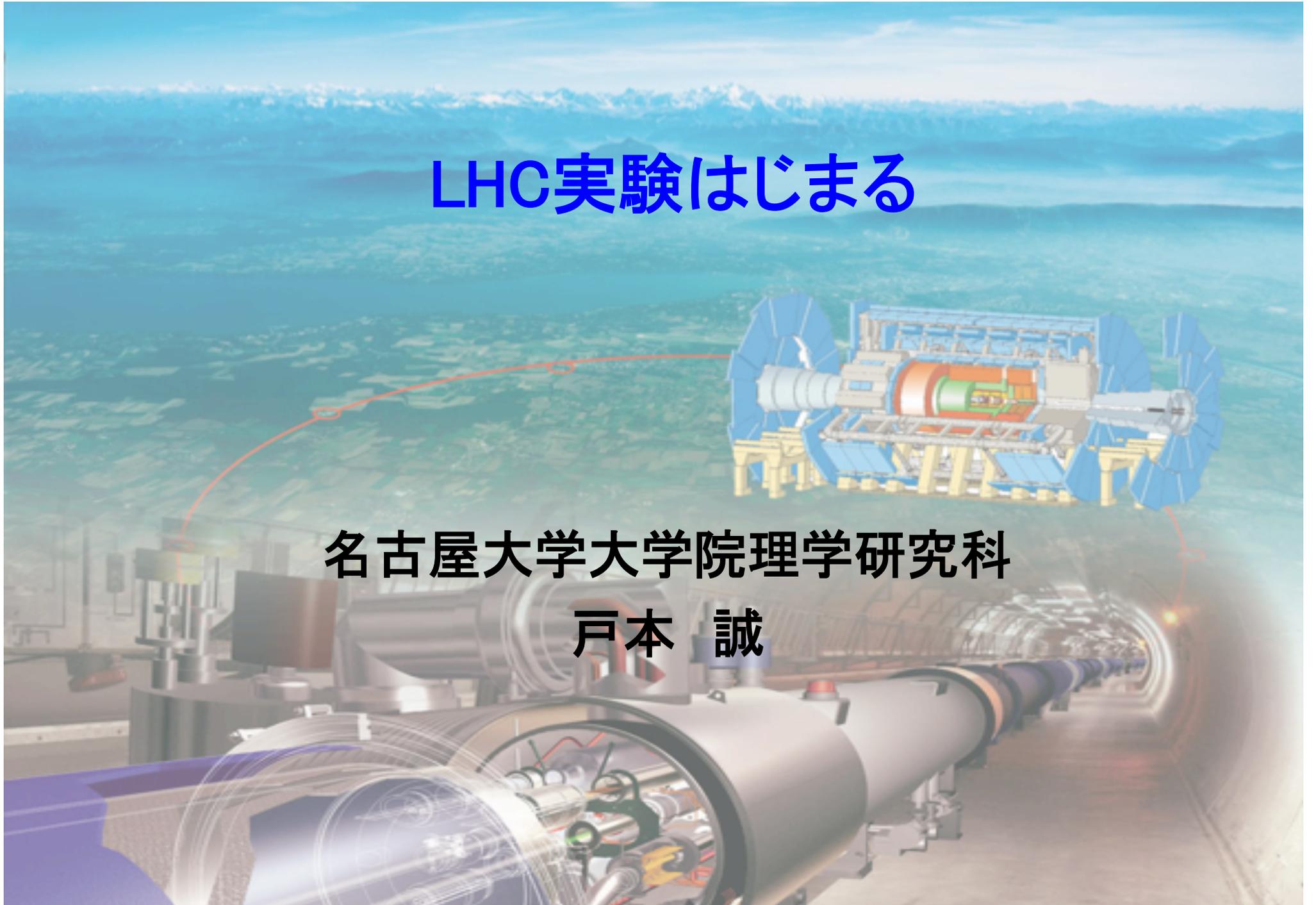


LHC実験はじまる

名古屋大学大学院理学研究科

戸本 誠



「未知の素粒子を観る」

未だ人類が知らない、宇宙誕生時の素粒子たち

ヒッグス粒子

超対称性粒子

力の統一

ミニブラックホール

驚きの粒子、現象

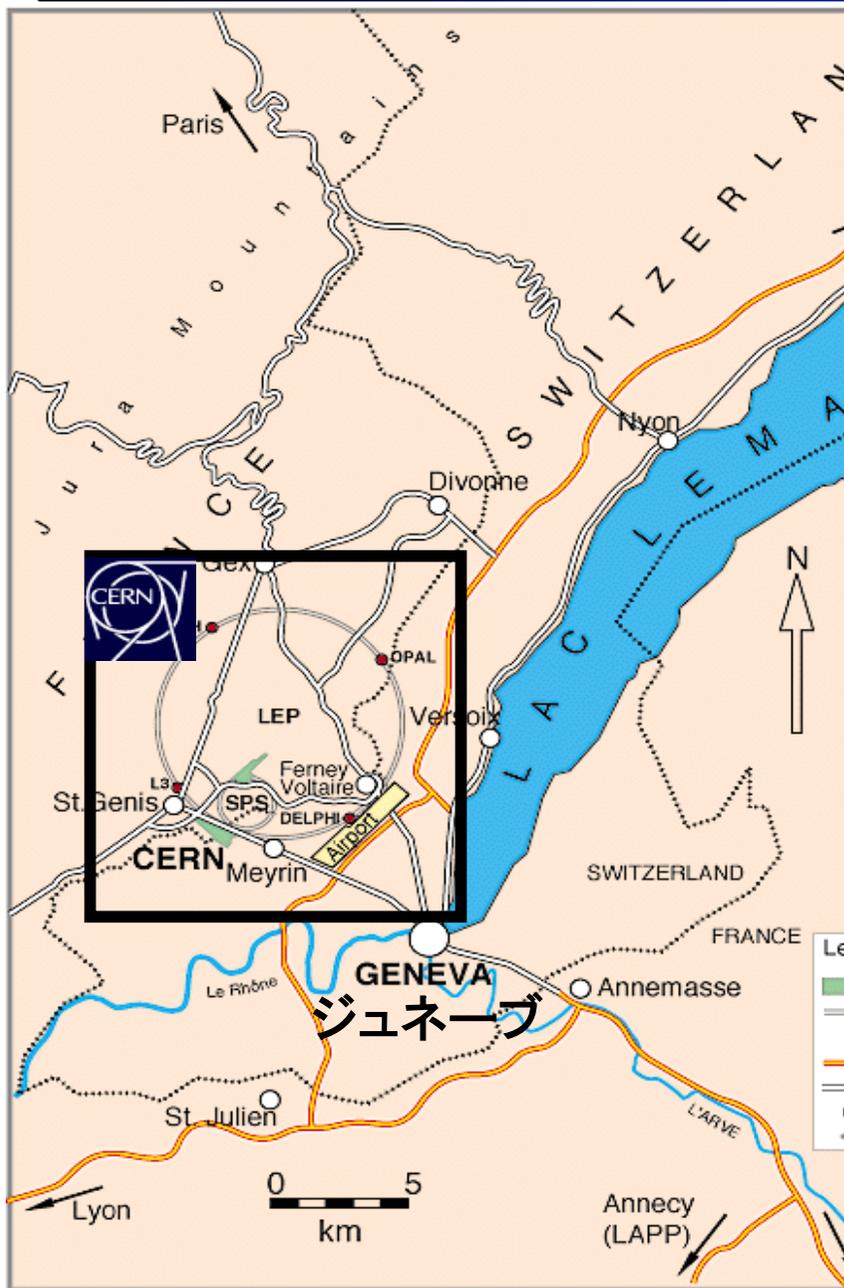
を創り出し、

そして、それらを測定する。

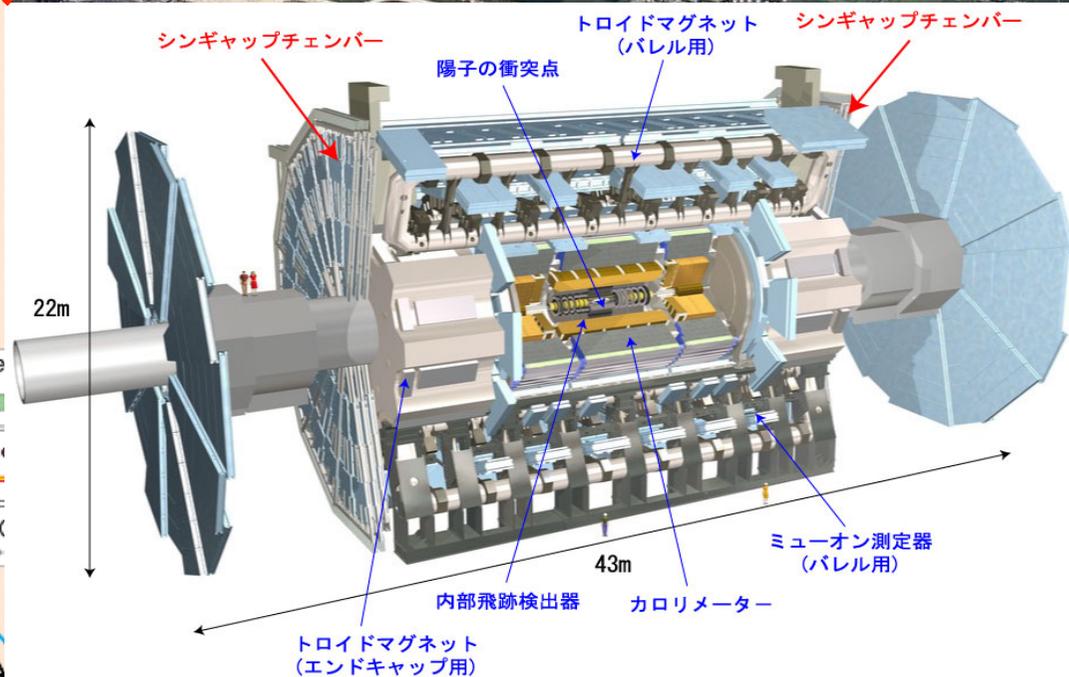
未知の素粒子の生成 自然 ... 宇宙から と測定 検出器
人工 ... 加速器

LHC加速器とATLAS検出器

LHC加速器とATLAS検出器



LHC加速器



場所:

スイスとフランス国境近く、ジュネーブ郊外の研究所CERN

Large Hadron Collider:

WWW発祥の地

周長27kmの加速器により、7兆電子ボルト(7TeV)の陽子同士を衝突
4箇所(ATLAS、CMS、ALICS、LHC-b)で衝突、4種の実験

ATLAS実験:

LHCの1実験、ヒッグス粒子、超対称性などの発見を目指す。
37カ国から約3000人の研究者が協力・競争をしている。

経緯:

