

地下実験・希少事象探索

Masahiro Yoshimoto

Gifu University

地下で何を観測するのか?

- 地球を貫通していく事象

- ニュートリノ

- 超新星ニュートリノ、(大気・太陽ニュートリノ)
- (原子炉ニュートリノ、加速器ニュートリノ)

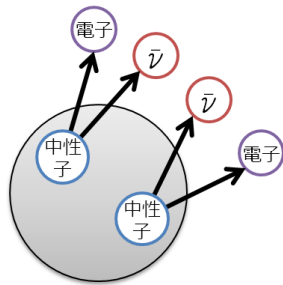
- 暗黒物質の直接探索 (WIMP)

- 重力波

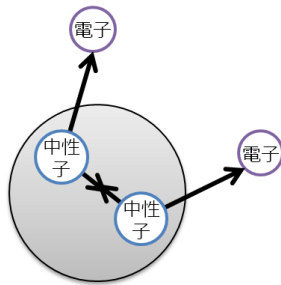
- 加速器では作れない希少物理過程

- $0\nu\beta\beta$ 崩壊

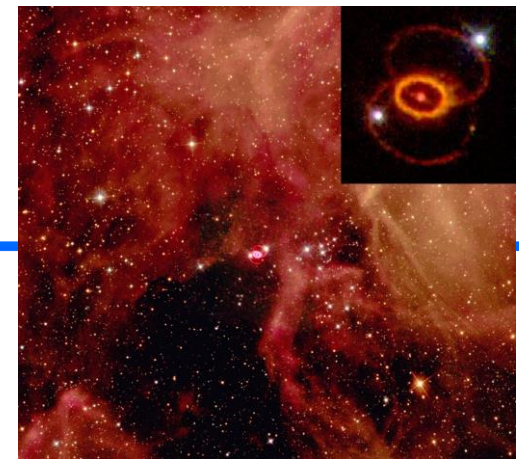
- 陽子崩壊



通常の原子核の二重
ベータ崩壊 ($2\nu\beta\beta$)

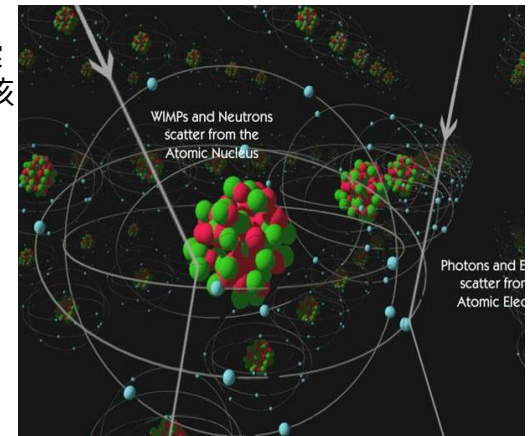


ニュートリノがマヨラナ粒子の場
合に起こりえる、ニュートリノの
伴わない二重ベータ崩壊 ($0\nu\beta\beta$)

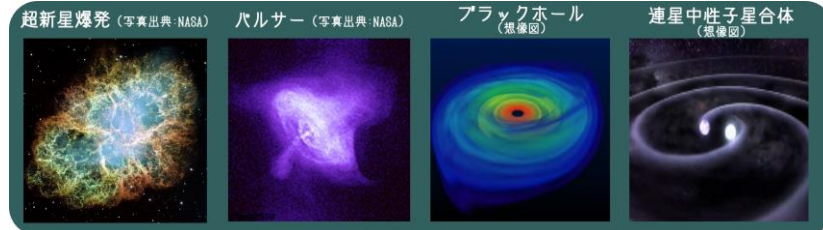


SN 1987A

WIMP探索
反跳原子核



重力波観測対象



KAGRAウェブページより

地下実験場

Overview of status & future plans of (some of) the world's underground facilities...



Europe

- Gran Sasso
- Modane
- Canfranc
- Boulby

Asia

- Kamioka
- Jinping
- Yangyang
- INO

North America

- SNOLAB
- SURF
- Soudan
- WIPP

Southern Hemisphere

- Andes
- Stawell

Sean Paling氏スライドより

なぜ地下なのか?

