

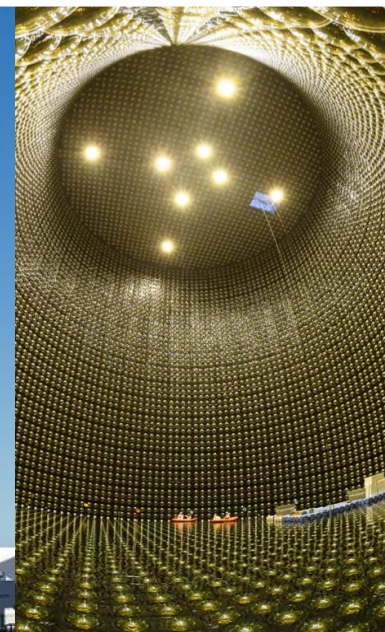
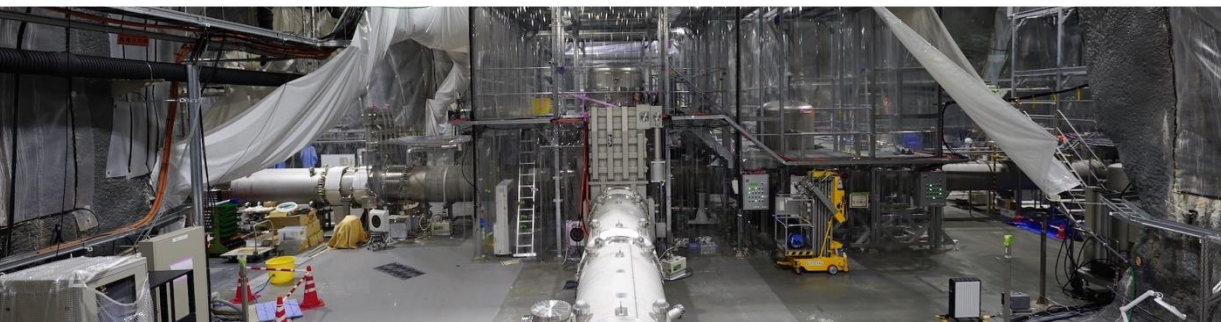
東京大学宇宙線研究所

宇宙線物理学における世界の中核機関

宇宙線・ガンマ線・ニュートリノ・重力波研究などを国際的な共同利用・共同研究体制により推進



宇宙線国際研究拠点



宇宙線とは

宇宙線
= 宇宙を飛び交う放射線

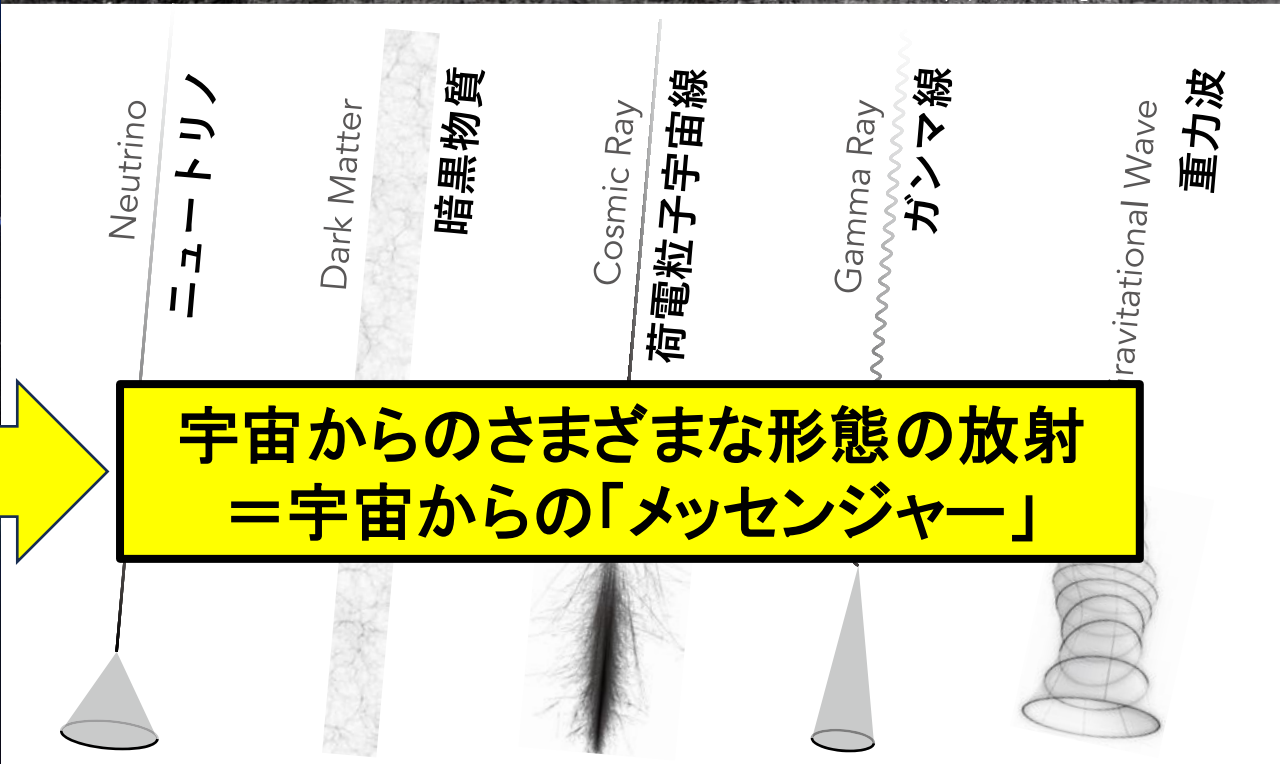
狭義には
電荷を持った(素)粒子を
指す言葉だが...



宇宙線とは

宇宙線
= 宇宙を飛び交う放射線

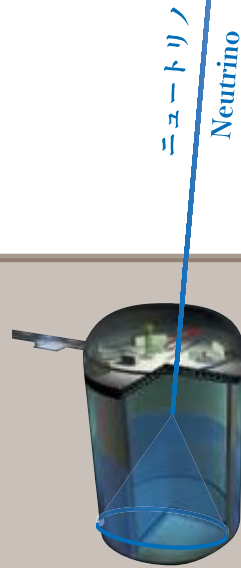
狭義には
電荷を持った(素)粒子を
指す言葉だが...



