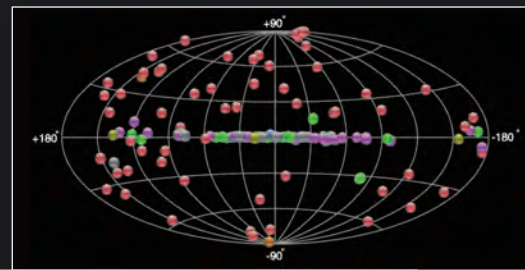


超高エネルギーガンマ線天文学

可視光の一兆倍のエネルギーをもつ光 (10^{12} eV = 1 TeV) を、超高エネルギーガンマ線 (TeV ガンマ線) と呼びます。このようなガンマ線は、主に宇宙で高エネルギーまで加速された荷電粒子に伴って放射されます。宇宙から届いた TeV ガンマ線が地球大気に突入すると、電磁シャワーという現象により、多数の電子・陽電子を作り出し、チェレンコフ光という青い光が地上に飛来します。

この微弱な光を大型反射望遠鏡で集め、焦点に多数配置した高感度の光センサー (光電子増倍管) で光の像を検出します。1989 年にアメリカのウィッブル望遠鏡が、かに星雲からの TeV ガンマ線の検出したのが、TeV ガンマ線天文学のはじまりです。現在では 100 を超える様々な TeV ガンマ線天体が発見されています。



超高エネルギーガンマ線源の天球図
中央が銀河中心。100 を超えるガンマ線源 (<http://tevcat.uchicago.edu/>)

高感度・高性能望遠鏡群で 高エネルギー宇宙の新たな扉を開く

Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画は、従来の装置の 10 倍以上の感度をもち、広い光子エネルギー領域 (20 GeV - 100 TeV) を観測できるガンマ線天文台を、北半球と南半球に 2 か所建設し、全天の観測をめざします。1000 を超える多種多様な天体が銀河系内、系外に観測され、宇宙での高エネルギー現象に関して新たな発見を多くもたらすと期待されています。CTA は建設後、コミュニティに開かれた天文台として運営されます。

タイムスケジュール

- 2007 - 2010 デザインスタディー (完了)
- 2010 - 2014 計画準備期間
 - 詳細デザイン、サイト準備、プロトタイプ望遠鏡
- 2015 - 2020 建設 (現在)
- 2017 - 2020 部分的観測開始
- 2020 - 2040 フル観測運転

現在稼働中の超高エネルギーガンマ線望遠鏡群



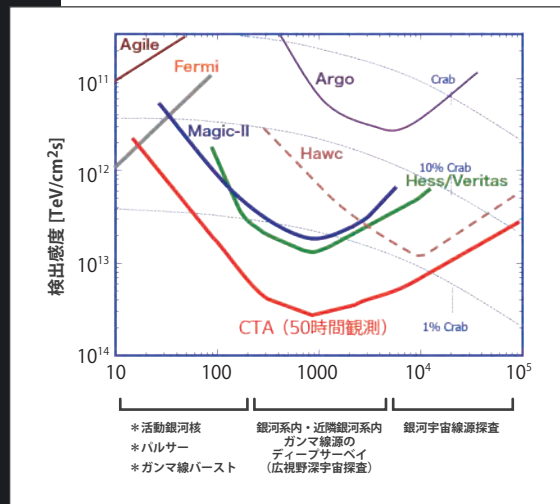
VERITAS (アリゾナ)



H.E.S.S. (ナミビア)



MAGIC (カナリー諸島)



画像提供

- 表紙 © ICRR, illustration: Akihiro Ikeshita
- 超新星残骸 © NASA, ESA, and Z.Levay(STScI)
- 活動銀河核 © Max-Planck-Institut fuer Radioastronomie
- 暗黒物質探査 © D.Dixon(UCR), D.Hartmann(Clemson), E.Kolaczyk(U.Chicago), NASA
- ガンマ線バースト © NASA/Swift/Mary Pat Hrybyk-Keith & John Jones
- ガンマ線連星系 © Walt Feimer, NASA/Goddard Space Flight Center
- 天の川銀河 © Axel Mellinger(Central Mich. U)
- CTA で期待される天の川銀河観測 © S.Funk(SLAC)

Cherenkov Telescope Array



宇宙の
高エネルギー現象を
解き明かす
次世代
超高エネルギーガンマ線天文台



CTA-Japan コンソーシアム (<http://www.cta-observatory.jp/>)

青山学院大学 / 茨城大学 / 宇宙航空研究開発機構 / 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 / 東京大学 / 東京工業大学 / 東京理科大学 / 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 / 早稲田大学

発行責任：東京大学宇宙線研究所 2015年5月



CTA で狙うサイエンス

Cherenkov Telescope Array (CTA) 計画は、超高エネルギーガンマ線による宇宙の研究を飛躍的に発展させるべく、従来の装置の 10 倍以上の感度と広い光子エネルギー領域を観測できる究極の超高エネルギーガンマ線天文台建設を目指す 25 カ国参加の国際共同プロジェクトです。

宇宙のさまざまな場所で起きている驚くべき高エネルギー現象のすべてが CTA の研究対象です。CTA が生み出すデータをもとに展開されるサイエンスは、以下のように、天文学、宇宙線物理学、宇宙論、素粒子物理学などの広範囲にわたります。

