

# 「ヒッグスとダークマター」

神戸大学

物理学専攻・粒子物理研究室

准教授 身内賢太郎

2012年8月6日 公開講義

内容

粒子物理?  
ヒッグス  
ダークマター



# はじめまして

中学・高校 武蔵高校（～1993）

物理の実験おもしろー

ファインマンっておっさんおもしろー

東大 物理学科・大学院（～2002）

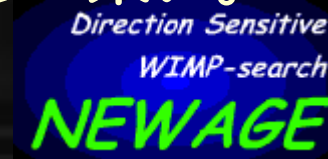
やっぱり、実験はおもしろー ダークマターさがそ。

京大 宇宙線研究室 助教（～2011）

とにかく、実験おもしろー ダークマター、つかまんねー！

神戸大 粒子物理研究室（2011～）

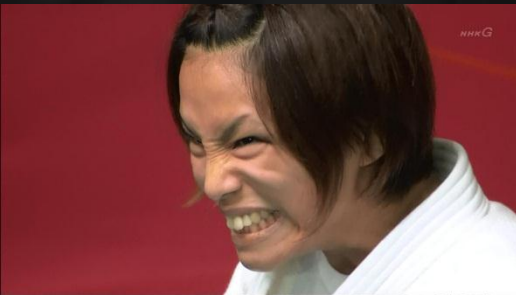
まだまだ、実験おもしろー ダークマターそろそろ 来い。



# 本日の目標

物理 だけでなくもいいや、  
サイエンスが面白い気分にして帰ること。

「お勉強」は高校の先生にお任せします。

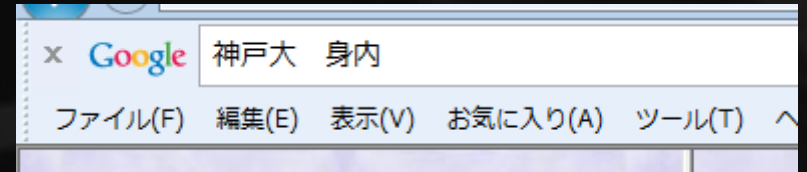


# 注意

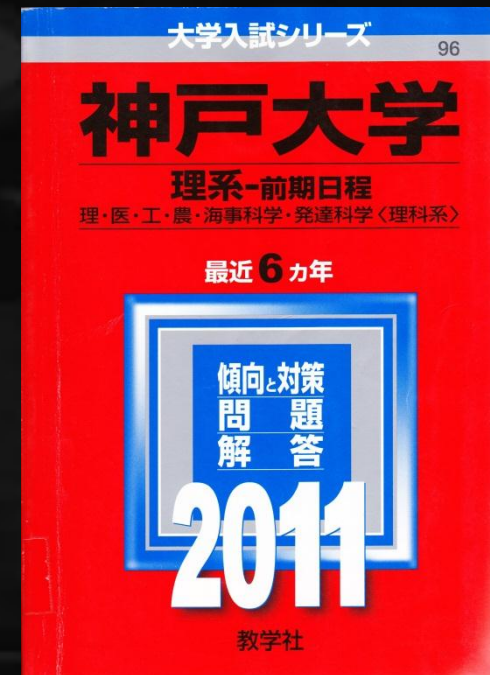
ノートはとらず、sit back & relax!



か



か



で

好きですか?

物が何からできていて  
どんな法則があるか

# 「ヒッグスとダークマター」

神戸大学

物理学専攻・粒子物理研究室

准教授 身内賢太郎

2012年8月6日 公開講義

何ですか?

守備範囲は50桁!

銀河団  $10^{24}m$

銀河  $10^{20}m$

太陽系  $10^{12}m$

暗黒物質  
(未発見)  
 $10^{-24}m$ 以下

物理

地球惑星科学

クォーク  
 $10^{-18}m$ 以下

メダル  $10^{-1}m$

陽子・中性子  
(2種類)  $10^{-16}m$

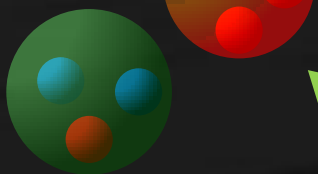
化学

生物



地球  $10^7m$

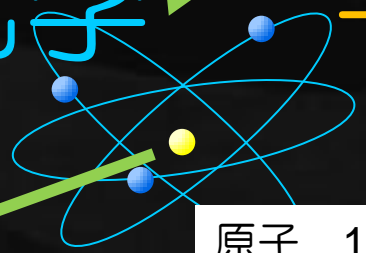
原子  $10^{-10}m$



原子核 (112種類)  
 $10^{-14}m$

陽子79個+中性子120個

original idea:  
powers of ten



守備範囲は50桁!

銀河団  $10^{24}m$

銀河  $10^{20}m$

太陽系  $10^{12}m$

暗黒物質  
(未発見)  
 $10^{-24}m$ 以下

物理

「物理」で分かったこと。  
50桁!! にわたる現象を20個弱の粒子で説明

クォーク  
 $10^{-18}m$ 以下



メダル  $10^{-1}m$



地球  $10^7m$

陽子・中性子  
(2種類)

一番大きな「銀河団」は  
一番小さな「暗黒物質」がつなぎとめている

原子  $10^{-10}m$

原子核 (112種類)  
 $10^{-14}m$



# 現在の物理「標準理論」

- 陽子、中性子、電子、光子などは知られていた。
- 1970年代 コレクションのひな壇完成
- 2012年 コンプリート？

2000

質量を与える粒子





# 「コンプ後」の物理：「標準理論」を超えて

- ニュートリノ質量
- 重力波
- ダークエネルギー
- ダークマター
- ヒッグスの性質解明



<http://legacy.kek.jp/ja/activity/ipns/T2K.html>

暗黒エネルギー  
「すばる」



[http://www.naoj.org/j\\_index.html](http://www.naoj.org/j_index.html)

重力波「かぐら」



<http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/>

# HIGGS

# HIGGS

## ● 2012年7月4日 ヒッグスらしき粒子を発見!

特別講演会「LHCにおけるヒッグス粒子探索」

Fabiola Gianotti  
(ATLAS spokesperson)

Peter Higgs



「ヒッグス粒子」  
未確認

あらゆる物質に質量を与えたと考えられる仮説  
のシュネーアの欧州合同原子核研究所（CERN）  
HCCによる実験で、ヒッグス粒子とみられる新  
グス粒子は、万物に含まれる素粒子の基本理論と  
論で存在が予言された18種の素粒子のうち、唯

