号取得後 15 年以下の者となっています。また優れた学術業績があり、英語での議論に長け、リーダーシップを発揮でき、かつ自分の専門分野に限らず、幅広い分野に関心を持ち、積極的に議論や発表に参加することが求められます。これまでの FoS が輩出した卒業生としては、2015 年にノーベル物理学賞を受賞された梶田隆章先生、世界トップレベル研究拠点プログラムの東京大学 IPMU の村山斉先生などがいらっしゃいます。（村山先生はアメリカ側から参加の会もあったようです。）そのほか、物理・天体物理分野では、元理研の戎崎俊一さんや国立天文台の土居守さん、元東京科学大学の井田茂さん、名古屋大学の犬塚修一郎さん、元高エネルギー研究機構の羽澄昌史さん、東京大学の相川祐理さんなど、枚挙にいとまがないほど、たくさんいらっしゃいます。

私は今回、事業委員として参加させていただきまして、FoS は未経験でしたが、半数以上の事業委員の先生方は、FoS の卒業生でおられます。また、FoS をこよなく愛する卒業生の方も多く、FoS Club として活動されていることも特筆に値します。過去の FoS の一部は、YouTube 配信もされているようですので、興味を持ってくださった読者の方は、ぜひ検索の上、ご覧ください。

私にとっての初体験の FoS は、今回ご紹介する日本 - フランスの FoS です。分野横断型とご紹介しましたが、(1) 数学・コンピュータサイエンス・エンジニアリング分野、(2) 物理学・天体物理学分野、(3) 化学・材料科学分野、(4) 生命・ライフサイエンス分野、地球科学・環境科学分野、(5) 社会科学分野から成り、今回は日仏合わせて上記の分野の専門家が 60 名、集いました。日本の JSPS に相当する、フランスの機関は CNRS (The Centre National de la Recherche Scientifique: National Center for Scientific Research) で、CNRS の日本に滞在するオフィサーの方々もいらっしゃっていました。

シンポジウムでは、上記 5 つの分野のプログラムコーディネーター役の PGM (Planning Group Member) が調整、議論の上、選ばれたトピックスに関してスピーカーの方、3 名（introductory speaker と各国からスピーカー 1 名ずつ）が 20 分程度、講演を行った後、質疑応答の時間として約 2 時間が取られて、参加者からの質問をもとに議論を行います。典型的な研究会等では分野が狭いことはもちろん、ここまで分野横断的で、深い議論ができ

る機会はほとんどありませんので、参加者の皆さんそれぞれが、大いに刺激を受けながら、参加しておられました。

研究面での議論はもちろんのこと、合宿形式なので、朝ごはんの会場で会って、議論したり、昼食、夕食を食べながら議論することもできます。

私自身は発表を聞く立場でしたが、自身の分野のセッションはもちろん、他の分野の議論も、大いに楽しみ、ポスターセッションなどを通して、議論に参加させていただきました。私自身も研究内容を発展させるためのたくさんの種となるようなお話しを聞くことができて、非常に勉強になりましたし、日本、フランスの参加者たちと密な交流ができたことは、心から感謝しております。

今回のシンポジウムのアジェンダブックは、上記ウェブサイトから公開されていますが、かいつまんで、いくつかの内容について、簡単にご紹介させていただきます。物理・天体物理分野からは、京都大学の榎戸さん、理研の川口さん、東京科学大学の西口さんが、PGM、スピーカーとしてご参加されておられました。今回のテーマは、”Collective behaviors and their simulations” でした。鳥や蜂、魚の集団が、大群を作って大きく移動する様子が自然界で見られますが、それらは上記の一例です。また Chirality に関する議論で、心臓など、生きた臓器の筋肉の繊維がどのように系として運動すると効率的にポンピングできるか、といった話題と繋がってきます。

生命の誕生は、理解するためにはいくつもの関門を通過しなければならない重要課題の一つですが、例えば物質（原子や分子）が集まっただけでは生命は生まれません。何がトリガーして複製のサイクルが始まったのか、そのような話題も議論されました。参加者の皆さん、全員が非常に高い質のプレゼンテーションをされておられました。

会場での写真撮影はできなかったので、懇親会会場から見た外の景色を紹介いたします（写真 1）。今回の交流を経て、私自身もたくさんの研究者の皆さんと繋がりを持ったり、議論をすることができました。

次回の FoS は、10 月にドイツのベルリンで開催される、日本 - アメリカ - ドイツの 3 カ国によるシンポジウム（JAG FoS）です。こちらも、日本の事業委員の中から代表として参加してきますので、その様子をセンターニュースでご紹介できればと考えております。



写真 1 : 第 12 回 Japanese-French Frontiers of Science (JFFoS) Symposium の懇親会会場から望む景色。左手にスカイツリーが見える。

入来の丘から

VERA 口径 20 m 電波望遠鏡による中性水素 21 cm 輝線の観測へ向けて

今井 裕 (鹿児島大学)

宇宙の元素組成の大部分を占める水素は、恒星に取り込まれたり、大部分が原子（中性）として星間空間を漂ったりします。このような中性水素（HI、エイチワン）から成る星間ガス雲は、波長 21 cm の超微細構造遷移スペクトル線源として観測されます。HI ガス雲は、可視光線で見える銀河円盤よりも遥かに広く銀河間空間にも及ぶ範囲まで分布していることが知られています。これら HI ガスが銀河へ降り積もり、次々と恒星を形成するための材料を提供しているはずです。しかし実際、このようなガスがどこからどのようにどの程度銀河へ降り積もるのか、そしてどのようにこれらガスから恒星を形成するのかについて、多くの未解決課題が残されています。

私達は現在、上記 HI 21 cm スペクトル線だけでなく、波長が近い水酸基（OH）18 cm 線を身近で高感度観測できるシステムの構築に取り組んでいます。その足掛かりとして、国立天文台 VERA 入来口径 20 m 電波望遠鏡のカセグレン焦点に HI 21 cm 線用受信システムの搭載を試行しています。この受信システムは、鹿児島大学理学部「理数インテンシブ教育プログラム」の「サイエンス・クラブ」と呼ばれる活動の一環として、当時の学部 1・2 年生が中心となって製作されました。既にその 50 cm 四方の正方形開口ホーン単独にて、天の川（銀河面）方向の 21 cm 線の観測に成功しています（図 1、2）。

もしこのシステムを 20 m 鏡のカセグレン焦点に搭載し、天体追尾観測ができれば、HI 21 cm 線や OH 18 cm 線を高感度で観測でき、強力なメーザー放射を伴う 18 cm 線については VLBI（超長基線電波干渉法）観測を通した高精度電波源位置計測（アストロメトリ）の実現につながります。「天の川銀河立体地図作成事業」を実施してきた VERA にとっても、この事業の新たな方式に基づく継承へとつながることになります。

