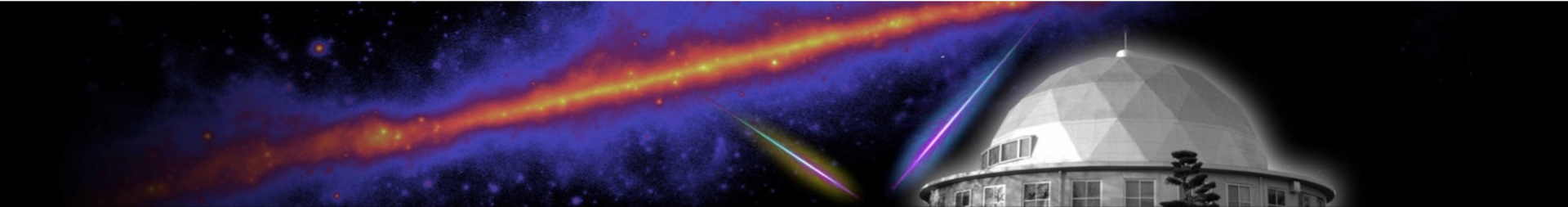


宇宙線研究室 (CR研) の紹介



名古屋大学

理学研究科理学専攻・物理科学領域



宇宙地球環境研究所 宇宙線研究部



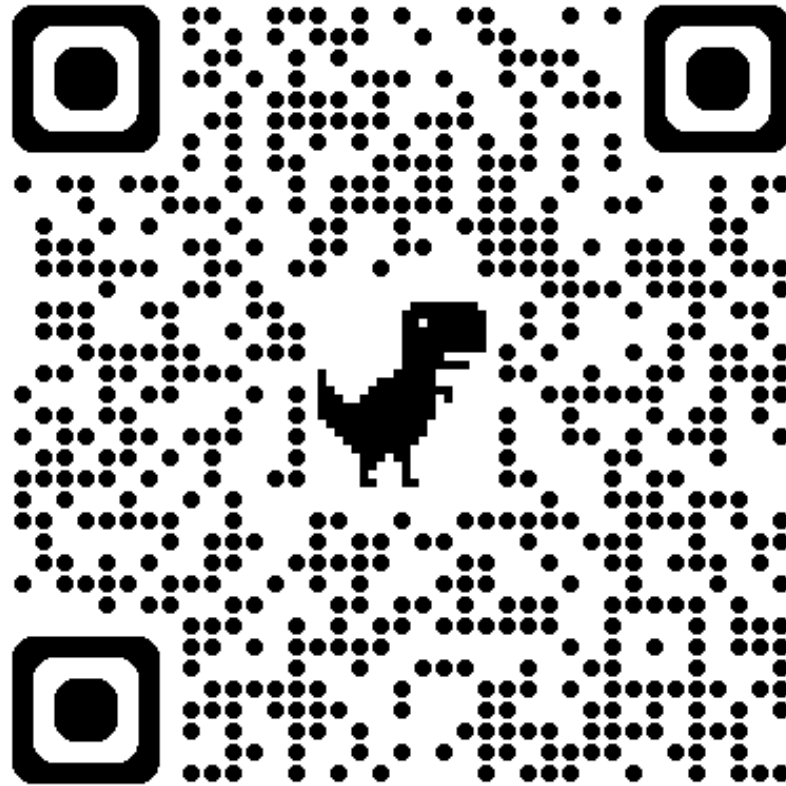
素粒子宇宙起源研究所

CR研ページ <https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/CR/>

(本スライド)

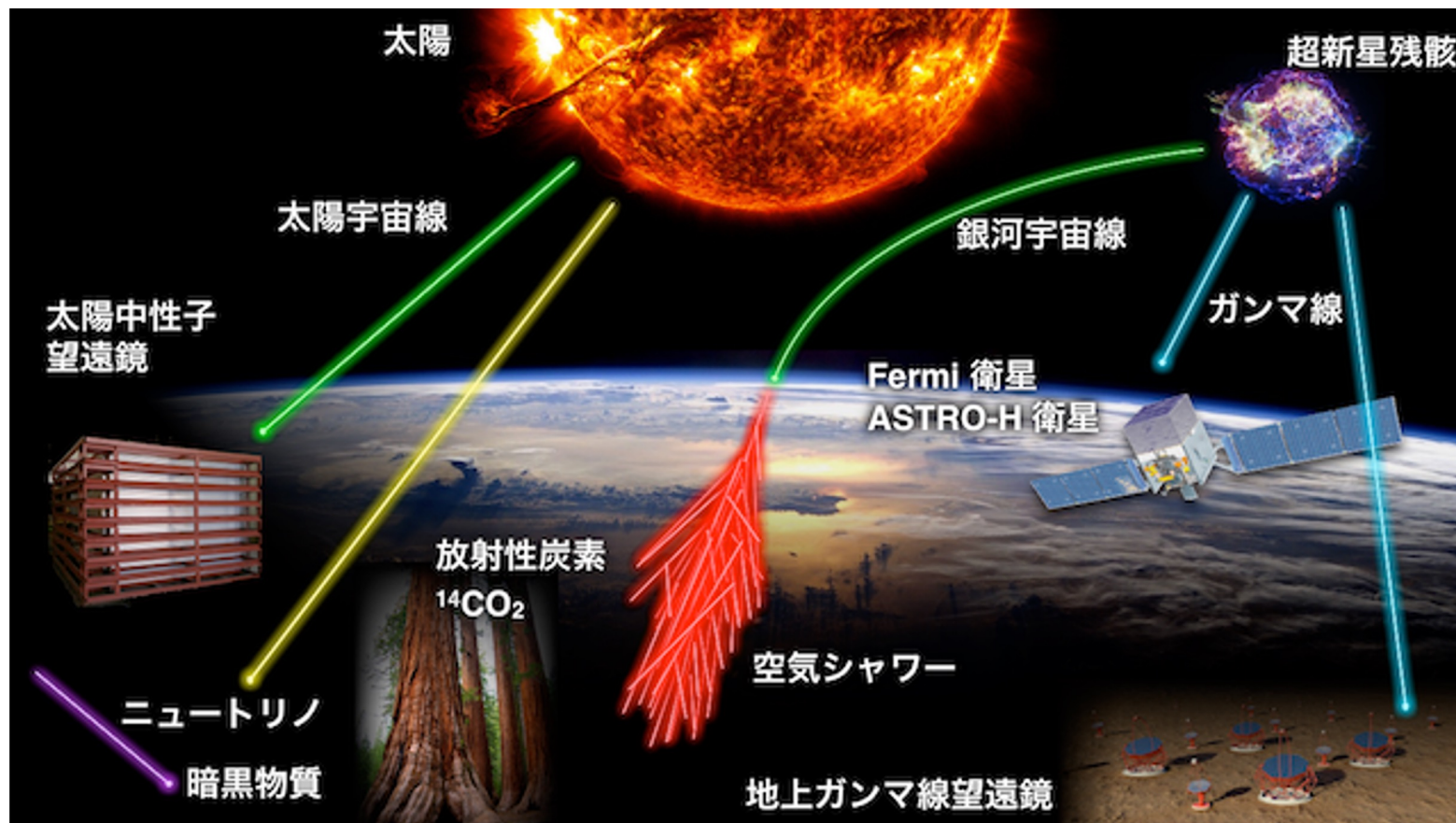
https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/CR/assets/posts/2026/CRintroduction_20260425.pdf

本スライド



宇宙素粒子物理学

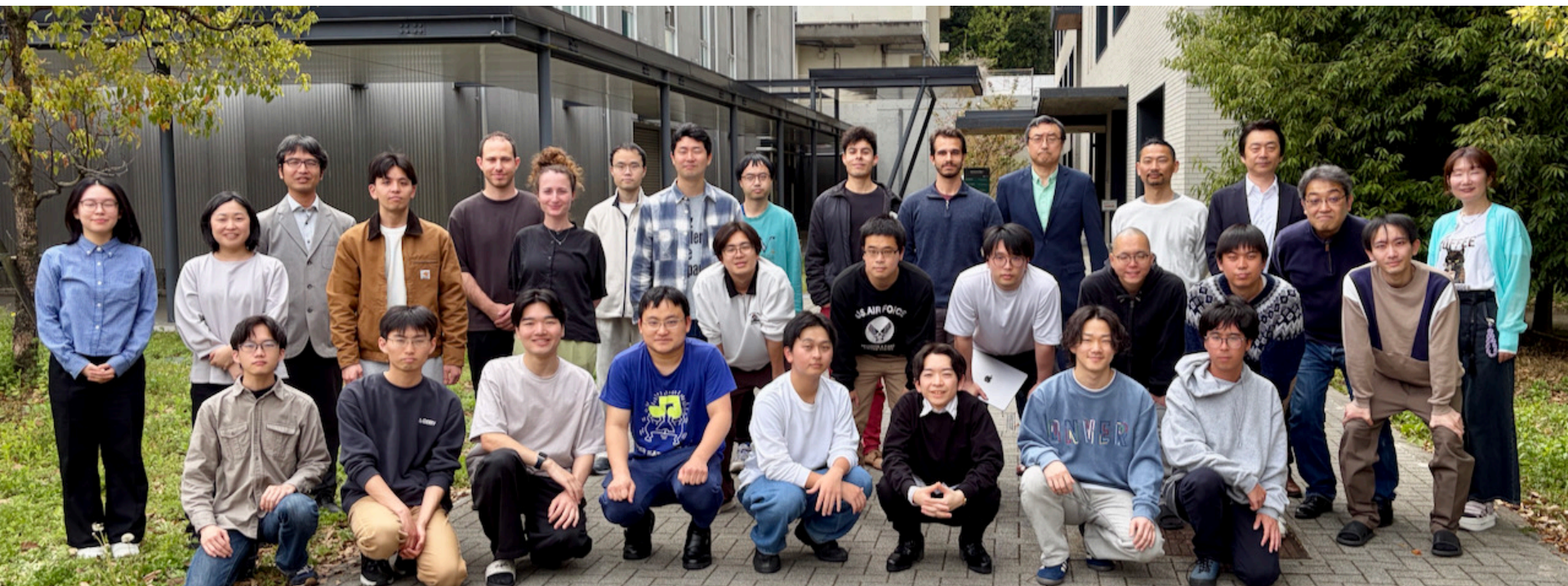
宇宙線(ガンマ線・ニュートリノ・暗黒物質など)を通して
素粒子物理・宇宙物理・地球物理をまたぐ領域を開拓



