

# 東大E.S.S.と私

～ヒッグス粒子発見の研究にたずさわって～

2014.7.4

近藤敬比古  
(1967年卒,第21期)

(注:このファイルではビデオ部分が除いてあります)

# 自己紹介 近藤敬比古

- 1944年生れ（現在69才）
- 1963年新潟県長岡高校 → 東大理科一類
- 駒場時代に**E.S.S.**に入る。
- 1967~1973 東大大学院 物理学
- 1973年**ペンシルベニア大学**（フィラデルフィア）
- 1975年フェルミ国立加速器研（シカゴ郊外）
- 1981年高エネルギー物理学研（つくば市）
- 1984-1993: 米国の**SSC計画**に参加 → 中止
- 1993-現在: 欧州CERNの**LHC計画**に参加
- 2012年 **ヒッグス粒子**の発見

**E.S.S.**に入ればペラペラ喋れるようになるだろうと思って入会。



1963.12 戸田合宿



1964.4.8-11 山中湖合宿



1964.7.16-21 信州神城合宿

ディベート  
首相公選論

同期のE.S.S.に入ってきた女性たちは

# 高嶺の花

be a flower on a high peak

be flowers on lofty heights

be out of my league

be far beyond my reach

be an unattainable flower

## 1973年ペンシルベニア大学にポスドク職に就職

- 29歳で初めて外国の地を踏んだ。
- 家族4人(妻と0と3歳の子供連れ)。
- 英語で話す周りのすべての人がみな賢く見えた。
- E.S.S.のディベートは日常生活には役立たず。
- とりわけ電話に出るのが恐ろしかった。
- 大学の工作室では、旋盤工などのおじさん達が英語がたどたどしい私を大変に面白がってfuck, piss, shit, cunt, tits などの4 letter wordをたくさん教えてくれた。

**結局29歳から37歳まで8年間米国滞在した。**

- コーヒータイムやランチで聞く英語は殆どフォローできず、周りの人が笑っているので自分も無理に作り笑いしたことが何度もあった。
- 人の名前を覚えるのに苦労した。名前を聞いてもすぐ忘れてしまう。
- 英語を聞くのが平気になるまで5年かかった。それなりの工夫をした。
  - ランチ時は日本人グループを避ける。
  - 自分の質問を前もって用意して講演を聞く。
  - 単語や人名をまめにメモをして寝る前に整理する。
- 英語が下手で逆にいいことも多くあった。

# ヒッグス粒子発見までの私の30年

2013年12月



## 2013年ノーベル物理学賞受賞



ピーター・ヒッグス(イギリス)



フランソワ・アングレール(ベルギー)

受賞理由： 万物に質量を与える**ヒッグス粒子**の存在を理論的に予言した(1964年)。  
**発見したのはLHCのATLAS/CMS実験！**

ノーベル物理学賞に  
ヒッグス粒子研究者

CERNで研究を行っている

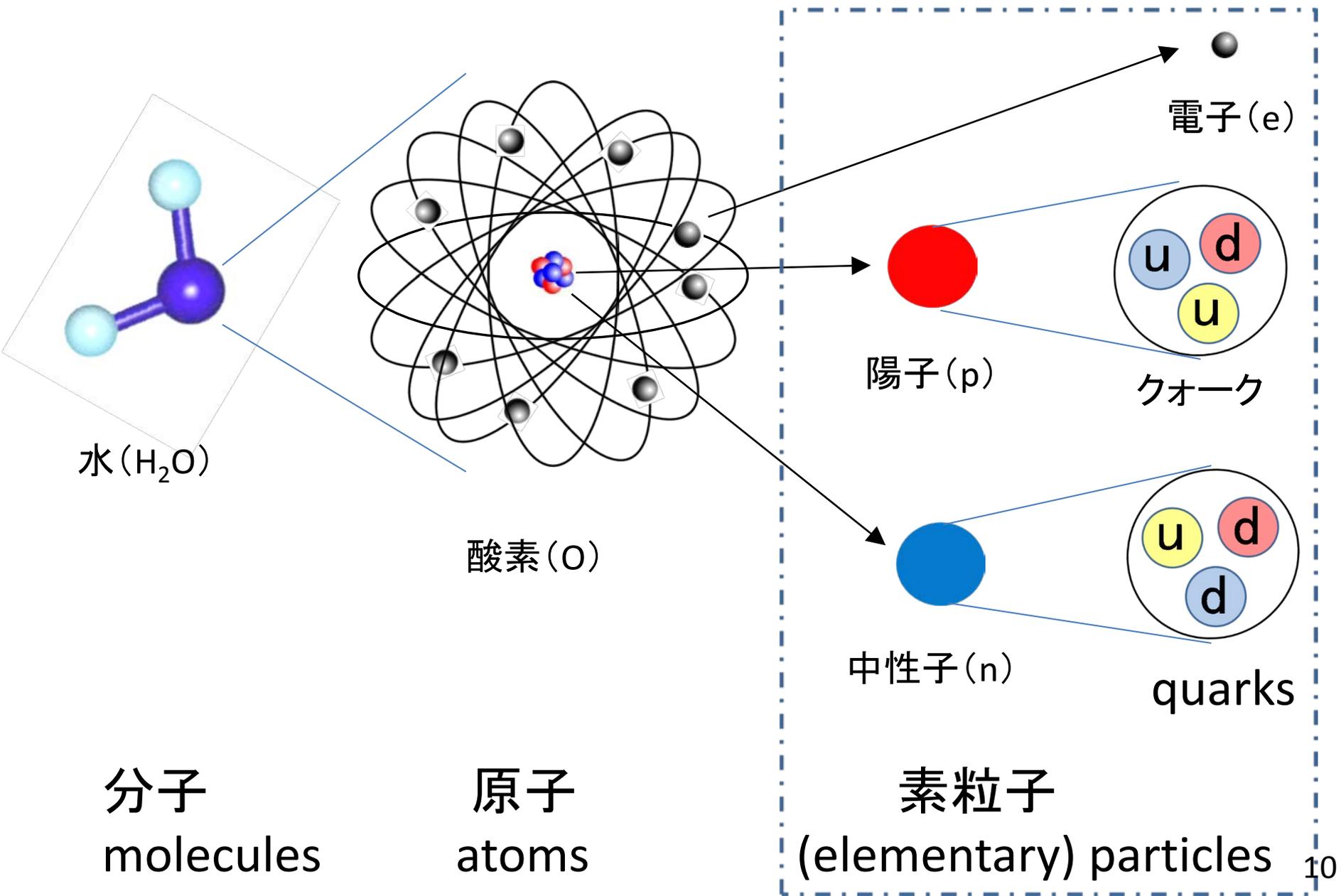
高エネルギー加速器研究機構

近藤敬比古名誉教授

研究者の1人だが  
自分がもらったように喜んでいる

2013.10.9 NHKおはよう日本 より(無断)抜粋

# 物質は何から出来ているか？



# 自然界には4つの力が存在する

**強い力**

>

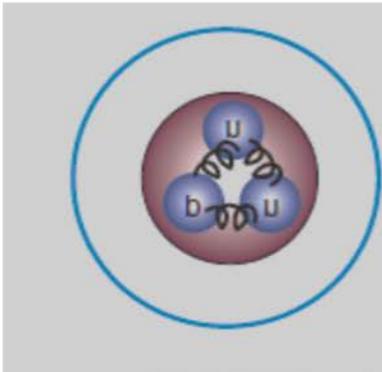
**電磁磁気力**

>

**弱い力**

>>>

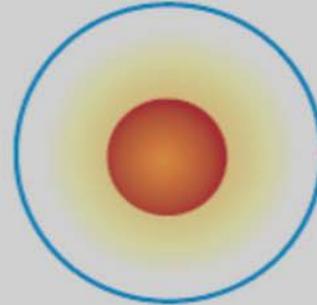
**重力**



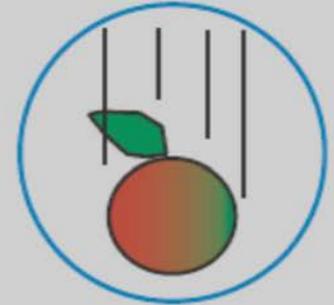
クォーク間に働き陽子を作る



光・原子・分子・  
宝石・携帯電話・  
電波・雷・テレビ..



太陽/星・放射能  
.....



