

宇宙線研究所の今を伝える

ICRR NEWS

Explore Universe and Elementary Particles with Multi-Messengers.

No.

116

2023

SPRING-SUMMER

遅い春を迎えた乗鞍岳山頂。乗鞍観測所から西方を臨む
(猪目祐介さん撮影)



Contents

Features

Award Ceremony 2023.5.19
01_ 手嶋政廣名誉教授、播金優一助教
令和5年度文部科学大臣表彰 伝達式・記念講演会を開催

Press Release 2023.4.26
08_ M87巨大ブラックホールを取り巻く
降着円盤とジェットの同時撮影に初めて成功






Topic Release 2023.3.23
10_ XENONnT 実験による最初の WIMP 暗黒物質探索の結果

Reports

Public Lecture in Spring 2023.4.22
12_ 春の合同一般講演会をハイブリッド開催
瀧田正人教授、武田伸一郎特任助教の講演を 660人が視聴

Spring School 2023 2023.3.6-10
15_ 宇宙・素粒子スプリングスクール 2023
4年ぶりにオンサイトで開催 3年生30人が参加

Awards

- 18_ 宇宙線研で博士号取得の藤本征史さん
2022 年度日本天文学会研究奨励賞を受賞 
- 19_ 播金助教、大内教授、小野助教(観測的宇宙論グループ)
2022 年度日本天文学会欧文研究報告論文賞を受賞
- 19_ 武蔵野美術大学の宮原ひろ子教授 第43回猿橋賞を受賞 
- 20_ 加藤勢さん(特任研究員) 理学系研究科研究奨励賞を受賞 
- 21_ 松本明訓さんと梅田滉也さん(D1)
卓越大学院プログラム (FoPM) の QE で優秀賞  

Topics

- 22_ シニアフェローの佐川宏行名誉教授がシニア向けのイベントで講演
ハイパーカミオカンデ実験の第7回予算検討会議(HKFF)
参加15カ国が進捗状況や予算措置について議論
- 23_ 梶田隆章教授によるニュートリノ振動の発表から25年
大型低温重力波望遠鏡KAGRAがO4観測を開始
宇宙線研究所要覧 2023年版を刊行

Information

- 24_ 人事異動
ICRR Seminar



伝達式・記念講演会にオンサイト・オンラインで参加した研究者たち

Features Award Ceremony 2023.5.19

てしままさひろ はりかねゆういち
手嶋政廣名誉教授 播金優一助教
令和5年度文部科学大臣表彰
伝達式・記念講演会を開催

宇宙線研究所の高エネルギー宇宙ガンマ線グループに所属していた手嶋政廣名誉教授(東京大学 Global Fellow)と観測的宇宙論グループの播金優一助教が、令和5年度の文部科学大臣表彰の科学技術賞(研究部門)、および若手研究者賞をそれぞれ受賞したことを受け、宇宙線研究所が主催する受賞伝達式と記念講演会が5月19日、柏市の柏の葉カンファレンスセンターで開かれました。オンラインも合わせて関係者およそ80人が出席しました。

1 手嶋政廣元教授に対する名誉教授の称号は、2023年6月13日付けで授与されることが決定しました。

今後も研究分野のリーダーとして活躍を

司会の瀧田正人副所長が開会を宣言した後、最初に登壇した中畑所長は「手嶋先生、播金先生、本日は誠にありがとうございます」と呼びかけ、科学技術分野の文部科学大臣表彰の趣旨を説明。さらに、科学技術賞(研究部門)が、我が国の科学技術の発展等に寄与する可能性の高い独創的な研究又は開発を行った研究者に対して贈られるもので、宇宙線研究所では手嶋名誉教授が初めての受賞であること。若手科学者賞が、萌芽的な研究、独創的視点に立った研究等、高度な研究開発能力を示す顕著な研究業績をあげた40歳未満の若手研究者に贈られるもので、播金助教は今年受賞者の中では31歳と最年少で、宇宙線研究所から4人目の受賞者であることなどが紹介されました。二人の受賞理由については、手嶋名誉教授が「大口径チェレンコフ望遠鏡の開発とガンマ線天文学の研究」、播金助教が「すばる望遠鏡等の大規模観測データを使った遠方銀河の研究」であることを説明し、文部科学省が公表した文書をスライドで示しながら読み上げました。

の物理的起源を観測データから明らかにしたという研究発表をお聞きし、すこく納得させられました。その後も活躍が続けられ、播金さんのお名前は、分野の違う私でさえ、国際会議でお聞きすることがあり、本当に素晴らしいと思っています。若手科学者賞は、今後の活躍への期待を込めて贈られるものですが、私自身も播金さんが今後も今まで以上に活躍され、日本、世界の宇宙物理学を牽引して欲しいと思います」と語りました。一方、手嶋名誉教授については、「高エネルギーガンマ線で宇宙のさまざまな現象を解明する分野で、世界のリーダーとして研究し、さまざまな成果を上げてきました」と紹介し、MAGICが観測したガンマ線バーストからのTeVガンマ線、IceCubeのニュートリノ信号と連動した高エネルギーガンマ線の観測を例としてあげました。「私はラパルマに2回行きましたが、LST1号基の完成記念式典でお会いした富士通の社長さんが『このような美しいものはうまくいくものだ』と話していたのをよく覚えています。2-4号基もようやく完成時期が見えてきました。手嶋先生には今後も、高エネルギーガンマ線のリーダーとしてさらに大きな成果を上げていただくことを期待しています」と述べました。



司会の瀧田副所長 受賞理由を説明する中畑所長

梶田教授「今後もリーダーとしての活躍を期待」

続いて、梶田隆章教授、木舟正名誉教授、大内正己教授の3人が順番に登壇し、祝辞を述べました。梶田教授は播金助教について、「観測的宇宙論の分野で世界的にご活躍されていると認識しています。宇宙線研究所の修士・博士の研究発表会だったと思いますが、宇宙の星形成率の進化



中畑所長から表彰状を伝達される手嶋名誉教授(左写真)と播金助教(右写真)



菅原さんから花束を受ける手嶋名誉教授(左写真)、井戸村さんから花束を受ける播金助教(右写真)



木舟名誉教授 「個人の努力とガンマ線天文学の発展をお祝い」

手嶋名誉教授の指導者の一人で、ガンマ線天文学の黎明期をよく知る木舟正名誉教授が、祝辞を述べました。木舟名誉教授は手嶋名誉教授について、「彼は大学院生の学生として、宇宙線研究所に来て、

一緒に苦労してきました」と紹介。1980年代に高エネルギー加速器の時代になり、素粒子物理学の最先端だった宇宙線研究が厳しい状況に置かれたことに触れ、「そんな時、京都大学の長谷川博一先生が『Air Showerの研究に宇宙線研究所に行ってこい』と言って、学生を宇宙線研究所空気がシャワー部に派遣してくれました。その中にいたのが手嶋くんです。手嶋くんはまず最高エネルギー宇宙線の観測に従事しました。そして、それと並行して、宇宙線がどこからやってくるのかという謎を解明するため、直進してくるガンマ線を見ようということにも参加しましたが、実際に見えるまでには大変な苦労がありました」と振り返りました。

1987年に大マゼラン雲で起きた超新星爆発からのニュートリノが観測され、木舟名誉教授らは「ガンマ線でも・・・」とニュージーランドで観測を試みたものの、はっきりとした結果は得られませんでした。そのような状況下の中、長谷川名誉教授の提案に従い、当初の目的だった月との距離を測る観測を終了し、埼玉県の大井町観測所に設置されていた国立天文台の望遠鏡を譲り受け、これをオーストラリアに移設してガンマ線観測を試みるというCANGAROO実験を始めることになりました。ここからさらに紆余曲折を経て、CTAなど現在のガンマ線天文学に繋がったと言います。木舟名誉教授は「手嶋くんの個人の努力に加え、ガンマ線天文学が分野として確立した、さらに、『宇宙線研究発端の動機』だった『宇宙と素粒子を理解するために行う宇宙線物理』という姿勢が現時点でも重要課題であることがわかった、という三つの点でお祝いしたい気持ちです」。また、最近のAI(人工知能)にひっか、「マルチメッセンジャー天文学の世の中となり、これからはAI(Astrophysical Interaction:宇宙物理学研究者の交流、そして素粒子相互作用への興味の維持)が必要です。インタラクションしながら宇宙の根源を追求し、そこにガンマ線も寄与していくことを期待します」と述べました。

大内教授 「素晴らしい成果は10年間の熱意と努力の結晶」

播金助教の大学院当時の指導教員だった大内正己教授も出張先からリモート参加し、祝辞を述べました。大内教授は播金助教について、「10年前、大学4年生の2013年秋に宇宙線研究

所に来てから一貫して遠方銀河の研究を続けてきました」と紹介。大学院修士課程の時代に遠方銀河を1万個集めたサンプルで統計解析を行い、論文にまとめた成果が、あまり評価されなかったことに触れ、「この分野では新参者だった播金さんが出した成果を、周りの研究者は理解できず、とても厳しい時期もありました。普通だったら研究が嫌になってしまうところですが、播金さんは周囲の無理解と悔しさをバネに研究を加速させてきました」。その後、小野宜昭助教など先輩研究者たちの協力も得ながら、銀河数が400万個という「世界の追従を許さない驚愕の数字」(大内教授)までサンプルを拡大させると共に、20年来の謎だった宇宙星形成史の物理的な起源が、重力による構造形成と宇宙膨張による物質降着率の変化の重ね合わせで説明できることを示し、今日の成功に至ったと報告。

学生からの質問や、研究者仲間からの相談にも丁寧に応じる人柄についても、「時には自分が作ったプログラムや図を提供したり、自ら調べた研究手法を惜しみなく教えるなどの協力を自然に行い、グループ内外で人望を集めてきました」とコメント。最近では、ALMA望遠鏡の電波観測やジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡(JWST)などの大型研究のリーダーとしても活躍し、「JWSTの観測データを使い、今年3月にAPJに出版した論文は、わずか2ヶ月で129件も引用されるなど、約6万本の論文の中でトップ0.02%という超高インパクト論文となっています。さらに2本の主著者として論文を出版するなど目覚ましい活躍を見せています」とし、「今日の受賞は、播金さんが困難な中でも努力を重ねてきた10年間の熱意と努力の結晶です」と称えました。

この後、ガンマ線グループの秘書を務める菅原みどりさんから手嶋名誉教授に、さらに観測的宇宙論グループの秘書を務める井戸村真子さんから播金助教に、花束が贈呈されました。



「大口径チェレンコフ望遠鏡の開発とガンマ線天文学の研究」

2018年10月にカナリア諸島ラパルマで開かれたLST1号基の完成記念式典から



「皆さんのサポートがあっただけの賞です」

手嶋名誉教授は「梶田元所長、中畑所長をはじめ皆さんのサポートがあっただけの賞だと思っています。大変ありがとうございました」と挨拶すると、祝辞を述べた木舟名誉教授と同様に、高エネルギーガンマ線天文学の歴史を振り返るところから口火を切りました。高エネルギーガンマ線天文学は、ガンマ線による空気シャワーから出されるチェレンコフ光を地上の望遠鏡で撮像するという Michel Hillas 氏のアイデア (1985 年) からスタートし、第1世代が米国アリゾナに設置され、1989 年に星雲からのガンマ線を捉えた Wipple 望遠鏡、第2世代が CANGAROO-3 や MAGIC、HESS、VERITAS、第3世代が現在の CTA であるとし、「ガンマ線が大気にぶつかってカスケードシャワーとなる時に出されるチェレンコフ光が、地表では直径 250-300 メートルに広がります。これを複数台のチェレンコフ望遠鏡でステレオ観測して捉えるため、大変効率が良いのです」と、その特徴を説明しました。

手嶋名誉教授によると、東京大学など日本の研究者が、チェレンコフ望遠鏡でガンマ線観測に乗り出したのは 1987 年、大マゼラン雲で起きた超新星爆発 SN1987a がきっかけでした。SN1987a からのニュートリノが、天体起源のニュートリノとして世界で初めてカミオカンデで観測された直後、同じ天体を起源とする高エネルギーガンマ線の地球への到来が 1 年後にピークを迎えるとの理論予測が発表され、手嶋名誉教授らは「自分たちの番が来た」といきり立ちます。「カミオカンデの成果に刺激を受け、二匹目のドジョウを狙おうと。指導教官の一人は『そんなことをしてもダメだよ』と最初は話していたのですが、チェレンコフ望遠鏡を持って行ったらどうでしょう」と、『そ