1994年: 建設の正式承認

2008年: LHC建設が完成、450GeVビーム周回に成功

: 大量のヘリウム漏れ事故が発生し、その修復を開始

2009年: 世界最高の衝突エネルギー2.36TeVを達成

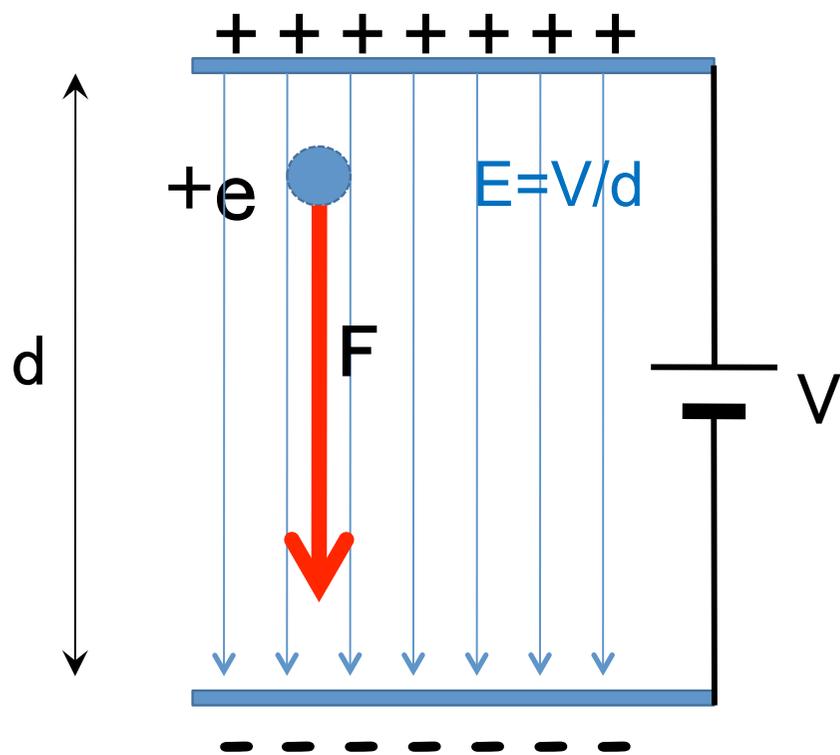
2010年: 物理実験開始、衝突エネルギー7TeVの達成を目指す

2012年(?): デザイン衝突エネルギー14TeVを目指す

ハリウッド映画にも出る実験

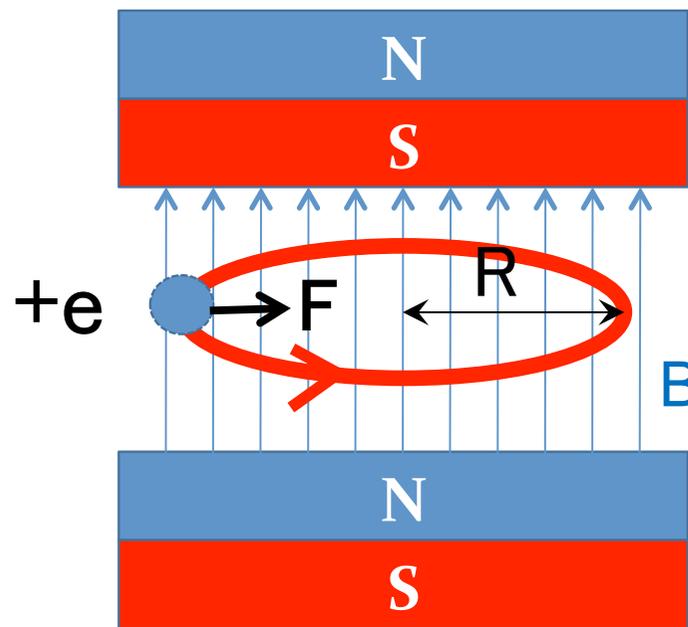


ローレンツ力 $F = eE + ev \times B$



電場
 $F = eE$

電場が大きいと加速大

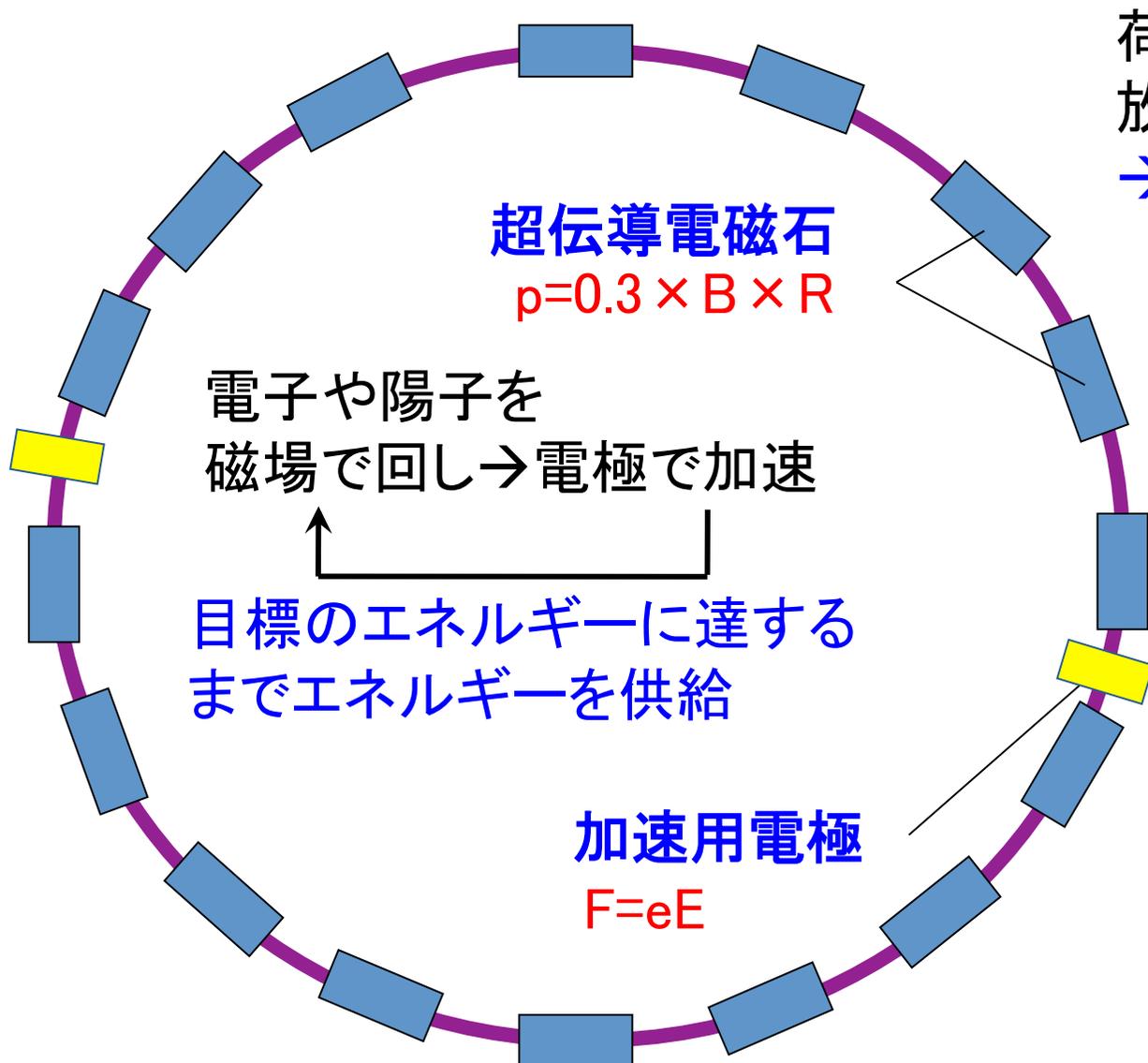


磁場

$$evB = mv^2/R$$

$$p(\text{運動量}) = 0.3 \times B \times R$$

磁場と回転半径が大きいと加速大



荷電粒子を磁場で曲げると、
放射光でエネルギーを失う
→損失エネルギーを供給

$$\Delta E \sim \frac{E^4}{Rm^4}$$

$$m(\text{陽子}):m(\text{電子})=2000:1$$

周長27kmの加速器で比較

◎陽子加速器(LHC)

$$E = 7000\text{GeV}$$

$$\Delta E = 7\text{keV/周}$$

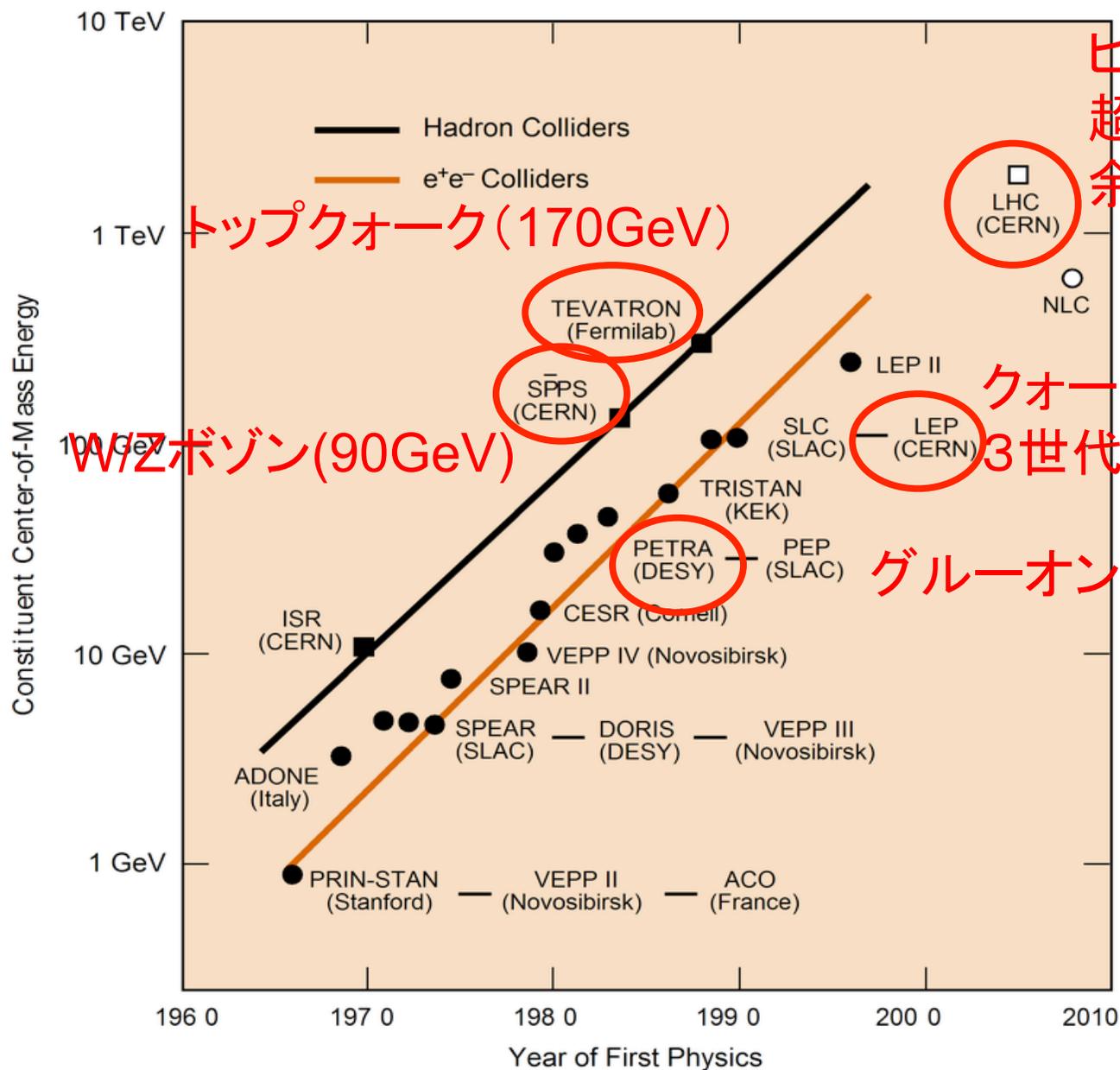
◎電子加速器(LEP)

$$E = 104\text{GeV}$$

$$\Delta E = 4\text{GeV/周}$$

→線形加速器(リニアコライダー)へ

加速器の歴史



トップクォーク (170 GeV)

W/Z ボゾン (90 GeV)

ヒッグス?
超対称性?
余剰次元?