落下りんご  
月・太陽・  
星...体重

## 力を伝える粒子

**グルーオン**

質量 = 0

理論通り

**光**

質量 = 0

理論通り

**W粒子, Z粒子**

陽子の100倍

これが質量の問題

**(グラビトン)**

(質量 = 0)

# 太陽



## 核融合反応 nuclear fusion

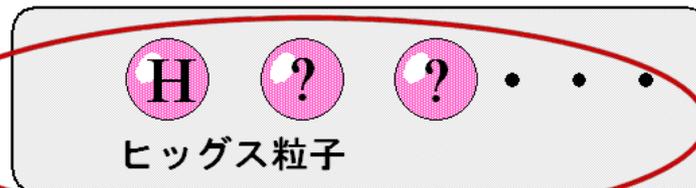


これは弱い力による

# 現代の周期律表: 標準模型(Standard Model)

物質粒子				力を伝える粒子	
	第1世代	第2世代	第3世代		
クォーク	<b>u</b> アップ	<b>c</b> チャーム	<b>t</b> トップ	強い相互作用	$m_g=0$  $m_\gamma=0$  $m_W=80 \text{ GeV}$ $m_Z=91 \text{ GeV}$
	<b>d</b> ダウン	<b>s</b> ストレンジ	<b>b</b> ボトム	グルーオン	
レプトン	<b><math>\nu_e</math></b> 電子ニュートリノ	<b><math>\nu_\mu</math></b> $\mu$ ニュートリノ	<b><math>\nu_\tau</math></b> $\tau$ ニュートリノ	電磁相互作用	
	<b>e</b> 電子	<b><math>\mu</math></b> ミューオン	<b><math>\tau</math></b> タウ	光子	
				弱い相互作用	
				<b>W<sup>+</sup></b> <b>W<sup>-</sup></b> <b>Z</b>	
				Wボゾン Zボゾン	

ヒッグス場に伴う粒子



ヒッグス粒子のみ未発見だった。

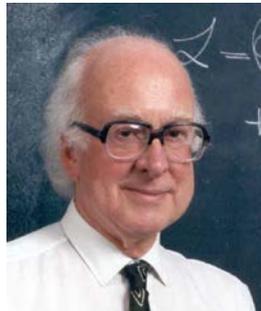
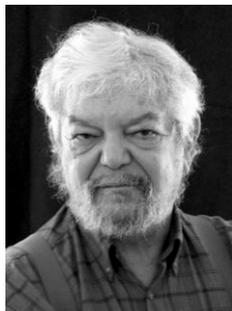
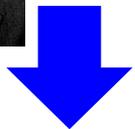


2008

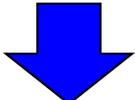


自発的対称性の破れ  
(1959)

南部陽一郎



R.ブロウト F.アングレール, P.ヒッグス  
ヒッグスメカニズムの提案(1964)



S.ワインバーグ A.サラム  
電弱理論の提案(1967)

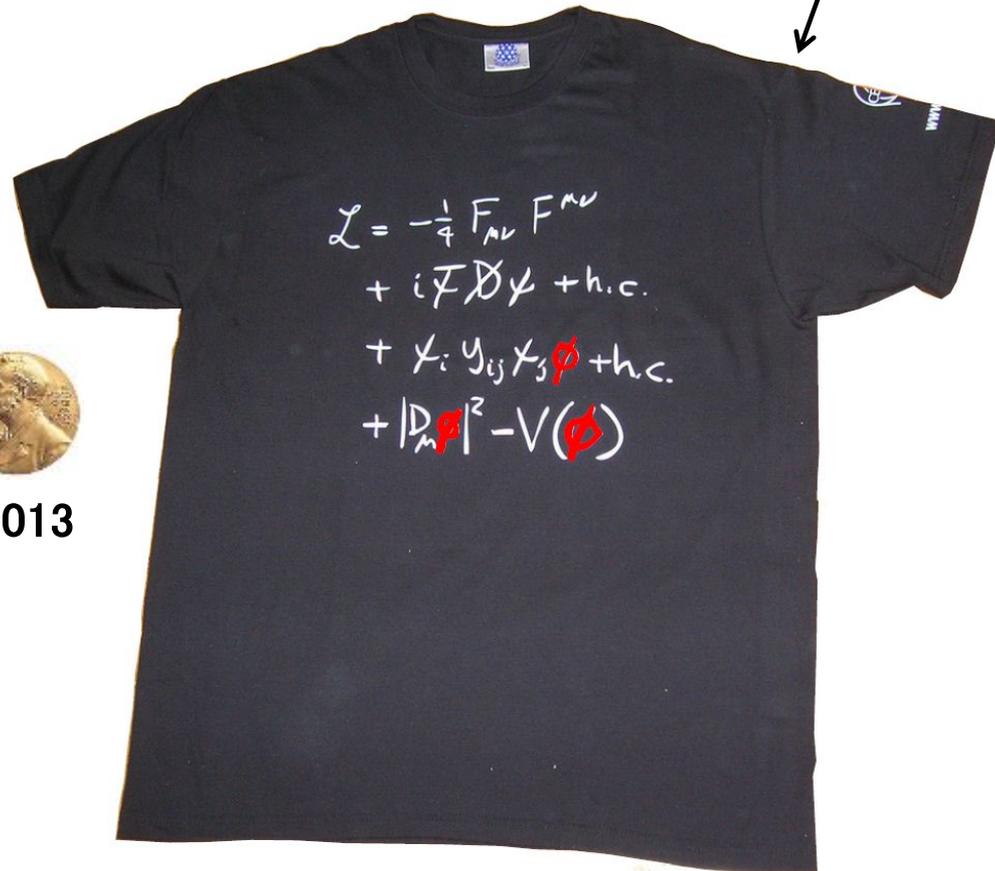


1979



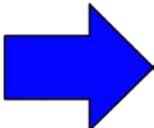
2013

CERNのT-shirt  
(お土産グッズ)



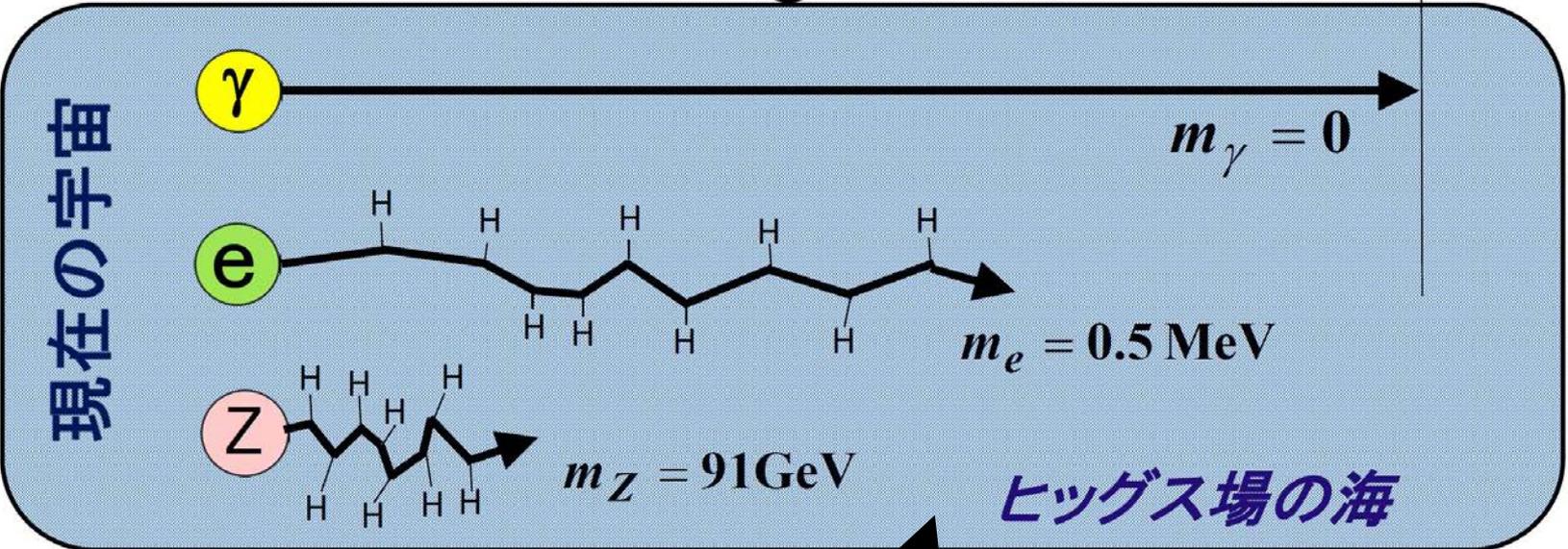
標準理論の方程式

ヒッグス場(赤い部分)がないと  
素粒子が質量を持ってない。





相転移



ヒッグス場があればヒッグス粒子が最低1個あるはず

1970年代：**標準模型**が実験で証明された。



**ヒッグス粒子**が存在なくてはならない。  
その発見は素粒子物理学の最重要課題。



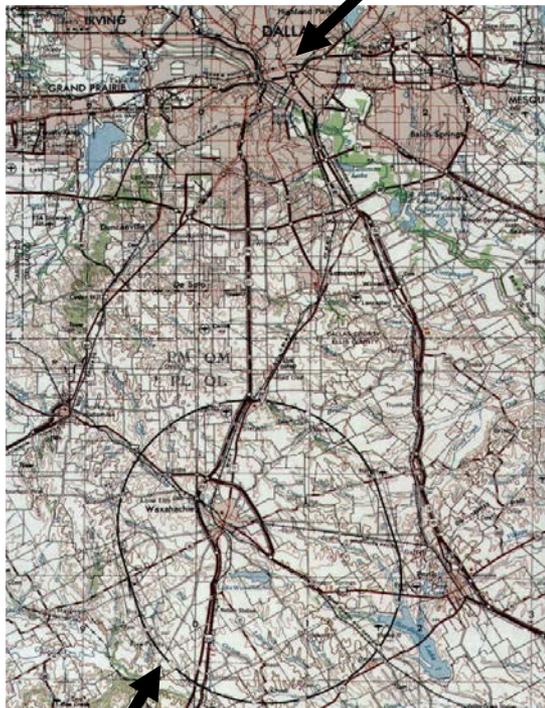
ヒッグス粒子の発見こそ最も根源的であり、自分の  
研究者人生を賭けるに値する、と考えた。

