

宇宙線研究所の今を伝える

# ICRR NEWS

Explore Universe and Elementary Particles with Multi-Messengers.

No.  
103  
2018  
AUTUMN

米国ユタ州のテレスコープ・アレイ (TA) の大気蛍光望遠鏡と天の川

Contents

■ Features

01 最高エネルギー宇宙線

発生源を突き止め  
宇宙極高エネルギー現象との関わりを探る  
テレスコープ・アレイ (TA) 実験  
佐川宏行教授に聞く



■ Reports

2018年10月26・27日 東京大学柏キャンパスの一般公開  
08 宇宙線研究所の一般公開  
2000人近くが来場



2018年10月10日 スペイン・カナリア諸島のラ・バルマ島で  
10 チェレンコフ・テレスコープ・アレイ (CTA) 大口径望遠鏡1号基  
完成記念式典を開催、試験運転を開始



■ Topics

- 12 第19回 ICRR × Kavli IPMU 合同一般講演会を開催
- 12 松戸市の "科学と芸術の丘 2018" で霧箱ワークショップ
- 12 鹿熊亮太さん (修士1年)  
「天文・天体物理若手夏の学校」でオーラルアワード
- 12 スーパーカミオカンデ・ジグソーパズル第二弾の発売
- 12 ジグソーパズル第一弾も追加出荷



■ Information

- 13 人事異動
- 13 ICRR Seminar





TA 宇宙線観測装置の配置。各◇印は 507 台の地表粒子検出器の場所を示します。地表粒子検出器群の周辺にある青色の六角形の印は、大気蛍光望遠鏡 (FD) の場所を示します。3 か所ある FD は中央レーザー施設 (橙色の四角形印) から 21 キロメートルのところにあります。

## Features

# 最高エネルギー宇宙線

## 発生源を突き止め 宇宙極高エネルギー現象との関わりを探る

### テレスコープ・アレイ (TA) 実験 佐川宏行教授 に聞く

最高エネルギー宇宙線の観測を主目的としたテレスコープアレイ (TA) 宇宙線観測装置は、米国ユタ州の広大な砂漠に建設され (右上図)、まもなく 10 周年を迎えようとしており、その記念式典が 12 月 19 日に東京大学柏キャンパスで予定されています。また、観測領域を 4 倍の約 3000 平方キロメートルに増やす計画 (TAx4) に伴う地表粒子検出器 (SD) の設置開始も 2019 年初頭に予定され、いま最も注目されるプロジェクトの一つです。2004 年からこのプロジェクトに関わり、2011 年から 2017 年まで TA の spokesperson (プロジェクト代表) であった佐川教授に、TA 実験について聞きました。

## Features

—TA 実験の目的は何でしょうか。

◆この実験の目的は、最高エネルギー宇宙線の起源を探ることです。そのために、宇宙線のエネルギースペクトル、到来方向および質量組成を測定します。

### 最高エネルギー宇宙線のホットスポットが存在!?

—これまでに得られた主な成果を教えてください。

◆507台の地表粒子検出器で、初めの5年間で10の19乗( $10^{19}$ )電子ボルト(\*1)以上の宇宙線を2000以上観測し、 $5.7 \times 10^{19}$ 電子ボルト以上の最高エネルギー宇宙線がやってくるホットスポットが存在する兆候をとらえました。2014年7月に論文を発表し[1]、プレスリリースもしたので記憶にある方もいらっしゃるでしょう。最高エネルギー宇宙線のホットスポットは、天の川銀河からは外れた、北斗七星の近く、おおぐま座の足元の方向にあることから、多数の銀河が集中する超銀河面(\*2)付近に生成源がある可能性がある、といえます。図1にTAで観測した9年間のデータの有意度のマップを示します。その他にも超銀河面や赤緯といった天球上の方向に依存した異方性を捉えつつあります。また、 $10^{19.8}$ 電子ボルト以上に宇宙線の強度が減少するエネルギースペクトルを測定しました[2](図2)。

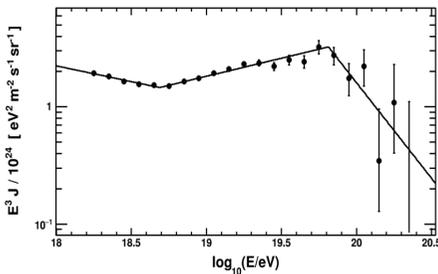
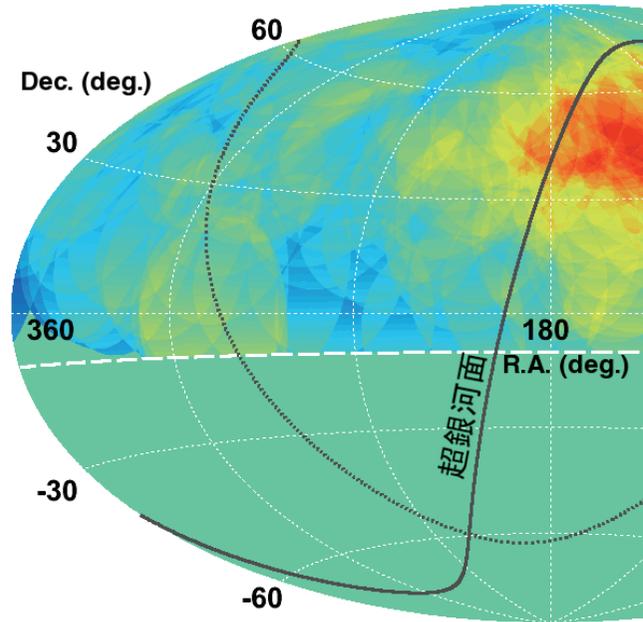


図2. TA 9年のデータを用いたエネルギースペクトル  
黒い点がTAのデータ。縦軸は宇宙線強度にエネルギーの3乗をかけてスペクトルの形を見やすくした。横軸はエネルギーの対数。 $10^{19.8}$ 電子ボルト以上で宇宙線強度が急激に減少している。

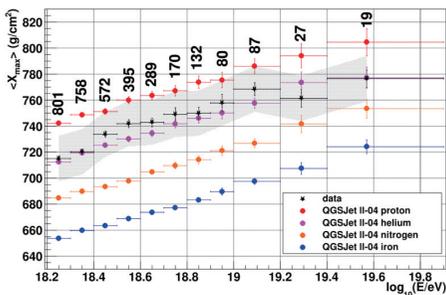


図3. 空気シャワーの最大発達深さ  $X_{max}$  の平均  $\langle X_{max} \rangle$  と宇宙線のエネルギーの関係  
黒い点がTAのデータで、斜線部分は系統的な誤差の大きさを示す。赤色、ピンク色、橙色、青色の丸印が、陽子、ヘリウム、窒素、鉄のモデルを表す。

