



名古屋大学における最先端の理学研究 ～開始直前のLHC加速器素粒子実験～

戸本 誠

名古屋大学大学院

理学研究科 素粒子・宇宙物理専攻

名古屋大学高等研究院教員



Nagoya University
High Energy Physics

名古屋大学大学院理学研究科 高エネルギー素粒子物理学研究室 - N研

最先端の理学部研究の紹介

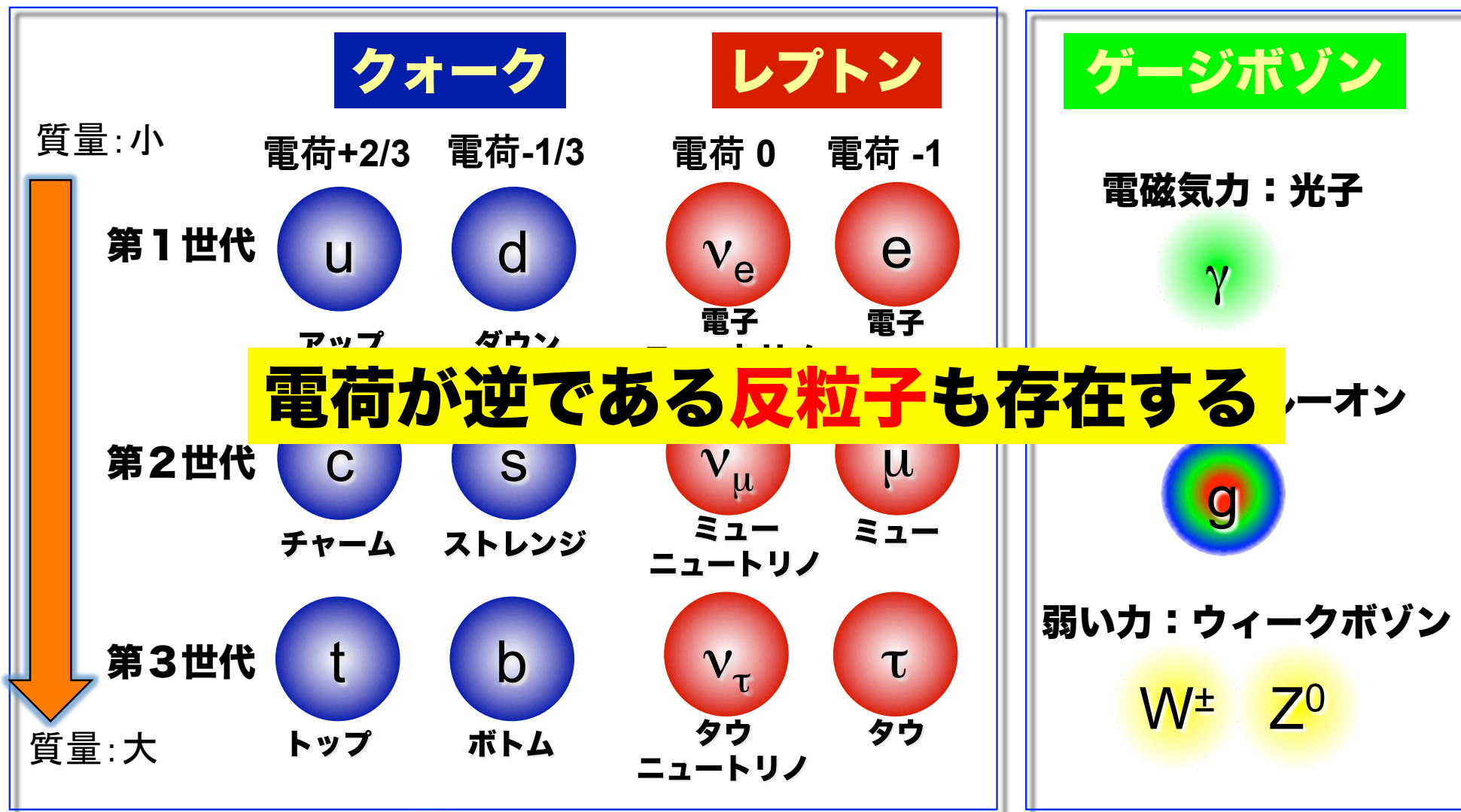
高エネルギー素粒子実験
～欧州CERN研究所 LHC計画～



現在の素粒子 (わかっていること)

基本構成粒子

力を伝える粒子

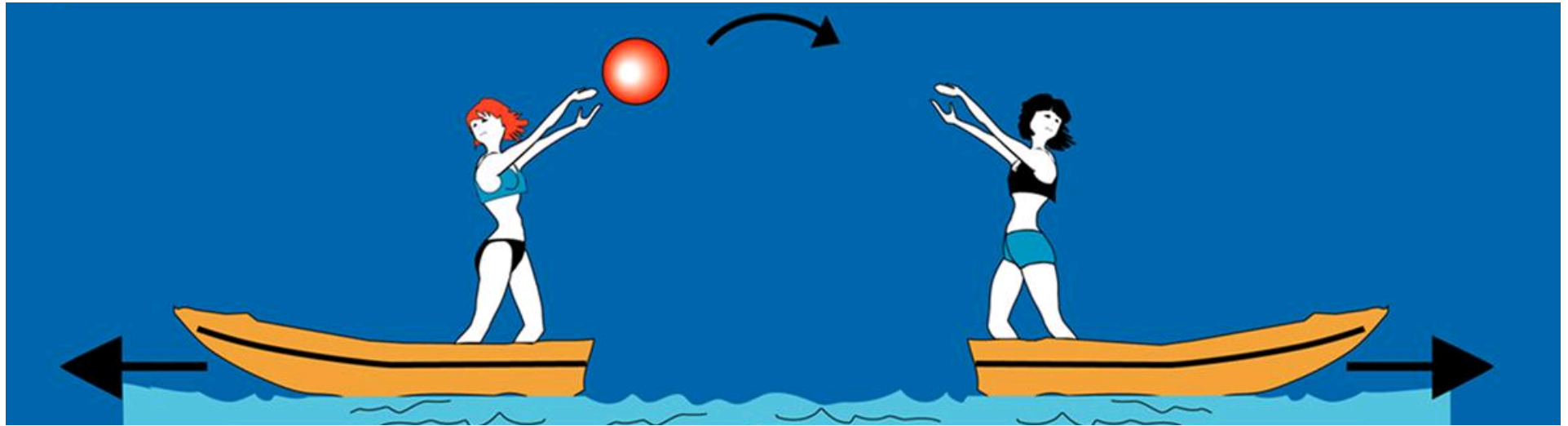


未発見!

H
ヒッグス粒子

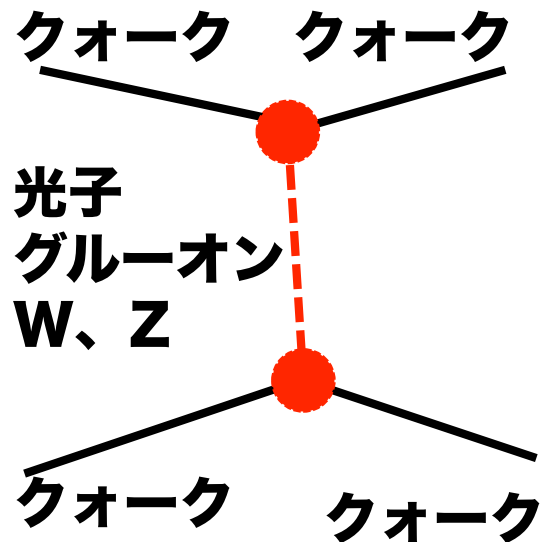
素粒子に質量を与える

力



4種類の相互作用

素粒子間の相互作用は、光子などの粒子の交換による

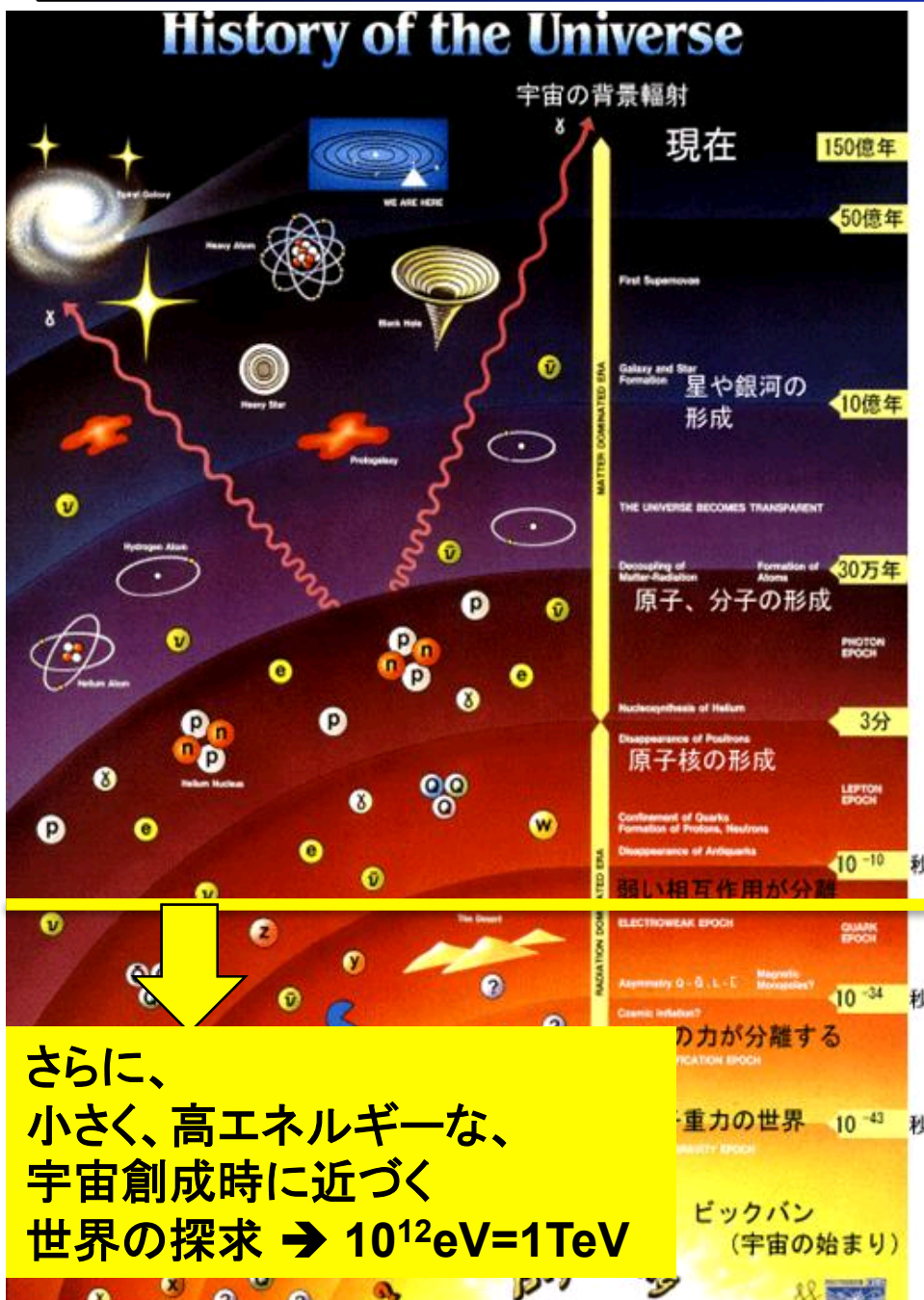


種類	強さ	到達距離	電荷	媒介粒子
重力	1	無限	質量	重力子?
電磁気力	10^{38}	無限	電荷(+/-)	γ (光)
弱い力	10^{15}	10^{-18} m	弱電荷	W^\pm Z^0
強い力	10^{40}	10^{-15} m	色電荷(3種)	g