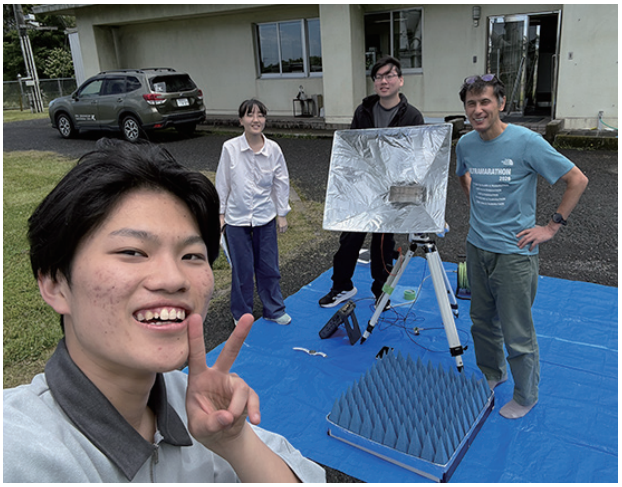


図 1 : サイエンス・クラブで作成された 21 cm 線観測システムを囲んだ測定チーム集合写真（2026 年 5 月 31 日 VERA 入来局にて撮影）。正方形開口ホーンおよび給電素子部は 2022 年に製作され、信号増幅部および電波分光部は、最近（2026 年 4 月以降）アップグレードされました。

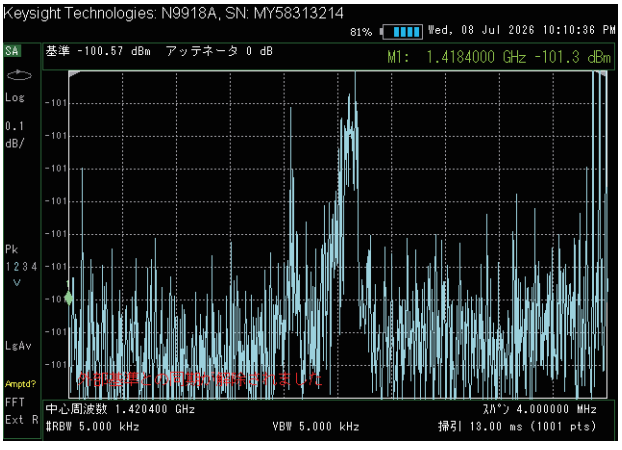


図 2 : サイエンス・クラブ 21 cm 線観測システムを用いた観測で取得した天の川方向における HI 21 cm 線スペクトル（2026 年 7 月 8 日データ取得）。HI 21 cm 線の静止周波数（1420.40575 MHz）のすぐ近く（表示しているスペクトルの中心周波数は 1420.400 MHz）に対象の輝線が見えている。周波数分解能は 5.0 KHz である。縦軸の目盛間隔は 0.1 dB である。

しかし現実は、非常に深刻な人工電波干渉（radio frequency interference=RFI や EMI=electromagnetic interference と呼ばれる）源が邪魔をして、50 cm 四方開口ホーン単独で検出できる 21 cm 線が VERA 20 m 鏡カセグレン焦点では全く検出できない状況です[注1]。14 cm 未満の波長帯では問題なく宇宙電波を観測できますが、波長がそれ以上の場合、この焦点は電波環境としては強力雑音にまみれた非常に厳しい条件となります。

この RFI/EMI をどのように解消するべきか / 解決できるのか。2026 年 7 月 11 日の計測（測定風景を図 3 に示す）によると、50 cm 四方開口ホーン単独ではシステム雑音温度が 200 K 程度だったのに対し、これを VERA 20 m 鏡カセグレン焦点に置くとシステム雑音温度が 1,100 K 程度[注2]に跳ね上がることが分かりました。この RFI/EMI は、多数の線スペクトルの集合だけでなく、連続スペクトル源から構成されていることが判明しました。当該測定地点付近で RFI/EMI 発生源として考え得るものとして、Ethernet 機器・スイッチング電源・FPGA を組み込んだアナログ—デジタル変換装置、等が挙げられます。20 m 鏡上部機器室のすぐ外では 21 cm 線を観測できる程度にこれら RFI/EMI は弱くなりますが、上部機器室内では金属の壁で多重反射されることもあり、RFI/EMI があらゆる方向から観測システムへ入射していることが考えられます。副鏡でも反射し、開口ホーンのほぼ真正面からも RFI/EMI が入射していることでしょう。

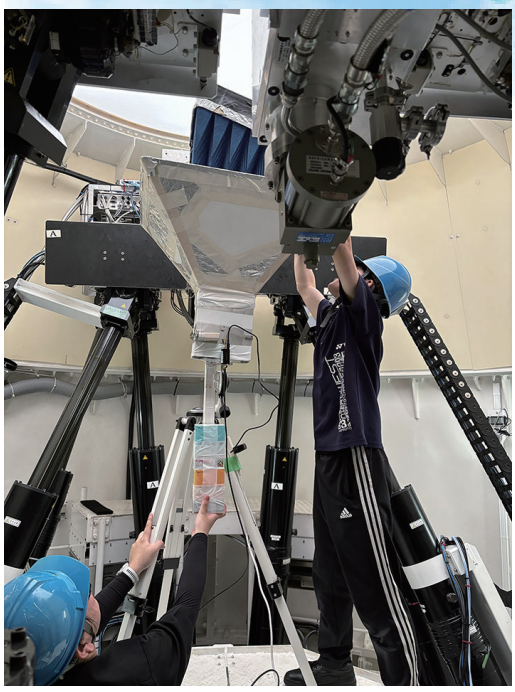


図 3 : VERA 20 m 電波望遠鏡上部機器室内における 21 cm 帯受信システム性能と RFI/EMI 強度の測定の様子。2026 年 7 月 11 日撮影。

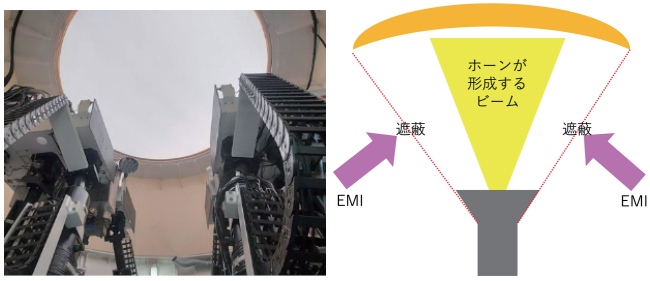


図 4 : 大掛かりな RFI/EMI 遮蔽機構の模式図。VERA 20 m 鏡による定常観測との切り替えも考慮すると、図のようには遮蔽用金網をフィドームには直接固定できない。そこで、フィドーム直径に相当するリング状枠とホーン根本の大きさ程度のリング状枠に（ほぼ扇状の）金網を縫い合わせるように固定しつつ、金網でできた円錐状構造物を図のように直立させる仕組みが必要だと考えられる。

