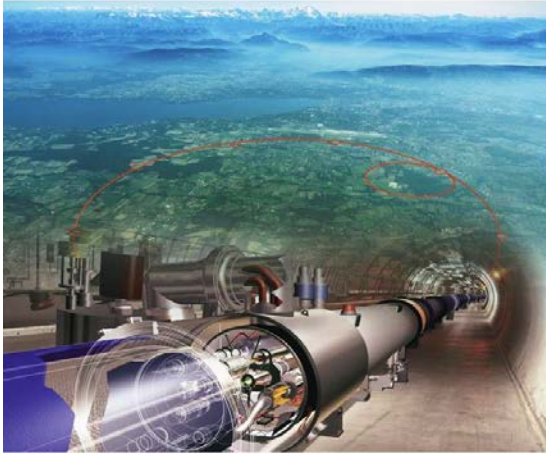


セルン
CERN
と

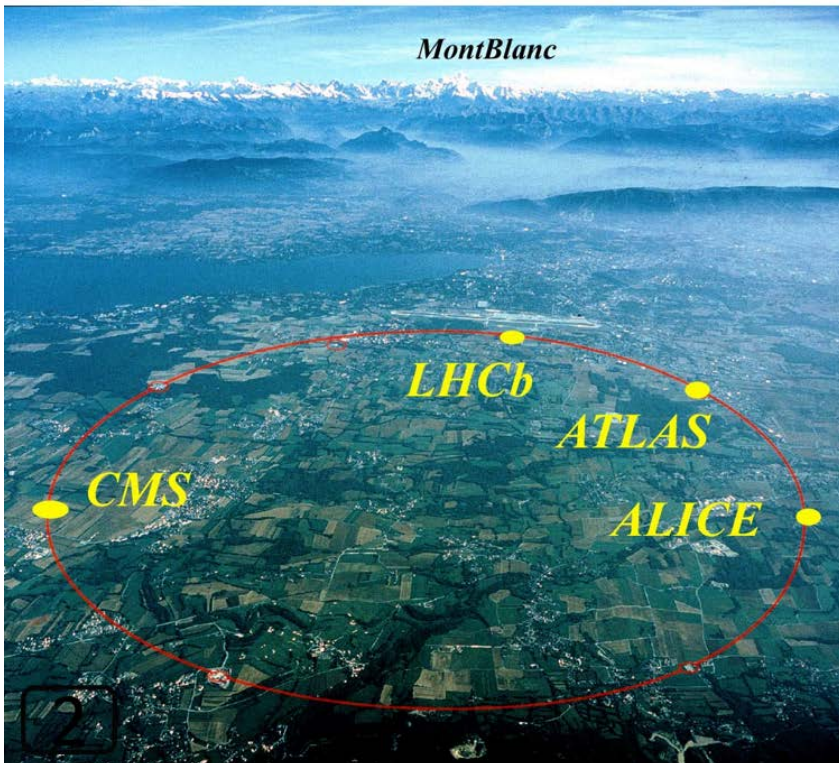


エル エイチ シー
LHC
と
ヒッグス粒子

V7: 2019.9.16 Taka Kondo (KEK)

1

LHC (Large Hadron Collider)