電磁気力が電荷を感じて相互作用
→ 他の力も同様

素粒子の世界では重力は無視できる

素粒子物理学



宇宙はビッグバンから創成
宇宙の創成時は高エネルギー状態
→素粒子の世界

素粒子研究は宇宙創成の研究

我々は、
宇宙誕生後 **10⁻¹⁰秒**
10⁻¹⁸mの極微世界
10¹¹eV=100GeVのエネルギー
の素粒子世界まで理解が進んでいる。

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{陽子の質量} : 10^9 \text{ eV}$$

$$\text{陽子の大きさ} : 10^{-15} \text{ m}$$

しかし、

宇宙創成時は、**10⁻³⁵m**の世界

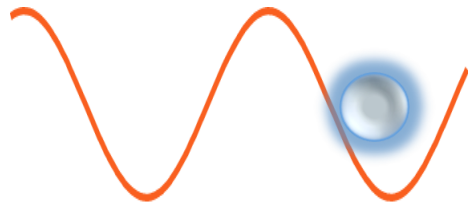
- 粒子・反粒子の謎
- 素粒子の世代の謎
- クォーク/レプトンは究極粒子か？
- 4つの力を統一的に扱いたい
- 我々が理解する物質は宇宙物質の4%

と、わからないことも沢山

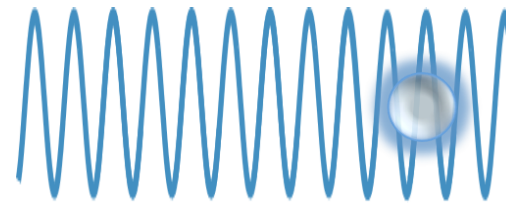
素粒子実験=高エネルギー実験

- 物質の細かい構造を理解する

➤ 分解能を上げる



$$E = h\nu$$

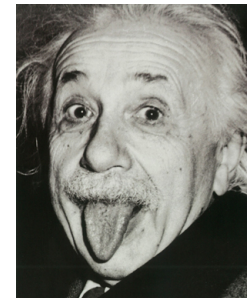


- 未知の粒子を作る

➤ 未知=既知のエネルギーでは未発見 → 高エネルギー

粒子・反粒子対消滅： $e^+e^- \rightarrow$ エネルギー

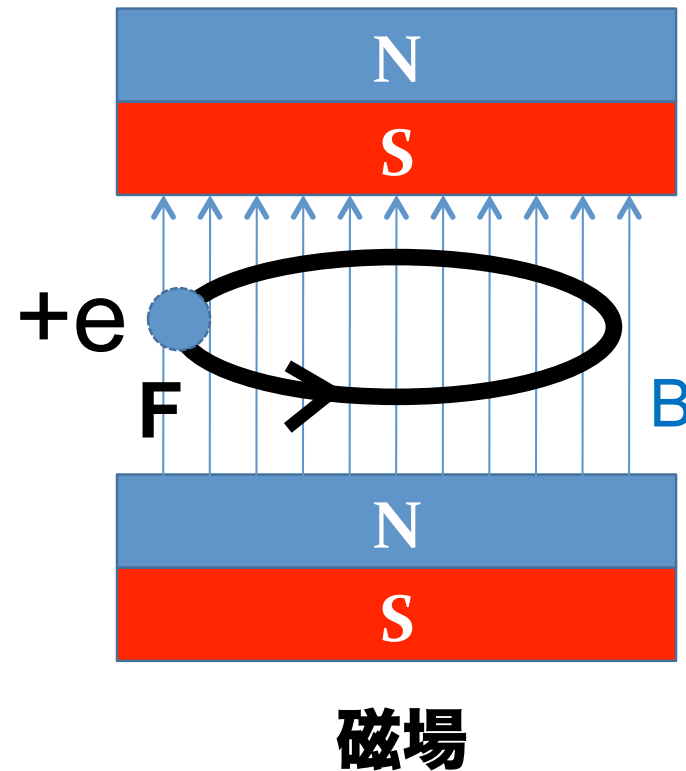
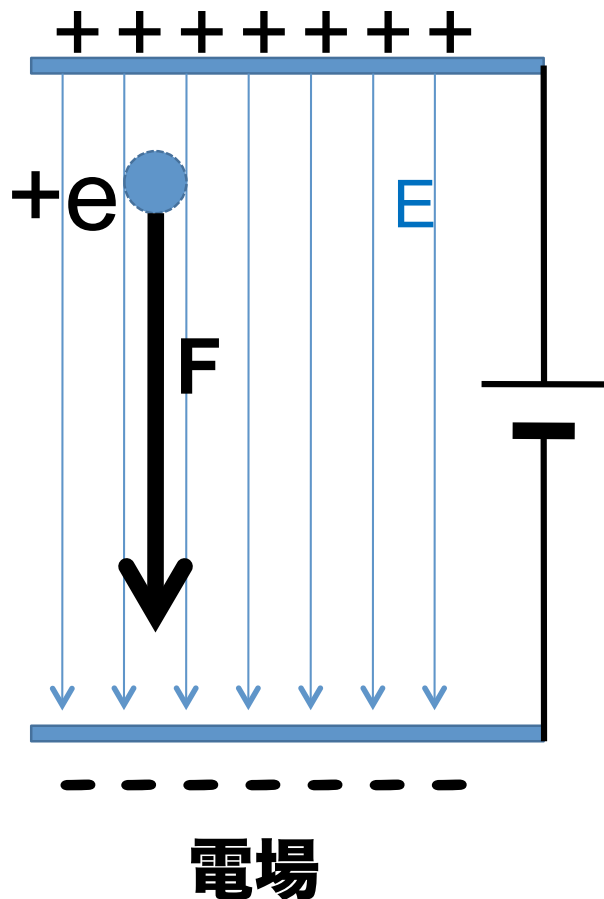
$2E = Mc^2 \rightarrow$ 質量 M の未知素粒子？