注 1　口径 50 cm 正方形ホーンアンテナに比べ、VERA 20 m 鏡では解像度が上がる代わりに視野が狭くなるので、天球面で広がって分布する 21 cm 線のアンテナ温度は変化しない。従って、アンテナ温度に比べてシステム雑音温度を十分下げないと、21 cm 線が観測できない。

注 2　スペクトル線状の RFI が存在せず連続スペクトル状の RFI のみが存在する周波数範囲における数値。

問題の RFI/EMI が連続スペクトルの特性を持っている以上、特定波長帯だけを透過するノッチフィルタではこれらを遮蔽できません。開口ホーンの背後(つまり上部機器室中央部のいわゆる「お立ち台」、図 3）から上部機器室天井部（宇宙電波観測が入射するフィドームを除く）まで遮蔽する大掛かりな遮蔽機構の検討も必要かもしれません（図 4)。ほぼすべての RFI/EMI が特定機器からのものであれば、それだけを遮蔽することにより問題が軽減されるかもしれません。

今日の日本における電波天文学では、ALMA（アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計）や EAVN（東アジア VLBI 干渉計）等の最新高性能観測システムを使った観測を提案・実行し、まだ誰も見たこともない天体や現象を発見したり、過去からの疑問を解明したりすることに魅力や野心を抱く研究者が多くいます。これら装置では、波長 10 cm 未満の電波(ミリ波など）を主に観測します。

その一方で、HI 21 cm 線に代表される長波長側での電波天文学もまた、日本で注目を集めつつあります。Square Kilometre Array（SKA）など次世代大型観測装置はこのような波長をカバーし、今まさに建設・立ち上げ中の段階にあります。私達は、SKA を単体としてだけでなく、別途遠隔望遠鏡も立ち上げて VLBI システムの一部としても使うような観測の実施を目指しています。その為に、従来未整備の長波長（>10 cm）帯観測システムをほぼゼロから構築・立ち上げることに取り組んでいます。しかし、この記事に見られる RFI/EMI を含め、今まで直面してこなかった問題を直視し、アイデアを凝らしてこれらを克服していく必要があります。これらの取り組みから天文学研究成果を挙げる段階へ達するのは程遠いかもしれません。しかし、「もの作り」や「もの測り」(天の川銀河研究センターニュース No.8 記事参照のこと）の楽しさやそこで身に付く汎用的なスキルもまた、貴重なものになるはずで、多くの学生・大学院生がこの取り組みを通し賢く・たくましくなっていくことを期待するところです。

謝辞：一連の HI 21 cm 線データの取得および鹿児島大学郡元キャンパス /VERA 入来局における RFI/EMI 測定は、川上香好翔 (かいと) さん (鹿児島大学 M1)、高坂ほのかさん (同 B4)、橋本煌佑さん (同 B3) が中心となって行いました。現在行われているサイエンスクラブの備品のうち、信号増幅器と RTL-SDR ドングル（受信機）を新永浩子さん（天の川銀河研究センター）から拝借しました。また、過去や現在の 21 cm 帯測定から得たノウハウについては、藏原昴平さん（名古屋大学）や中西裕之さん（石川県立大学、元天の川銀河研究センター）から助言・機材提供を頂きました。VERA 入来 20 m 電波望遠鏡への（18 cm—）21 cm 帯観測システムの搭載に関し、中川亜紀治さん（天の川銀河研究センター）はじめ、水沢 VLBI 観測所の皆さんからご支援を頂いております。この場をお借りして、皆さんへ御礼申し上げます。

博士論文ダイジェスト
Doctoral Dissertation Digest

Observational Studies of Dynamic and Long-Term Multi-Layered Mass Loss from Asymptotic Giant Branch Stars

漸近巨星分枝星における動的および長期的な多層的質量放出現象の観測的研究

甘田　渓

太陽と同じくらいの質量を持つ恒星は、進化の終盤に「漸近巨星分枝星（AGB 星）」と呼ばれる段階を迎えます。AGB 星は大きく膨らみ、周期的に星自身が膨張と収縮を繰り返しながら、自らを構成するガスや塵を宇宙空間へ放出します。この現象を「質量放出」と呼びます。しかし、物質が AGB 星の星表面付近からどのように持ち上げられ、長い時間をかけて星の周囲へ広がり、星間空間へ放出されるのかは、まだ十分に分かっていません。

本研究では、異なる分子が放つ電波を観測することで、AGB 星の質量放出を複数の空間・時間にわたって調べました。星のすぐ近くにある大気、過去に放出された物質からなる広大な星周縁、そして進化末期に高速双極流が形成される段階という、3 つの領域を対象としています。

第 1 の研究では、AGB 星である きりん座 BX 星 の星周分子ガスを観測しました。AGB 星の大気では、一酸化ケイ素（SiO）分子が強い電波を放つ「メーザー」という現象が見られます。本研究では、東アジア VLBI 観測網を使用して、そのメーザーを観測しました。VLBI とは超長基線電波干渉法の略で、遠く離れた複数の望遠鏡を一つの巨大な望遠鏡のように利用する観測方法です。

その結果、SiO メーザーは星を取り囲むリング状に分布し（図 1）、そのリングの大きさとガスの速度が、星の明るさの変化に合わせて変動していました。また、星に近い内側のメーザーが、外側のメーザーより先に外向きへ加速し始める様子が捉えられました。これは、星の周期的な膨張によって発生した衝撃波が、内側から外側へ伝わりながら周囲のガスを動かしていることを示唆します。さらに、一部のメーザーは特定の方向に遠く離れて現れ、星の近くですでに物質放出が一様ではない可能性も示されました。

第 2 の研究では、野辺山 45 m 電波望遠鏡を使って数多くの AGB 星を観測しました。この研究では、一酸化炭素 (CO) 分子ガスが放つ電波を利用し、星から遠く離れた低温のガスを調べました。その結果、従来調べられてきた CO ガス分布より 2 倍以上広い領域まで捉えることに成功しました。これにより、数千年から 1 万年以上にわたる質量放出の履歴を調べることができました。

第 3 の研究では、水分子のメーザー放射によって非常に高速な双極噴出流が観測される「宇宙の噴水」天体について調べました。特に、IRAS 16552–3050 という星において、これまで一度も検出されたことがなかった SiO メーザーを世界で初めて検出しました。この結果は、この星の質量放出が最近活動的になったことを示唆します。

以上の研究から、AGB 星の質量放出は、星の脈動や衝撃波によって短期間に変化し、長い時間をかけて広い星周縁を形成しながら、進化末期には非球対称な高速双極流へ移行する、多層的で時間変動する現象であることが示されました。今後、星の近くで起こる物質の運動と、遠方に残された質量放出の記録を結び付けることで、質量放出が恒星の進化をどのように左右するのかを明らかにしていきます。

