

## 高エネルギー宇宙物理のフロンティア

人類が宇宙を観測する術はこの半世紀で驚くほど進展を遂げ、電波からガンマ線に至るまであらゆる波長“**Multi-Wavelength**”における宇宙への「窓」が開けてきた。観測手段は光子だけにとどまらず、さまざまな素粒子“**Multi-Messenger**”（陽子、電子、ニュートリノ、重力波など）によっても、新たな情報が得られるようになってきた。特に、高エネルギーの「窓」の発展は目覚ましく、膨張して冷えていくという単純な宇宙像とは異なる、激しく荒々しい宇宙の姿が明らかになってきている。理論センターでは重力・素粒子・原子核に関する基礎理論に基づいて、高エネルギー宇宙の起源と進化の謎を追求している。今年度は以下のような活動を行った。

1.  $10^{20}\text{eV}$  を超える超高エネルギー宇宙線（**UHECR**）の起源は宇宙物理学最大の謎の一つである。最近の **AUGER** による観測から、**UHECR** の組成は鉄などの重い原子核である可能性が示唆されている。重い元素は主に星の中心で元素合成される。それゆえ、星の爆発で生まれるガンマ線バーストは **UHECR** の起源の有力な候補の一つである。しかし、原子核は比較的エネルギーの低い反応によって壊される。そこで、ガンマ線バーストにおいて原子核が生き残れる条件を明らかにした。特にガンマ線バーストのジェットが磁場で加速されるモデルが好まれることが分かった。

Shunsaku Horiuchi, Kohta Murase, Kunihito Ioka, and Peter Meszaros  
*The Astrophysical Journal*, 753, 69 [14p] (2012) [arXiv:1203.0296]

2. 宇宙最初の星がどのような星であったかという問いは、その後の宇宙を決定づけるためにも重要である。最近、宇宙最初の星が非常に巨大であるという可能性が理論的に示唆されている。もし巨大な一番星がガンマ線バーストを起こせば、現在のガンマ線バーストを遥かに超える巨大な爆発になり、一番星が生まれるような初期宇宙を初めて観測できるようになるかもしれない。しかし、星が巨大だと、ガンマ線バーストのジェットが星を貫くことができないと議論されていた。我々は、星が巨大だと中心のブラックホールへの降着が長時間続くのでそこから生まれるジェットも長時間継続し、一番星に穴をあけることができることを初めて示した。

Hiroki Nagakura, Yudai Suwa, and Kunihito Ioka

The Astrophysical Journal, 754, 85 [21p] (2012) [arXiv:1104.5691]

3. CTA (Cherenkov Telescope Array) は、世界で一つという大規模な TeV ガンマ線望遠鏡群により、現在より一桁以上高い感度と、より広い光子エネルギー領域を達成しようという次世代計画である。1000 以上の TeV ガンマ線天体の発見が期待され、単にガンマ線のみならず、高エネルギー宇宙物理学全体を大きく牽引することになる。我々は、CTA によってガンマ線バーストが観測可能かどうかを調べ、イベントレートを初めて求めた。

Jun Kakuwa, Kohta Murase, Kenji Toma, Susumu Inoue, Ryo Yamazaki, and Kunihito Ioka

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 425, 514-526 (2012) [arXiv:1112.5940]

4. 宇宙マイクロ波背景放射のように、ガンマ線領域においても背景放射が観測されており、その起源が大問題になっている。エネルギーが TeV 領域になると、ガンマ線は宇宙の赤外光学背景放射と相互作用して電子陽電子を生成して、宇宙論的な距離を伝搬できなくなる。ところが、TeV にカットオフは見つかっていない。近傍のソースが存在するので明確なカットオフはなくても構わない。しかし、我々は、電子陽電子が放射するガンマ線を考慮するとガンマ線背景放射の上限が得られ、現在の観測がこの上限を微妙ではあるが破っていることを示した。これは、銀河ハローのダークマターからの放射や Axion と光子の変換の可能性と関係する。

Yoshiyuki Inoue and Kunihito Ioka

Physical Review D, 86, 023003 [8p] (2012) [arXiv:1206.2923]

5. 宇宙ガンマ線の較正天体である蟹パルサー星雲が変動するというまさに根幹を揺るがす事件が最近起こった。パルサー星雲は巨大なため、観測された変動時間を説明するには相対論的な運動を考える必要がある。我々は、さらに高エネルギーの TeV-PeV での変動が逆コンプトン散乱によって不可避に起こることを示し、そこから放射体のローレンツ因子に制限が加わることを示した。

Kazunori Kohri, Yutaka Ohira, Kunihito Ioka

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 424, 2249-2254 (2012) [arXiv:1202.6439]

6. 重力波の初の直接観測が間近に迫っている。観測されればノーベル賞級の

発見である。重力波が観測されたことをコミュニティーが認めるには、重力波の対応天体が、光子やニュートリノなど他の方法で追観測されることが必須であると考えられている。我々は、重力波の最も有力な候補である連星中性子星の合体において、相対論的なアウトフローが合体時の衝撃波によって生じることを初めて指摘し、期待される対応天体の光度を求めた。

Koutarou Kyutoku, Kunihiro Ioka, Masaru Shibata

arXiv:1209.5747

7. Axion 宇宙物理に関する国際研究会を11月に開催予定である。

<http://www-conf.kek.jp/AIU12/>