宇宙線を観測する様々な手段

ニュートリノ Neutrino

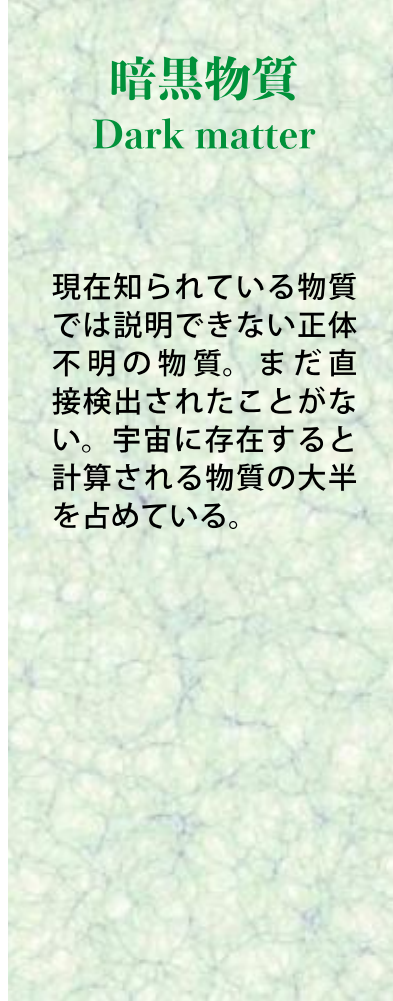
超新星爆発や太陽などの星の中、地球の大気や内部など、さまざまなところで生じる素粒子。人も地球も何でもするりと通り抜けて、ほとんどは宇宙の遠くへ飛び去る。



水チェレンコフ望遠鏡

暗黒物質 Dark matter

現在知られている物質では説明できない正体不明の物質。まだ直接検出されたことがない。宇宙に存在すると計算される物質の大半を占めている。



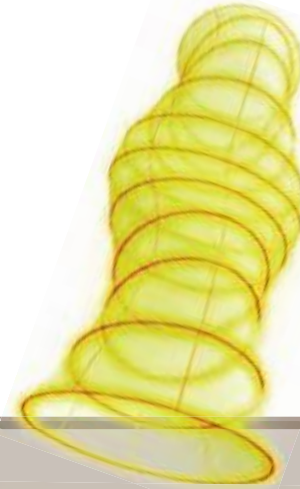
地下



暗黒物質検出装置

重力波 Gravitational wave

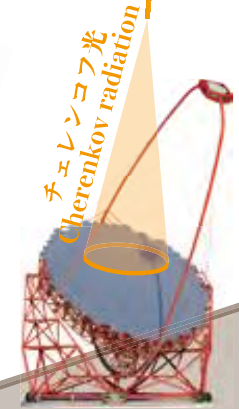
アインシュタインの相対性理論によって提唱された時空の波。重たい天体やブラックホール同士の合体や超新星爆発など、時空が急激に変化するとき大きな波が生じる。



重力波検出装置

ガンマ線 Gamma ray

ガンマ線
Gamma ray



空気チェレンコフ望遠鏡

最もエネルギーの高い領域の電磁波。宇宙で起こるさまざまな超高エネルギー現象で生成される。

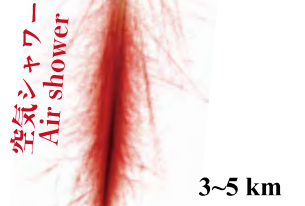
宇宙線 Cosmic ray



人工衛星
宇宙ステーション
200 km ~
宇宙線
Cosmic ray



気球
30 km



空気シャワー
Air shower
3~5 km



空気シャワー検出器

宇宙を高エネルギーで飛び交うとても小さな粒。90%が陽子でできた水素原子核で、9%がヘリウム原子核、残りはより重たい原子核や素粒子。

東京大学宇宙線研究所

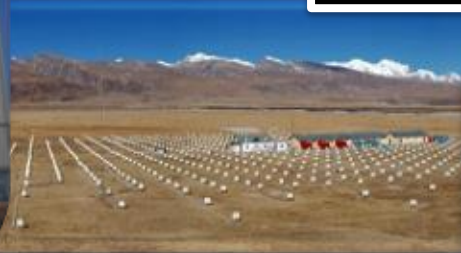
ガンマ線



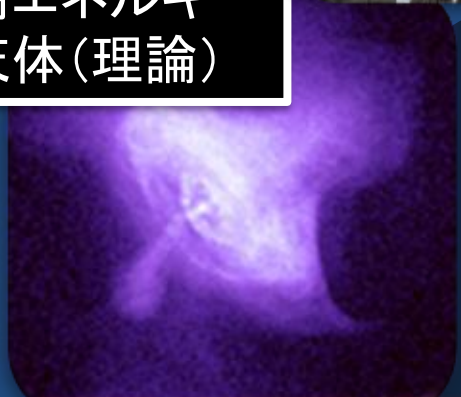
最高エネルギー宇宙線



銀河宇宙線・ガンマ線



高エネルギー天体(理論)



東京大学宇宙線研究所

- ✓ 世界最高感度の様々な宇宙線観測装置をホスト・運用
- ✓ 理論・シミュレーションの専門家も



重力波

ニュートリノ



ダークマター



素粒子論、宇宙論



観測的宇宙論



東京大学宇宙線研究所

ガンマ線



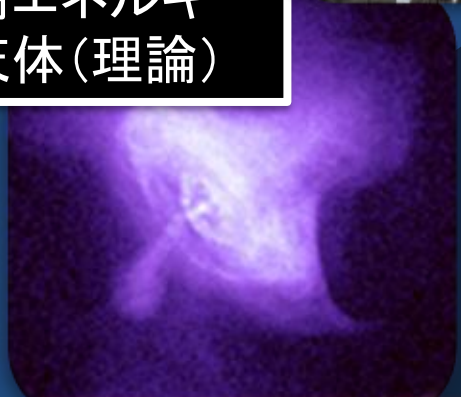
最高エネルギー宇宙線



銀河宇宙線・ガンマ線



高エネルギー天体(理論)



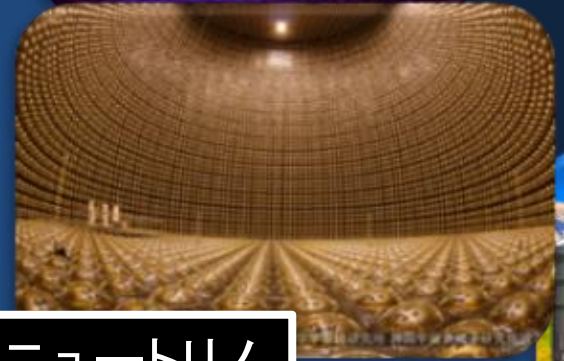
宇宙線、ガンマ線、電波・光・赤外線、ニュートリノ、重力波、ダークマター等の観測から

- ✓ ブラックホールなどが関係した宇宙の高エネルギー現象を研究
- ✓ 宇宙を支配する基本法則を研究



重力波

ニュートリノ



ダークマター



素粒子論、宇宙論



観測的宇宙論

国外・国内研究拠点

CTA (North Site)