さらに、大気に入射する宇宙線の組成が違くと空気シャワーの進行方向の発達が異なることを利用して、質量組成の同定を行います。FDのデータを用いて発達最大の発達深さ  $X_{max}$  を求め、 $10^{18.2}$ 電子ボルト付近以上では宇宙線の粒子の種類が陽子のような軽い組成と矛盾しないとの結果を得ました[3](図3)。

—生成源が近傍にある可能性はどうしてわかるのですか。

◆ひとつは、ホットスポットの方向が近傍にある超銀河面付近であることです。また、最高エネルギー宇宙線は、遠方からは届かないという予想(GZK限界)に基づくものです。これは、1.5億光年より遠くからやってくる宇宙線は、ビッグバンの名残として有名な宇宙背景放射の光子と衝突して、エネルギーを失うため、遠くから来る宇宙線のエネルギーは小さくなるという予想です。先ほど述べた最高エネルギー領域での宇宙線強度の急激な減少に対応する可能性があります。

### 10周年のTA実験 さらに4倍拡張へ向けて

—TA実験は10年の節目ということですが、拡張計画があるそうですね。

◆はい。ホットスポットの兆候は見つかったものの、まだ正確には、生成源を突き止めることができません。そこで、観測の領域を4倍に増やす拡張計画(TAx4)を進め、データの取得ペースを加速し、ホットスポットの兆候を高統計で確認しようとしています。追加する地表検出器は500台で、これをTAの1.2キロメートルより広い2.1キロメートル間隔に置き、観測領域を現在の約700平方キロメートルから4倍の約3000平方キロ

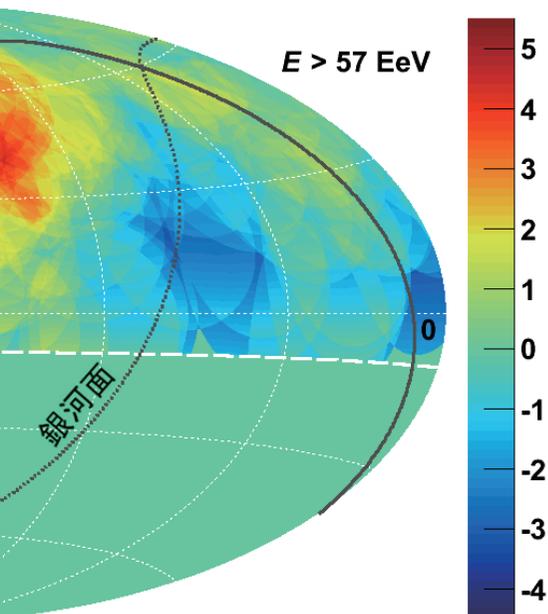


図 1. ホットスポットの兆候

TA の最初の 9 年間のデータの中で  $5.7 \times 10^{19}$  電子ボルト以上のエネルギーをもつ最高エネルギー宇宙線 143 事象の到来方向分布が、平均的な宇宙線からの程度ずれているかを示す有意度を、赤道座標で表しました。点線・実線は、銀河面と超銀河面を示します。赤色は平均的な宇宙線強度より多いことを示し、青色はより少ないことを示します。

白い破線より上の領域が TA 実験で観測できる範囲を示します。

メートルまで広がる予定です(図 4)。建設は 2015 年から始まり、2019 年 1 月には地表検出器を一台ずつヘリコプターで、広大な砂漠に降ろし、設置する作業が始まろうとしています。

——最高エネルギー宇宙線の歴史について教えてください。

◆宇宙線の発見は 1912 年、後にノーベル物理学賞を受賞した物理学者のヴィクトール・ヘスが気球に乗り、発見したのが最初ですが、その宇宙線がどこでどのように生成され、どのようにエネルギーを獲得するのかについては、その発見以来 100 年の謎とされており、いまだによくわかっていません。

宇宙線が持っているエネルギーは低いものから高いものまで様々ですが、エネルギーが 10 倍大きくなると頻度が 1/1000 になるとというのが観測結果からわかっています。特に  $10^{20}$  電子ボルト程度の最高エネルギー領域に入る宇宙線は 10 キロメートル四方の範囲に年間一つ到来するかどうかの頻度です。これを捕まえるには広い範囲の検出器が必要であることがわかつています。

## 最高エネルギー宇宙線

磁場で曲がらず、まっすぐに地球へ

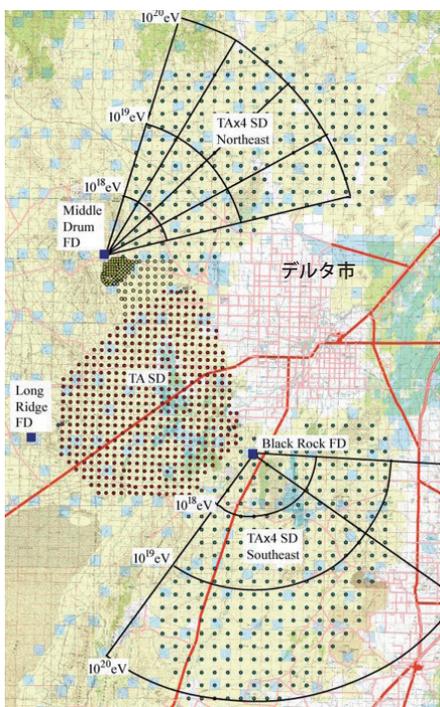


図 4. TAx4 の検出器の配置図

TA グループが活動の拠点としているデルタ市の西方に TA 宇宙線観測装置があります。TA サイトの北東と南東(デルタ市の北側と南側)に合計 500 台の地表粒子検出器(緑色の点)を建設する予定です。北東に視野を向けた Middle Drum TAx4 FD は既に稼働を開始し、南に視野を向けた Black Rock TAx4 FD を建設中です。

