

宇宙線研究所の今を伝える

ICRR NEWS

Explore Universe and Elementary Particles with Multi-Messengers.

No.
104

2019
WINTER & SPRING

Contents

■ Features

- 01 **130 億年前の宇宙における
大規模構造と銀河形成の謎に迫る**
日本学術振興会賞、日本学士院学術奨励賞をダブル受賞
観測的宇宙論グループ主宰
大内 正己准教授に聞く



■ Reports

- 08 **テlescopeアレイの TAx4 拡張工事
地表粒子検出器 (SD) の設置
極寒の中ではじまる**
2019年2月18日から米国ユタ州デルタ市郊外で



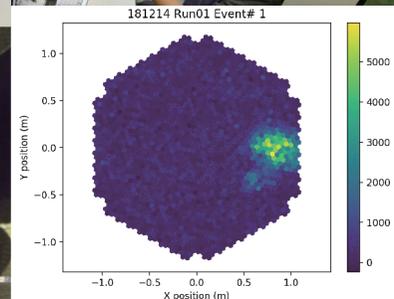
■ Topics

- 12 スーパーカミオカンデの実験 ほぼ半年振りに再開
12 ハイパーカミオカンデ 予算検討会議 (HKFF) を初開催
12 CTA 大口径望遠鏡 (LST-1) がチェレンコフ光を初観測
12 CTA 南半球サイトの建設に向けた覚書に調印
12 菅原悠馬さん (博士課程2年) IAU シンポで "ポスター優秀賞"
13 ICRR が国際共同利用・共同研究拠点に認定、研究公募はじまる
13 CTA LST-1 に EI Suplemento の 21 世紀テクノロジー賞



■ Information

- 13 人事異動
13 ICRR Seminar





Features

130 億年前の宇宙における 大規模構造と銀河形成の謎に迫る

日本学術振興会賞、日本学士院学術奨励賞をダブル受賞

観測的宇宙論グループ主宰 大内 正己准教授 に聞く

観測的宇宙論グループを主宰する大内正己准教授が、第15回(2018年度)日本学術振興会賞ならびに日本学士院学術奨励賞を受賞しました。受賞の理由は「ライマン・アルファ放射体を用いた初期宇宙の観測研究」で、大内准教授が大学院生だった2001年にすばる望遠鏡で観測を始めて以来、20年近く取り組み続けてきた宇宙初期の銀河の研究が、学界に大きなインパクトを与えたことを評価されたものです。その研究の一つが、大内准教授がリーダーの日米欧の共同研究チームにより、2005～2007年の観測で発見された130億年前の巨大銀河「ヒミコ」です。ヒミコは、同時代の銀河と比較して10倍以上も大きく、明るく、質量が太陽の数百億倍もある特異な銀河で、銀河形成初期に存在したこと自体が驚くべき事実だったため、研究者の間で高く評価されるとともに、世界23カ国で500以上のメディアに取り上げられました。

観測的宇宙論グループは、多くの優秀な学生が所属を希望する人気の研究グループで、新しい仲間が毎年増え、宇宙線研究所でも大きなチームに成長しています。そのリーダーでもある大内准教授に、今回の受賞の感想や今後の抱負などをうかがいました。

Features

——受賞の感想について聞かせてください。

◆この20年間、私は日本、そしてアメリカで宇宙の進化を調べる研究に打ち込んできましたが、この努力が実を結び、このような賞を頂けたことは大変光栄なことだと思います。

私の研究に不可欠だったすばる望遠鏡の主焦点カメラを開発し、私を導いてくださった恩師の岡村定矩先生をはじめ、この研究へと誘い、長きに渡り惜しみない支援をくださった山田亨先生と嶋作一大先生、家正則先生に心より感謝申し上げます。さらに、知的好奇心による自由な研究活動を支えて下さる梶田隆章先生、世界最高峰をともに夢見て、日々努力を惜しまず研究に励む大学院生と研究員の皆さん、常に私を支えてくれる妻と家族に厚くお礼を申し上げたいと思います。



東京・台東区の日本学士院で開かれた授賞式の様子

——宇宙への興味はいつからでしょうか。

◆私と宇宙の出会いは、小学1年生のときに読んだ1冊の本でした。そこに描かれていたのは、46億年前というはるか昔に起こった、地球誕生の様子です。宇宙に浮かぶ岩石の惑星に、やがて大気ができ海が生まれたことが、イラストを使って解説されていました。本を読んだ直後、私は感動のあまり涙が止まらなくなりました。部屋から飛び出してベランダで目にした、草木の緑の美しさと、本に描かれた漆黒の闇に浮かぶ岩石だらけで隕石が降る原始地球との違いに、さらに心を揺さぶられたことを覚えています。それから月日が流れ、中学2年生の頃に科学雑誌「ニュートン」で何度も登場していた宇宙の記事や解説を読み、将来は天文学者になろうと決めました。

すばる望遠鏡の Sprime-Cam と " 格闘 "

——学生時代の思い出はありますか。

◆天文学者になることを志し、1999年に大学院入学後に所属したのが、観測的宇宙論の研究で有名な岡村定矩先生の研究室で、すばる望遠鏡に搭載する主焦点カメラ (Suprime-Cam) を開発していました。Suprime-Cam は、非常に広角のカメラで、当時のハッブル宇宙望

遠鏡やケック望遠鏡よりも大きい視野をもつユニークなカメラです。

大学院2年生だった当時の私は、開発グループの一員として、マウナケア山頂のすばる望遠鏡に通い、試験のお手伝いをしました。マウナケア山頂は標高4200メートルと富士山を超える高地なので、空気が薄く、酸欠になります。物を持って運ぶだけでも息が切れますし、次第に頭も痛くなってきます。毎日のように作業し、1週間後ようやく Suprime-Cam をすばる望遠鏡に装着して、夜空の画像を撮ったのですが、全体的にゆがんだ画像ばかりが撮れてしまい、原因もわからず、試行錯誤を毎晩繰り返しました。10日を過ぎてもゆがんだ画像の理由は分からず、ずっと空気が薄いところで生活してきたからか、軽い筋肉痛のような痛みを腕や足に覚え、乾燥のため何度も鼻血を出してしまう仲間もいました。