MAINICHI  
新毎日

Home | Sitemap | Contact us | CERN Home  
Search  
  
 this site  All CERN

CERN  
Press Release

Press Releases | For Journalists | For CERN People

Archive  
2012  
2011  
2010  
2009  
2008  
2007  
2006

CERN experiments observe particle  
consistent with long-sought Higgs boson

PR17.12  
04.07.2012

Geneva, 4 July 2012. At a seminar held at CERN<sup>1</sup> today as a curtain raiser to the year's major particle physics conference, ICHEP2012 in Melbourne, the ATLAS and CMS experiments presented their latest preliminary results in the search for the long sought Higgs particle. Both experiments observe a new

2

● 詳しくは、宣伝のあとで。

## 講演会「LHC実験にて新粒子（ヒッグス粒子？）を発見」

～ 巡回講演会@名古屋，大阪，神戸，福岡 ～

2012年7月4日に，LHC実験はヒッグス粒子と見られる新粒子を発見しました。これを受けて神戸大で講演会を開催します。

神戸での講演は9/22(土) 14:00～(予定)，神戸大学百年記念館  
巡回講演会の企画全体は [こちら](#)

スイス・ジュネーブのCERN研究所で行われているLHC実験で、ヒッグス粒子と見られる新しい粒子を発見しました。新聞やニュースでご存知の方も多いのではないのでしょうか？LHC実験に参加している研究者達が、名古屋、大阪、神戸、福岡の4カ所を行脚し、この新粒子の発見に関して講演します。この講演会では、実験に参加している各大学の研究者が、この新粒子をどう探したか、そしてこの発見によってどのような研究がひらけるかをわかりやすくお話しします。また、第2部として質問のコーナーやおしゃべり会をたっぷりとする予定です。

### 日時

2012/9/22(土) 14:00 ～ (予定)

終了予定 17:00ごろ

### 場所

神戸大学 百年記念館 六甲ホール  
アクセス

### 対象

高校1年生以上（めやすとして）



Direction Sensitive  
WIMP-search

NEWAGE

# ◆ 気を取り直して、HIGGS

- 質量を与える粒子
- 質量?

$$ma=F$$

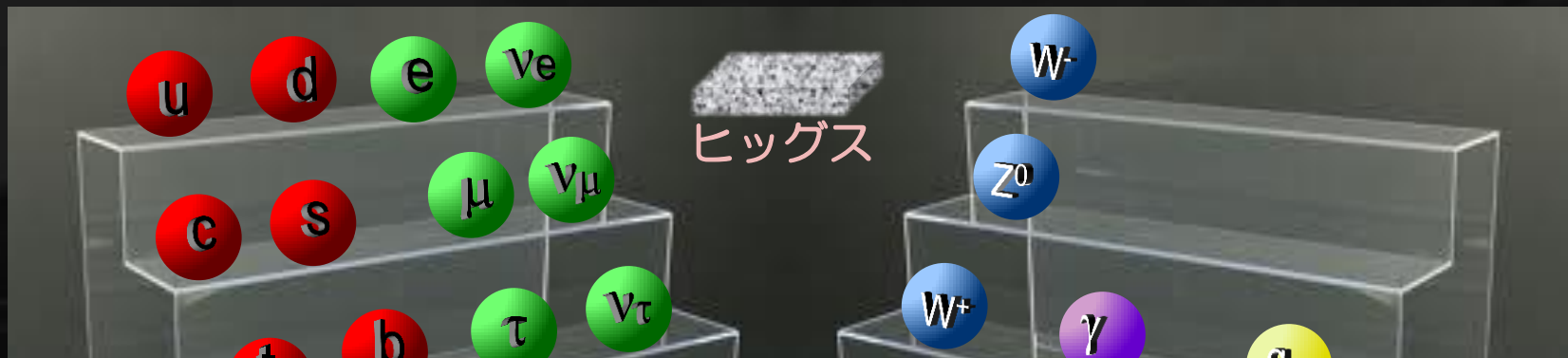


ものを動きにくくする「能力」

- 質量がなかったら?  
すべての粒子は光速で動く
- 実際は違っている。  
何かによって動きを妨げられている。

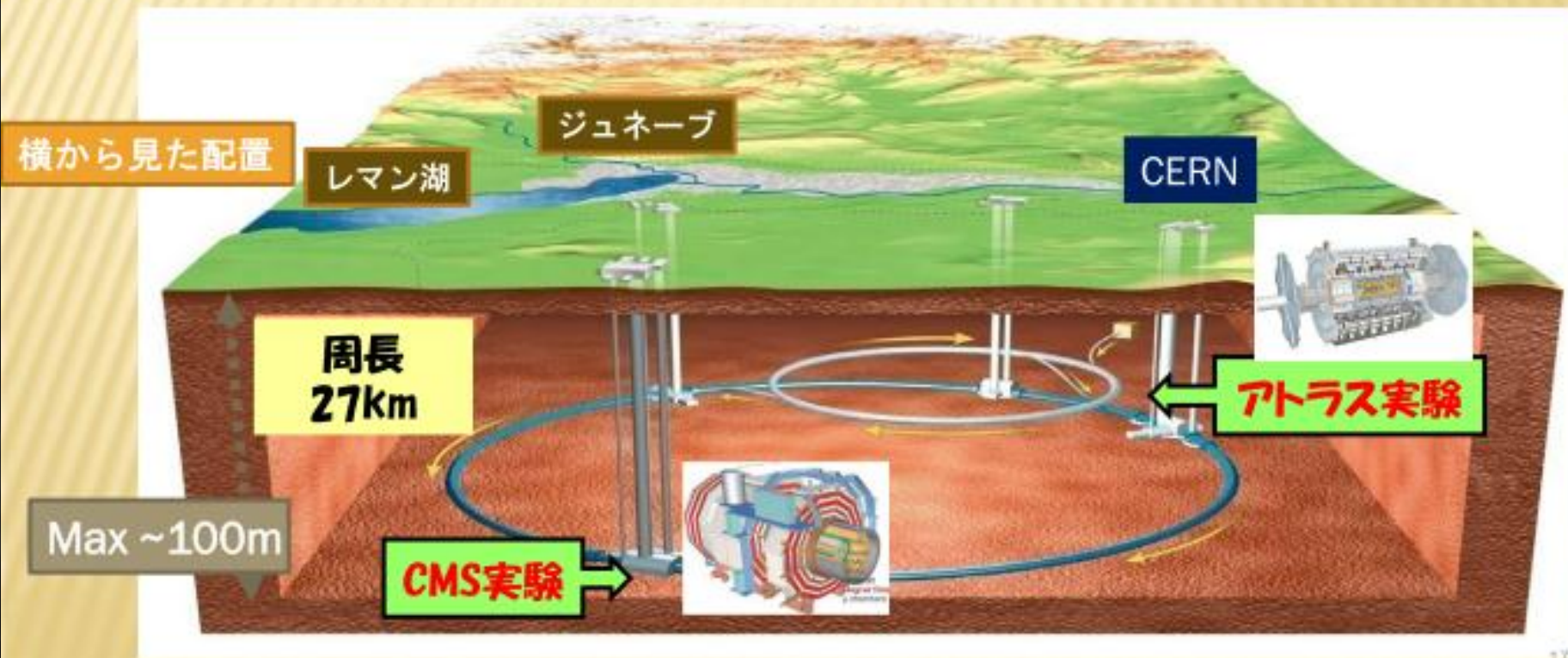
## ◆ 動きを妨げる「何か」

- ヒッグス機構(1960年代) :  
動きを妨げる「何か」を生み出す機構
- 「何か」は真空中に埋まっている
- 「何か」は真空からたたき出すことができる
- 「何か」はヒッグス粒子と呼ばれるようになった。
- 「何か」を求める挑戦が始まった。