■銀河系内宇宙線の起源・加速・伝播：

超新星残骸と周辺の分子雲、パルサー星雲、連星系、TeV 未同定天体、銀河中心、銀河面拡散ガンマ線

■銀河系外宇宙線・ガンマ線源：

活動銀河核（巨大ブラックホール）からの相対論的ジェット、ガンマ線バースト、近傍銀河、爆発的星形成銀河、近傍銀河群、銀河団

■宇宙論・量子重力：

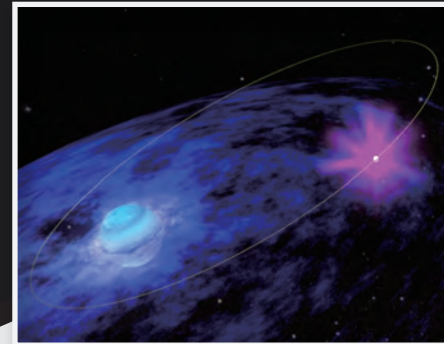
遠方ガンマ線天体による背景放射光密度（宇宙の星形成史）への制限、プランクスケールでの時間・空間の量子ゆらぎへの制限

■暗黒物質：

暗黒物質の対消滅・崩壊によるガンマ線、電子宇宙線の探索



CTA で期待される天の川銀河観測（超高エネルギーガンマ線）



ガンマ線連星系

超新星爆発

大質量の星が一生を終える時に起こす超新星爆発による残骸は、光速の 30 分の 1 の速さで広がり星間空間に衝撃波を生成します。そのエネルギーにより宇宙線を加速し、ガンマ線を放出していることがわかってきました。



活動銀河核（巨大ブラックホール）

超高エネルギーガンマ線を放出するような活動的な銀河の中心には、太陽質量の 1 億倍以上の質量をもったブラックホールが存在することがわかってきました。このようなブラックホールは、周囲の星やガスを飲み込み、そこで得られる重力エネルギーの一部を超高速のプラズマジェットとして放出します。



ガンマ線バースト

1 日に一度程度、数秒から数百秒にわたるガンマ線のフラッシュ（爆発的なエネルギー放出）が深宇宙で起こっています。その起源は、中性子星の合体や、超大質量星による巨大な超新星爆発であると考えられていますが、いまだ多くの謎につつまれています。

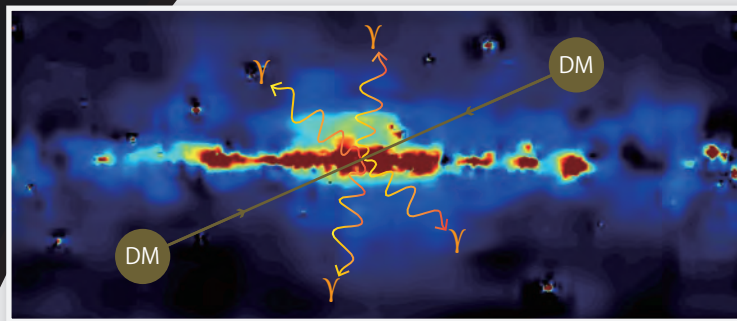
日本グループによる技術開発・サイエンスへの貢献

2009 年より CTA Japan コンソーシアムを結成し、100 名を超える日本の研究者が準備研究を推進中です。

現在、CTA Japan は 23m 大口径チェレンコフ望遠鏡用の高感度イメージカメラ（下図焦点面検出器モジュール 265 ユニットからなる）の開発、高精度分割反射鏡の開発、さらに開発に必要なモンテカルロシミュレーション、また CTA の狙うサイエンスの理論的検討に大きく貢献しています。

日米欧を中心として国際共同で進める準備研究、今後の建設、運用のうち、全体の 20% を日本が担う事を目標として活動をすすめています。

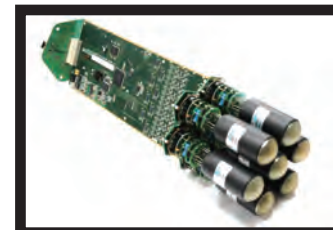
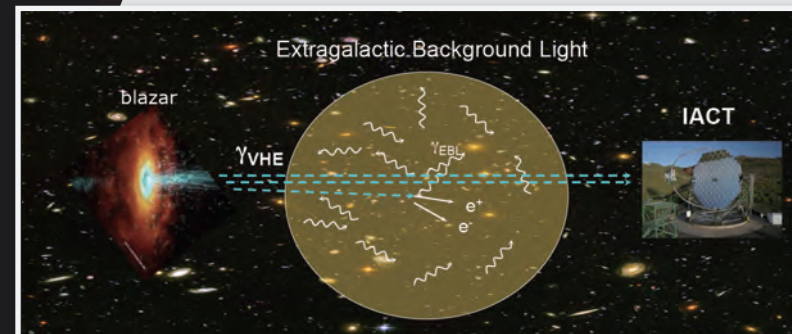
天の川銀河（可視光）



暗黒物質の探査

暗黒物質の最有力候補は、超対称性粒子のうち最も軽く安定した素粒子であると考えられています。この超対称性粒子は粒子と反粒子が同一です。このため、銀河中心のように暗黒物質が多く集中している場所では、暗黒物質同士が対消滅をおこし、まさにテラ電子ボルトのガンマ線が放出されると予測されます。

宇宙論（宇宙の星形成史）



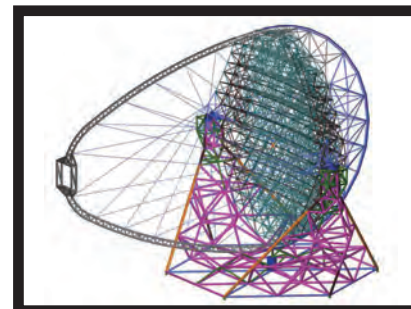
焦点面検出器モジュール

高量子効率光電子増倍管、超高速読み出し回路等からなる



1.5m サイズ高精度分割鏡

アクチュエーターにより、分割鏡の方向を ±15 秒角で制御



主鏡サポート構造

カーボンファイバーチューブを用いた軽量構造により高速回転可能

口径 23 メートル