クォーク、レプトン
3世代

グルーオン

Large H adron C ollider

9

周長27 Km

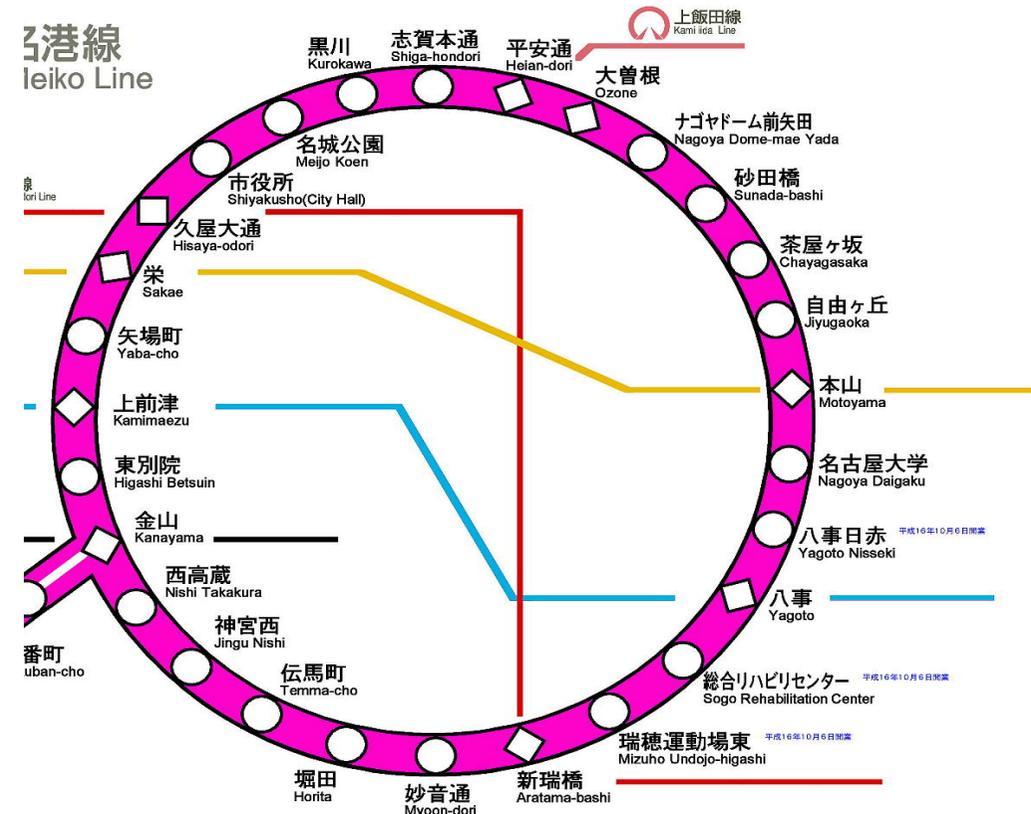
フランス

ジュネーブ空港

スイス

7TeVの陽子と7TeVの陽子を衝突
世界最高エネルギー14TeVの世界

LHC加速器



名古屋地下鉄名城線とほぼ同じ

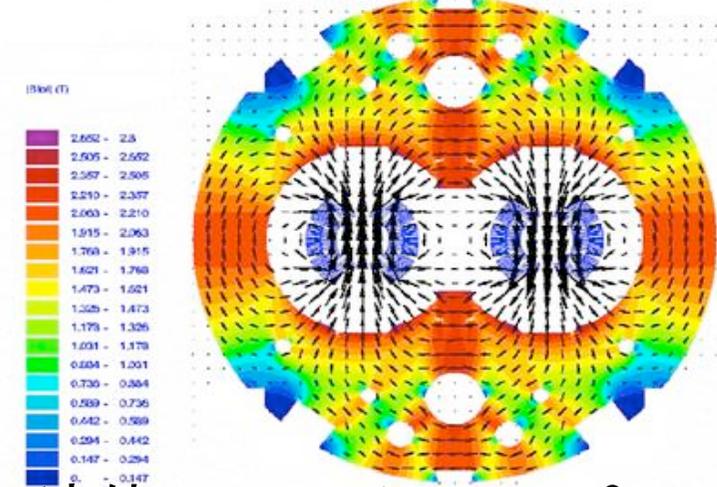
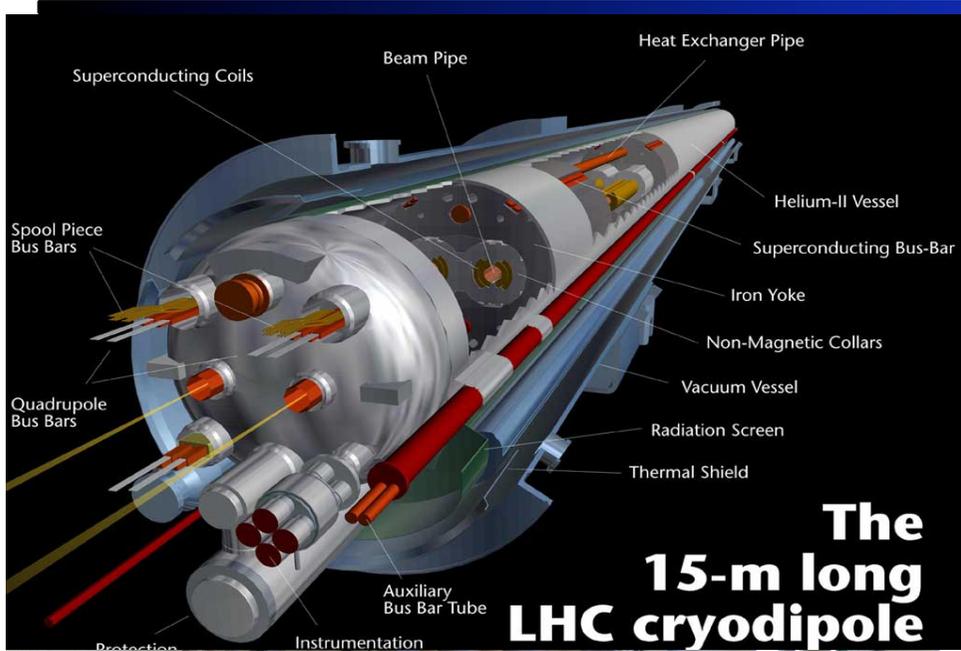
ATLAS … 妙音通り

CMS … 志賀本通り

ALICE … 西高蔵

LHCb … 八事

8.3テスラの超電導磁石



液体Heでマイナス271°Cに冷却



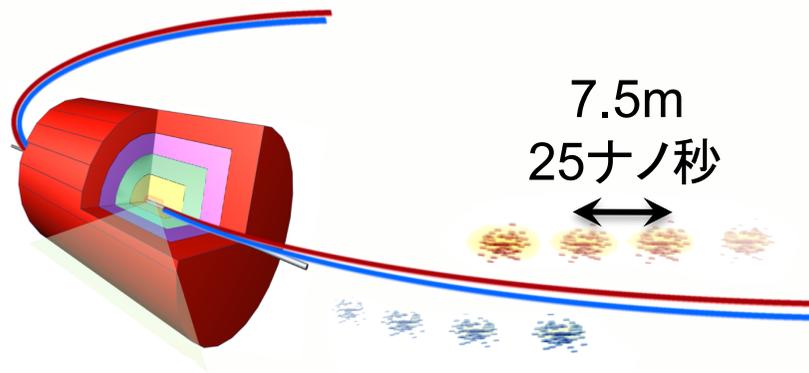
15m × 1232台 = 18km(27km中)



ビーム収束用のマグネット(日本担当)

LHC加速器の性能

12



加速粒子	陽子 × 陽子
ビームエネルギー	7TeV × 7TeV
陽子ビーム塊の数	2835塊
塊あたりの陽子数	10 ¹¹ 個
塊間隔	25ナノ秒
衝突点でのビーム半径	16μm

7TeVに加速した陽子

陽子の速さ = 光の速度 × 0.9999999991

陽子の速度 = 光速 - 10km/時

1秒間で地球を7周半する光と1時間競走しても、
たった10km(LHCリングの1/3くらい)しか差が開きません。

「天使と悪魔」では、光速の99%と言っている。

陽子の速度 = 光速 - 10800000km/時

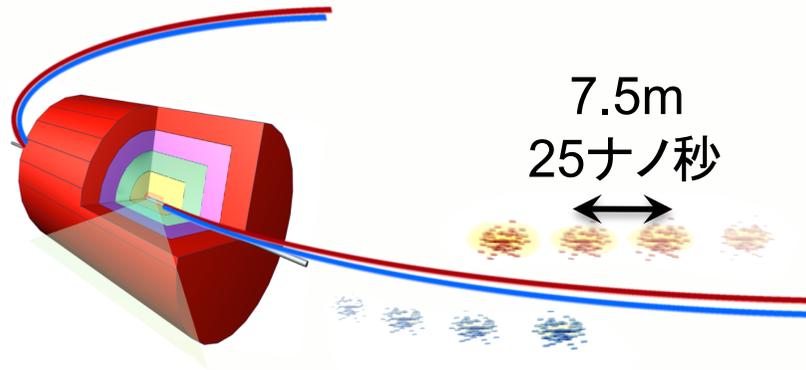
1秒間で地球を7周半する光と1時間競走すると、
地球270周分の差がつきます。

陽子は、7GeV位のエネルギーになります。



LHC加速器の性能

13



加速粒子	陽子 × 陽子
ビームエネルギー	7TeV × 7TeV
陽子ビーム塊の数	2835塊
塊あたりの陽子数	10^{11} 個
塊間隔	25ナノ秒
衝突点でのビーム半径	16 μ m