宇宙線研究グループ (CR研) 2026

教員:7名
研究員:1名

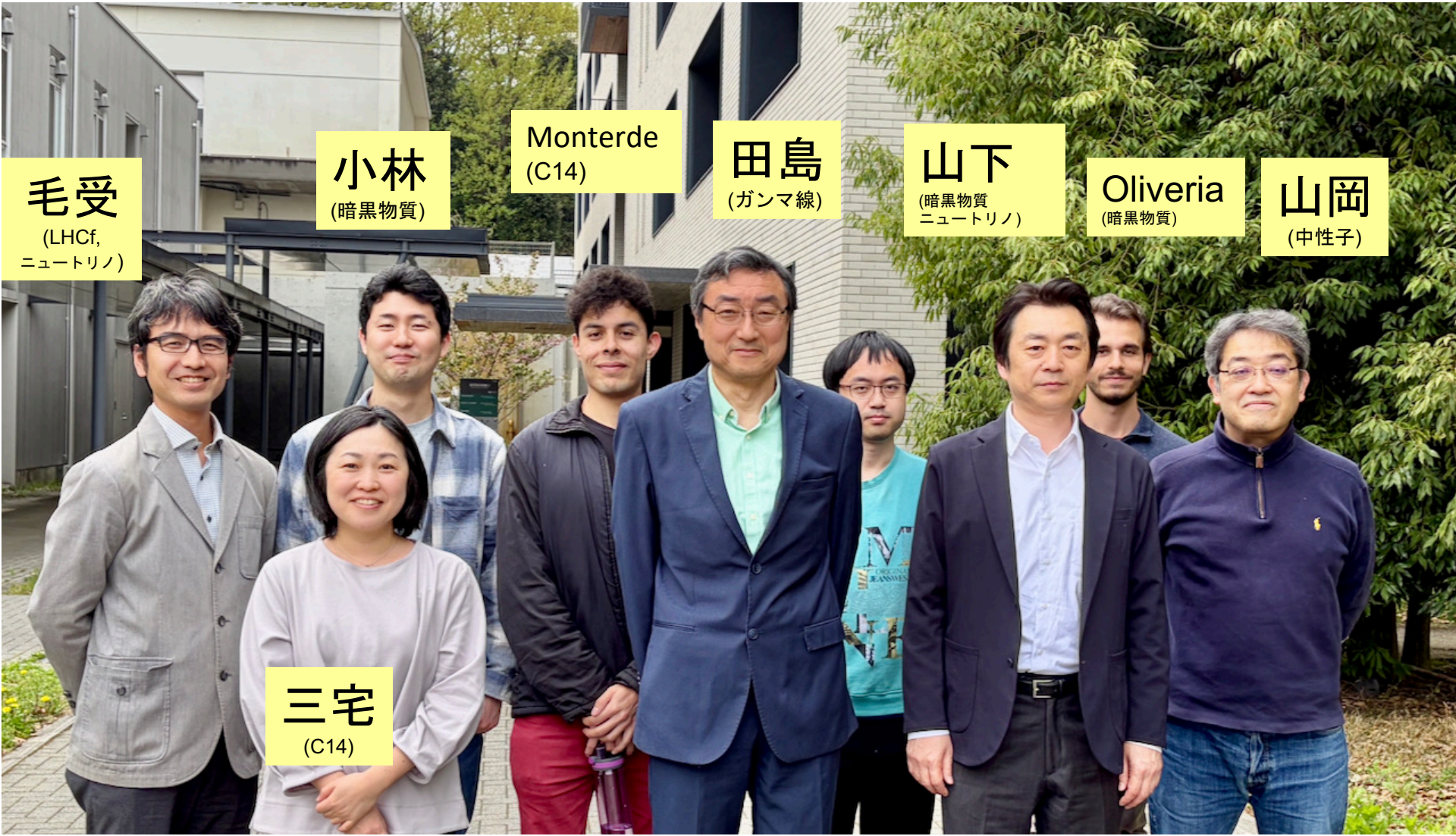
博士: 8名
修士:10名 (うち留学生4名)



CR研の特徴: 多くの教員による手厚い教育・幅広い研究!

宇宙線研究室(CR研) 教員 2026

(宇宙地球環境研究所  + 素粒子宇宙起源研究所 )



毛受
(LHCf,
ニュートリノ)

小林
(暗黒物質)

Monterde
(C14)

田島
(ガンマ線)

山下
(暗黒物質
ニュートリノ)

Oliveria
(暗黒物質)

山岡
(中性子)

三宅
(C14)

CR研が取り組む研究

宇宙素粒子物理学

1. 宇宙線観測で探る宇宙の高エネルギー現象
2. 宇宙暗黒物質の正体の解明
3. ニュートリノで探る宇宙素粒子の大きな疑問
4. 宇宙線は人類社会に影響を与えるだろうか？

1. 宇宙線観測で探る宇宙の高エネルギー現象

- 加速器で作り出せる1000万倍以上のエネルギー (天然の加速器)
- その起源は？ 超新星残骸・ガンマ線バースト・ブラックホール？
- ガンマ線やニュートリノをツールにこれらの謎を解明 (なぜ?)

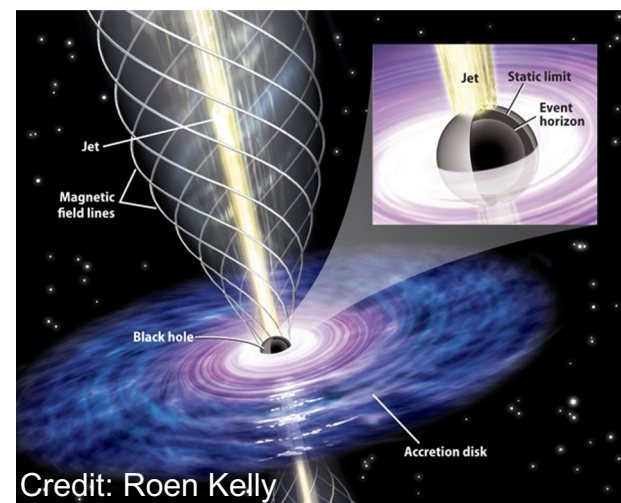
超新星爆発・残骸



ガンマ線バースト



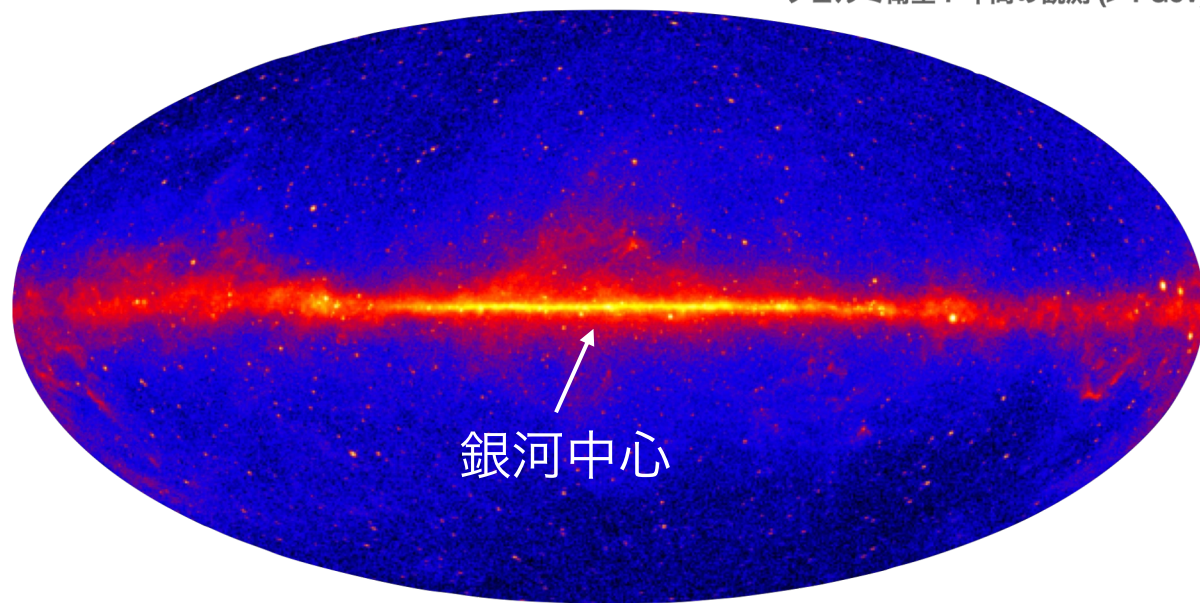
ブラックホール



超高エネルギー宇宙線の起源や加速機構の解明

ガンマ線でみた宇宙

フェルミ衛星 7年間の観測 (> 1 GeV)