周長 27 km

主な実験装置

ATLAS

CMS

ALICE

LHCb

計画承認 1994

建設完成 2008

建設費～1兆円

2

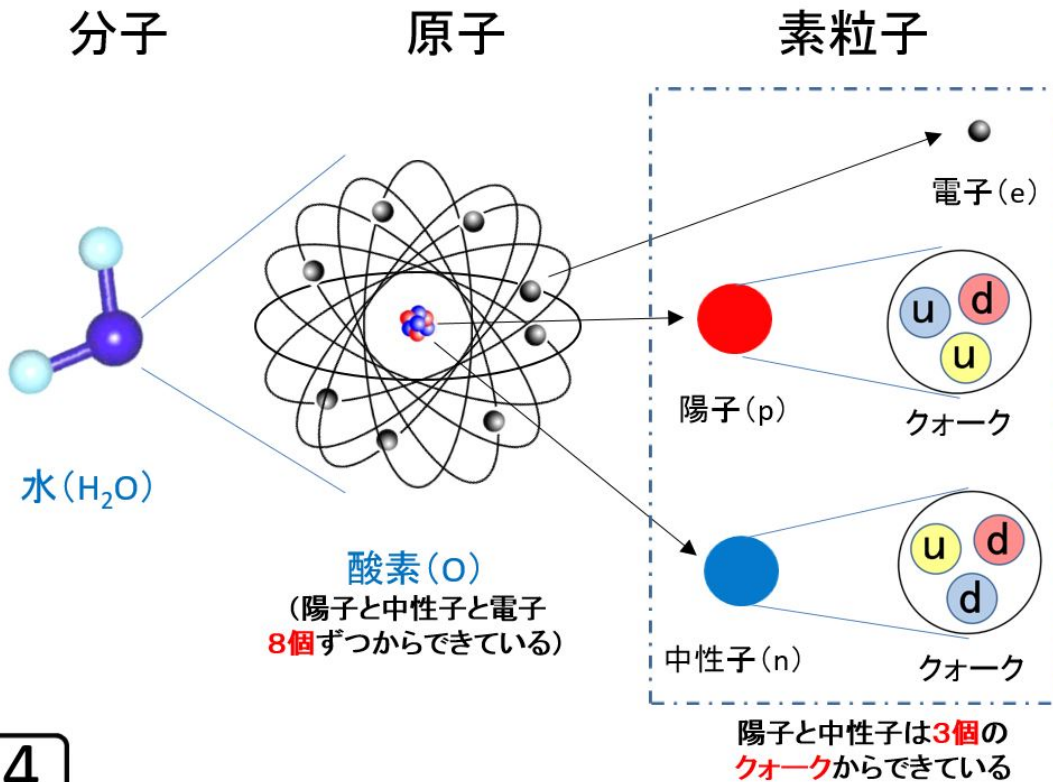
3

CERN(セルン)研究所

- ・1954年に発足した。
- ・加盟国：ヨーロッパ22カ国 →
- ・年間予算：約1,200億円
- ・職員：約2,500人
- ・ユーザー：約13,000人(世界77カ国から)
- ・1990年 **WWW**を発明した。
- ・15年かけて**LHC加速器**を建設し、現在運転中。



2



4

素粒子

物質粒子

	第1世代	第2世代	第3世代
クォーク	u アップ	c チャーム	t トップ
	d ダウン	s ストレンジ	b ボトム
レプトン	ν_e 電子ニュートリノ	ν_μ μニュートリノ	ν_τ τニュートリノ
	e 電子	μ ミューオン	τ タウ

力を伝える粒子

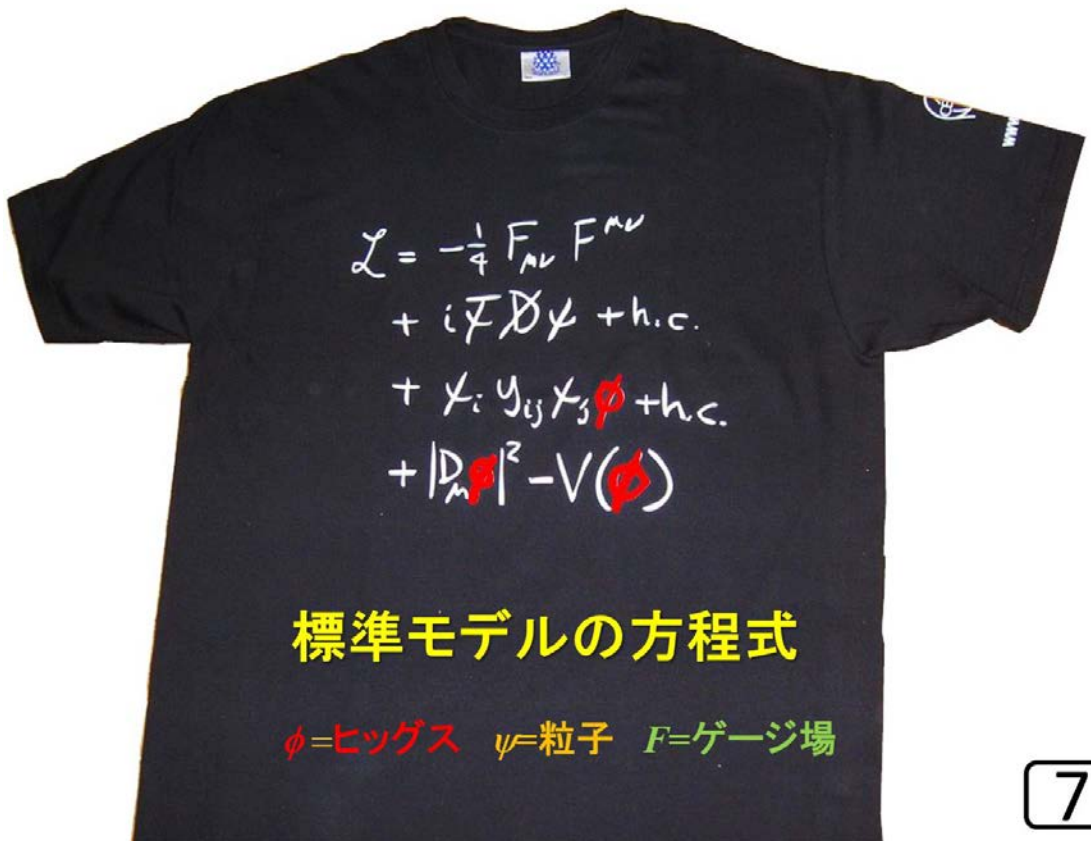
強い相互作用 g グルーオン
電磁相互作用 γ 光子
弱い相互作用 W⁺ W⁻ Z Wボゾン Zボゾン

ヒッグス場に伴う粒子



2012年までヒッグス粒子のみ未発見だった！

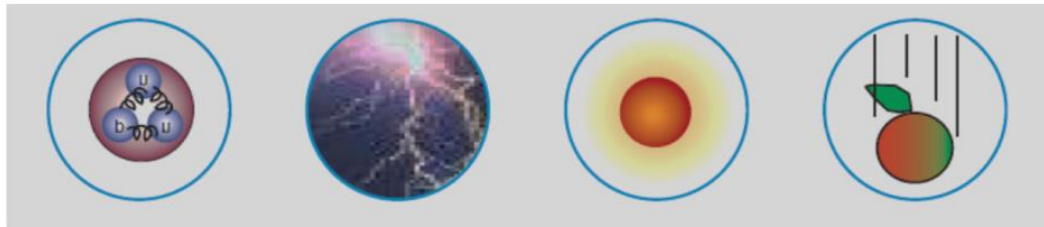
5



7

自然界にある4つの力 ちから

強い力 > 電磁気力 > 弱い力 >>> 重力



原子核を
作る

光・原子・分子・結
晶・半導体・電波・
雷……

原子力・原爆・
水爆・太陽……放
射能

落下りんご
月・太陽・
星……体重

標準モデル: この3力による全現象を超高精度で計算できる。
ただし**ヒッグス場(ヒッグス粒子)**が存在しなくてはならない!