新しい物理への展開 → より高エネルギー状態を作ればよい

高エネルギーを作る：加速器

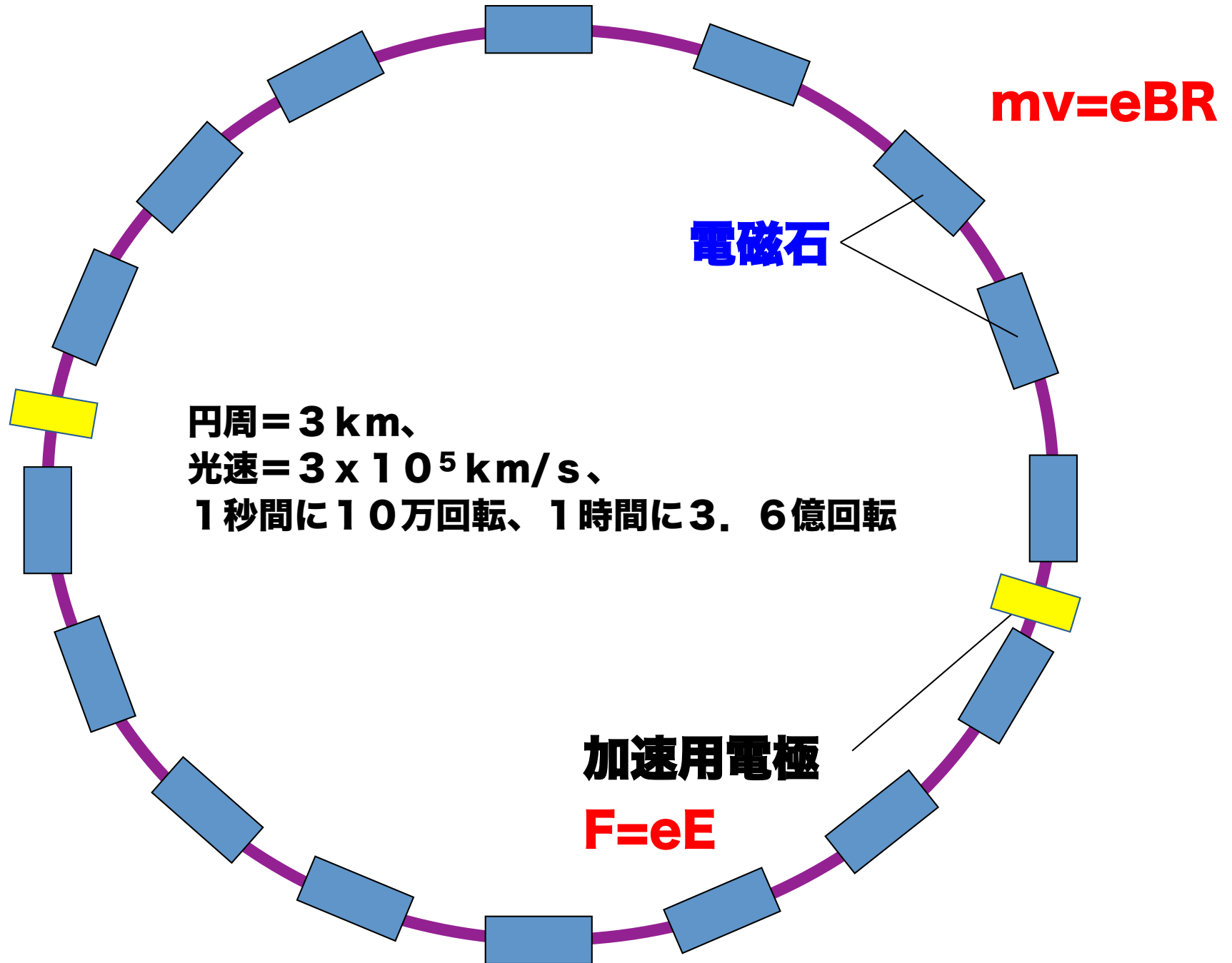
ローレンツ力 $F = eE + ev \times B$



$$evB = mv^2/R$$
$$mv = eBR$$

磁場と回転半径が大きいと加速大

加速器



Large Hadron Collider

周長27 Km

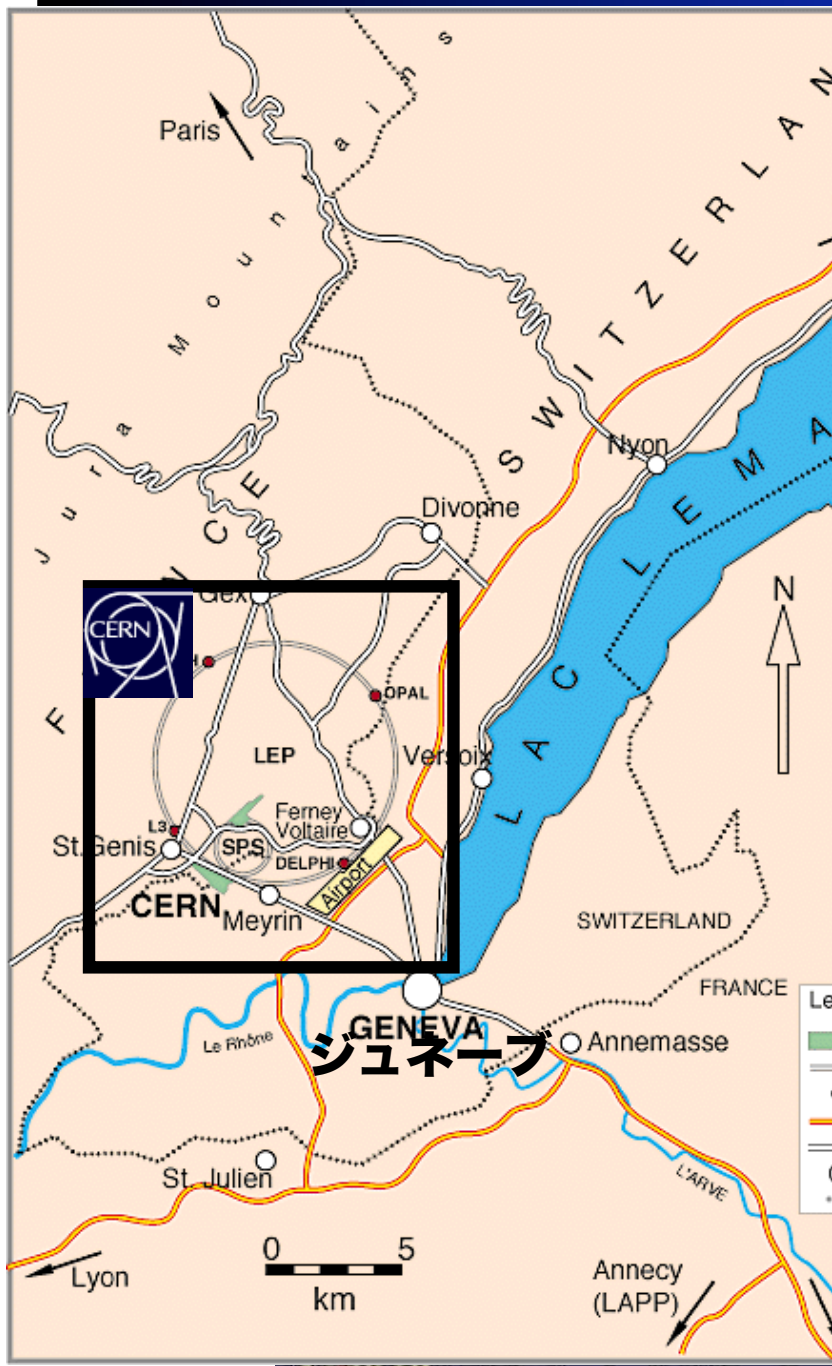
フランス

ジュネーブ空港

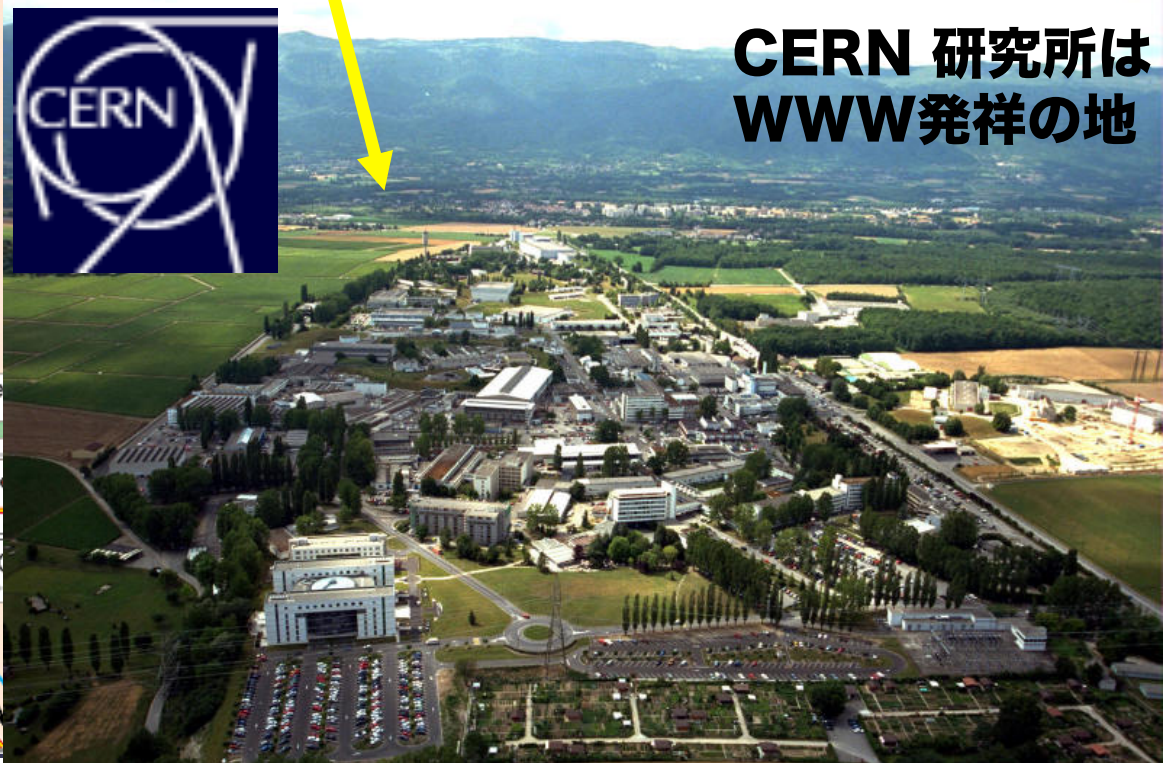
スイス

世界最大周長27kmの加速器
7x10¹²eVの陽子と7x10¹²eVの陽子を衝突させ、
14x10¹²eVの世界最高衝突エネルギーを実現する。
2008年秋から実験が開始する。

欧州CERN研究所

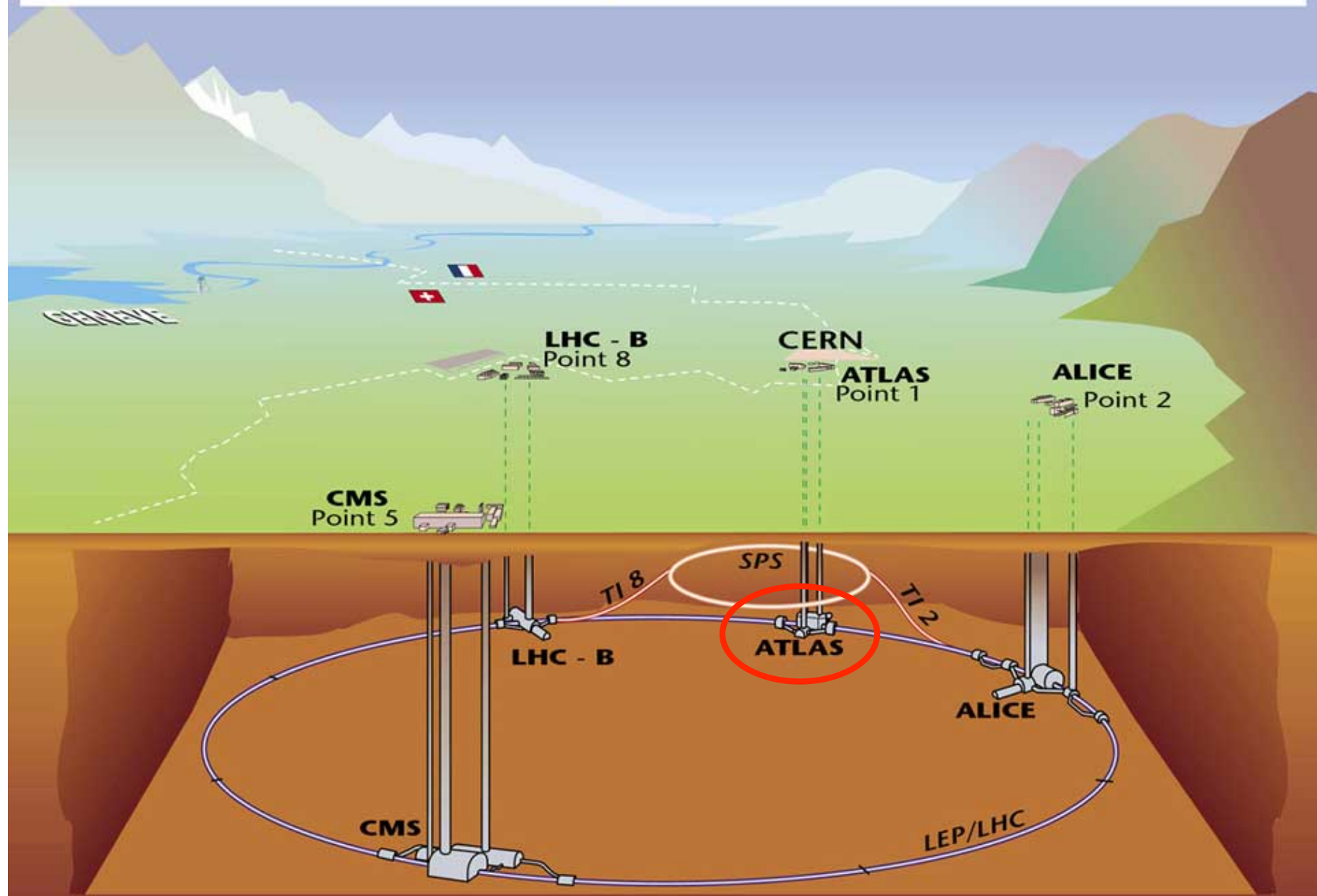


4箇所の実験
日本はATLASに参加



CERN 研究所は
WWW発祥の地

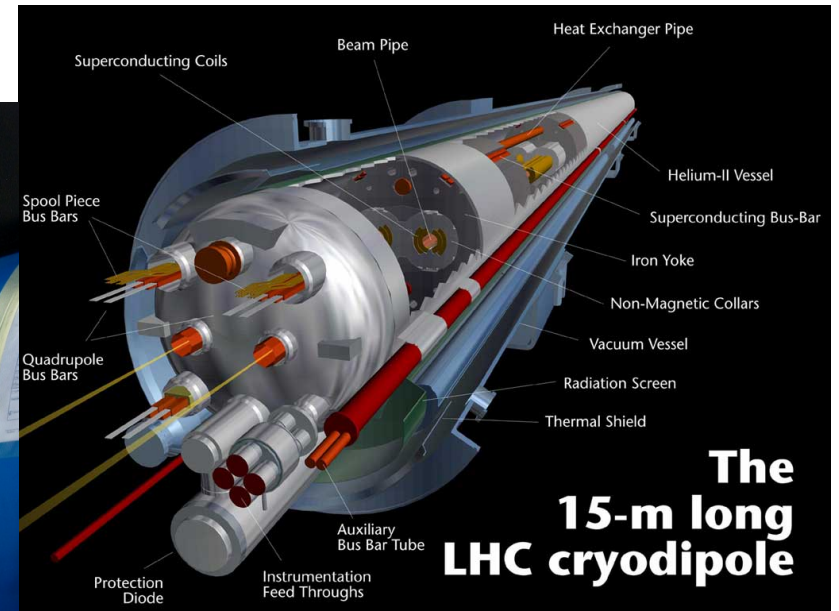
Overall view of the LHC experiments.



