

夢ナビライブ2016 名古屋会場 2016.7.21

巨大加速器LHCで探る 誕生直後の宇宙

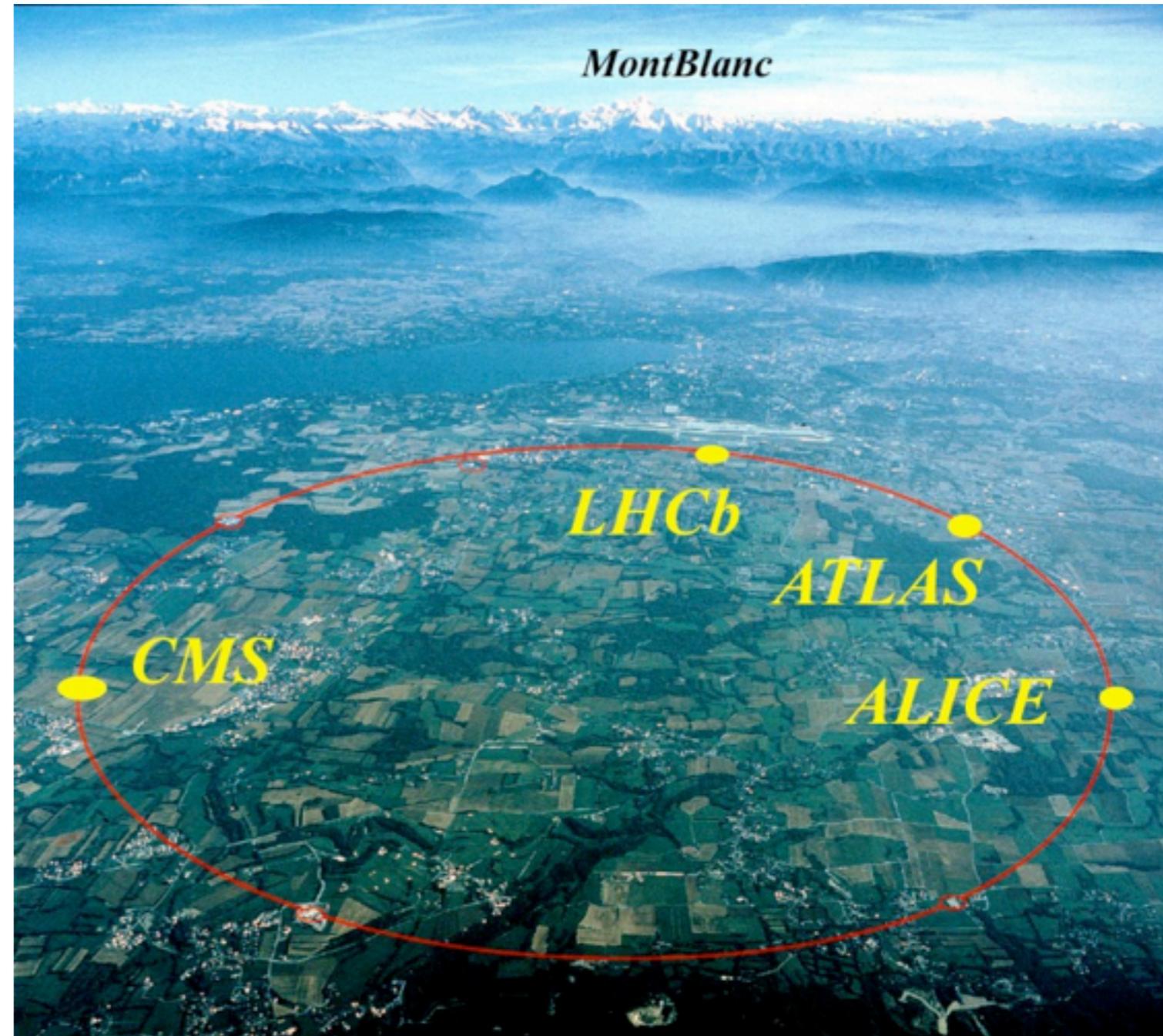
戸本 誠

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

