

宇宙の巨大な加速器の正体を明かす

宇宙からやってくる宇宙線には人類が作り出すことのできるエネルギーの1億倍ものエネルギーをもつ粒子もあります。どのような「超高現象」が粒子をそこまで加速するのでしょうか。

望遠鏡・アレイ (TA) は最高エネルギーの宇宙線観測を目的に米ユタ州の砂漠地帯 (標高1,400メートル) に建設され、2008年観測を開始しました。地表検出器507台と大気蛍光望遠鏡3ステーションからなり、700平方キロメートルの地表面積をカバーしています。

宇宙の超高現象を解き明かす

高エネルギーの宇宙線を生み出す、宇宙の超高現象。その正体はまだ知られていません。

宇宙から降り注ぐ宇宙線は、どこでどのように生まれたのでしょうか。実は、宇宙線がやってくる方向を見ても、その宇宙線が生まれた方向を見ているとはかぎりません。それは、宇宙線が宇宙空間をまっすぐに飛んでくるとはかぎらないからです。電気を帯びている粒子は銀河系内の複雑な磁場に曲げられて、すぐに進路をかえてしまいます。これに対し、電気を帯びていないニュートリノやガンマ線は、銀河系内の磁場に影響を

受けません。電気を帯びている宇宙線であっても、非常に高速で飛んでいる宇宙線 (最高エネルギー宇宙線) の進路は、あまり影響を受けません。そこで、宇宙線研究所では、このような宇宙線の起源を調べることで、宇宙の超高現象を解き明かす最先端の観測実験を多角的に行っています。超高現象を理解するために行っている研究は、観測だけではありません。宇宙線が高エネルギーになるためには、そのエネルギーまで加速できるようなメカニズムが必要になります。このようなメカニズムを持つのは、超高速のプラズマ流 (電気を帯びた粒子の流れ) や超強力な電磁場といった極端な環境だと考えられています。宇宙線研究では、こうした「極端環境」を、物理学の基本原則から理解することを目指しています。

例えば、電気を帯びた粒子は、強い電

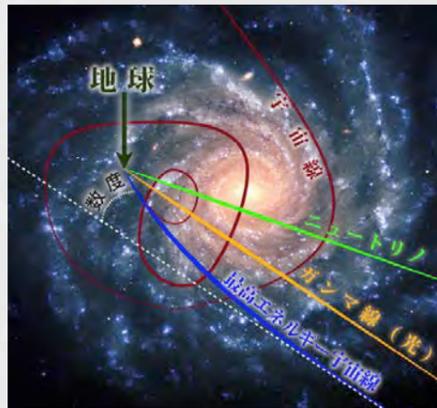


現在約150のガンマ線天体が発見されています。次世代ガンマ線望遠鏡チェレンコフ望遠鏡アレイ (CTA) では、1,000を超える多種多様なガンマ線天体の発見が期待されます。粒子の飛行速度が空気中における光速を超えるときに発する光の衝撃波「チェレンコフ光」を観測します。

場があるプラズマ衝撃波と呼ばれる波面の上を行き来することにより加速されるという説が有力です。しかし、現在見つかったようなエネルギーにまで加速するには充分でないなど、問題も指摘されています。宇宙線研究所高エネルギー天体グループでは、シミュレーションによりさまざまなモデルを検証し、宇宙の超高現象を理解する研究を進めています。

ニュートリノとは

ニュートリノは、物質をつくる最小単位である「素粒子」の仲間の一つ。非常に軽く、また私たちの体やまわりの物質を簡単にすりぬけてしまうため、なかなかとらえることができません。しかし宇宙には大量に存在し、超高現象でも多数生成されています。