(**39歳：不惑 - 1**)



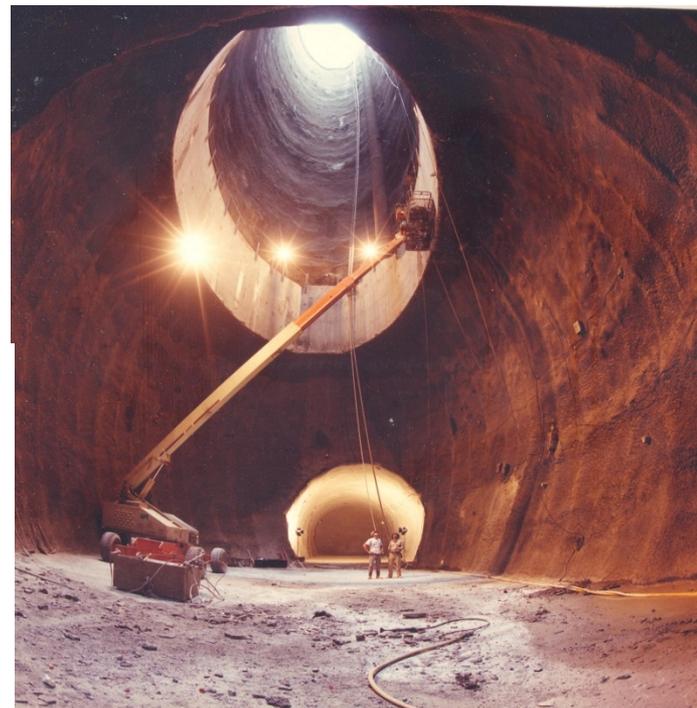
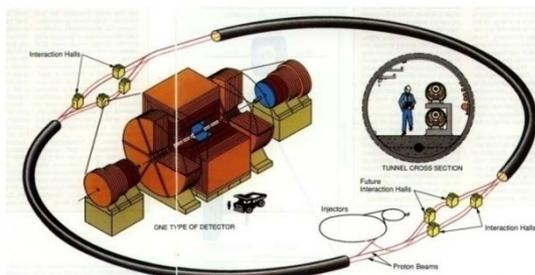
しかし発見は一人や数人では無理。  
山手線級の巨大加速器が必要。

ダラス市



# SSC 計画

米国テキサス州



SSC加速器トンネル

周長 87 kmのうち20km以上が掘削された。

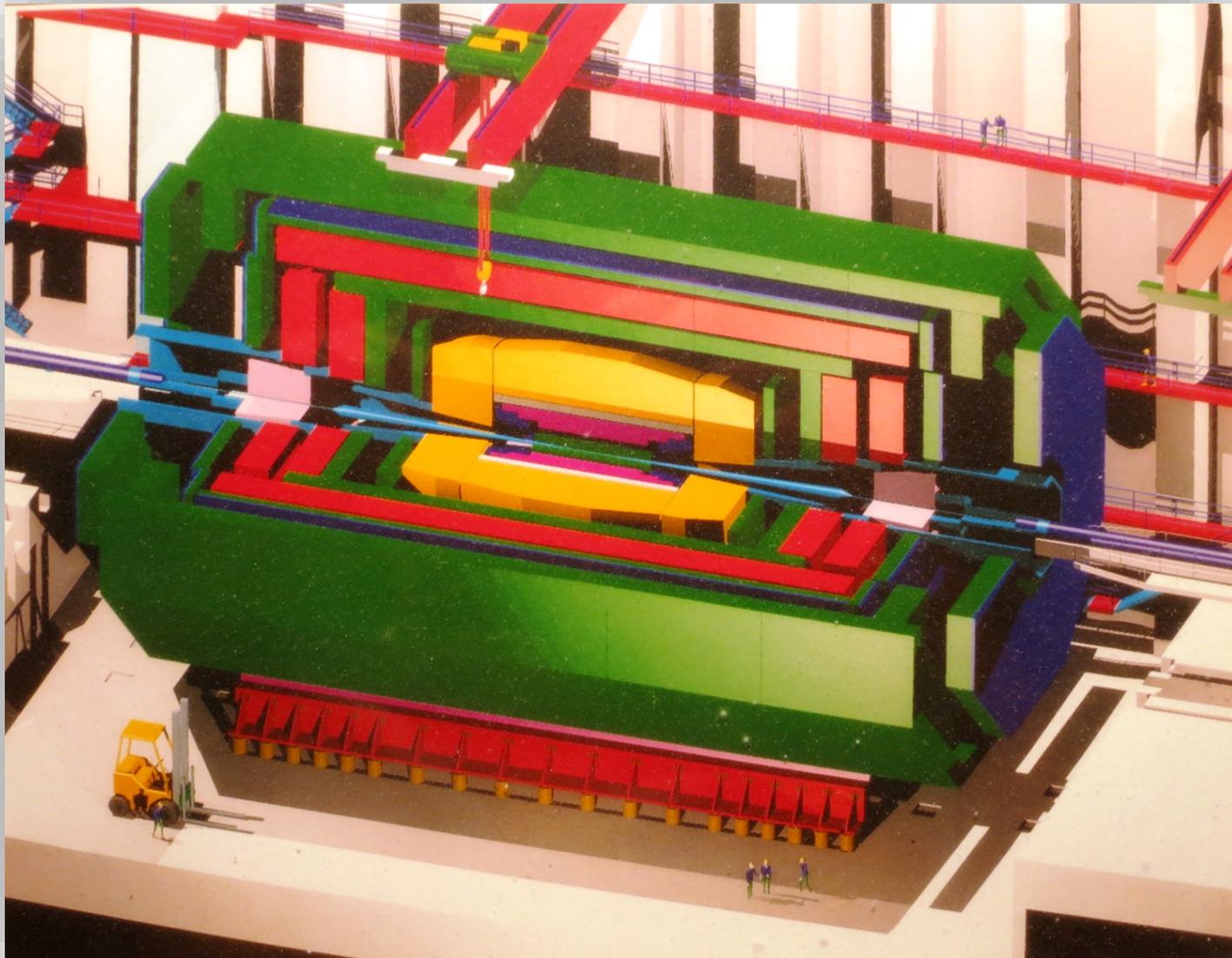
- 陽子エネルギー:  $20 + 20 = 40$  TeV (兆電子ボルト)
- 建設コスト 4千億 → 1.2 兆円以上
- 1989年より建設開始。
- 日本チームも参加し、実験装置の設計や開発を行った。
- 1993年10月 SSCの建設中止。

1993

SDC Collaboration meeting at KEK Japan, May 1993



SDC実験グループ会合@つくば市



日米の共同グループで設計した実験装置





日本国内ではSSC計画参加を目指す私は孤立した:

## 四面楚歌

be forsaken by everybody

be amidst enemies

be surrounded by hostile faces

have the whole world against

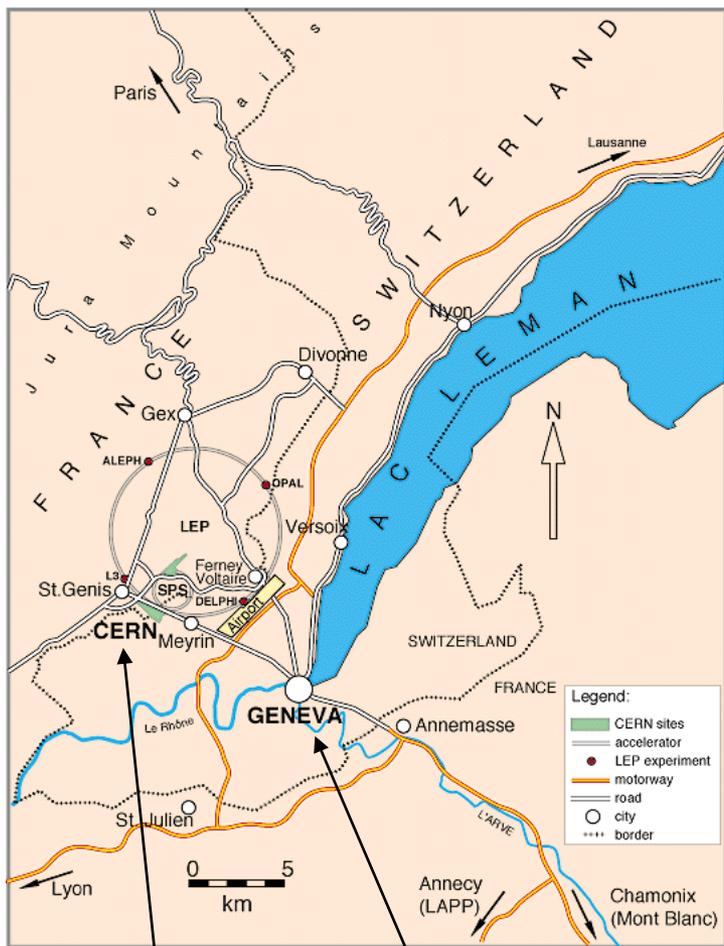
# 1993年10月 SSC計画中止



⇒ ⇒ 私(48歳)も「物理難民」の一人になった。

セルン

# CERN (欧州合同原子核研究機構)



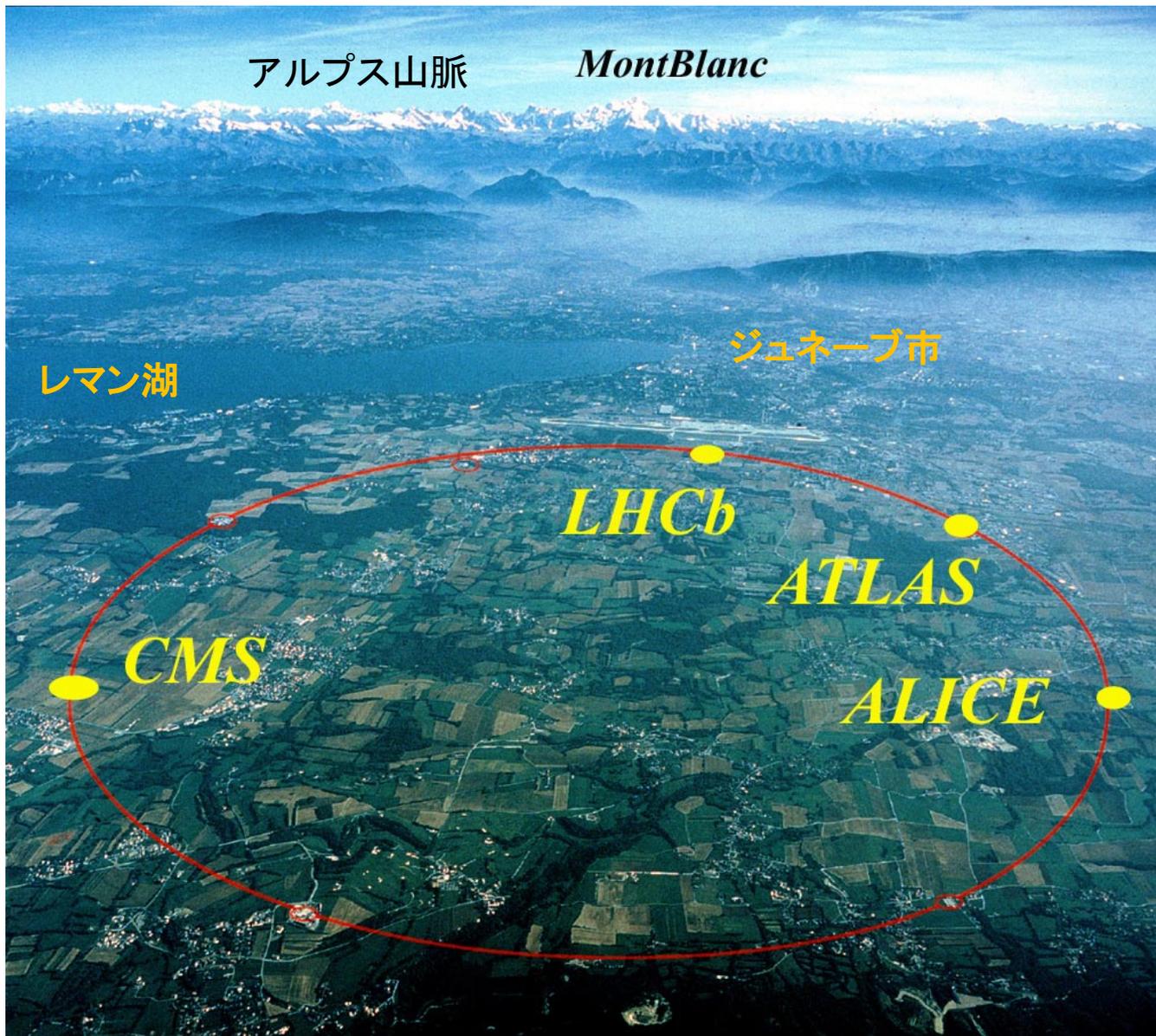
**CERN**

ジュネーブ



- ・設立: 1954年
- ・加盟国: 欧州21カ国
- ・スタッフ: 約2,500人
- ・ユーザー数: 10,500人
- ・年間予算: 1,000億円
- ・**WWW** の発祥地(1990年)

# LHC ( Large Hadron<sup>(\*)</sup> Collider ) 加速器



周長 26.6 km

主な実験装置

ATLAS

CMS

ALICE

LHCb

計画承認 : 1994年

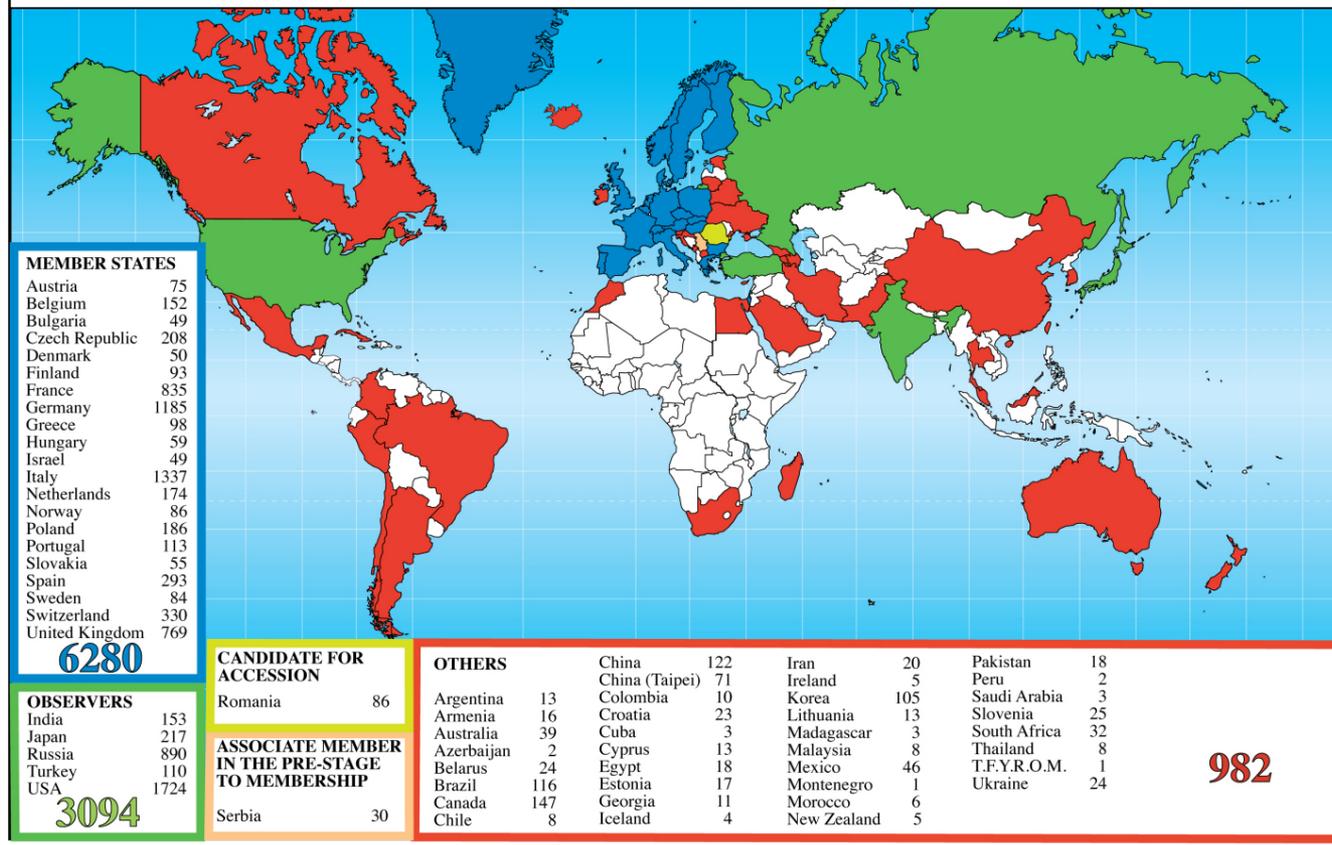
建設完成 : 2008年

建設費 ~ 1兆円

(\*) Hadron(ハドロン)は陽子やパイオンや原子核など強い力を持つ粒子の総称

# CERNを利用するユーザーの国別分布（2014年1月14日現在）

## Distribution of All CERN Users by Location of Institute on 14 January 2014



64カ国から  
10472名

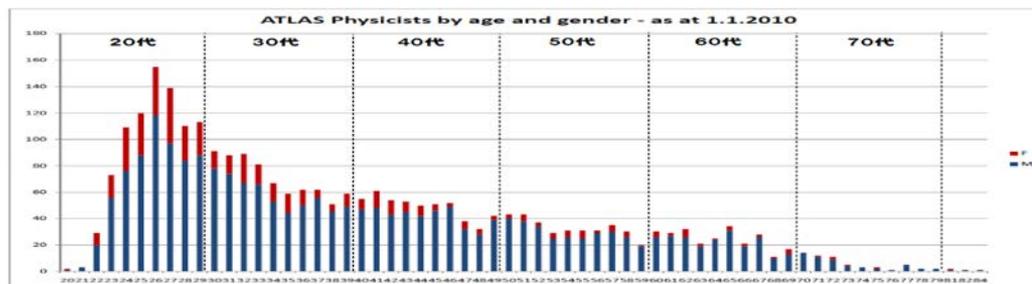
加盟国：62%

オブザーバー国：  
30%（日本2.1%）

国別順では

- アメリカ 1724名
- イタリア 1337名
- ドイツ 1185名
- ロシア 890名
- フランス 835名
- イギリス 769名

日本 217名



20歳代

60歳代

← 男女別年齢分布



与謝野馨文部大臣

ダルマ

CERN DG  
Chris Llewellyn Smith

**1995年6月23日** に日本によるLHC建設協力を表明。

1995年6月 50億円

1996年12月 38.6億円

1998年5月 50億円

} 総計138.5億円 (全体の3%)