# ◀ HIGGS QUEST (LHC実験)

- ヨーロッパCERN研究所
- 陽子を光速の99.999997%  
まで加速して衝突  
⇒真空からヒッグスをたたき出す



# ◆ アトラス実験（神戸大学も貢献）

- 1992年 計画書完成
- 1994年 日本グループ結成
- 1997年 測定器製造開始
- 2008年 測定器完成

## *ATLAS Collaboration*

38 Countries

174 Institutions

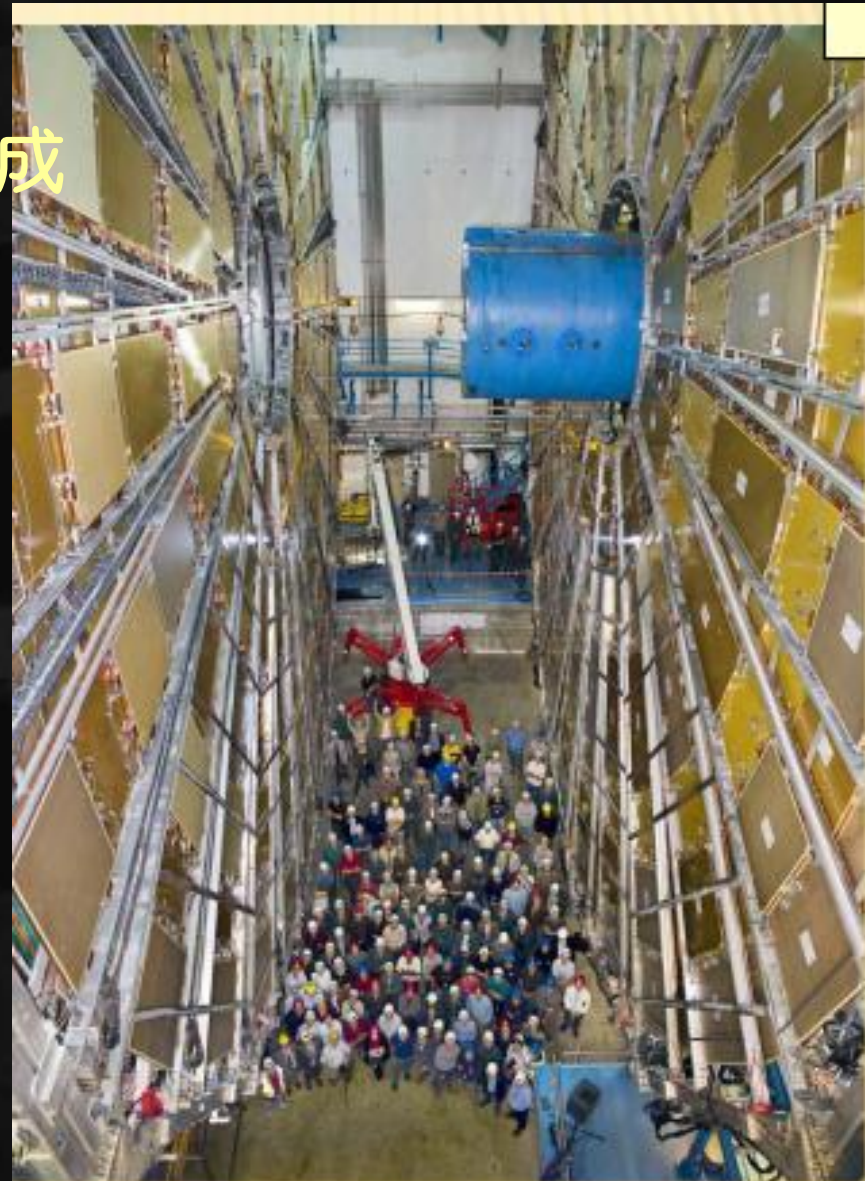
16 Japanese Institute

>2800 Scientific Authors

(~1000 students)

~110 Japanese

13 Kobe Univ. member



2007年9月21日 全てのビッグホイール(8台)の組立が完成した。



# ◆ そして、2012年7月4日 日本時間16時～

- CERNからのインターネット中継
- 新粒子発見!