このときの装置の問題は、焦点面の傾きを制御するシステムを調整し、ようやく3週間目に解決し、Suprime-Cam がすばる望遠鏡の観測装置として立ち上がっていきました。しかし、大学院で研究室に入った頃は、ちゃんと研究ができるのが、研究室の選択を誤ったのではないかと不安の日々を過ごしたことを覚えています。

130億年前のライマン・アルファ放射体

——受賞の理由になったライマン・アルファ放射体の観測について教えてください。

◆最初に浮かんだアイデアは、すばる望遠鏡の観測で手が届く最も遠い宇宙を、これまでにない広い範囲で調べるというものです。このため、すばる望遠鏡の Suprime-Cam に「狭帯域フィルター」を取り付け、当時の観測限界の130億光年彼方の強いライマン・アルファ放射を出す銀河、ライマン・アルファ放射体を見ようと考えたのです。しかし、130億光年の彼方のライマン・アルファ放射体はとても暗く、大型望遠鏡のすばるでも長い時間をかけて露光をかけないとシグナルを捉えることができません。国立天文台ハワイ観測所が、そのような観測時間がかかるプロジェクトを、当時まだ大学院生だった私のグループに認めてくれるとは思いませんでした。そこで、ライマン・アルファ放射体に対して、確実に検出できる117~128億光年彼方を狙う研究計画 (B計画) と、より遠い130億光年彼方を探る研究計画 (A計画) に分けて進めることにして、賛同してくれる研究者を募ったのです。



大学院修士時代の大内准教授

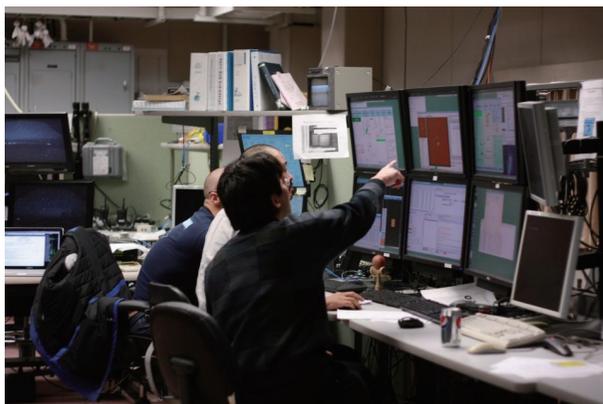
※ ライマン・アルファ放射体

水素原子から発せられる、ある波長を持った光のひとつにライマン・アルファ輝線があります。ライマン・アルファ輝線の波長は121.6ナノメートル (ナノメートルは1メートルの10億分の1) で、これは紫外線に対応します。このライマン・アルファ輝線で明るく見える銀河のことを「ライマン・アルファ放射体 (LAE)」と呼びます。ライマン・アルファ放射体は、観測しやすいため、初期の宇宙にある銀河でもとらえることができます。

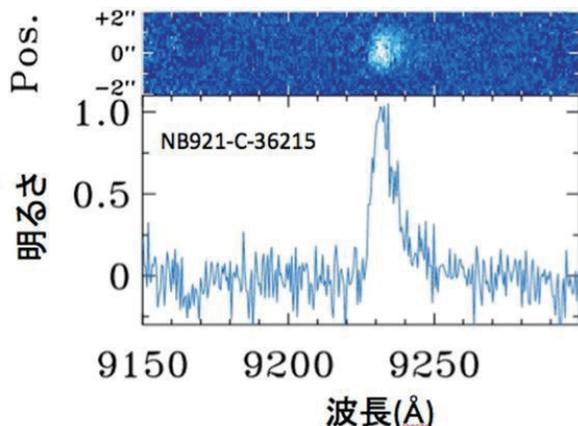
——目標の観測を実現し、ヒミコを見つけるまでに相当な苦労があったのですね。

◆私が提案した研究プロジェクトの発足が2003年春で、9月末にB計画の観測がスタートし、ヒミコ発見の報道発表をしたのが2009年春なので、丸6年かかったことになります。B計画の観測の時には、ガンマ線バーストによる優先観測が発動されましたが、何とか観測時間内にデータを取得することができ、さらに128億年前の銀河団や大規模構造を発見できたので、かなり幸運でした。一方で、A計画の観測は、ハワイ島の大地震や悪天候のために2回も繰り延べされ、データが取得できたのは2007年秋でした。その間に私は、東京大学からアメリカ宇宙望遠鏡科学研究所、カーネギー天文台へと職場が変わり、より遠方の銀河を探す別のプロジェクトも行うようになっていました。しかし、せっかく苦労して取ったデータを無駄にしたいくなかったので、カーネギー天文台のコンピュータにA計画のデータをダウンロードして解析をして、130億年前の宇宙にあるライマン・アルファ放射体を探したのです。

そして見つかった207個のライマン・アルファ放射体の候補から10個を選び、口径がすばるより大きく、高い感度で分光



すばる望遠鏡の観測室に詰める大内准教授ら



ケック望遠鏡による NB921-C-36215 の分光データ。9230Å 付近の強い信号がライマン・アルファ輝線で、130億年前の天体であることを決定づけた。この後、NB921-C-36215 は「ヒミコ」と名付けられる。

観測が明らかにした「ヒミコ」原始的な天体の可能性

観測ができるケック望遠鏡で、分光データを得ることにしたのです。割り当てられた3日間の観測時間のほとんどは曇り空のために潰れてしまったのですが、たまたまぼっかりと雲に穴が開いた3時間に観測してとれた分光データに写ったのが宇宙初期の巨大銀河ヒミコでした。今になってみると、これは何かの巡り合わせのようにも思えます。