れはいいね』と言うことになりました」。

30 年余りに及ぶチェレンコフ望遠鏡の歴史 ニュージーランドで JANZOS 実験 「SN1987a からガンマ線の信号が見えた!？」

手嶋名誉教授らはニュージーランドに、日本から直径 1.5 メートルのチェレンコフ望遠鏡 3 台を持ち込んで、村木綏名誉教授が主導する JANZOS 実験に参加し、チェレンコフ光観測を執行。「これかな」と思われる信号を観測し、Astrophysical Journal 誌に論文を掲載したものの、「エネルギーが高過ぎる問題などがあり、『何だかよくわからない結果だね』と言われ、全く評価されませんでした。しかし、今の理論を持ってすればバッチリ説明ができたのではないかと」と、悔しかった胸の内を明かしました。



ニュージーランドで行われた JANZOS 実験の説明スライド

1995 年には、大型の科研費を獲得し、米国ユタ州にチェレンコフ望遠鏡 7 台を設置して高エネルギーガンマ線のステレオ観測を行い、Mrk501 から綺麗な信号を捉えました。間違えて作成した同じ OHP スライドを重ねて見る偶然から、ガンマ線信号に周期性も見つかるなど順調に思いましたが、直後に米軍の巡航ミサイルによる誤爆に遭い、実験が終わってしまったといいます。「望遠鏡を設置したのは Dugway Proving Ground という名前の場所でしたが、米軍の兵器を試験する場所という意味でした。ユタ大学の先生から米国の中で一番安全なところと聞いていましたが、一番危険なところだったのかも知れません」と振り返りました。

ドイツにわたり MAGIC-II をデザイン 2 基のステレオ観測で感度を 5 倍に

日本チーム (木舟名誉教授など) はオーストラリアで CANGAROO 実験を始めましたが、手嶋名誉教授は 2003 年から宇宙線研究所を離れて、独国ミュンヘンに本部があ

るマックスプランク物理学研究所へ。カナリア諸島ラパルマ島に建設中だった MAGIC プロジェクトに参加するため、当時はナミビアの HESS、米国の VERITAS も加え、2000 年代にチェレンコフ望遠鏡は CANGAROO を含めた 4 強時代を迎えていたといいます。

MAGIC プロジェクトに参加した手嶋名誉教授は、宇宙線とガンマ線の信号を効率よく切り分けることができるというステレオ観測のため、2 台目の望遠鏡を作ることを提案。ニュー・テレスコープ・コーディネータに任命され、MAGIC-II のデザインを進めるとともに、センサーやエレクトロニクスの開発も行い、「2 台の望遠鏡が動き出した 2013 年には、観測の感度は一気に 5 倍に跳ね上がりました」。一方で、低いエネルギー領域のガンマ線まで感度を持ち、銀河系外の天体のガンマ線を捉えようという取り組みが始まり、「マックスプランク核物理学研究所 (ハイデルベルグ) の Werner Hofmann がやっていた HESS では、MAGIC より大きな口径 28 メートルの望遠鏡を作るなど、まさに正義なき戦いをやっていました」と語りました。MAGIC と HESS の取り組みを統合し、日本や欧州の研究者が中心となってスタートさせたのが、究極的なチェレンコフ望遠鏡プロジェクト CTA です。手嶋名誉教授はすでに 2000 年代半ばに CTA の構想を描き、マックスプランク協会などが中心となって組織作りを進めてきました。

究極的なチェレンコフ望遠鏡プロジェクト CTA を構想 大口径望遠鏡 LST の開発リーダーに

CTA プロジェクトは、大口径、中口径、小口径からなるチェレンコフ望遠鏡のアレイを北半球はラパルマ、南半球はパラナル (チリ) に建設することで、従来の 10 倍の感度を達成し、宇宙線の起源や暗黒物質の探索、さらにガンマ線バーストの正体を探ることなどを目的に計画され、現在 28 カ国 1000 人以上の研究者が参加しています。手嶋名誉教授は、自らが描いた構想を実現させるだけでなく、低いエネルギー領域まで感度を持ち、より遠くの天体からのガンマ線を捉えられる大口径望遠鏡 (LST) のリーダーとして、その開発・設計・建設を日本など 11 カ国で進めてきました。手嶋名誉教授は 2018 年 10 月にラパルマに完成し、2020 年 1 月から観測運転を開始した LST-1 (プロトタイプ) について、「解像度がとてもよく、ムーオンリングが非常にシャープに見えています。特に遠方にある活動銀河核 (AGN) からのガンマ線や、銀河中心にあるとされる暗黒物質の探索を進め、今後 10 年以内にはけりをつけたいと考えています」と語り、さらに詳しい説明を加えました。

LST-1 に隣接した土地に建設することが決まっていた LST-2 から LST-4 までの 3 基については、建設がよいよ始まり、2025 年末には完成する予定となったことに触れ、「3-4 年も待ちましたが、ようやく昨年 9 月に建設の許可が下りました。梶田前所長をだいぶお待たせしてしまいましたが、非常にめでたいお話です。すでに日本で作成した機材も輸送して現地に置いてあり、建設は順調に進んでいます」と語りました。

キング・オブ・ハイライトはガンマ線バースト観測 「今後は LST で銀河中心の観測とダークマターハローの探索に集中したい」

これまでのガンマ線観測の歴史の中では、MAGIC が 2019 年 1 月、地上の望遠鏡としては初めてガンマ線バースト GRB190114C の観測に成功したことが「キング・オブ・ハイライトだった」とし、「本当に素晴らしい結果が得られました。ガンマ線のスペクトルが他の望遠鏡で観測した X 線と平行に観測されていて、これらの起源は恐らく同じです。スペクトルの二つの山は、シンクロトロン放射と逆コンプトン散乱による SC モデルで綺麗に説明できます」。また、2017 年 9 月に南極の IceCube が 300TeV という高エネルギーニュートリノを天体 TXS0506 の方向から観測したことを受け、MAGIC をその起源とされる天体に向けて観測を続けていると、10 日後にガンマ線のフレアを観測できたとし、「この組み合わせが重要で、ニュートリノに関連して同じ天体から来ているガンマ線がフレアを起こしているとは推定でき、ハドロニックな素粒子を加速しているのではないかと考えられます。これは将来のマルチメッセンジャー天文学を考える上で大変重要なイベントです」と話しました。

今後は銀河中心やそこにあるダークマターハローの探索に集中していくとし、「LST が一番感度の高い観測装置になるのではないかと考えています」。最後に「宇宙線研究所からは非常に大きなサポートを得ることができ、感謝しています。今後もぜひサポートをお願いしたいです」と結びました。



LST2-4 号基の準備状況の説明スライド

さらに詳しくは web ページへ。



「すばる望遠鏡等の大規模観測データを使った遠方銀河の研究」



「このような機会を設けていただき、大変ありがとうございます」

播金助教はまず、国立天文台のすばる望遠鏡、ALMA 望遠鏡、また NASA のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡などの観測データを使った自分の研究が評価されたことに感謝の言葉を述べ、自らの歩んできた 10 年間を振り返りました。

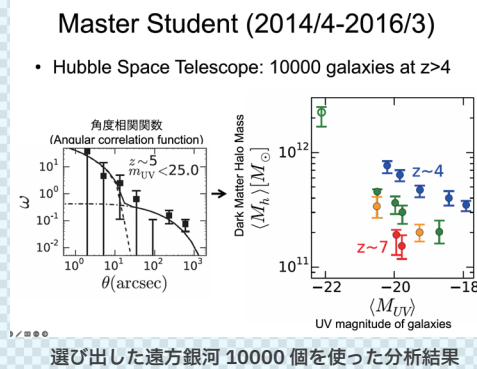
播金助教にとって宇宙線研究所との出会いは、大学 3 年生のときに参加した宇宙・素粒子スプリングスクールでした。第一希望は観測的宇宙論グループでしたが希望者が多く、じゃんけんで負けて、高エネルギーガンマ線天文学グループに加わることに。「しかし、これが大当たりで、スプリングスクール期間中に星雲でガンマ線のフレアが起きました。急ぎよテーマを切り替え、手嶋先生たちのサポートのおかげもあって最優秀賞をもらうことができました。スプリングスクールを体験し、宇宙線研究所って楽しいところだなあと好印象を持ちました」

遠方銀河とダークマターハローの関係を観測で探る

大学院入試に合格すると大学 4 年生の秋から宇宙線研究所へ。大学院の研究テーマとして、遠方宇宙における銀河とダークマターハローの関係を選びました。最初に使ったのはハッブル宇宙望遠鏡の観測データで、そこからライマンブレイク法により赤方偏移 $z=4$ 以上の銀河をおよそ 10000 個選び出し、これによる角度相関関数を halo occupation distribution (HOD) を含む構造形成のモデルと比較することでダークマターハローの質量を求めるといふ研究に挑みました。

「遠方銀河で HOD を含む計算をした例はほとんどありませんでした。グループでも誰もやっていなかったもので、自分で計算プログラムを書く必要があり、合計 3 ヶ月ほどかかってしまいました。観測データから目的の角度相関関数を計算し、ダークマターハローの質量を見積もることができましたが、「まだ銀河の数が足りず、不確かさが大きい結果でした。そこで次の研究に使ったのが、ハッブル宇宙望遠鏡よりも視野が広く、たくさんの銀河が見つかる予想される、すばる/Hyper Suprime-Cam (HSC) のデータでした」

知度を上げたこと、さらに夜遅くまで HSC データの解析に熱中し、南棟 5 階の観測的宇宙論グループの居室の窓だけが煌々と明るかったことを紹介しながら、播金助教は「夜遅くの帰り道で野生のうさぎに出くわすことができました。自然豊かな場所で研究できているのは楽しいものだなあと思いました」などと振り返りました。



遠方銀河のサンプル数 50 万個に飛躍的に拡大

しかし、HSC の観測データは大規模で遠方銀河を選び出すのは容易ではなく、選択基準も一から作り上げる必要があったといいます。「天体カタログは一応作られているのですが、たまに変な天体が出て、カタログが間違っていることもあり。観測的宇宙論グループの小野助教と一緒に、信頼度の高い分光データなどを使いながら試行錯誤を繰り返し、選択基準を検討しました。最終的に $z=4-7$ の遠方銀河を 50 万個集めることに成功しました」と播金助教。50 万個の遠方銀河サンプルは当時世界最大で、角度相関関数やダークマターハローの質量を非常に良い統計精度で決めることができました。さらに $z=4-7$ で星形成効率が大きく変わらないという結果を示し、宇宙の星形成率密度の進化の物理的起源が、構造形成による増加と宇宙膨張による減少の重ね合わせで説明できるとわかりました。

「宇宙の星形成率密度の平均値が進化するということは 1997 年ごろから言われてきたのですが、物理的な起源については納得のいく説明がされてきませんでした。すばる望遠鏡/HSC をもとに苦勞して構築した非常に大きな銀河サンプルを使うことで、この起源について答えを提示することになります」。観測的宇宙論グループでは GOLDRUSH、SILVERRUSH というプロジェクト名ですばる/HSC の観測データを使った成果論文を投稿し、海外の研究者からも認

国立天文台、ロンドン大学でも研究生活 Richard Ellis 氏に師事

宇宙線研究所で博士課程を終えた播金助教は、2019 年 4 月から国立天文台 ALMA プロジェクト、その半年後からはロンドン大学で研究員生活を送りました。国立天文台では自ら提案した ALMA 望遠鏡の観測プロジェクトのデータを使った論文を投稿することができ、「自分で代表として提案した観測のデータを使い論文を書くことで、これで自分も一人前の観測天文学者になったのだ」と当時の気持ちを振り返りました。ロンドン大学では世界的に著名な天文学者の Richard Ellis 氏に師事。「Ellis 先生のサポートのおかげで、新しい研究を始めてから 6 ヶ月という比較的短期間で論文を仕上げられました。さらにジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の研究について議論ができ、これはその後採択された私たちの観測提案につながりました。海外で研究していると、海外の研究者からの認知度が上がるのも良かったです」と語りました。

