

# 宇宙の謎を解く三つの手法

宇宙線研究所では大きく3つの「目」で宇宙をとらえることにより、天文学・物理学の根幹をなす理論や超高エネルギー天体現象の謎をひもとく大きな可能性をひめた研究を行っています。

## ① 電磁波でみる

電磁波とは、光のこと。しかし私たちの目で見える光「可視光」は、電磁波のほんの一部でしかありません。波長の違う電磁波を観測することで、さまざまな天体現象を理解することができます。

最もエネルギーが低く波長が長い電磁波は、テレビやラジオでおなじみの「電波」。現在の宇宙は全域でこの領域の電磁波を放っています（宇宙背景放射）。宇宙の始まりであるビッグバンのなごりとして知られています。

次に波長の長い「赤外線」や「可視光」領域では、さまざまな波長帯で観測することにより温度や原子構成などを調べ、星の形成や恒星の進化などが研究されています。

さらにエネルギーの高い電磁波は「紫外線」や「エックス線」と呼ばれ、地球の大気圏で吸収されて地上ではなかなか観測できません。しかし最もエネルギーが高い「ガンマ線」は、大気と反応を起こし空気シャワーをつくります。これを観測することで、まだ謎の多い宇宙の超高エネルギー天体現象を調べることができます。

## 宇宙論

現在、宇宙は加速膨張しています。膨張を速めているエネルギーを暗黒エネルギーと呼び、まだ正体がわかっていません。この暗黒エネルギーは、宇宙の初期には現在の100桁倍もあったと考えられています。この暗黒エネルギーの正体や宇宙の進化を探るため、熱い宇宙の誕生ビッグバンをもたらしたと考えられている急激な膨張、インフレーションの検証を行います。また宇宙誕生後最初の10億年の宇宙を観測し、再電離などの大規模範囲で起こったイベントなどの宇宙史の検証が行われています。

## 天文学

さまざまな波長領域で電磁波を観測することにより、天文学は花開いてきました。太陽のような恒星やブラックホールなどの重たい天体の形成過程や進化、大量の超高エネルギー宇宙線を放つガンマ線バーストなどの天体現象などを理解するために、より精密で広範囲の宇宙線の観測を行っています。

## ② 素粒子・原子核でみる

宇宙からやってくる宇宙線の99%は、水素やヘリウムの軽い原子核です。しかし、これはエネルギーで捉えた数字。数でいえば、素粒子であるニュートリノは原子核の何億倍も存在しており、光と同じくらいの密度があります。ニュートリノは超新星爆発などの超高現象や宇宙の初期に大量に生成され、全ての物質をすり抜けて地球に届くため、誕生した環境の情報をそのまま伝えてくれます。この観測により、天体、そして宇宙の誕生と進化過程の解明をめざしています。

## 一般相対性理論

現代物理の土台となっているアインシュタインの一般相対性理論は宇宙の数多くの現象を予測し、いいあててきました。さまざまな角度から実証されてきた理論ですが、そのなかで唯一まだ検証されていない現象が重力波です。この重力波をとらえることで強い重力場における相対論の検証をめざしています。また、より遠方からやってくる超高エネルギーの電磁波や素粒子・原子核の観測で相対論を検証することも重要で

## ③ 重力波でみる

重力波とは、周囲の時空をゆがめるような非常に重たい天体が加速しながら動くときにおこす波のことで、宇宙空間を伝わってきます。この空間のゆがみは非常に微細で観測が非常に難しいものですが、現在、人類のもてる最先端の技術でようやく手が届こうとしています。重力波の観測が実現すれば、人類は電磁波と素粒子・原子核でえられる情報とは全く違った情報をえる手段をもつことになります。ブラックホールや中性子星の連星が合体するときにおこる高周波（短い波長）の重力波をとらえることにより、天文学や一般相対性理論の理解に多大な貢献があることは間違いありません。また、重力波は宇宙の始まりとされるインフレーションを直接観測できる唯一の手段でもあります。

数十EeV以上の超高エネルギーの宇宙線は、宇宙の磁場にほとんど影響を受けずにほぼ直進します。天の川の方向に限らずあらゆる方向からやってくることから、銀河系外に起源を持つと考えられています。また、数PeV以下の宇宙線は銀河系内部の超新星爆発などに起源を持つと考えられています。銀河系内起源と銀河系外起源の宇宙線の境目は数PeVから数十EeVの間にあるはずですが、どこにあるのかはまだよく分かっていません。

## 宇宙線エネルギーのものさし

※エネルギーのものさしは対数表示になっています。