——その後の観測で、謎の巨大銀河ヒミコの正体が少しずつ解き明かされました。ヒミコとは一体何だったのでしょうか。

◆ハッブル宇宙望遠鏡の近赤外線観測で、ヒミコを観測したところ、天体の中心に3つの星の集団が連なり、衝突しようとしている銀河の可能性が出てきました。しかし、これら3つの星の集団を包み込む巨大なライマン・アルファ放射体がなぜ存在しているのかについては、まだ分かっていません。また、アルマ電波望遠鏡の観測では、予想に反して、炭素元素のシグナルが非常に弱いことが分かりました。

ビッグバンで宇宙が生まれたばかりの頃は、水素やヘリウムといった軽元素のガス（始原ガス）しかなく、炭素などの重元



ハッブル宇宙望遠鏡、すばる望遠鏡、スピッツァー望遠鏡の画像を3色合成したヒミコの写真。ハッブル宇宙望遠鏡のWFC3カメラの近赤外線を緑、すばる望遠鏡で捉えたライマン・アルファ輝線を青、スピッツァー宇宙望遠鏡で得られた赤外線を赤で示す

素は存在していませんでした。その後、宇宙で星が生まれると、星の内部で水素やヘリウムなどが核融合反応を起こし、炭素や窒素、酸素といった重元素が作られます。星の中でも質量の大きな星は超新星爆発を起こし、重元素ガスを宇宙空間に撒き散らします。ヒミコから出される重元素ガスのシグナルが弱いということは、ヒミコが原始的な天体の可能性があることを意味します。ヒミコと同様の性質を持つ銀河も後に見つかり、ヒミコを巡る研究は世界的な広がりを見せていて、とてもエキサイティングなことです。

Features

—今後の展望について教えてください。

◆私たちの目標は、まだ解明できていない宇宙の歴史を知ることです。そのためには、口径が大きく感度の高い望遠鏡より昔の宇宙を探ったり、多数の天体を同時観測できる効率的な装置で新たな宇宙像を得ることが必要となります。そのため、2020年代末の完成を目指して建設準備が進んでいる口径30メートルの超大型光学赤外線望遠鏡 TMT の登場に期待しています。さらには、2022年に探査観測を始めるすばる望遠鏡の次世代分光器 PFS、2020年代半ばに打ち上げ予定のNASAの広視野赤外線サーベイ望遠鏡 WFIRST など、これまでの常識を覆す研究ができるプロジェクトは目白押しです。良いアイデアを出しながら、たくさんのプロジェクトを有機的に組み合わせ、これまでにない新しい研究を展開していきたいです。

宇宙線研究所のよいところは、やりたい研究が思い切りできるところです。宇宙線というキーワードをもとに、様々な分野の研究者が世界最高峰の研究を目指す、という精神に満ちた素晴らしい研究所です。私たち観測的宇宙論グループもこの中で切磋琢磨してもらい、日々努力を重ねています。

高い志を持つ優秀なメンバーに恵まれる

—若手の育成についてはどのように考えていますか。

◆私が東京大学宇宙線研究所に着任してから8年が経ちました。国内外の学生や若手研究者が私の研究室に集まり、現在16名が力を合わせて宇宙初期の謎に挑んでいます。高い志をもつ優

秀なメンバーに恵まれ、彼ら・彼女ら自身の手で次々と面白い研究結果が出され、この研究分野においては、世界から注目される研究室へと成長しました。

私の今の目標は、次世代を担う学生や若手研究者たちと一緒に面白い研究を続け、新しい問題を探し、挑戦していくことです。月日が経ち、私が研究者でなくなっても、彼ら・彼女ら若手研究者が活躍し、問題を解決し、さらに新しい問題の発見へと道を切り開いていくことでしょう。このようなことが、天文学・宇宙物理学の発展、さらには人類の知の地平を広げることにつながると確信しています。



大内 正己 (おおうち まさみ) プロフィール

1976年、東京都生まれ。東京大学大学院理学系研究科博士課程修了。理学博士。アメリカ宇宙望遠鏡科学研究所ハッブル・フェロー、カーネギー天文台カーネギー・フェローを経て、現在、東京大学宇宙線研究所准教授。東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構の科学研究員を併任。研究テーマは、宇宙史初期、銀河形成、宇宙の大規模構造、観測的宇宙論。平成19年度日本天文学会研究奨励賞、平成26年度文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞。平成25年に Beatrice M. Tinsley Scholar に選出。平成30年度に日本学術振興賞ならびに日本学士院学術奨励賞を受賞。著書に『宇宙の果てはどうなっているのか? ~謎の古代天体「ヒミコ」に挑む』(宝島社)や『宇宙』(小学館の図鑑 NEO 旧版と新版)がある。

可視光・赤外線観測されたヒミコの画像。写真・左=ハッブル宇宙望遠鏡で撮影され、中央の四角の中にヒミコがある。写真・右上=その拡大画像。紫色から青色をした3つの星の集団が左右に並ぶ。最も左側の星の集団は極めて青く、この色は原始ガスからなる星々の色と似ている。写真・右下=すばる望遠鏡(青)、ハッブル宇宙望遠鏡(緑)、スピッツァー宇宙望遠鏡(赤)で観測されたヒミコのカラー画像。赤色は熱く輝く水素ガス雲で、55,000光年にも広がっている。

© NASA/ESA/NAOJ/
東京大学(大内正己)