6

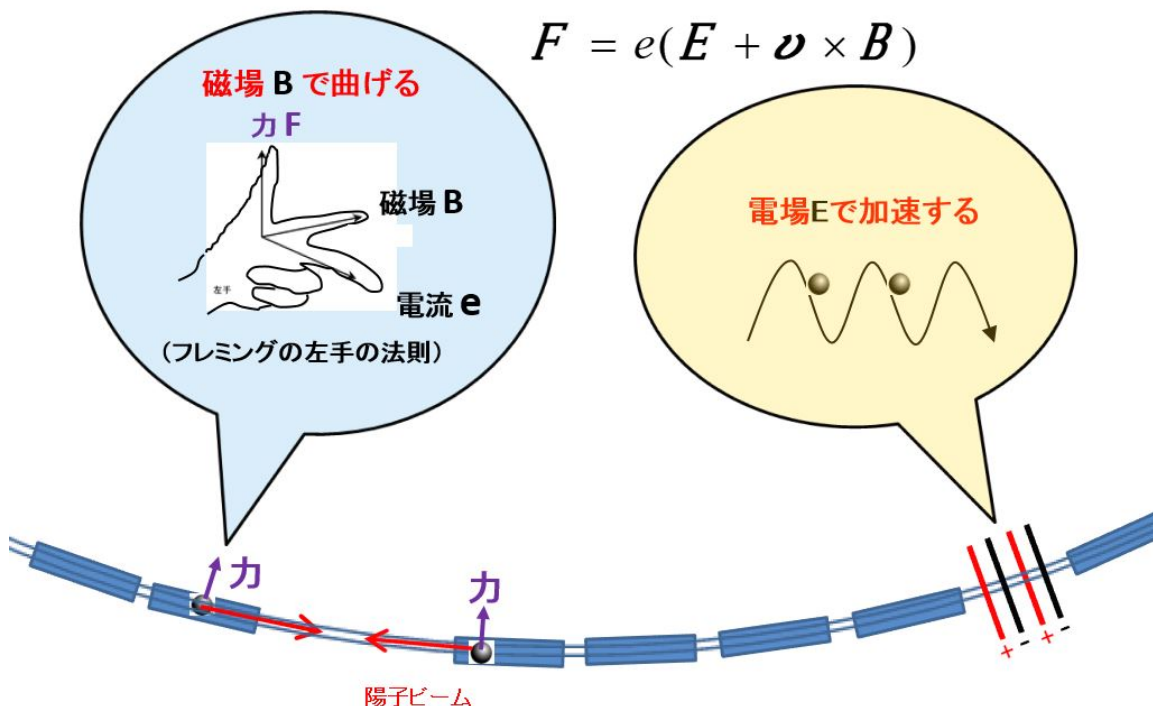
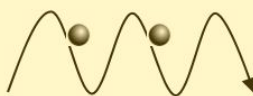
$$F = e(E + v \times B)$$

磁場 B で曲げる
力 F



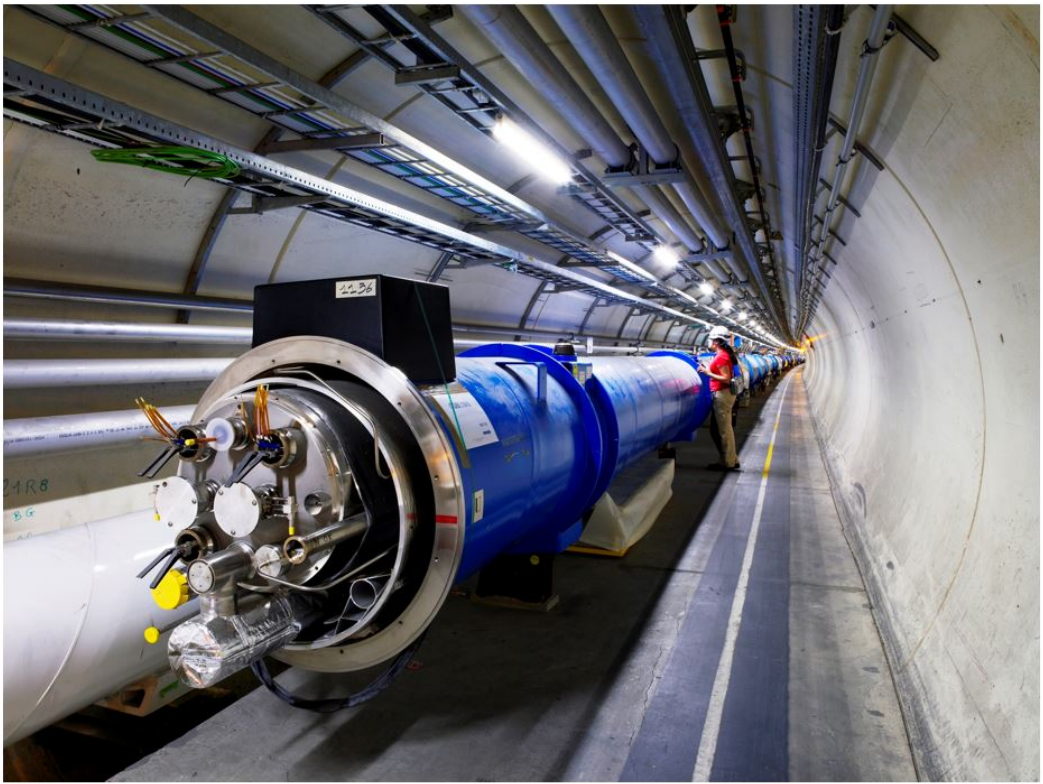
(フレミングの左手の法則)