2020 年 6 月に宇宙線研究所の助教に就任すると、すばる/HSC の観測データを使った研究を再開。数年が経過して観測データが蓄積されていたことで、遠方銀河のサンプルは膨れあがり、400 万個という驚くべき数になりました。論文にまとめて投稿した 8 月 2 日にちょうど長男が誕生したことに触れ、「そこから合計約 1 ヶ月の育児休暇を取りました。早く休ませてくれた観測的宇宙論グループの皆さんに感謝しています」

銀河サンプルは驚愕の 400 万個に 最遠方銀河の候補も発表

育児休暇から復帰すると、名古屋大の宮武広直准教授と協力し、すばる/HSC の大規模遠方銀河サンプルと宇宙マイクロ波背景放射の重力レンズ効果を利用し遠方宇宙における宇宙論パラメータを推定する研究論文や、早稲田大学の井上昭雄教授と 135 億年前の最遠方銀河の候補 HD1 に関する論文を発表し、2022 年にプレスリリースを行いました。

Got PhD in 2019/3

- Left Kashiwa (where I stayed for five years) and moved to NAOJ as JSPS PD



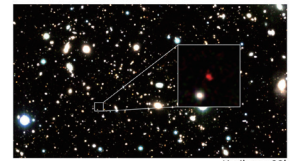
Features

修士・博士研究発表会で梶田所長(当時)から所長賞を受ける博士課程時代の播金助教

The Most Distant Galaxy Candidate

- A candidate galaxy at $z=13$ (13.5 billion years ago)
 - From ground-based telescope data (Subaru, VISTA, UKIRT)
- Press release on 2022/4 from ICRR
 - Nakamura-san's support

Akio Inoue (Waseda)



最遠方銀河の候補 HD1 発見の成果を説明するスライド

ジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の公開データを使った研究で超高インパクト論文を執筆

さらに、2021 年 12 月に打ち上げられた NASA のジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡の観測データが翌年 7 月に初公開されると、播金助教は睡眠時間を削り解析に没頭、ドイツ出張中も深夜にデータ解析を続け、3 週間足らずで最初の論文を投稿しました。今年 3 月に Astrophysical Journal Supplement Series に出版されたその論文は、ジェームズ・ウェッブ望遠鏡の初期観測データから $z \sim 9-16$ (133 億-136 億年前) の遠方銀河候補 23 個を選び出し、従来のモデル予想よりもたくさん銀河が見つかっており、この時代の星形成率密度が高いことを指摘するものでした。「世界中から一日数本という驚くべきペースで、論文がアーカイブサイトに投稿される“論文ラッシュ”でした。その中で私たちの論文は幸いなことにすでに 129 回も引用され、ありがたいことに講演の招待も数多くいただきました。去年の 7 月に寝る間を惜しんで研究を進めてよかった、と思いました」。

播金助教は最後に「私はこのように宇宙線研究所で、すばる望遠鏡、ALMA 望遠鏡、そしてジェームズ・ウェッブ宇宙望遠鏡等の非常に素晴らしい観測データを使って研究を楽しませてもらいました。こうして楽しむことができたのは宇宙線研究所のスタッフの皆さんのおかげです。特に指導教員の大内先生がいなかったら、今の私はいないだろうと大変感謝しています」と感謝の言葉を述べ、「宇宙線研究所は日本で一番研究に集中しやすい研究機関だと思っています。今後ともどうぞよろしくお願い致します」と結びました。

さらに詳しくは web ページへ。



M87巨大ブラックホールを取り巻く降着円盤とジェットの詳細撮影に初めて成功

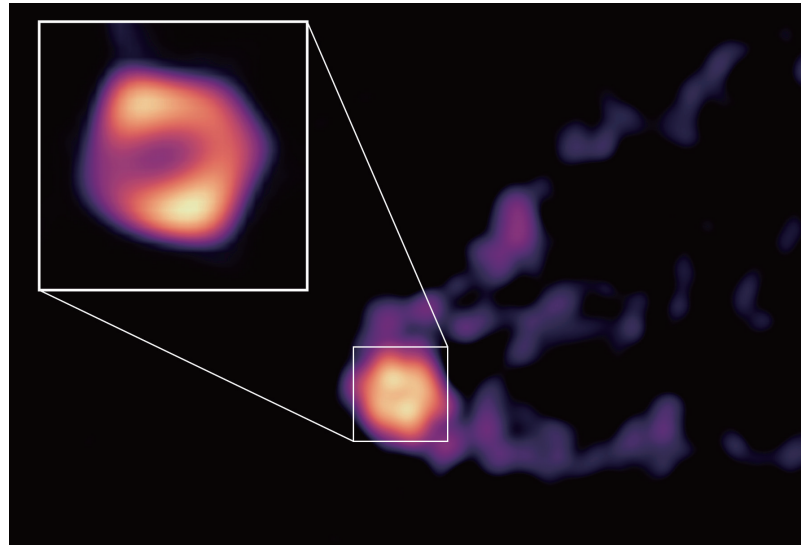


図1：波長3.5mm帯の国際電波望遠鏡ネットワークによって得られたM87中心部の電波画像。2018年4月14日から15日にかけて、グローバルミリ波VLBI観測網(GMVA)にアルマ望遠鏡とグリーンランド望遠鏡が新たに参加して観測が行われました。中心部のリング状構造が巨大ブラックホールを取り巻く降着円盤で、そこに繋がるジェットの様子も捉えられています。(画像クレジット：Lu et al. 2023; composition by F. Tazaki)

東京大学、国立天文台、八戸工業高等専門学校などの研究者が参加する国際研究チームは、波長3.5mm帯で観測する地球規模の電波望遠鏡ネットワークを用いて、楕円銀河M87の中心部を詳しく観測しました。その結果、巨大ブラックホールの周囲に広がる降着円盤の撮影に初めて成功するとともに、ジェットの根元の構造をこれまでで最も高い視力で捉えました。本成果は、巨大ブラックホールに落ち込むガスから莫大な重力エネルギーが解放される現場を初めて直接的に捉えるとともに、ブラックホールジェットの駆動メカニズム解明にも弾みがつくと期待されます。研究成果は、英国の科学雑誌『Nature』に2023年4月26日付で掲載されました。

2019年4月、イベント・ホライズン・テレスコープ(EHT)によって撮影された史上初のブラックホールシャドウの画像が公開されました。撮影されたのはおとめ座の方向約5500万光年の距離にある楕円銀河M87の中心にある、太陽65億個分の質量をもつブラックホールでした。撮影画像は光さえ脱出できないブラックホールの視覚的証拠を初めて示すとともに、銀河の中心には巨大なブラックホールが存在することを決定的にするものでした。

しかしながら、EHTの画像だけでは感度や視野の制約により、ブラックホールの周囲に広がる構造がはっきりと

はわかりませんでした。EHTが撮影した直径約0.011光年のリング状構造は「光子リング」と呼ばれる、ブラックホールに最も近いところで重力によって光の軌道が捻じ曲げられた領域を捉えたものでした。一方M87は活動銀河核と呼ばれる明るい中心核を持ち、その莫大なエネルギーの生成には「降着円盤」と呼ばれる構造が光子リングの周りに広がっていると予想されていました。またEHTより波長の長い電波を用いた広視野の観測では、「ジェット」と呼ばれる高速の噴出ガスが銀河中心部から噴出する様子が確認されています。巨大ブラックホール・降着円盤・ジェットという「活動銀河核の三種の神器」のつながりを明らかにすることが、天文学者たちの大きな宿題として残されていました。

研究チームは今回、グローバルミリ波VLBI観測網(通称GMVA)と呼ばれる地球規模の電波望遠鏡ネットワークを主に用いてM87の中心部を詳しく観測しました。波長3.5mm帯で観測するGMVAは、波長1.3mm帯で観測するEHTと相補的な役割を担う国際VLBIネットワークであり、EHTと比べ視力は半分程度ですが、より高い感度と広い視野を備えています。今回の観測では、チリのアルマ望遠鏡とグリーンランド望遠鏡が新たにネットワークに参加することで大幅にデータ品質が向上し、M87巨大ブラックホール周辺の様子がかつてない精度で明らかになりました。

「これまでではブラックホールとそこから遠く離れたジェットを別々の画像で見えていましたが、新たな波長帯を用いることでブラックホールを取り巻く詳細な構造とジェットを1枚のパノラマ写真の中に同時に収めることができました。」こう語るのは、本論文の筆頭著者で上海天文台のルーセン・ルー主任研究員です。今回の成果は2018年4月に行われた観測に基づくものであり、アルマ望遠鏡とグリーンランド望遠鏡の参加によって特に南北方向の解像度が従来のGMVAと比べ4倍以上に向上し(視力約150万)、M87中心部のリング状構造を波長3.5mmでも画像化することが可能になりました。

研究チームを驚かせたのは、波長3.5mmで測定されたリング構造の視直径は約64マイクロ秒角(0.017光年に相当)と、波長1.3mmのEHTで撮影されたリングの視

直径よりも約1.5倍大きく、また厚みもEHTのリングよりも厚いということでした。「この結果が本当なのか、研究チーム内で議論を繰り返しました。」こう語るのは、研究チームの中心メンバーで画像化を担当した東京エレクトロンテクノロジーソリューションズ株式会社の田崎文得シニアスペシャリストです。「M87の広がったジェットを除いて中心部だけを画像化しても大きくて厚いリングであることに変わりはありませんでした。他にも様々な方法を使って注意深く丁寧に検証することで、この結果は揺るぎないものであるという結論に至りました。」(田崎シニアスペシャリスト)

大きく厚いリング構造の起源を明らかにするために、研究チームはコンピュータシミュレーションを用いて様々なシナリオを検証しました。その結果、3.5mmで撮影された大きなリングは(1.3mmで撮影された)光子リングの周りに広がる降着円盤であることが結論づけられました。本研究の責任著者の一人であり、グリーンランド望遠鏡計画でプロジェクトサイエンティストを務める台湾中央研究院及天文物理学研究所の浅田圭一 副研究員は「電波望遠鏡を用いたブラックホール研究者にとって、『活動銀河核三種の神器』の最後の1ピースである降着円盤を直接捉えることは長年の悲願でした。研究立案から望遠鏡運用、観測データ解析、理論解釈に至る多くの部分で日本人を多く含む東アジアから主要な貢献ができたことはとても誇りに思います。」と興奮気味に語っています。

本研究のもう1つの重要な進展は、M87の中心部から噴出するジェットがこれまでで最も高い視力で撮影され、中心のリング状構造につながる様子を捉えたことです。研究チームのメンバーでマックスプランク電波天文学研究所のトーマス・クリッヒバーム博士は「GMVAにアルマ望遠鏡とグリーンランド望遠鏡を組合せることで向上した観測性能は、ブラックホールが駆動するジェットの形成メカニズムについても新たな観測的知見をもたらしました。」と語ります。

長年M87ジェットの理論的研究を世界的にリードし、本研究においても理論解釈を担当した八戸工業高等専門学校の中村雅徳教授は「これまでの観測に加え、今回の観測と理論的検証から、ブラックホールジェットの構造形成には降着円盤ガスの存在が不可欠であることが明らかにな

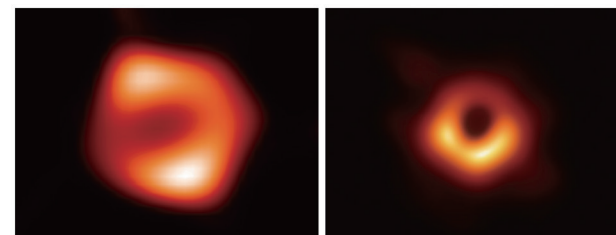


図2：波長3.5mm帯のGMVAによって今回撮影されたM87中心のリング状構造(左図)と、2019年に公開されたEHT(波長1.3mm帯)によるM87中心のリング状構造(右図)の比較。(画像クレジット：Lu et al. 2023(左図)、EHT Collaboration(右図))