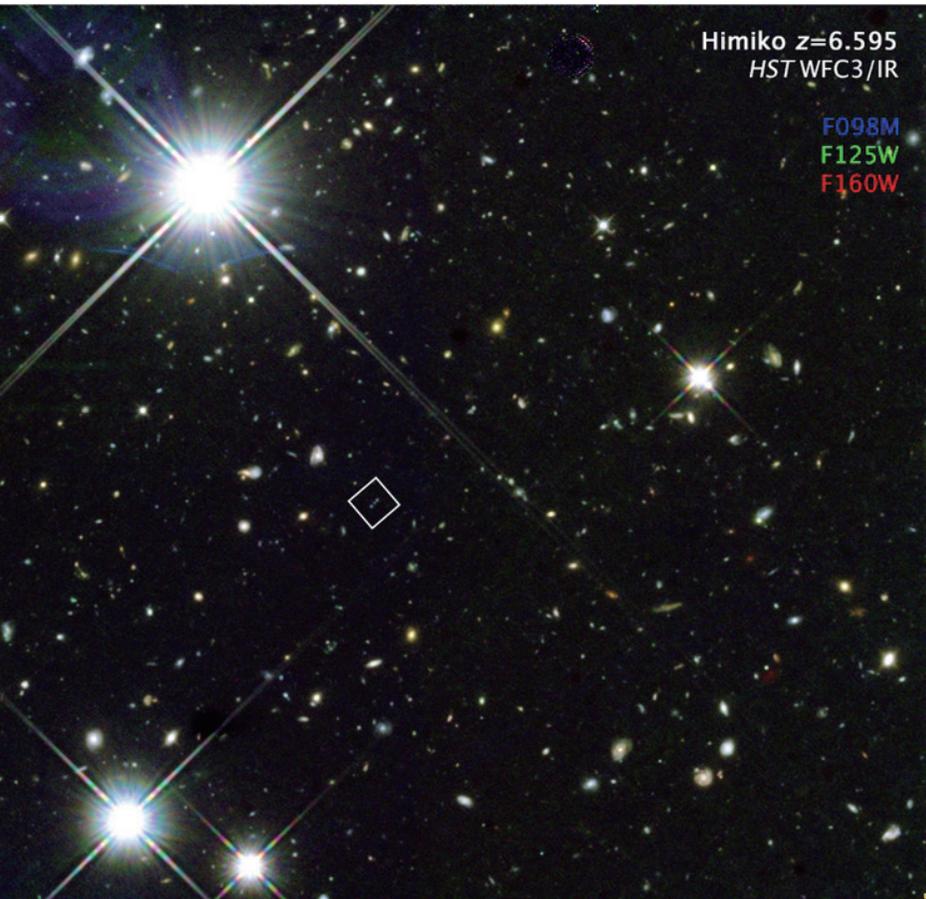
<ライマン・アルファ放射体の観測を巡る経緯>

- 2001年3月 すばる望遠鏡のSuprime-Camに初めて狭帯域フィルターを搭載して観測を行う
- 2003年9月 すばる望遠鏡のSuprime-Camに狭帯域フィルターを取り付け、117～128億年彼方の宇宙を観測するB計画をスタート
- 2005年2月 128億年前の銀河団(6つのライマン・アルファ放射体)と大規模構造を発見と報道発表
- 2005年10月 すばる望遠鏡のSuprime-Camに狭帯域フィルターを取り付け、当時の観測限界である130億年彼方を観測するA計画をスタート
- 2007年10月 すばる望遠鏡の観測で、130億年前の銀河(ライマン・アルファ放射体)候補207個を検出
- 2007年11月 ケック望遠鏡で分光観測を実施し、巨大なライマン・アルファ放射体を発見
- 2009年4月 巨大なライマン・アルファ放射体をヒミコ(赤方偏移 $z=6.595$)と命名し、アストロフィジカル・ジャーナル誌で出版するとともに報道発表を行う
- 2010年9月 ハッブル宇宙望遠鏡でヒミコを観測、中心部に三つの星の集団があることを発見
- 2011年12月 すばる望遠鏡のSuprime-Camで絞り込んだ遠方銀河をケック望遠鏡の分光器DEIMOSで観測し、ヒミコを含めて当時知られていた銀河の中で最も古い時代($z=7.2$)の銀河(ライマン・アルファ放射体)発見をアストロフィジカル・ジャーナル誌で出版し、報道発表
- 2013年2月 アルマ電波望遠鏡でヒミコを観測、炭素など重元素の輝線が検出されず、ヒミコが原始銀河の可能性が高まる
- 2014年11月 さらに古い131億年前の7つのライマン・アルファ放射体の発見をアストロフィジカル・ジャーナル誌で出版するとともに報道発表。同時代のライマン・アルファ放射体がわずかしかなかったことから、銀河進化が急速に進んだ可能性を示唆。宇宙再電離の謎に迫る
- 2015年6月 ヨーロッパ南天天文台などのグループが、すばる望遠鏡などの観測データから、CR7と呼ばれるヒミコに似たライマン・アルファ放射体を発見したことを報告
- 2018年 すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ(HSC)の観測による銀河(ライマン・アルファ放射体を含む)の研究成果をまとめたGOLDRUSH、SILVERRUSHと名付けられた研究論文10編を相次いで出版

アルマ望遠鏡のアンテナ群
© ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), R. Hills (ALMA)



ハッブル宇宙望遠鏡 ©NASA



Himiko $z=6.595$
HST WFC3/IR

F098M
F125W
F160W

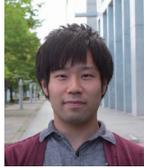
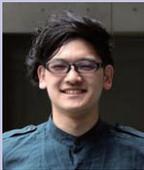
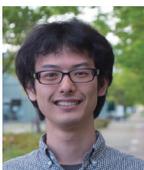
Himiko $z=6.595$
HST WFC3/IR