### 超伝導ケーブル



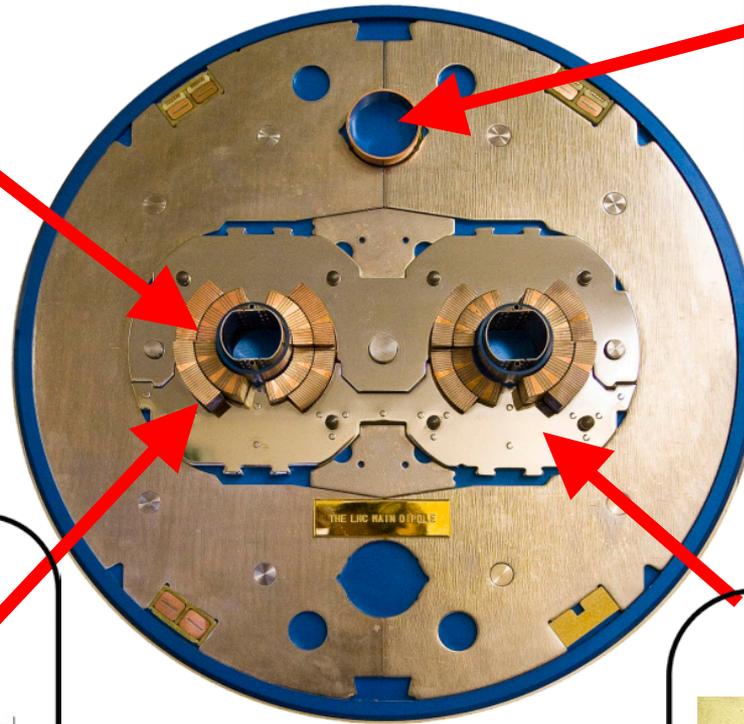
古河電気工業

### コールドコンプレッサ



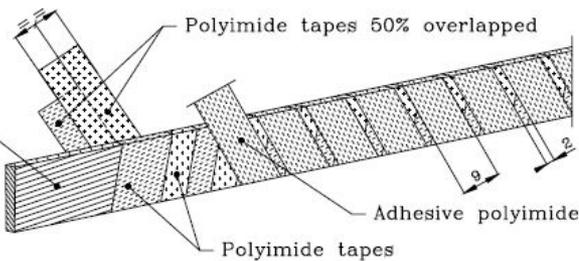
I H I

## 超伝導ダイポール電磁石



温度  
1.9 K

### ポリイミド絶縁テープ (58.5, 68.6 μm厚)



カネカ

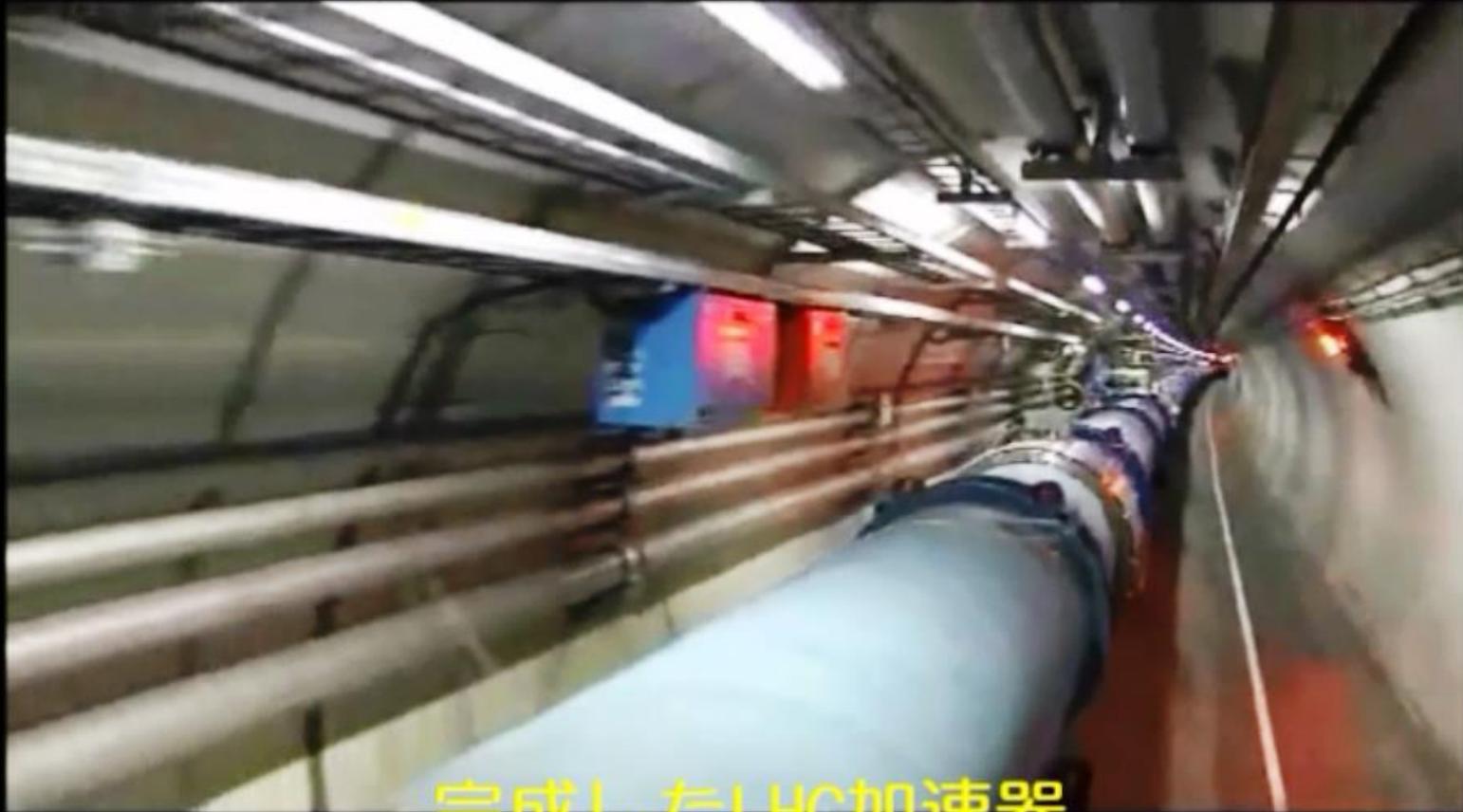
### 非磁性鋼



新日本製鐵、川崎製鐵

日本政府による  
LHC建設協力資金  
のお蔭で参入できた。

# LHC加速器



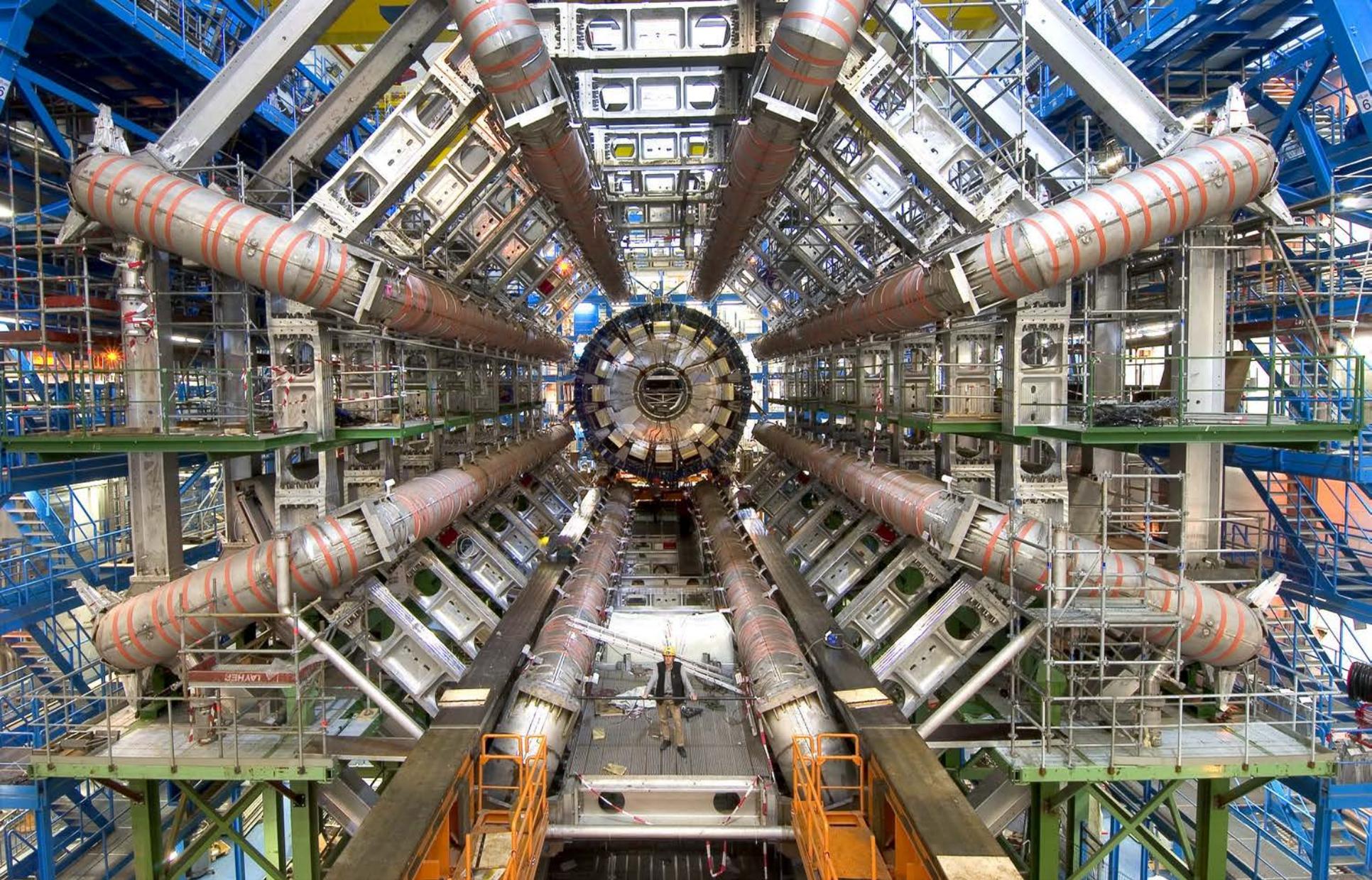
完成したLHC加速器

ここに以下を貼り付ける:

<http://atlas.kek.jp/sub/video/LHCMagnetAndBeam.mov>

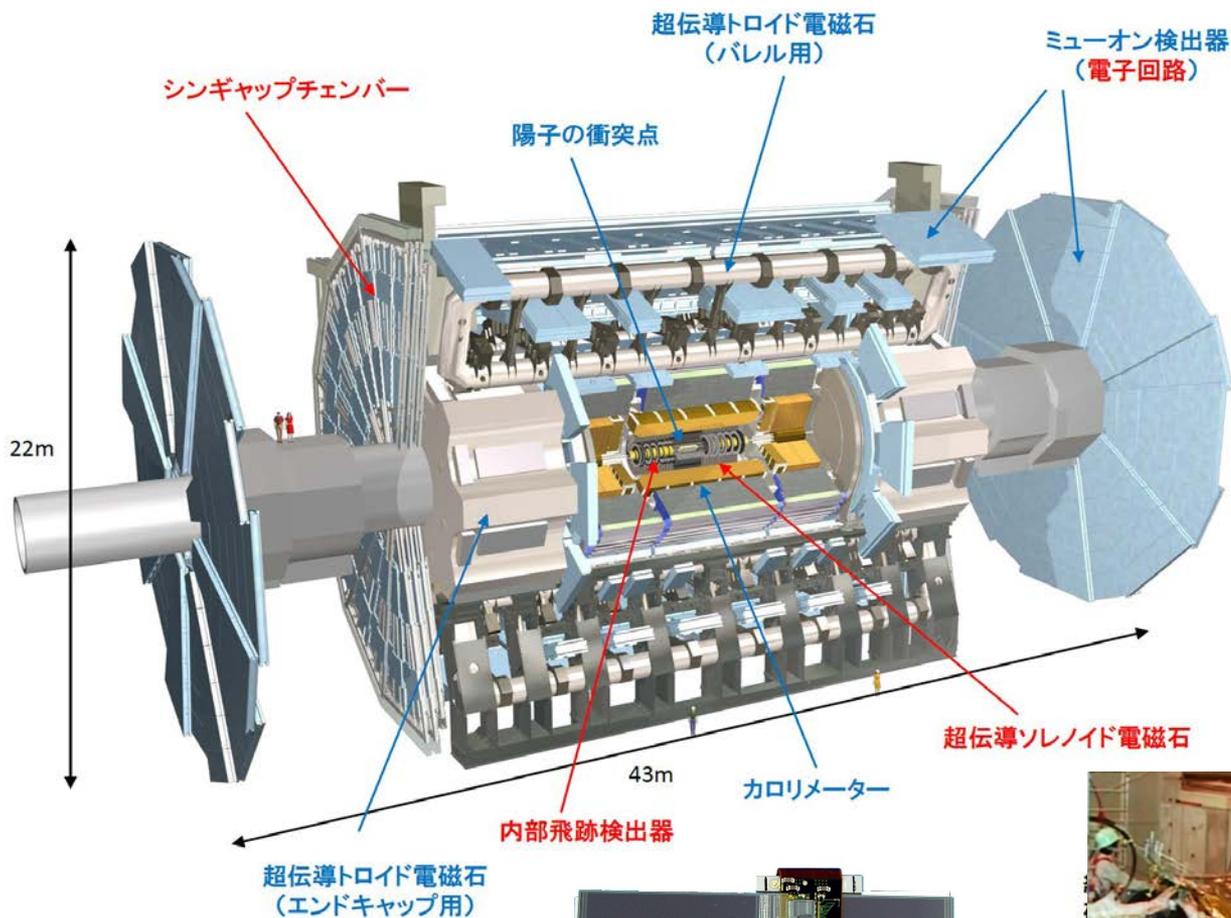


**野田聖子** 科学技術特命担当大臣(当時)による視察  
2009年5月3日 @Point-1



**アトラス実験装置** (2005年11月建設中)

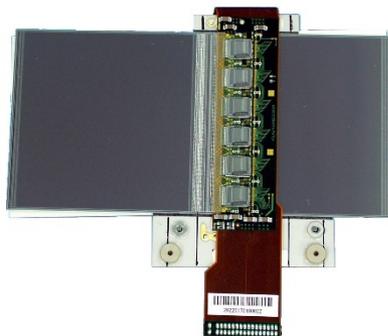
# アトラス実験装置



トリガーワイヤーチェンバー



超伝導ソレノイド電磁石



シリコン検出器

赤は日本の分担部を示す

総重量 7000トン  
研究者数 ~3000  
総工費 ~500億円  
日本の分担 ~7%



2009年11月20日 LHC故障後はじめてビームが復帰した瞬間の感激  
活気がある ! 目が輝いている !

3年後:2012年7月4日 CERNはヒッグス粒子(らしきもの)を観測したと発表



and the rest of the community following live  
from physics institutes all over the world.

ここに以下を貼り付ける。

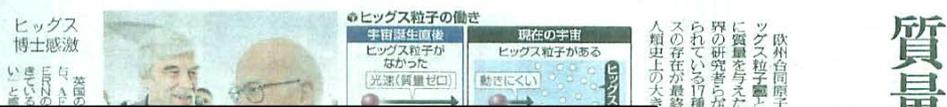