内容

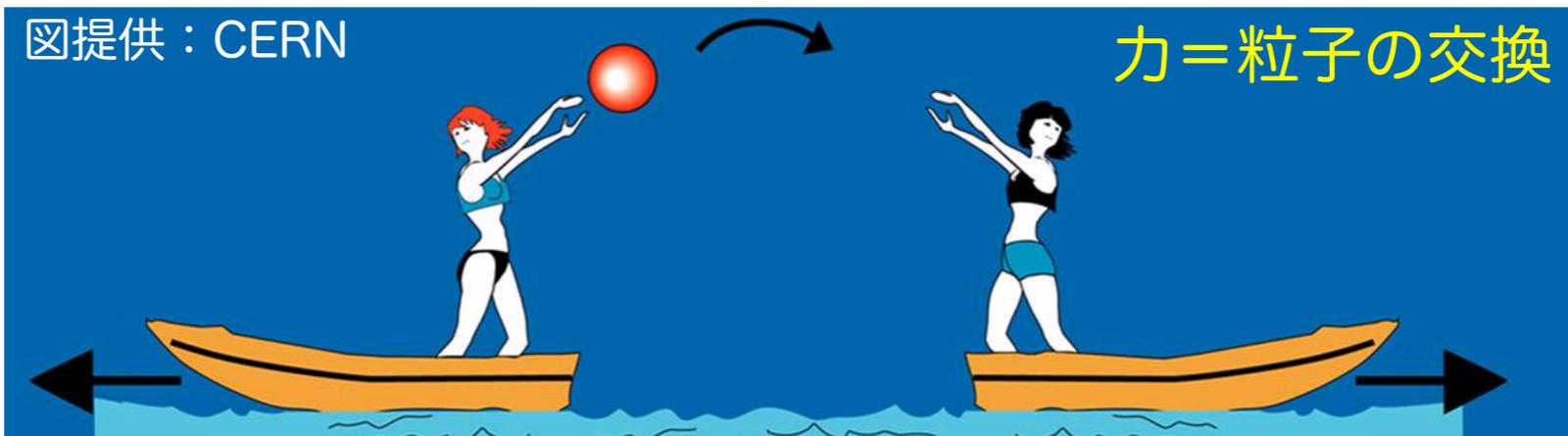
1. 素粒子と宇宙との関わり
2. よくわかっていないこと
3. 巨大加速器LHCで探る
素粒子と誕生直後の宇宙