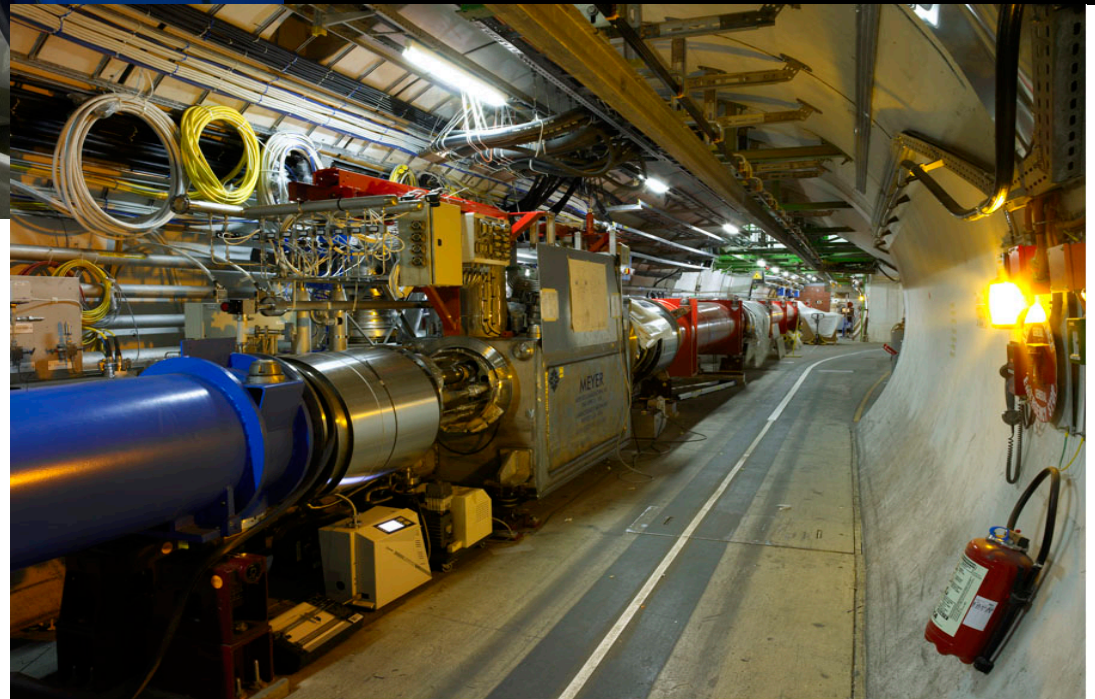
Jura山脈の下70m ~ 150m

LHC加速器

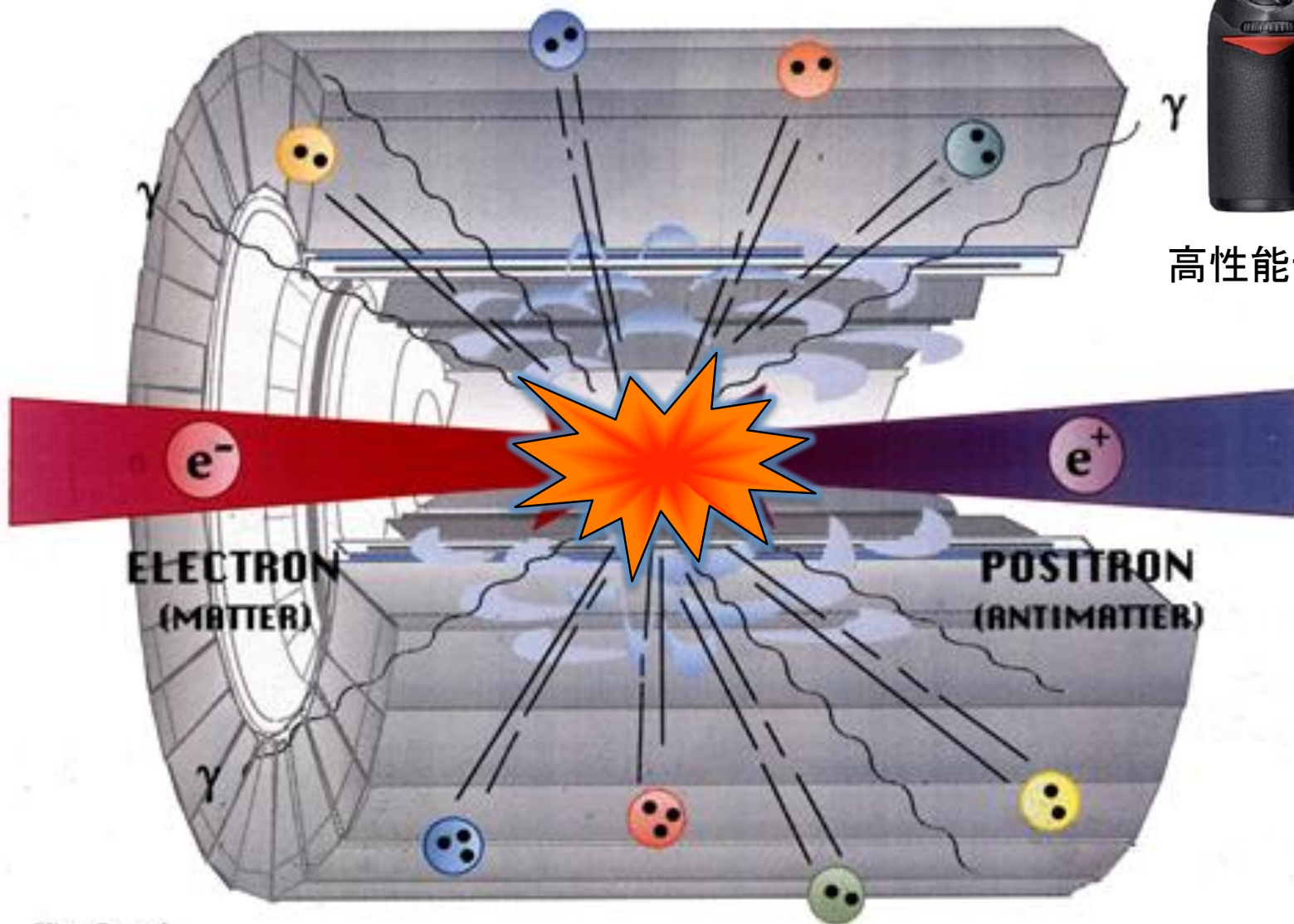
8.3T 超電導磁石：1.9K(-271.25°C)で運転
15m x 1232台 = 18Km(27Km中)