スペイン・カナリア諸島ラパルマにあるロケ・デ・ロス・ムチャーチョス天文台（標高 2200 m）。大中小のチェレンコフ望遠鏡群から成り、超高エネルギー宇宙ガンマ線を観測します。

カナリア高エネルギー宇宙物理観測研究施設 High Energy Astrophysics Facility in Canarias



スペイン・カナリア諸島ラパルマに設置された宇宙観測のための拠点施設。チェレンコフ宇宙望遠鏡によるガンマ線観測を支援しています。

p62

Telescope Array



アメリカ・ユタ州の砂漠地帯（標高 1400 m）。広大な面積の地表検出器と大気蛍光望遠鏡によるハイブリット観測により、超高エネルギー宇宙線の起源を探っています。

p32

神岡宇宙素粒子研究施設 Kamioka Observatory



岐阜県飛騨市神岡町。ニュートリノなどの素粒子の観測を通じて、素粒子物理学および宇宙物理学の研究を行っています。

p60

Super-Kamiokande



岐阜県飛騨市神岡鉱山の地下 1000 m。直径・高さともに約 40 m の円筒形の水タンクと、壁を取り囲む約 13000 本の光センサーからなりま。世界最大の地下ニュートリノ観測装置です。

p12

Hyper-Kamiokande



スーパーカミオカンデを凌駕する巨大水タンクと超高感度光センサーからなる実験装置で、神岡鉱山の地下に建設中です。2027 年の実験開始を予定しています。

p20

重力波観測研究施設 KAGRA Observatory



岐阜県飛騨市神岡町。大型低温重力波望遠鏡 KAGRA の本格稼働に向けて準備を進めており、重力波天文学のさらなる深化を目指しています。

p61



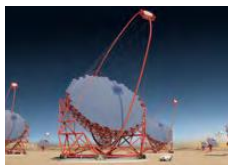
Tibet AS γ



中国・チベット自治区のヤンパーチン高原（標高 4300 m）。37000 m² の範囲に一定間隔で検出器を並べ、地下プールにも光センサーを置き、ガンマ線由来の空気シャワーを観測しています。

p36

CTA (South Site)



チリ・アタカマ砂漠にあるパラナル天文台（標高 2600 m）。大中小のチェレンコフ望遠鏡群から成り、超高エネルギー宇宙ガンマ線を観測します。

p28

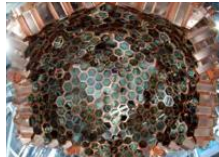
チャカルタヤ宇宙物理観測所 Chacaltaya Observatory



ポリビア・ラパス市郊外のチャカルタヤ山（標高 5300 m）。銀河系内から飛来する宇宙線のエネルギーの上限の確定を目指しています。

p66

XMASS



岐阜県飛騨市神岡鉱山の地下 1000 m。暗黒物質の直接観測を目指して建設された、835 kg の液体キセノンを 642 本の光センサーで球状に囲った検出器です。

p24

乗鞍観測所 Norikura Observatory



岐阜県高山市の乗鞍岳（標高 2770 m）。宇宙線研究所の始まりの地です。現在は装置の性能試験や予備実験などに利用されています。

p64

明野観測所 Akeno Observatory



山梨県北杜市明野町（標高 900 m）。高エネルギー空気シャワー観測実験が行われていました。現在は新しい装置の試験や組み立てなどで利用されています。

p65

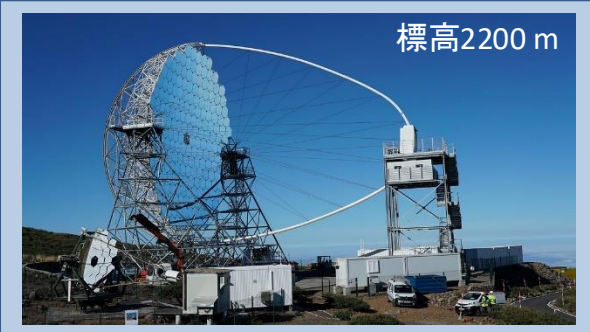
柏キャンパス Kashiwa Campus



千葉県柏市の東京大学柏キャンパス。宇宙線研究所の本部や、宇宙ニュートリノ観測情報融合センターがあります。

p63

宇宙線研究所の観測・研究拠点



標高2200 m

スペイン・カナリー諸島

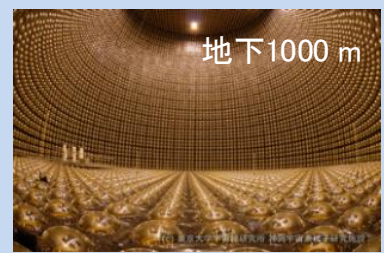
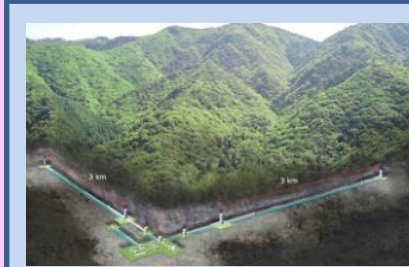


