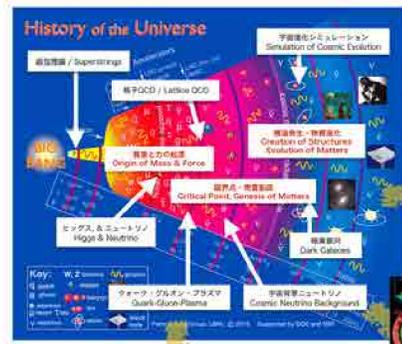
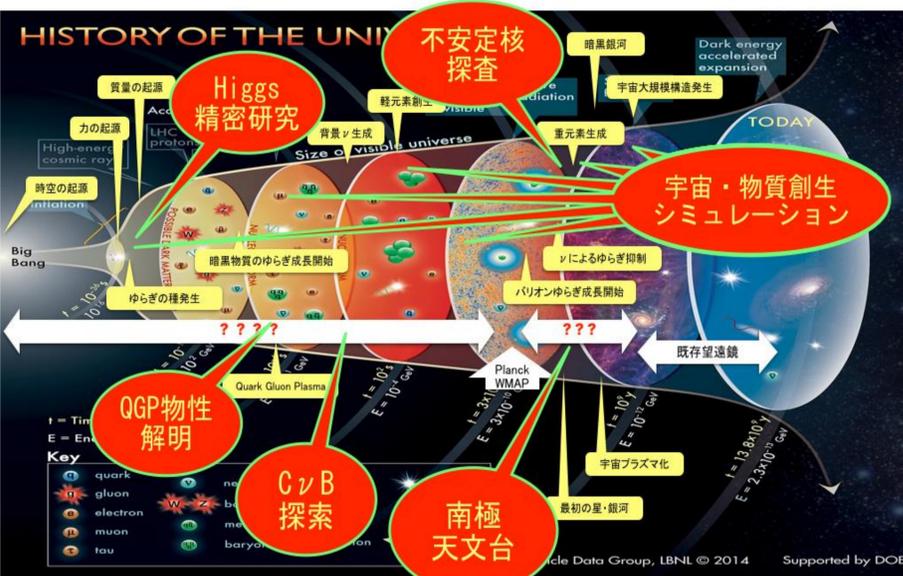


# 宇宙の歴史の暗黒部分を解明する

宇宙史の暗黒部分とその解明に向けて

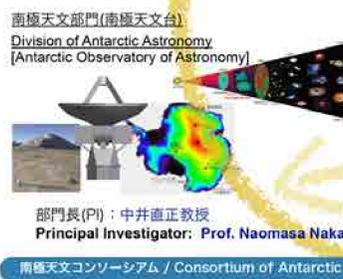
宇宙史国際研究拠点

Research Core for the History of the Universe



素粒子・原子核・宇宙物理学の融合と、実験的・理論的アプローチの協調により、宇宙史を統一的理解  
拠点長(コーディネータ): 金信弘教授

Construct an integrated view of the History of the Universe by coordinating studies in elementary particles, quark nuclear matters, and astrophysics.  
Coordinator: Prof. Shinhong Kim

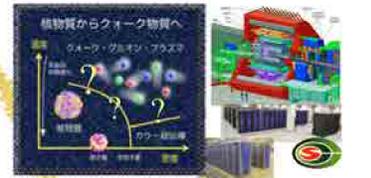


素粒子構造部門

Division of Elementary Particles

クォーク・核物質部門

Division of Quark Nuclear Matters



部門長(PI): 江角晋一准教授

Principal Investigator: Asso.Prof. Shinichi Esumi

部門長(PI): 受川史彦教授

Principal Investigator: Prof. Fumihiko Ukegawa

宇宙史コンソーシアム / Consortium of the History of the Universe

- ☑ 生命につながる元素の起源? → 最先端の宇宙観測、素粒子・原子核実験プロジェクトを有機的に融合
- ☑ 宇宙の構造の起源? 力・物質・時空の起源? → 現象とメカニズムの同時解明
- ☑ 実験的に未解明の領域(暗黒)が多く残されている。 → 物質と生命の起源に迫る新領域の国際的研究ネットワークを形成

宇宙史の暗黒部分の解明に向けて、筑波大学が主導する5つの大型実験プロジェクトとシミュレーション研究を融合。(Particle Data Group 2014に追記・改変)