[http://atlas.kek.jp/sub/video/CERN-MOVIE-2012-110\\_digest.mov](http://atlas.kek.jp/sub/video/CERN-MOVIE-2012-110_digest.mov)

(<http://cdsweb.cern.ch/record/1462525> より)

# 2012年7月4日 ヒッグス粒子発見の発表 各新聞がトップ記事として伝えた

日設立 2 政治 4 国際 7  
 国の責任 2 経済 8 小説 19  
 申請 8 気流 11 解説 13 文化 21  
 印刷 39 家庭 18 19 教育 26  
 郵政 39 スポーツ 23 24 25  
 刊行 39 高知 朝・朝日 14 15

## 「ヒッグス粒子」発見



ヒッグス博士感激... ヒッグス粒子の働き... 非田博士直後 ヒッグス粒子がなかった... 現在の宇宙 ヒッグス粒子がある... 光速(質量ゼロ)... 動きにくい...

### 質量の源 探索40年

#### 「標準理論」を証明

欧州合同原子核研究機関(CERN、スイス・ジュネーブ近郊)は4日、「ヒッグス粒子」が発見されたと発表した。ヒッグス粒子は、物質に質量を与えたとされ、宇宙の成り立ちを説明するうえで欠かれない素粒子。世界の研究者らが40年以上探し続けてきたが、現代物理学の「標準理論」で考えられている17種類の素粒子のうち、唯一見つからなかった。年内にはヒッグス粒子の存在が最終確認される見通し。標準理論の正しさが揺るがないものとなり、人類史上の大発見と見られる。

2012年(平成24年) 7月5日 木曜日

天気 6 9 12 15 16 21時

水戸	10	29
宇都宮	40	29
前橋	30	29
群馬	30	29
千葉	50	29
東京	40	29
横浜	20	29
甲府	0	29
静岡	0	29

朝日新聞東京本社  
 〒104-8011 東京都中央区東船場5-3-2 電話(03)3545-0131 www.4j.com

# ヒッグス粒子が発見

万物に質量(重さ)を与えると考えられてきた「ヒッグス粒子」とみられる新粒子を発見した。スイス・ジュネーブ近郊にある欧州合同原子核研究機関(CERN)が4日、発表した。素粒子物理学の基礎となる「標準理論」の中で唯一見つからなかった素粒子が、物質が質量を獲得し、宇宙がどのようにして現在の姿に至ったかを説明する意味がある。