7TeVに加速した陽子

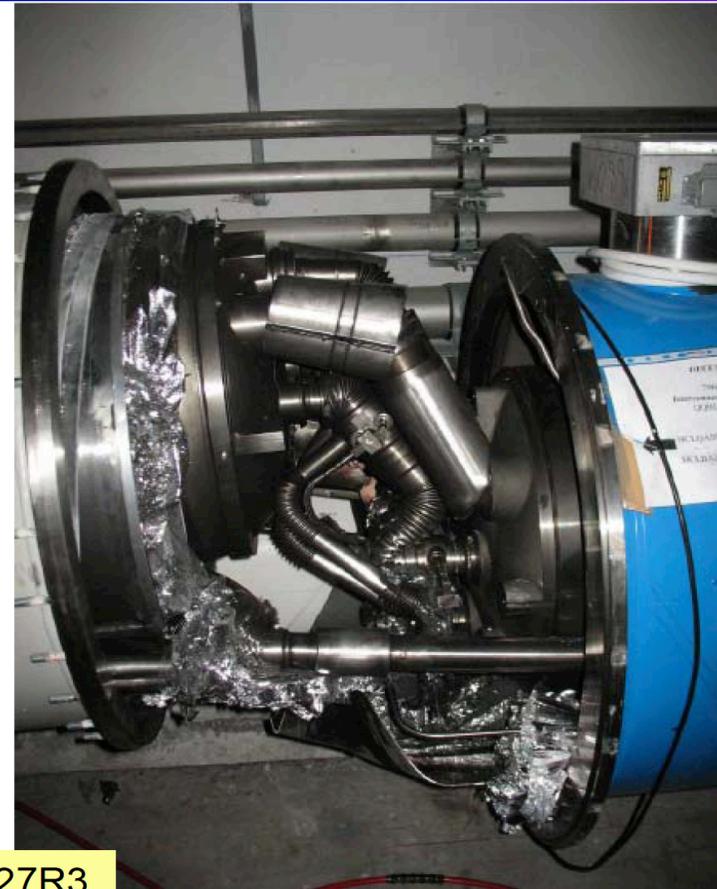
◎陽子1個のエネルギー ... 7TeV = 1.1×10^{-6} J ~ 0.26×10^{-6} カロリー
ハエ(体重: 数mg, 速度: 5km/時)の運動エネルギー程度

◎加速器内の陽子エネルギー ... 1.1×10^{-6} J \times 2835 \times 10^{11} ~ 300 MJ
100トンの物質が時速300kmで移動する運動エネルギーに相当



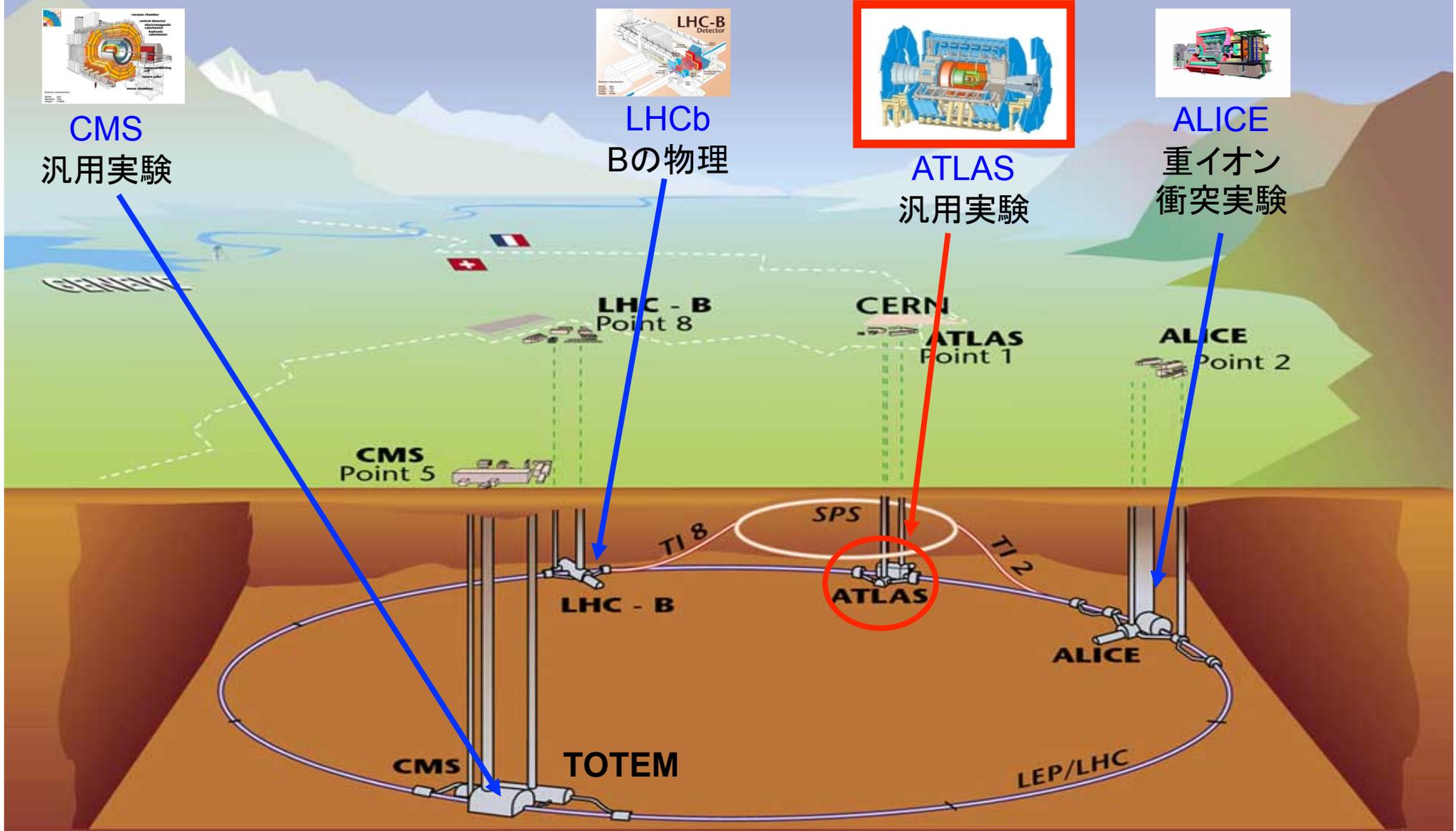
2008年9月19日：加速器事故

14



超伝導ケーブル接続部で電気抵抗が増加、発熱し放電。
液体ヘリウムが真空容器に漏れだして気化し、圧力が急上昇した。
20台以上のマグネットが最大50cm程動いた。
53台のマグネットを地上に取り出し修理

Overall view of the LHC experiments.