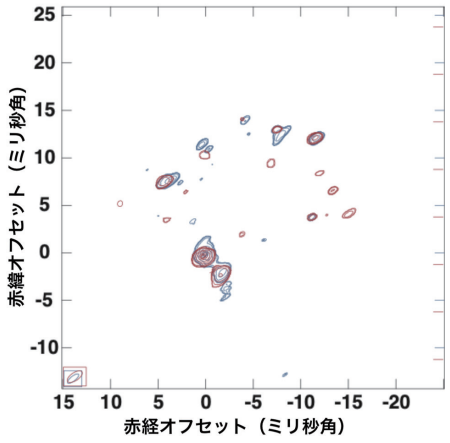


図 1: きりん座 BX 星の周囲で観測された SiO メーザーのリング状分布。赤色と青色の等高線は、異なるエネルギー状態にある SiO 分子から放射された電波の強さを示す。

査読付き論文

1. Aravindan, Archana ; Bohn, Thomas ; Canalizo, Gabriela ; Satyapal, Shobita ; U, Vivian ; Liu, Weizhe ; Matzko, William ; Doan, Sara ; Malkan, Matthew ; Armus, Lee ; Nagao, Tohru ; Diaz-Santos, Tanio ; Togi, Aditya ; Lai, Thomas S. Y. ; Linden, Sean T. ; Bianchin, Marina ; Song, Yiqing ; Barcos-Muñoz, Loreto ; Evans, Aaron ; Inami, Hanae ; Larson, Kirsten ; Stierwalt, Sabrina ; Surace, Jason "Probing Active Galactic Nuclei-driven Feedback in Dwarf Galaxies with Spatially Resolved Near-infrared Coronal Lines from JWST" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1000**, Issue 2, id.230, 22 pp.

2. Kana Takechi, Hiroshi Nagai, Nozomu Kawakatu, Keiichi Wada, Takuma Izumi, Motoki Kino, Kouichiro Nakanishi, Naoki Isobe, Mahito Sasada, and Akihiro Doi "Multiphase Gas Structure in the Circumnuclear Region of NGC 5506 Observed with ALMA" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1002**, Issue 1, id.100, 11 pp.

3. Amada, K.; Fukaya, S. ; Imai, H. ; Scicluna, P. ; Hirano, N. ; Trejo-Cruz, A. ; Zeegers, S. ; Kemper, F.; He, Jinhua ; Srinivasan, S. ; McDonald, I.; Marshall, J. P.; Toalá, J. A.; Wallström, S. H. J. ; Jones, O. C.; Zijlstra, A. A. ; Cami, J.; Kim, Hyosun; Wesson, R.; Clark, C. J. R.; Dharmawardena, T. ; Rau, G.; Shinnaga, H. "The Nearby Evolved Stars Survey — IV. Mapping cold gas in the circumstellar envelopes of evolved stars with ^{12}CO and ^{13}CO (J = 1 → 0) emission" , 2026, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **Volume 547**, Issue 2, id.staf2239, 23 pp.

4. Sakai, Yusuke; Yamada, Shinya; Okada, Yuta ; Takagi, Toshihiro ; Usuki, Tomoya ; Shidatsu, Megumi; Kobayashi, Shogo B.; Petre, Robert; Ueda, Yoshihiro; Uchiyama, Hideki; Tan, Miho; Kotani, Taro ; Igarashi, Taichi; Machida, Mami; Sakemi, Haruka; Kawai, Nobuyuki ; Miura, Daiki; Yamaguchi, Hiroya; Fujiwara, Kanta; Hiramatsu, Daichi; Isogai, Keisuke; Kang, Chulsoo ; Kimura, Mariko; Murata, Katsuhiro L.; Nagayama, Takahiro ; Nakamoto, Taichi ; Namekata, Kosuke; Niida, Yuki ; Niino, Yuu; Niwano, Masafumi; Oh, Kyuseok; Sako, Shigeyuki; Sasada, Mahito; Suzuki, Hiromasa; Taguchi, Kenta; Takahashi, Ichiro; Uenishi, Miyu ; Yatsu, Yoichi; Yoshimoto, Marina "Spectral and photometric variability of SS 433 observed with XRISM and simultaneous optical and near-infrared telescopes" , 2026, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 78**, Issue 2, pp. 436-453, 18 pp.

5. Miyamoto, Aiko; Kawamuro, Taiki; Odaka, Hirokazu; Izumi, Takuma; Matsumoto, Hironori "Possible time-variable iron-K α emission in the circumnuclear region of the Circinus galaxy" , 2026, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 78**, Issue 2, pp. 572-582, 11 pp.

6. Delaney, Daniel E.; Hicks, Erin K. S.; Zhang, Lulu; Davies, Ric; Packham, Chris; Riffel, Rogemar A.; Pereira Santaella, Miguel; Bellocchi, Enrica; Levenson, Nancy A.; Campbell, Steph; Rosario, David J.; Haidar, Houda; Ramos Almeida, Cristina; Audibert, Anelise; Ricci, Claudio; Hermosa Muñoz, Laura; Combes, Francoise; Alonso-Herrero, Almudena; García-Burillo, Santiago; Esposito, Federico; García-Bernete, Ismael; Shimizu, Taro; Ward, Martin; González-Martín, Omaira; Labiano, Alvaro; Veenema, Oscar; Lopez-Rodriguez, Enrique; Rigopoulou, Dimitra; Stalevski, Marko; Hönig, Sebastian F.; Esparza-Arredondo, Donaji; Izumi, Takuma; Fuller, Lindsay; Rouan, Daniel "The Galaxy Activity, Torus, and Outflow Survey (GATOS). XIII. Coupling Driven H_2 Excitation in Seyferts" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1002**, Issue 1, id.20, 14 pp.

7. Kobayashi, Kotaro ; Yutani, Naomichi ; Saitoh, Takayuki R. ; Baba, Junichi ; Wada, Keiichi "Vaulting the Barrier: An Intrinsic Mechanism to Fuel the Gas beyond the Nuclear Ring into the Central Region of Barred Galaxies" , 2026, *The Astrophysical Journal Letters*, **Volume 1002**, Issue 2, id.L48, 9 pp.

8. Yoshida, Taketo ; Nagao, Tohru ; Toba, Yoshiki ; Yutani, Naomichi ; Bohn, Thomas ; Shibata, Kohei ; Tamada, Nozomu "Dense Ionized Outflow with Five Narrow Components in a Dust-obscured Galaxy" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1003**, Issue 1, id.44, 9 pp.