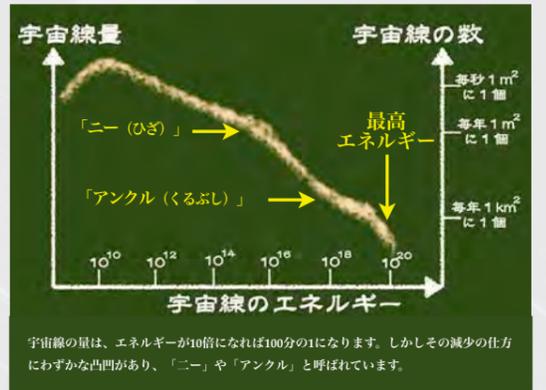


宇宙線の限界を知る—鉄か水素か

宇宙線の数エネルギーが高くなればなるほど急激に少なくなっていきます。宇宙はどのような粒子をどのエネルギーまで加速するのでしょうか。

原子核やニュートリノ、ガンマ線といった宇宙線のエネルギーは、可視光の100万倍から1垓倍 (1兆倍の1億倍、または10の20乗倍) という幅広い範囲をもっています。エネルギーが高くなるほど宇宙線は少なくなっていく。これは、粒子をより高いエネルギーに加速することが難しいからです。最新の観測により、可視光の1垓倍以上の宇宙線は地球にほとんど到達しないことがわかってきました。これは、超高エネルギーの宇宙線は、宇宙を満たしている宇宙背景放射と呼ばれる放射にせきとめられてエネルギーを失うためだと考えられています。

さまざまな実験で宇宙線エネルギーの全体像がわかってきましたが、実は超高エネルギー宇宙線の原子核の種類は、まだよくわかっていません。宇宙誕生間もないころに作られた軽い水素の原子核なのか、あるいは重たい星の最期に残される重い鉄の原子核なのか。その種類によって考えうる宇宙線源が異なるため、宇宙線源のメカニズムを解明するための重要な情報になります。米国ユタ州にあるテレスコープ・アレイ (TA) 実験では、こういった最高エネルギーの宇宙線観測に挑んでいます。また最高エネルギーガンマ線の探索も進め



宇宙線の量は、エネルギーが10倍になれば100分の1になります。しかしその減少の仕方にわずかな凸凹があり、「二」や「アングル」と呼ばれています。

宇宙を深く探査する

宇宙線は宇宙からの貴重なメッセージ。全天に目を向けて、より解像度の高い観測を続けることに意味があります。

宇宙は、まだ解明されていないさまざまな超高現象で満ちています。超高現象はいつ起きるかかわらず、そして人のライフスパンにとっては非常に希少なイベントともいえ、いかなるシグナルも逃さず全天で観測を続けることが、将来の大発見へとつながります。

北半球と南半球の2ステーションで広エネルギー領域のガンマ線を観測する大規模チェレンコフ望遠鏡アレイ (CTA)、南米のピエール・オージェ観測所とあわせて、最高エネルギー宇宙線の全天探査を実現しているTA実験、ハワイのマウナロアで広視野光学観測を行っているアシュラ (Ashra) 実験など、宇宙線研究所には、より宇宙を深く広く探査する実験が進められています。



地表の空気シャワー検出器で初めてガンマ線源の観測に成功したチベット空気シャワー観測装置。宇宙線研究所と中国が共同で開発し、1989年、標高4,300メートルにあるチベット自治区ヤンパーチンに建設。空気シャワー最大発達の高度を利用して最先端の観測を繰り返しています。

アシュラ (Ashra) 実験など、宇宙線研究所には、より宇宙を深く広く探査する実験が進められています。

Column 地球の大気は絶妙な検出器

最高エネルギーの宇宙線は、東京の山手線よりも大きな面積に1年に1個も降りません。この宇宙線がそのまま地表に届くとすれば、地表の広範囲に隙間なく検出器をしきつめなければ検出できません。幸い、宇宙線は宇宙から降ってくる姿のまま地表に到達するわけではありません。銀河のかなたからやってきたエネルギーの高い宇宙線 (一次宇宙線) は、地球の大気中の原子核と反応して、「空気シャワー」とよばれる千億個もの宇宙線 (二次宇宙線) のシャワーとなって地表の広範囲に降り注ぎます。この空気シャワーをつかまえることは、地表にまばらに散らばった小さな検出器でも可能です。このように、宇宙線観測では、地球の大気も検出器の役割を果たしています。