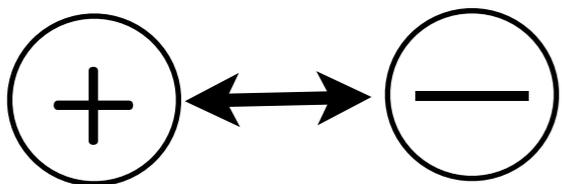
素粒子と宇宙との関わり

素粒子物理学とは？ 2

素粒子が従う力学法則は？

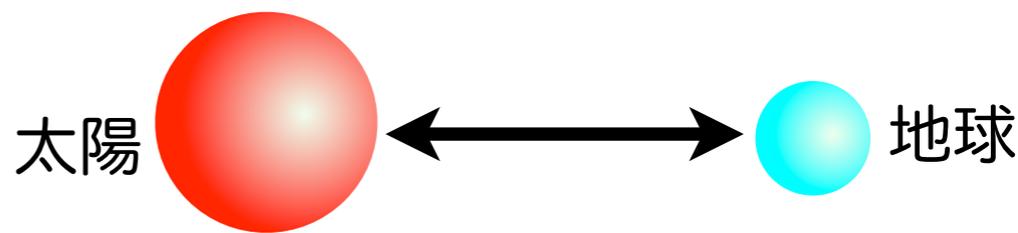


電磁気力



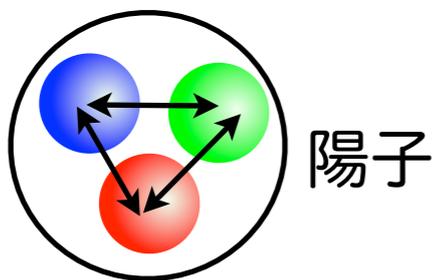
電荷：光子を交換

重力



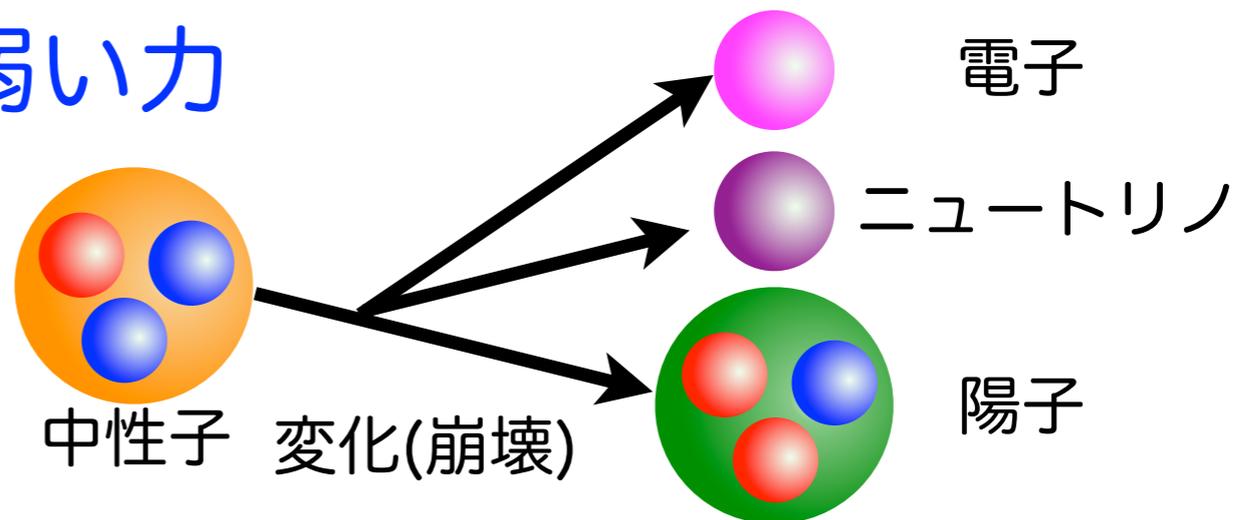
質量：グラビトン(未発見)を交換

強い力



色電荷：グルーオンを交換

弱い力

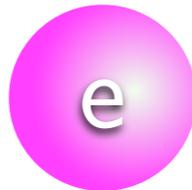
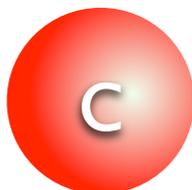
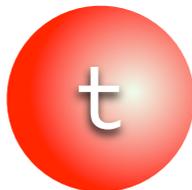


弱電荷：W、Z粒子を交換

これまでわかっている素粒子

素粒子標準模型

物質を構成する

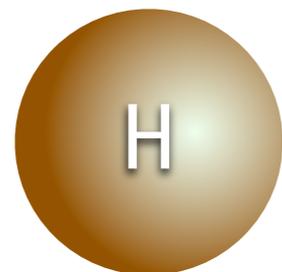
	クォーク		レプトン	
	電荷： $+2/3e$	電荷： $-1/3e$	電荷： 0	電荷： $-e$
第1世代	アップ(u) 	ダウン(d) 	電子ニュートリノ 	電子 
第2世代	チャーム(c) 	ストレンジ(s) 	ミューニュートリノ 	ミュー粒子 
第3世代	トップ(t) 	ボトム(b) 	タウニュートリノ 	タウ粒子 