9. Phillips, Camryn L. ; Strauss, Michael A. ; Onoue, Masafusa ; Ding, Xuheng ; Silverman, John D. ; Matsuoka, Yoshiki ; Izumi, Takuma ; Arita, Junya ; Aoki, Kentaro ; Baba, Shunsuke ; Imanishi, Masatoshi ; Kashikawa, Nobunari ; Kawaguchi, Toshihiro ; Lee, Chien-Hsiu ; Sawamura, Mahoshi ; Toba, Yoshiki ; Wang, Feige ; Yang, Jinyi "SHELLQs-JWST: Revealing the Spectra of Extended Emission in 12 z > 6 Quasar

Host Galaxies Using the JWST NIRSpec Fixed Slit" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1003**, Issue 1, id.47, 32 pp.

10. Zhong, Yuxing; Chen, Xiaoyang; Ichikawa, Kohei; Kong, Youwen; Aoki, Kentaro; Yamada, Satoshi; Nagao, Tohru; Kido, Daisaburo; Kawaguchi, Toshihiro; Matsuoka, Yoshiki; Misawa, Toru; Mizukoshi, Shoichiro; Onoue, Masafusa; Takahashi, Ayumi; Toba, Yoshiki "Blackbody Quasar and Radio Source (BBQSORS): A Candidate of Transitional Little Red Dots with a T ~ 104 K Blackbody Spectrum" , 2026, *The Astrophysical Journal Letters*, **Volume 1004**, Issue 1, id.L2, 12 pp.

11. The Xrism Collaboration, Audard, Marc ; Awaki, Hisamitsu ; Ballhausen, Ralf ; Bamba, Aya ; Behar, Ehud; Boissay-Malaquin, Rozenn; Brenneman, Laura; Brown, Gregory V.; Corrales, Lia ; Costantini, Elisa; Cumbee, Renata; Díaz Trigo, María; Done, Chris; Dotani, Tadayasu; Ebisawa, Ken ; Eckart, Megan E. ; Eckert, Dominique; Enoto, Teruaki; Eguchi, Satoshi ; Ezoe, Yuichiro; Foster, Adam; Fujimoto, Ryuichi; Fujita, Yutaka; Fukazawa, Yasushi; Fukushima, Kotaro; Furuzawa, Akihiro; Gallo, Luigi ; Garcia, Javier A. ; Gu, Liyi ; Guainazzi, Matteo; Hagino, Kouichi; Hamaguchi, Kenji; Hatsukade, Isamu; Hayashi, Katsuhiro ; Hayashi, Takayuki ; Hell, Natalie ; Hodges-Kluck, Edmund; Hornschemeier, Ann ; Ichinohe, Yuto ; Ishi, Daiki ; Ishida, Manabu ; Ishikawa, Kumi ; Ishisaki, Yoshitaka; Kaastra, Jelle ; Kallman, Timothy; Kara, Erin ; Katsuda, Satoru; Kanemaru, Yoshiaki ; Kelley, Richard; Kilbourne, Caroline ; Kitamoto, Shunji; Kobayashi, Shogo; Kohmura, Takayoshi ; Kubota, Aya; Leutenegger, Maurice ; Loewenstein, Michael; Maeda, Yoshitomo; Markevitch, Maxim ; Matsumoto, Hironori; Matsushita, Kyoko ; McCammon, Dan ; McNamara, Brian; Mernier, François ; Miller, Eric D. ; Miller, Jon M.; Mitsuishi, Ikuyuki; Mizumoto, Misaki; Mizuno, Tsunefumi; Mori, Koji; Mukai, Koji; Murakami, Hiroshi; Mushotzky, Richard ; Nakajima, Hiroshi; Nakazawa, Kazuhiro ; Ness, Jan-Uwe ; Nobukawa, Kumiko; Nobukawa, Masayoshi ; Noda, Hirofumi ; Odaka, Hirokazu ; Ogawa, Shoji ; Ogorzalek, Anna; Okajima, Takashi ; Ota, Naomi; Paltani, Stephane; Petre, Robert; Plucinsky, Paul ; Porter, Frederick Scott ; Pottschmidt, Katja; Sato, Kosuke; Sato, Toshiki; Sawada, Makoto; Seta, Hiromi ; Shidatsu, Megumi ; Simionescu, Aurora; Smith, Randall; Suzuki, Hiromasa; Szymkowiak, Andrew ; Takahashi, Hiromitsu; Takeo, Mai; Tamagawa, Toru ; Tamura, Keisuke; Tanaka, Takaaki; Tanimoto, Atsushi; Tashiro, Makoto ; Terada, Yukikatsu; Terashima, Yuichi; Tsuboi, Yohko; Tsujimoto, Masahiro ; Tsunemi, Hiroshi ; Tsuru, Takeshi G. ; Tümer, Ayşegül; Uchida, Hiroyuki ; Uchida, Nagomi; Uchida, Yuusuke ; Uchiyama, Hideki; Ueda, Yoshihiro; Uno, Shinichiro; Vink, Jacco ; Watanabe, Shin; Williams, Brian J.; Yamada, Satoshi; Yamada, Shinya ; Yamaguchi, Hiroya; Yamaoka, Kazutaka ; Yamasaki, Noriko; Yamauchi, Makoto ; Yamauchi, Shigeo; Yaqoob, Tahir ; Yoneyama, Tomokage ; Yoshida, Tessei ; Yukita, Mihoko ; Zhuravleva, Irina ; Fujiwara, Kanta; Izumi, Takuma; Kawamuro, Taiki; Maeda, Keiichi; Nakatani, Yuya; Paerels, Frits; Uematsu, Ryosuke ; Vander Meulen, Bert "Accurate determination of chemical abundances near a supermassive black hole" , 2026, *Nature Astronomy*, **Volume 10**, p. 880-891

12. Imanishi, Masatoshi; Nishimura, Yuri; Baba, Shunsuke; Nakanishi, Kouichiro; Izumi, Takuma "Spectrally and Spatially Resolved (Sub)Millimeter HCN-to-HCO^+ Flux Ratios in Nearby Ultraluminous Infrared Galaxies" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1004**, Issue 1, id.39, 20 pp.

13. Osafune, Daiki; Wada, Keiichi; Ishiyama, Tomoaki; Okamoto, Takashi "The Origin of Spin Alignment of Dark Matter Subhalos" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1004**, Issue 2, id.180, 9 pp.

14. Baba, Junichi "Kinematic-distance biases in the inner Milky Way from a stellar dynamically constrained bar" , 2026, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 78**, Issue 3, pp. 825-835, 11 pp.