りました。引き続きシミュレーション解析を進め、ブラックホールジェット形成の謎に迫りたい」と力を込めました。

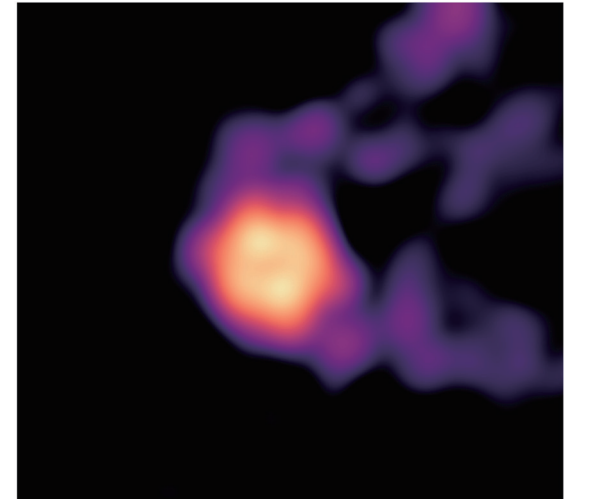


図3：リング状構造(降着円盤)と同時に撮影されたM87ジェット根元付近の様子。南側と北側から大きな開口角で噴出し、下流側(画像向かって右上方向)に向かって次第に絞り込まれていく様子が捉えられています。降着円盤付近ではその形状の詳しい解析から、ジェットを取り囲む「円盤風」(円盤から吹き上げられた低速のガスの流れ)が存在する可能性も示されました。(画像クレジット：Lu et al. 2023)

M87巨大ブラックホールに関する探求はこれで終わりではありません。研究チームはさらなる観測を続けています。研究チームのメンバーで韓国天文研究院のパク・ジョンホ主任研究員は「今後は波長1.3mmのEHTと波長3.5mmのGMVAを含む様々な波長の電波で観測画像を比較することが、ブラックホールの更なる解明に不可欠となるでしょう。」と述べています。

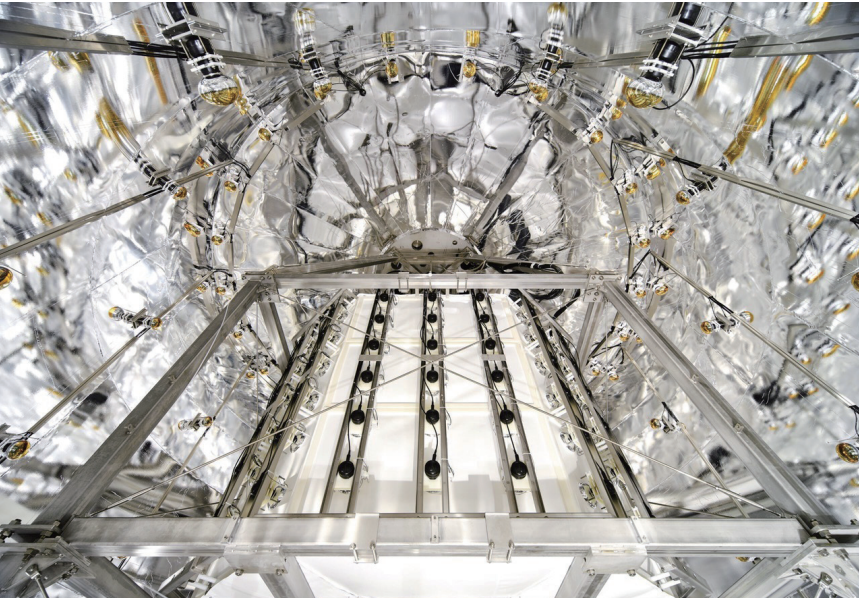
最後にルー主任研究員、浅田副研究員、クリッヒバーム博士とともに本研究の責任著者を務めた国立天文台水沢VLBI観測所の秦和弘助教は「ブラックホール研究の歴史にまた新たな1ページが刻まれました。波長3.5mm帯を用いた観測は当初私たちが予想していたよりもはるかに強力で、波長1.3mm帯のEHTとともに今後一層観測が進むでしょう。現在私たちは水沢局でも波長3.5mm帯の受信装置の開発・搭載試験を進めており、今後は日本の電波望遠鏡も3.5mm帯国際ネットワークに加わることでブラックホール・降着円盤・ジェットの動画撮影にも挑戦していきたい」と今後の抱負を語っています。

<論文情報>
<雑誌>英科学誌 Nature
<題名>“A ring-like accretion structure in M87 connecting its black hole and jet”
<著者>Ru-Sen Lu, Keiichi Asada, Thomas P. Krichbaum, Jongho Park, Fumie Tazaki, Hung-Yi Pu, Masanori Nakamura, Andrei Lobanov, Kazuhiro Hada, Kazunori Akiyama, Jae-Young Kim, Ivan Marti-Vidal, Jose L. Gomez, Tomohisa Kawashima, Feng Yuan1ら121人
<DOI>10.1038/s41586-023-05843-w

脚注などさらに詳しくはwebページへ



XENONnT 実験による 最初の WIMP 暗黒物質探索の結果



写真：光電子増倍管などが配置された XENONnT 実験装置内部
Credit: XENON collaboration (E. Sacchetti)

東京大学宇宙線研究所 (ICRR) をはじめ、東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU)、名古屋大学素粒子宇宙起源研究所 (KMI)、名古屋大学宇宙地球環境研究所 (ISEE)、神戸大学が参加する、米国・欧州・日本を中心とした国際共同実験 XENON コラボレーションは、現在稼働している暗黒物質探索実験である XENONnT 実験において、暗黒物質 Weakly Interacting Massive Particle (WIMP) 探索の最初の結果を公表し、2018 年に前身実験の XENON1T 実験が報告した制限を大きく更新する結果を得た、という報告を行いました。本結果は、XENON コラボレーションが、日本時間 3 月 22 日 22 時 30 分に、イタリア国立物理学研究所グラン・サッソ研究所で開催した特別セミナーで報告されました。

< 発表の概要 >

宇宙の質量の大半を担う暗黒物質、その候補と考えられている未知の素粒子 WIMP (相互作用の弱い重い素粒子) の直接検出を目指す XENON コラボレーションは、プロジェクトの最新段階である XENONnT 実験における最初の WIMP 暗黒物質の探索結果を公表しました。4.4 トンの液体キセノンを 97.1 日間観測した (1 トンの液体キセノンを 1 年間観測したことに相当する統計量をわずかに上

る) 初期データについて、ブラインド解析を行った結果、データは背景事象のみを含むと考えて矛盾しないことが示されました。この結果、WIMP と通常の物質との相互作用の大きさについて新たな制限を得ました。今回の初期データは、前身の XENON1T 実験が取得したデータと同程度の統計量ながら、背景事象を 5 分の 1 に減らしたことによって、結果を大幅に改善することができました。

< 発表の内容 >

XENONnT 実験は、前身の XENON1T 実験よりも 10 倍高い感度で暗黒物質を探査できるように設計されました。検出器の中核をなすのは、直径・高さ 1.5m の円筒形の気体・液体キセノンからなる 2 相式キセノン“タイムプロジェクトンチェンバー” (TPC) で、 -95°C に保たれた超高純度液体キセノンで満たされています。検出器の運転に必要な総重量 8.6 トンのうち、5.9 トンのキセノンが、暗黒物質と弾性散乱し、同時にその信号を検出するアクティブ標的として使われます。検出器は、イタリア・グランサッソ国立研究所 (INFN Laboratori Nazionali del Gran Sasso) の地下約 1,400m 深くに設置された水チェレンコフ型反同時ミュオンおよび中性子検出器の中に収められています。XENONnT 検出器は、2020 年春から 2021 年春にかけて建設され、その後試運転を行い、2021 年 7 月 6 日から 11 月 10 日までの 97.1 日間に、この最初の観測データを取得しました。

WIMP との相互作用により液相中のキセノン原子が反跳され、微弱なシンチレーション光と少量の電離電子が発生します。後者は印加電場によって検出器の上方へ誘引され、さらに一段高い電場により液相から気相へ引き出されて第 2 のシンチレーション光を発生します。ふたつの光信号は超高感度光センサーにより検出され、反跳エネルギーと反応点の三次元的位置を事象ごとに得ることができます。

暗黒物質の探索実験では、背景事象を発生する天然の放射線源を極限まで減らす必要があります。キセノン内部、検出器の部材、あるいは外部からの放射線が背景事象源となりますが、その中でも特にラドンは、検出器部材から常

に放出され削減するのは極めて困難です。XENON コラボレーションでは XENONnT 検出器の建設にあたり、ラドンの発生源となる放射性不純物を極力排除するために徹底的な部材選定を行うと共に、キセノン中に含まれるラドンを常時除去するオンラインキセノン蒸留システムを導入し、検出器中のラドンをこれまでになく低いレベルに抑えるために先駆的な技術開発を行ってきました。

もう一つの重要な放射性背景事象は、検出器部材中の放射性源により発生する中性子に寄るものです。XENONnT では新たに導入した、水槽中のキセノン断熱真空容器を取り囲むように設置された中性子反同時検出器により、中性子由来の WIMP 背景事象を識別し取り除くことで、その影響を低減しています。またこれらに加え、XENONnT 検出器は稀な反応に対してあまりに高感度であることから、最も検出が難しい素粒子の一つである (太陽・大気中から飛来する) ニュートリノですら、背景事象の一つとして考慮されています。

このような成果から、XENONnT は短い時間でとられた初期データによって、前身実験で得られた制限を向上することに成功しました。

XENONnT は、オンラインキセノン蒸留システムの改良などさらなる検出器のアップグレードによる背景事象の低減を行い、今後の数年間で暗黒物質 WIMP 探索感度を向上させながらデータ取得を続けます。

< 宇宙線研究所の貢献 >

本研究には、宇宙線研究所から森山茂栄教授 (宇宙線研究所附属神岡宇宙素粒子研究施設、カブリ数物連携宇宙研究機構、次世代ニュートリノ科学連携研究機構)、竹田敦准教授 (同左)、安部航助教 (同左)、神長香乃 (宇宙線研究所附属神岡宇宙素粒子研究施設、東京大学理学系研究科) が参加しています。この 4 人を含むグループが XENONnT 実験で研究している目的は、まさに今回発表となったテーマである暗黒物質を直接検出し、正体を解き明かすことです。

XENON 実験では、様々な種類の暗黒物質をこれまでにない感度で探索することが可能な検出器を建設し、運転することに成功しています。今回は、XENON 実験の主目的である、弱く相互作用する質量のある粒子 (Weakly Interacting Massive Particle, WIMP) の探索の最初の結果を報告したものです。WIMP は暗黒物質候補の中でも、とりわけ有力な候補です。森山教授は「新しい高感度の装置がいよいよ本格始動したことを示す成果です。この装置では、暗黒物質が稀に衝突してくる現象を探すために、装置の内部に大量の物質を用意して待つ必要があります。今回

の装置では、前進の装置に比べ、4.4 倍の物質を用意しただけでなく、暗黒物質のノイズも 5 分の 1 に減らすことに成功しました。これにより、時間をかけて観測を続けることで、暗黒物質が実際に衝突してくる現象をより感度良く観測することが可能となります。これまでのところ、暗黒物質がそのような衝突を生じるような粒子であるかどうかも分かっていないので、衝突現象が観測されれば素粒子物理学や宇宙物理学にとって重要な成果を生み、新しい研究分野を切り拓くことになります。我々宇宙線研メンバーは暗黒物質の直接観測を目指して、観測の邪魔になるノイズをさらに減らすために、スーパーカミオカンデで開発されたユニークな技術を XENON 実験に取り入れて、発見の切り札を与えることに大きく貢献しています。この技術は、今回のデータ解析にも利用していますが、これから数年間データを取得する間に、その実力をさらに発揮することが期待されます。引き続き XENON 実験の成果に注目ください。」とコメントしています。

XENON コラボレーションには、日本から名古屋大学、東京大学、神戸大学の 3 機関が参加しています。XENONnT 実験の遂行にあたっては、SK-Gd 実験の経験を活かしたガドリニウム水チェレンコフ検出技術を用いた中性子反同時検出器や、XMASS 実験で培った液体キセノン純化システムへの貢献を行っているほか、データ解析の責任者として、今回のデータ解析結果のとりまとめに活躍しています。

< 論文情報 >

論文タイトル: First Dark Matter Search with Nuclear Recoils from the XENONnT Experiment
著者: XENON Collaboration
アーカイブ: 右の QR コードからどうぞ
論文誌: Physical Review Letters
2023.6.22 付けでアクセプト
(下の QR コードから)