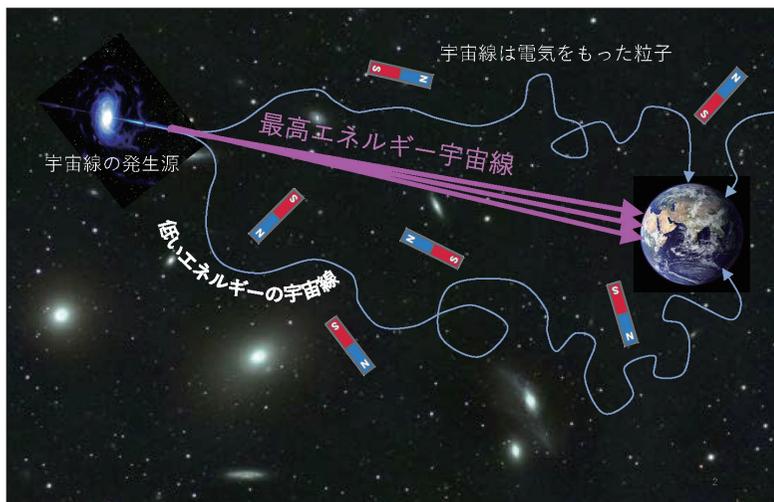


図 5. 宇宙線の伝播のイメージ

低エネルギー宇宙線は、水色の曲線で描いたように、宇宙空間の磁場で曲げられて、地球に到達するときには、もとの方向を失って一様に到来します。これに対して、最高エネルギー宇宙線は、紫色の曲線で描いたように、宇宙空間の磁場でほとんど曲げられずにほぼまっすぐに地球に到来すると考えられます。したがって、最高エネルギー宇宙線の到来方向から宇宙線の発生源を捉えることができると期待されます。

## Features

——最高エネルギー宇宙線に注目するのはなぜでしょうか。

◆通常、宇宙線は電気を帯びており、低エネルギーの宇宙線は、宇宙空間の磁場で簡単に曲げられて元の方向が分からなくなってしまう。ところが、最高エネルギー宇宙線はエネルギーが高いため、磁場負けずにほぼ直進し、どこから来たかを迎えば、宇宙線の生成源を見つけることができると期待されます(図5)。 $10^{20}$ 電子ボルトといえば、地球上で人工加速器によって加速が可能なエネルギーのなんと1000万倍もあり、宇宙のどこかにある最強加速器の探索は宇宙物理学者にとっては大変興味深い課題なのです。

## 大気中で発生する空気シャワーを検出

——どのように最高エネルギー宇宙線を捉えるのですか。

◆最高エネルギー宇宙線を直接捉えるのは困難なので、宇宙線が大気中の原子核と相互作用してできる多数の二次粒子(空気シャワー)を検出します。最高エネルギー宇宙線は大気中で、1000億個以上の粒子を発生させ、地上では数キロメートル四方に広がるので、それを大きな網のように張った多数の地表粒子検出器(図6)で捉え、取得したデータは無線LAN通信を利用してデータセンターに集めます。さらに、3カ所の大気蛍光望遠鏡(図7)を使って、空気シャワー中の粒子が大気中の窒素分子を励起した時に放射する大気蛍光を観測するのです。

——最高エネルギー宇宙線の観測ができる施設はTAだけなのでしょうか。

◆南米アルゼンチンに、2004年から米英独を中心に17カ国の研究者が関わるピエールオージェ観測所があり、世界最大の3000平方キロメートルの領域に水タンク地表粒子検出器を展開し、大気蛍光望遠鏡も4箇所に6台ずつ設置して観測を続けています。TAと同様の観測手法を使ったライバル的な存在ですが、TAが北半球の空から到来する宇宙線を観測するのに対し、ピエールオージェ観測所は南半球からの宇宙線を観測しており、

お互い相補的な観測をしているとも言えます。ちなみにホットスポットは北半球側にあるため、ピエールオージェ観測所では捉えることができません。

## 南半球 ピエール・オージェ 観測所 北半球 テレスコープ・アレイ (TA)

——TAの北サイトで行われているTALE実験について教えてください。

◆TALEはTAの低エネルギーへの拡張実験(TA Low Energy extension)です(図8)。宇宙線のエネルギーが高くなってくると予想される銀河系内から来る宇宙線から、銀河系外から来る宇宙線への移り変わりを、エネルギースペクトルと粒子の種類から読み取る実験です。このため、 $10^{15.6}$ から $10^{18}$ 電子ボルトの低エネルギーが読み取れるように望遠鏡のデータの解析の改良を行い、 $10^{16.2}$ 電子ボルトと $10^{17.0}$ 電子ボルト付近にエネルギースペクトルの折れ曲がり測定しました[4](図9)。設置した103台の地表検出器のデータを用いて、空気シャワーの到来方向を精度よく測定して、粒子の種類を精度よく行います。スペクトルと粒子の種類の移り変わりより、宇宙線の遷移を読み取ります。地表粒子検出器は日本チームが中心になって進めています。



図7.3 カ所に設置されている大気蛍光望遠鏡ステーションの一つ



＜高エネルギー宇宙線の観測を巡るこれまでの経緯＞

- 1912年 オーストリア生まれの物理学者ヘスが宇宙線を発見
- 1938年 フランス生まれの物理学者ピエール・オージェが空気シャワー (EAS) を発見
- 1966年 宇宙線のエネルギーに上限 (GZK カットオフ) が存在することを、3人の物理学者が同時期に提唱
- 1976年 米国ユタ大学のチームが、ユタ州のサイトで、大気蛍光望遠鏡 (FD) プロトタイプのアレイ (TA) を稼働
- 1986年 ICRR を中心に、地表アレイによる最高エネルギー宇宙線観測のため、明野観測所 (山梨県) に空気シャワー観測装置 (AGASA) を稼働
- 1997年 米国ユタ大学のチームが FE を高性能化した Hires の運用開始
- 2003年 テレスコープ・アレイ (TA) の建設開始
- 2004年 TA サイトに 18 台の地表粒子検出器 (SD) を試験設置
- 2004年 南半球のピエール・オージェ観測所が観測を開始する
- 2007年 主な SD の設置完了。3 サイトで FD が稼働
- 2008年 TA で FD と SD のハイブリッド観測開始
- 2014年 TA がホットスポットの兆候を記者発表
- 2018年 TA が 10 周年を迎える

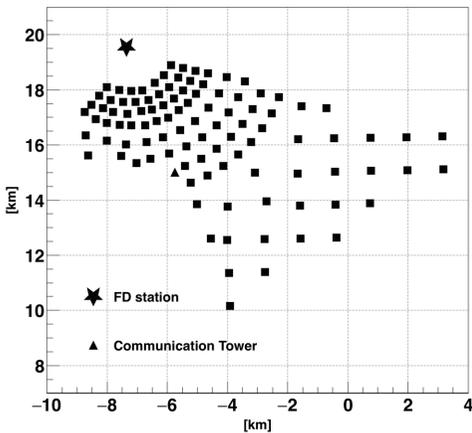


図 8. TALE 宇宙線観測装置の配置  
TALE 用大気蛍光望遠鏡を FD station と記した★印で示しました。TALE 用地表粒子検出器を■で示しました。