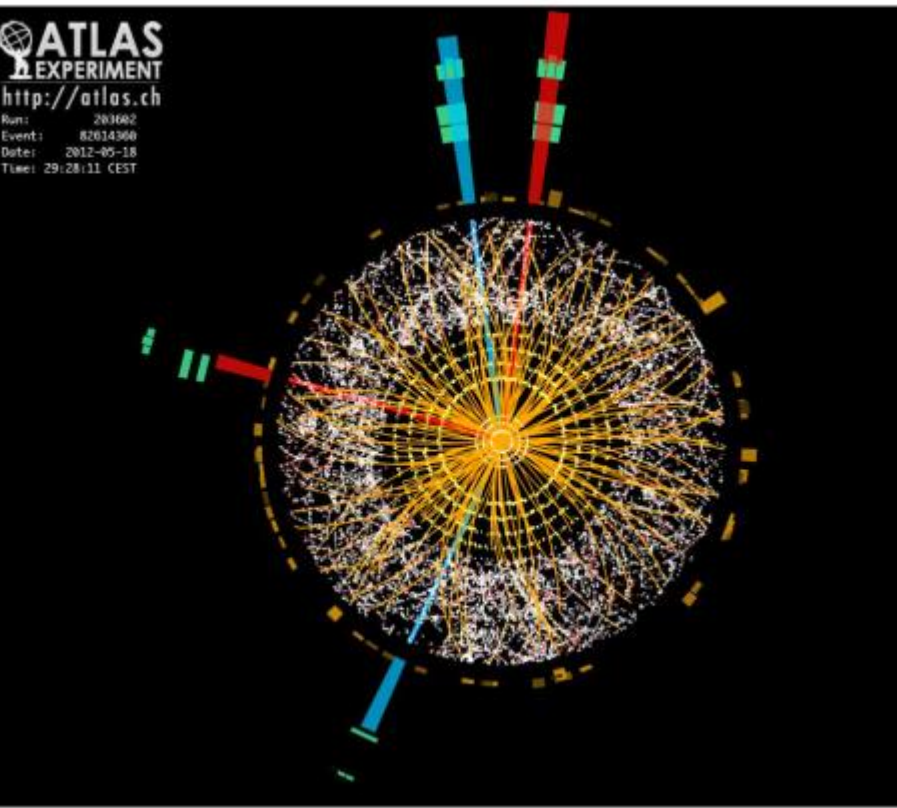


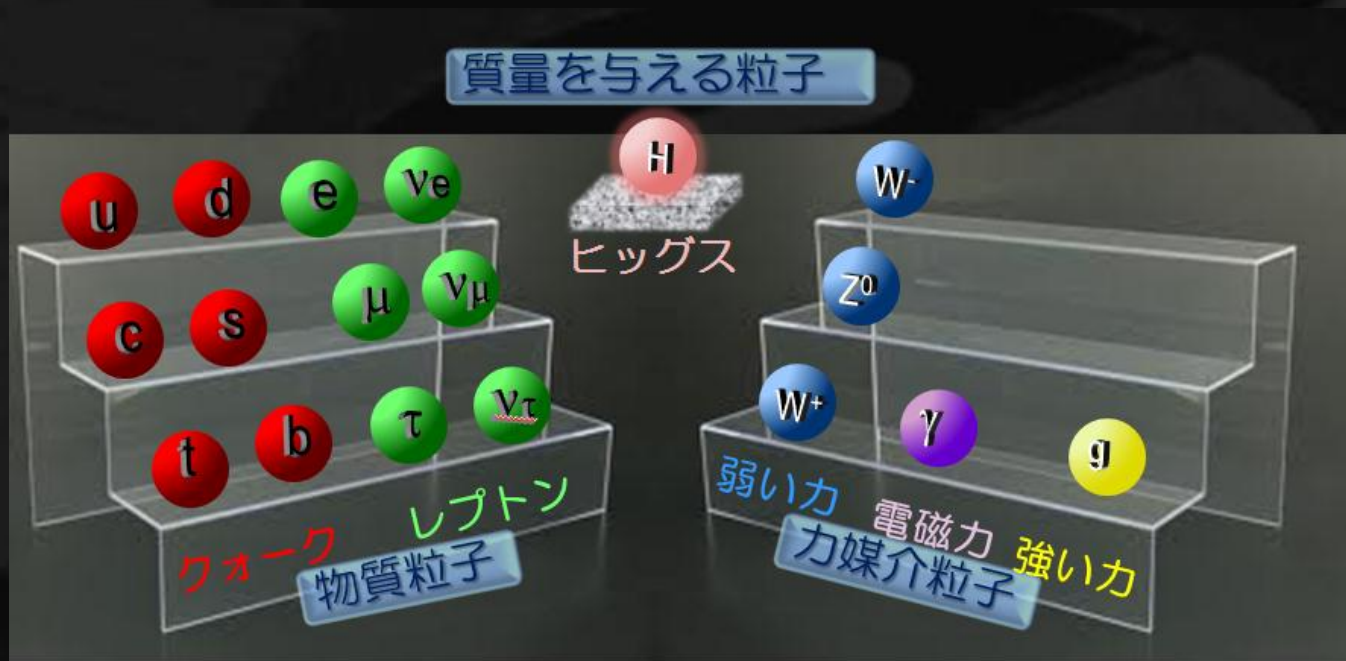
Figure 1. ヒッグス粒子が4つの電子に崩壊する事象の候補 (2012年 ATLAS データ)。



Figure 3. 2光子チャンネルにおける質量分布。

## ◆ HIGGSに残された謎

- 物質粒子との結合が未確認  
(発見と言いきれていない理由)
- 粒子の種類によって、質量が違う理由は？



# 「コンプ後」の物理：「標準理論」を超えて

- ニュートリノ質量
- 重力波
- ダークエネルギー
- **ダークマター**
- ヒッグスの性質解明



<http://legacy.kek.jp/ja/activity/ipns/T2K.html>

暗黒エネルギー  
「すばる」



[http://www.naoj.org/j\\_index.html](http://www.naoj.org/j_index.html)

重力波「かぐら」



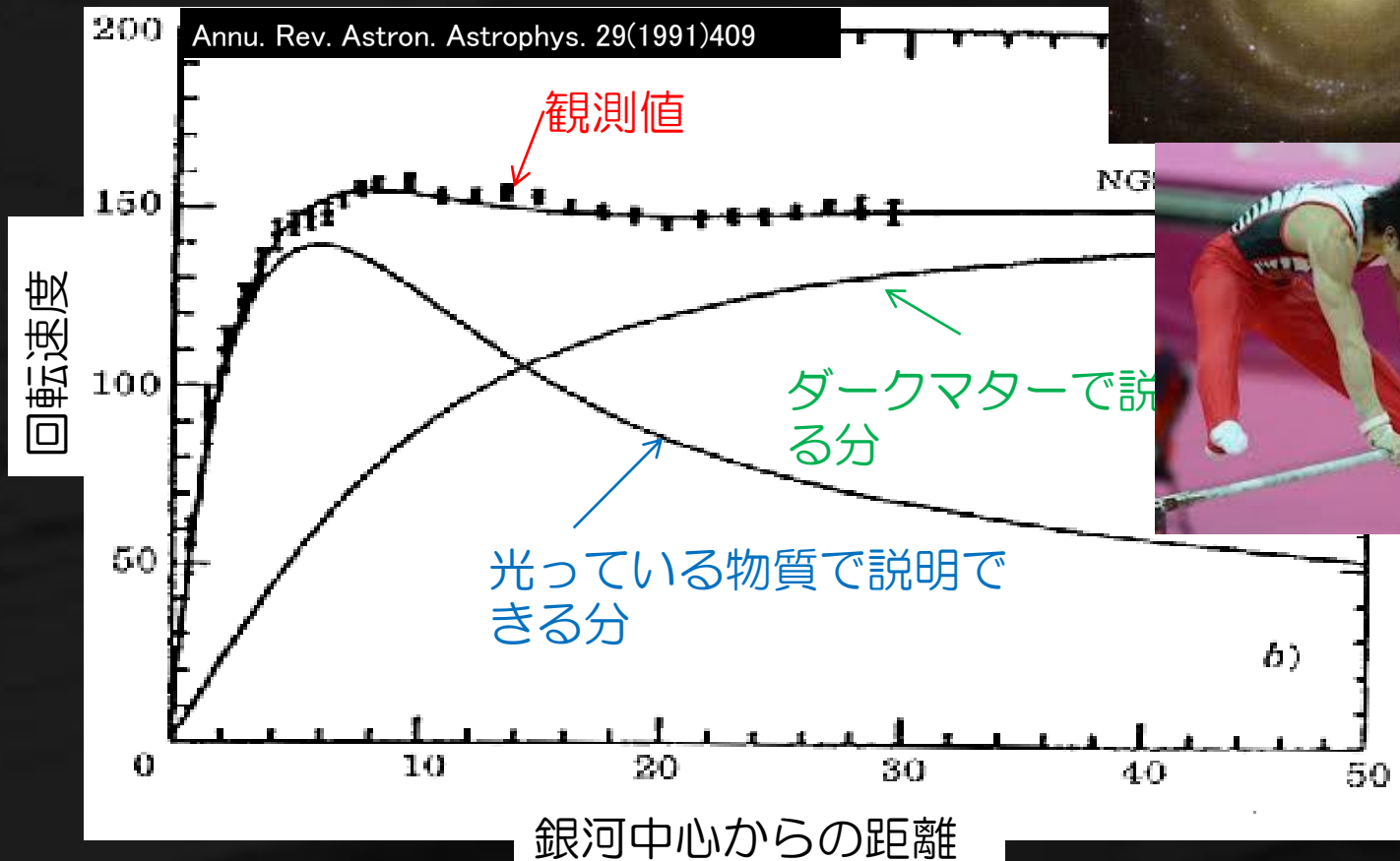
<http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/>