※ 日本グループの XENON1T 及び XENONnT 実験に関わる活動は、日本学術振興会・科学研究費助成事業 (18H03697, 18KK0082, 19H05802, 19H05805, 19H00675, 19H01920, 21H05455, 21H04466, 21H04471, 22H00127)、同研究拠点形成事業 (JPJSCCA20200002)、及び JST 創発的研究支援事業 (JPMJFR212Q) の支援を受け行われています。

脚注の説明など
さらに詳しくは
web ページへ





春の合同一般講演会をハイブリッド開催

たきたまさと たけだしんいちろう

瀧田正人教授 (ICRR)・武田伸一郎特任助教 (IPMU) の講演を 660 人が視聴

宇宙線研究所 (ICRR) とカブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU) が主催する春の合同一般講演会 (柏市教育委員会共催、柏市後援) が 4 月 22 日、柏市の柏の葉カンファレンスセンターで開催され、YouTube 中継とアーカイブ配信も含め約 660 人が、2 人の講演やクロストークに耳を傾けました。

今回のテーマは「ガンマ線で観る / 天文学と医学」で、宇宙線研究所の瀧田正人副所長 (教授) が「チベットの高原から見る宇宙: 最高エネルギーガンマ線天文学の開拓」、Kavli IPMU の武田伸一郎特任助教が「ガンマ線撮像装置開発の旅」と題し、それぞれ講演。引き続いて 2 人の対談と、会場やオンラインからの質疑応答も行われました。

瀧田教授は「ガンマ線がキーワードとなっていますが、宇宙や生命の神秘に迫りたいへん重要な研究テーマです。講演をじっくり聞いていただき、宇宙や生命の不思議さに触れ、そして楽しんでください」とあいさつしました。瀧田教授はまず長さやエネルギーの

関・121 人が参加する日本と中国の実験グループで、可視光のおよそ 100 兆から 1000 兆倍 ($10^{14} \sim 10^{15}$ 電子ボルト) のエネルギーを持つ超高エネルギーガンマ線を観測の対象にしています」と、自らが所属する実験グループを紹介しました。

瀧田正人教授「宇宙線の雑音を100万分の1に落とし、ガンマ線の信号を探索」

最初に登場した中畑雅行所長は「今年には三井不動産の特別協力を頂き、柏の葉カンファレンスセンターのワンフロア全てを使って実施できることになり、ソーシャルディスタンスを考慮しても定員を 260 人まで増やすことができました。おかげさまでオンサイトでの視聴を希望された方は全て、受け入れることができました。本日のテーマである高エネルギーガンマ線天文学による宇宙線の起源の探索、さらに硬 X 線・ガンマ線の撮像技術を活かしたがん研究

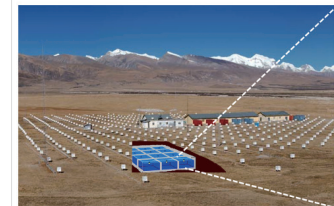
単位、物理学の専門用語について身近な具体例を示しながら丁寧に説明したうえで、「これから説明する研究成果は、中国のチベット自治区でやっているチベット AS γ 実験グループのもので、これは 33 機



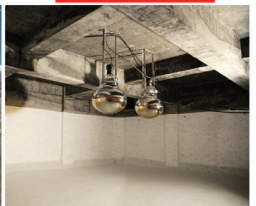
オンサイトで講演する瀧田教授



本研究の鍵となる技術



地表空気シャワー観測装置 65,700m² 多数のシンチレーション検出器



地下水チェレンコフ型ミューオン粒子観測装置(注水前) 3,400m²

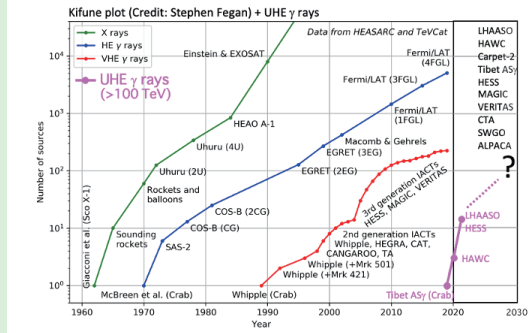
宇宙線は宇宙からやってくる放射線で、オーストリアの物理学者ヴィクトール・ヘスが 1912 年、気球による実験で初めて発見したことに触れ、「現在ではヘスが見つけた宇宙線は、陽子などの原子核であることがわかっています。これらは超新星爆発の残骸などが起源ではないかという通説がありますが、発見から 100 年以上も経つのに、これらがどこで加速されたものなのかはわかりません」と、宇宙線の起源が未だ謎であるとして、これは、電荷を持つ宇宙線は宇宙空間の銀河磁場の影響で方向を曲げられ、地球にやってくる頃には元の方向がわからなくなっているためです。一方で、宇宙線はエネルギーが高くなるほど到来の頻度が減り、4PeV のところで頻度の急減少が見つかっています。瀧田教授は「4PeV より低いエネルギーの宇宙線は銀河系内、高いエネルギーの宇宙線は銀河系外に起源を持つと推測されています。これが本当だとすると、私たちの銀河系には宇宙線を最高で 10^{14} eV (1PeV) のエネルギーまで加速できる天体『ペバトロン』が存在するはずですが、しかし、宇宙にある加速器ペバトロンの正体については、「超新星残骸や活動銀河核などの可能性が高いものの、その証拠は見つかっていませんでした」と解説しました。

出す必要がありました」と振り返りました。

宇宙線もガンマ線も大気分子と衝突して壊れ、たくさんの粒子に枝分かれする空気シャワーとなります。チベット AS γ 実験では、広い面積に分散させたシンチレーション検出器でこの空気シャワーを捉え、さらに地下に設置したプールで地下水チェレンコフ型ミューオン検出器で、ミューオンの有無を観測します。「ミューオンは透過力が高く、地下まで侵入します。ガンマ線の空気シャワーにはミューオンが少なく、逆に宇宙線の空気シャワーは多いという特徴があるので、ミューオンが少ない空気シャワーを見つければガンマ線の信号だけを見分けられるというわけです。私たちはこの方法で宇宙線の雑音を 100 万分の 1 に減らし、藁の中から針を探すようにガンマ線の信号を取り出すことに成功しました」

100TeV 超のガンマ線天文学に開いた新たな窓

この方法により、チベット AS γ 実験では、かに星雲から 100TeV を超えるガンマ線の信号を世界で初めて観測。さらに、銀河面に沿った 0.1-1PeV までの拡散ガンマ線の観測に初めて成功し、ペバトロンが銀河系内に存在した証拠であると検証し、米物理学会誌 Physical Review Letters に論文を掲載、同時に記者会見で報告したことが、ニュースで取り上げられ、大きな話題となりました。瀧田教授は「ただし、ペバトロンが銀河系内のどこにあるのかわかりません。チベット AS γ 実験で観測が可能な北天を見渡しても、それらしい元気のいい天体は見あたらないうのが現状です」と語ります。瀧田教授は、宇宙線研究所の木舟正名誉教授が作成した「木舟プロット」の最新版グラフを示しながら、「100TeV を超えるガンマ線天文学はまだ始まったばかりで、ま



超高エネルギーガンマ線天文学の始まりを示した木舟プロット (ICRC2021 資料より)

続いて登壇した武田特任助教はまず、ノーベル賞を 2 回受賞したポーランド生まれの科学者、マリー・キュリー氏を描いた漫画から 2 コマを引用。キュリー氏が 1902 年、ピッチブレンド (瀝青ウラン鉱) からガンマ線を出す金属ラジウムを取り出すことに初めて成功した場面を説明した後、自ら購入した実験用のピッチブレンドにガンマ線の検出器を近づけ、「ピー、ピー、ピー」と音が鳴ることを舞台上で実演しました。

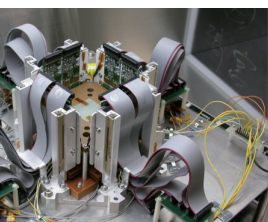
武田特任助教は「私の仕事は、ガンマ線のイメージングです。つまり、ガンマ線がどこで光っているのかを知ることです」と話し、ガンマ線を可視化するための仕組みについて説明しました。

「ガンマ線は目には見えませんが、医療用のX線撮影の時のように止めることはできません。また、ガンマ線が物質にぶつくと電子と反応して、コンプトン散乱という現象を起こし、弾かれます」と

講演をまじえて愉快に講演する武田特任助教

は、開発した医学技術の早期の実用化を目指し、IMAGINE-Xというベンチャー企業も自ら作ったことにも触れ、「物理の世界では論文を出すことが全てですが、医

武田特任助教 ガンマ線イメージングの最前線と医学応用に挑戦



武田特任助教ら作成のコンプトンカメラのプロトタイプ (Takeda et al. 2007)

エネルギーから入射ガンマ線の角度を求めることが可能で、この性質を利用してJAXA宇宙科学研究所の学生時代の2006-2009年に開発・制作したのが半導体コンプトンカメラでした。このカメラは、独創的な技術で高性能を実現している点が評価され、X線・ガンマ線を観測するNASAの大気球プロジェクトHEFTに硬X線カメラとして採用されました。しかし、カメラを積んだ2008年8月の第二回フライトが、突然の中止。JAXAのX線天文衛星プロジェクトASTRO-H「ひとみ」に採用され、半導体コンプトンカメラの技術を応用した軟ガンマ線検出器(SGD)を搭載して2016年に打ち上げられたものの、すぐに地球と「ひとみ」との通信が途絶し、わずか1ヶ月で運用を断念するという不運にも遭いました。

学生時代に開発した半導体コンプトンカメラ NASAやJAXAのプロジェクトに次々採用

宇宙観測のプロジェクトが停滞するなか、13年前ほどから細々と取り組み始めたのが、医学への応用と言います。武田特任助教は、2018年にJAXA、Kavli IPMUが設立した「硬X線・ガンマ線イメージング連携拠点」(チームリーダー・高橋忠幸教授)の中心的なプレーヤーとして、生体内のがんを高感度・高解像度で可視化する研究に加え、新しいがんの治療法であるアルファ線核医学治療のためのイメージング装置開発などに着手しました。武田特任助教

学の世界では皆さんに使ってもらってナンパなので、そのための会社を作りました。まだ社員は二人しかおらず、大変ですけど皆さんに助けられ、何とかやって来ています」とコメントしました。

生体内のがんを高感度・高解像度で可視化する研究は、がんの再発の原因となるがん幹細胞を見えるようにして治療効果を上げようとするものです。武田特任助教は実験の様子をビデオで紹介しながら説明。「がんの幹細胞に集まる分子に、ガンマ線を出すアイソトープをくっつけたものを作り、体内に投与します。アイソトープががん幹細胞に集まり、解像度の良いガンマ線のイメージング装置で撮像すると、がん幹細胞の場所が画像で読み取れます。マウスを使って実験を行った結果、うまく具合に高解像度の画像を再構成することができました。今後の課題は、がん幹細胞に集まるプローブを作ることです。アルファ線核医学治療は、ガンマ線の代わりにアルファ線を出すアイソトープ(^{211}At :アスタチンなど)をくっつけた分子を患者に投与するもので、「アルファ線ががん細胞のDNAの鎖を切断し、がん細胞だけを殺すという夢の技術で、大阪大学で治療が始まっています。この ^{211}At は硬ガンマ線を出すので、イメージングによって体内のどこに抗がん剤が集まっているのかもわかります。あのキュリー夫人もラジウムを使ったがん治療を試みましたが、こちらは抗がん剤をがん細胞

まで配達するシステムもあり、格段に進歩しています。キュリー夫人がこれを見たらびっくりすると思います」と語りました。

武田特任助教「キュリー夫人もこれを見たらびっくりすると思います」

医学への応用についての仕事が忙しくなる日常でも、宇宙観測を諦めたわけではないと言います。「実験物理学の人はそう簡単にはへこたれません。何度でもやり直すのが実験物理学者です」。武田特任助教はIPMUに移った後の2020年、名古屋大学と天体観測用のガンマ線観測装置の開発に着手しました。JAXAの大気球で高度40キロメートルの上空から天体観測を行う計画を進めているところ。さらに、NASAからベンチャー企業のIMAGINE-Xに対し、天体観測装置を発注したいとのオファーがあり、「社員が二人しかいない会社で、医学の仕事もしながら、NASAの仕事で18台も検出器を作るといのはどう考えても無理です。アルバイトの学生を雇い、制作するしかありませんが、人材を集めるのにはいつも苦労が絶えません」と経営者の悩みもこぼしました。