- 宇宙線ミュオンフラックス

- 一次宇宙線↓
- 二次宇宙線ミュオン↓

- 二次中性子フラックス

- ミュオンによる核破砕↓
- U/Th 自然核分裂→
- (α, n) 反応→

- 二次ガンマ線フラックス

- 高エネルギーガンマ線↓
- 天然放射性核種による
低エネルギーガンマ線→

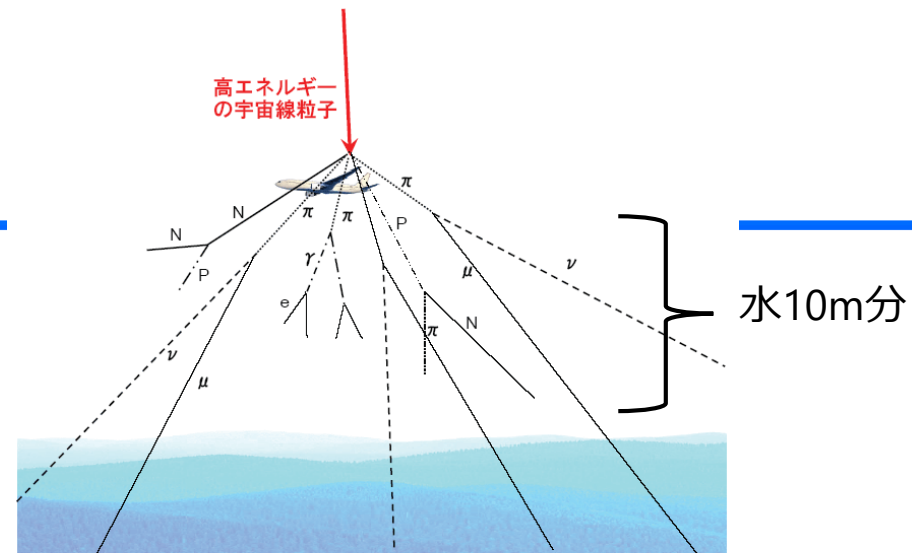
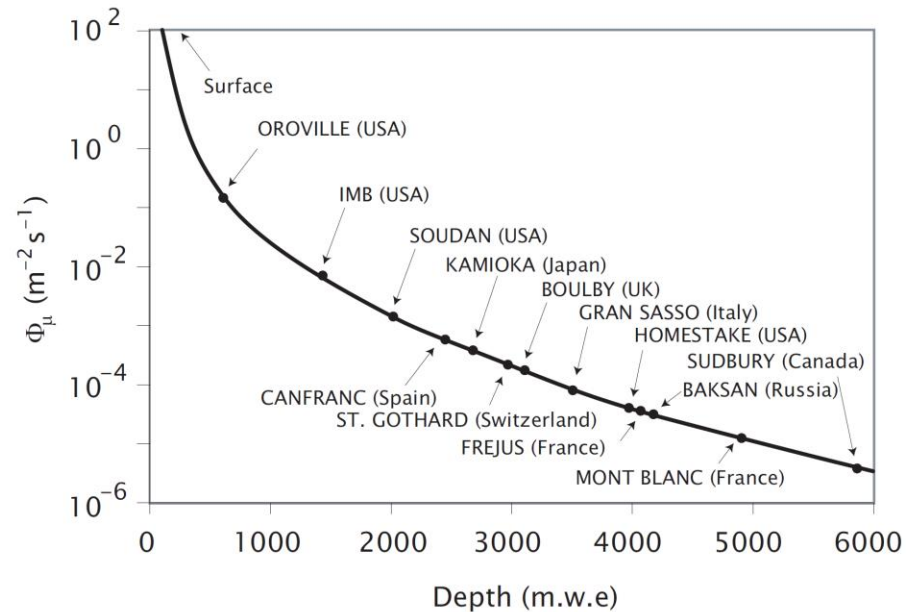


図1 大気圏内における宇宙線の反応(イメージ)