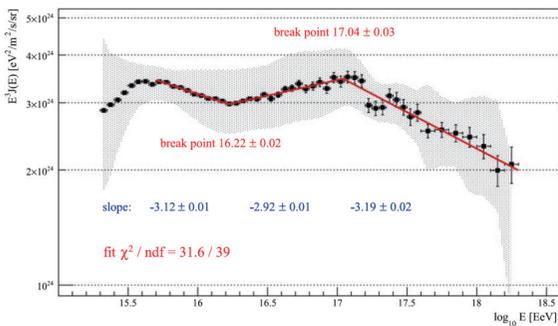


図 9. TALE 望遠鏡で測定したエネルギースペクトル  
黒い印が TALE のデータで、斜線部分は系統的な誤差を示します。10<sup>16.2</sup> 電子ボルトと 10<sup>17.0</sup> 電子ボルトにスペクトルの折れ曲がりが見られます。

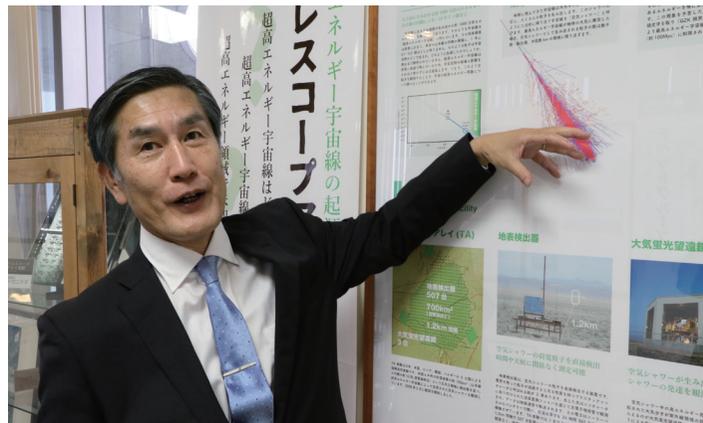


図 6. ユタ州の砂漠に 1.2 キロメートルの間隔で設置された地表粒子検出器

## Features

### 雷と宇宙線との興味深い関係

——最近、雷と宇宙線との関係についても面白いことがわかったそうですね。

◆そうです。2017年[5]と2018年7月[6]に論文発表しました。きっかけは、TAの地表粒子検出アレイで取得する空気シャワーの頻度は数百秒に1回程度の頻度ですが、稀に、1ミリ秒(\*3)に複数個のトリガー(\*4)がかかるというバースト現象を発見したことです。調べていくと雷が観測された時刻(\*5)とほぼ同じ時刻にその現象が起こったことも分かったのです。また、それらの事象の再構成(\*6)に成功し、普通の宇宙線の空気シャワーの性質とは違うこともわかりました。雷が落ちるのと一緒に、電荷を持たない放射線(おそらくガンマ線)が到来するという現象が知られていましたが、TAで広域にわたって観測しました。これをきっかけに雷の3次元観測システム(\*8)やその他の雷の観測装置を設置して、観測を強化しています。

——将来、TA実験ではどんなことが期待できるのでしょうか。

◆ホットスポットを確認し、最高エネルギー宇宙線の起源を探るとともに、近傍の超銀河宇宙との関係を探る研究が一つあります。活動銀河の高エネルギージェットや銀河団の衝突、ガンマ線バーストなどの天体現象との関係がわかるかも知れません。

さらに、銀河と銀河の間に何も無い空間、ポイド(超空洞)と呼ばれるものがありますが、ホットスポットも含めて宇宙線の到来場所には濃淡があります。北天のTAと南天のピエールオージェの実験結果を合わせて、こうした宇宙の全天地図のようなものが最高エネルギー宇宙線の観測で見えてくると期待されます。

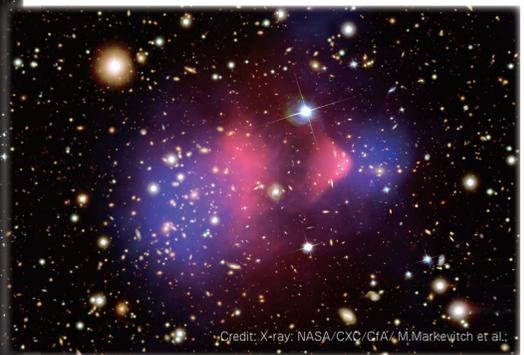
発見から100年が過ぎた宇宙線には、まだわからないことがたくさんありますが、TAとピエールオージェ実験によってようやくいろいろな結果が出て、宇宙線の起源の謎が解かれつつあり、たいへん面白くなってきました。

## 宇宙最強 加速器の候補は

活動銀河の高エネルギージェット？

銀河団の衝突？

ガンマ線バースト？



【引用された論文】

[1] R.U. Abbasi et al. (Telescope Array Collaboration), "INDICATIONS OF INTERMEDIATE-SCALE ANISOTROPY OF COSMIC RAYS WITH ENERGY GREATER THAN 57 EeV IN THE NORTHERN SKY MEASURED WITH THE SURFACE DETECTOR OF THE TELESCOPE ARRAY EXPERIMENT", The Astrophysical Journal Letters, 790:L21 (5pp), 2014

[2] T. Abu-Zayyad et al. (Telescope Array Collaboration), "The COSMIC-RAY ENERGY SPECTRUM OBSERVED WITH THE SURFACE DETECTOR OF THE TELESCOPE ARRAY EXPERIMENT", The Astrophysical Journal Letters, 768:L1 (5pp), 2013

[3] R.U. Abbasi et al. (Telescope Array Collaboration), "Depth of Ultra High Energy Cosmic Ray Induced Air Shower Maxima Measured by the Telescope Array Black Rock and Long Ridge FADC Fluorescence Detectors and Surface Array in Hybrid Mode", The Astrophysical Journal, 858:76 (27pp), 2018

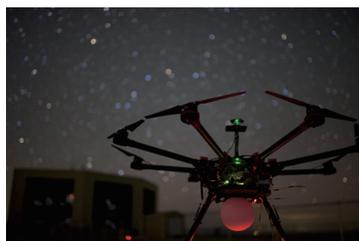
[4] R.U. Abbasi et al. (Telescope Array Collaboration), "The Cosmic Ray Energy Spectrum between 2 PeV and 2 EeV Observed with the TALE Detector in Monocular Mode", The Astrophysical Journal, 865:74 (18pp), 2018

[5] R.U. Abbasi et al. (Telescope Array Collaboration), "The bursts of high energy events observed by the telescope array surface detector", Physics Letters A 381 (2017) 2565-2572

[6] R.U. Abbasi et al. (Telescope Array Collaboration), "Gamma Ray Showers Observed at Ground Level in Coincidence With Downward Lightning Leaders", Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 123 (2018) 6864-6879

【用語の説明】

- \*1. 電子ボルト：電位差が1ボルトの2点間で電子が加速される際に得る運動エネルギー
- \*2. 超銀河：複数の銀河団が連なった集団
- \*3. 1ミリ秒：千分の1秒。後で出てくるマイクロ秒は1秒の百万分の一
- \*4 トリガー：信号群の簡易情報からデータ収集をすらかどうかの判断をし、出す命令
- \*5. この雷の情報は、米国雷探知網(NLDN)より提供されました
- \*6. 再構成：空気シャワーの特徴をパラメータ化して、取得データの時間と信号の大きさから、元の宇宙線のエネルギーと方向を測定すること
- \*7. 参考文献に出てくる PeV と EeV: PeV は 10 の 15 乗 ( $10^{15}$ ) 電子ボルトで、EeV は 10 の 18 乗 ( $10^{18}$ ) 電子ボルト
- \*8. Lightning Mapping Array (LMA)。R.J. Thomas et al., "Accuracy of the lightning mapping array", Journal of Geophysical Research, 109, D14207 (2004).