CMS
汎用実験

LHCb
Bの物理

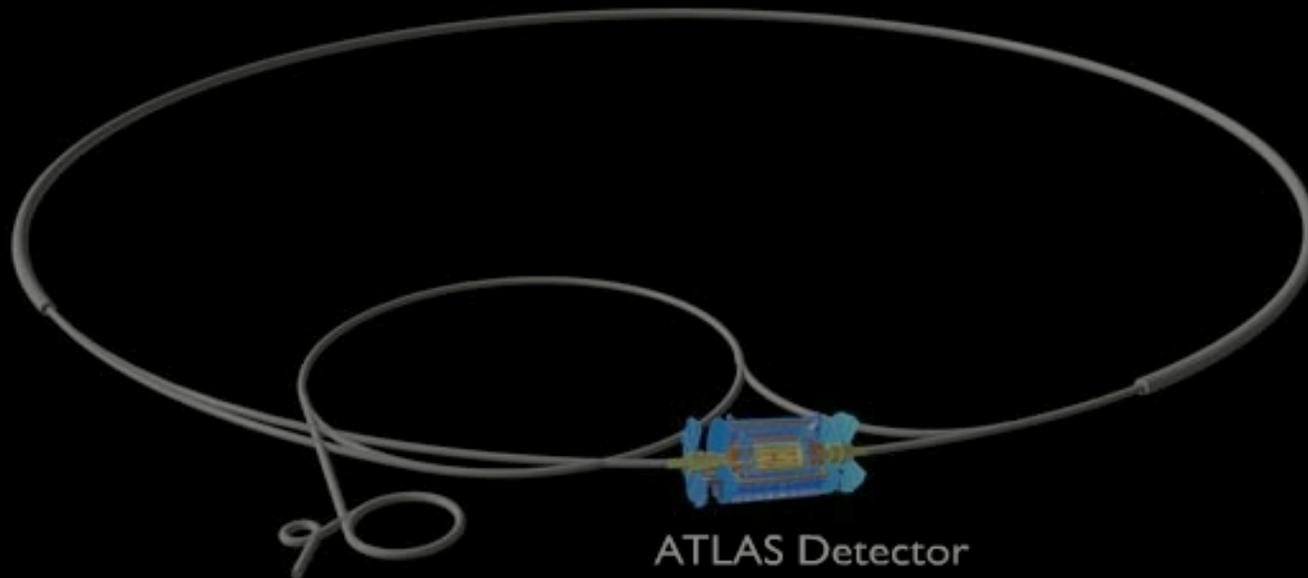
ATLAS
汎用実験

ALICE
重イオン
衝突実験

Jura山脈の下70m~150m

PLAY▶

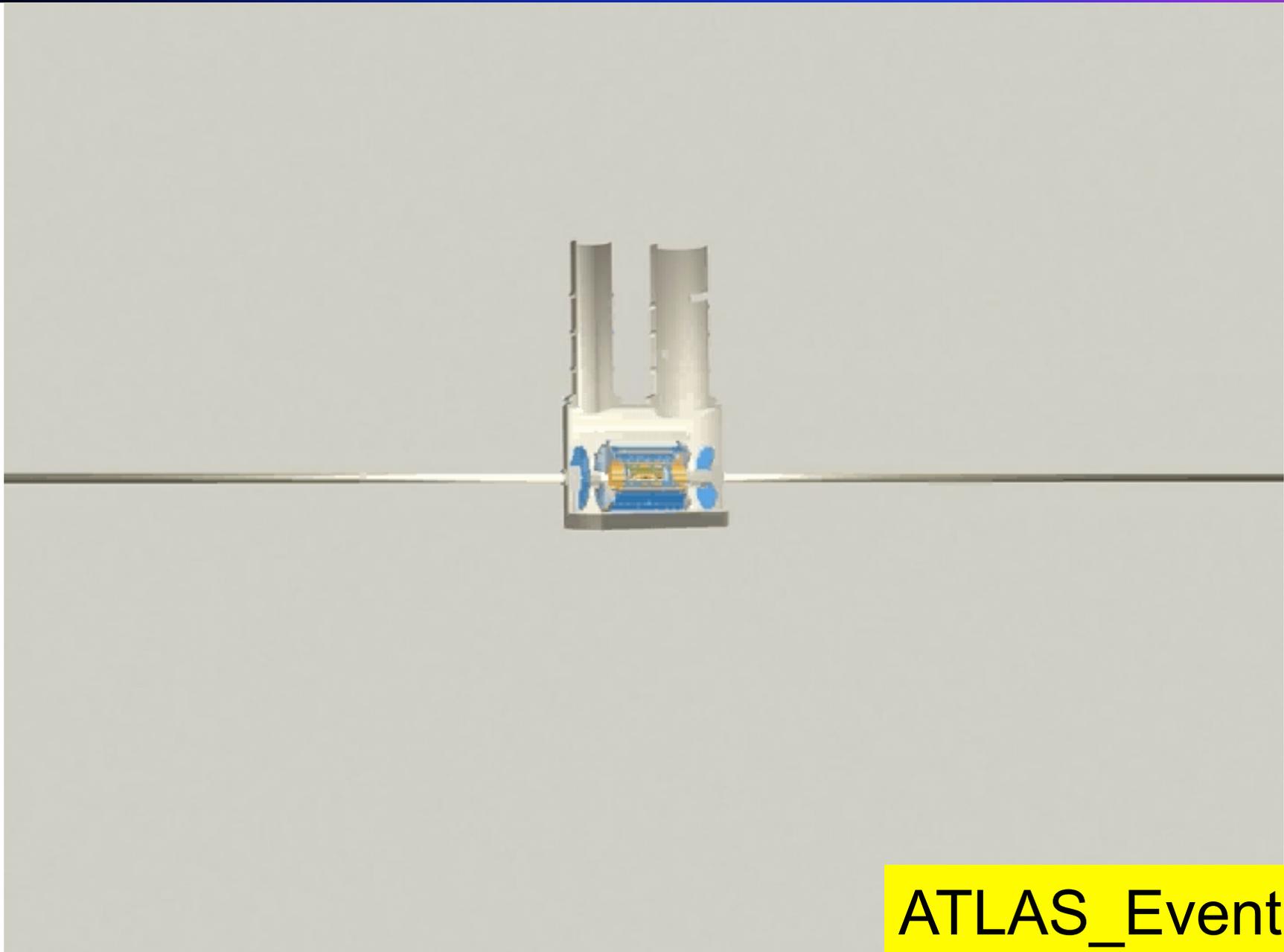
Large Hadron Collider



LHC-event.mov

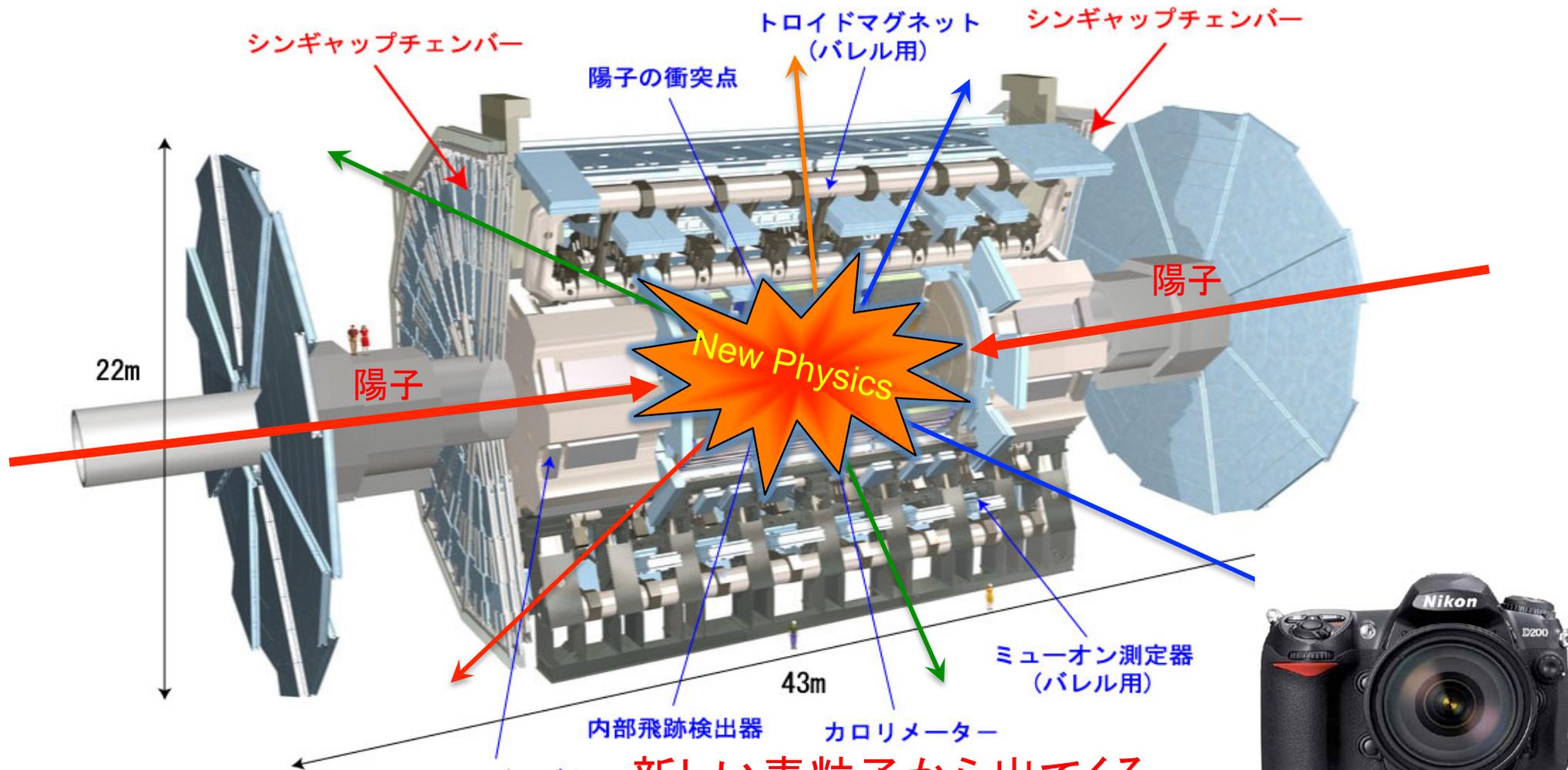
陽子衝突の様子

17



ATLAS_Event.avi

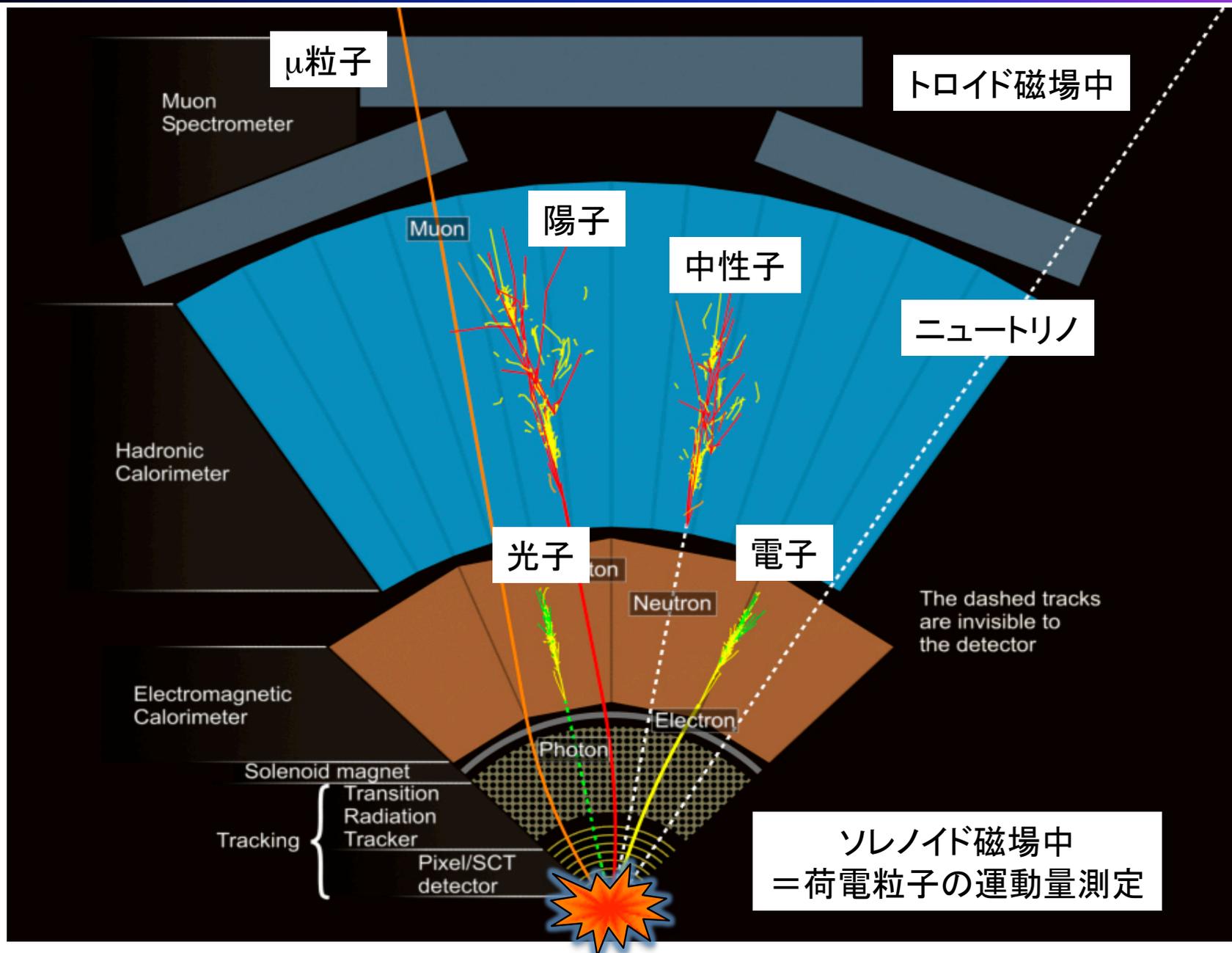
ATLAS検出器(A Toroidal LHC ApparatuS)



総重量 : 7000 トン
直径 : 22.0 メートル
長さ : 43.0 メートル
読み出し : 1億6千万チャンネル

新しい素粒子から出てくる
光子、電子、 μ 粒子、陽子(uud)、中性子(udd)、
K(su)粒子、 π (ud)粒子などを捉える
高性能大型デジタルカメラ(1億6千万画素)