電場 E で加速する



8

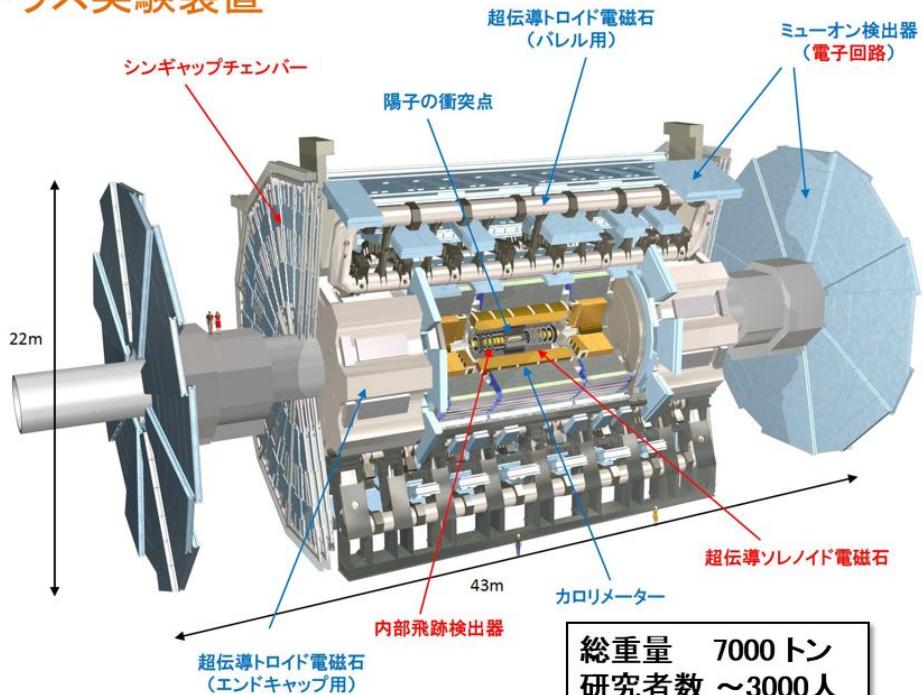
加速器の原理



1232 台の**超伝導**電磁石がビームを曲げる。

9

アトラス実験装置



赤は日本の分担部を示す

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

11

超伝導とは

金属を冷やしていくと電気抵抗が突然**ゼロ**になる現象
(1911年に発見された)