# ダークマター

# ダークマター研究の歴史

## ● 銀河の回転曲線 (1930~)

NGC 4622  
HST • WFPC2  
Hubble  
Heritage



光っている物質のみでは、外周部の速度が説明できない。 ⇒ ダークマター???

Direction Sensitive  
WIMP-search

NEWAGE

# 暗黒物質研究

## ● 遠方銀河の重力レンズ効果 (1990~)



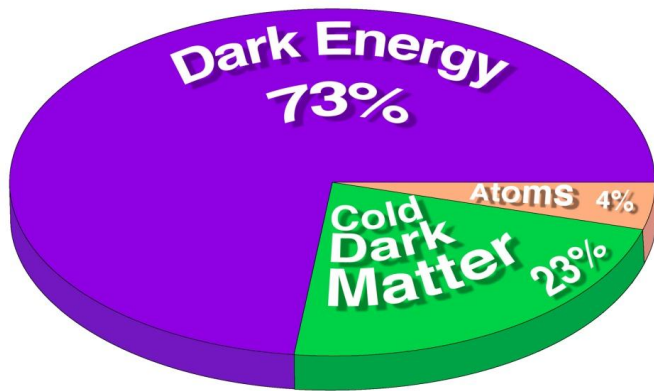
暗黒物質で空間  
がゆがんでいる。

## ● 銀河団の衝突 (2007)

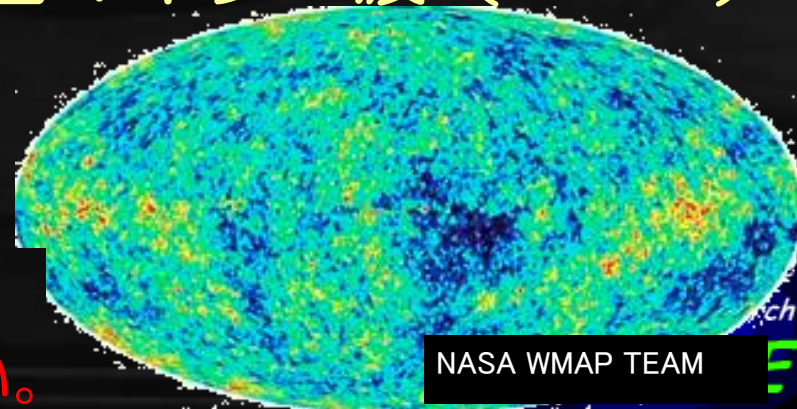
ピンク：通常物質  
青：暗黒物質



## ● 宇宙マイクロ波 (2002~)



暗黒物質がないと  
ムラムラが説明できない。



# 暗黒物質

## ◆ わかっていること

- 質量をもつ物質
- 宇宙の約1/4を占める
- 運動の速度

## ◆ わからないこと

- 何だかわからん。
- 質量
- 「物」との反応の仕方

これをなんとか調べたい。

# 暗黒物質 直接探索実験

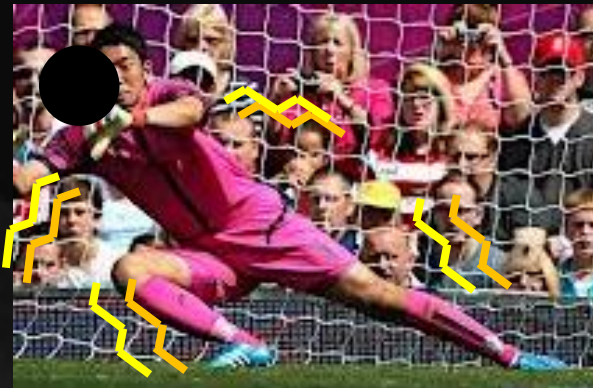
● 「物」に暗黒物質が「当たる」

● 捉え方：

①温度が上がる

②電気が生じる

③光が生じる



「検出器」というものです。



# 暗黒物質探索

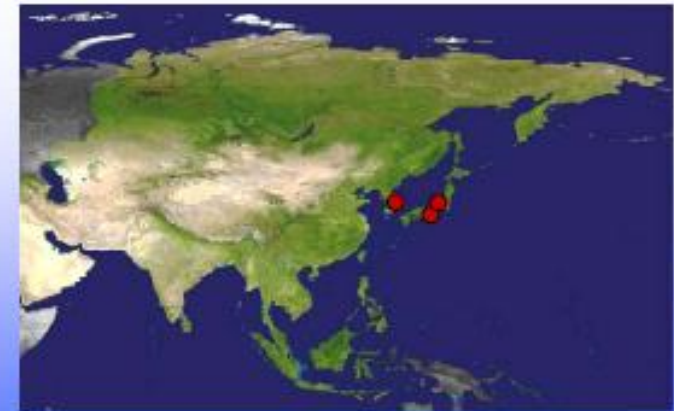
- 宇宙から降り注ぐ「余計なもの」避ける。  
⇒ 地下で実験する。



世界の地下活動

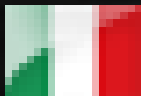


- Snolab (depth ~ 6000 m.w.e.): Picasso, DEAP, CLEAN
- Stanford (depth ~10 m): CDMS I
- Soudan (depth ~ 2000 m.w.e.): CDMS II