15. Takahashi, Sanemichi Z. ; Takakuwa, Shigehisa ; Nakanishi, Ryosuke ; Tsukamoto, Yusuke ; Saigo, Kazuya ; Kido, Miyu ; Ohashi, Nagayoshi ; Li, Zhi-Yun ; Looney, Leslie W. ; Lin, Zhe-Yu Daniel ; Narang, Mayank ; Tomida, Kengo ; Tobin, John J. ; Jørgensen, Jes K. "Early Planet Formation in Embedded Disks (eDisk). XVIII. Indication of a possible spiral structure in the dust-continuum emission of the protostellar disk around IRAS 16544 − 1604 in CB 68" , 2026, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 78**, Issue 3, pp. 836-851, 16 pp.

16. Kodama, Rumi ; Chiba, Rimpei ; Asano, Tetsuro ; Baba, Junichi ; Fujii, Michiko S. "Galaxy fly-bys sustain bar — halo friction and bar slowdown in disk galaxies" , 2026, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 78**, Issue 3, pp. 947-957, 11 pp.

17. Baba, Junichi "Bar-informed kinematic-distance

mapping of molecular gas in the inner Milky Way" , 2026, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 78**, Issue 3, pp. 1093-1106, 14 pp.

18. Uscanga, Lucero ; Imai, Hiroshi ; Amada, Kei ; Gómez, José F. ; Gray, Malcolm D. ; McCarthy, Tiege P. ; Asanok, Kitiyanee ; Santo-Tomás, Pablo ; Tafoya, Daniel ; Orosz, Gabor "Mapping the SiO masers in IRAS 16552-3050" , 2026, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 78**, Issue 3, pp. 1154-1162, 9 pp.

19. Lee, Seokho; Lee, Jeong-Eun; Kim, Chul-Hwan; Kim, Jaeyeong; Kim, Young-Jun; Herczeg, Gregory J.; Johnstone, Doug; Baek, Giseon; Aikawa, Yuri; Green, Joel D.; Yang, Yao-Lun; Francis, Logan; Pontoppidan, Klaus M.; Lee, Ho-Gyu; Nagayama, Takahiro ; Itoh, Yoichi ; Ohshima, Tomohito ; Takahashi, Jun; Toshikawa, Jun; Saito, Tomoki ; Tamura, Motohide; Kusune, Takayoshi "EPISODE. II. Variability in the CO and H_2O Rovibrational Absorption Lines in a Periodically Variable Protostar EC 53" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1005**, Issue 2, id.137, 26 pp.

20. Yamaguchi, Tomoki ; Baba, Junichi "Axisymmetric Jeans modelling systematically overestimates the circular speed in the inner Milky Way" , 2026, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 78**, Issue 4, pp. 1363-1371, 9 pp.

21. Yamanaka, Masayuki ; Nagayama, Takahiro ; Kumano, Akari ; Sahu, Devendra Kumar ; Singh, Avinash ; Das, Hrishav ; Anupama, G. C. "SN 2023dbc in M 108: Optical and near-infrared observations of a highly-obscured, moderately energetic stripped-envelope supernova" , 2026, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **Volume 78**, Issue 4, pp. 1381-1389, 9 pp.

22. Shibaike, Yuhito ; Okuzumi, Satoshi ; Ueda, Takahiro ; Doi, Kiyoaki ; Fukagawa, Misato "Interpreting ALMA Multiwavelength Continuum Observations of PDS 70 c: An Optically Thick Dust Ring in the Circumplanetary Disk" , 2026, *The Astrophysical Journal Letters*, **Volume 1006**, Issue 1, id.L26, 8 pp.

23. Chiba, Rimpei ; Fujii, Michiko ; Baba, Junichi ; Dubinski, John ; Schönrich, Ralph "Tree-ring Structure of Galactic Bar Resonance in N-body Simulations" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1006**, Issue 2, id.132, 17 pp.

24. Goto, Sota ; Yamanaka, Masayuki ; Kawabata, Koji S. ; Tanaka, Masaomi ; Singh, Avinash ; Sahu, Devendra K. ; Nakaoka, Tatsuya ; Gangopadhyay, Anjasha ; Nagayama, Takahiro ; Dukiya, Naveen ; Dubey, Monalisa ; Misra, Kuntal ; Ailawadhi, Bhavya "SN 2024dy: Dust Formation in a Long-lived Type IIn Supernova and Constraints on the Dust Mass" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1006**, Issue 2, id.173, 17 pp.

25. Yamaguchi, Masayuki ; Machida, Masahiro N. ; Tominaga, Ryosuke T. ; Sai, Jinshi ; Muto, Takayuki ; Takami, Michihiro ; Liu, Hauyu Baobab ; Shoshi, Ayumu ; Tsukagoshi, Takashi ; Ishibashi, Shu "A Hybrid Origin for the Multiple Ring-Gap Structures in the Large Protoplanetary Disk V1094 Sco: A Low-Mass Planet and Secular Gravitational Instability" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1006**, Issue 2, id.232, 27 pp.

26. Uchiyama, Hisakazu; Ichikawa, Kohei; Kong, Youwen; Zhong, Yuxing; Chen, Xiaoyang; Nagao, Tohru; Lee, Kianhong; Kohno, Kotaro; Vijarnwannaluk, Bovornpratch; Akiyama, Masayuki; Lin, Yen-Ting; Toba, Yoshiki; Obuchi, Sakiko; Fitriana, Itsna Khoirul "A Wide and Deep Exploration of Radio-detected Active Galactic Nuclei with Subaru HSC (WERGS). XII. Final Optical Identification of VLASS Radio Sources from the Subaru/HSC-SSP Wide Survey over 1200 deg^2" , 2026, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, **Volume 285**, Issue 2, id.39, 19 pp.

27. Fujita, Yutaka ; Matsumoto, Tomoaki ; Wada, Keiichi "Suppression of Radiative Cooling in Galaxy Cluster Cores by the Combination of Active Galactic Nucleus Heating and Sloshing" , 2026, *The Astrophysical Journal*, **Volume 1008**, Issue 2, id.169, 8 pp.