大気蛍光望遠鏡を較正するための光源つきドローン



天候モニタ用全天カメラの調整をする大学院生



## Reports

2018年10月26・27日 東京大学柏キャンパスの一般公開

# 宇宙線研究所の一般公開に 2000 人近くが来場

東京大学柏キャンパスの一般公開が10月26・27日の両日開かれ、宇宙線研究所には2日間で1953人が訪れました。ご来場をいただき、誠にありがとうございました。

## うちゅうカフェ・梶田先生の質問コーナー 約100人が参加

2日目に行われたメインイベント、「うちゅうカフェ」「何でも聞ける梶田先生への質問コーナー」にはおよそ100人が詰めかけ、会場は満席となりました。うちゅうカフェでは、牛場崇文特任助教(前ICRRフェロー)、馬渡健特任研究員(ICRRフェロー)、川口恭平助教の三人が登場し、それぞれ自分の研究について語りました。

牛場さんは「重力波研究と私」と題して講演。学部1年の「相対性理論」の授業で重力波に興味を持ったことや、東日本大震災の影響でKAGRAプロジェクトが一時的にストップするなか、“武者修行”で取り組んだストロンチウム格子時計のレーザー光源の研究が、その後のKAGRA建設に役立っていると報告。「重力波の観測によって、太陽質量の60倍もあるブラックホールの発見や中性子連星の合体など、宇宙の重大な謎を解明する兆候が見えつつあります。大変面白い分野なので期待して見ていてください」と呼びかけました。

馬渡さんは、大学2年の時に天文学を初めて志したことや、大阪産業大学、東京大学と任期付のポスドク生活を過ごしていることに触れ、「人生も研究も先が見えないから楽しい、と考えるようにしています」と前向きにコメント。宇宙線研で取り組む観測的宇宙論が、130億年前の銀河がどのように生まれたかを探索していることにも触れ、「いまだにわからないことだらけなのが天文学。これまで見えなかったものが見えたらハッピーというスタンスで研究しています」と語り、望遠鏡の限界をパソコン上の解析で乗り越えた成果の一つを紹介しました。

川口さんは、京都、奈良で鹿と戯れてのどかに育ち、京大で博士号を取得した後に、「ジャガイモとビールが主食」というドイツに渡り、マックスプランク研究所で重力波について研究していたことを紹介。LIGOが観測した中性子連星の合体から出てくる重力波を、一般相対論的效果を近似なしでシミュレーションした結果も示し、「重力波が当たり前のよう観測される時代がもうそこまで来ています。全く予想しないものが見つかる可能性もあり、世界の仕組みに迫れるし、何よりも面白いです」と語りました。



川口さん



質問に答える梶田所長

「何でも聞ける梶田先生への質問コーナー」では、梶田所長が学生時代からの写真などを示しながら、自らの研究生活について振り返りました。指導教官だった小柴昌俊名誉教授の下、陽子崩壊の観測のため、カムイオカンデの建設で苦勞した経験、その苦勞が報われ、超新星からの世界初のニュートリノ観測(1987年)につながり、小柴名誉教授が2002年ノーベル物理学賞を受賞することになったこと。さらに、陽子崩壊を観測する上では雑音となるニュートリノを観測しているうちに、 $\mu$ 型ニュートリノが予想より少ないことに気づき、それがスーパーカムイオカンデでのニュートリノ振動の発見(梶田所長らが2015年ノーベル物理学賞を受賞した成果)につながったことにも触れ、「私たちは若いころから研究を楽しんできました」と結びました。

## 梶田所長 「若いころから研究を楽しんできた」

質疑応答では「研究というけれど、写真を見ると土木工事のようなことばかり。どれだけの体力が必要なのですか」「研究は「辛い」「楽しい」とどちらの方が多かったでしょうか」「なぜ研究を諦めずに続けて来られたのですか」など多くの質問が出され、梶田所長が一つ一つ丁寧に回答しました。

また、小学生から出された「ニュートリノはどれくらい軽いんですか」「ニュートリノが何でも通り抜けやすいというのはなぜですか」という質問には、小学生にもわかる言葉を選びながら、語りかけるように説明する場面もありました。

## うちゅうラボ

「霧箱で宇宙線を見る」「重力波望遠鏡を作ろう」に興奮！



“うちゅうラボ①”「霧箱で見る宇宙からのメッセージ」には連日、多くの子もたちが訪れました。宇宙線についての説明をした大学院生の「せっかく宇宙線研究所に来たんだから、ぜひ宇宙線を見つけていってください」という呼びかけに、霧箱の中を懐中電灯で照らし、宇宙線やランタンの芯からの放射線を熱心に探索。見つると、「いま見えたよ」「すごい」などの歓声があがりました。

初日だけ行われた“うちゅうラボ②”「重力波望遠鏡を作ろう」には、大学見学で訪れた高校生らがグループを作って参加。計10グループほどが重力波望遠鏡のキットを机上で組み上げ、大学院生らの助けを借りて、二つの経路を通った光が干渉するように調整。スマホの音楽で鏡を振動させ、検出器につないだスピーカーから音を出すのに成功すると「完成したね」「やったー」などと満足そうにうなずいていました。



### バーチャル・リアリティ (VR) 体験コーナーも大人気

前年に引き続き、設置されたVR体験コーナーには、神岡鉱山(スーパーカムオカンデ、KAGRA、XMASS)以外にも、スーパーカムオカンデのタンク内の写真と、チェレンコフガンマ線望遠鏡(CTA)南半球サイトのCG映像が加わり、盛りだくさんの内容に。午前10時から配布を始めた整理券はすぐになくなり、座席は常に参加者で埋まっていました。