Sensitive  
WIMP-search  
AGE

# DAMA/LIBRA



## 250kgのNaI検出器

The new DAMA/LIBRA set-up ~250 kg NaI(Tl)  
(Large sodium Iodide Bulk for RARE processes)

As a result of a second generation R&D for more radiopure NaI(Tl)  
by exploiting new chemical/physical radiopurification techniques  
(all operations involving crystals and PMTs - including photos - in HP Nitrogen atmosphere)



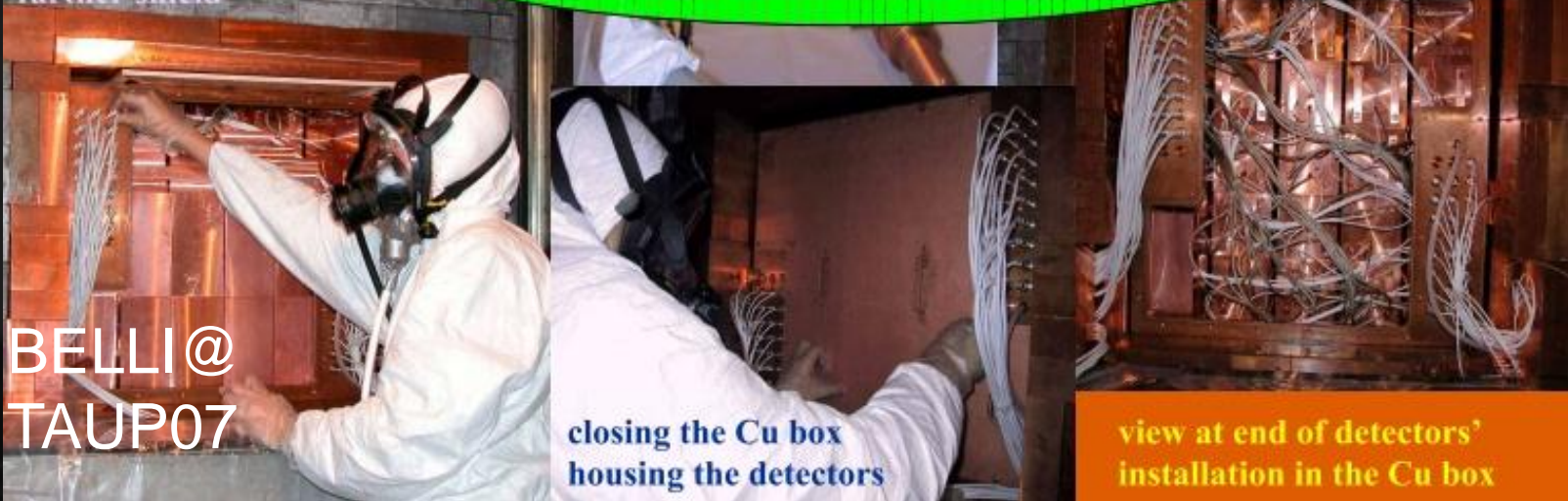
installing DAMA/LIBRA detectors

assembling a DAMA/LIBRA detector

detectors during installation; in the central and right up detectors the new shaped Cu shield surrounding light guides (acting also as optical windows) and PMTs was not yet applied

filling the inner Cu box with further shield

DAMA/LIBRA started operations on March 2003



BELLI@  
TAUP07

closing the Cu box housing the detectors

view at end of detectors' installation in the Cu box

Sensitive  
P-search  
AGE



# XMASSとNEWAGE

日経新聞

(2010年2月14日)

## 日本代表



新 月刊

2010年(平成22年)2月14日(日曜日)

### 神岡鉱山跡で観測準備が進む



XMASS

642本の光センサー

内部に1トンの液体キセノン

(東大の鈴木教授の資料を基に作成)

#### 暗黒物質をとらえる世界の主な装置

検出装置	開発グループ	特徴
XMASS	東大など	キセノンとの反応を検出、従来の100倍の感度
NEWAGE	京大など	フッ素との反応を検出、飛来する方向を検知
XENON100	米コロロンビア大など	キセノンとの反応を検出、高感度が可能
CDMS II	米ミネソタ大など	半導体との反応を検出、感度を上げにくい



多数のセンサーを取り付ける

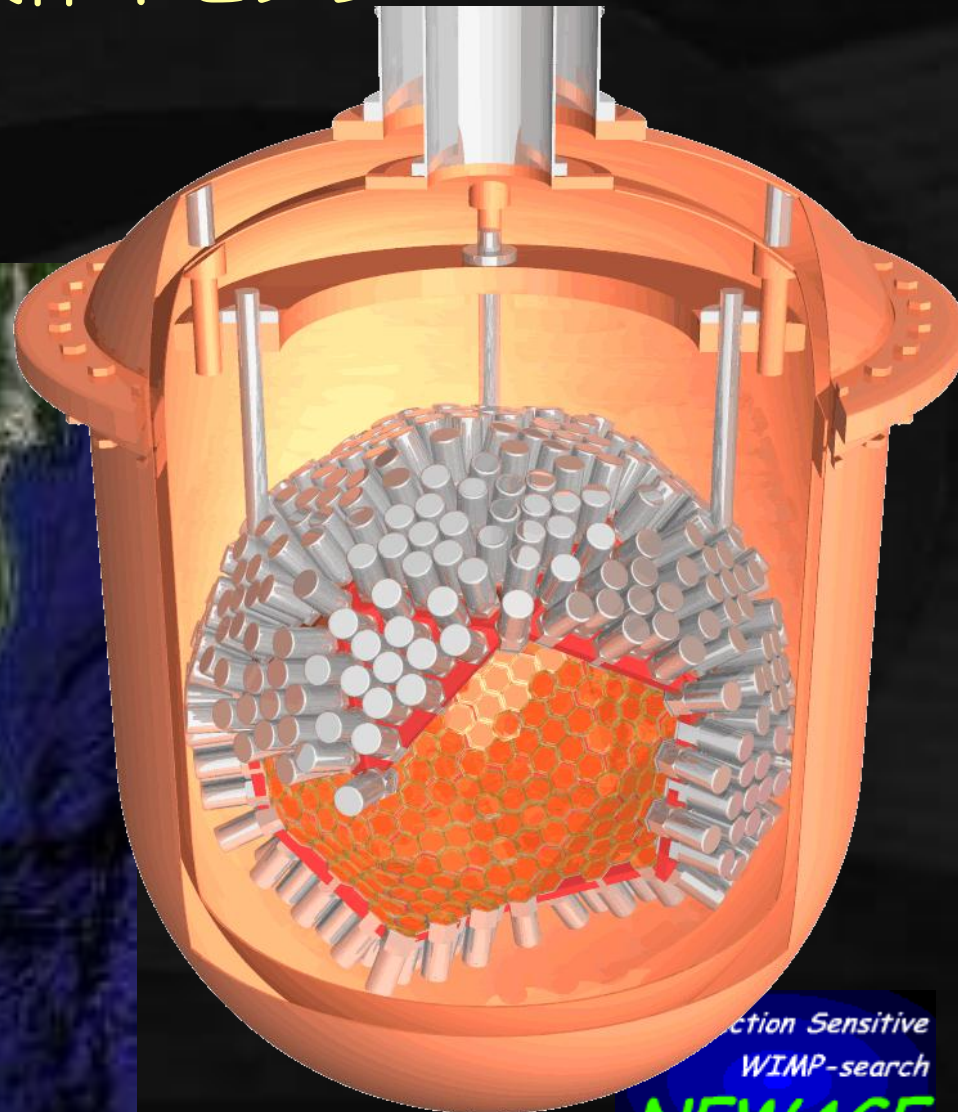
岐阜、富山県境の山深い鉱山跡に先端装置を備え付け、宇宙最大級のなぞに迫る実験が3月に始まる。宇宙の質量の4分の1を占めるとされるものの、いまだに見つかっていない「暗黒物質」の観測に東京大学などの研究チームが挑む。宇宙の誕生や変遷の解明につながるだけに米欧の研究者からも観測一番乗りへのぎを削っており、日本の取り組みに熱い視線を注ぐ。