いよいよ試運転開始！

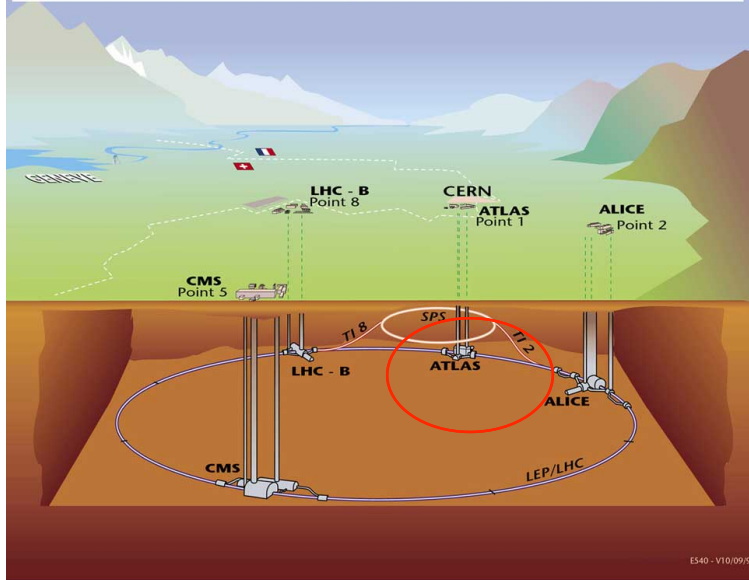


新粒子を捉える検出器

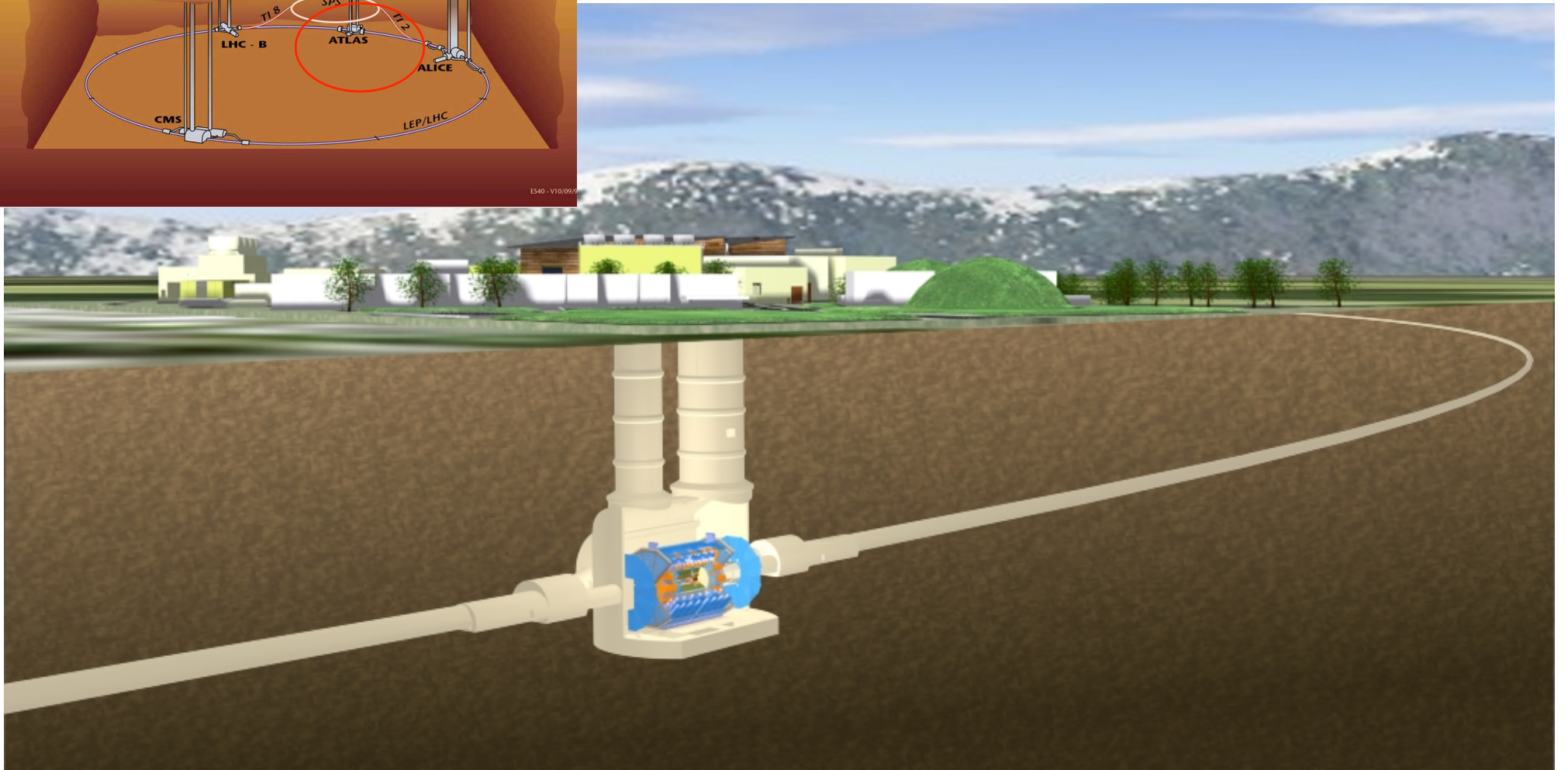


高性能デジタルカメラ？

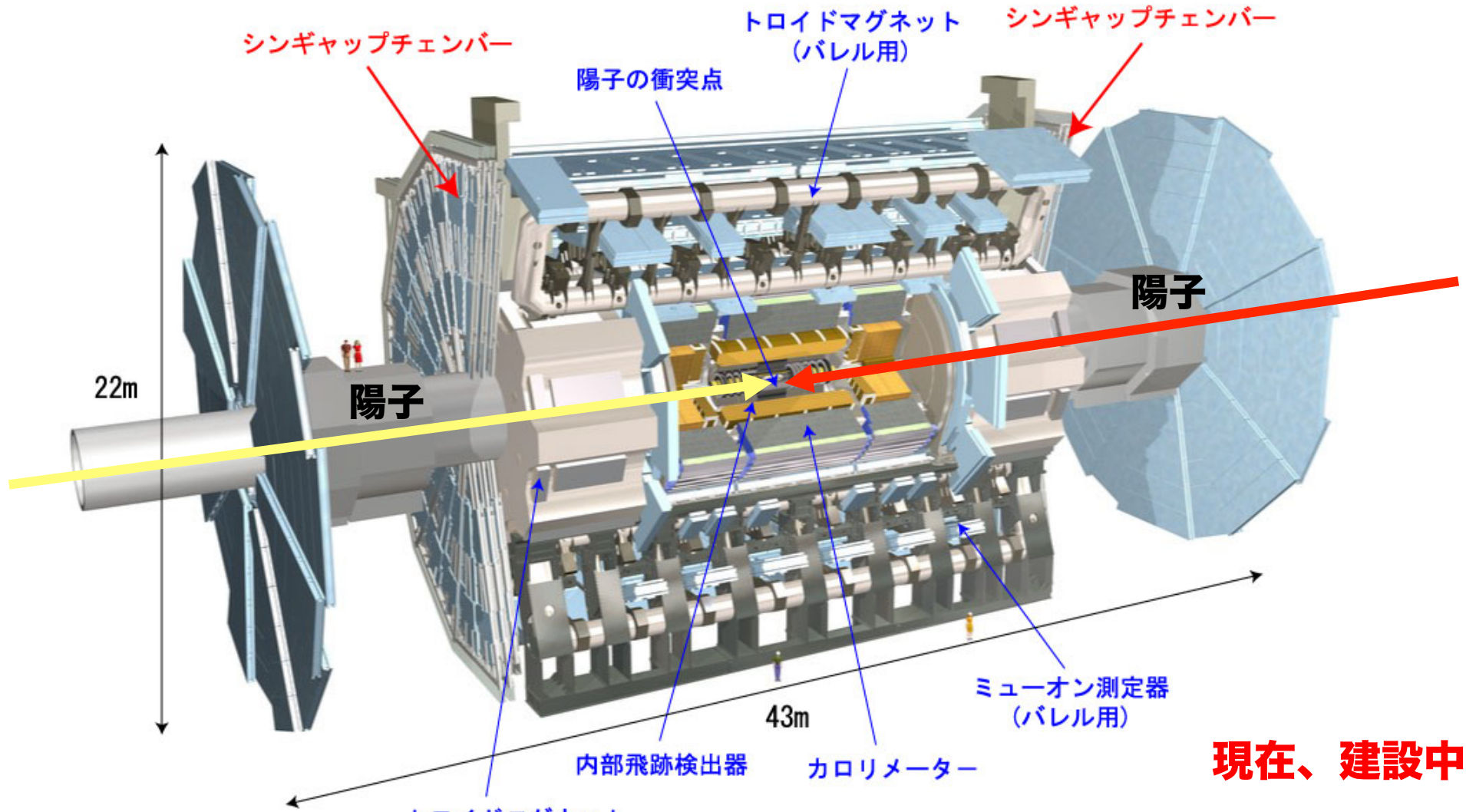
Overall view of the LHC experiments.



ES40 - V10/09/09



ATLAS検出器(A Toroidal LHC ApparatuS)

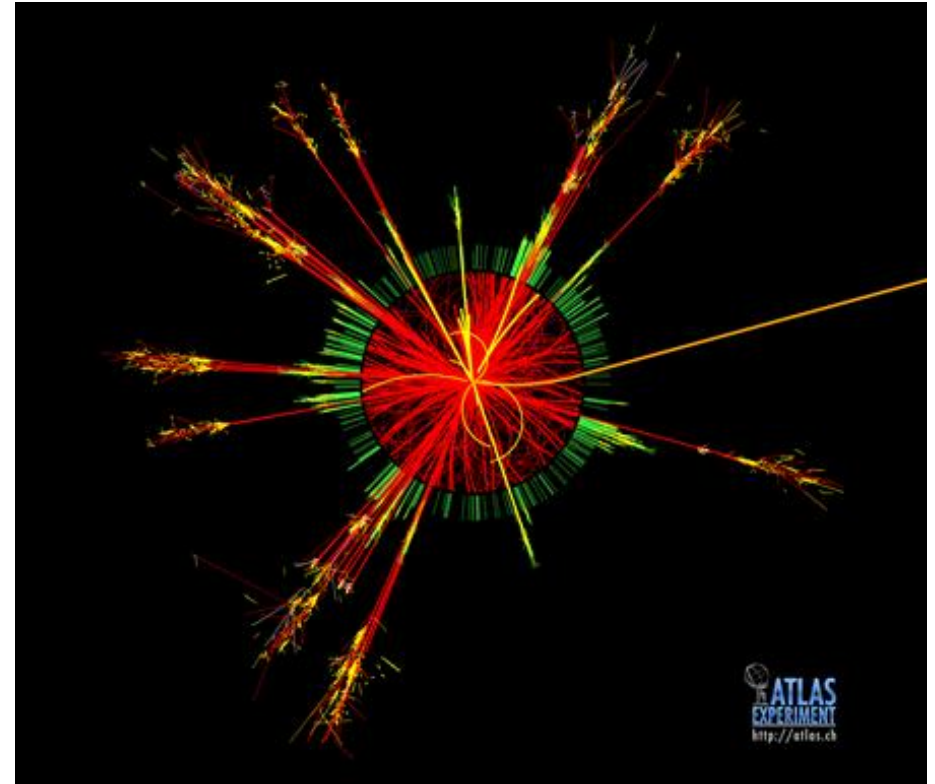
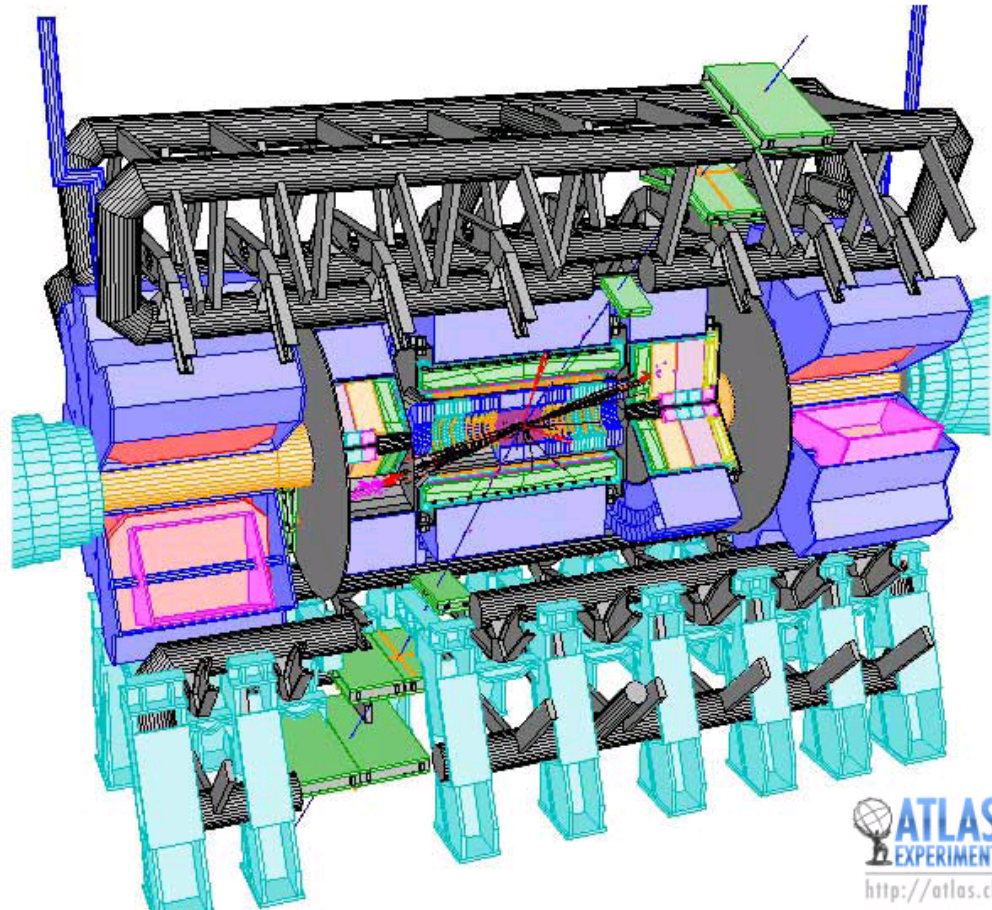