アルファ線核医学治療の出現



大阪大学にて ^{211}At の臨床試験がスタート(2021年11月)



宇宙・素粒子スプリングスクール 2023 4年ぶりのオンサイト開催 30人が参加

宇宙・素粒子の分野で大学院への進学を希望する大学3年生のための「宇宙・素粒子スプリングスクール 2023」が3月6日から、東京大学柏キャンパスの宇宙線研究所で4年ぶりに開催され、全国から30人が参加しました。

COVID-19の感染拡大を受け、2020年から中止や、オンラインのみの開催が続いてきた宇宙・素粒子スプリングスクールでしたが、今回はメイン会場として広い総合研究棟大会議室を貸し切り、マスク着用などの感染防止を徹底しながら、4年ぶりに柏キャンパスで開催しました。募集には全国から多数の応募が集まり、課題作文などによって選ばれた30人が、六つのプロジェクト研究に分かれ、それぞれの課題に挑みました。プロジェクト研究に選ばれなかった学生にも集中講義やプレゼンテーションのようすをZoomでオンライン配信し、質問も受け付けるという試みも行いました。

「宇宙ニュートリノ研究」グループは、スーパーカミオカンデ(SK)で使用しているものより小型(直径20センチ)の光電子増倍管2基と、大型バケツなど身近にある

材料を使って、ディレイド・コインシデンス反応(逆ベータ崩壊)を探し、過去の超新星爆発で宇宙空間に放出された超新星背景ニュートリノを検出する試みに挑戦しました。2月中旬にSKのある神岡鉱山の地下坑内に集まった学生たちは、実験装置を全員で組み立て、データの観測を開始しました。柏キャンパスでは7日間にわたって取得された観測データと、LEDによるゲイン較正、アメリカシウム/ベリウム線源とシンチレーター(Bi4Ge3O12)を使った検出効率の測定データ等の解析に取り組み、検出効率がSKの約20分の1の1%程度と求められたこと、検出効率を考慮に入れた容器内で捉えられるニュートリノ反応数の期待値から、超新星背景ニュートリノのフラックスに対する上限値を算出しました。検出効率が低い理由については、水槽の大きさが狭すぎて、反応で生じた中性子やガンマ線が、容器の外に飛び出してしまいう可能性にも言及



宇宙線研究所で博士号取得の藤本征史さん 2022年度 日本天文学会研究奨励賞を受賞

観測的宇宙論グループに所属して博士号を取得し、2019年度まで研究員を務めていた藤本征史さん(米国テキサス大学オースティン校ハッブルフェロー)が、2022年度の日本天文学会研究奨励賞を受賞しました。受賞理由となった研究テーマは「電波と可視光観測による初期銀河と銀河周辺物質の新描像の提案と確立」です。同賞は優れた研究成果を挙げている35歳以下の若手天文学研究者を対象に、年間3名以内が授与されているもので、宇宙線研究所の関係者の受賞は藤本さんが2人目となります。



2022年度日本天文学会研究奨励賞を受賞した藤本征史さん

藤本さんは、東京大学大学院理学系研究科の大学院生として宇宙線研究所の観測的宇宙論グループに所属。2019年3月に理学博士を取得したあと、宇宙線研究所と国立天文台ALMAプロジェクトの研究員を経て、2019年12月からデンマークにあるThe Cosmic Dawn CenterのDAWN Fellowに就任し、2021年1月からはMarie Skłodowska-Curie COFUND INTERACTIONS Fellowを兼務。2021年度の第38回井上研究奨励賞を受賞し、2022年4月からは米国テキサス大学オースティン校でNASAハッブルフェローとして研究を続けています。

藤本さんは在学中、国立天文台などがチリに建設したALMA望遠鏡のアーカイブデータを用いた統計的研究を進めていました。それを足掛かりに2019年12月には宇宙初期の銀河周囲に存在する巨大炭素ガス雲を発見、もともと存在していなかった重元素が銀河を超えて存在していることから、銀河形成の早い時期に、銀河内部のガスを外部

に放出する強力なアウトフローが起こっていることを世界に先駆けて示す結果となりました。The Cosmic Dawn Centerに所属していた2021年4月には、宇宙誕生後間もない新生銀河が回転によって支えられていることを発見し、宇宙線研究所とともに共同プレスリリース。さらに、藤本さんは宇宙初期の銀河だけではなく、明るいクエーサーの形成についての研究にも触手を伸ばし、2022年4月に、形成初期段階にある赤いクエーサーを赤方偏移7.19という初期の宇宙に発見、主著者として英科学誌Natureから発表しました。また藤本さんは、複数の大規模国際共同研究に入り、中心的な役割を果たし、優れたコミュニケーション能力を生かして高いインパクトをもたらす研究を行えることも示しながら、自身が研究代表者となり、ALMAだけではなく、NASAのJames Webb Space Telescopeでも、初年度の運用という貴重な枠を高い倍率を勝ち抜くなど、国際プロジェクトを多方面でリードしています。今回の受賞ではそうした、国際的な場で幅広い分野に研究を展開しながら活躍している業績も、高く評価されています。

藤本さんは今回の受賞について、「このような栄誉ある賞をいただけることになり非常に光栄です。海外の場で研究を進めれば進めるほど、今日の私は、すばるやアルマのような最新鋭の望遠鏡へのアクセス(実地観測やその最新データの活用)に留まらず、時には新たなプロジェクトを自ら立案し牽引する機会提供、そしてキャリア・年齢を問わず同じ目線で議論をたたかわせてくださる、日本の優れた天文学教育・研究の環境があったからこそだと日々感じます。引き続き、場所を問わず、世界最先端の研究を楽しみながら、私も広く宇宙物理・天文学分野の発展に貢献して、いただいたバトンを次世代に繋いでいけるよう、活動を続けていきたいです。」とコメントしています。



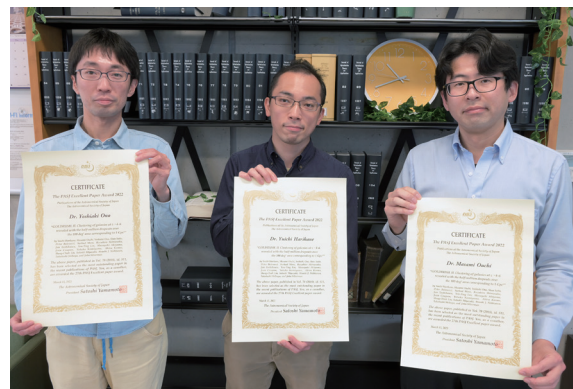
"Nature誌で報告された、爆発的星形成銀河内部で急成長中のブラックホールの兆候を示す天体「GNz7qj(右側の拡大図の中心にある赤い天体)、地球から約131億光年先で発見されました。ハッブル宇宙望遠鏡による3色の観測データを合成することで、画像に色をつけています。(クレジット: NASA, ESA, G. Illingworth (University of California, Santa Cruz), P. Oesch (University of California, Santa Cruz; Yale University), R. Bouwens and I. Labbé (Leiden University), and the Science Team, S. Fujimoto et al. (Cosmic Dawn Center and University of Copenhagen))"

詳細は Web ページを参照



はりかねゆういち おおうちまさみ おのよしあき 播金優一助教 大内正己教授 小野宜昭助教 日本天文学会欧文研究報告論文賞を受賞

播金優一助教、大内正己教授、小野宜昭助教から観測的宇宙論グループが中心となり、2018年1月に日本天文学会の欧文研究報告誌PASJに掲載された、「120億年-130億年前の遠方銀河の統計的性質についての論文」GOLDRUSH. II. Clustering of galaxies at $z \sim 4-6$ revealed with the half-million dropouts over the 100 deg² area corresponding to 1 Gpc³」が、2022年度の日本天文学会欧文研究報告論文賞を受賞したことがわかりました。この賞は、欧文研究報告PASJに過去5年に掲載された論文の中から、独創的で天文学分野の発展に寄与した優れた論文(2編以内)を対象に授与されるもので、宇宙線研究所の関係者が主著者の論文の受賞は初めてです。



観測的宇宙論グループの小野助教、播金助教、大内教授(左から)

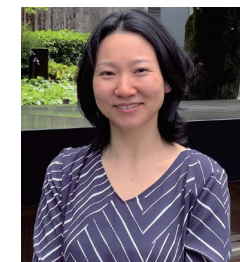
受賞対象の論文は、すばる望遠鏡 Hyper Suprime-Cam (HSC) 探査の初期観測データから、当時世界最大の約50万個の銀河のサンプルを120-130億年前の宇宙において構築し、角度相関関数をこれまでにない統計精度で測定したものです。播金助教らはこの中で、理論的な研究で予測されていた大スケールでの非線形ハローバイアス効果を初検出し、さらに銀河の星形成率と暗黒物質ハローへの物質降着率の間の関係を観測的に初めて指摘しました。さらにこの関係が、初期から現在までの宇宙全体の星形成率の進化をほぼ全て説明できることを議論し、これまで20年間の謎であった宇宙星形成史の物理的な起源について解答を提示しました。この論文は、遠方銀河の角度相関関数を高い統計精度で測定した研究の標準的な参照先として認識されており、2023年4月5日現在の非引用数は109(NASA/ADS)となっています。

播金助教は今回の受賞について、「このような賞を皆様と受賞でき嬉しく思います。本論文は宇宙線研究所に大学院生として在籍していた際に執筆した論文です。当時を振り返ると、指導教員であった大内教授、小野助教をはじめとする観測的宇宙論グループの方々、皆で協力しながらHSCデータの解析・論文執筆を進めていた様子を懐かしく思います。共同研究者の皆様、普段から研究を支えてくださる宇宙線研究所の皆様感謝いたします」とコメントしました。

詳細は Web ページを参照



2023.4.17 みやはら 宮原ひろ子・武蔵野美術 大学教授に第43回猿橋賞



優れた研究業績を挙げた女性科学者に贈られる第43回(2023年)の「猿橋賞」に、武蔵野美術大学の宮原ひろ子教授が選ばれたことがわかりました。宮原教授は、名古屋大学大学院理学系研究科・博士課程(後期課程)を修了後、学振研究員などをを経て、2008年から4年半、宇宙線研究所の特任助教を務め、2013年から武蔵野美術大学造形学部の教員となり、2021年から教授を務めています。専門は太陽物理学、宇宙線物理学、宇宙気候学です。猿橋賞を主催する一般財団法人「女性科学者に明るい未来をの会」が、宮原教授の受賞理由に掲げた業績は、「太陽活動の変動のメカニズムおよびその気候への影響

に関する研究」です。宮原教授は、長寿命の屋久杉などの年輪を1枚ずつ剥がし、そこに含まれるごく微量の炭素14の量を測定することで、太陽活動の基本周期(およそ11年)の長さがどのように変化するかを高い精度で復元することに成功し、太陽活動の長期変動のプロセスについての手がかりを得ました。また、宇宙線変動にみられる倍周期(およそ22年周期)が中世温暖期や小氷期の気候変動に現れていたことも明らかになりました。主催団体は宮原教授について、「宇宙気候学の研究ネットワークを全国的に拡大・発展させる一方、子ども向けの本を出版するなど、一般の読者や子供たちに科学や研究の面白さを伝えている」と高く評価しています。

宮原教授は今回の受賞について、「このような大変重みのある賞をいただけることになり、身の引き締まる思いであります。宇宙線研究所に在籍していたときに様々なことに挑戦させていただけたことが、現在の成果につながっています。これまで研究を進めるにあたって、サポートくださった先生方、応援くださった先生方に、心から感謝申し上げます。今後は、宇宙線と気候変動との関係性をさらに突き詰めていきたいと考えております。」とコメントを寄せています。

詳細は Web ページを参照



チベット実験・ALPACA実験の加藤勢さん 東京大学理学系研究科研究奨励賞を受賞

チベット実験・ALPACA 実験グループの加藤勢さんが、2022年度の理学系研究科研究奨励賞を受賞し、3月23日、本郷キャンパスの小柴ホールで開かれた学位授与式で、博士の学位記と研究奨励賞の賞状を授与されました。