## ない「暗黒物質」を探せ

1月下旬、雪が積もる岐阜県北部・飛騨市の山あいに進む、かつて亜鉛や鉛を産出した神岡鉱山跡の坑道にたどり着いた。中へは車を数分後、東大宇

# XMASS (神戸大学も貢献)

- 800kg (世界最大) の液体キセノン
- 642本の光センサー
- 神岡地下で試験観測中



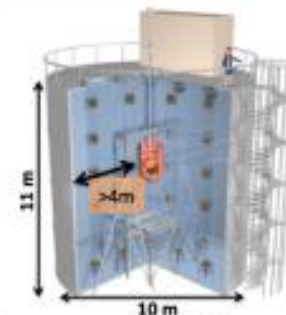
ction Sensitive  
WIMP-search  
**NEWAGE**

# XMASSくみ上げ

## Detector Construction



- 2009.11: PMT holder and PMT installation



- 2010.09: Construction Completed



12/07/25

Y. Suzuki @IDM2012 in Chicago

# NEWAGE (神戸大学・オレ・が中心)

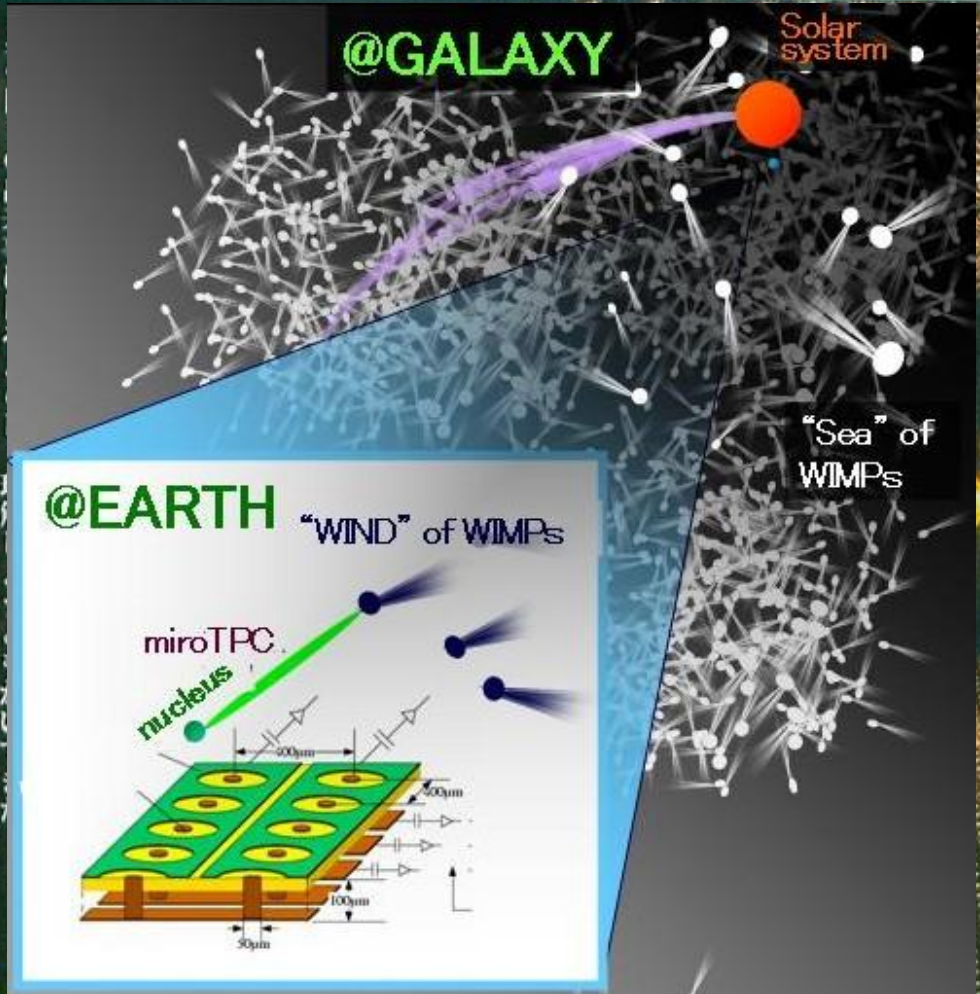
## 暗黒物質検出の決定的証拠を目指す!