総重量: 7000 トン
直径 : 22.0 メートル
長さ : 43.0 メートル

磁場 : 2 テスラ (solenoid)
0.5 テスラ (toroid)
読み出し : 1億6千万チャンネル

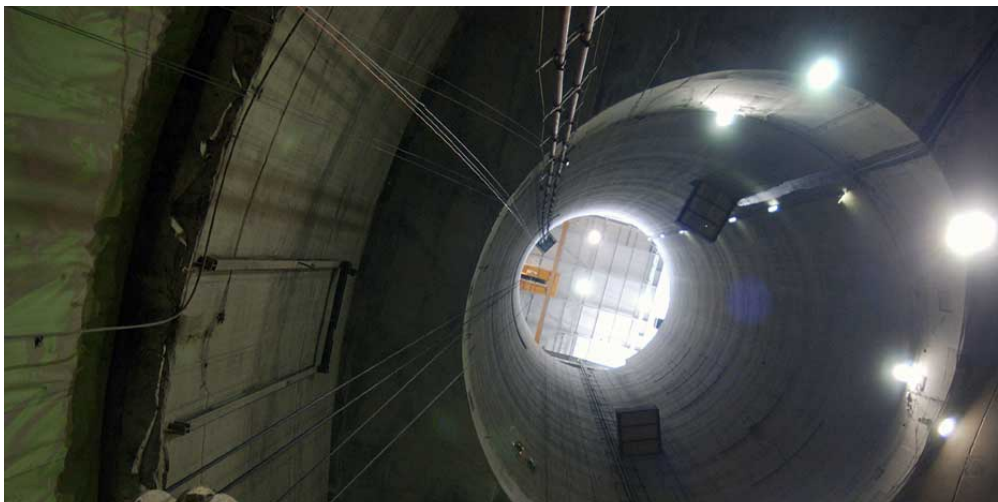
ヒッグス粒子事象 新しい素粒子生成

シミュレーション



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



地下実験ホールと地上を結ぶ穴
ここから検出器をインストールする

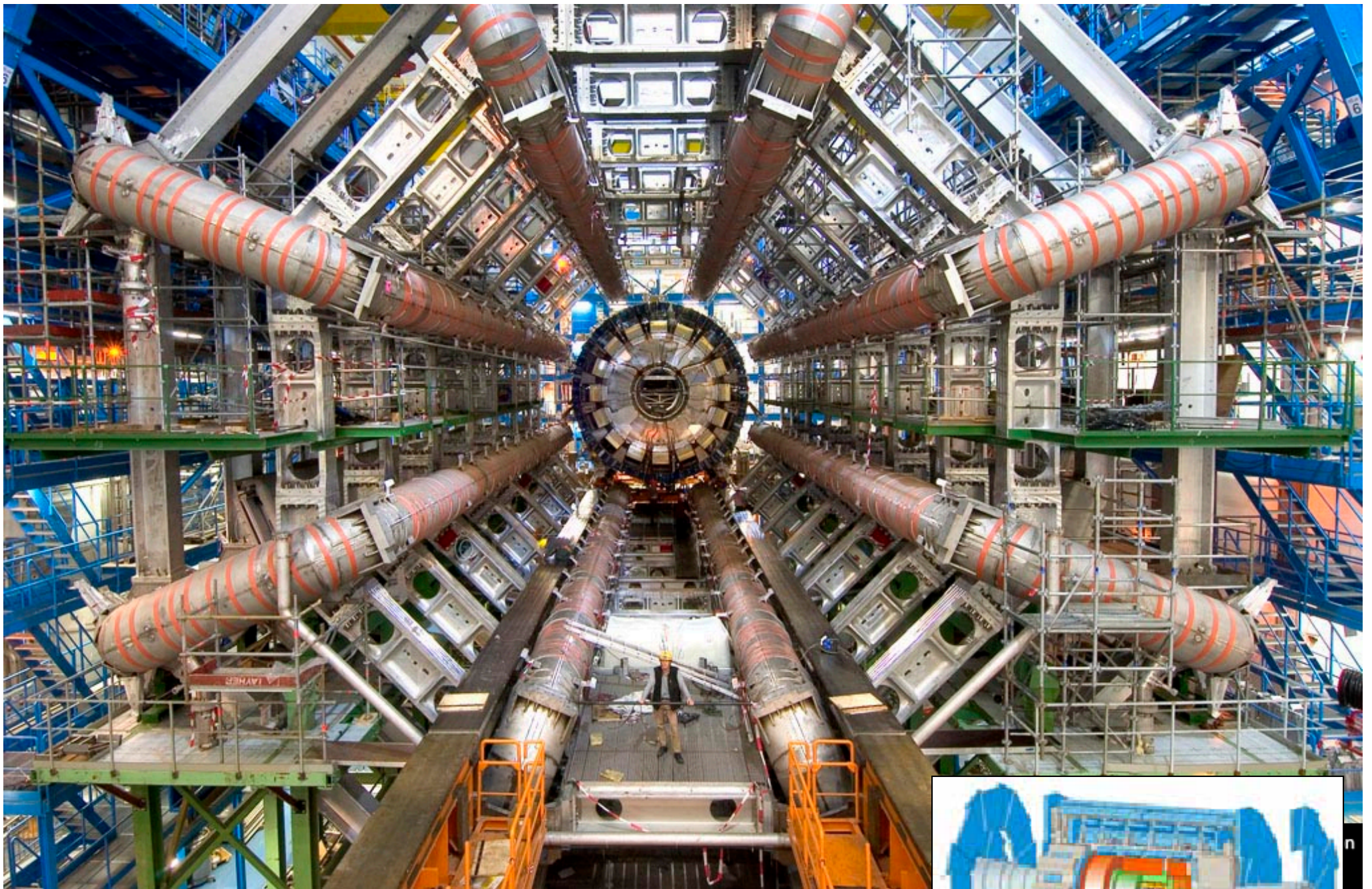


Point 1 - USA15 Cavern vault excavation - October 22, 1999 - CERN ST-CE

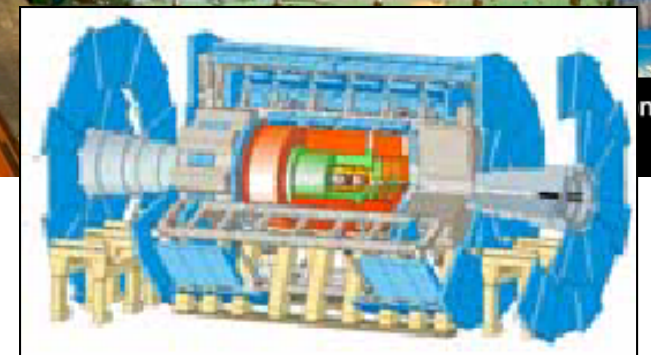


地下実験ホール

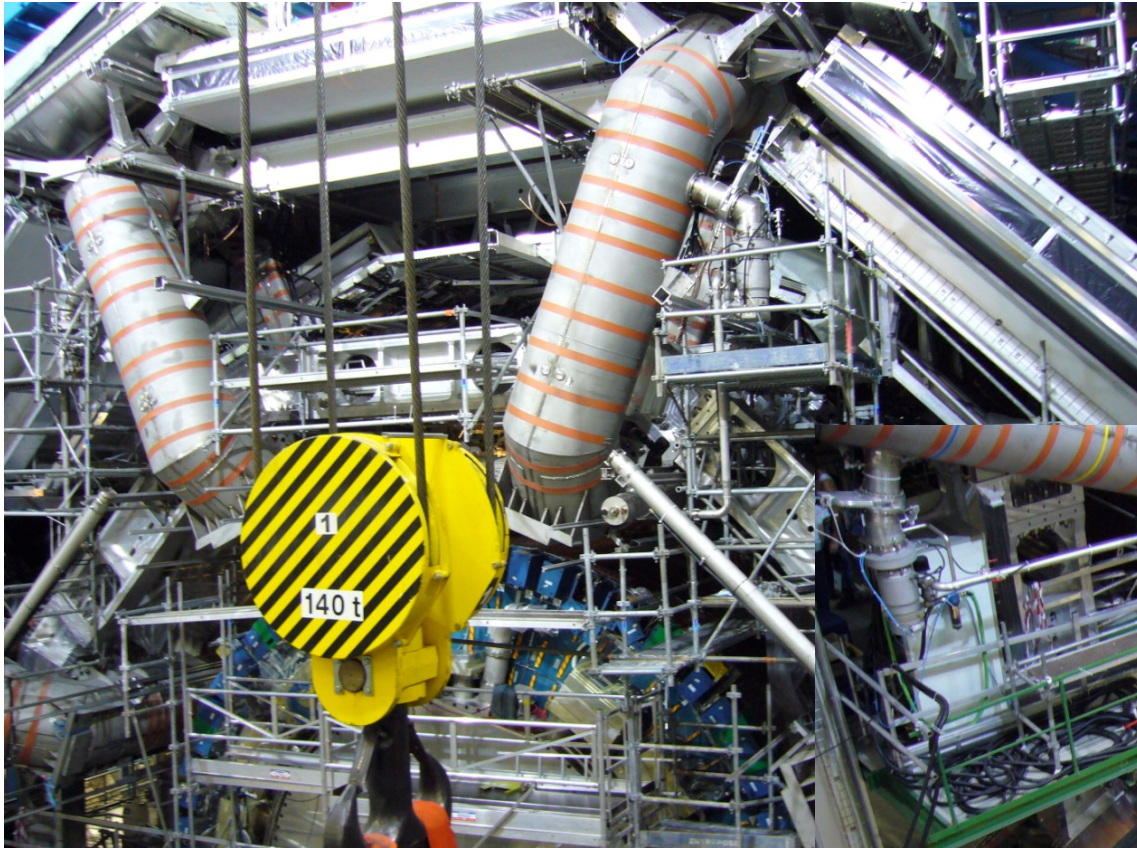




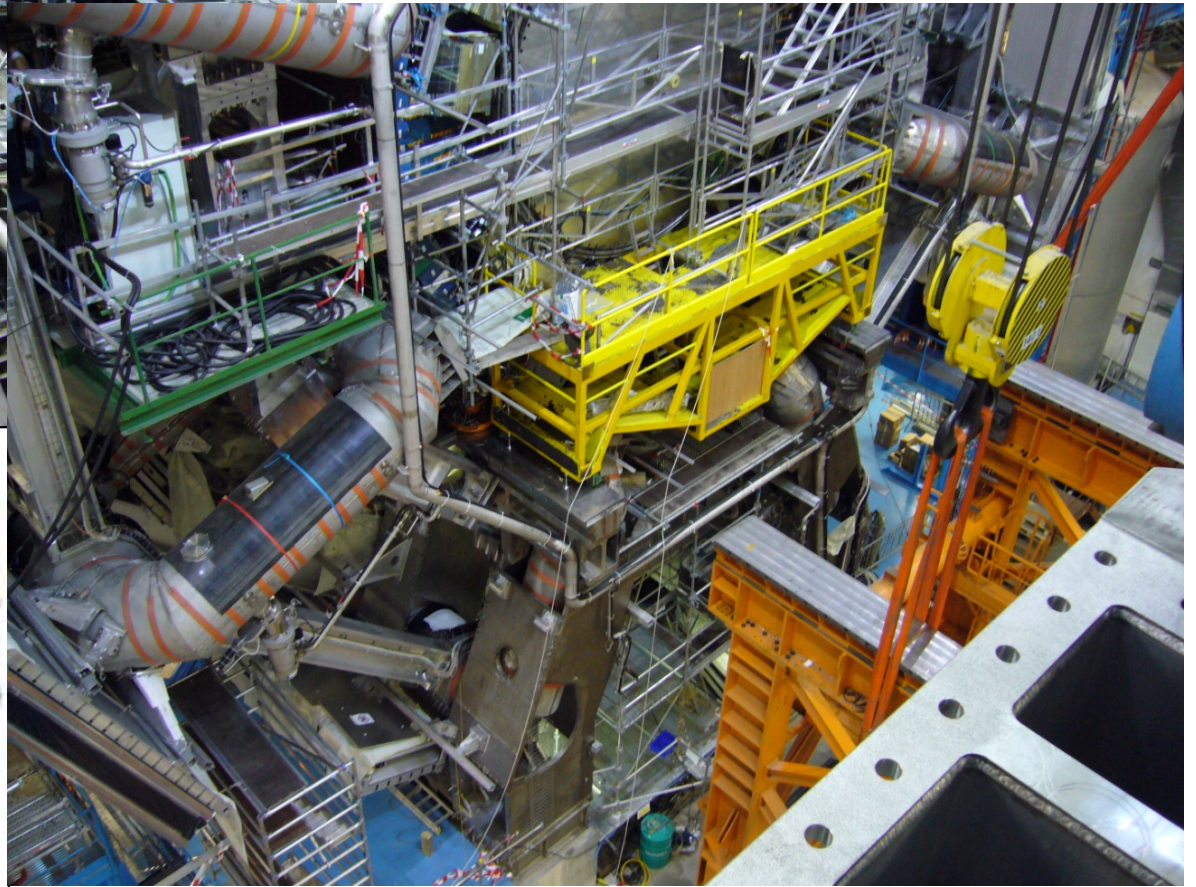
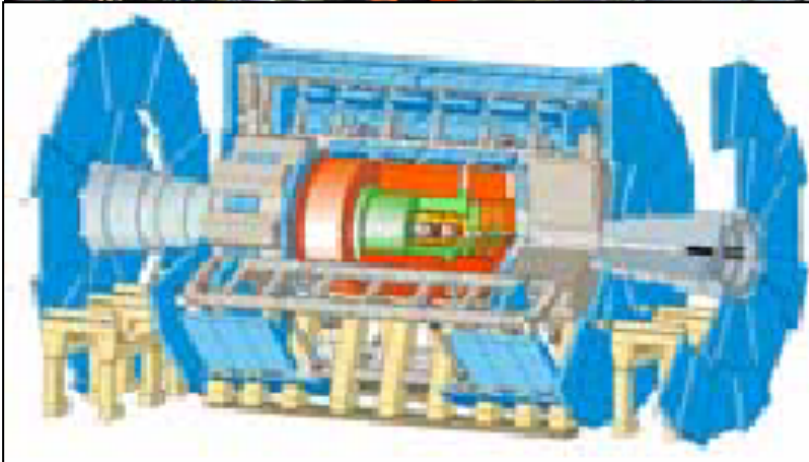
**地下実験室で建設中のアトラス実験装置 2005年11月
(超伝導ソレノイド+中央カロリメターを中心に移動する直前)**