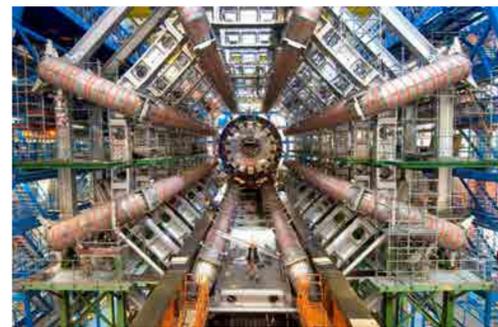
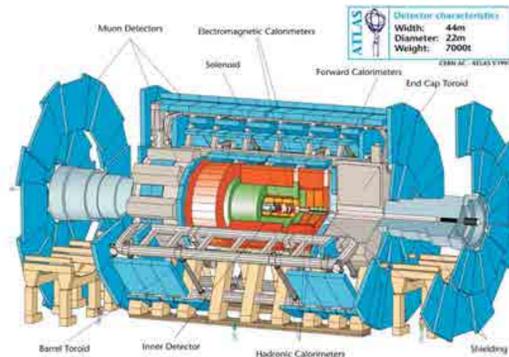
人類の知識が及んでいない「暗黒」の解明  
=> 暗黒物質、暗黒エネルギー、暗黒銀河、...  
=> 物質創成・構造発生とそれらの進化  
Illuminate the "Darkness":  
=> Dark Matter, Dark Energy, Dark Galaxies, ...  
=> Genesis of matters, creation of structures and their evolution.

## 素粒子構造部門 欧州 CERN 研究所の LHC 加速器を用いた素粒子実験 ATLAS

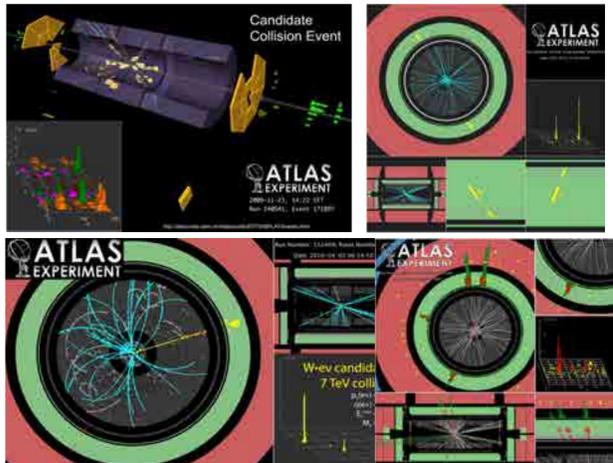
## ATLAS 検出器



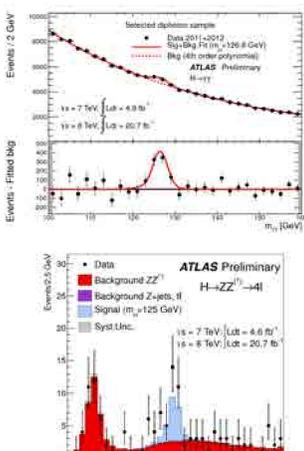
LHC: 世界最大・最高エネルギーの粒子加速器  
スイス・フランス国境 周長 27 km  
陽子をエネルギー 7.5 兆電子ボルト(TeV)まで加速  
陽子の静止エネルギーは、約 10 億電子ボルト  
陽子ビーム同士の衝突、重心系エネルギー 13 TeV  
ATLAS と CMS の2つの大型素粒子実験装置  
国際協力にて素粒子物理学の研究を推進  
検出器の設計・建設・運転、データ取得、物理解析  
38ヶ国、176 研究機関、物理研究者 約3千人  
日本から 17 機関、約 150 名  
陽子陽子衝突を通して、新粒子・新物理法則を探究



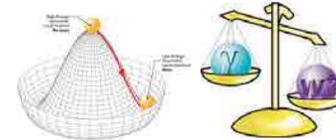
### 陽子陽子衝突事象の例



### ヒッグス粒子の発見 (2012) 素粒子標準理論の粒子をすべて確認



ヒッグス粒子の役割:  
・すべての素粒子に質量を与える  
・素粒子を記述する枠組み(場の量子論)の根幹を支える



真空が対称性を破る:  
南部陽一郎(2008年ノーベル物理学賞)の考え



### ヒッグス発見後の素粒子物理学

ヒッグス粒子から、その先へ  
・発見された粒子の精査  
標準理論の予言と一致するか  
矛盾するところはないか  
・標準理論を超える物理の探索  
超対称粒子など  
・さまざまな謎の解明  
宇宙を含む