山梨日日新聞

2009年(平成21年)1月1日 木曜日



それが科学だ。  
科学は今、新たななぞに立ち向かっている。  
宇宙のほとんどは見えない何かでできていることが分かってきたのだが、その正体分からないのだ。  
岐阜県北部の飛騨市の山の中。  
地下千層の神岡鉱山で、そんな宇宙のなぞを解く実験が進んでいる。



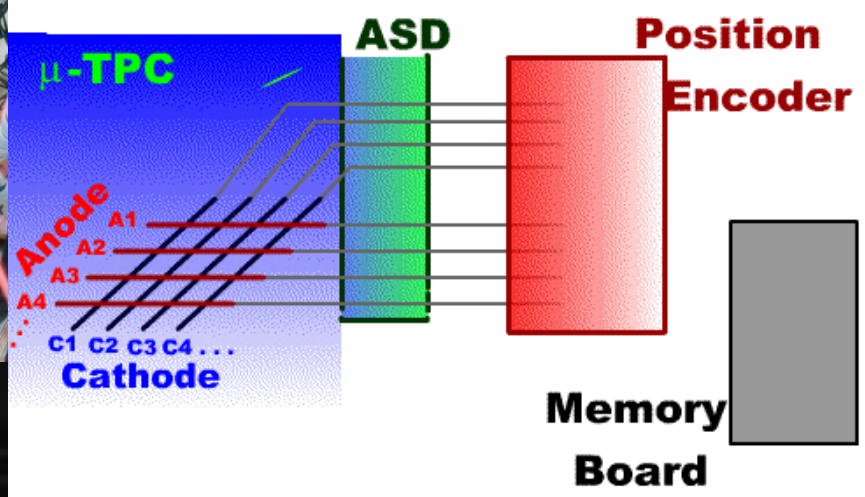
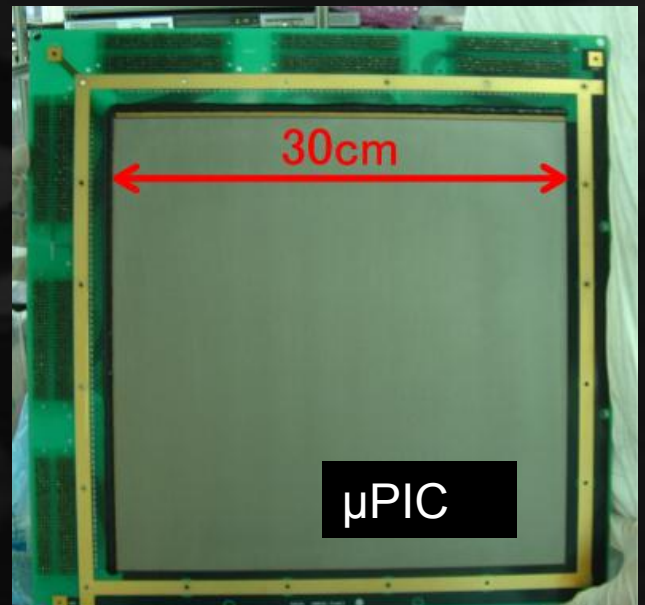
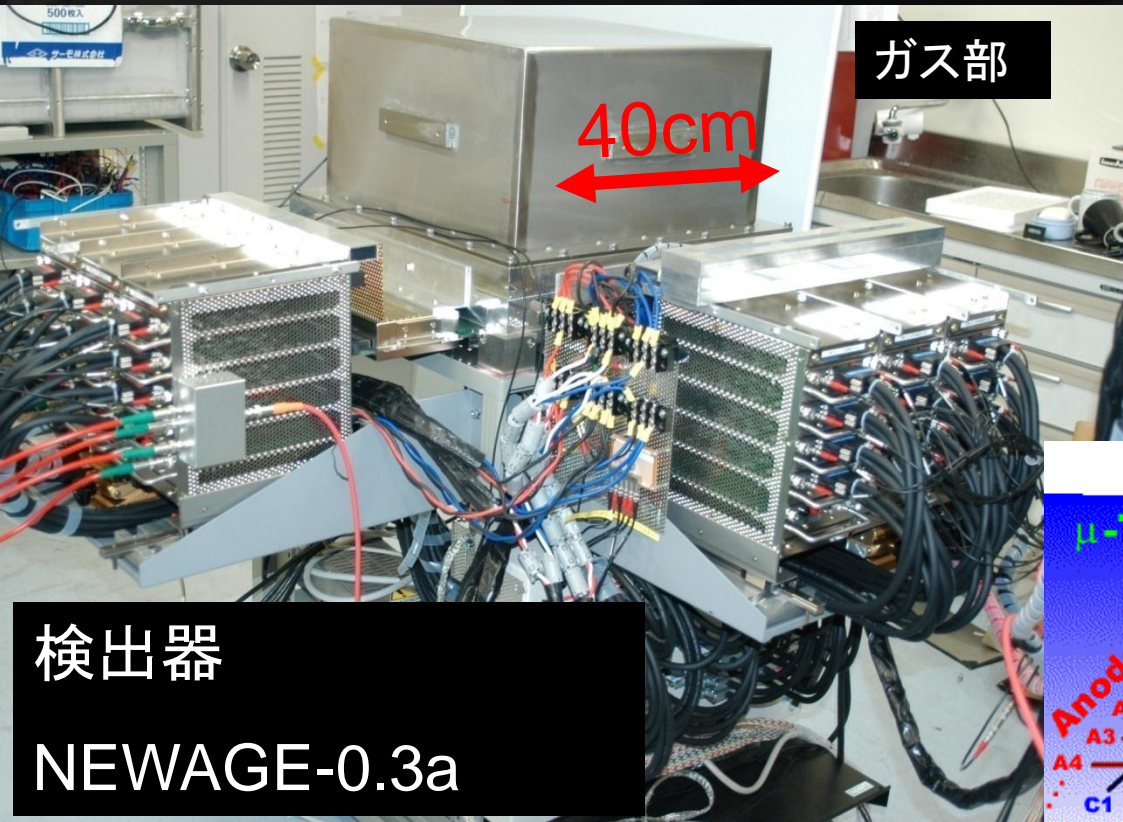
# 「方向性」の重要性



S  
li  
  
som  
fysi  
i  
mä  
R  
för  
fy  
.  
f

# NEWAGE : 詳しく

- 京大で開発した「 $\mu$ PIC」検出器
- 30cm角検出器で地下実験中
- CF4 ガス





# 復習

## ◆ 物理

- 守備範囲は50桁
- クリア後が本番

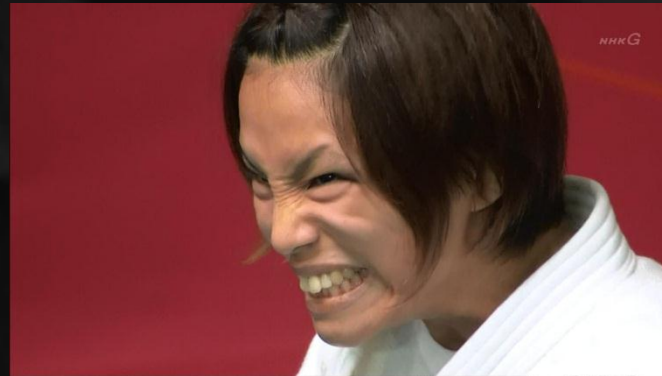


## ◆ HIGGS

- 発見、性質解明に

## ◆ 暗黒物質

- 挑戦中



ありがとうございました。