大電流を流すことができる

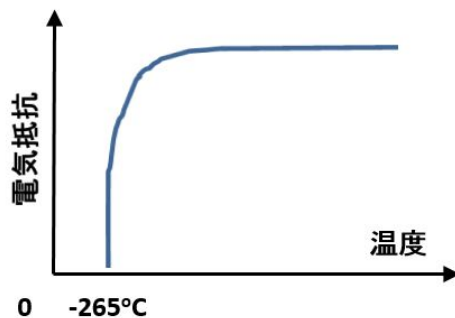


強い磁場を作る



高いエネルギーの粒子を曲げる

10

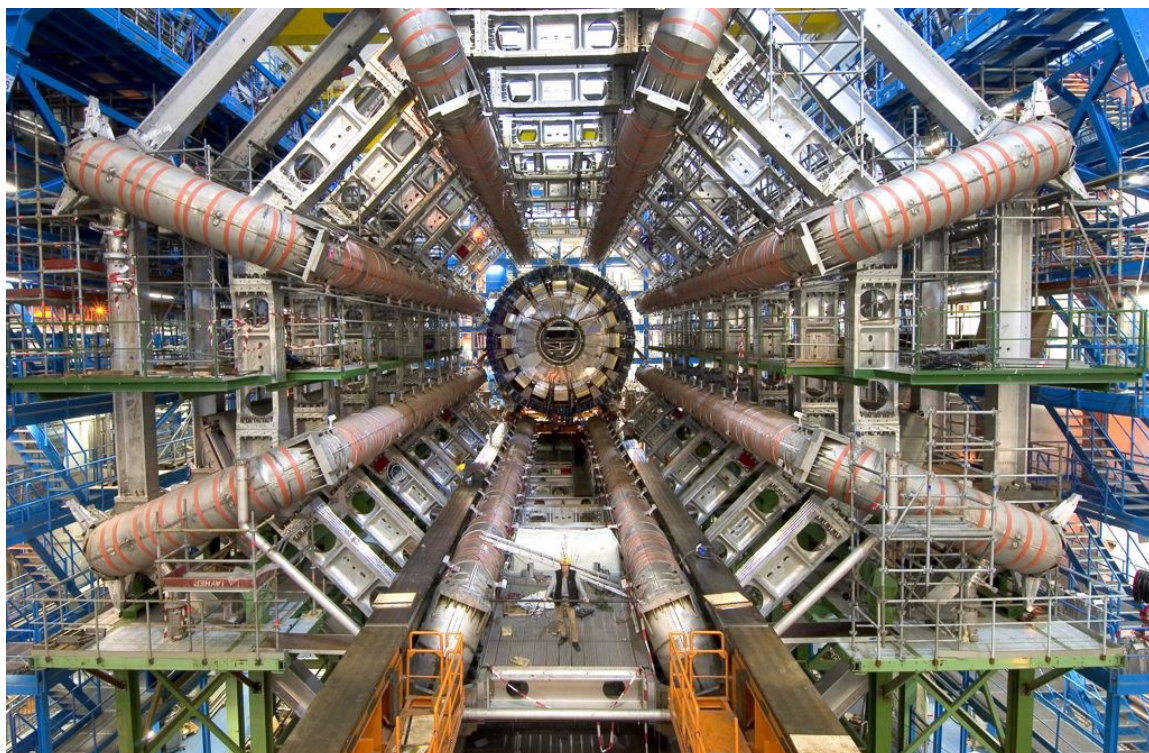


超伝導の応用:

- リニアモーターカー



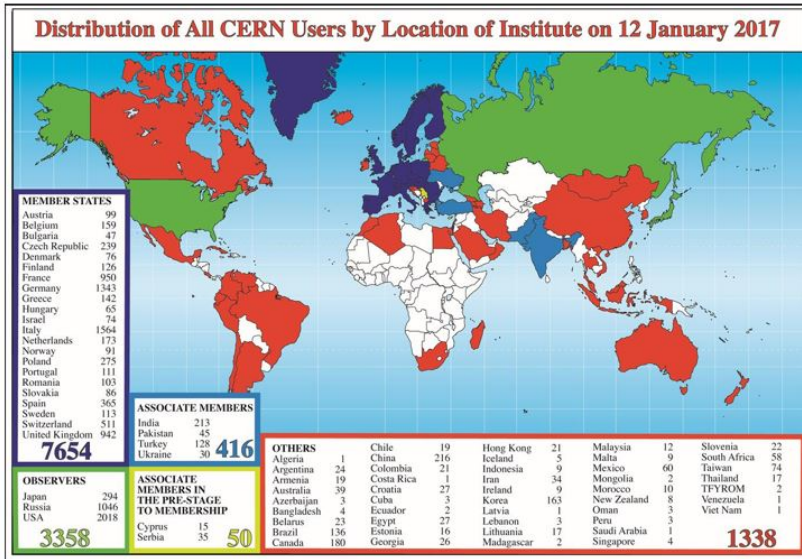
- 磁気共鳴画像 (MRI)



12

建設中のアトラス実験装置 2005年11月

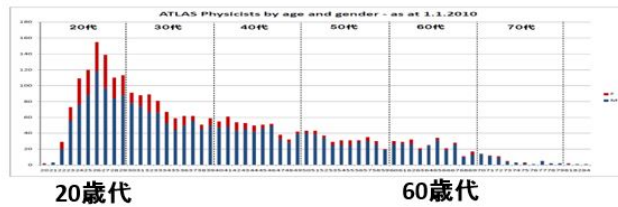
CERNを利用するユーザーの国別分布 (2017年1月12日現在)



77カ国から 12,816名
 加盟国 : 60 %
 オブザーバー国 : 26 %
 (うち日本 2.3 %)

国別順では
アメリカ 2018 名
イタリア 1564 名
ドイツ 1343 名
ロシア 1046 名
フランス 950 名
イギリス 942 名

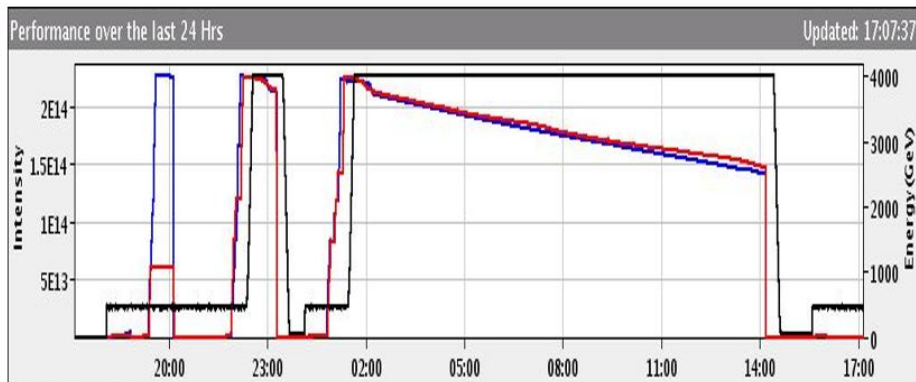
日本 294 名



13

LHCの運転状況(1日分)