### 標準理論を超えて



## COBAND (COsmic Background Neutrino Decay) 実験

- ・宇宙背景ニュートリノを使ってニュートリノ崩壊を探索
- ・観測ロケット実験、それに続く衛星実験を計画中
- ・国際共同実験グループ COBAND コラボレーション



### 宇宙背景ニュートリノ(CνB)



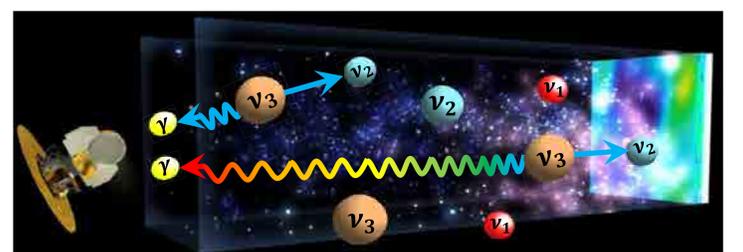
宇宙論で存在が予言、実験的には未発見。  
宇宙全体に 110個/cm<sup>3</sup> の数密度で  
ニュートリノ(ν)が存在。

「宇宙背景マイクロ波(CMB)のニュートリノ版」

CMB: ビッグバンの30万年後の宇宙  
CνB: ビッグバンの数秒後の宇宙

## 宇宙背景ニュートリノ+ニュートリノ崩壊

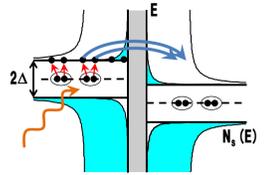
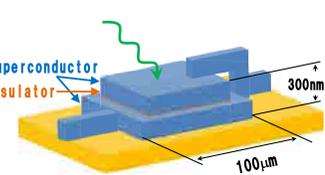
- ・重さの違う3種類のニュートリノ → ν<sub>1</sub> ν<sub>2</sub> ν<sub>3</sub>
- ・重たいニュートリノは、軽いニュートリノと光子に崩壊
- ・地球近傍で波長約50μm(遠赤外線)の光として観測



解説: 本研究は、科学研究新学術領域研究「ニュートリノ物理学の融合と進化」(計画研究B02班)(科研費番号25105007)および、KEK測定器開発費SODプロジェクトのサポートを受けています。本研究に使用されたNb-AI-STJは、KEK先端計測実験棟・大実験室内クリーンルーム、および(独)産業技術総合研究所(AIST)の超伝導クリーンルーム(CRAVITY)において作製されました。本研究に使用されたSOI基板は、東京大学大規模集積システム設計教育研究センター(VDEC)を通じ、シンプス株式会社、日本ケイテン株式会社およびメンター株式会社との協力で設計されました。

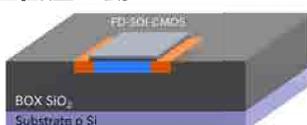
### 超伝導トンネル接合素子 (Superconducting Tunneling Junction; STJ)

超伝導体層/絶縁層/超伝導体層 (ジョセフソン接合) の素子

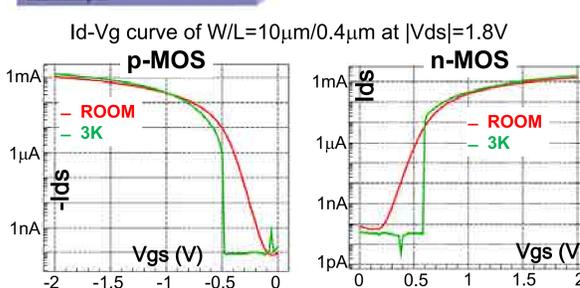


波長50μmの遠赤外光 (E=25meV) よりも小さな超伝導ギャップエネルギー (Δ)  
→ 遠赤外光の一光子検出が可能

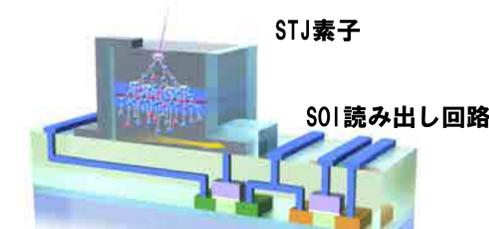
### 極低温で動く Silicon-On-Insulator (SOI) トランジスタ



SiO<sub>2</sub>絶縁膜上にMOSFETを形成  
→ 非常に薄いチャンネル層  
3K以下の極低温でも動作



STJ素子とSOI回路の融合 (SOI-STJ)  
→ 革新的高感度な遠赤外一光子検出器



ロケット実験に向け鋭意開発中