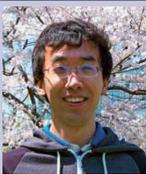
F098M
F125W
F160W

Himiko $z=6.595$

Subaru N 0923 Ly α
HST WFC3/IR F098M+F125W+F160W
SST IRAC 1.3.6 μ m

■宇宙線研究所 観測的宇宙論グループのメンバーと研究分野

氏名	興味分野	研究内容
 小野 宜昭 (助教)	銀河形成 宇宙再電離	すばる望遠鏡などを用いた遠方銀河およびその高密度領域の探査。それらの多波長観測にもとづく性質の調査
 馬渡 健 (特任研究員・ICRR フェロー)	銀河形成・進化 原始銀河団 銀河間物質	すばる、ケック望遠鏡を使った原始銀河団、ガスの研究、多波長解析に基づく最遠方銀河探索
 利川 潤 (学振特別研究員)	原始銀河団 遠方宇宙	広視野観測と多波長観測を用いた、大規模構造と銀河進化の関連性の調査
 播金 優一 (博士課程 3年)	銀河形成・進化 ダークマター・ハロー アウトフロー	高赤方偏移銀河の星質量・暗黒物質ハロー質量関係
 藤本 征史 (博士課程 3年)	銀河形成 重力レンズ	サブミリ波(波長 1 mm ~ 0.1 mm 付近の電磁波)を出す銀河をアルマ望遠鏡で探り、統計的性質を調べる
 小島 崇史 (博士課程 2年)	銀河進化 星間物質 ライマン・アルファ放射体	すばる望遠鏡とケック望遠鏡の観測データに基づく $z=0-3$ の宇宙の化学進化
 向江 志朗 (博士課程 2年)	銀河間物質 銀河形成 装置開発	HETDEX とすばる HSC で探る宇宙大規模構造における銀河形成
 菅原 悠馬 (博士課程 2年)	銀河形成 銀河進化 アウトフロー	SDSS とケック望遠鏡の観測データで探る $z=0-6$ 銀河アウトフローと星形成フィードバック

氏名	興味分野	研究内容
 <p>Haibin Zhang (博士課程 2年)</p>	銀河形成 銀河進化 ライマン・アルファ 放射体 (プローブ)	すばる望遠鏡の CHORUS 探査による銀河周辺物質 (CGM) の探索
 <p>樋口 諒 (博士課程 1年)</p>	ライマン・アルファ 放射体 宇宙再電離 原始銀河団	すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ (HSC) による原始銀河団と宇宙再電離
 <p>伊藤 凌平 (修士課程 2年)</p>	ライマン・アルファ 放射体 宇宙再電離	すばる望遠鏡の CHORUS 探査のライマン・アルファ放射体を用いた宇宙再電離
 <p>菊地原 正太郎 (修士課程 2年)</p>	重力レンズ 超遠方銀河探査 銀河形成	ハッブル宇宙望遠鏡と重力レンズ効果で探る超遠方宇宙 ($z \sim 6-11$) の銀河
 <p>鹿熊 亮太 (修士課程 1年)</p>	銀河形成 銀河進化	統計手法を用いた初期宇宙の銀河周辺物質 (CGM) と宇宙大規模構造の物質分布
 <p>下館 果林 (修士課程 1年)</p>	宇宙再電離	遠方宇宙における大質量ブラックホールと宇宙再電離の原因
 <p>Yechi Zhang (修士課程 1年)</p>	ライマン・アルファ 放射体 原始銀河団	すばる望遠鏡の CHORUS 探査による Ly α blob (広がったライマン・アルファ放射体) と原始銀河団の探査
 <p>酒井 直 (学部 4年)</p>	銀河形態	すばる望遠鏡画像に情報技術 (深層学習) を用いた天体検出

Reports

テレスコープアレイの TAx4 拡張工事 地表粒子検出器の設置 極寒の中ではじまる



2019年2月18日から、米国ユタ州デルタ市郊外で

北アメリカ大陸のシエラネバダ山脈とロッキー山脈に挟まれたグレートベースン（大いなる盆地）の東端、米国ユタ州デルタ市郊外の砂漠地帯。吹き抜ける風と、はるか上空を通る航空機の音だけの静かな土地に、ヘリコプターのプロペラ音が響く――。

TAx4 プロジェクトに伴う地表粒子検出器 (SD) の設置作業は2月中旬、マイナス10度を下回る極寒の中でスタートしました。（報告 / 宇宙線研究所広報室・中村牧生）

雪、霧などの悪天候で作業を一時、中断

宇宙線研究所の広報担当が、デルタ市郊外の現場を訪れたのは、ヘリによる輸送作業が始まって2日目の2月20日（米国時間）。昼過ぎにようやく現場に到着すると、地上での送り出しの作業を仕切る元ユタ大学職員、Robert Cadyさんが「今日は視界が悪いので、ヘリによる輸送作業をこれ以上続けるのは危険」と、わずか4台を設置したところで作業の中止を決めたところでした。

▶ SDを吊り上げるための補助具・スリングを取り付ける様子（写真・左下）
▼悪天候の中、ヘリからワイヤーロープで吊り下げられ、輸送されるSD（写真・右）



22 日からは一転、順調に進む

検出器の設置は、米国政府の一部閉鎖の影響を受け、1ヶ月遅れてスタートしましたが、その時期にユタ州を襲った寒波の影響を受け、再び思うように進まない事態に直面しました。しかし、悪天候で作業が滞ったのは20、21日だけで、22日からは晴天に恵まれ、マイナス10度前後の極寒は続いたものの、作業は順調に進み、24日(日)の休日を挟み、予定の25日までに北サイトの130個の展開に成功。その後の南サイトへの展開も3月5日から始められました。

最高エネルギー宇宙線を捉えるために 観測有効面積を4倍に拡大へ

10^{20} 電子ボルト程度の最高エネルギー宇宙線は、100平方キロメートルの範囲に年間1回到来するかもしれないという低い頻度のため、観測のためには広い面積が必要です。テレスコープアレイ(TA)実験は、デルタ市郊外で2008年に始まり、700平方キロメートルに1.2キロメートルの間隔で507台の地表粒子検出器(SD)を設置。2008年から3カ所に設置された大気蛍光望遠鏡(FD)とのハイブリッド観測が続けられています。