力を伝える

- 電磁気力：光子

- 強い力：グルーオン

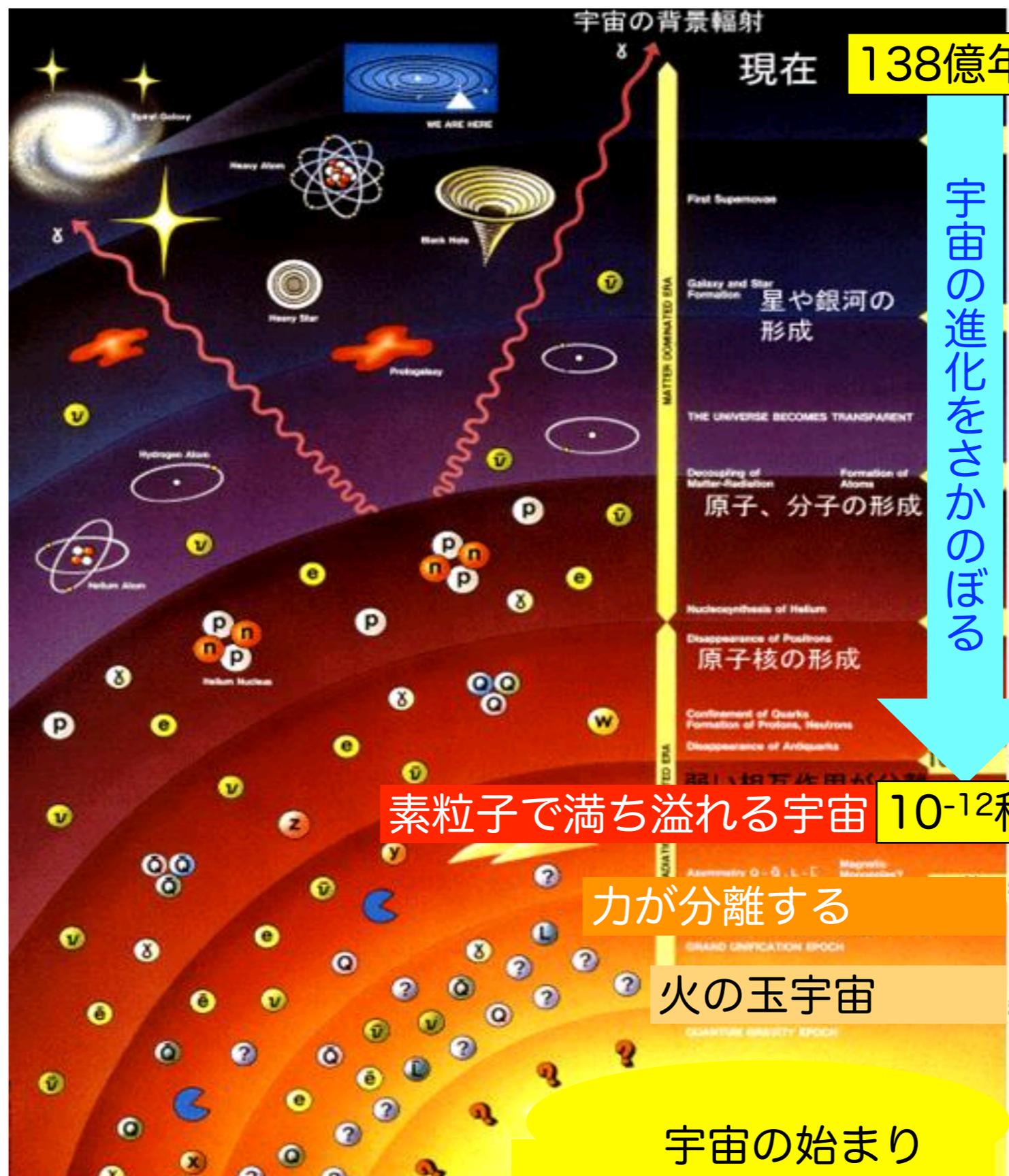
- 弱い力：Z、W粒子
 



ヒッグス粒子：素粒子に質量を与える
2012年7月に発見！！

素粒子物理学とは？ 3