[資料提供]独立行政法人 放射線医学総合研究所、保田浩志氏

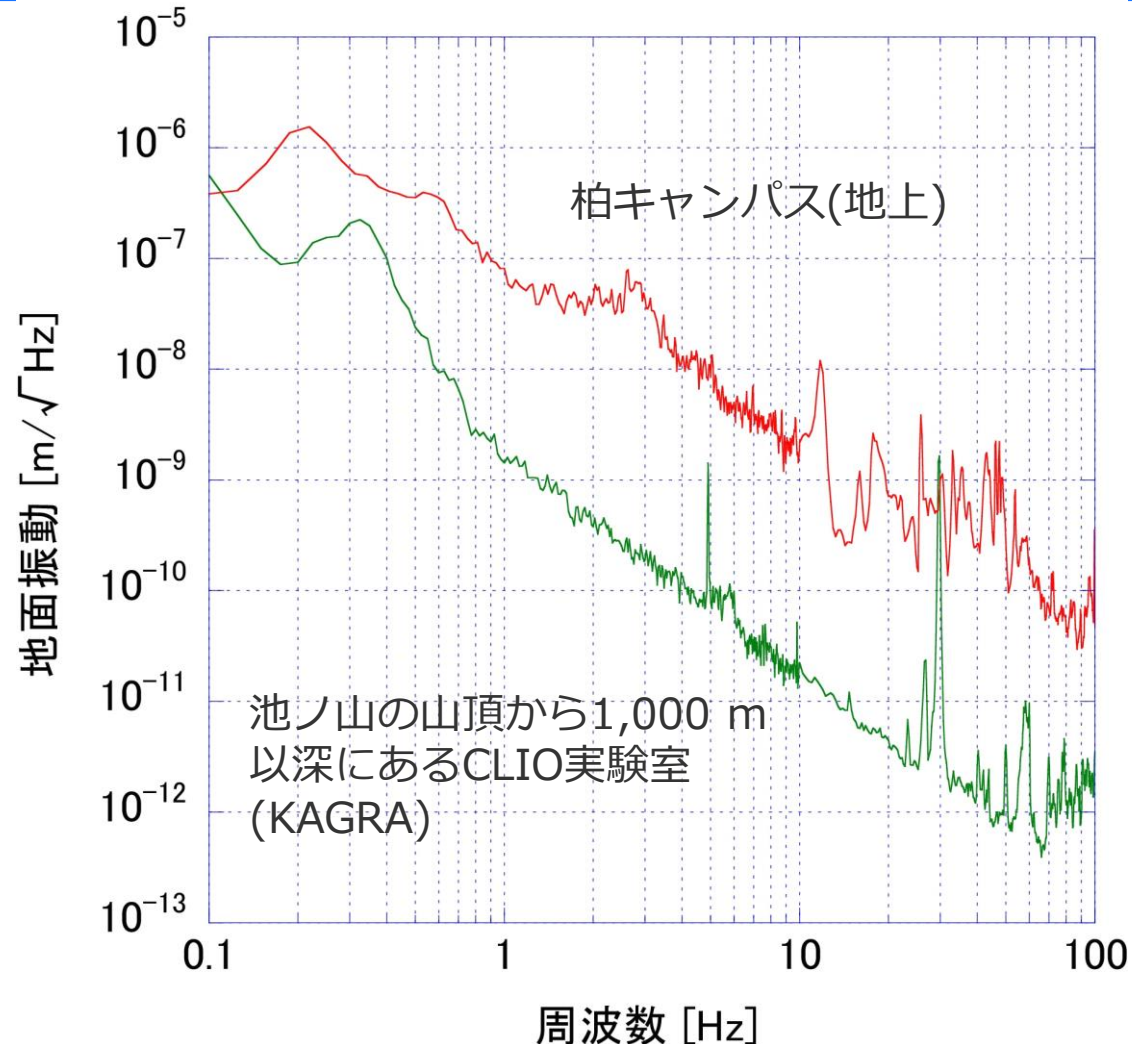
https://atomica.jaea.go.jp/data/fig/fig_pict_09-01-05-11-01.html



Carmona, J. *Astroparticle Physics* **21**, 523–533 (2004).

なぜ地下なのか?

- 重力波の背景事象
 - 地面振動雑音
 - 熱雑音 (鏡のブラウン運動)
 - 量子雑音 (光子数の統計的ゆらぎなど)
- 地面振動雑音は最大のノイズ源。地下で2桁低減できる



<https://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/archives/1858>

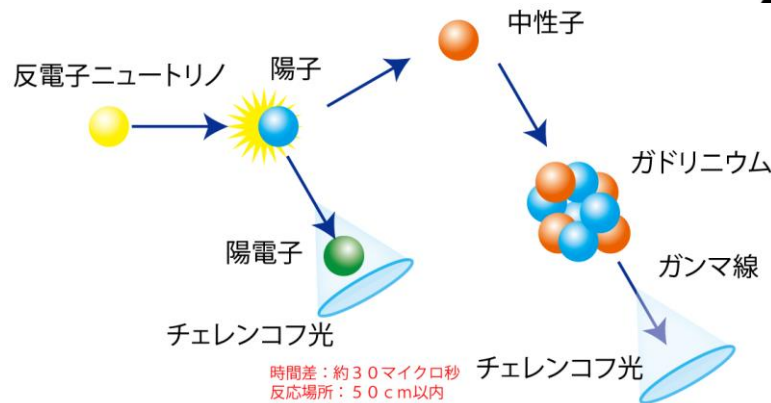
標的と検出器

- ニュートリノ・陽子崩壊
 - 水 → チェレンコフ光 → 光検出器
- 暗黒物質の直接探索
 - 液化キセノン、液化アルゴン、個体NaI等 → 蛍光 → PMT、MPPC
- 暗黒物質到来方向
 - ガス → 電離 → TPC
 - エマルション → 潜像 → 現像 → 顕微鏡
- 重力波
 - 時空 → レーザー → 光強度測定
- $0\nu\beta\beta$ 崩壊
 - Caなど $0\nu\beta\beta$ 候補原子核 → 蛍光・電離 → 光検出器、電荷検出器など様々