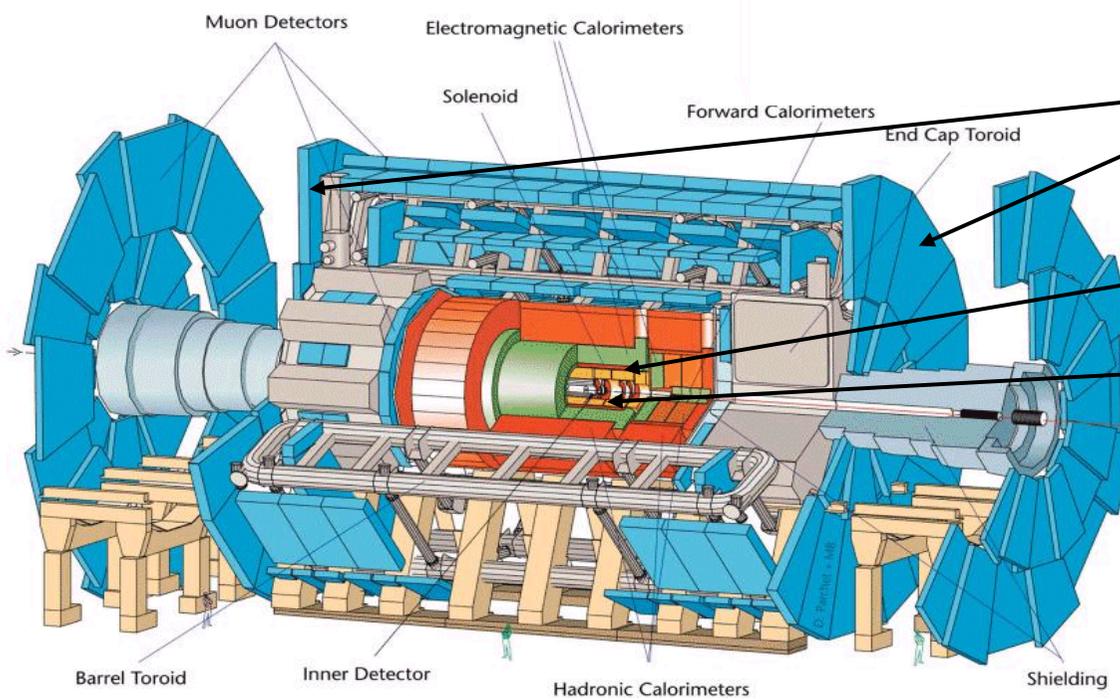
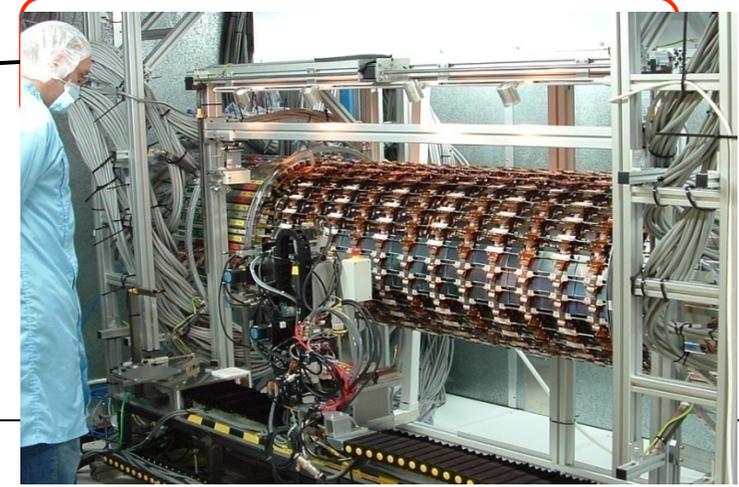
検出器原理



日本グループの貢献

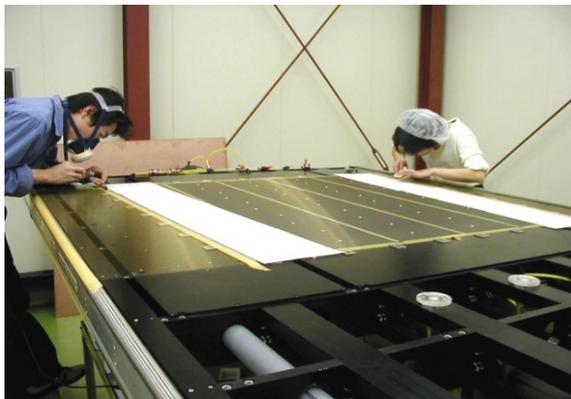
各国は担当する検出器を担当国で製作し、CERNへ持込み、据付・組立を行い測定器として一体化した。

- ・日本は主としてミュオントリガー検出器、シリコン半導体飛跡検出器、超伝導ソレノイドを製作した(建設費約28億F)

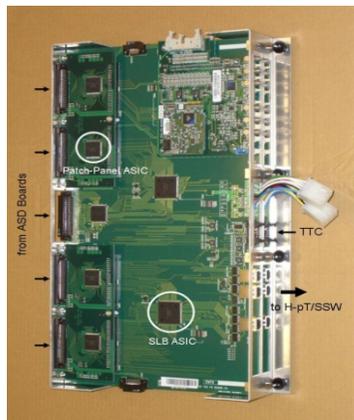


アトラス建設：日本の分担例

μ 粒子検出器：日本・イスラエルが建設



KEKで1200台を製造
(2000-2004年)



32万チャンネルの電子回路
の設計・製造・検査(KEKな
ど)



神戸大での宇宙線を使
った全数検査



CERNでのセクター組立と回路据付
(2005-2007年)

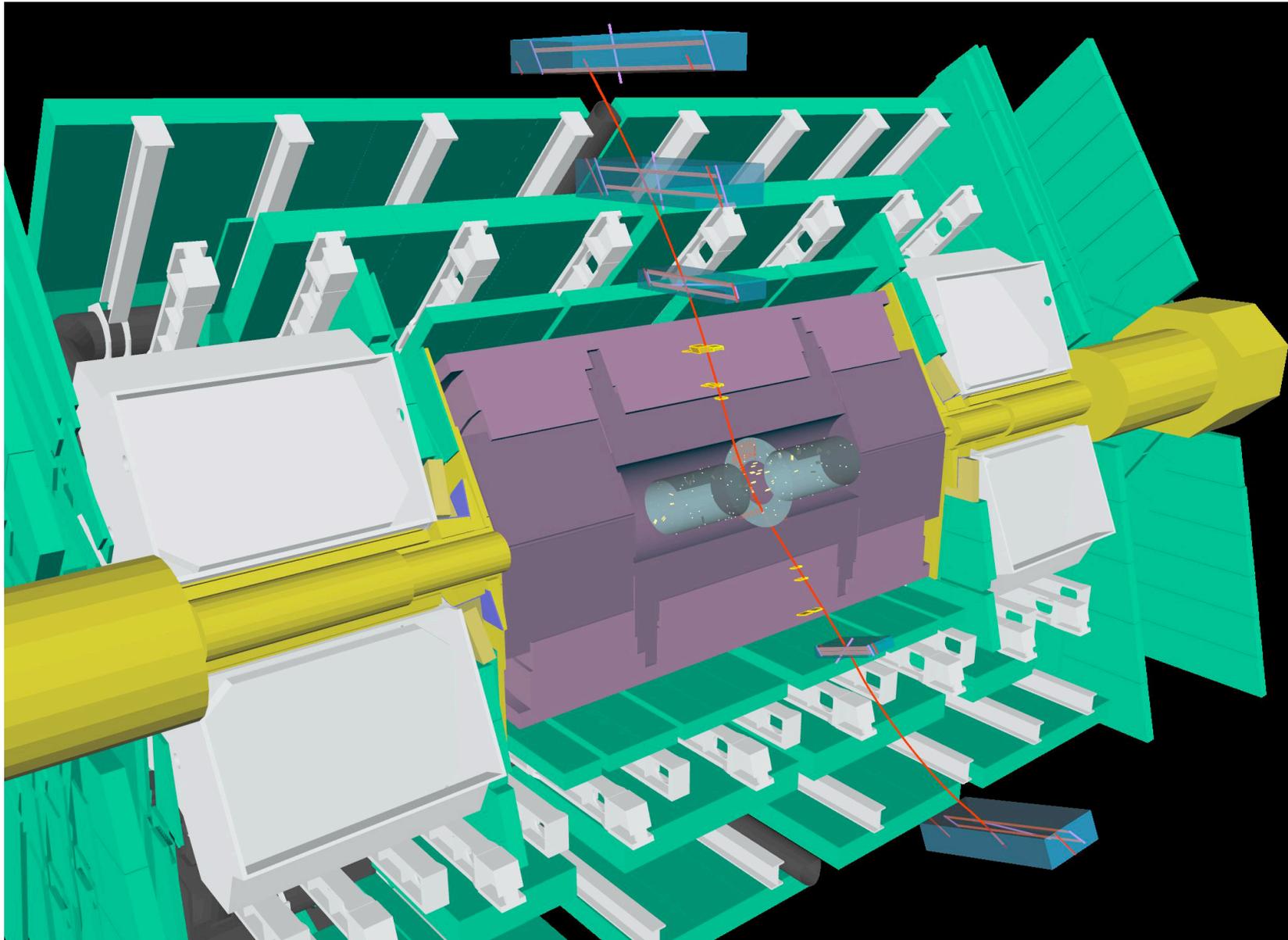


地下実験場でのアトラス測定器へ
組み込み (2006-2008年)

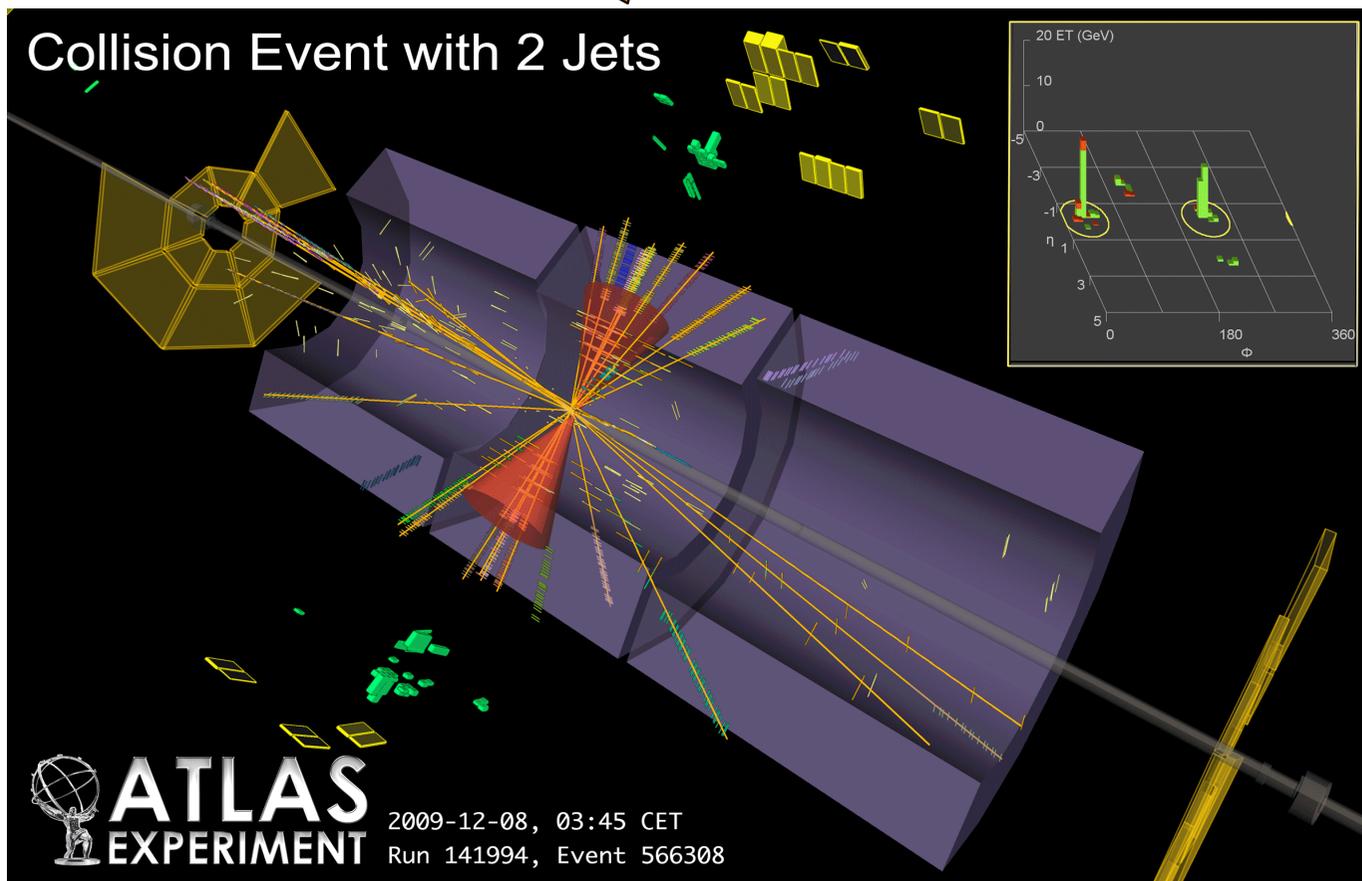
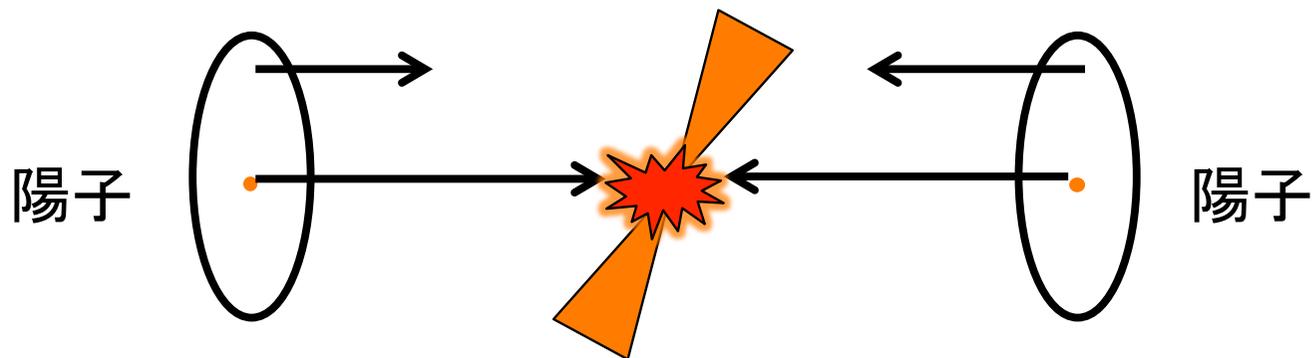
Built-in-1minute.mov