学会、研究会における発表
国際研究会

1. 和田 桂一 , " Talk about Toru Yamada and starburst-AGN connection " , TOKYO JWST CONFERENCE 2026, 2026/03/23-2026/03/27, 新宿エルタワー (東京都), Oral, Invited

2. 今井 裕 , " Exploring the central stellar system of the "water fountain" W 43A " , Asian-Pacific Regional IAU

Meeting 2026, 2026/05/04-2026/05/08, Hong Kong Convention and Exhibition Centre(香港・中国), Oral

3. 小林 孝太朗 , " Vaulting the barrier: An intrinsic mechanism to fuel the gas beyond the nuclear ring into the central region of barred galaxies " , Torus 2026 Conference, 2026/05/18-2026/05/22, 京都大学益川ホール (京都市), Poster

4. 和田 桂一 , " A non-trivial fueling process to the galactic center " , Behind the Curtain of Dust VI , 2026/06/22-2026/06/26, Ohama Nobumoto Memorial Hall(石垣市), Oral

5. 泉 拓磨 , " ALMA + JWST joint view of the multiphase obscuring structure of Circinus " , Behind the Curtain of Dust VI , 2026/06/22-2026/06/26, Ohama Nobumoto Memorial Hall(石垣市), Oral

6. 泉 拓磨 , " Multiwavelength exploration of the torus, accretion, and feedback in the Circinus galaxy " , ASIAA Science Colloquium, 2026/06/18, ASIAA(Taiwan)

7. 崔 仁士 , " Disk Kinematics as Diagnostics of FU Orionis–Type Outburst Mechanisms " , Eruptive YSO Workshop, 2026/05/18-2026/05/22, Konkoly Observatory & Online(Budapest, Hungary), Online

8. 崔 仁士 , " Large Nonthermal Velocity Dispersion in the Outer Disk of HL Tau " , Discs on the Exe, 2026/07/27-2026/07/31, University of Exeter(Exeter, UK), Oral

学会、研究会における発表
国内研究会

1. 馬場 淳一 , " 微分可能銀河動力学モデリング " , 滞在型銀河考古学ワークショップ , 2026/05/12-2026/05/15, 鹿児島大学理学部 1 号館会議準備室 & AGARC セミナー室 (鹿児島市), Oral

2. 芝池 諭人 , " An Optically Thick Dust Ring in the Circumplanetary Disk of PDS 70 c " , JpGU-AGU Joint Meeting 2026, 2026/05/24-2026/05/29, 幕張メッセ (千葉市), Oral

3. 芝池 諭人 , " Science objectives of OPENS-0, Saturn's ring and the optical cameras " , JpGU-AGU Joint Meeting 2026, 2026/05/24-2026/05/29, 幕張メッセ (千葉市), Oral

4. 小林 孝太朗 , " 棒状銀河中心 10 pc スケールへの 3 次元的なガスの流入過程 " , 第 9 回超巨大ブラックホール研究推進連絡会ワークショップ , 2026/07/13-2026/07/15, 愛媛大学メディアホール (松山市), Oral

5. 小林 孝太朗 , " 棒状銀河における中心 10 pc スケールへの 3 次元的なガス流入プロセス " , 2026 年度第 56 回天文・天体物理若手夏の学校 , 2026/07/28-2026/07/31, ホテル圓山荘 (長野県千曲市), Oral

6. 後藤 颯太 , " Optical and Near-infrared Observations of Type IIn Supernovae: SN 2023vbg and SN 2024dy " , 第二回 CHIPS 研究会 , 2026/08/02-2026/08/05, いいで白川荘 (山形県飯豊町), Oral, Invited

7. 石橋 志悠 , " 前主系列星 CQ Tau に付随するダストリングの warp 構造 " , 第 9 回シン・九州星形成ゼミ , 2026/08/31-2026/09/01, Online

8. 内村 迅渡 , " 原始星アウトフロー質量放出率とミリ波ダスト不透明度スペクトル指数の関係 " , 第 9 回シン・九州星形成ゼミ , 2026/08/31-2026/09/01, Online

9. 崔 仁士 , " Investigating Non-Keplerian motions in the V883 Ori Disk: a Progress Report " , 第 9 回シン・九州星形成ゼミ , 2026/08/31-2026/09/01, Online

10. 沖村 日菜子 , " Detecting Planet Signatures in Embedded Disks " , 第 9 回シン・九州星形成ゼミ , 2026/08/31-2026/09/01, Online

11. 芝池 諭人 , " 形成中の惑星 PDS70c の ALMA 多波長観測の解釈：周惑星円盤内の光学的に厚いダストリング " , 第 9 回シン・九州星形成ゼミ , 2026/08/31-2026/09/01, Online

12. 石塚 祐志 , " ALMA 分子輝線観測と三次元輻射輸送モデルで探る IRAS 15398 − 3359 のアウトフロー放出史 " , 第 9 回シン・九州星形成ゼミ , 2026/08/31-2026/09/01, Online

13. 後藤 颯太 , " 鹿児島 1m とせいめい連携による超新星観測：これまでの成果と今後の観測戦略 " , 2026 年度せいめいユーザーズミーティング (final circular), 2026/09/11-2026/09/12, NPD 貸会議室 岡山髙島屋（岡山駅前）＋ Zoom(岡山市), Oral

14. 芝池 諭人 , " 主催者としてのオープニングトーク " , 土星リング研究会 , 2026/09/30, KANAGAWA Space Village(神奈川県相模原市), Oral

学会、研究会における発表
（日本天文学会春季年会）

2026年9月8日（火）～ 9月10日（木）
岡山理科大学 岡山キャンパス
（ホスト：岡山理科大学）

1. N18b：中川 亜紀治 (鹿児島大学), 倉山 智春 (帝京科学大学), 須藤 広志 (仙台高専), Gabor Orosz(Joint Institute for VLBI ERIC (JIVE)), "VLBI と Gaia DR3 による長周期変光星の年周視差比較および変光周期との関連 "
2. N19b：石川 大地 , 中川 亜紀治 , 秋元 智裕 (鹿児島大学), "OH/IR 星 RAFGL1686 と RAFGL2445 の星周 H2O メーザーに対する VERA を用いた年周視差測定 "
3. N20b：秋元 智裕 , 中川 亜紀治 , 石川 大地 (鹿児島大学), "AGB 終末期の長周期 OH/IR 星 OH127.8+0.0 に付随する SiO メーザーの 42/43 GHz VLBI 位置天文観測 "
4. P132a：内村 迅渡 (鹿児島大学), 三杉 佳明 (九州産業大学), 髙石 大輔 (鹿児島大学), 高桑 繁久 (鹿児島大学), 塚本 裕介 (甲南大学), " フィラメント状分子雲からのコア形成過程におけるダスト成長と磁気抵抗率への影響 "
5. P167a：石塚 祐志 (鹿児島大学), 西合 一矢 (ASIAA), 崔 仁士 (鹿児島大学), 高桑 繁久 (鹿児島大学), "ALMA 分子輝線観測と三次元輻射輸送モデルで探る IRAS 15398 − 3359 のアウトフロー放出史 "
6. P209b：田中 駿作 (鹿児島大学), 髙石 大輔 (鹿児島大学), 岩崎 一成 (国立天文台), 高桑 繁久 (鹿児島大学), 塚本 裕介 (甲南大学), " 多次元非理想 MHD シミュレーションを用いた原始惑星系円盤の物理量と構造形成の解明 "
7. P210b：土山 泰史 , 髙石 大輔 , 高桑 繁久 (鹿児島大学), 塚本 裕介 (甲南大学), " 原始惑星系円盤の形成・進化過程に向けた磁気抵抗値の高精度評価手法 "
8. P313b：徳永 知毅 , 髙石 大輔 , 高桑 繁久 (鹿児島大学), 塚本 裕介 (甲南大学), " 高空隙率ダストのエプスタイン領域からストークス領域境界での空力特性 "
9. Q20a：中島 圭佑 (鹿児島大学), 山田 麟 (国立天文台), 小林 将人 (核融合科学研究所), 西村 淳 (国立天文台), Yun Youngjoo (韓国天文研究院), 今井 裕 (鹿児島大学), "VLBI による分子吸収線モニター観測で探る微小空間構造 "
10. R07a：安藤 択真 (鹿児島大学), 西山 正吾 (宮城教育大学), 新永 浩子 (鹿児島大学), Brian Thorsbro (Lund 大学), " 天の川銀河の超巨大ブラックホール近傍に存在する晩期型巨星の化学組成 "
11. S02a：小林 孝太朗 (鹿児島大学), 油谷 直道 (神戸大学), 斎藤 貴之 (神戸大学), 馬場 淳一 (鹿児島大学 , 国立天文台), 和田 桂一 (鹿児島大学), " 棒状銀河中心 10 pc スケールへの 3 次元的なガスの流入過程 "