学位授与式を終え、安田講堂をバックに笑顔を見せる加藤さん

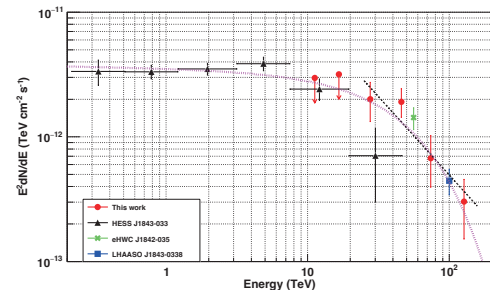
加藤さんの修士課程における研究テーマは、南半球ボリビアのALPACA実験でした。チベット実験と同様の宇宙線の空気シャワー実験を南半球でも実現するため、宇宙線研究所などがボリビアのチャカルタヤ山に設置したばかりの小型アレイALPAQUITAに関するモンテカルロシミュレーションを行い、設計の最適化と性能評価を実施しました。加藤さんはALPAQUITAの性能を丁寧に調べ上げ、修士論文で最適な設計を確定。ALPAQUITAによる1年間の観測でも、複数の重要な天体からsub-PeVガンマ線を検出できることを示し、英国天文学誌Experimental Astronomyに発表しました。さらに、2020年から2023年までとCOVID-19の時期とちょうど重なった博士課程では、チベット実験のデータ解析に専念。HESS J1843-033というガンマ線天体に着目し、データ解析と先行研究を加味した考察を行った結果、近くの超新星残骸G28.6-0.1で加速された宇宙線が、周辺の



ボリビアにあるALPACA検出器の写真。既にデータ取得を開始しており、シンチレーション検出器を格子状に並べて、宇宙線と大気との反応で生じる空気シャワーを観測しています。

分子雲と衝突し、ガンマ線を生じている可能性を提唱しました。さらに、この超新星残骸による宇宙線の最大加速エネルギーを0.5PeVと見積もり、過去にペバトロンだった可能性も指摘。その成果を、米国天文学誌Astrophysical Journalに投稿・掲載しています。

今春からは宇宙線研究所の特任研究員(ICRRフェロー)となった加藤さんの今後の研究テーマは、sub-PeV(100TeV以上)のガンマ線観測によるPeV宇宙線加速天体の探索です。宇宙線研究所は2021年4月、チベット実験の観測で最高1PeVのガンマ線が天の川銀河の方向に分布していることを確認し、銀河系内にペバトロンがあるという証拠を発見したとプレス発表し、大きなニュースとなりましたが、加藤さんの研究テーマはまさにこの分野で、現在、宇宙線研究にとって大変重要な研究分野となっています。



チベット実験のデータ解析から得られた、HESS J1843-033の方向からくるガンマ線のエネルギースペクトル。100TeVを超えるエネルギー領域までのスペクトル観測に初めて成功しました。

研究奨励賞を受賞した加藤さんはこの日、受賞の喜び、さらには今後への抱負について、「私の研究を注目していただけたことについて、とても嬉しく思っております。私の博士論文の研究は、これまでにチベット実験に関わってこられた方々全ての貢献があって可能となったものです。このような方々への感謝の気持ちでいっぱいです。また、ALPACA実験ではこれから南半球の空を開拓してゆく予定ですが、果たして南天にどのような面白い世界が待ち受けているのか、とても楽しみです、そのフロンティアの開拓に自分も関わっていることに、大きな喜びを感じます。今後も、チベット実験・ALPACA実験と、宇宙線物理学の発展に少しでも貢献していけるよう、研究に邁進してゆきたいと思っております」と語りました。

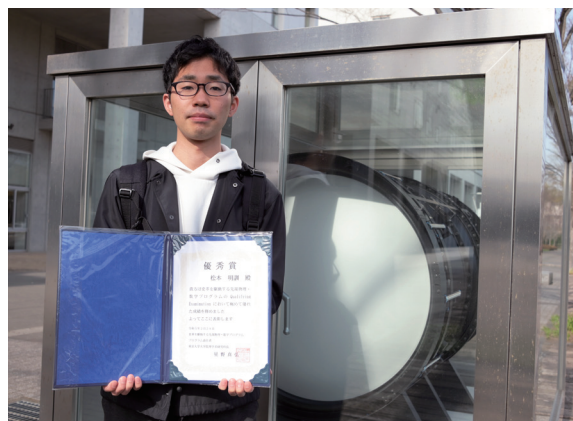
詳細はWebページを参照



観測的宇宙論の松本明訓さん 梅田滉也さん 卓越大学院プログラム(FoPM)のQE優秀賞

東京大学の国際卓越大学院教育プログラムの一つ「変革を駆動する先端物理・数学プログラム(FoPM)」の大学院生で、観測的宇宙論グループに所属する松本明訓さんと梅田滉也さん(修士2年/現在は博士1年)が、博士後期課程でのプログラム履修に必要なQualifying Examination(QE)に合格、優秀賞を受賞しました。

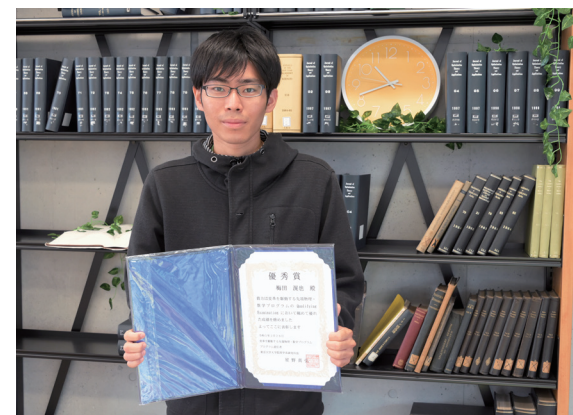
国際卓越大学院プログラム(WINGS—World-leading Innovative Graduate Study Program)は、高い研究力と専門性をもって人類社会に貢献する博士人材を育成するため、東京大学の研究科等が連携し、修博一貫(又は学修博一貫)の学位プログラムとして展開しているものです。テーマ別に20のプログラムがあり、2人は理学系研究科、工学系研究科、数理科学研究科が運営する「変革を駆動する先端物理・数学プログラム(FoPM)」(日本学術振興会の卓越大学プログラムに2019年度採択)の大学院生です。



観測的宇宙論グループの松本明訓さん

松本さんの研究テーマは「すばる望遠鏡の分光観測で探る原始ヘリウム存在比と宇宙論の検証」です。すばる望遠鏡のHSC探査から得られた極金属欠乏銀河5つを、先行研究の3つに加え、分光観測の結果を検証したところ、原始ヘリウムの存在比(He/H)が0.2370と従来より低く、素粒子の標準理論から大きく外れた結果を得たというもので、理論グループが提案するレプトン非対称性のモデルで説明ができる可能性があるとの論文を、米国の天文学誌Astrophysical Journalに投稿し、すでに掲載されています。松本さんは今回の優秀賞を受け、「指導教官の大内先生や助教の皆さんをはじめ、多くの先輩方に、解析方法などを丁寧に教えていただいたおかげです。理論グループの川崎先生には定期的にゼミにも参加させてもらい、ビッグバン直後の元素合成がどのように関わるか

なども教えていただき、とても今回の研究に役立ちました。今回の結果は、まだ2σ程度の精度しかないので、もっとサンプルを増やして決定的な議論ができるようにしたいです。将来は、アイデアを持って観測し、大きな発見を続けてきた大内先生のような研究者を目指し、いろいろな研究にチャレンジしていきたいです」と抱負を語りました。



観測的宇宙論グループの梅田滉也さん

梅田さんの研究テーマは「すばる望遠鏡の可視撮像分光で探る宇宙再電離史と電離源」です。すばる望遠鏡などの観測データから選り出した比較的近傍にある極金属欠乏銀河(EMPG)3つの可視光輝線や強いHe II輝線から、EMPGの電離スペクトルの形状を導き出したもので、こうした高エネルギー電離源がビッグバンからの宇宙年齢で10億年までに起きたとされる宇宙再電離でも寄与した可能性に言及しました。この成果は、2022年4月に米国の天文学誌Astrophysical Journalに掲載されています。梅田さんは今回の優秀賞を受け、「指導教官の大内先生や研究室の先輩の皆さんにコメントをもらいながら研究できたおかげで受賞できました。現在は遠方銀河の光度関数と空間分布から、銀河間にある水素ガスの中性状況を調べ、どのように宇宙再電離が進んだかを調べています。人間が生まれるずっと前に起きたこと、宇宙がどのように形成されてきたかが、観測データを見ることで調べることができる点が面白く、とてもワクワクします。大内先生や播金先生のような遠方銀河の研究者になることを目指し、努力していきたいと思っております」と抱負を語りました。

詳細はWebページを参照



2023年6月13日 シニアフェローの佐川宏行名誉教授 がシニア向けのイベントで講演 テレ スコープアレイ実験について語る

テレスコープアレイ実験グループの佐川宏行名誉教授(シニアフェロー)が6月13日、都内で開かれたビューティフル・エイジング協会(BAA)主催の「お話の会」に招かれて登壇し、アメリカユタ州で展開中のテレスコープアレイ実験の概要について報告し、東京大学の学部生を対象に行った海外体験活動プログラムの取り組みについても触れました。

同協会は、人材育成、調査・研究、指導・相談、情報収集・提供、交流事業などの活動を通じ、全年齢層のビューティフルエイジング(豊かで有意義な人生を送る)を目指す一般社団法人で、この日、千代田区の星稜会館で開かれた「お話の会」には、長年勤めた企業団体などを退職し、第二の人生を楽しむ中高年の会員12人が参加しました。

登壇した佐川名誉教授は、子供の頃から野球や卓球など運動が好きだったこと、高校入学前の春休みに熱心に勧誘された

ことをきっかけに柔道部に入学し、進学先の東北大学でも柔道に打ち込み、インカレ東北大会中量級で優勝したこと、BAAの「お話の会」を主催されている方が、大学の柔道部の先輩であったということで今回のお話の会に招かれることになった経緯を説明しました。

また、高校時代は物理の教師の授業がとて面白く、「その先生の『君らもノーベル賞を取れるよ』という口癖に乗せられ、同じ学年で物理に進んだ学生が多かったです」と佐川名誉教授。東北大学では4年生から素粒子物理の実験の研究室に所属し、理学博士を取得し、1985年に高エネルギー物理学研究所(現在の高エネルギー加速器研究機構)に就職、つくば市大穂にある周長3キロの粒子加速器を利用し、標準理論の検証やトップクォークの探索などを目的としたトリスタンAMY実験、さらに同じトンネルを利用して新たに組み上げたKEKB加速器で、B中間子を大量に作り、物質と同じ量だけ生まれた反物質が消えた謎を探る Belle 実験に参加しました。2004年2月に現職場である東京大学宇宙線研究所に異動し、テレスコープアレイ実験に参加。現在7カ

国約140人の研究者が参加するコラボレーションで、2015年から2023年3月末に退職するまで、宇宙線研究所のテレスコープ実験グループの代表として、また2011年から2017年までは、コラボレーションの共同研究代表者として実験を率いてきました。

佐川名誉教授は、宇宙線について「宇宙に存在する高エネルギー放射線(一次宇宙線)と、それらが地球大気に入射し、大気中の窒素や酸素と反応し、たくさんの粒子(二次宇宙線)を作り出す空気シャワーの2種類があります」と前置きし、テレスコープアレイ実験について、宇宙線の中でもエネルギーが特別に高い最高エネルギー宇宙線が作る空気シャワーを地表から観測し、①宇宙線のエネルギーがどこまで高いのか、②最高のエネルギーを持つ宇宙線がどこから来るのか、③どんな粒子か——を探ることが目的と説明。ユタ州の広大な砂漠に実験装置(700平方キロに507台の地表粒子検出器と3か所の大気蛍光望遠鏡ステーション)や、ヘリコプターを使った設置作業の様子を写真やビデオで紹介しました。



1 佐川宏行元教授に対する名誉教授の称号は、2023年6月13日で授与されることが決定しました。

2023年6月5日 梶田隆章教授の2015年ノーベル物理学賞 受賞理由となった大気ニュート リノ振動の発表から25年

25年前の1998年6月5日、岐阜県高山市で開催されたニュートリノ国際会議において、梶田隆章博士が大気ニュートリノについての観測結果を発表しました。そのタイトルは、「Atmospheric neutrino results from Super-Kamiokande & Kamiokande - Evidence for Neutrino oscillations-」「スーパーカミオカンデとカミオカンデ実験における大気ニュートリノの結果—ニュートリノ振動の証拠—」。