やる気とガッツを持つ若い研究者達が研究の主役

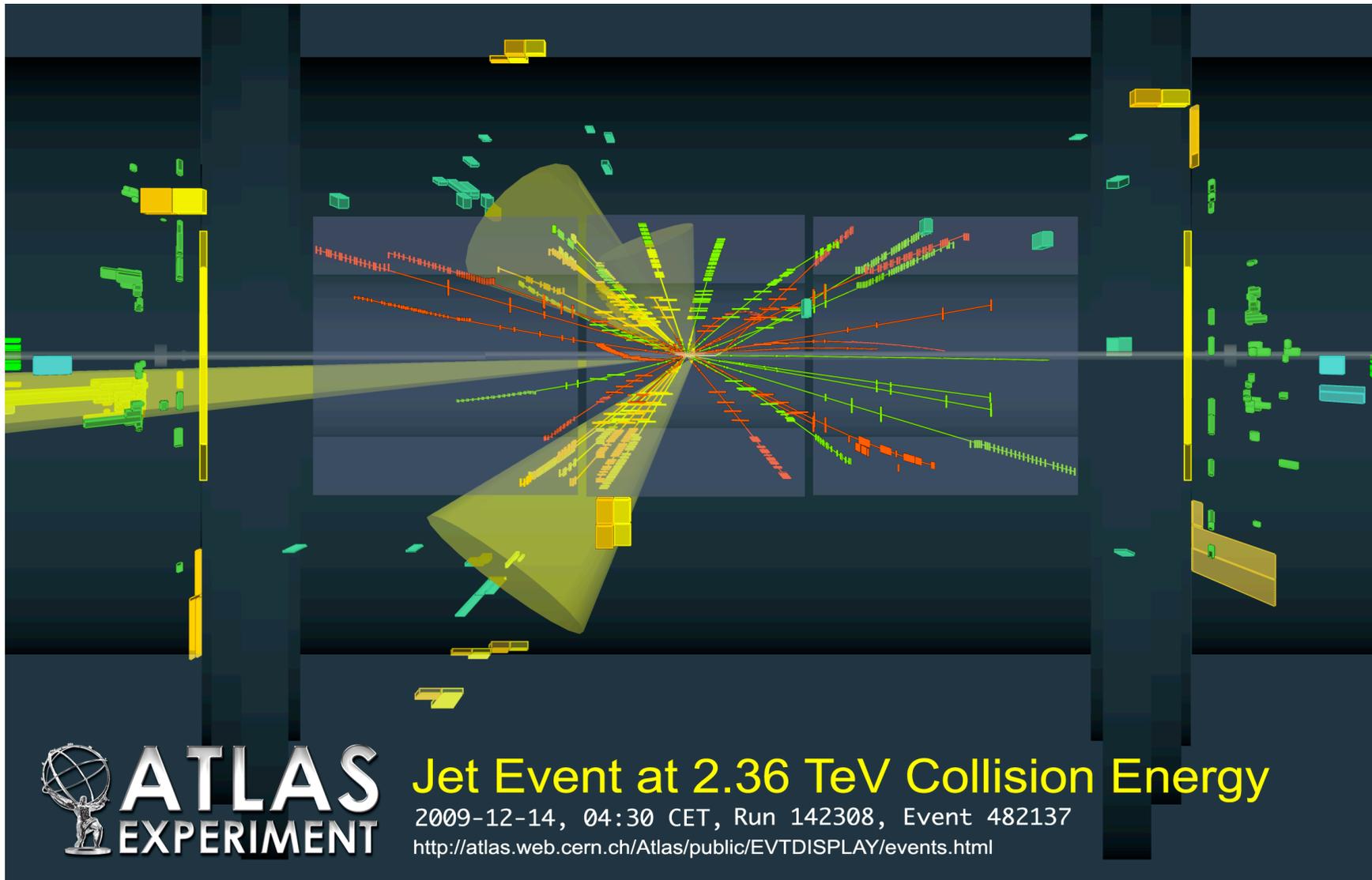


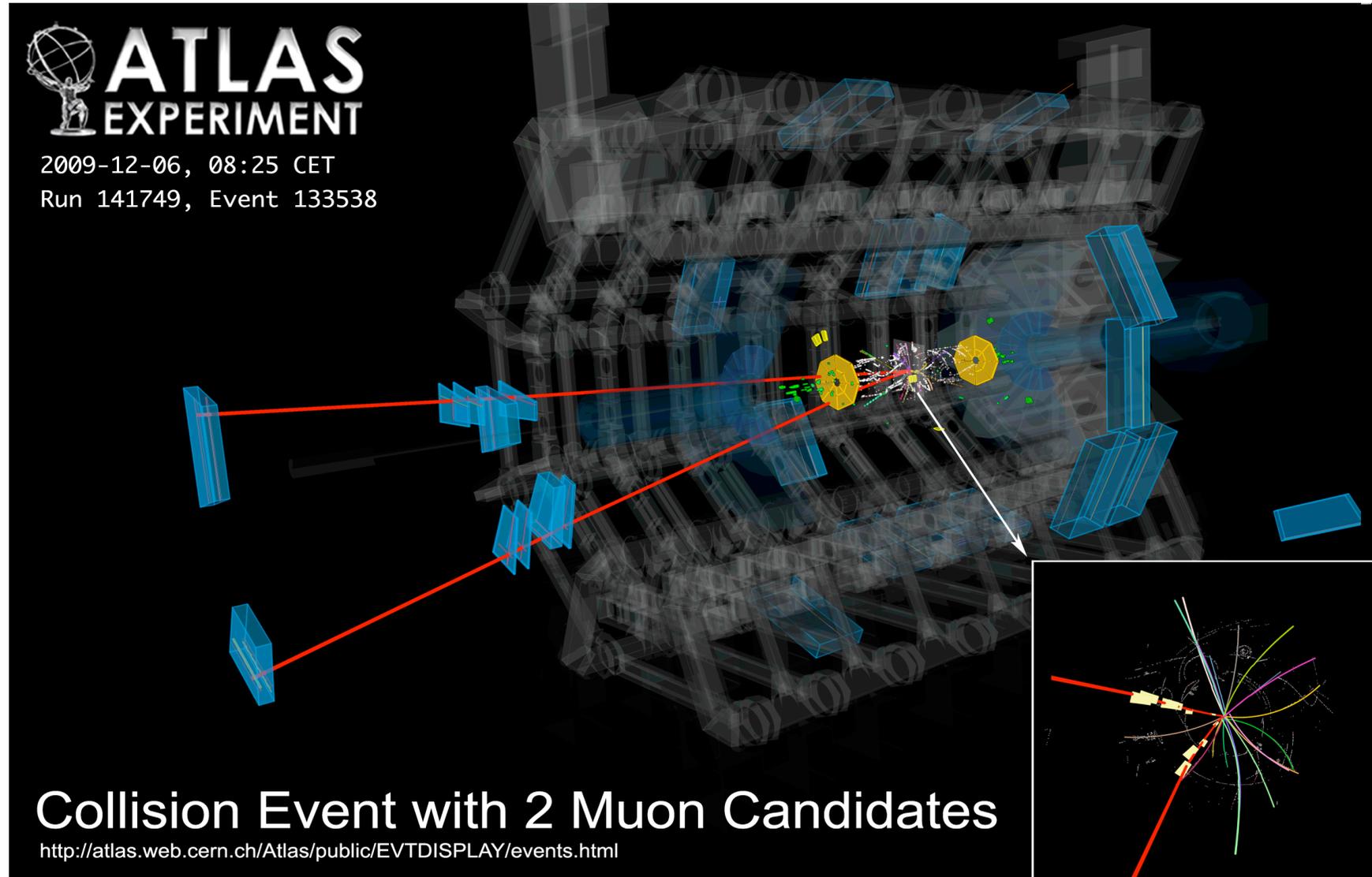


900GeV衝突事象: 2ジェット事象

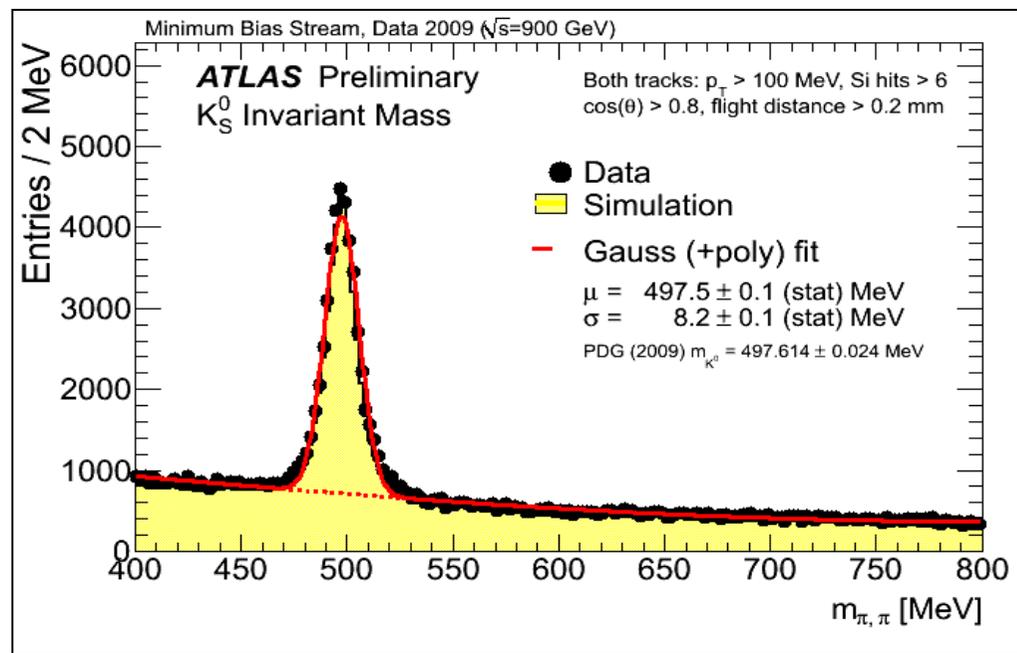
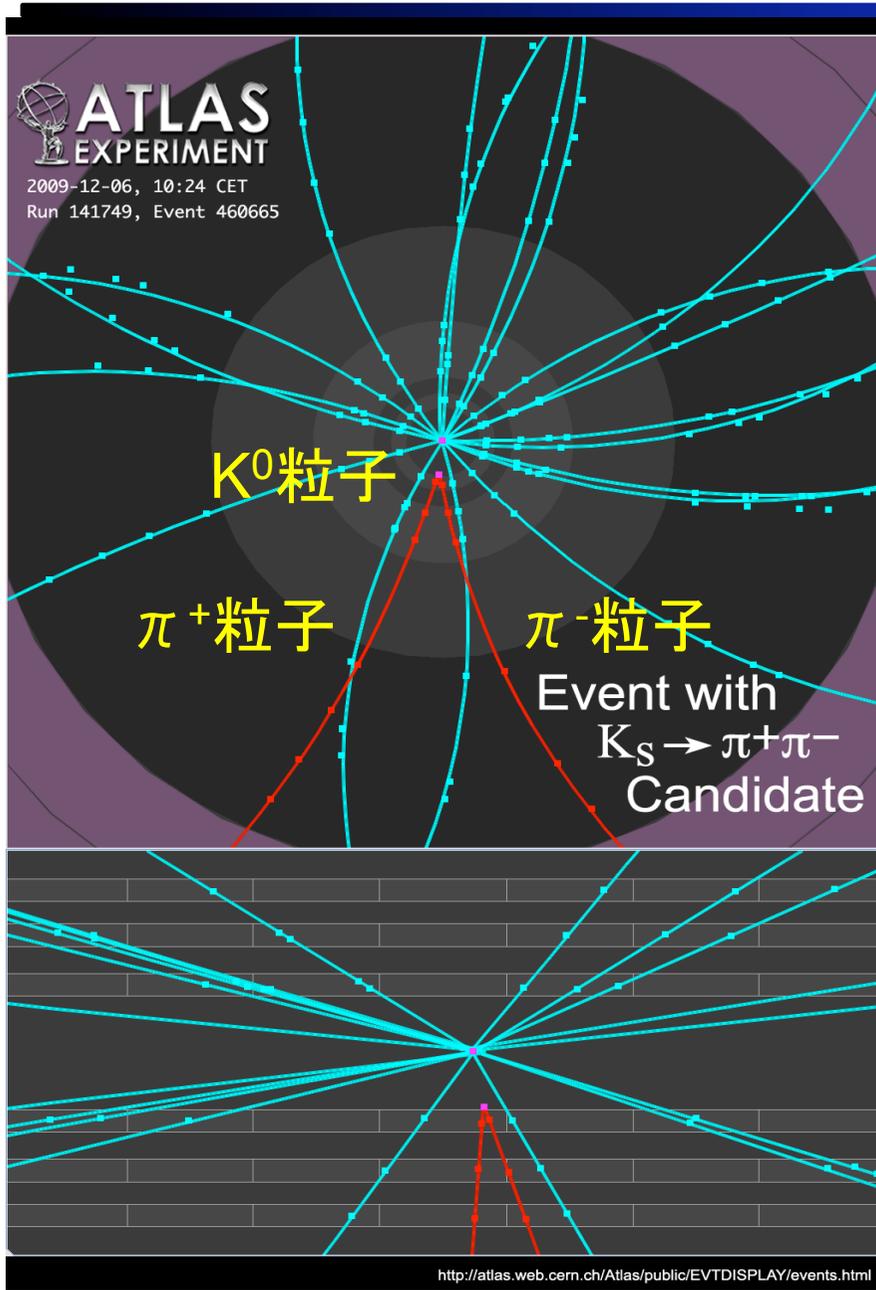


2.36TeV衝突事象





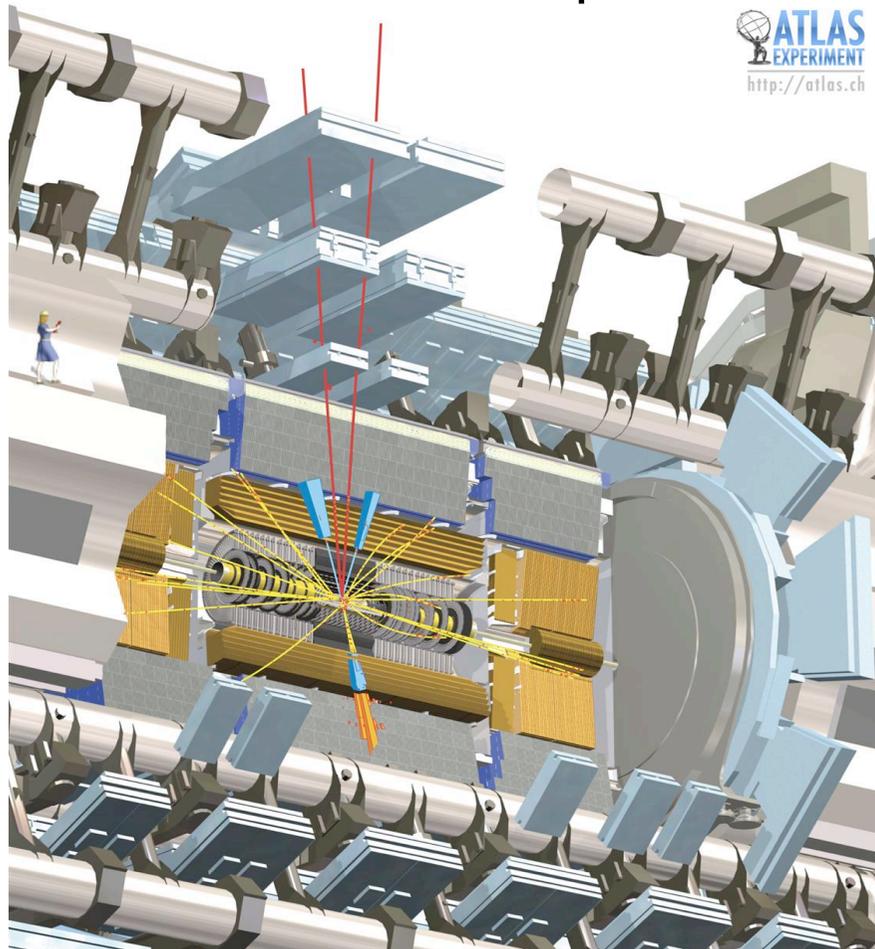