ビーム1の陽子数 ビーム2の陽子数 ビームのエネルギー



入射時に失敗
 4 TeVでトラブル発生

衝突実験中

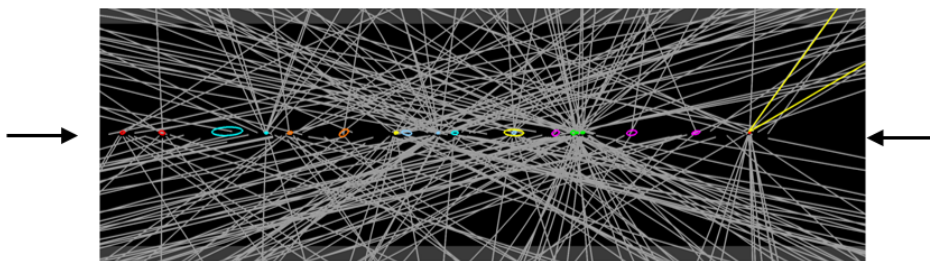
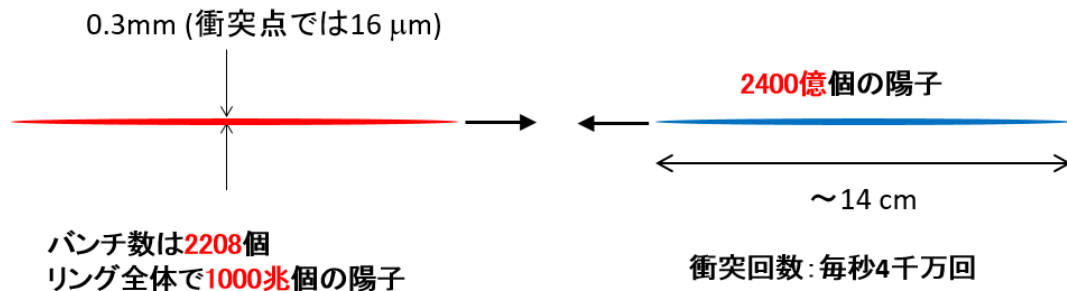
ビーム加速と調整