発表ではまず、カミオカンデで観測された、電子ニュートリノとミューニュートリノの数の比が理論値と異なり、ミューニュートリノの数が少ないこと、さらに方向依存性があり検出器に上向きに入ってくるミューニュートリノの数が少ないことなどを示しました。その後スーパーカミオカンデのデータによる解析結果を示し、統計的に明らかに地球の裏側から飛んできたミューニュートリノの数が減っており、それがニュートリノ振動によるものであることを示す有力な証拠であると結論付けました。

梶田博士の発表の後、会場の研究者から拍手喝采が沸き起きました。ニュートリノ振動は、ニュートリノ質量を持たなければ起きない現象です。それまでの素粒子の理論ではニュートリノの質量はゼロだと考えられており、この発見は当時の常識を超えたもので、新しい物理への扉を開くものでした。そしてこの功績が認められ、梶田博士は2015年ノーベル物理学賞を授賞されました。

この発見から25年、スーパーカミオカンデは観測データを着実に増やし、観測精度を上げてきました。データ数が増えることにより、より精密にニュートリノ

振動を理解できるようになりました。今後ハイパーカミオカンデの観測が始まれば、観測数は飛躍的に増加し、これまで見えて来なかった新しい物理が見えてくると研究者は期待しています。(神岡宇宙素粒子研究施設のWebページより)



2023年5月25日、6月21日 KAGRAがO4観測運転を開始

大型低温重力波望遠鏡KAGRAは5月25日0時にO4観測運転を開始。4週間後の6月21日午前8時にO4aとしての観測運転を終え、感度向上作業を再開しました。得られたデータの解析は現在行われています。来春、より高い感度で再び観測運転を行う予定です。(重力波観測研究施設のWebページより)



2023年6月7日 ハイパーカミオカンデ実験の第7回予算検討会議(HKFF) 参加15カ国が進ちょく状況や予算措置について議論

2027年の実験開始を目指して建設が進められるハイパーカミオカンデ計画(以下HK)について、実験に参加する関係各国が参加する第7回予算検討会議(HKFF)が2023年6月7日、東京大学本郷キャンパスで開かれました。HKFFは、2019年6月に開かれた第2回以降、COVID-19の感染拡大の影響でオンラインのみで開催されており、国内で開かれるのは4年ぶりとなります。日本を含めて15カ国(オンライン参加を含む)から政府機関関係者および研究者を加え約60人が参加し、計画の進ちょくや今後新たに必要となる予算などを確認。翌8日には岐阜県飛騨市神岡町にある建設中の現地サイトを初めて視察しました。

ハイパーカミオカンデは、現行のスーパーカミオカンデ(以下SK)の約8倍の有効質量を持つ巨大水タンクとそのタンクの中に並べる超高感度光センサーとそのタンクの中に並べる超高感度陽子加速器(茨城県那珂郡東海村)により生成するニュートリノビームを組み合わせた国際科学事業で、陽子崩壊の発見やニュートリノのCP対称性の破れ(ニュートリノ・反ニュートリノの性質の違い)の発見、超新星爆発によるニュートリノの観測などを通じ、素粒子の統一理論や宇宙の進化史の解明を目指します。同

事業は2020年2月、日本で最初の予算が成立して正式にスタートし、これまで地下空洞の掘削や新型光センサーの製造、J-PARC大強度陽子加速器の増強などを進めてきました。一方で、各国政府による予算措置も順調に進んでおり、これまでイタリア、英国、カナダ、韓国、スイス、



スペイン、ポーランド、モロッコからの予算の措置が確定。このうちポーランド、スペインの間では、それぞれホスト機関である東京大学、高エネルギー加速器研究機構を含めた三者間での覚書が締結され、ハイパーカミオカンデ実験の推進に向けた正式な協力が約束されています。

この日のHKFFは、伊藤国際学術研究センター

地下2階の伊藤謝恩ホールを会場にハイブリッド形式で開かれ、日本も含め19カ国の研究者や予算の担当者およそ40人が出席。ハイパーカミオカンデ実験の計画や建設工事の進ちょく、予算状況について議論が交わされました。

開会の挨拶に立った東京大学次世代ニュートリノ科学連携研究機構(NNSO)の梶田隆章機構長(東京大学宇宙線研究所教授)が、「コラボレーションは今や21カ国・500人以上に増え、世界一の実験施設を実現させるための国際協力が不可欠になっています。本日はプロジェクトの最新状況を共有し、各国の取り組みや今後の方針について議論したいと思います」などと述べると、東京大学の藤井輝夫総長は「本プロジェクトに十分な予算を確保するため、東京大学は文部科学省と密接に連携してきました。(中略)東京大学自身も、大学債によって85億円をこのプロジェクトのために確保しています。(中略)しかしながら、検出器そのものや読み出し用の電子回路など実験装置に不可欠な部品で、どの国が予算を拠出するか決まっていなかったものが残っており、こうした議論ができるだけ速やかに決着することを望んでいます」と期待を語りました。

この日のHKFFは、伊藤国際学術研究センター

た。東京大学と並ぶホスト機関、高エネルギー加速器研究機構の山内正則機構長は、「KEKはJ-PARCの大強度陽子加速器のビームパワーを1.3メガワット(MW)に引き上げるための改良に加え、中間検出器(IWCD)の建設に向けた準備など最大限のサポートを行なっています。世界中のニュートリノ研究者が結束し、新たな科学的成果を得られるようご理解とご協力をお願い致します」などと呼びかけました。また、文部科学省の大学研究基盤整備課の黒沼一郎課長は「日本政府としては、本計画の実現に向け、これまでに総額約206億円の予算を措置しており、引き続き、本計画の実現に向け、今後予定されている国際協力が円滑に進むよう最大限の支援をしていきます。また、国際貢献の実現に向けた正式な手続きとして、覚書の締結が始まったことを歓迎しており、ホスト機関のこのような取り組みが円滑に進むよう支援していきます」と語りました。

続いて、宇宙線研究所の中畑雅行所長が、ポーランド、スペインとの間で実験推進に係る覚書が締結された様子や、ハイパーカミオカンデのトンネル掘削が順調に進み、検出器を納める大空洞上部のドームの直径が、SKの直径である40メートルを超えて52メートルに達したことなどを報告。プロジェクト共同代表の塩澤真人教授(宇宙線研究所)らは、海外各国が予算措置を決定したことに感謝の意を示したうえで、外水槽の検出器とデータの読み出し用の電子回路の設置、さらにIWCD建設などで予算が不足

しており、早急に解決策を探る必要があることを報告し、各国に協力を要請しました。

参加14カ国がコメント 財政監視委員会HKFOPへ移行の方針

プロジェクト運営サイドからの進ちょく状況の報告に続いて、アルメニア、オーストラリア、ブラジル、カナダ、フランス、イタリア、韓国、メキシコ、モロッコ、ポーランド、スペイン、スイス、英国、アメリカの各国代表が、参加する研究者の人数や予算獲得の見通しなどについてコメントを発表しました。

終盤の討論では、措置が必要となる予算を各国でどのように分担していくかについて話し合い、不足している予算については、2027年の実験開始に間に合わせるため、可能な限り早期に、できれば2023年度中に目処をつけるべく、各国が努力していく方針を決めました。また、今後はHKFFに代わり、各国の予算配分機関の責任者が出席するハイパーカミオカンデ計画財政監視委員会(HKFOP)を設置し、建設や維持運転の分担方法や財政計画の合意形成を確実に進めていく方針が提案されました。次回のHKFFは早ければ今年の冬、HKFOPに移行して開催されることになる見通しです。

翌8日に行われたHKの現地視察など詳細はUTokyo FocusのWebへ



2023年6月30日 ICRR要覧2023を刊行しました

宇宙線研究所は6月30日、2023年度版のICRR要覧のWeb版を刊行しました。QRコードから閲覧ください。印刷版も7月には刷り上がり、宇宙線研究所内で配布を始めます。必要な方はICRR広報室までご連絡ください。



Information

人事異動

発令日	氏名	異動内容	職
5.3.31	木村 誠宏	定年退職	教授
5.3.31	佐川 宏行	定年退職	教授
5.3.31	手嶋 政廣	定年退職	教授
5.3.31	衣川 智弥	退職	助教
5.3.31	永島 伸多郎	任期満了	特任研究員(研究所研究員)
5.3.31	大村 匠	任期満了	特任研究員(研究所研究員)
5.3.31	篠原 昌延	任期満了	技術職員
5.3.31	小林 良一	任期満了	技能補佐員
5.3.31	山末 亜紀子	転出	上席係長
5.3.31	佐伯 祐哉	転出	係長
5.4.1	野田 浩司	委嘱	客員准教授
5.4.1	Bronner Christophe Pierre Yves	採用	特任助教
5.4.1	大島 仁	採用	特任研究員(ICRRフェロー)
5.4.1	加藤 勢	採用	特任研究員(ICRRフェロー)
5.4.1	川島 朋尚	採用	特任研究員(研究所研究員)
5.4.1	小林 志鳳	採用	特任研究員(研究所研究員)
5.4.1	YEUNG Kin Hang	採用	特任研究員(プロジェクト研究員)
5.4.1	佐川 宏行	採用	特任研究員(短)
5.4.1	木村 誠宏	採用	特任専門員(短)
5.4.1	小泉 智佳子	採用	技術補佐員
5.4.1	篠原 昌延	採用	技術補佐員
5.4.1	海老澤 裕	採用	技能補佐員
5.4.1	今西 秀典	採用	技能補佐員
5.4.1	青山 尚平	受入開始	協力研究員
5.4.1	稲田 知大	受入開始	協力研究員
5.4.1	大村 匠	受入開始	協力研究員
5.4.1	申 興秀	受入開始	協力研究員
5.4.1	深見 哲志	受入開始	協力研究員
5.4.1	安部 清尚	受入開始	学振特別研究員
5.4.1	生井 弘毅	転入	係長
5.4.1	矢崎 恵一	転入	主任
5.5.1	牛場 崇文	昇任	准教授
5.5.1	高木 明子	採用	事務補佐員
5.5.15	上川渡 理絵	退職	事務補佐員
5.5.31	PENA ARELLANO FABIAN	退職	学術専門職員
5.6.1	霜田 治朗	採用	特任助教
5.6.14	Playfer Stephan Michael	採用	特任教授(外国人客員)
5.6.26	Di Lodovico Francesca	採用	特任教授(外国人客員)
5.6.30	申 興秀	受入終了	協力研究員
5.6.30	吉田 拓人	転出	係長
5.6.30	赤井田 洋平	転出	主任
5.7.1	小川 千都世	採用	事務補佐員
5.7.1	PENA ARELLANO FABIAN	受入開始	協力研究員
5.7.1	北野 彩乃	転入	係長

(2023.3.11 ~ 2023.7.1)

ICRR Seminar

2023.3.30
Hiroyuki Sagawa (ICRR) “Ultra-high-energy cosmic rays – status and perspective”

2023.4.4
Yuhang Zhao (APC, France) “Experiment efforts to go beyond the standard quantum limit in gravitational wave detectors”

2023.4.6
Anatael Cabrera (IJPLab) “SuperChooz Exploration: Reactor & Solar Neutrino Physics”

2023.4.17
Kumiko Kotera (Institut d’Astrophysique de Paris) “Towards EeV Neutrino Astronomy with GRAND”

2023.7.5
Marta Ewelina Babicz (U. Zurich) “Design and Optimization of the SiPM Array for Event Reconstruction in the DARWIN Experiment”

2023.7.6
Saul Alonso Monsalve (ETH Zurich) “Machine learning for neutrino experiments”

2023.7.10
Jiro Shimoda (ICRR) “Roles of Cosmic-Rays in Astrophysics: The History of Our Galaxy”

ICRR NEWS No.116 2023 SPRING-SUMMER

編集・発行：2023年7月10日 東京大学宇宙線研究所広報室

住所 〒277-8582 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
TEL 04-7136-3102 (代表)
E-mail icrr-pr@icrr.u-tokyo.ac.jp
URL www.icrr.u-tokyo.ac.jp



東京大学
宇宙線研究所
Institute for Cosmic Ray Research

ICRR NEWS No.116
2023 SPRING-SUMMER

編集・発行：2023年7月10日 東京大学宇宙線研究所広報室