親粒子を復元



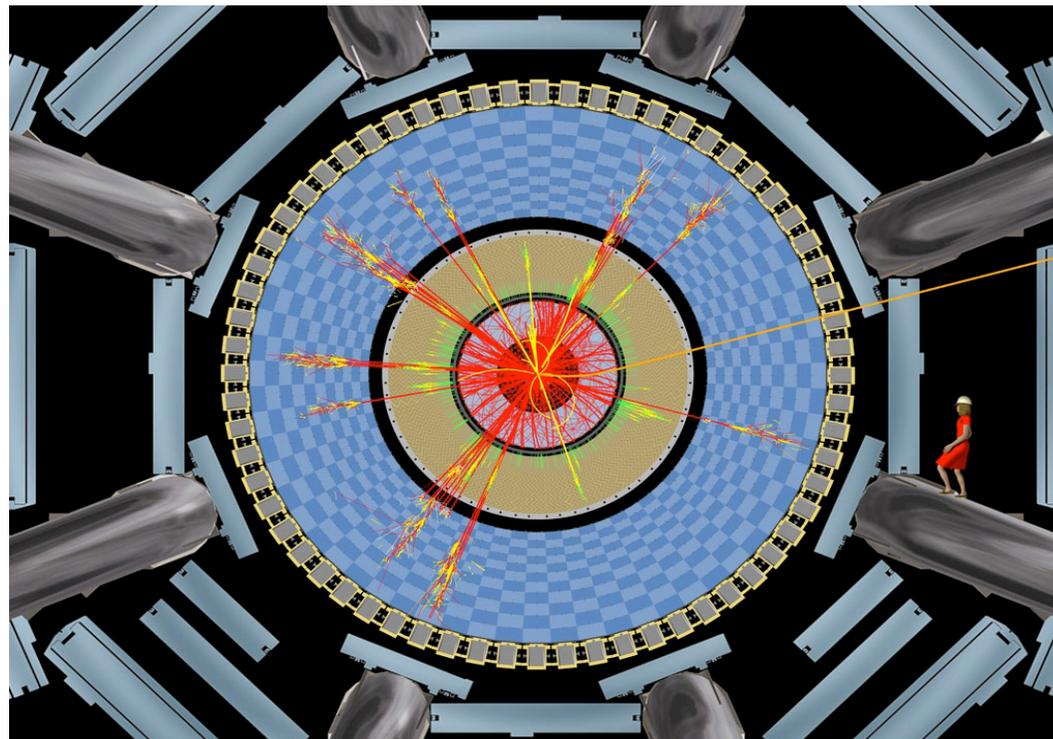
未来のイベントを先取り

ヒッグス粒子

ヒッグス → 電子2個 + μ 粒子2個



余剰次元によるブラックホール



間もなく、自然がこのようなイベントを生成する！！

素粒子物理学の革命前夜

15年の時を経て、**LHC実験**が開始しました。

今まさに、**素粒子物理学の革命期**をむかえようとしています。

新しい素粒子の発見を目標にして、物理を勉強し、楽しみ、私たちと素粒子研究をしませんか？