銀河中心

MAGIC望遠鏡



フェルミ衛星



田島

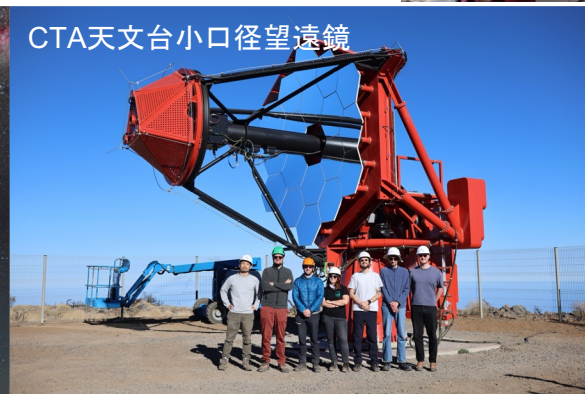


Daniel Lopez/IAC

- 数千におよぶ高エネルギー天体 (ブラックホール、超新星残骸など) からのガンマ線放射
- 暗黒物質対消滅によって生成されるガンマ線の検出
- フェルミ衛星やMAGICチェレンコフ望遠鏡でこれらの宇宙ガンマ線を観測

超高エネルギー宇宙線の起源や加速機構の解明

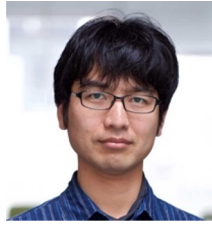
世界最大のチェレンコフ望遠鏡(CTA天文台)



- 次世代TeVガンマ線観測装置CTA天文台では、焦点面カメラの光学系の開発を推進
- 次世代MeVガンマ線衛星AMEGOでは、半導体ピクセル検出器の開発を推進

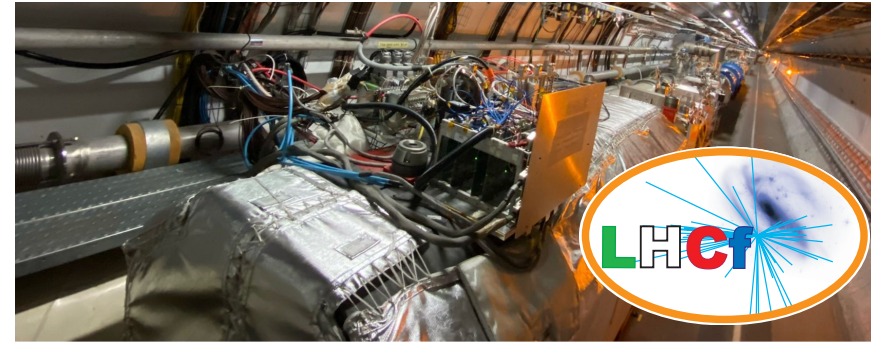
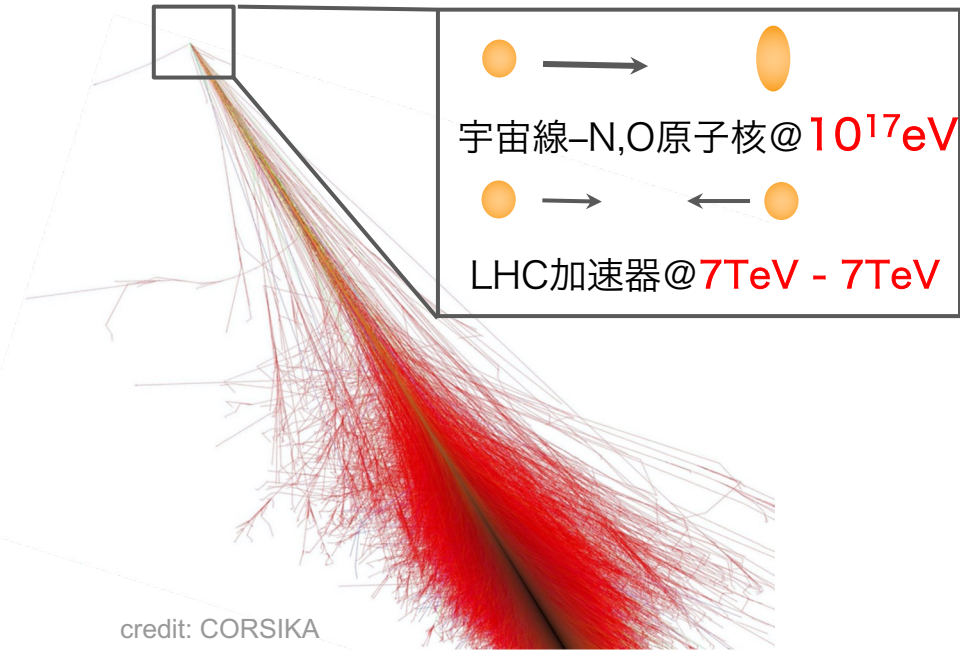
宇宙線観測で探る宇宙の高エネルギー現象¹⁰

LHC加速器を用いた超高エネルギー相互作用の研究 (LHCf 実験 & FASER 実験)



毛受

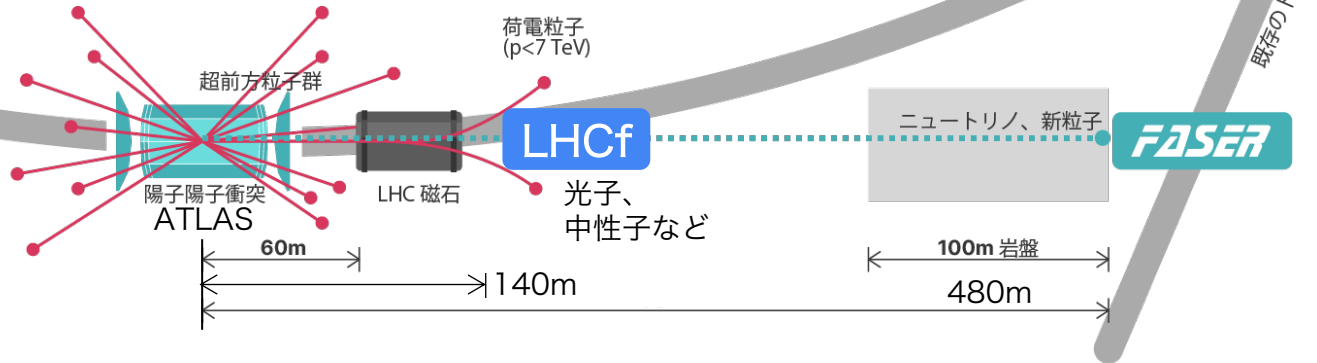
超高エネルギー宇宙線と大気衝突による粒子シャワー現象



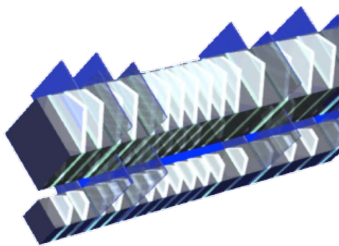
- 世界最高エネルギーの粒子加速器 Large Hadron Collider (LHC)をつかって、超高エネルギー衝突での超前方ハドロン粒子生成を測定
- 宇宙線と大気の相互作用の理解を進めることで、超高エネルギー宇宙線観測に貢献

宇宙線観測で探る宇宙の高エネルギー現象¹¹

陽子の進行方向に出る粒子を測定
→ 非常に高エネルギーで
宇宙線のシャワー発達に重要



LHCf 中性ハドロンを直接測定



- 光子、中性子、中性パイ中間子を測定
- 2025年に陽子-酸素原子核測定を実施
- 現在はデータ解析を進めている

FASER 荷電ハドロンを間接測定 (π, K 崩壊 → ニュートリノ)