ビーム入射

ビームダンプ

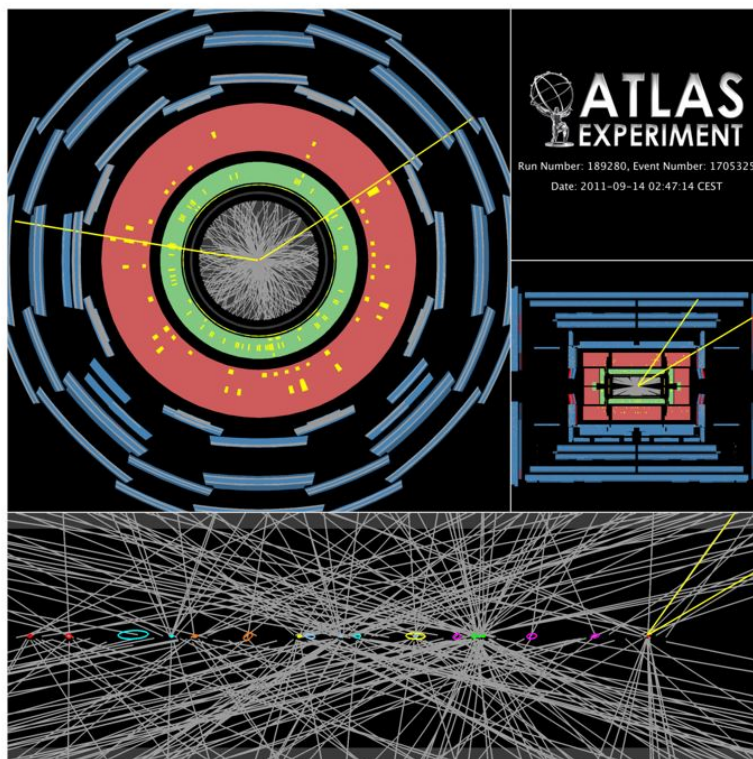
15

陽子ビームバンチの形状と衝突



アトラス実験で観測された陽子バンチ衝突イベント
15個のpp衝突が見えている

14



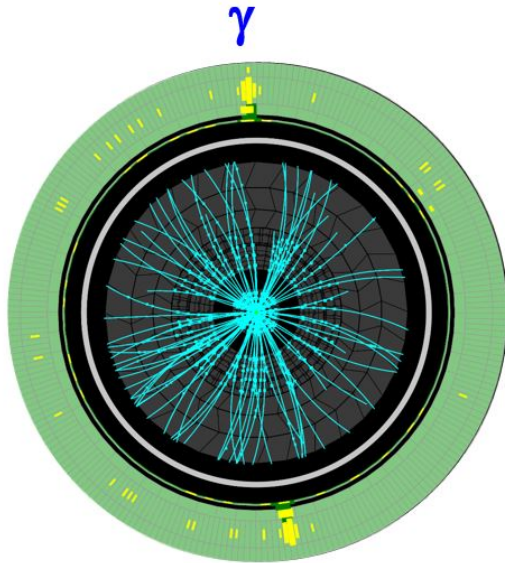
16

実際に観測されたイベントの例。このような衝突が毎秒4千万回起きている。

2012年7月4日
ヒッグス粒子発見の発表
新聞がトップ記事として伝えた

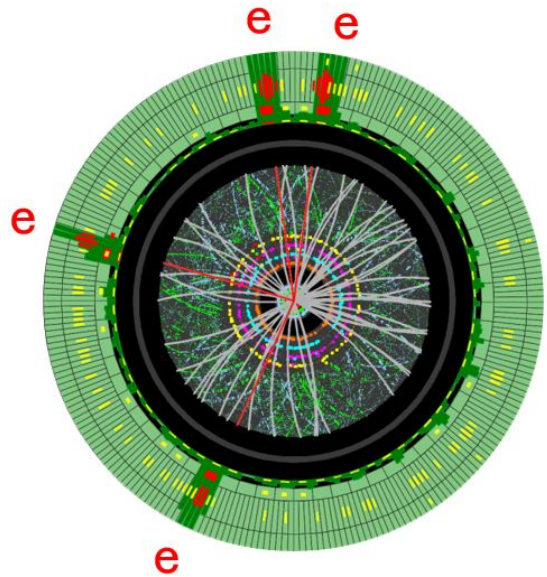


ヒッグス粒子の候補イベント例



$H \rightarrow \gamma\gamma$

2本のガンマ線が発生してる。

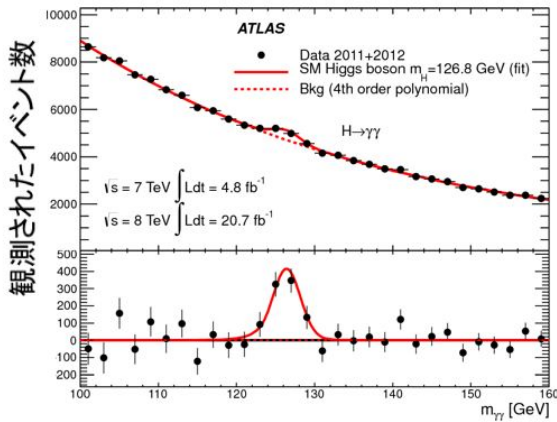


$H \rightarrow ZZ \rightarrow eeee$

計4本の電子・陽電子(赤線)が発生してる。

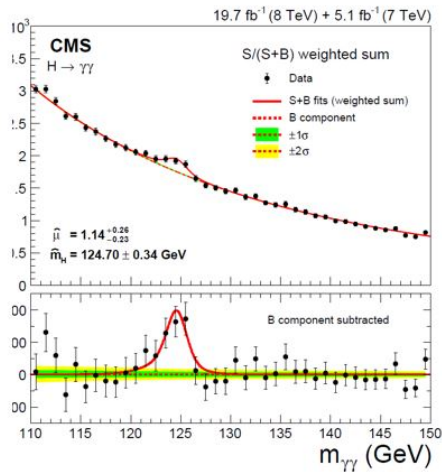
ヒッグス粒子の発見

アトラス



ヒッグス粒子の質量 [GeV]

CMS



ヒッグス粒子の質量 [GeV]