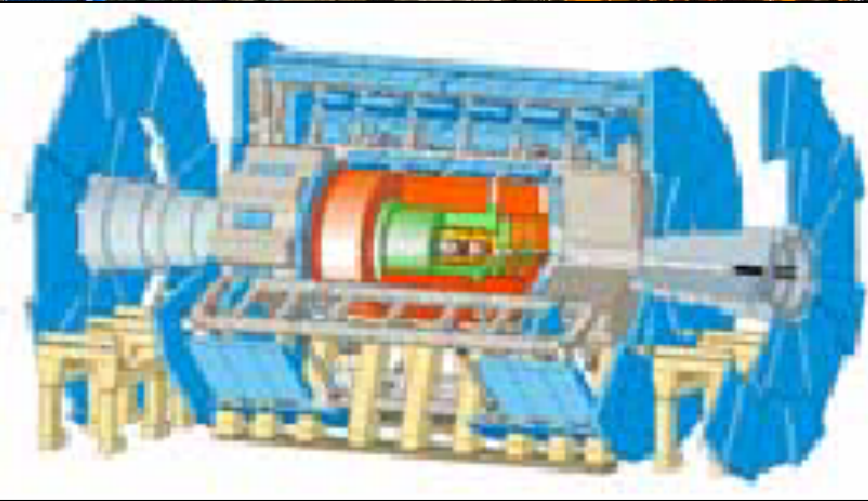
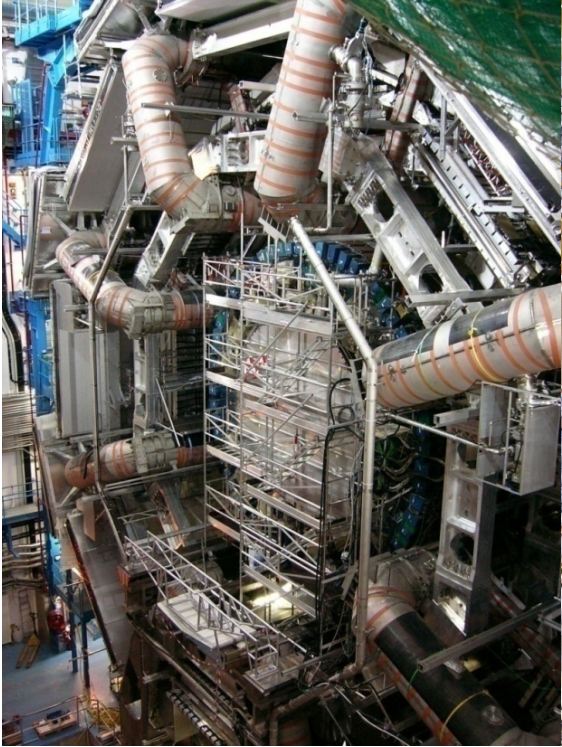
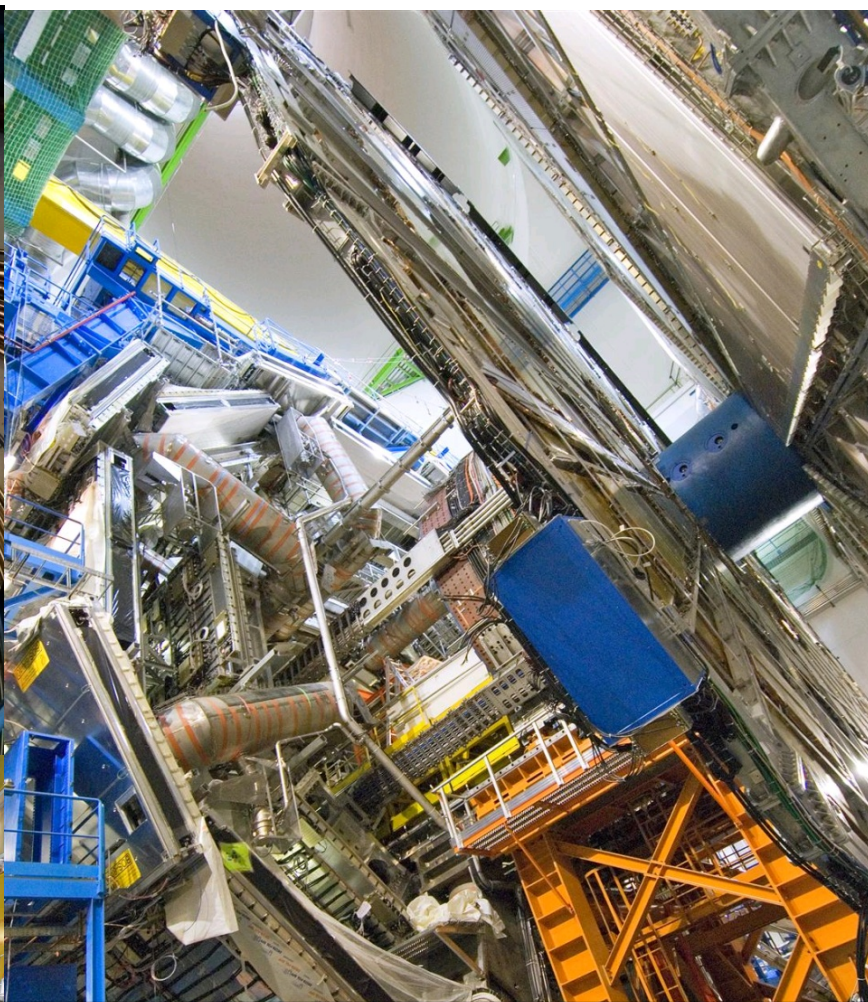
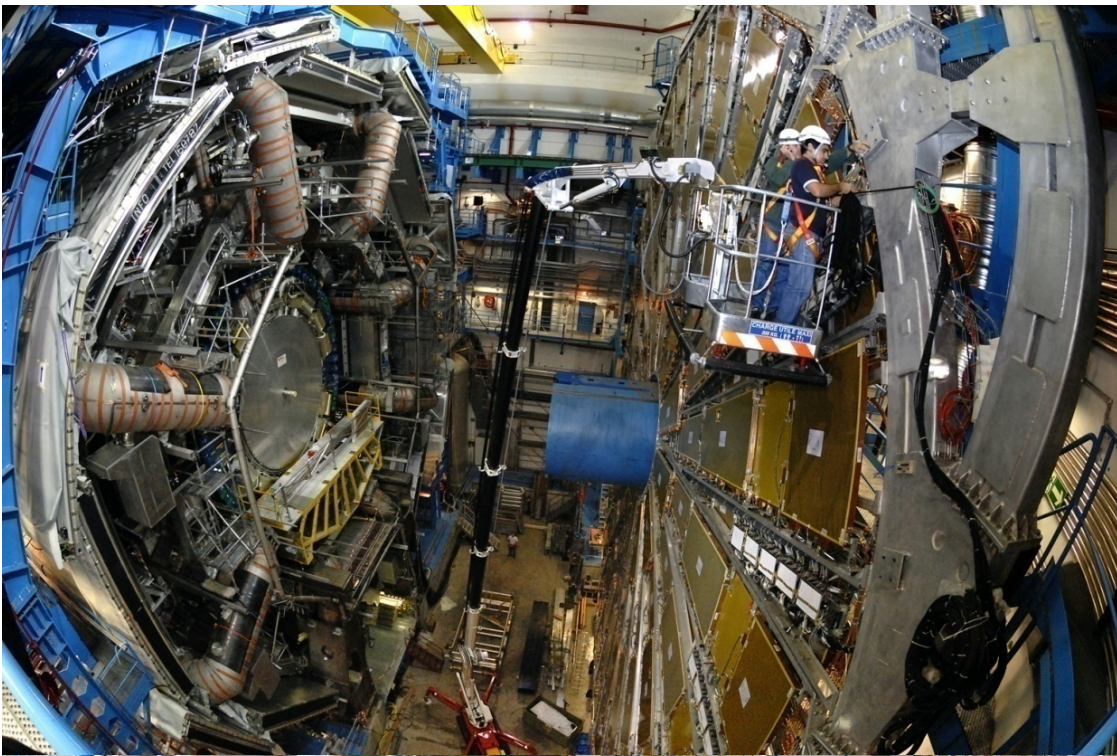


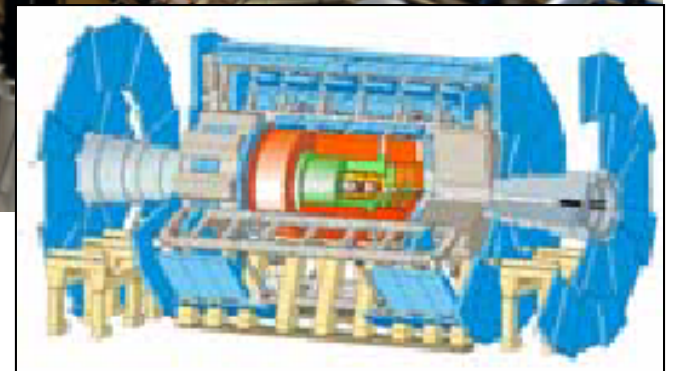
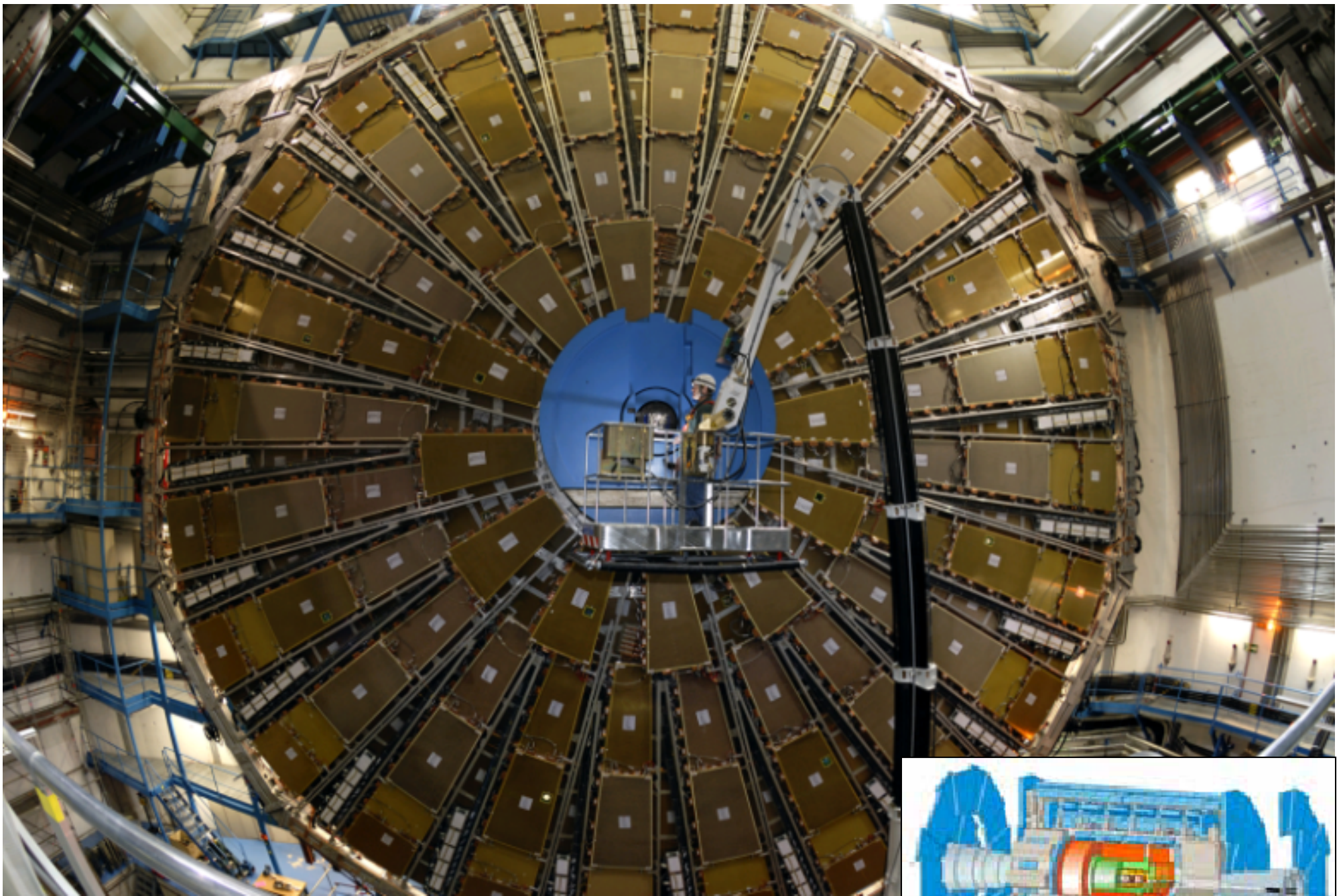
ATLAS建設現場