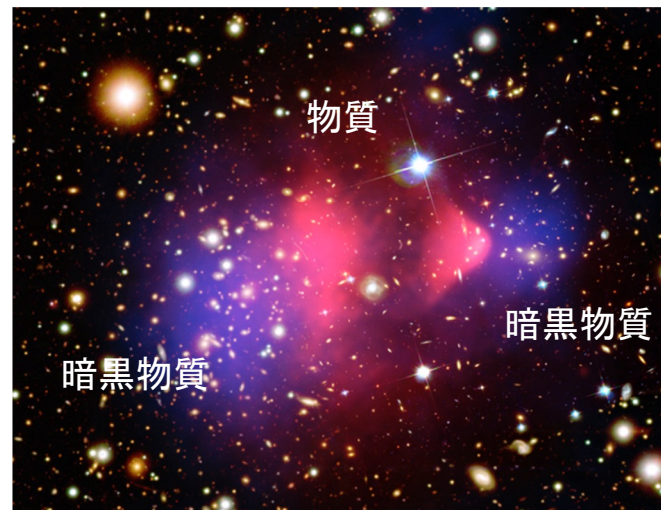


- 新粒子探索とニュートリノ測定が目的
- HL-LHC (2030年～) に向けて
検出器アップグレードを予定

2. 宇宙暗黒物質の正体の解明

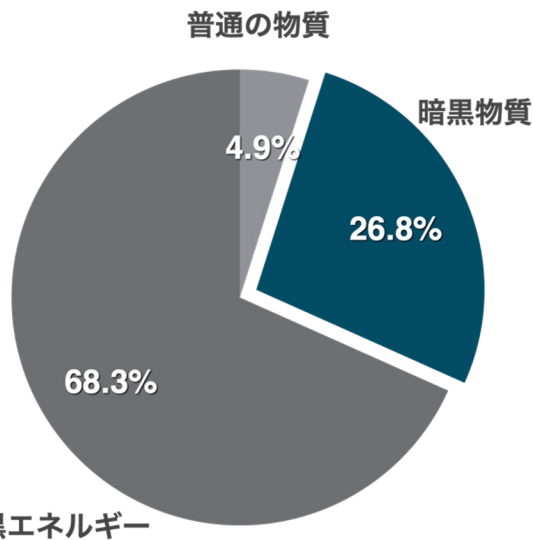
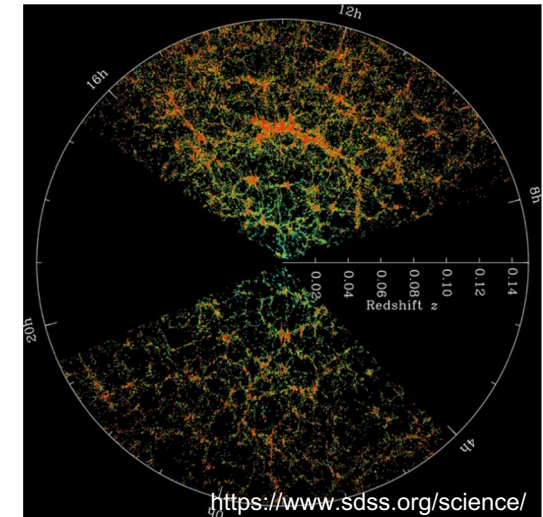
- 宇宙には光で見えない物質が普通の物質の約5倍以上も存在
- 宇宙初期に生成された未知の素粒子である可能性が高い
→ 素粒子標準理論を超えた新たな物理を開拓
- 暗黒物質と身の回りの物質の相互作用や対消滅事象を検出

銀河団同士の衝突



Lensing: NASA/STScI, ESO WFI, Magellan/U.Arizona/D.Clowe et al
X-ray: NASA/CXC/CfA/M.Markevitch et al.

宇宙の大規模構造



Planck 衛星による宇宙背景放射の観測より (2013)

2. 宇宙暗黒物質の正体の解明

世界最大の暗黒物質探索XENONnT
イタリア グランサッソ研究所



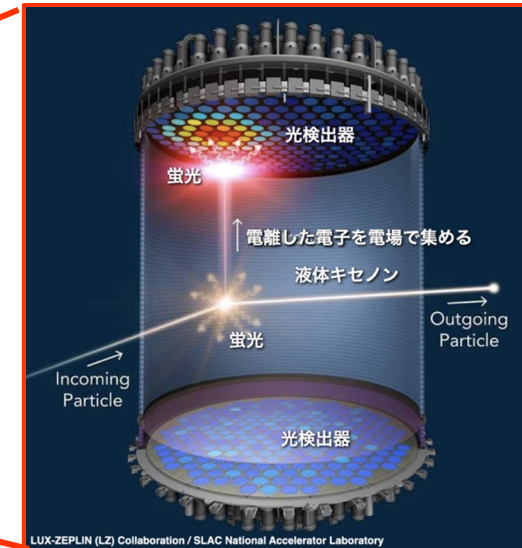
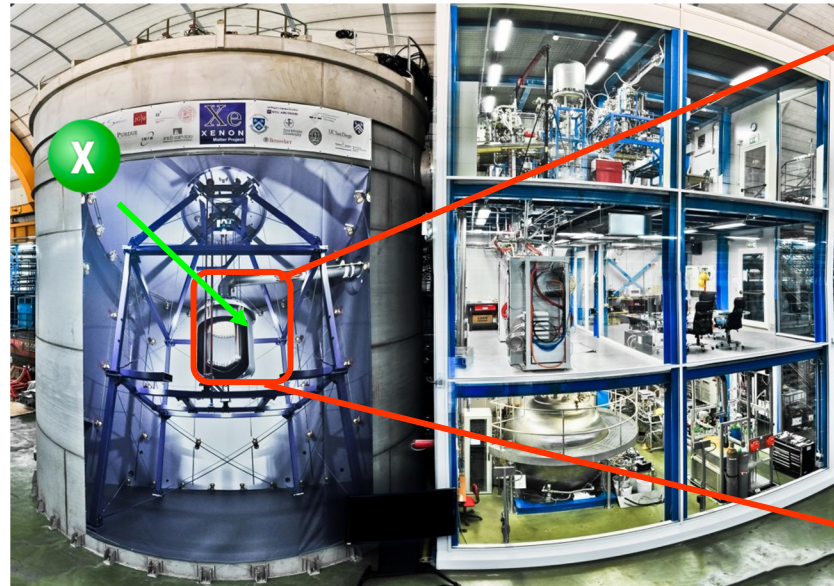
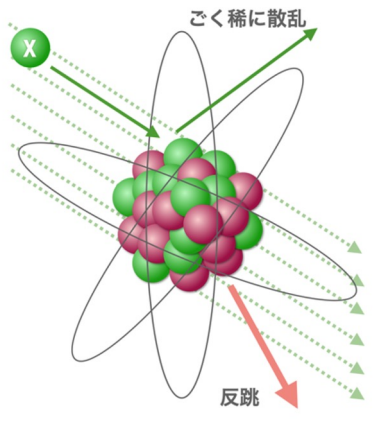
山下



小林



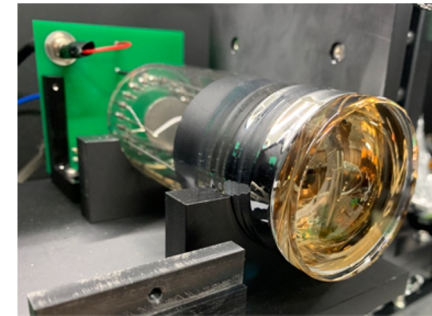
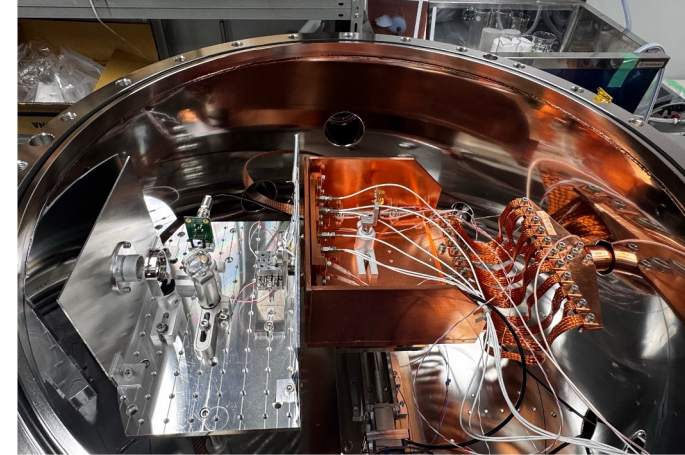
Oliveria



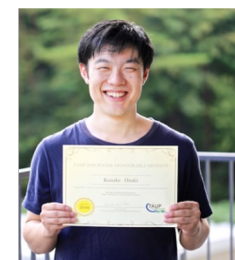
- 確率はごく稀だが、暗黒物質は身の回りの物質と相互作用をし、光と電子を生成
- 地下から探る：自然界と比べて放射線量が1兆倍近く低い検出器の実現が発見の鍵
- イタリアで液体キセノンを用いた世界最大の暗黒物質探索実験(XENONnT)を推進
- CR研は暗黒物質データ解析や液体キセノンの純化を主導

2. 宇宙暗黒物質の正体の解明

極低放射能検出器の開発@名大



- 偽の暗黒物質信号となる放射性物質の低減が不可欠
- CR研では、独自の極低放射能検出器を世界に先駆けて開発
- 多くの学生が国際会議などで発表賞を受賞



3. ニュートリノで探る宇宙素粒子の大きな疑問

○ 宇宙にはなぜ反物質がほとんどない？

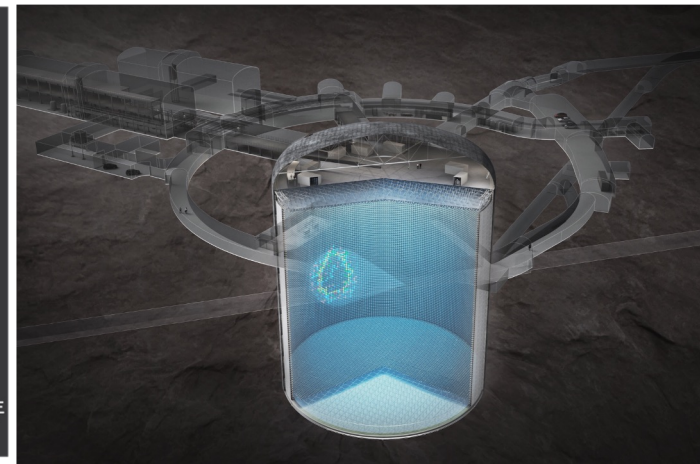
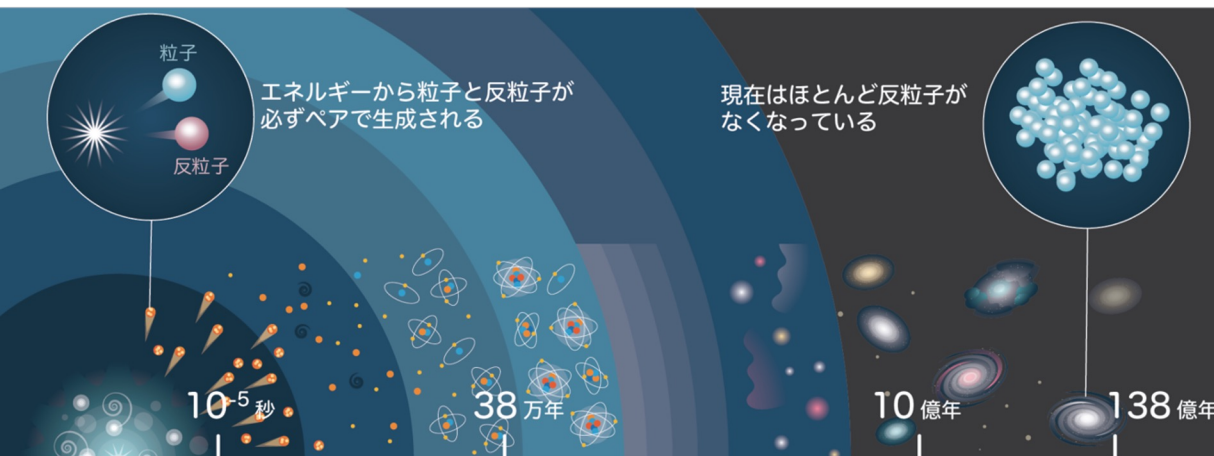
ごくわずかに物質と反物質で素粒子としての性質が異なる？