TAx4プロジェクトは、地表粒子検出器を設置する面積を4倍に増やすことで、観測領域を広げ、 10^{20} 電子ボルト付近の最高エネルギー宇宙線を捉えるペースを加速させるものですが、米国連邦政府機関の土地管理局(BLM)への環境影響評価の審査、さらに2018年末から1ヶ月以上に及ぶ連邦政府機関の一部閉鎖の影響を受け、当初の予定より遅れていました。

設置計画に遅れも

- ・環境影響評価
- ・米国連邦政府機関
一部閉鎖の影響受ける

22日は雲ひとつない晴天になり、一気にSD設置の作業が進むようす。

- ▲ヘリコプターで吊り上げられ、輸送されるSD(写真・上)
- ▶ヘリコプターで輸送されたSDを受け止め、調整中のディプロイチーム/上空のヘリから撮影(写真・中央右)
- ▶設置場所へ移動するため、ヘリコプターに乗り込むディプロイチームA(写真・中央左)
- ▶ステージングエリアに集められたSD。ヘリによる空輸に備え、電源が切れ、吊り上げ用のスリングが据え付けられる(写真・下)





猛禽類、キツネ、フクロウなど 野生動植物の生息環境にも配慮

グレートベースンには、米国西部の象徴的な鳥であるキジライチョウが好んで食べるヤマヨモギが、地をはうように茂る砂漠が広がっているほか、TAx4のSDが展開する範囲には、希少な植物が育ち、キットキツネやアナホリフクロウが棲み、イヌワシ、ノスリなど猛禽類の縄張りもあります。BLMは、土地の利用を管理することで、これら動植物の生息域を保護する役割を担い、TAとTAx4の地表検出器や望遠鏡サイトの建設は環境影響評価の対象となっていました。

とくに毎年3月から8月までは猛禽類の繁殖時期にあたるため、ヘリ輸送などの作業はできるだけ避けるなどの配慮をすることが、これまで求められてきました。BLMは、2月1日付けで公表した報告書で、「プロジェクトによって影響を受ける土地の面積は限定的で、科学的にも意義のあるTAx4計画を支援できる」と結論づけています。



ヘリで地表粒子検出器 (SD) を吊り上げ、 ディプロイチームが受け止めて固定

地表粒子検出器 (SD) は、全長約3.7メートル、全幅約1.7メートルの軽自動車ほどの大きさで、重さが約500キログラム。鉄製のフレームに、宇宙線が飛び込むと光を出すプラスチックシンチレータと、光信号を読み取る光電子増倍管、アナログ信号をデジタル信号に変換する装置、データ転送用の送信機とアンテナ、さらに電源用の太陽電池で構成される構造です。

このSDをTAに隣接した北サイト内に130台、2.1キロメートル間隔で設置するため、トレーラーとヘリコプターを使った輸送が行われました。

まず、ヘリによる輸送距離をできる限り短くするため、SDを2台のトレーラーに積み込み、サイト内6カ所のステージングエリア (SA) に移動します。次に一つのSAに20-30台ずつ集められたSDを、チャーターされたヘリコプターで一台ずつ吊り上げ、GPSを使って正確に設置点へ輸送し、ディプロイチームAとチームB (各5人) が地上で受け止め、四つの脚を鉄杭で固定します。作業を終えたチームはすぐに、SDを運ぶヘリコプターとは別のヘリコプターで、次の設置場所へ移るという段取りで、東京大学宇宙線研究所、ユタ大学、成均館大学のほか、



- ▲ヘリコプターで吊り上げられ、輸送されるSDをディプロイチームが受け止める (写真・右上)
- ▲グレートベースンに生息する猛禽類のイヌワシ/USFWSBのホームページから (写真・上)
- ◀中央レーザー施設 (CLF) 内にあるSD (写真・左上)
- ◀南半球のビエールオージェ観測所にあるのと同じ水タンク。TAと連携し、宇宙線の謎に挑むため、中央レーザー施設 (CLF) 内に設置された (写真・左下)



▲雪が積もった砂漠地帯に設置されたSD。ディプロイチームが受け止め、素早く機器の調整作業を行った際の足跡が残る(写真・上)
 ◀ディプロイチームAのリーダーを務めたユタ大学ポスドクのJiHeeさん。設置を終えたSDの電源を入れる(写真・左)

木戸助教「観測データの取得に向け、 残る作業を着実に進めたい」

一台ずつ調整する作業も残っています」と、まだまだ続く作業に思いを馳せていました。

1月3日から現地入りし、設置作業を統括し、米国政府機関の一部閉鎖に気を揉みながら準備を進めてきた宇宙線研究所・特任助教の木戸英治さんは「悪天候で遅れるのは仕方ないと考えていましたが、ようやく半分を終えられ、ホッとしています。3月末までに、SDと通信をつないでデータを取得できるよう、残る作業を着実に進めていきたいと思います」と語りました。

地元の派遣労働者やBLMに義務付けられた環境調査員の手も借り、15人ほどが作業にあたりました。

悪天候による中断の後には、1日で48台を運ぶのに成功した晴天の日もあり、北サイトの設置(計130台)は正味5日間で終了。ディプロイチームAのリーダーとして参加したユタ大学のポスドク、JiHee Kimさんは「積雪があると、ヘリのレーザー光線による高度測定に誤差が生じます。そんな状況の中、手信号でパイロットを誘導し、目的の場所にSDを降ろしてもらうのに最も気を使いました。無事に終え、ホッとしましたし、とても達成感があります」と話しました。同じチームに参加した宇宙線研究技術専門員の下平英明さんは一息つきながらも、「まだ北サイトの検出器を置くことができただけで、南サイトはこれからです。通信塔の設置や、アンテナの方向を