## 万物の重さの源

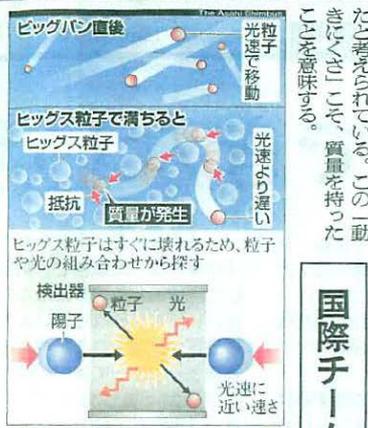
国際チーム発表

▼3面▶研究者数千人が参加  
 ヒッグス粒子は、137億年前の「ビッグバン」によって宇宙が誕生した直後に、光速で飛び回る素粒子に対して水あめのように作用して、動きにくくしたと考えられている。この「動きにくさ」が、質量を持った

今回の成果では、CMS、ATLAS共に、実験によって未知の新粒子が生まれた確率が99.9999%とはじきた。この確度であれば物理的に「発見」と認定できる。だが、新粒子がヒッグス粒子であることを突き止めるには、今後データを積み重ねて発見を確定する見通しだ。

CERNのロルフ・ホイヤー所長は、ヒッグス粒子とみられる粒子の発見について、「歴史的瞬間だが、これからの様々な発見のための始まりに過ぎない」という見解を発表した。

CERNの発表会場には、約40年前にヒッグス粒子の存在を予測した英エディンバラ大学のピーター・ヒッグスが名誉教授(83)も招かれ、拍手が祝福された。



「標準理論」物質を構成する力として、素粒子や自然界の力を、きわめて正確に説明した理論。①物質はクォークや電子などの素粒子で出来ている。②素粒子間で働く力を担う粒子がある。③ヒッグス粒子が質量の起源である。④1963年、日本から発見された。

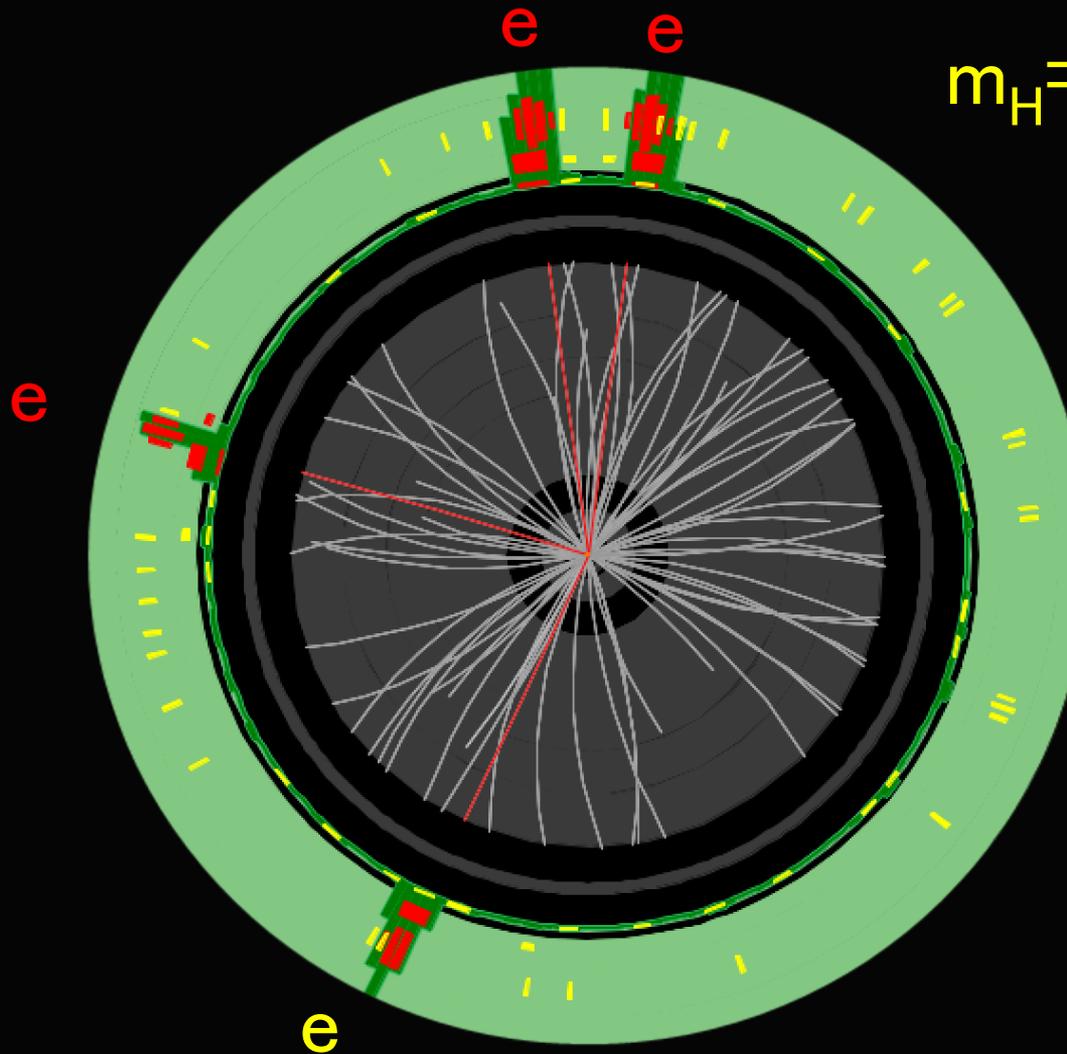
「大学の学力調査」 27 / 30面

新しい高年齢者マンション SunCi  
 もう半世紀すぞや 0120-66-2526 (株)ハーフ・センチュリ

オピニオン・社説・声 14.1  
 ■社説 年金の代行廃止を／消費税転嫁の  
 ■対話なき政治 平田オリザ氏が語る「

原発 福島第二に人とカネ  
 事故が起きた東京電力福島第一原発にも  
 第二原発。再び動く見通しはないにも

$m_H = 124.6 \text{ GeV}$



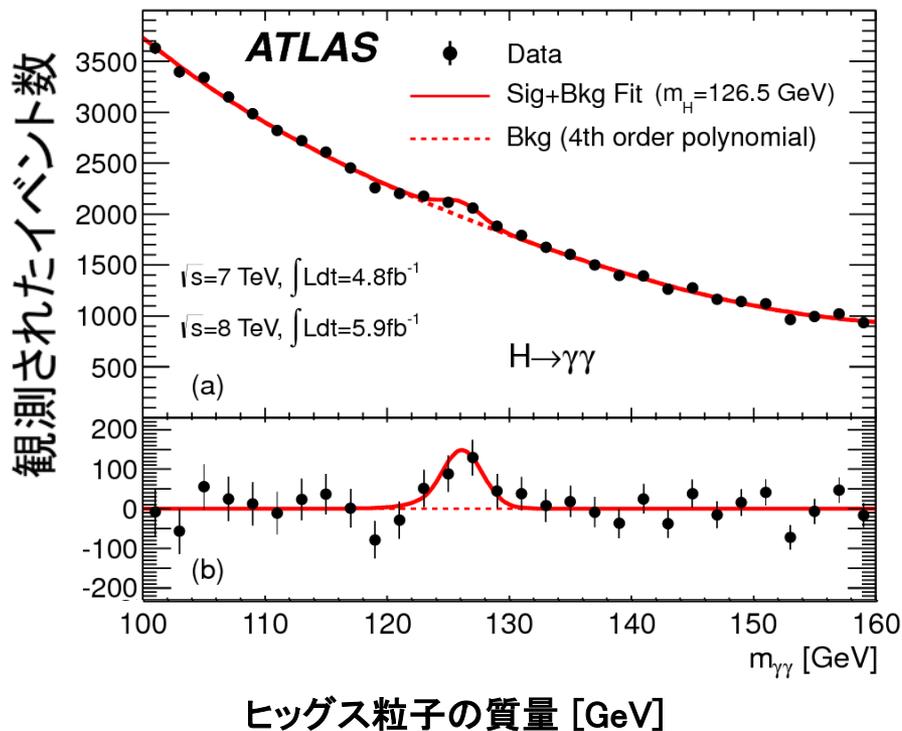
$H \rightarrow ZZ \rightarrow e^+ e^- e^+ e^-$  の候補事象