### 1階テント内のパズル・パークラフトにも大勢の人たち

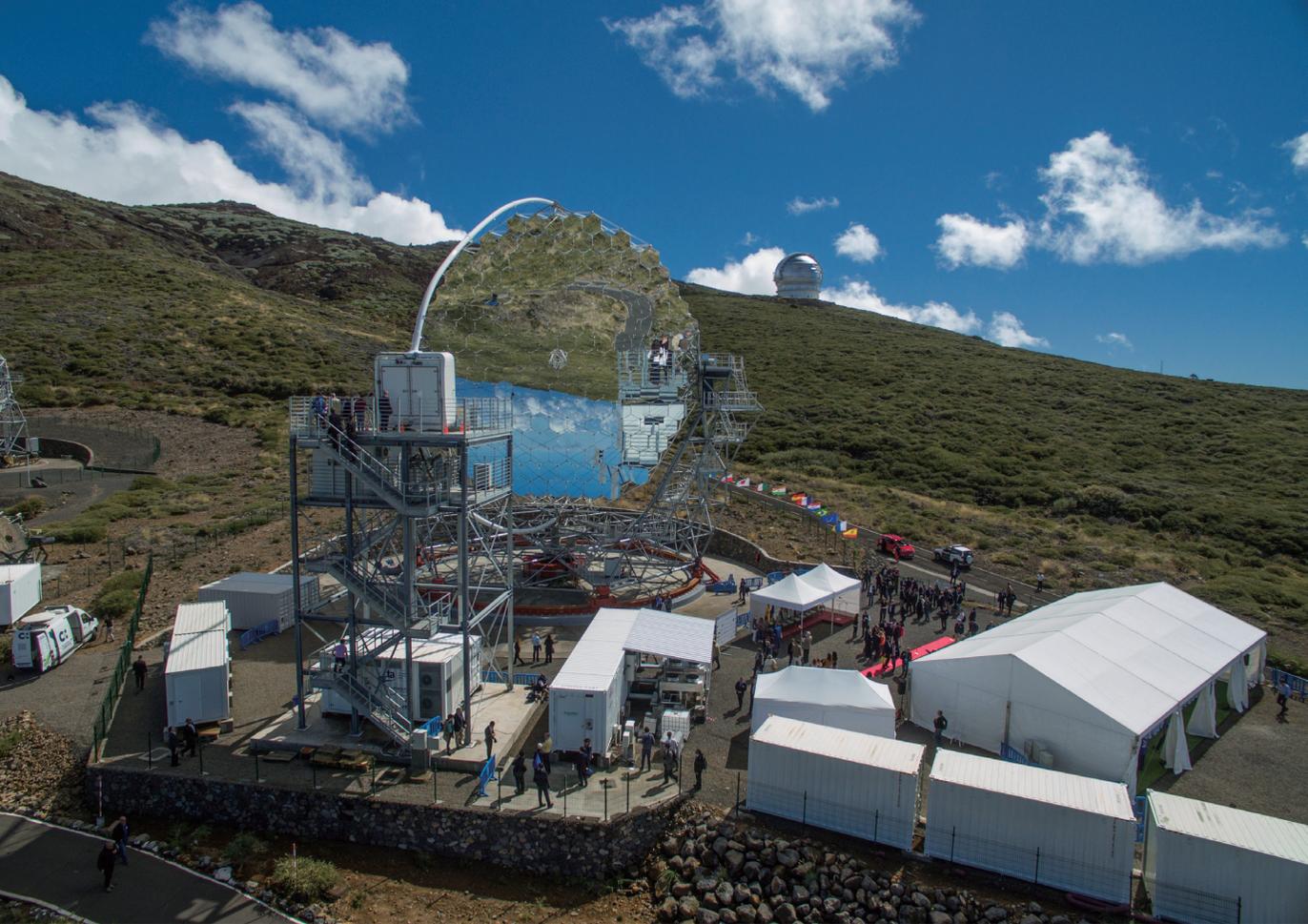
1階テント内に設けられたパズルコーナーには300ピースに加え、500ピースコーナーも登場し、訪れた人たちがパズルに挑戦。一人では完成できなかった500ピースも、前の人組み上げたところから継続して取り組み、1日目夕方にはとうとう一つが完成。NPO団体による宇宙線グッズの販売コーナーにも多くの人たちが訪れていました。



### うちゅうの展示コーナー 研究者が立ち、丁寧に説明

研究所のプロジェクトについて、パネルや模型などで説明するうちゅうの展示コーナー(6階)では、研究者たちが交代でパネル前に立ち、訪れた参加者にプロジェクトについて説明。展示に興味をそそられて立ち寄り、熱心に聞き入る家族連れの姿も見られました。





## Reports

2018年10月10日 スペイン・カナリア諸島のラ・パルマ島で

# チェレンコフ・テレスコープ・アレイ (CTA) 大口径望遠鏡1号基 完成記念式典を開催、試験運転を開始

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) 大口径望遠鏡1号基が、スペイン・カナリア諸島ラ・パルマ島のCTA北サイトに完成し、2018年10月10日午後(日本時間の10日夜)に、日本を含む各国の関係者200人以上が出席して完成記念式典が開かれ、式典終了後、試験運転が開始されました。CTA計画は国際共同研究プロジェクトであり、ガンマ線天文学を飛躍的に推し進め、高エネルギー宇宙物理学の世界に革命をもたらすだけでなく、天文学や素粒子物理学の幅広い分野にも大きな貢献ができると見込まれています。

### 完成記念式典に関係国から200人以上が出席

CTAが捉えようとしているのは、宇宙からのガンマ線が大気中で起こす空気シャワーによるチェレンコフ光です。従来の観測装置では、宇宙の誕生から66億年後の宇宙しか観測できませんでしたが、感度を10倍に向上させ、観測可能なエネルギー領域を20 GeV-300 TeVに拡大。宇宙誕生後16億年の若い

宇宙の姿を見ることができるようになっています。これにより、1000個を超える超高エネルギーガンマ線天体が新たに発見され、宇宙線の起源と生成機構の解明や、ブラックホール、さらに中性子星近くの物理現象の解明などに役立つことが期待されます。

使われる望遠鏡は、観測可能なエネルギー領域が異なる大口径(直径23m)、中口径(同12m)、小口径(同4m)の三種類で、スペインのカナリア諸島ラ・パルマ島に北半球サイト、チリのパラナルに南半球サイトを整備し、大口径8基、中口径40基、小口径70基の計118基を建設する計画です。世界31カ国から1,400名を超える研究者が参加しており、日本でも2009年にCTA-Japanコンソーシアムが結成され、東京大学、青山学院大学、茨城大学、大阪大学、北里大学、京都大学、近畿大学、熊本大学、高エネルギー加速器研究機構、甲南大学、埼玉大学、東海大学、東北大学、徳島大学、名古屋大学、広島大学、宮崎大学、山形大学、山梨学院大学、理化学研究所、立教大学、早稲田大学の研究者や大学院生127名が参加しています。