○ 巨大水タンクと超高感度光センサーからなる新たな観測装置

“ハイパーカミオカンデ”を建設し、この謎を解明

→ ニュートリノの未知の性質の解明！

ハイパーカミオカンデ検出器

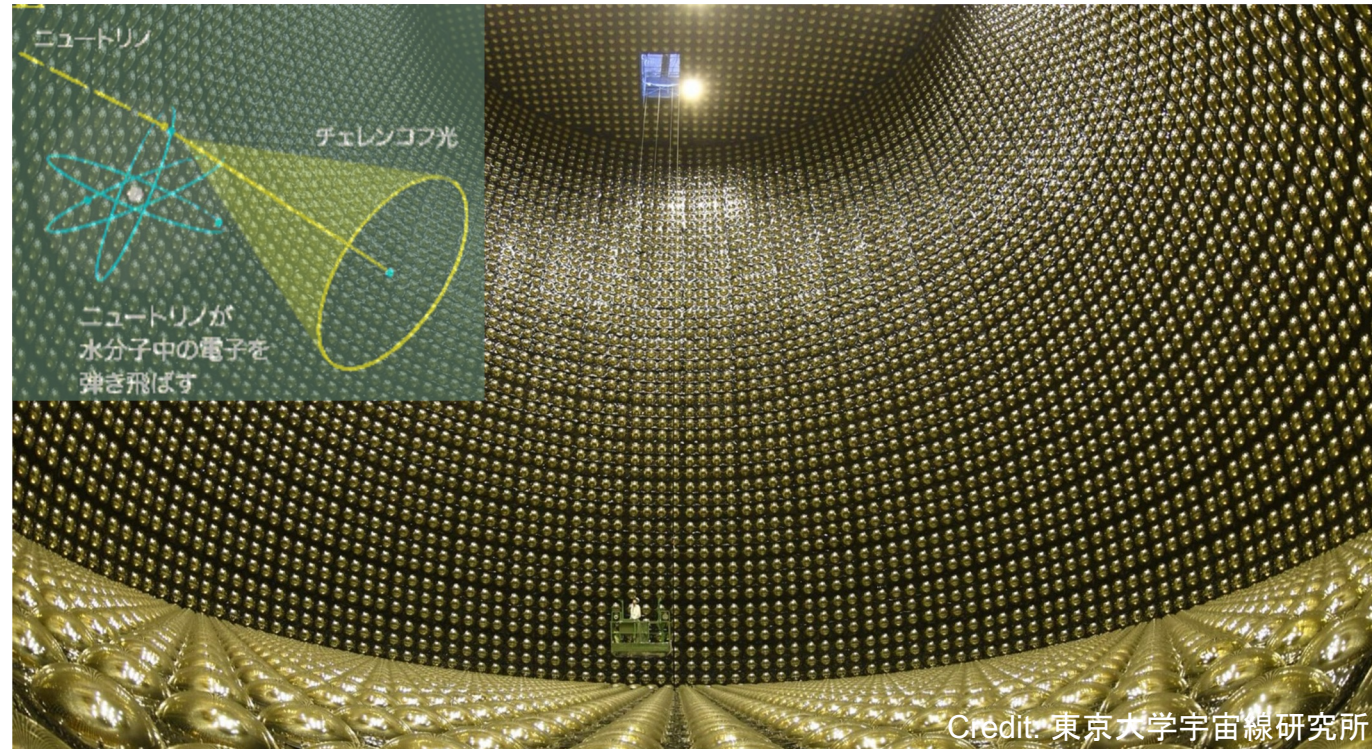
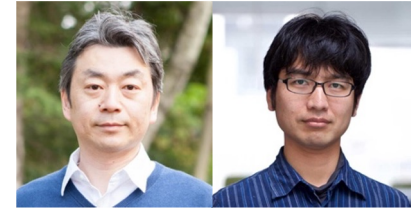
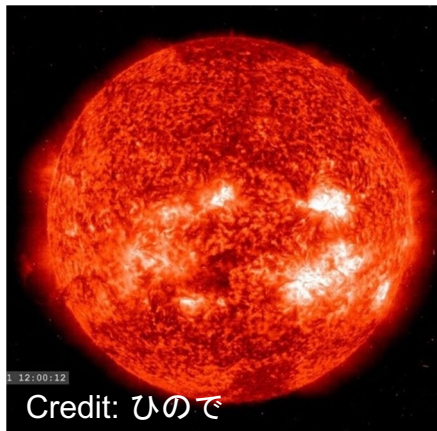


3. ニュートリノで探る宇宙素粒子の大きな疑問

超新星爆発



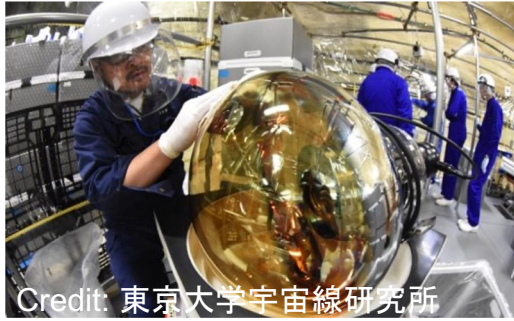
太陽



- ニュートリノ振動を精密測定し、ニュートリノ・反ニュートリノの僅かな違いを測定
- 様々な天体(太陽・超新星爆発/残骸・大気)からのニュートリノの探索も行う

スーパー・ハイパーカミオカンデ

ハイパーカミオカンデ用 新光検出器の開発



Credit: 東京大学宇宙線研究所



- 突発天体からのアラートと同期したニュートリノを自動探索

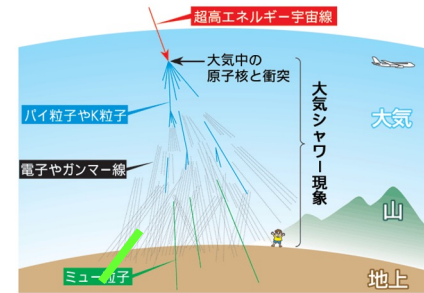
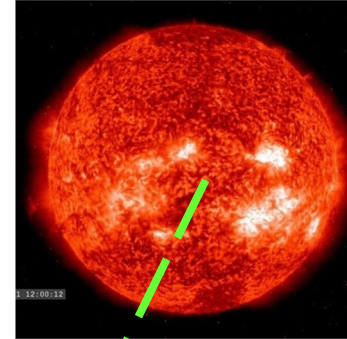
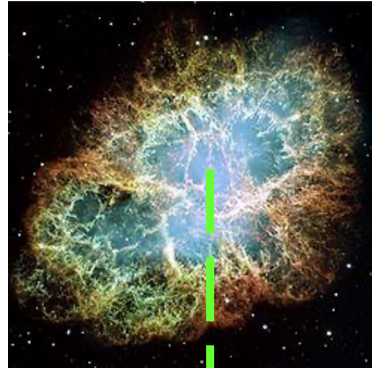
超新星・重力波天体からのニュートリノ探索



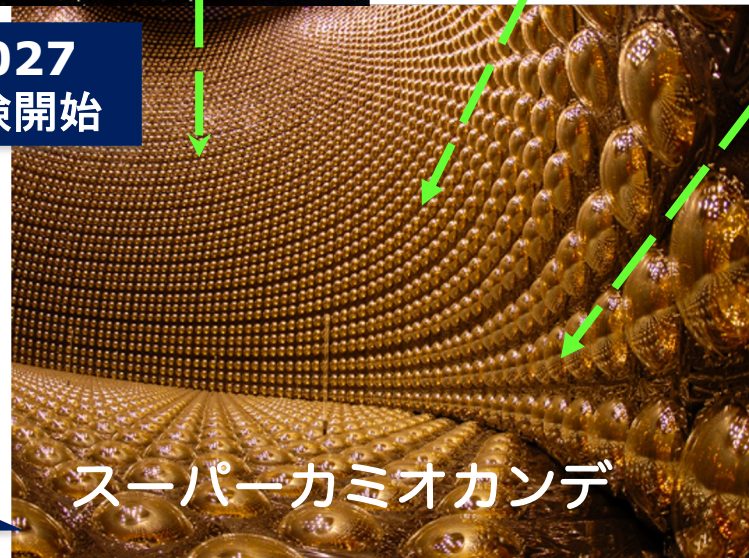
- 太陽に溜まった暗黒物質対消滅からのニュートリノ探索

太陽中心の暗黒物質探索

ニュートリノ振動の精密研究



2027
実験開始



スーパーカミオカンデ

- 大気ニュートリノ振動観測によるニュートリノ質量階層性や新物理の探索
- そのための大気ニュートリノ生成精密モデルの開発

186kt ハイパーカミオカンデ
(スーパーカミオカンデの8倍)