▶ディプロイチームAに参加した宇宙線研究所技術専門員の下平さん。次の場所へ移動するためのヘリを待つ(写真・右) ▶設置作業を統括する宇宙線研究所助教の木戸さん。輸送前のSDにスリングを取り付ける(写真・右奥)

TAグループ主宰 佐川宏行教授「ようやくここまで来ました」

ユタ州デルタ市でTAプロジェクトが始まってから16年、ようやくここまでできました。デルタ市郊外には、第二次世界大戦中に日系アメリカ人を強制的に収監した収容所の一つ、Topaz Campの跡地があり、地元のNPOが運営するMuseumがあります。TAは日本が参加するプロジェクトですが、その関係者は、Topaz Campの跡地に近接するSDの設置に反対していました。しかし、交流を続けるうちに打ち解け、TAx4計画の際には賛成してくれるなど、公聴会の開催などを経て地元住民にも受け入れられるようになりました。

もちろん、ここまで来られたのは、日本での検出器やエレキの組み立てなどで、宇宙線研究所のほか、大阪市立大学、立命館大学、埼玉大学、信州大学、神奈川大学、大阪電気通信大学などの研究者、そして学生の協力があったことです。

TA実験は、シンチレータ検出器のSDを広い領域に展開し、FDとのハイブリッド観測で、最高エネルギー宇宙線を精度よく捉えることに成功しています。今回設置するのは、TAx4で予定する500台の半分ですが、この260台を安定的に稼働させてデータを収集し、新たな成果を得る日が来るのを楽しみに待ちたいと思います。



▶Topaz Museumを訪れ、設立者の一人であるJane Beckwithさんに説明を受ける佐川教授(写真・左上)
 ▼米国国旗と石碑が設置されたTopaz Camp跡地(写真・左下) ▼デルタ市近郊の牧草地に飛来したハクガンの大群(写真・右下)



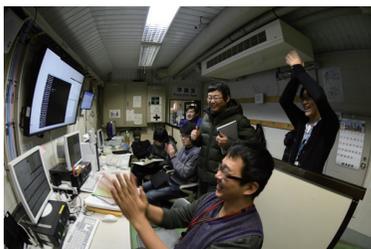
Topics

2019年1月29日

スーパーカミオカンデが観測を再開 2018年6月以来 半年ぶり

2018年6月から運転を停止し、タンクの水を全て抜いて改修工事を行っていたスーパーカミオカンデが、半年ぶりに運転を再開しました。

スーパーカミオカンデの水位は同年12月中旬にほぼ9割の37.5m到達。タンク天井部の作業を行った後さらに注水を行い、タンクが満水になった1月29日、開口部の蓋が閉じられました。そしてスーパーカミオカンデのデータ取得が再開されました。



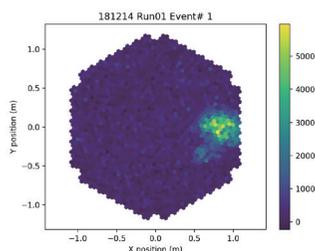
2018年12月14-15日

CTA 大口径望遠鏡 (LST-1) が チェレンコフ光を初観測

スペインのカナリア諸島・ラパルマ島のCTA大口径望遠鏡(LST-1)がこのほど、宇宙線からのチェレンコフ光を初めて観測しました。10月から始まった

調整運転が順調に進んでいることを示すもので、10カ国・37機関が参加するLST-1の国際共同研究グループからは喜びの声が上がっています。

初観測のニュースは12月中旬、独ハイデルベルクにあるCTAの公式ページ上でイベントのディスプレイ画像付きで公開され、初観測が12月14-15日にかけての夜だったことが報告されています。また、「まだやるべきことはたくさんあるが、本当に良くなり、私たちが自慢できる望遠鏡になったと思う」というDaniel Mazin宇宙線特任准教授のコメントも紹介されています。



2018年12月19日

CTA 南半球サイト建設に向け チリ政府らが覚書に調印

超高エネルギーのガンマ線天体を観測する次世代望遠鏡であるチェレンコフ・テレスコープ・アレイ(CTA)の南半球アレイについて、CTAを運営するCTAOとヨーロッパ南天天文台(ESO)、

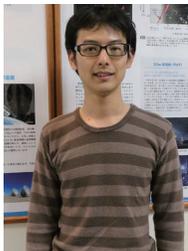
チリ政府などの覚書が相次いで調印されました(写真:CTAOサイトより)。これらの覚書は、ESOが管理するパラナル観測所の近くに設置されるCTA南半球アレイの建設に不可欠なもので、今後、建設に向けた動きが加速することにつながると期待されます。



2018年11月12-16日

菅原悠馬さん(博士課程2年) IAUシンポジウムで"ポスター優秀賞"

大阪大学で開かれた国際天文学会(IAU)シンポジウムで、宇宙線研究所の観測的宇宙論グループ所属の菅原悠馬さん(D2)がポスター発表で優秀賞を受賞しました。



IAUシンポジウムが日本で開催されたのは、2012年に栃木県日光市で開催されて以来のことで、日本の大学院生がポスター賞を受賞するチャンスは少なく、たいへん貴重な経験とされています。今回のIAUシンポジウムは、多波長観測による銀河の包括的



2019年1月11日

ハイパーカミオカンデの第一回予算検討会議(HKFF) 14カ国50人で開催

2020年代後半の実験開始を目指すハイパーカミオカンデ(岐阜県飛騨市神岡町)の建設について、関係各国が議論する第一回予算検討会議が、東京大学本郷キャンパスの小島ホールで開かれました。

ハイパーカミオカンデ(HK)は、現行のスーパーカミオカンデの約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からなる実験装置で、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ています。

東京大学宇宙線研究所、カプリ数物連携宇宙研究機構および大学院理学系研究科の3部局の協力で2017年10月に発足した次世代ニュートリノ科学連携研究機構(NNSO)が、各国政府等に呼びかけて企画したもので、アルメニア、カナダ、フランス、イタリア、韓国、ロシア、スペイン、スウェーデン、スイス、英国、米国、そして日本の14カ国から政府機関関係者および研究者を加え、約50人で開催されました。