乗鞍

明野



柏キャンパス
宇宙線研究所



地下1000 m

岐阜県飛騨市



標高1400 m

アメリカ・ユタ州



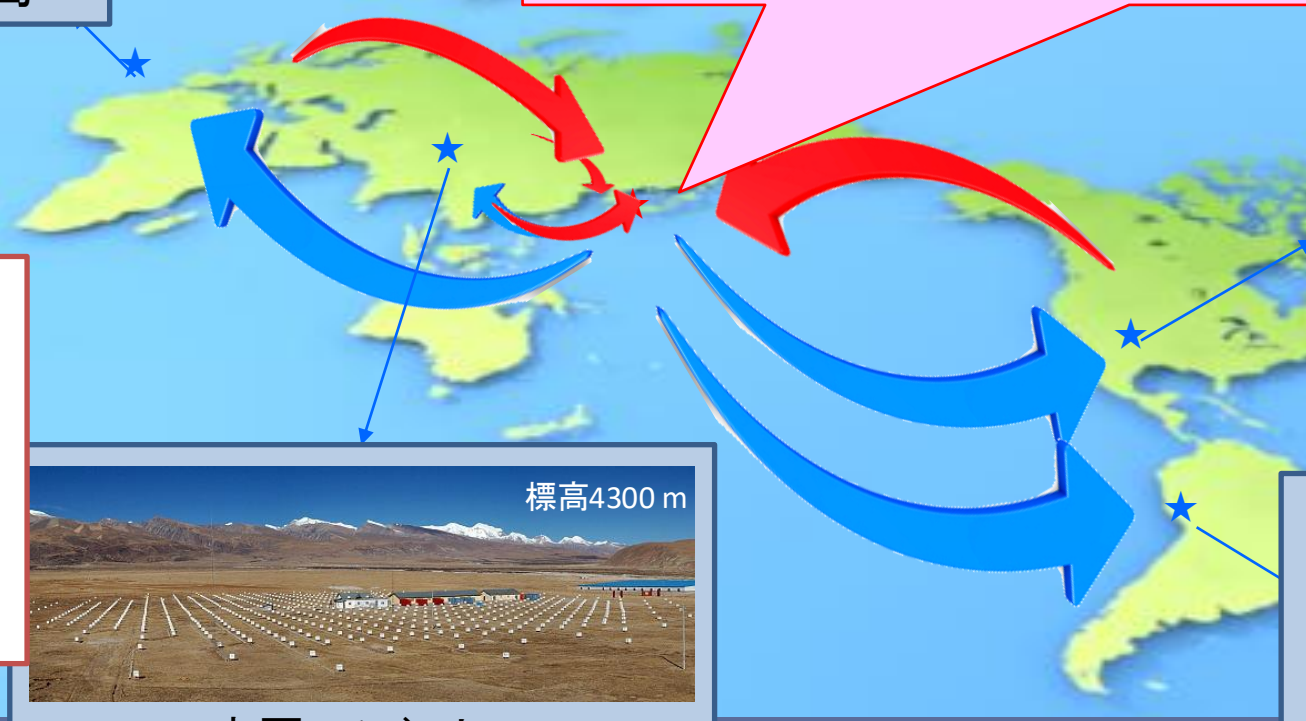
標高4300 m

中国・チベット



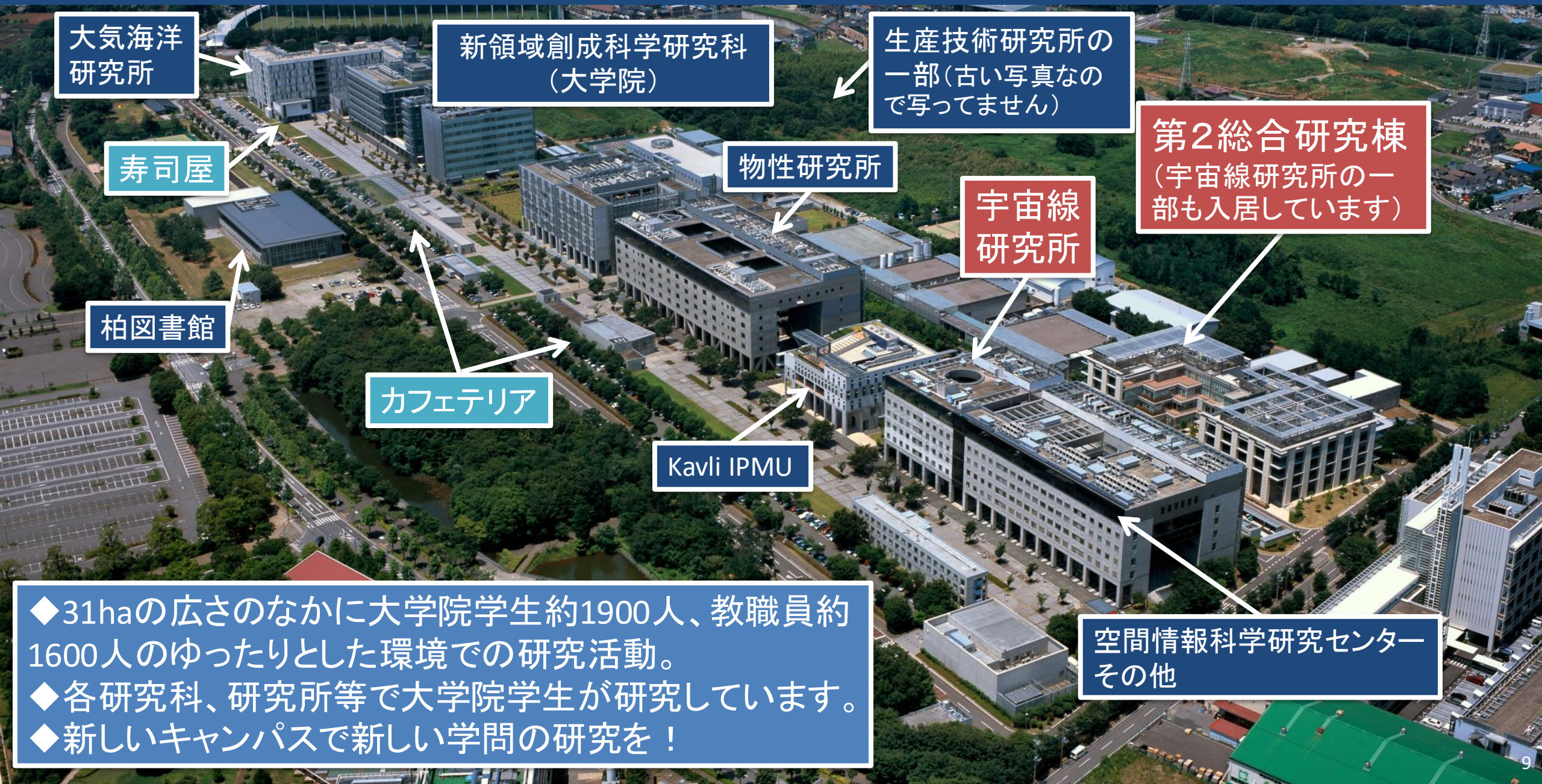
標高5300 m

南米・ボリビア



実験・観測系の皆さんの多くは、国内外の観測・研究拠点で観測や研究を行います。

柏キャンパス紹介



大気海洋
研究所

新領域創成科学研究科
(大学院)

生産技術研究所の
一部(古い写真なの
で写ってません)

第2総合研究棟
(宇宙線研究所の一
部も入居しています)

寿司屋

物性研究所

宇宙線
研究所

柏図書館

カフェテリア

Kavli IPMU

空間情報科学研究センター
その他

- ◆ 31haの広さのなかに大学院学生約1900人、教職員約1600人のゆったりとした環境での研究活動。
- ◆ 各研究科、研究所等で大学院学生が研究しています。
- ◆ 新しいキャンパスで新しい学問の研究を！

柏キャンパス近郊

←江戸川台駅
(東武野田線)

柏キャンパス

県立柏の葉公園

柏キャンパス駅前サテライト

柏第2キャンパス

←JR柏駅

柏の葉キャンパス駅
(つくばエクスプレス)

一般のバスに加えて、柏の葉キャンパス駅と大学間に(大学院学生は無料)バスを運行しています。(通勤・通学時間帯は10分間隔)

宇宙線研究所の特徴的な取り組みなど

現在宇宙線研究所の大学院学生の総数約50人(修士・博士ほぼ同数)。皆さんの科学的興味が近いので、なるべく研究所が一体となって運営されるように努めています。例えば;