## 世界 31 カ国から 1400 人以上が参加、CTA-Japan に 22 機関・127 名が参加

大口径 1 号基は CTA 計画で実用化される最初の望遠鏡で、日本、ドイツ、スペイン、イタリア、フランスの国際共同研究で設計・建設が行われてきました。建設は 2015 年 10 月から始まり、2017 年 1 月にコンクリート製の土台が完成。支柱や巨大な皿状の構造、カメラを設置するためのアームなどが相次いで設置され、2018 年 2 月にほぼ完成しました。さらに、8 月までの間に 198 枚の分割鏡が取り付けられ、9 月下旬に鏡に反射したチェレンコフ光を捉える高性能カメラも設置され、試験運転の準備が着々と進められてきました。

記念式典は現地時間の 10 日午後、関係者 200 人以上が参加し、カナリー宇宙物理学研究所 (IAC) のロケ・デ・ロス・ムーチャョス天文台内の CTA 北サイトで行われ、東京大学宇宙線研究所の梶田隆章所長、CTA 大口径望遠鏡研究責任者の手嶋政廣教授、東京大学の羽田正理事・副学長のほか、ラ・パルマ島の Anselmo Pestana 大統領、スペイン政府の Pedro Duque 科学大臣らが挨拶を行いました。

手嶋教授は「我々は MAGIC, HESS, VERITAS から多くのことを学び、さらに改良を加えることにより、この大口径望遠鏡を開発、建設してきました。これらの改良により、我々は現在の望遠鏡と比べて一桁高い感度を達成しようとしています。本日我々は 1 号基の完成を祝っていますが、さらに 3 台の望遠鏡を 3 年で建設しなければなりません。引き続き、皆様の方強いサポートの協力、努力をお願いいたします」と話しました。

### 羽田理事・副学長、梶田所長、手嶋教授が挨拶

梶田所長は「多くの日本の研究者、技術者、学生らが国際共同研究の現場で重要な役割を果たし、大口径望遠鏡の建設を進めているのを目の当たりにして、大変嬉しく思います。ここ数年、マルチメッセンジャー天文学が提唱されており、CTA も間違いなく、ニュートリノ、重力波、宇宙線の観測とともにその重要な一角を担うことになるだろうと確信しています。それが宇宙の神秘を解き明かすことにつながるのです」とコメントしました。

羽田理事・副学長は「ドイツ、スペイン、日本など多くの国がそれぞれに貢献し、このような美しい望遠鏡を完成させることができたことは大変すばらしいことです。その中で、日本の研究者や学生たちが国際的な舞台上で重要な役割を果たしているのを見て、嬉しく思っています。スペインと日本は今年 11 月、外交関係樹立 150 周年を迎えますが、経済だけではなく学術でも交流が進んでいることは大変喜ばしいことです。残る 3 基の大口径望遠鏡の建設も順調に進み、素晴らしい歴史的な発見が実現することを強く願っています」とコメントしました。



梶田所長ら喜ぶ関係者たち  
(名古屋大・奥村暁さん提供)



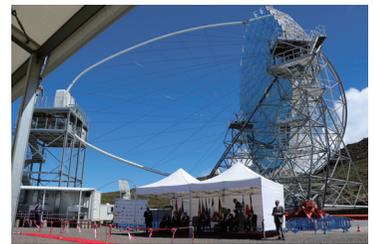
羽田理事・副学長



手嶋教授



梶田所長



### 日本とドイツの 6 企業に感謝状 完成記念祝賀会

同日夕方には、ラ・パルマ市内のホテルで、CTA 大口径望遠鏡完成記念祝賀会が開かれ、CTA の設計・建設にご尽力をいただいた日・独の六つの企業に、梶田所長から感謝状が贈られました。感謝状を受けたのは、富士通、浜松ホトニクス、日立システム、三光精衛所、ジーテック (G-Tech) とドイツ企業の MERO TSK です。

データ解析用のコンピュータシステムを担当する富士通は山本正巳・取締役会長が出席し、「CTA では高地などの過酷な環境に耐える高い性能を求められていますが、当社はすばるやアルマの望遠鏡、宇宙線研究所ともスーパーカミオカンデのシステムなどで豊富な経験を有しています。CTA の今後のさらなる展開に、ぜひ協力させて頂きたいと思います」と話しました。

# Topics

2018年11月11日

## ICRR × Kavli IPMU 合同一般講演会 「粒子、宇宙現象または数学世界」

東京大学宇宙線研究所 (ICRR) とカブリ数物連携宇宙研究機構 (Kavli IPMU) の第19回合同一般講演会が11月11日、本郷キャンパスの安田講堂で開かれ、約280人が参加しました。講演会には、ICRR から望遠鏡・アレイ (TA) プロジェクトを担当する増田准教授が「ハドロン反応」でつながる加速器実験と高エネルギー宇宙」と題して講演。宇宙線が起こす空気シャワーを正しく理解するため、LHC 加速器で起きるハドロン反応から学んできたことや、その到来方向から宇宙線の起源に迫る観測が、最高エネルギー宇宙線、ガンマ線天文学、ニュートリノ天文学の分野で進んでいる現状について報告しました。また、「数理解論としての超弦理論」と題して講演した Kavli IPMU の吉田豊特任助教と対談し、会場からの質問に答えました。



対談する増田教授

2018年10月20日

## 松戸市の「科学と芸術の丘 2018」で 霧箱ワークショップを開催

東京大学宇宙線研究所は10月20日、松戸市主催の「科学と芸術の丘 2018」の会場となった松戸市観光協会 (松戸市本町) で、霧箱実験のワークショップを開催しました。科学と芸術の丘 2018 は、自然や科学の世界を芸術・アートとして表現するフェスティバルで、20日から2日間、松戸市の国の重要文化財「戸定邸」を主会場に今年初めて開催されたものです。

霧箱実験のワークショップは20日午前11時半と14時の2回、松戸市観光協会2階の多目的スペースを利用して開催し、計31組の家族連れなどが参加。講師として招かれた宇宙線研究所学術支援専門職員の大林由尚さんが、宇宙線発

見の歴史や、宇宙線を観察できる霧箱の説明をしたあと、全員が一つずつ霧箱のキットを組み立てました。箱の内側に張り付けたスポンジにアルコールを浸してフタを閉じ、ドライアイスで冷やし、懐中電灯で横から照らしながら内部を観察すると、時々、白く細い線が走るのが観察され、「いま何か見えた!」「すごい!」「宇宙線だよ」など興奮した声があがりました。次に霧箱の中にランタンの芯を入れてもらおうと、芯に含まれるトリウムからアルファ線が四方に放出される様子が観察され、「すごくたくさん出てる!」「これは宇宙線じゃないの?」などの感想や疑問が次々に出されていました。



2018年7月下旬

鹿熊亮太さん (修士1年)