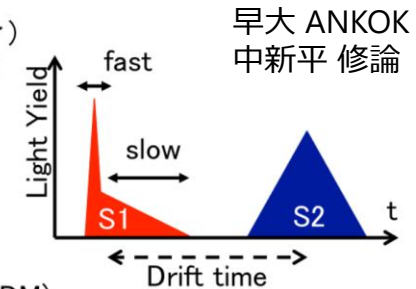
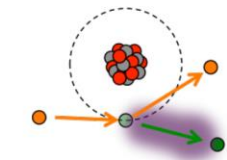
低BG化で重要となるもの

- 標的の純化
- 検出器の純化
- シールドの純化
- 反応の識別
 - 波形弁別
 - Gdによる中性子事象のveto
 - 等
- より地下へ
- 月の地下?

情報共有の重要性



電子反跳事象 (e, γ)
ER: Electron Recoil



原子核反跳事象 (n, DM)
NR: Nuclear Recoil

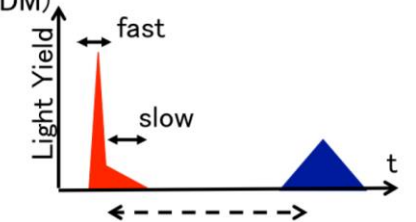
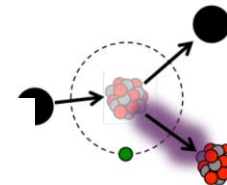


図 1.5 電子反跳事象と原子核反跳事象

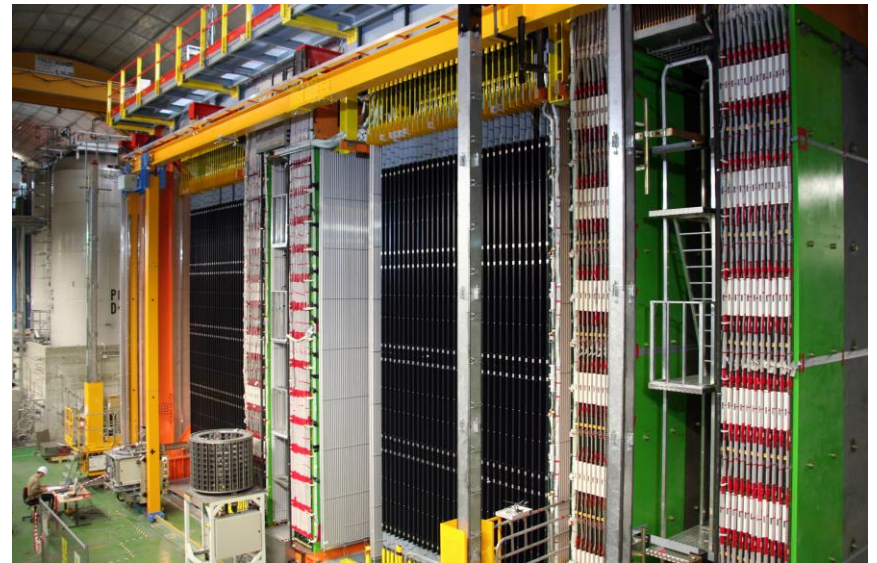
ちなみに

- 原子核乾板(エマルジョン)は製造後、あらゆる放射線を蓄積し、いずれ真っ黒になるため、宇宙線の少ない地下環境へ保管することがよくある。

J-PARC E07実験用乾板



OPERA実験 エマルジョン検出器



イタリア・グランサッソ研究所

神岡坑内(LabB)

地下実験・希少事象探索へようこそ

session2 : 地下実験・希少事象探索 (座長: 佐藤 健太)		
09:30-09:45	ナビゲータートーク	吉本 雅浩
09:45-10:05	神岡地下環境雑音測定	鷲見 貴生
10:05-10:25	Double Beta Decay Experiments (KamLAND-Zen, AXEL, etc)	小原 脩平
10:25-10:45	高圧キセノンガス検出器を方向に感度を持つ暗黒物質探索に応用するためのR&D	中村 輝石
10:45-11:05	新規結晶で探る0nbb崩壊探索の可能性	水越 慧太
11:05-11:25	XENONnTの中性子vetoカウンターで用いるGd水溶液の透過率測定手法の確立	陳 育勤