EventNumber: 82614360

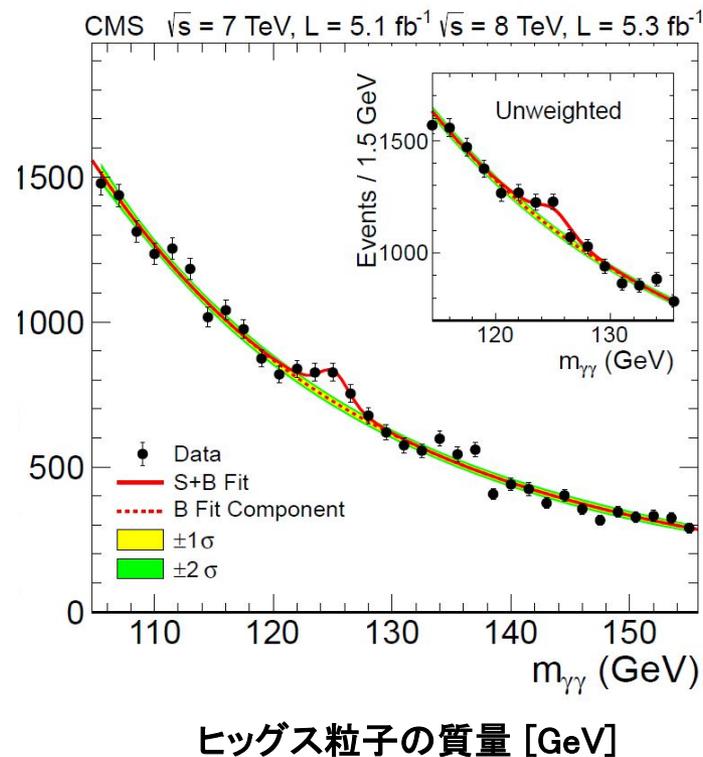
2012年5月18日20:28:11 CEST

# ヒッグス粒子さがしの現状

## アトラス実験チームの結果



## CMS実験チームの結果



[公式発表] 2つの実験チームはヒッグス粒子とみられる新粒子を質量125~126 GeV付近に観測した。

# 本文

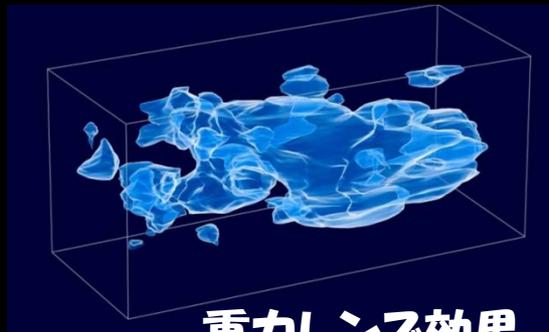
# 著者名

(約3000名,日本人約110名)

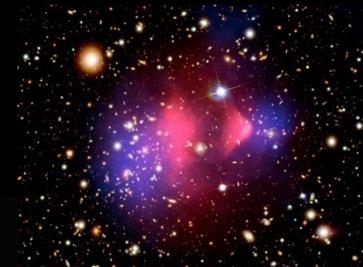
ヒッグス粒子発見  
のアトラス論文



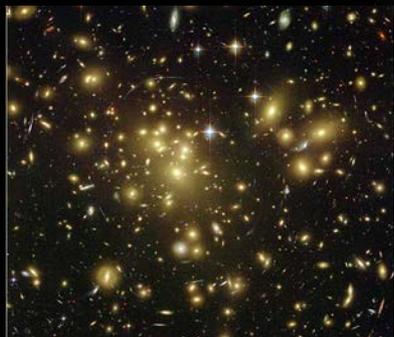
銀河の回転速度



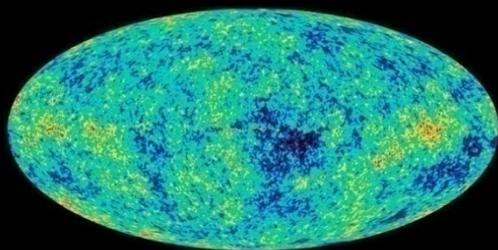
重力レンズ効果



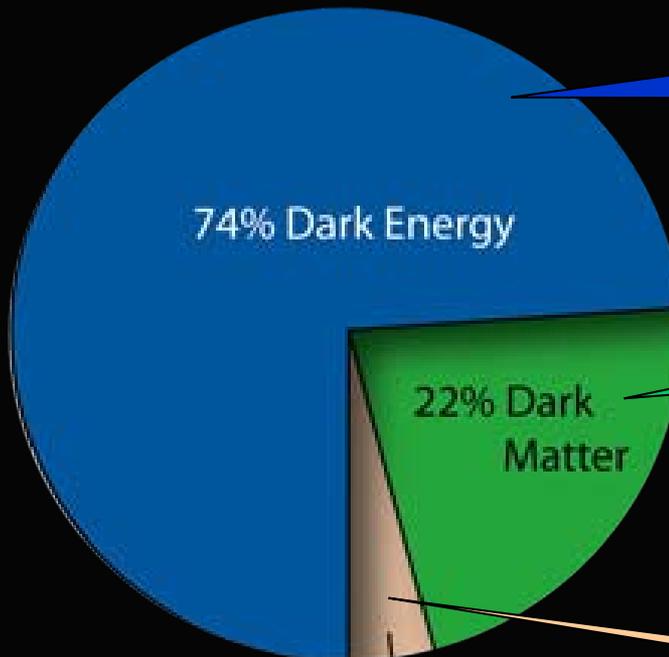
銀河クラスターの衝突



銀河クラスターの運動



3° K宇宙背景輻射



暗黒エネルギー

暗黒物質

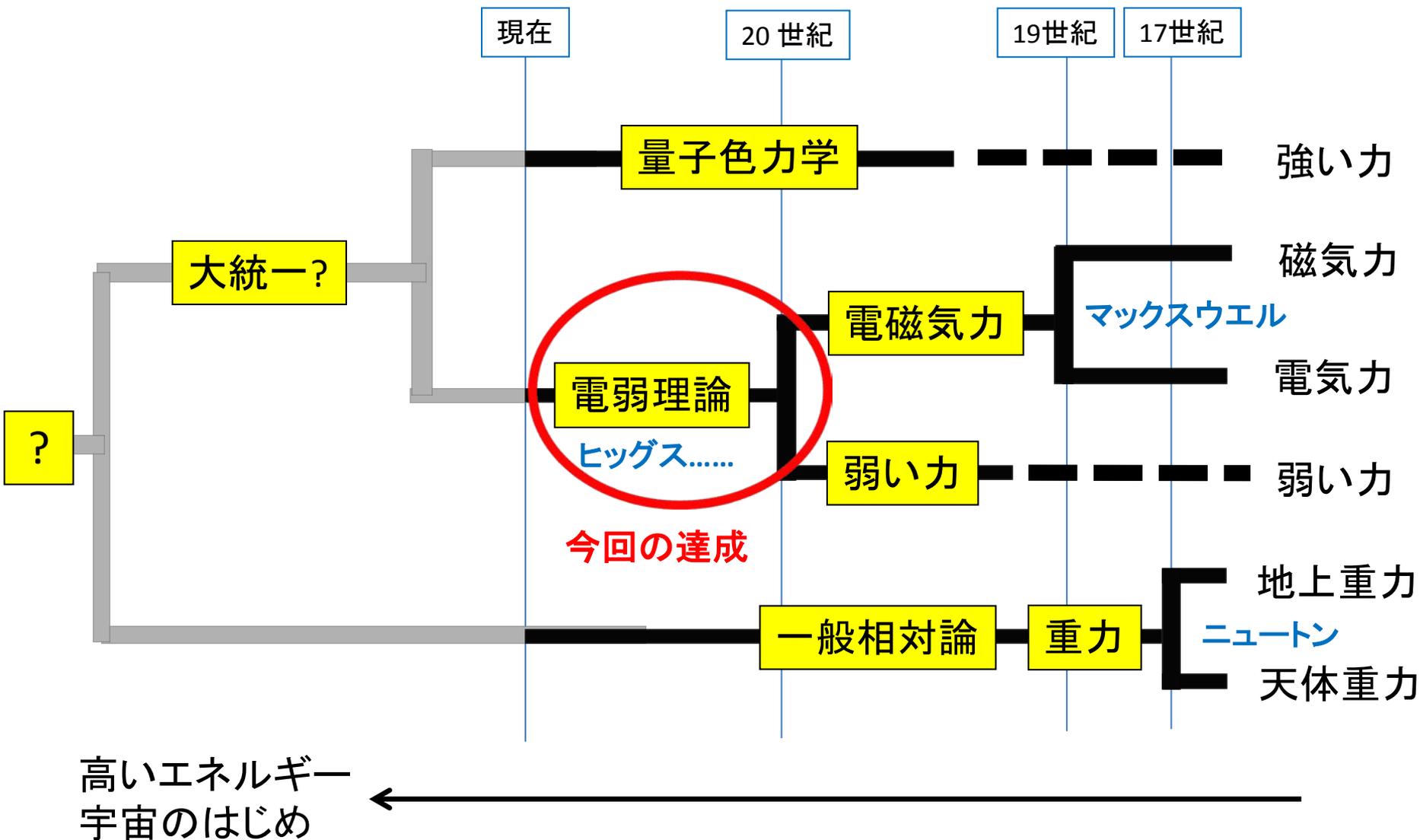
LHCで発見されるかも

光を出す通常物質

我々の宇宙の4%しか理解していない!



# 力の統一 = 物理学者の夢





これがヒッグス粒子を発見したCMS装置です。  
役に立つの？とよく日本人記者に聞かれます。

きみ～、贅沢とムダは  
大きいほどいいんだ。

は、はい.....あり  
がとうございます。

## Back to : 英語とE.S.S.と私

- ・ グローバルな世界でそれなりに活躍するには、英語は最低限必要な道具・方法である。
- ・ 駒場時代にE.S.S.に属して行ったディベートなどは長い目でみたら役立った(かも)。
- ・ 英語を聞いて理解する能力が重要。E.S.S.よりE.H.S.だ。
- ・ 語学才能が殆どない私でも、アメリカに長期滞在することで英語が平気になった。→ **若いうちに1年以上の外国滞在を強く勧めます。**
- ・ 英語が下手でも上手でも誰も気にしない。キーポイントは語るに値する内容を持ち続けること。



1963.12 戸田合宿

2007.9 ニドム合宿