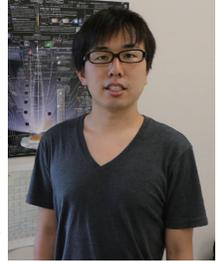
## 2018年度「天文・天体物理若手夏の学校」で オーラルアワードを受賞

ICRR 観測的宇宙論グループ (大内正己准教授) に所属する鹿熊亮太さん (修士1年) が7月下旬、天文・天体物理若手の会が主催する夏の学校で、優れた口頭発表をした若手の大学院生に贈られる銀河・銀河団分科会のオーラルアワード (1位) を受賞しました。

光の速さが有限であることから、遠くの宇宙を観測することで、宇宙の進化の歴史を見ることが出来ます。しかし、現在の望遠鏡では、遠方宇宙に広がる暗い銀河やガスからなる構造を捉えることは難しく、次世代の宇宙望遠鏡が、さらに大口径の望遠鏡が必要とされてきました。鹿熊さんらの研究グループは、すばる望遠鏡の超広視野主焦点カメラ (HSC) の観測で得られた、非常に大きな画像データと統計的な手法とを組み合わせ、遠方宇宙に広がる暗い銀河やガスからなる構造を捉える研究にチャレンジしています。鹿熊さんは夏の学校で、およそ130億年前の非常に暗く小さな銀河や銀河ガスの広がりを、水素原子から

発せられる特殊な光を統計的に捉えることで明らかにする取り組みを紹介。今後さらに形成初期の銀河や銀河間ガスの様子を観測することで、銀河形成・進化を探るうえで非常に重要な情報が得られる可能性があるとなりました。

鹿熊さんは、「私が今こうして生きている宇宙はどのように進化してきたのかわかりたい、という一心で研究しています。今回いただいた賞を糧に今後も精進していきたいです」と話しました。



鹿熊さん

2018年10月1日

## スーパーカミオカンデ ジグソーパズル第二弾の発売

東京大学宇宙線研究所は、若手研究者の雇用や研究環境の整備などに向けた支援を得るため、スーパーカミオカンデのジグソーパズル第二弾 (500ピース) を、10月1日から発売しました。

2018年6月1日に始まったスーパーカミオカンデの大改修の最中に撮影した写真を原画としており、タンク内の水位が半分程度になり、ゴムボートに乗って、周囲の光電子増倍管などを点検する中畑雅行・神岡宇宙素粒子研究施設長が写っています。販売価格は税込み2,000円。300ピースと同様、東京大学の生協 (本郷、柏) のほか、東急ハンズ名古屋店 (通信販売も対応)、飛騨市スカイドーム神岡、名古屋科学館、富山市科学館、日本科学未来館に販売を委託しています。

## ジグソーパズル第一弾 (300ピース) 追加出荷で12月から店頭へ

多くの皆様のご要望に応え、ジグソーパズル第一弾 (300ピース) についても、追加発注することを決め、12月初めより店頭に並ぶことになりました。販売価格および販売店は以前と同様です。ぜひセットでお楽しみください。



# Information

## 人事異動

発令日	氏名	異動内容	職
2018.6.30	梁 炳守	受入終了	協力研究員
2018.6.30	原 弥生	任期満了	事務補佐員
2018.7.1	BALLMER, Stefan Werner	任期満了	特任准教授 (外国人客員)
2018.7.1	TROZZO, Lucia	採用	特任研究員 (アポロ以外研究員)
2018.7.1	佐藤 悠	転出	一般職員
2018.7.1	高道 諒	転入	一般職員
2018.7.1	中島 一美	契約開始	派遣職員
2018.7.3	MARTINEZ,Rodriguez Manuel	採用	特任教授 (外国人客員)
2018.7.16	PENA ARELLANO, Fabian Erasmo	採用	特任研究員 (アポロ以外研究員)
2018.7.18	酒井 直	受入終了	短期共同研究協力員
2018.7.31	福田 大展	退職	特任専門職員
2018.7.31	清水 かつ子	退職	用務補佐員
2018.8.1	中村 牧生	採用	特任専門職員
2018.8.31	MARTINEZ,Rodriguez Manuel	任期満了	特任教授 (外国人客員)
2018.8.31	ポロンス 由香梨	退職	一般職員
2018.9.1	McCAULEY, Neil Kevin	採用	特任准教授 (外国人客員)
2018.9.1	押野 翔一	採用	特任研究員 (アポロ以外研究員)
2018.9.1	吉村 三治	採用	技能補佐員
2018.9.1	平賀 琢也	採用	一般職員
2018.9.15	HADASCH, Daniela	任期満了	特任研究員 (研究所研究員)
2018.9.16	高橋 光成	採用	特任研究員 (アポロ以外研究員)
2018.9.16	HADASCH, Daniela	受入	協力研究員
2018.9.30	小林 雅俊	受入終了	学振特別研究員 (PD)
2018.9.30	中村 佳昭	受入終了	協力研究員
2018.10.1	西田 宏美	採用	事務補佐員
2018.10.12	藤村 裕子	退職	事務補佐員
2018.10.31	McCAULEY, Neil Kevin	任期満了	特任准教授 (外国人客員)
2018.10.31	MAZIN, Daniel	退職	助教
2018.10.31	HADASCH, Daniela	受入終了	協力研究員
2018.10.31	千田 藍	退職	事務補佐員
2018.11.1	田越 秀行	昇任	教授
2018.11.1	MAZIN, Daniel	採用	特任准教授
2018.11.1	HADASCH, Daniela	採用	特任助教
2018.11.1	McCAULEY, Neil Kevin	受入開始	協力研究員

(2018.6.2 ~ 2018.11.1)

## ICRR Seminar

2018.7.24

Dr. Manel Martínez (IFAE-BIST, Visiting Prof. of ICRR)  
"On Bounds on a Possible Energy Dependence of the Speed of Light in Vacuum"

2018.7.27

Dr. Kyohei Kawaguchi (ICRR)  
"Modelling Gravitational Waveforms and Electromagnetic Signals from Neutron Star Binary Mergers"

2018.10.3

Dr. Susumu Inoue (RIKEN)  
"The Dawning of Electroweak Astronomy: Interpreting Electromagnetic+neutrino Observations of Blazars"

2018.11.2

Dr. Jonathan R. Gair (The University of Edinburgh)  
"Gravitational-wave standard siren measurements of the Hubble constant"

2018.11.8

Dr. Kenny C. Y. Ng (Weizmann Institute of Science)  
"The Surprising Solar Gamma-ray Emission from Cosmic-Ray Interactions"

ICRR NEWS No.103 2018 AUTUMN  
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.103 2018 AUTUMN  
編集・発行：2018年11月21日 東京大学宇宙線研究所広報室