宇宙誕生の謎に迫る



← 現在の宇宙の姿

宇宙の進化をさかのぼる

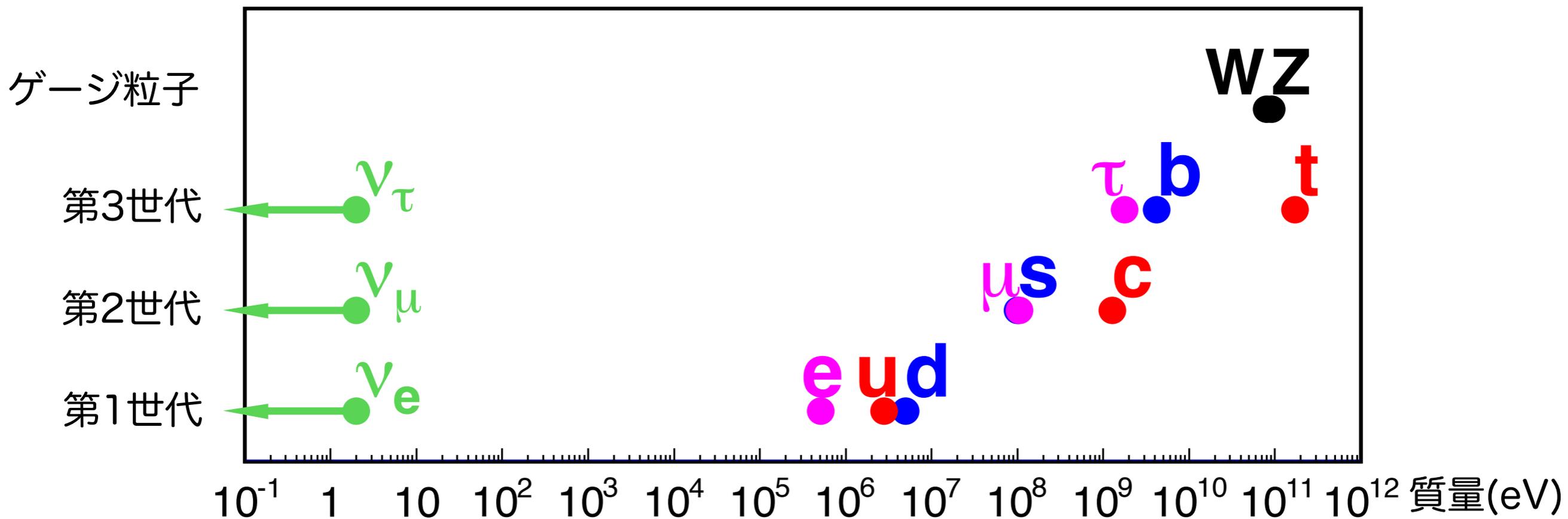
素粒子で満ち溢れる宇宙

10⁻¹²秒後

← 加速器で初期宇宙を再現

よくわかっていないこと