- 宇宙線研の新M1の人たちには同じ部屋に机を持ってもらい、お互いを知ってもらうようにします。M2からは各研究室に机。
- 所内メンター(副担当教員)制度。
- 宇宙線研究所の修士・博士学生研究発表会(2月頃)
(優秀者には表彰もします)
- 全体で集まる機会;
 - コーヒーブレイク(毎週)
 - 新人(学生+教職員)歓迎会(4月),
 - 暑気払い(7月), 一般公開(10月), 仕事納め(12月),
 - 送別会(3月), 宇宙線研究所セミナー(随時)
- 大学生向け「宇宙・素粒子スプリングスクール(3月頃)」(大学院学生にも研究指導をしてもらいます。)



宇宙線研究所の研究部門と大学院学生受け入れ教員

 <p>浅野 勝晃 ASANO Katsuaki</p>	 <p>川田 和正 KAWATA Kazumasa</p>	 <p>窪 秀利 KUBO Hidetoshi</p>
--	--	--

高エネルギー宇宙線研究部門

 <p>荻尾 彰一 OGIO Shoichi</p>	 <p>齋藤 隆之 SAITO Takayuki</p>	 <p>埜 隆志 SAKO Takashi</p>
--	---	--

 <p>吉越 貴紀 YOSHIKOSHI Takanori</p>
--

 <p>浅岡 陽一 ASAOKA Yoichi</p>	 <p>伊藤 好孝 ITOW Yoshitaka</p>	 <p>早戸 良成 HAYATO Yoshinari</p>
---	---	---

宇宙ニュートリノ研究部門

 <p>森山 茂栄 MORIYAMA Shigetaka</p>	 <p>中山 祥英 NAKAYAMA Shoei</p>	 <p>関谷 洋之 SEKIYA Hiroyuki</p>
--	---	--

 <p>塩澤 真人 SHIOZAWA Masato</p>	 <p>竹田 敦 TAKEDA Atsushi</p>
--	---

 <p>伊部 昌宏 IBE Masahiro</p>	 <p>宮川 治 MIYAKAWA Osamu</p>	 <p>三代木 伸二 MIYOKI Shinji</p>
---	--	---

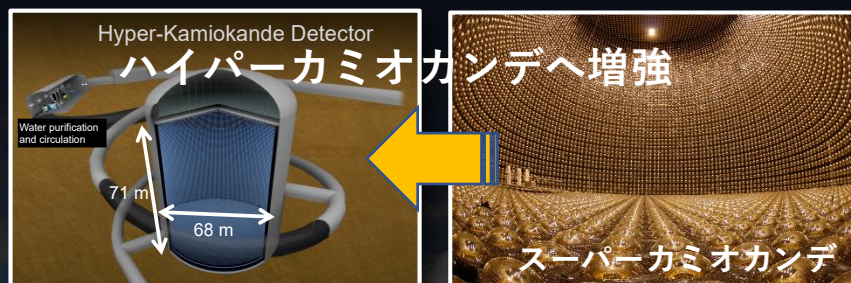
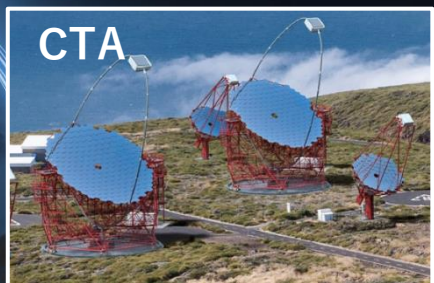
宇宙基礎物理学研究部門

 <p>大内 正己 OUCHI Masami</p>	 <p>田越 秀行 TAGOSHI Hideyuki</p>	 <p>内山 隆 UCHIYAMA Takashi</p>
---	---	--

- ✓ 研究テーマや研究スタイルなどは各教員によって異なりますので、直接話をして志望教員を決めることをお勧めします。
- ✓ 宇宙線研究所ホームページに各教員の紹介と「修士・博士課程を目指す大学生」があります。参考にしてください。

以下、バックアップ、素材

「マルチメッセンジャー天文学」の展開

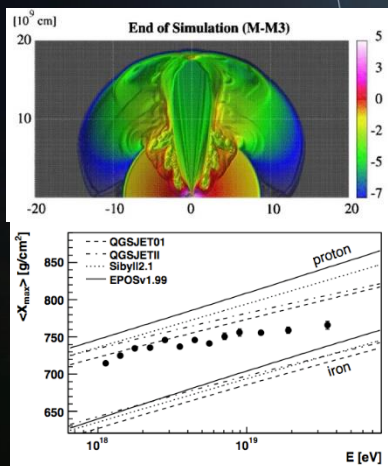


ガンマ線・ニュートリノ・重力波の連携観測

データ解釈・観測提案



共同観測・データ解析



データ解釈・観測提案



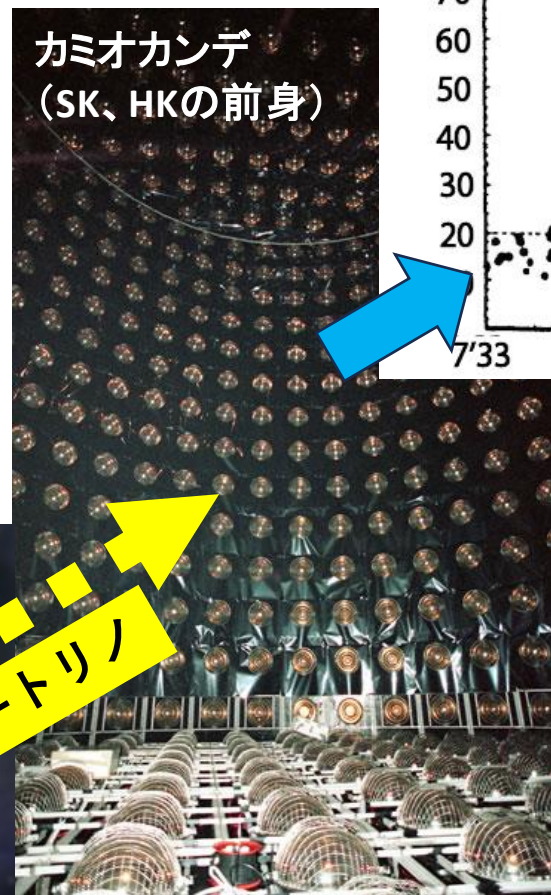
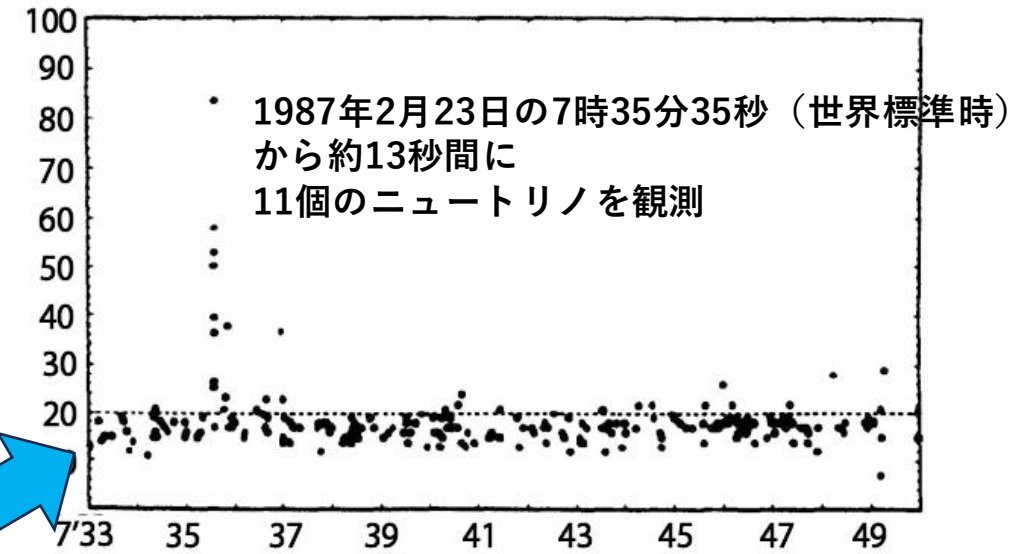
理論・シミュレーション・宇宙線データ