ガドリニウムを添加し超新星ニュートリノの感度増強

4. 宇宙線は人類社会に影響を与えるだろうか？

- 過去に発生した宇宙の高エネルギー現象
(太陽フレアや地球近傍の超新星爆発など)の理解
→現代文明や地球環境へ深刻な影響を及ぼすか？

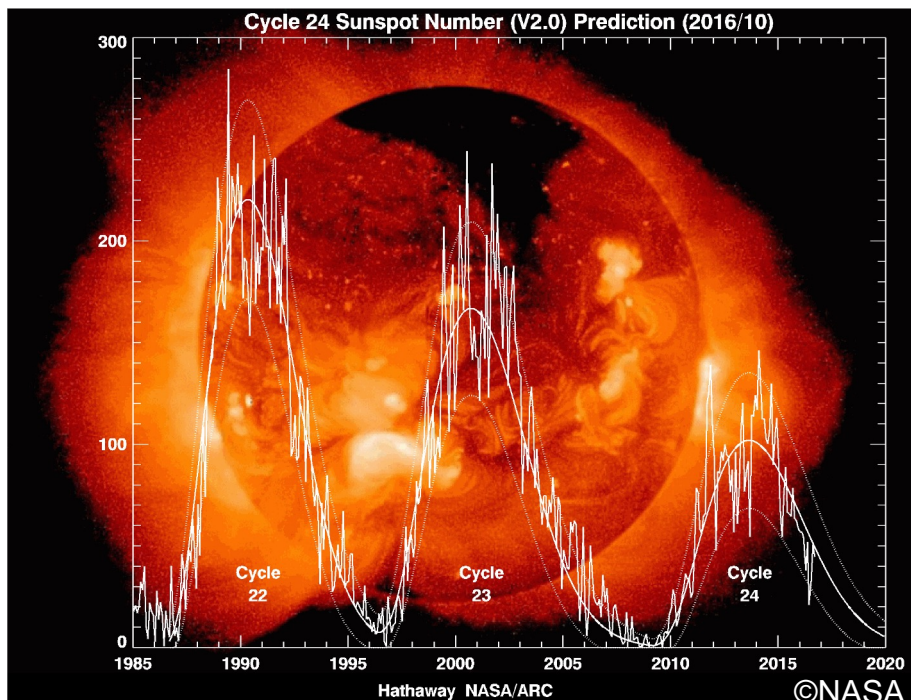


三宅



Fernando

- 年輪や氷床の宇宙線生成核(C14やBe10)の時間変動をツールに解明
→数十～数十万年スケールの宇宙線や太陽活動の変動は？

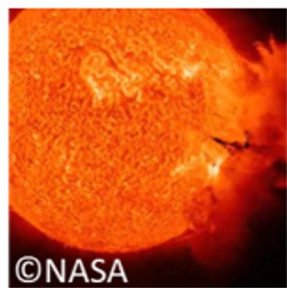


樹木年輪

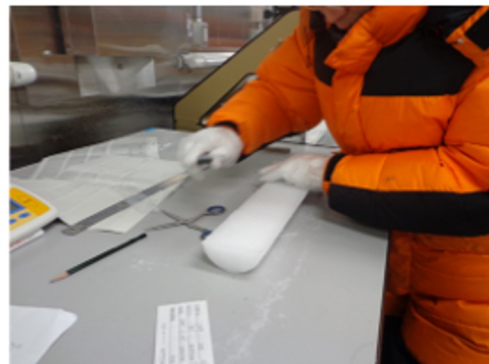
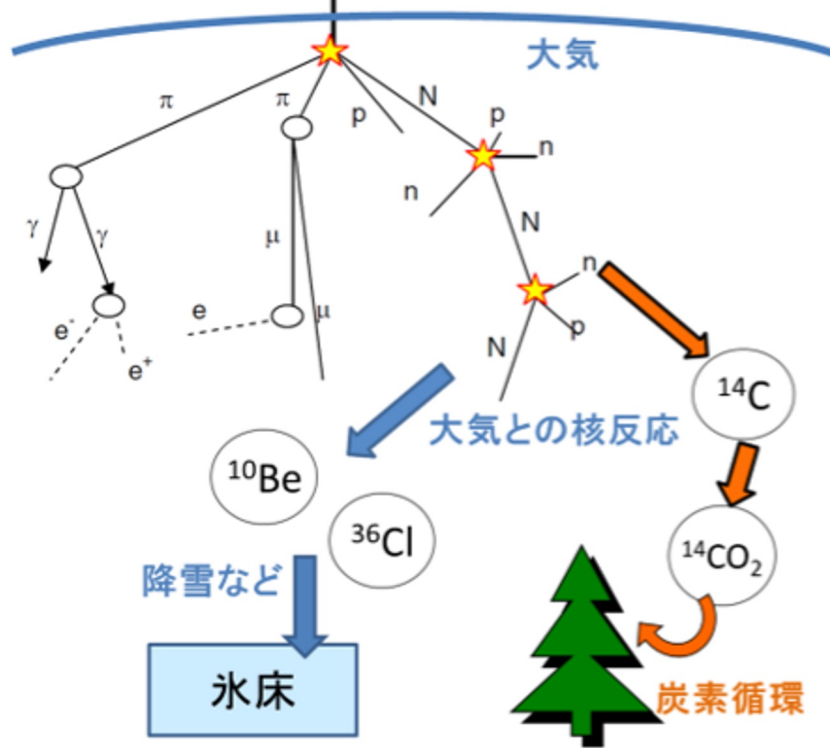


氷床コア

宇宙線生成核を用いた宇宙高エネルギー現象の解明



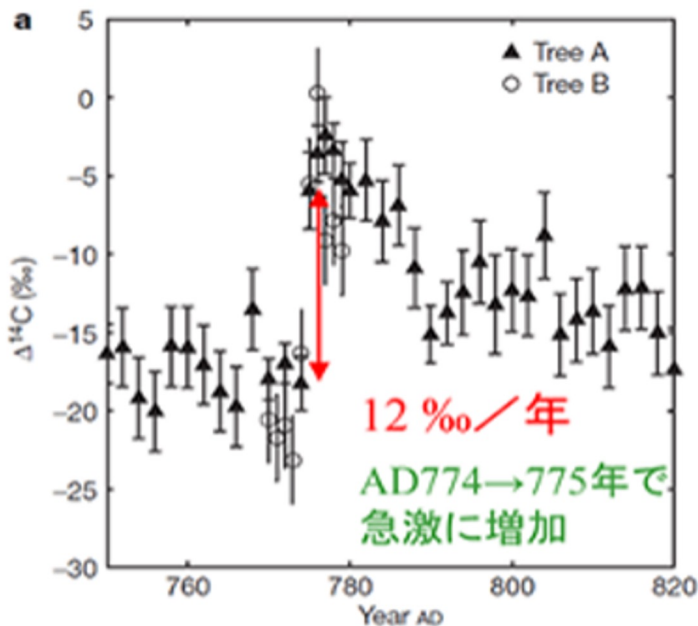
地球への宇宙線



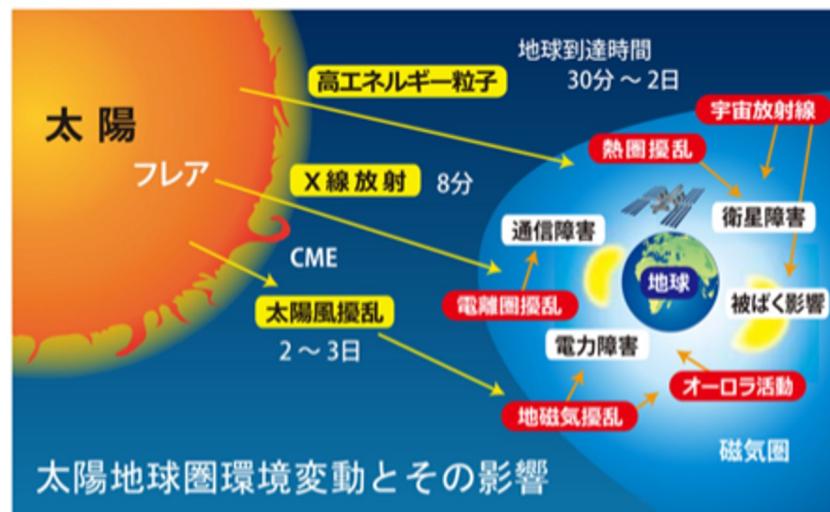
- 年輪や氷床の宇宙線生成核(C^{14} や Be^{10})を用いて過去の宇宙線変動の調査
- 長期的な太陽活動は？
- 地球近傍の高エネルギー現象を探索

宇宙線生成核を用いた宇宙高エネルギー現象の解明

西暦774年の極端太陽面爆発の痕跡



太陽面爆発が現代社会に与える影響



太陽地球圏環境予測ウェブサイト: <https://www.isee.nagoya-u.ac.jp/pstep/wp-content/uploads/2021/08/pstep20210806.png>