会議では、梶田隆章所長が「この会議は、HKプロジェクトの目的やスケジュールなどの詳細についてみなさま方にも知ってもらう場を提供するために設立したものです。国際協力をより強固なものにするための議論も深めていきたいです」とあいさつ。

五神真総長も「HKプロジェクトは東京大学だけで実現させることは不可能で、高エネルギー加速器研究機構など日本の研究機関のみならず、国際的な協力が不可欠です。今回の会議が、プロジェクト実現に向

けたみなさまとの協働に向けた活動の第一歩となることを願っています」と呼びかけました。

また、文部科学省研究振興局の磯谷桂介局長は、「本構想の科学的意義の重要性に鑑み、早期の実現に向けて最大限努力したいと考えております」と力強く述べました。

HKプロジェクトを巡る各国の共同研究者たちの研究内容や貢献、日本でのプロジェクトの進展などについて、HKFF会議は今後も継続的に確認することで合意しました。

理解をテーマとし、大阪産業大学、大阪大学、マルセイユ天体物理学研究所 (LAM) が企画したもので、日本、フランス、イタリアなどから約 130 人の研究者が参加しました。

菅原さんは、米国ハワイ・ケック天文台の光学近赤外線望遠鏡で観測された可視光スペクトルを使い、およそ 125 億年前の銀河のアウトフロー（銀河風）の速度を測定しました。アウトフローの正確な速度を知るためには、銀河とアウトフローガスの相対速度を得る必要があります。今回の研究では可視光スペクトルから得られたアウトフローの運動を、ALMA 望遠鏡の電波観測で得られた銀河の後退速度（赤方偏移）と組み合わせ、非常に昔の銀河のアウトフロー速度を測定。この測定で、過去の銀河のアウトフロー速度が現在よりも速い可能性がある、という菅原さん自身の論文（2017 年）の予測を裏付けるデータが得られました。アウトフロー速度と重力ポテンシャルとの関係にも触れています。



2018 年 11 月 13 日

**東京大学宇宙線研究所
国際共同利用・共同研究拠点に認定**

文部科学省は、今年度から新たに創設した国際共同利用・共同研究拠点として 4 大学・6 拠点を認定、東京大学宇宙線研究所も「宇宙線国際研究拠点」として、その一つに選ばれました。これを受け、本研究所は共同利用・共同研究拠点から国際共同利用・共同研究拠点へと移行し、研究人材や研究設備、ネットワークなど、

国際的に卓越した研究資源を活用し、一大学の枠を超えた国際的な共同利用・共同研究体制の中核として、我が国の研究力向上に貢献していくことを目指します。

また、同年 12 月 20 日から海外研究機関に所属する研究者への初めての研究公募をスタートしました。

2019 年 2 月 21 日

**CTA 大口径望遠鏡 (LST-1)
21 世紀テクノロジー賞 2019 を受賞**

CTA 大口径望遠鏡 1 号基が、スペインの雑誌 El Suplemento が選ぶ 21 世紀テクノロジー賞 2019 に選ばれ、西マドリッド市内のホテルで授賞式が行われました。授賞式で手嶋政廣教授は「大変感謝しています。南北サイトで 100 以上の望遠鏡を設置し、宇宙からのガンマ線を観測します。これにより暗黒物質の痕跡が見つければ、宇宙の始まりを解き明かすことになるでしょう」と語りました。



Information

人事異動

発令日	氏名	異動内容	職
2018.11.30	藤井 俊博	受入終了	学振特別研究員
2018.11.30	猪目 佑介	任期満了	技術職員（産休・育休代員）
2018.12. 1	長井 遼	採用	特任研究員（グローバル研究員）
2018.12. 1	猪目 佑介	採用	学術支援専門職員
2018.12. 1	原 弥生	採用	事務補佐員
2018.12.20	McCAULEY, Neil Kevin	受入終了	協力研究員
2019. 1. 1	岡崎 奈緒	昇任	技術専門職員
2019. 1.11	岩松 美穂	退職	事務補佐員
2019. 1.31	田中 秀和	退職	特任助教
2019. 1.31	藤木 朝子	退職	用務補佐員
2019. 2. 1	田中 秀和	採用	助教
2019. 2. 1	SURESH, Jishnu	採用	特任研究員（グローバル研究員） (2018.11.2 ~ 2019. 2. 1)

ICRR Seminar

2018.11.26

Dr. A. Nepomuk Otte (Georgia Institute of Technology)
"An instrument to detect cosmogenic neutrinos with the Earth skimming technique"

2018.12. 3

Dr. Angela Olinto (The University of Chicago)
"Space Probes of the Highest Energy Particles: POEMMA & EUISO-SPB"

2018.12.27

Dr. Toshihiro Fujii (Kyoto University)
"A personal decadal survey in ultrahigh-energy cosmic-ray observatories"

2019. 1.10

Dr. Kimihiro Okumura (ICRR)
"Updated results from the T2K experiment with 3.13×10^{21} protons on target"

2019. 1.25

Dr. Kohei Hayashi (ICRR)
"Milky Way dwarf spheroidal galaxies as a probe of dark matter properties"

2019. 2.20

Dr. Olaf Reimer (University of Innsbruck)
"Diffuse Galactic Gamma-Ray Emission before CTA"

2019. 2.25

Dr. Kumiko Kotera (Institut d'astrophysique de Paris)
"Hunting the highest energy astroparticles with GRAND"

2019. 2.27

Dr. Shigeyuki Sako (Institute of Astronomy, U. Tokyo)
"The Tomo-e Gozen project"

ICRR NEWS No.104 2019 WINTER & SPRING

編集・発行：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.104 2019 WINTER & SPRING
編集・発行：2019年3月11日 東京大学宇宙線研究所広報室