電波・光赤外・X線による観測

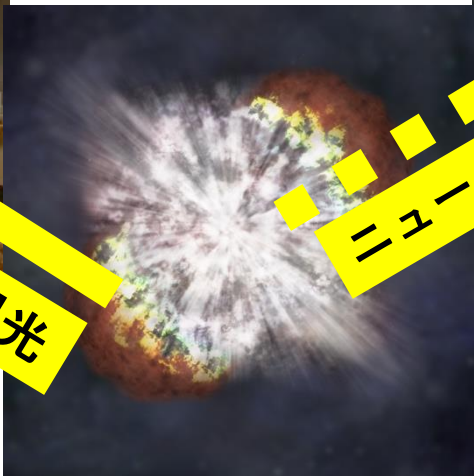
マルチメッセージー天文学の創始： 大マゼラン星雲での超新星爆発SN1987A



アングロ・オーストラリア天文台



カミオカンデ (SK、HKの前身)



可視光

ニュートリノ



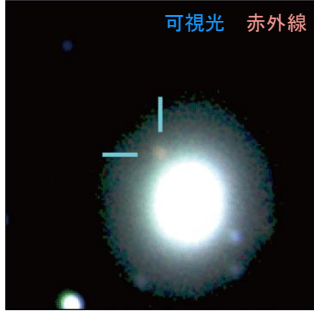
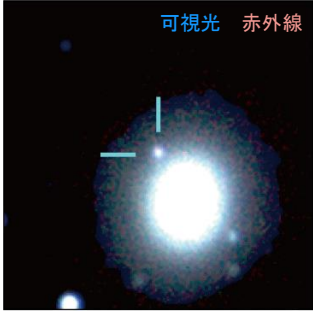
超新星爆発の仕組みの解明

2002年、ノーベル物理学賞が小柴昌俊先生に授与された

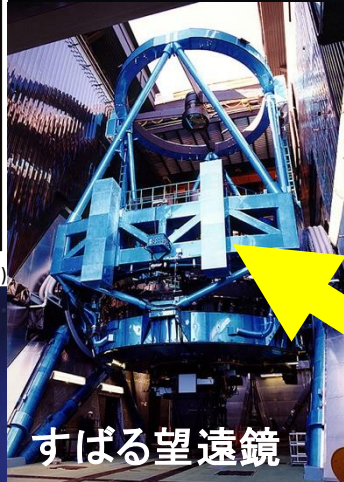
マルチメッセンジャー天文学：最近のトピック 16

2017.08.18-19

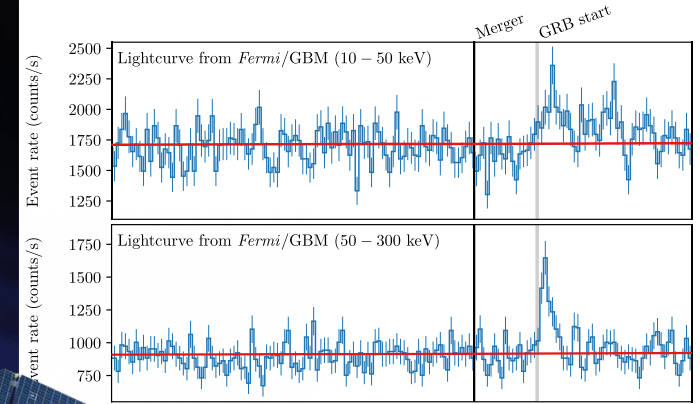
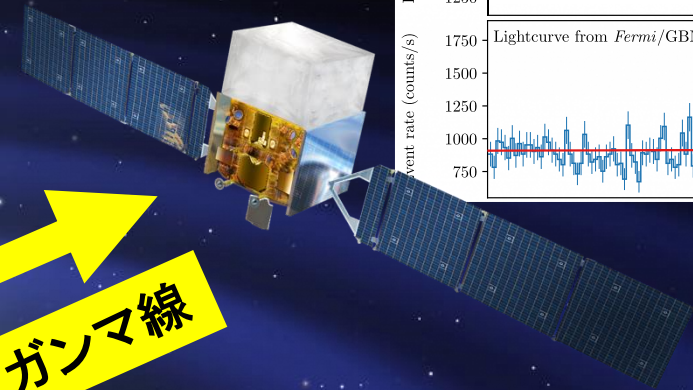
2017.08.24-25



すばる望遠鏡HSC + IRSF望遠鏡 (Utsumi, Tanaka et al. 2017)