- 西暦774/775年、993/994年のC14濃度の急増を発見し、これらの年代に到来した宇宙線量が大幅に増加したことを解明：観測史上最大の太陽面爆発の数十倍規模
- 大規模な太陽フレアやコロナ質量放出の発生頻度の解明や、長期的な太陽活動を突き止め、太陽活動の将来予測に生かす

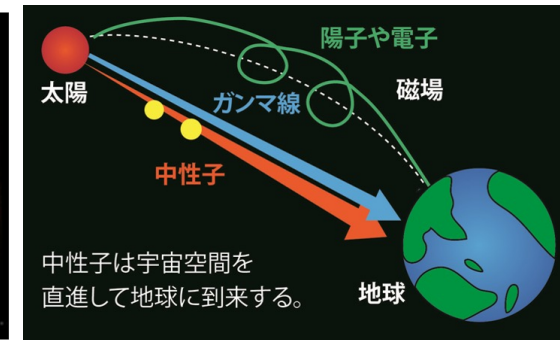
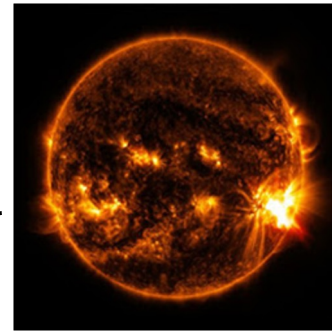
超小型衛星による、宇宙空間からの 太陽中性子観測の開拓



- 太陽フレアで加速された陽子などの荷電粒子に伴い、中性子が生成。

→ 加速情報を維持して地球へ到達

- 我々の研究室で高地に設置された中性子観測装置で**太陽中性子**



観測を行い、世界をリード。→ いわば**お家芸**ともいえる分野。

- 大気の影響を受けない宇宙空間でさらなる開拓を目指す。
→ 大型衛星に比べて低コスト・早期に実現可能な**超小型衛星**を利用。

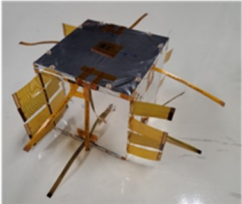
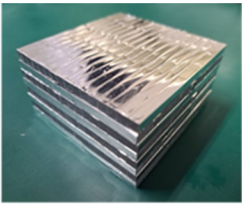
実際に打ち上げたChubuSat-2衛星とセンサ



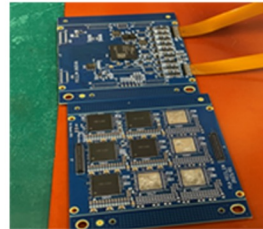
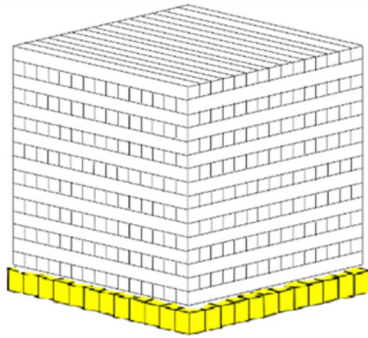
超小型衛星による、宇宙空間からの 太陽中性子観測の開拓

今現在、新たな超小型衛星に搭載すべく、10cm角程度の小型・軽量・低消費電力の内製センサを開発中。 **センサ・回路技術**を磨ける。

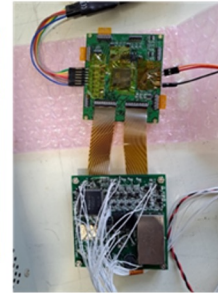
→ 確実に実験ができる成層圏気球で実証実験を行いつつ、
超小型衛星搭載を目指す。



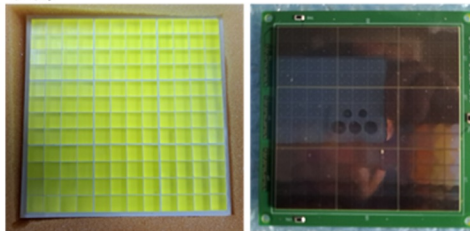
プラスチックシンチレータ部



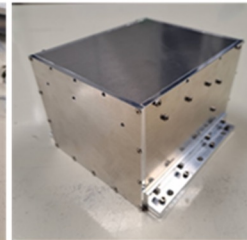
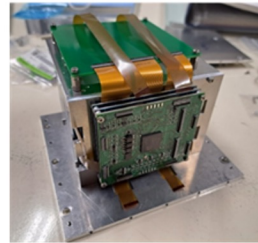
FEC1,2基板



DP. MOBC基板



GAGG(Ce) 12x12 アレイ



組み立て中のセンサ構造

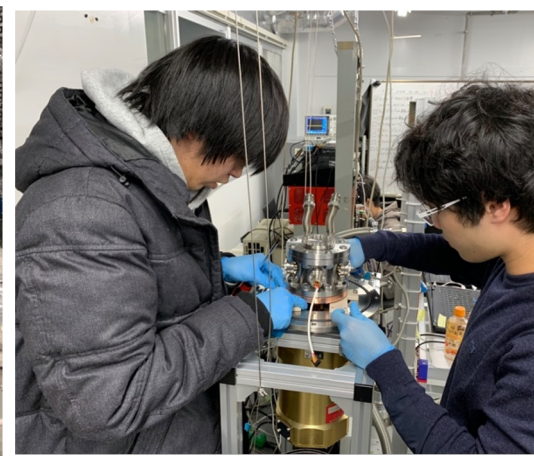
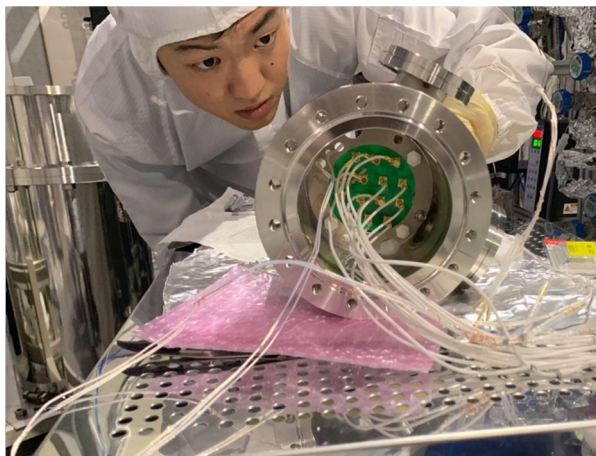
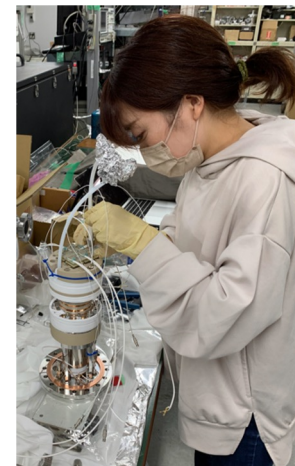
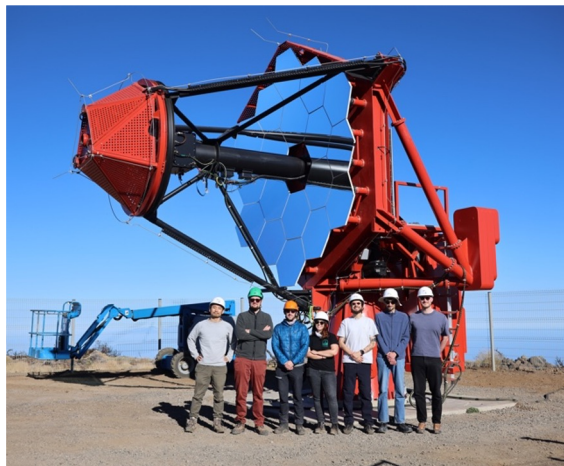
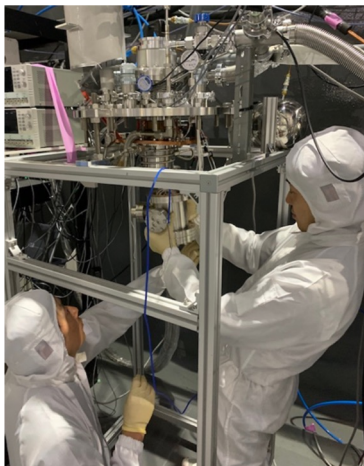


気球模擬実験風景

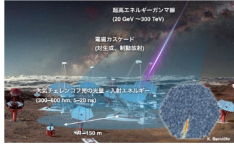


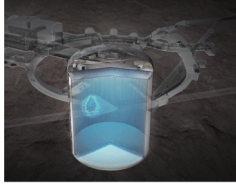


超小型衛星搭載用センサの開発

(先進的・萌芽的技術に基づいた観測機器)

独自の観測装置の開発@CR研



- 最先端の素粒子実験技術を応用
- 学生が研究開発の中心！修士の研究成果で論文も

	宇宙 ガンマ線 	太陽 中性子 	宇宙線 相互作用 	ニュートリノ 	暗黒物質 直接探索 	宇宙線 放射性核 
田島	○	○				
山下				○	○	
山岡		○				
三宅						○
毛受			○	○		
小林					○	
Fernando					○	
Oliveria					○	
学生	D x 3 M x 4		D x 1 M x 1	D x 1 M x 1	D x 1 M x 3	

博士課程と経済支援

- 大学での研究は博士論文、学位取得を経て完成
 - 学部までは基礎知識の勉強
 - 修士で研究活動の練習、研究ノウハウの習得
 - 博士課程で本当の研究：研究者として教員と対等
- 学位 (PhD) :
 - 研究者として世界中で活躍していけるパスポート
 - 大学院でひと仕事成し遂げた研究能力証明書