[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付近に発見した。

18



2013年12月

2013年ノーベル物理学賞受賞

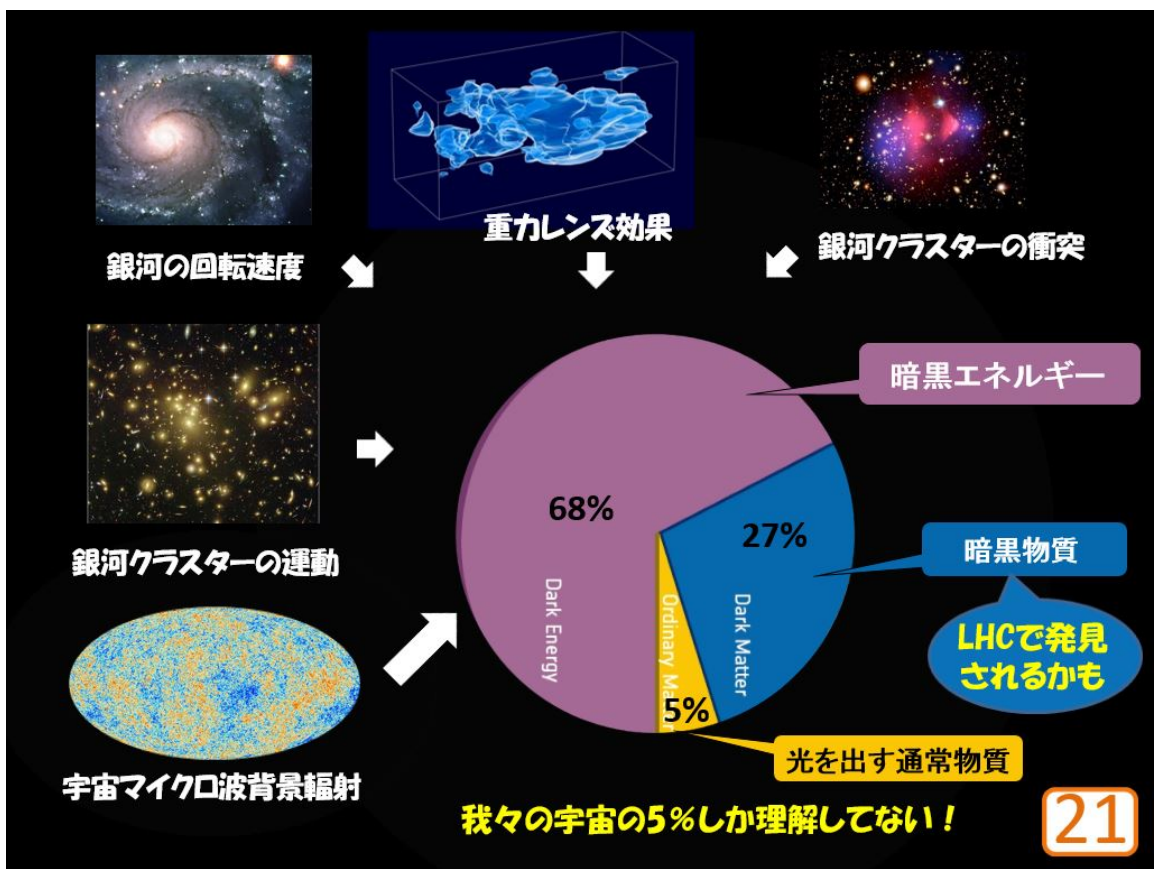


受賞式で講演するフランソワ・アンゲレール(左)とピーター・ヒッグス(右)

授賞理由

質量の起源がヒッグス場によることを理論的に予言した。

20



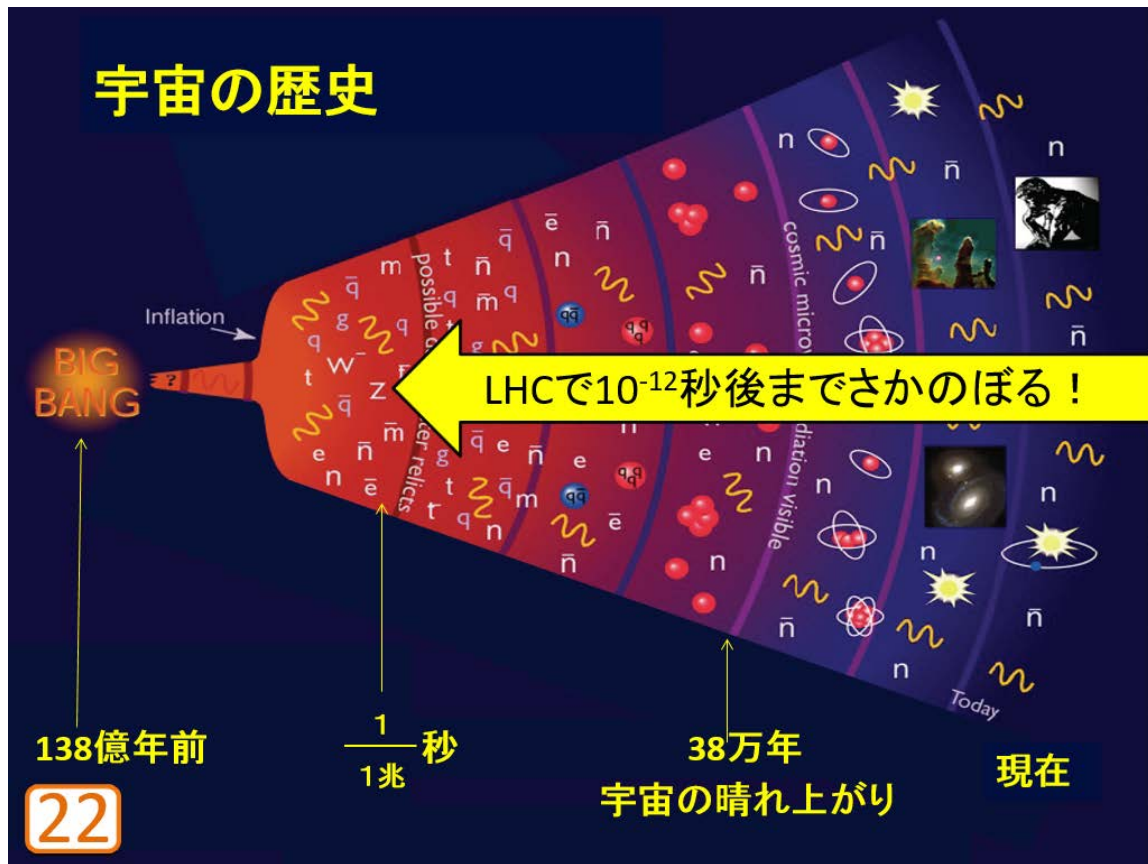
最近の主な日本からのCERN訪問者より

2009.5.3 野田聖子内閣府特命担当大臣他内閣府より9名



(野田国務大臣訪問時の写真は <http://odsweb.cern.ch/record/1175345> にあります)

宇宙の歴史



関連するWebページは日本語で <http://atlas.kek.jp> にあります。

復習 と テスト

問題1: 酸素は 個の陽子と8個の中性子和 個の電子からなる。(p.4)

問題2: 陽子は3個の からできている。(p.4)

問題3: 自然界には重力・ 力・電磁気力・強い力の4つの力がある。(p.6)

問題4: LHCでは 現象を使った高磁場で粒子を曲げる。(p.10)

問題5: 2012年にLHCで 粒子が発見された。(p.13)

問題6: 宇宙には暗黒物質が物質の 倍あるがまだ正体不明である。LHCで発見されるかもしれない。(p.17)