ガンマ線衛星Fermi



可視光

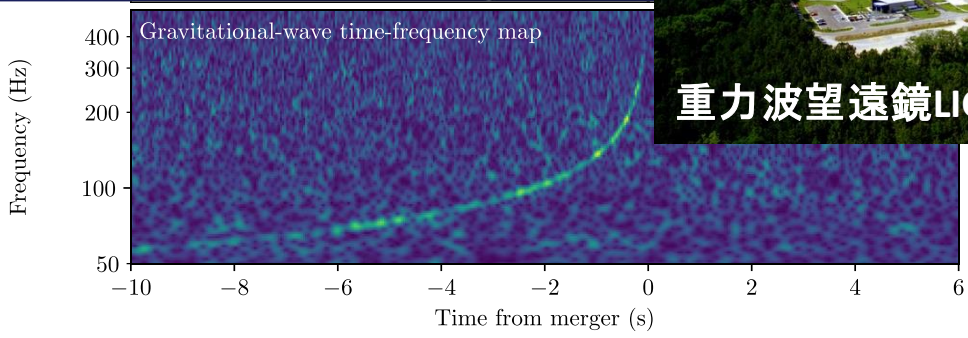
ガンマ線

重力波

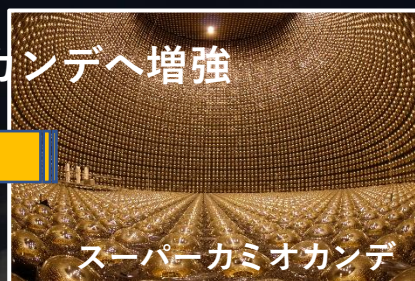
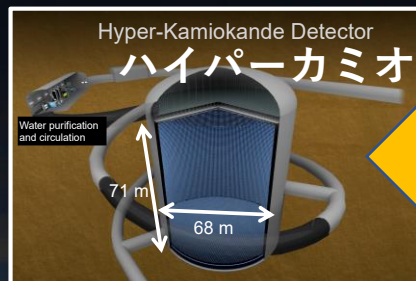


GW170817

- ✓ 連星中性子星合体 → ガンマ線バースト → 残光
- ✓ 近赤外～ガンマ線でフォローアップ観測された
- ✓ キロノバ
- ✓ 重元素の起源が明らかに



「マルチメッセンジャー天文学」の展開



ガンマ線・ニュートリノ・重力波の連携観測

データ解釈・観測提案

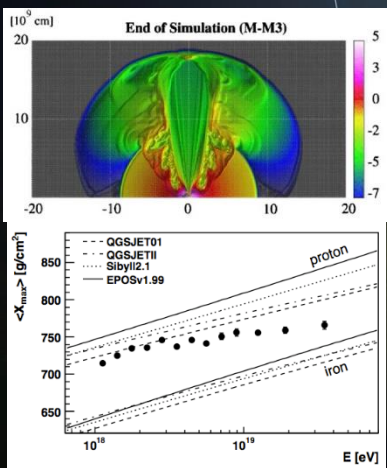
高エネルギー突発天体事象

ガンマ線バースト

コンパクト連星合体
超大質量ブラックホール

超新星爆発

共同観測・データ解析



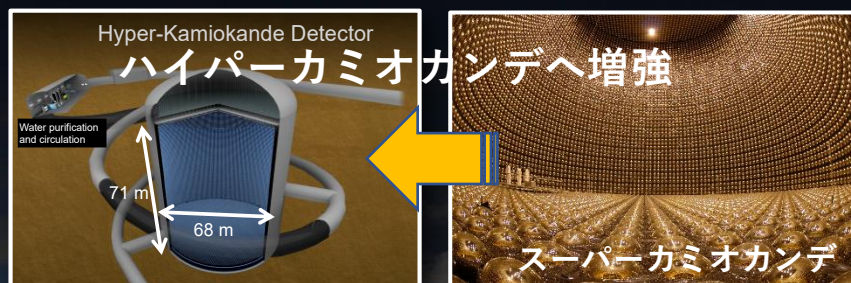
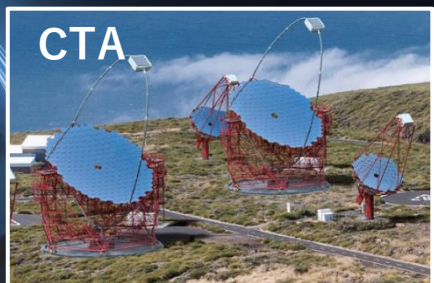
データ解釈・観測提案