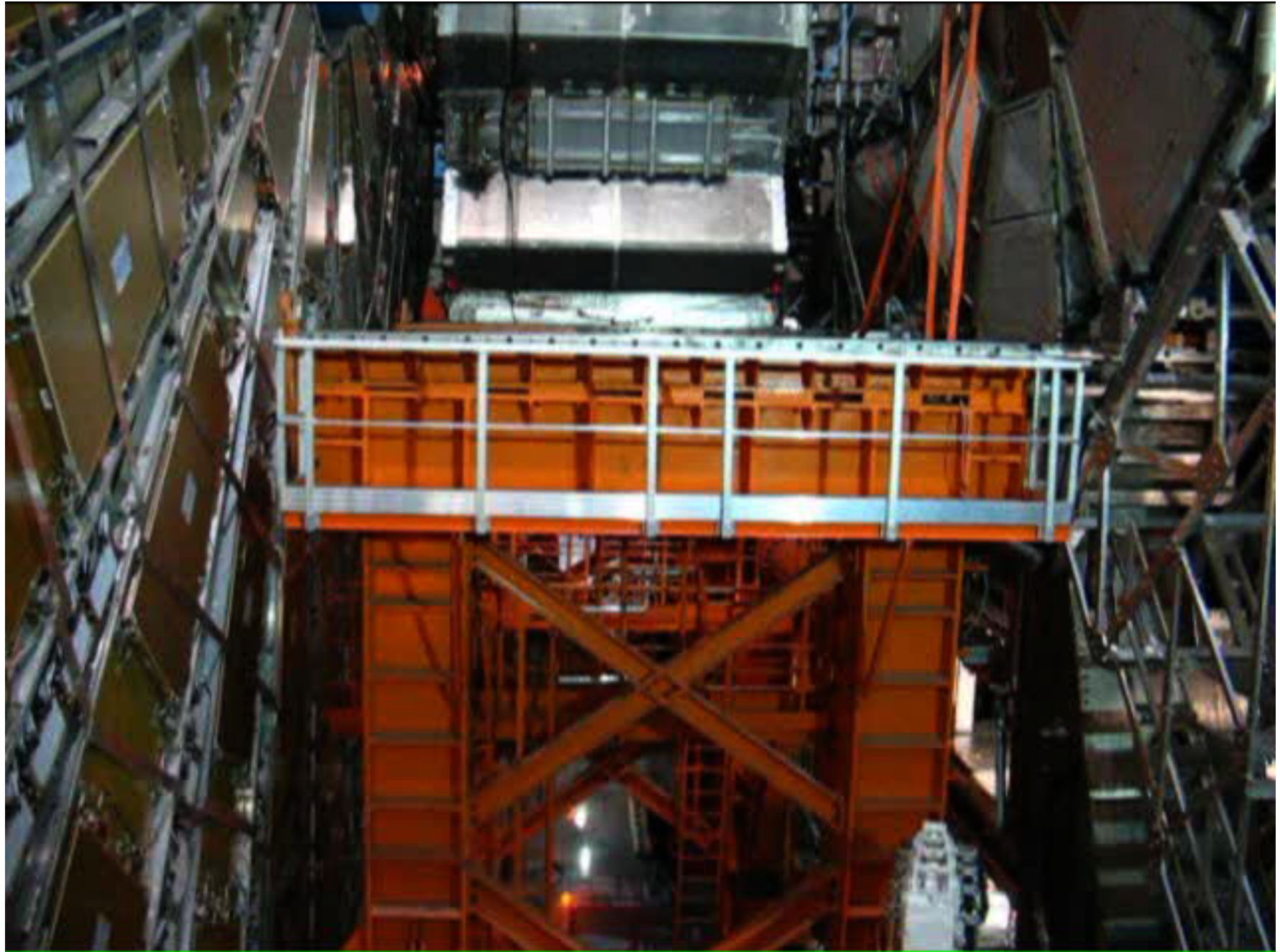


検出器のパーツを地上から地下に備えつける大掛かりな建設工事









ATLAS国際共同実験

最大規模の国際協力実験

35 ヶ国
161 大学・研究期間
1830 研究者

名古屋大学は2006年から参加



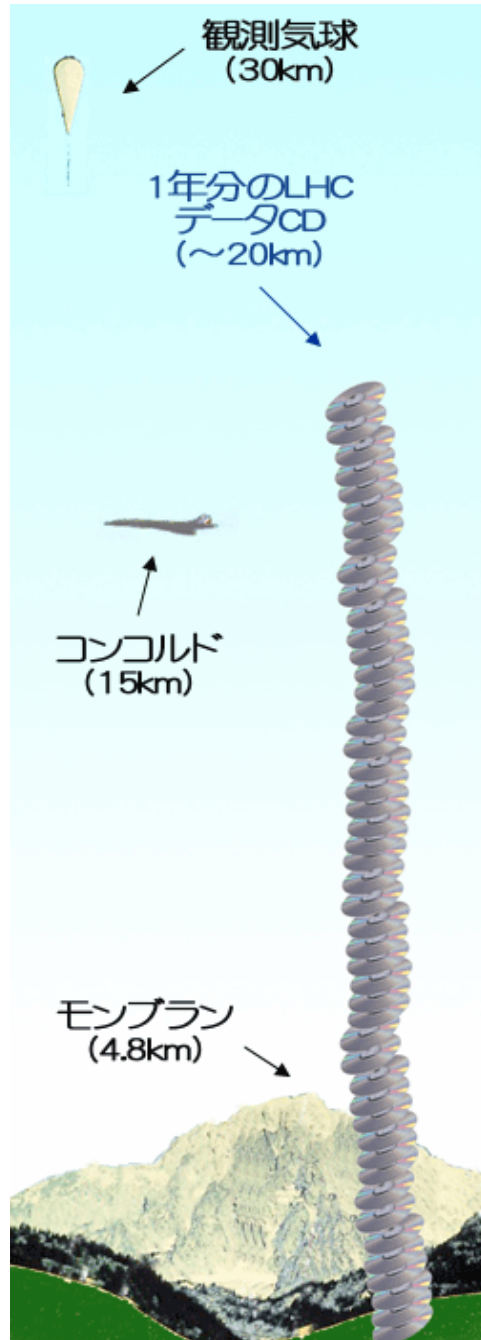
Albany, Alberta, NIKHEF Amsterdam, Ankara, LAPP Ancey, Argonne NL, Arizona, UT Arlington, Athens, NTU Athens, Baku, IFAE Barcelona, Belgrade, Bergen, Berkeley LBL and UC, HU Berlin, Bern, Birmingham, Bologna, Bonn, Boston, Brandeis, Bratislava/SAS Kosice, Brookhaven NL, Buenos Aires, Bucharest, Cambridge, Carleton, Casablanca/Rabat, CERN, Chinese Cluster, Chicago, Clermont-Ferrand, Columbia, NBI Copenhagen, Cosenza, AGH UST Cracow, IFJ PAN Cracow, DESY, Dortmund, TU Dresden, JINR Dubna, Duke, Frascati, Freiburg, Geneva, Genoa, Giessen, Glasgow, LPSC Grenoble, Technion Haifa, Hampton, Harvard, Heidelberg, Hiroshima, Hiroshima IT, Indiana, Innsbruck, Iowa SU, Irvine UC, Istanbul Bogazici, KEK, Kobe, Kyoto, Kyoto UE, Lancaster, UN La Plata, Lecce, Lisbon LIP, Liverpool, Ljubljana, QMW London, RHBNC London, UC London, Lund, UA Madrid, Mainz, Manchester, Mannheim, CPPM Marseille, Massachusetts, MIT, Melbourne, Michigan, Michigan SU, Milano, Minsk NAS, Minsk NCPHEP, Montreal, McGill Montreal, FIAN Moscow, ITEP Moscow, MEPHI Moscow, MSU Moscow, Munich LMU, MPI Munich, Nagasaki IAS, **Nagoya**, Naples, New Mexico, New York, Nijmegen, BINP Novosibirsk, Ohio SU, Okayama, Oklahoma, Oklahoma SU, Oregon, LAL Orsay, Osaka, Oslo, Oxford, Paris VI and VII, Pavia, Pennsylvania, Pisa, Pittsburgh, CAS Prague, CU Prague, TU Prague, IHEP Protvino, Ritsumeikan, UFRJ Rio de Janeiro, Rochester, Rome I, Rome II, Rome III, Rutherford Appleton Laboratory, DAPNIA Saclay, Santa Cruz UC, Sheffield, Shinshu, Siegen, Simon Fraser Burnaby, SLAC, Southern Methodist Dallas, NPI Petersburg, Stockholm, KTH Stockholm, Stony Brook, Sydney, AS Taipei, Tbilisi, Tel Aviv, Thessaloniki, Tokyo ICEPP, Tokyo MU, Toronto, TRIUMF, Tsukuba, Tufts, Udine, Uppsala, Urbana UI, Valencia, UBC Vancouver, Victoria, Washington, Weizmann Rehovot, Wisconsin, Wuppertal, Yale, Yerevan

**高エネルギー実験は国際共同実験へ、
同じ興味を持った世界中の研究者が競争・協力し基礎科学を探求
最先端素粒子実験を愉しむのと共に、国際社会交流にも貢献！
→ 基礎科学分野のパイオニア**



LHC データ解析

LHCの4実験で1年間に蓄積されるデータを全部
CDROMに焼いたとすると・・・



ATLASだけで年間5PB (ペタバイト=10¹⁵バイト)
event rate 200 Hz
raw data size 1.6 MB/event
(1億6千万チャンネル)
320 MB/sec
1 TB/hour

**実験で取れたデータを世界に分散する
計算機センターに送り処理する。**

**2008年からLHC実験が開始
新しい素粒子世界を目にすることは確実**

つまり、素粒子物理学の

革 命 前 夜

やる気とガッツを持つ若い研究者達が研究の主役





最先端の物理を愉しもう！

人類が見た事のない素粒子を探せ！

国際交流

建築研究、ハイテク検出器研究

最先端計算機技術

様々な若者の個性が活かされる

名古屋大学理学部物理学科

高エネルギー素粒子物理学研究室

参考Webページ

- **名古屋大学**

<http://www.nagoya-u.ac.jp/>

<http://www.nagoya-u.ac.jp/index7.html> (入試情報)

- **名古屋大学理学部**

<http://www.sci.nagoya-u.ac.jp/>

- **名古屋大学理学部物理学科**

<http://www.phys.nagoya-u.ac.jp/index-j.html>

- **高エネルギー素粒子物理研究室**

<http://www.hepl.phys.nagoya-u.ac.jp/>

- **CERN研究所**

<http://www.cern.ch/>

名古屋大学オープンキャンパス

2008(平成20)年度オープンキャンパスの開催日程について

名古屋大学では、高等学校2年生を中心に、大学進学希望者に対し、「名古屋大学で何が学べるか」を紹介し併せて、今後の適切な進路を選択するうえでの目的意識を育成することを目的として、下記のとおりオープンキャンパスを計画していますのでお知らせします。

なお、学部の時間割は予定であり、変更することがあります。

記

- ◎ 日 程 8月6日（水）：経済学部，工学部見学希望者
 8月7日（木）：法学部，情報文化学部，医学部(医学科)，農学部見学希望者
 8月8日（金）：文学部，教育学部，理学部，医学部(保健学科)見学希望者

- ◎ 会 場 名古屋大学東山キャンパス（医学部保健学科は大幸キャンパスで実施）

<http://www.nagoya-u.ac.jp/admis/oc2008/>

申し込み受付：7月25日まで