広報普及活動・社会貢献
一般向け講演会

1. 新永 浩子 , 2026/08/07, " 七夕観望会 (開会・閉会　挨拶 / 参加学生による観望会や活動の紹介 / 大学屋上で撮影した天体写真の展示 / ポスター、望遠鏡の展示・説明 / ハンドクラフトによる望遠鏡制作) ", 鹿児島大学　七夕観望会 , 主催 : 鹿児島大学理学部サイエンスクラブ・鹿児島大学 student observatory, 鹿児島大学 (鹿児島市)
2. 崔 仁士 , 2026/08/29, " 電波観測で探る星と惑星の誕生の秘密 ", 第 44 回サイエンスカフェかごしま , 主催 : 鹿児島大学サイエンスカフェ有志の会 / 共催 : 南九州・南西諸島域イノベーションセンター , 鹿児島大学郡元キャンパス内 南九州・南西諸島域イノベーションセンター 1 階キッチンスタジオ (鹿児島市)
3. 今井研究室 , 2026/08/29, " 天の川銀河を主要研究対象として名称に掲げる世界唯一の大学研究組織 ", 野辺山宇宙電波観測所 現地特別公開 2026 ～電波天文学を学べる大学～ , 主催 : 国立天文台 野辺山宇宙電波観測所 , 野辺山宇宙電波観測所 (南佐久郡南牧村)

広報普及活動・社会貢献
広報普及活動

1. 新永 浩子 , 2026/06/04, " 事業委員会 委員 ", 第 12 回日仏先端科学（JFFoS）シンポジウム , 日本学術振興会 , KFC hall(東京都墨田区)
2. 今井 裕 , 2026/06/06, " 恒星の世界 ", 出前授業 , 樟南高校 , 樟南高校 (鹿児島)
3. 中川 亜紀治 , 2026/08/22, " 鹿児島大学理学部について ", 宇宙を学べる大学 in 九州 2026, 福岡市科学館 (福岡市)

広報普及活動・社会貢献
研究会の主催

1. 馬場 淳一 , 2026/05/12-2026/05/15, " 滞在型銀河考古学ワークショップ ", 鹿児島大学理学部 1 号館及び共通教育棟 3 号館 (鹿児島市)
2. 和田 桂一 , 2026/05/18-2026/05/22, " KYOTO TORUS

WORKSHOP 2026 " , 京都大学北部総合教育研究棟 益川ホール (京都市)

3. 山 中 雅 之 , 2026/08/18-2026/08/21, " Supernova & Transient Mini WS in Kagoshima 2026 " , 鹿児島大学理学部 1 号館 104 号室 (鹿児島市)
4. 芝 池 諭 人 , 2026/09/28-2026/09/29, " The Second OPENS International Science Workshop " , 宇宙科学研究所相模原キャンパス (神奈川県相模原市)
5. 芝 池 諭 人 , 2026/09/30, " 土 星 リ ン グ 研 究 会 " , KANAGAWA Space Village(神奈川県相模原市)

広報普及活動・社会貢献
学外談話会、セミナー等

1. 崔仁士 , 2026/08/03, " Disk Kinematics as Diagnostics of FU Orionis–Type Outburst Mechanisms: Predictions and Observations " , Colloquium, University of Vienna(Vienna, Austria)
2. 崔仁士 , 2026/08/10, " Disk Kinematics as Diagnostics of FU Orionis–Type Outburst Mechanisms: Predictions and Observations " , Lunch Talk, Academia Sinica Institute of Astronomy and Astrophysics(Taipei, Taiwan)

広報普及活動・社会貢献
マスコミ報道

1. 山中 雅之 , 2026/07/06, 南日本新聞 , 教育 , " 近赤外線で超新星観測〜ブラックホール誕生か〜 "
2. 芝池 諭人 , 2026/08/19, AAS Nova, Features, " Probing Dust in the Disk of a Growing Giant Planet "

広報普及活動・社会貢献
その他

1. 馬場 淳一 , NHK エデュケーショナル制作の大阪市立科学館向けプラネタリウム番組に関して、シミュレーション映像提供および助言・指導を行った。2026 年 6 月から上映され、その後全国の科学館に向けて配給される。

出 版

1. 高桑 繁久 , 2026/3/30," 電波天文学入門 ", 単行本 , 森北出版

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。

2026 年度上半期は 2 回開催しました。
http://agarc.sci.kagoshima-u.ac.jp/ja/danwakai

1. 第 147 回　2026/4/24

Benedikt Gottstein (ベルン大学)

「Planetary formation tracks on the Hertzsprung–Russell diagram」



2. 第 148 回　2026/7/27

Wladimir Lyra (New Mexico State University, Astronomy)

「Active Galactic Nuclei disks: The largest population of planets in the Universe?」



【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
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
髙石 大輔	たかいし だいすけ	助教, 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
中川 亜紀治	なかがわ あきはる	講師, 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
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】

山中 雅之	やまなか まさゆき	特任助教(2026年9月まで)
馬場 淳一	ばば じゅんいち	特任准教授
芝池 諭人	しばいけ ゆひと	特任助教
崔 仁士	さい じんし	特任助教

【客員研究員】

長尾 透	ながお とおる	(愛媛大学, 教授)
泉 拓磨	いずみ たくま	(国立天文台, 准教授)

天の川銀河研究センター　構成メンバー　　令和8年(2026)9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長

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

副センター長　高桑繁久 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、新永浩子 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

岡村浩昭 教授、古澤仁 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

西川健二郎 教授、大橋勝文 教授

(6) 理工学研究科等理学系事務課長

松元公良 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

小山佳一　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. 099-285-8917
〒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