理論・シミュレーション・宇宙線データ

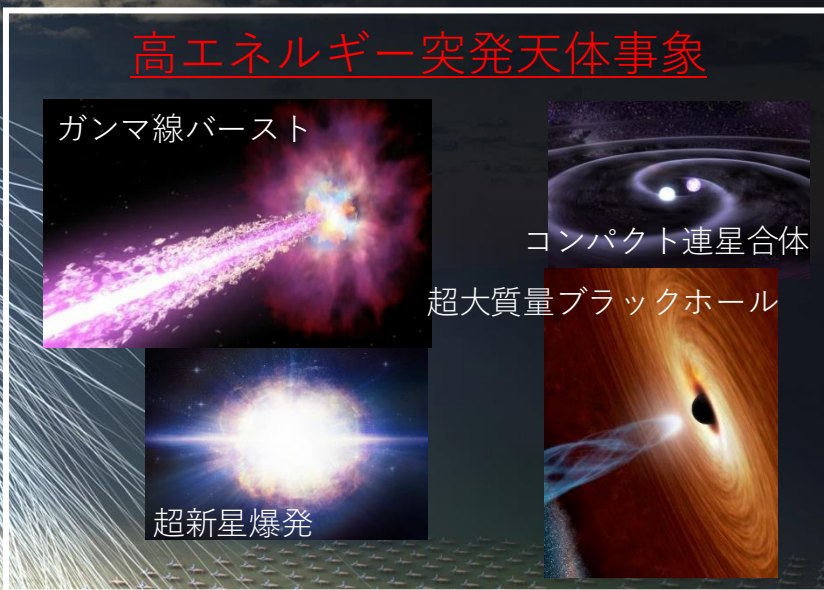
電波・光赤外・X線による観測

マルチメッセンジャー天文学の最重要拠点

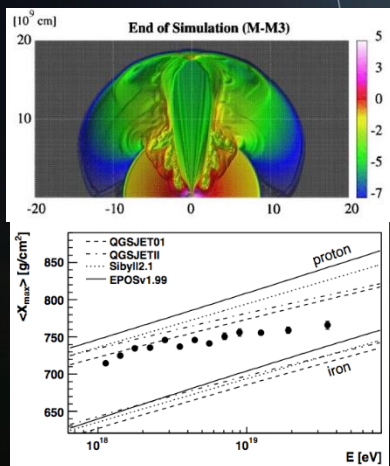


ガンマ線・ニュートリノ・重力波の連携観測

データ解釈・観測提案



共同観測・データ解析



データ解釈・観測提案

理論・シミュレーション・宇宙線データ

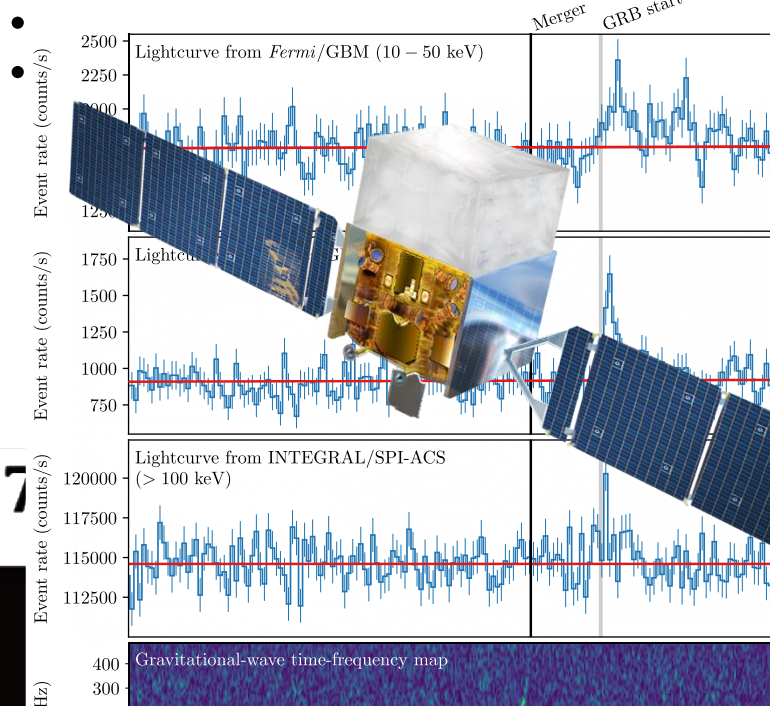
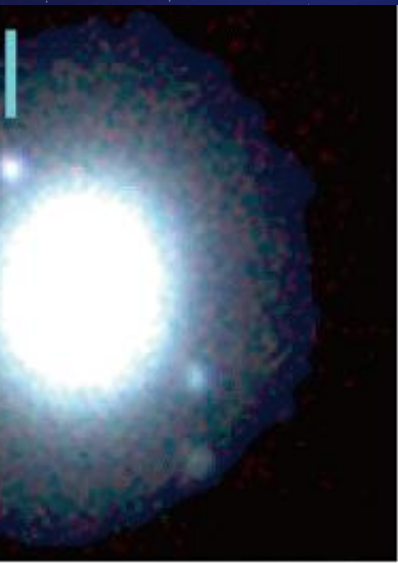
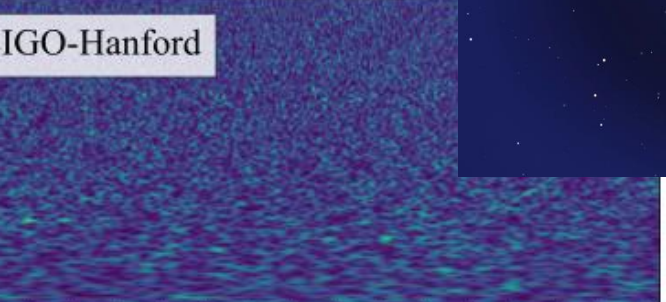
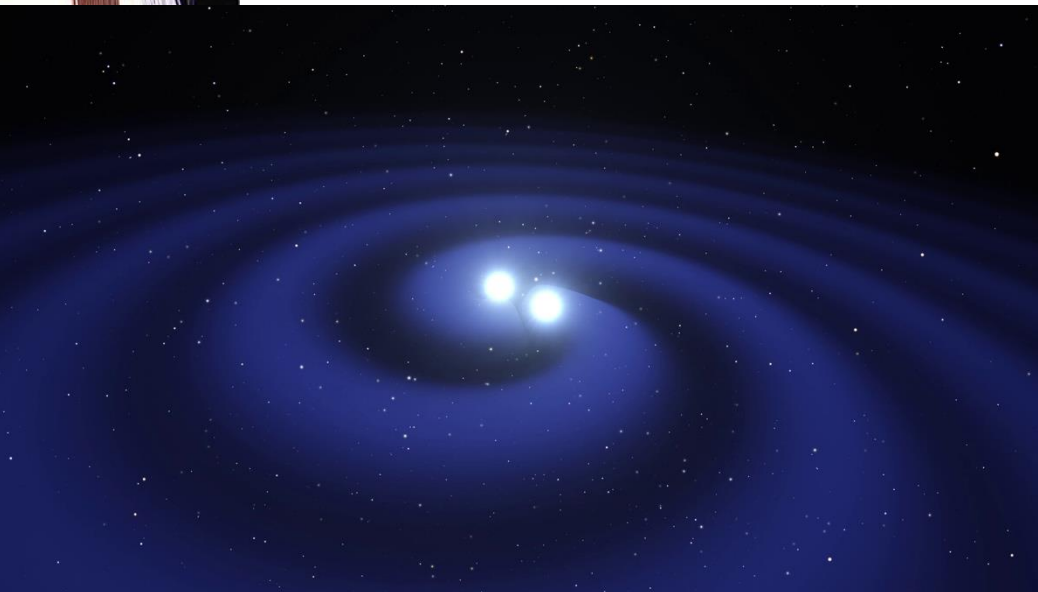
電波・光赤外・X線による観測



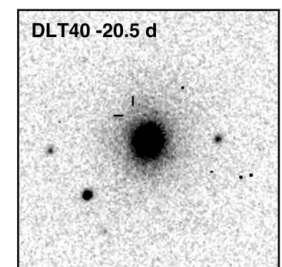
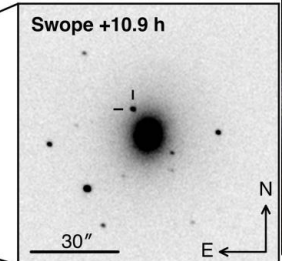
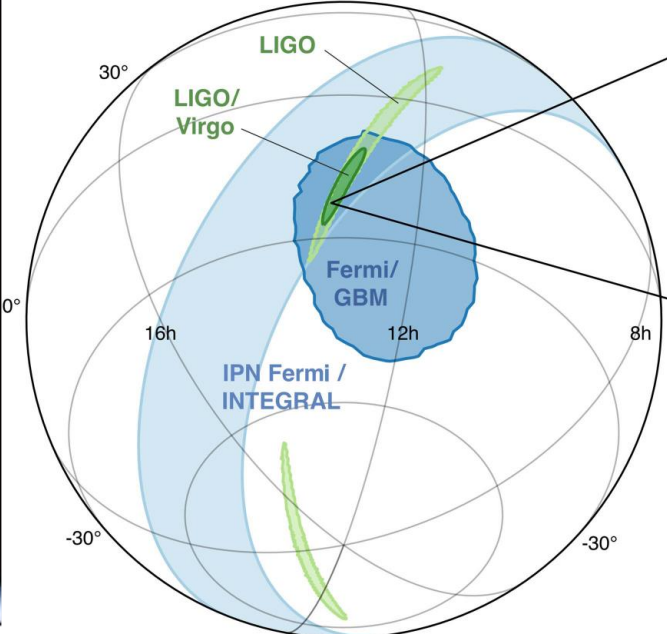
マルチメッセンジャー天文学



Normalized amplitude
2 4



017



すばる望遠鏡HSC + IRSF望遠鏡 (Utsumi, Tanaka et al. 2017)

マルチメッセンジャー天文学