経済支援の内訳（参考）

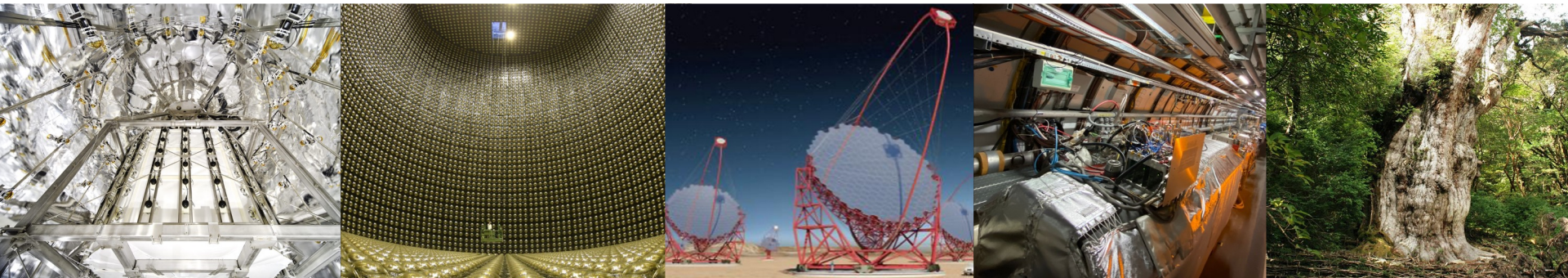
名前	内容	修士課程	博士課程
学生支援機構奨学金	希望者に貸与・成績優秀者の返還免除あり	月5万-15万	月5万-15万
民間団体奨学金	財団や自治体からの支援、給付型も多い	月～5万など様々	月～5万、など様々
名大 TA・RA	講義の補助を行う(TA)、研究活動の支援として研究を行う(RA)	TA 時1600円× 時間数	TA、RA 時1700円× 時間数
学振特別研究員(DC)	学振に研究計画を提案し研究員として申請	—	月20万+ 年150万研究費
名大融合フロンティアフェローシップ/フロンティア次世代研究	優秀な博士人材を支援。大学に研究計画を提案し申請	—	月18万+ 年25万研究費

重複してもらうことも可、ただし条件や上限額あり

最後に

CR研が目指す物理: 宇宙素粒子物理学の開拓

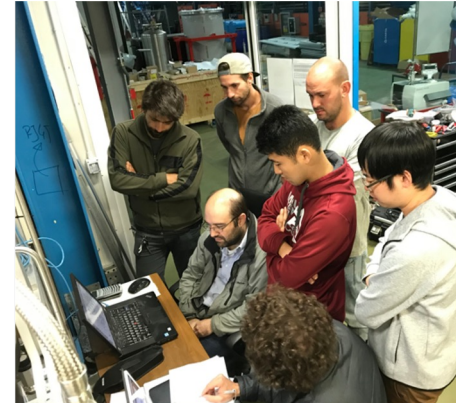
1. 宇宙線観測で探る宇宙の高エネルギー現象
2. 宇宙に存在する暗黒物質の正体の解明
3. ニュートリノで探る宇宙素粒子の大きな疑問
4. 宇宙線は人類社会に影響を与えるだろうか？



宇宙と素粒子の両方に興味がある学生を歓迎します！
多くの教員による手厚い教育と幅広い研究が特徴

最後に

CTA, XENON, LHCf, ハイパーカミオカンデなど
国際的な環境で最前線で研究を行いたい人も歓迎!



大学院を目指す人や海外を股にかけて博士号を目指す人も大歓迎！
経済的サポート(メイクニュー・創発RAなど)も充実しています

実験室・大学院生部屋の見学

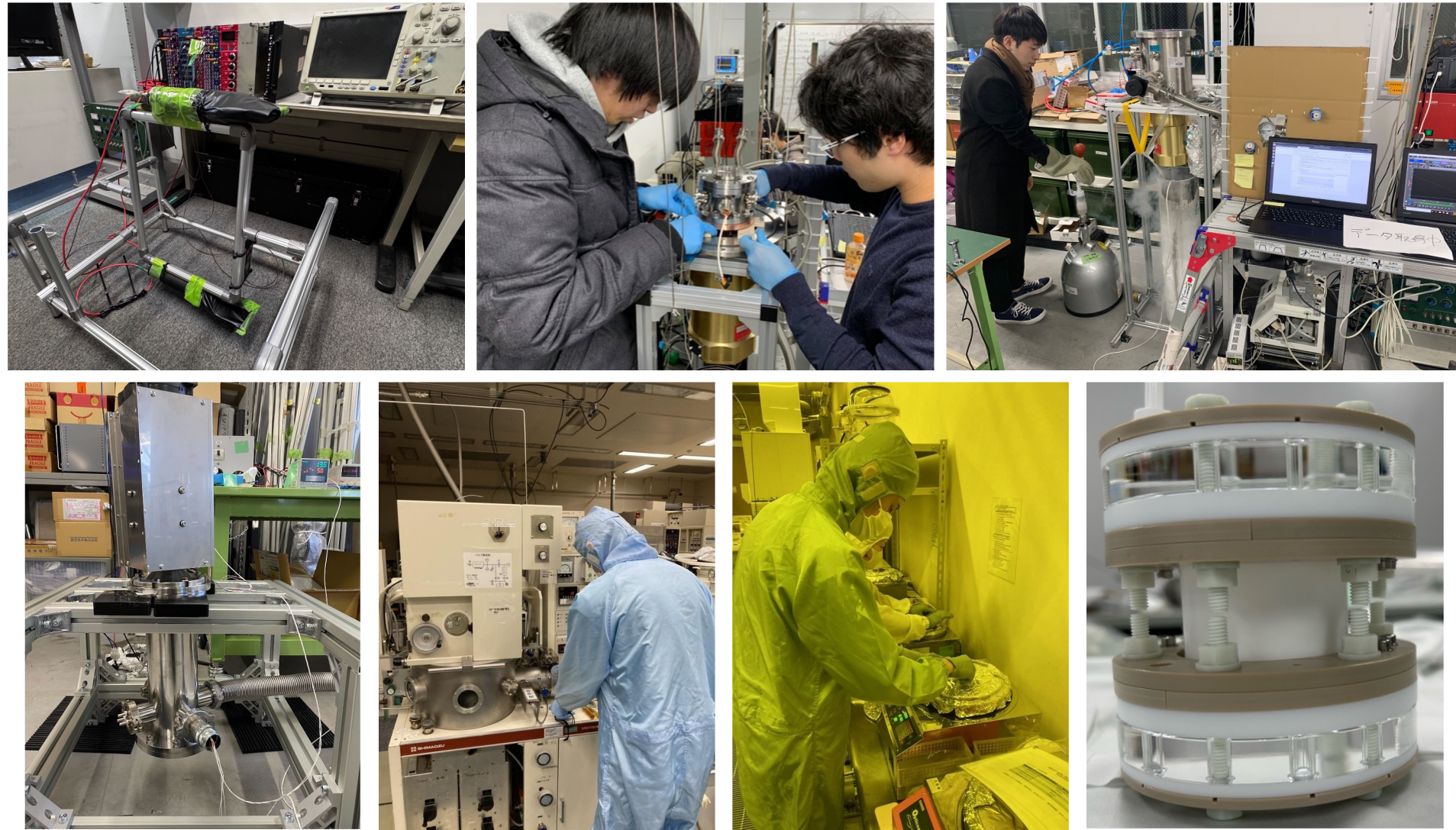
- 暗黒物質直接探索実験室: 環境共用館5階
- ガンマ線実験室: 研究所共同館I 3階
- C14実験室: 研究所共同館II 3階
- 大学院生室: 研究所共同館I 5階501号室



補足資料

CR研における4年生の活動

これまでの4年生が開発した検出器



CR研における4年生の活動

宇宙素粒子物理学について幅広く学び、“研究”をする！

輪講(週1回)

- 宇宙素粒子物理学 (グルーペン)
- 素粒子物理学(グリフィス)
- Particle Astrophysics (D. Perkins)
- 宇宙線(小田稔)



実験

- 前期: 素粒子検出器・データ収集回路・統計の習得
 - 後期: テーマの中から選択し(個人もしくは複数)、「研究」を行う！
- 研究の進捗は、随時打ち合わせ

毎週月曜日の午後:

→ グループミーティング+コロキウム(最先端の研究の動向を議論)

最近の4年生実験テーマ

独自の検出器開発、データ解析など様々

2019	暗黒物質探索のための新型光センサーの開発
2020	暗黒物質探索のための新型光センサーと電極開発
	半導体光検出器の解析アプリケーション開発
	機械学習を用いたニュートリノ・反ニュートリノ識別
	可搬型ミュオンモニターを用いた宇宙線ミュオンの測定
	LHC超前方実験のためのシミュレーションの評価
2021	暗黒物質探索のための新型光センサーの開発
	液体キセノン検出器用液面モニターの開発
	ハイパーカミオカンデ用PMTの較正手法の開発
	年輪中炭素14測定による太陽フレア探索
2022	未知素粒子アクシオンの探索(検出器製作とデータ解析)
2023	コーティング電極を用いた新たな液体キセノン検出器の開発
2024	放射性ラドン低減のための密閉型液体キセノン検出器の開発
	活動銀河核におけるガンマスペクトル線減衰による宇宙背景光変遷の研究
2025	多層膜コーティングによる半導体光電子増倍素子の性能改善
	宇宙線ミュオン流量の異方性測定