素粒子の質量起源



1/1000mg

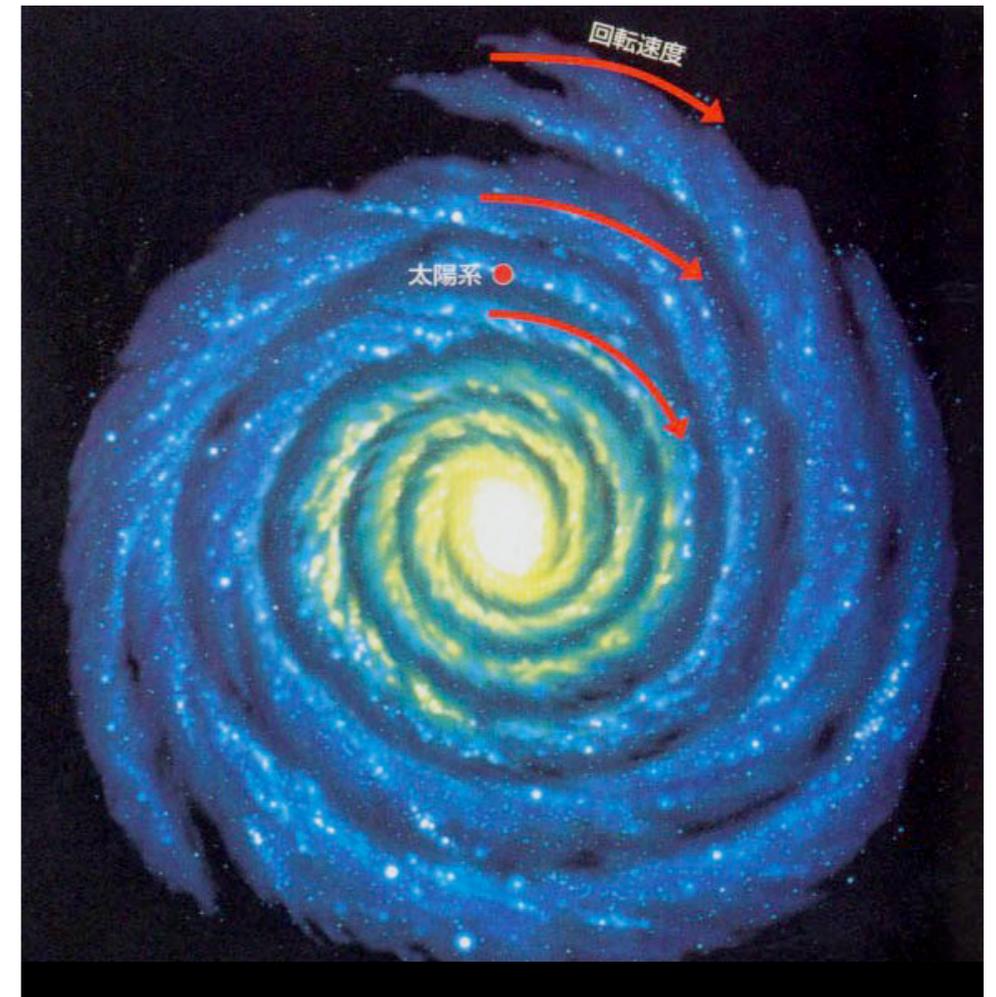
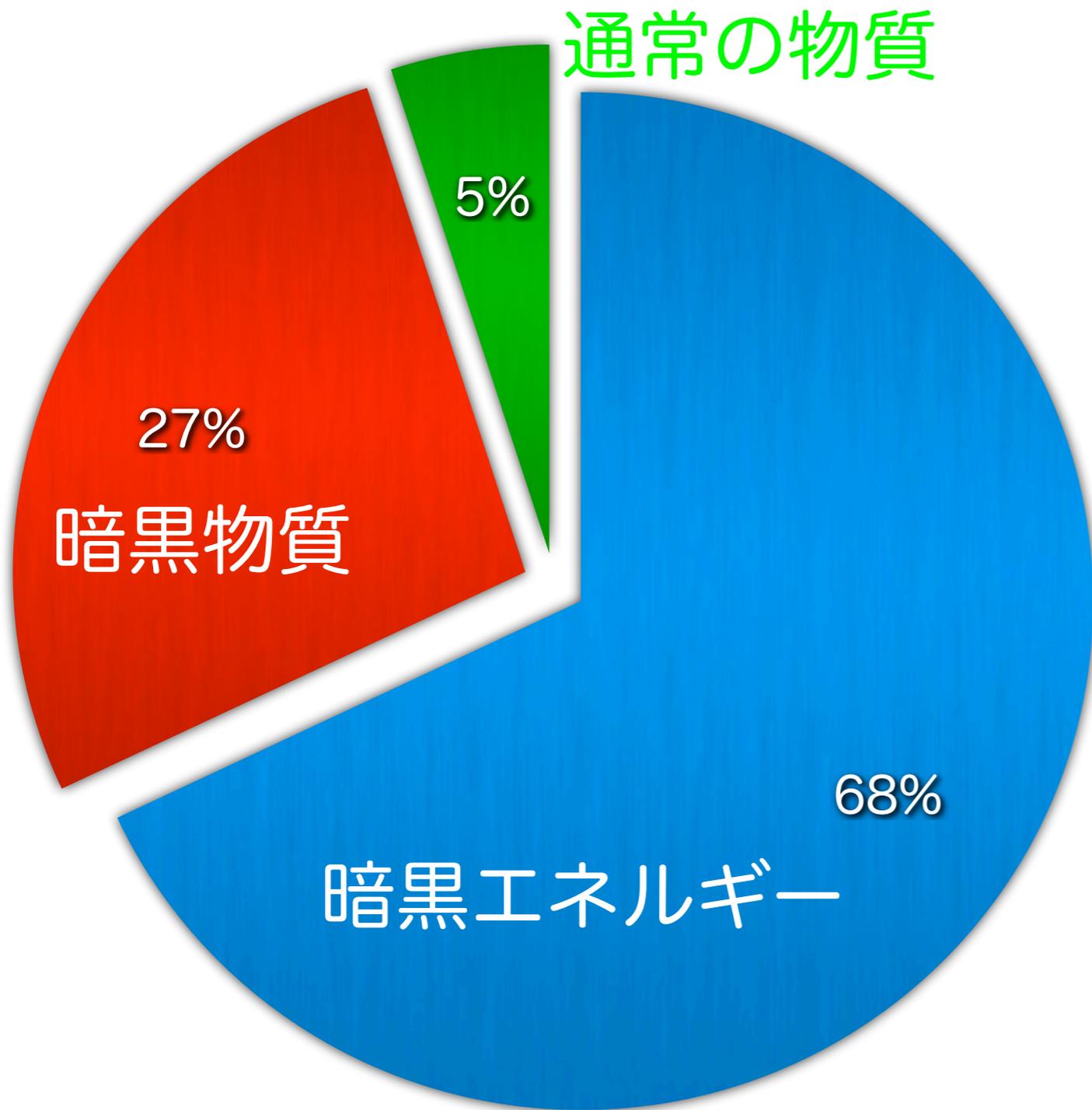


1000kg



ヒッグス粒子が鍵を握る

暗黒物質の謎



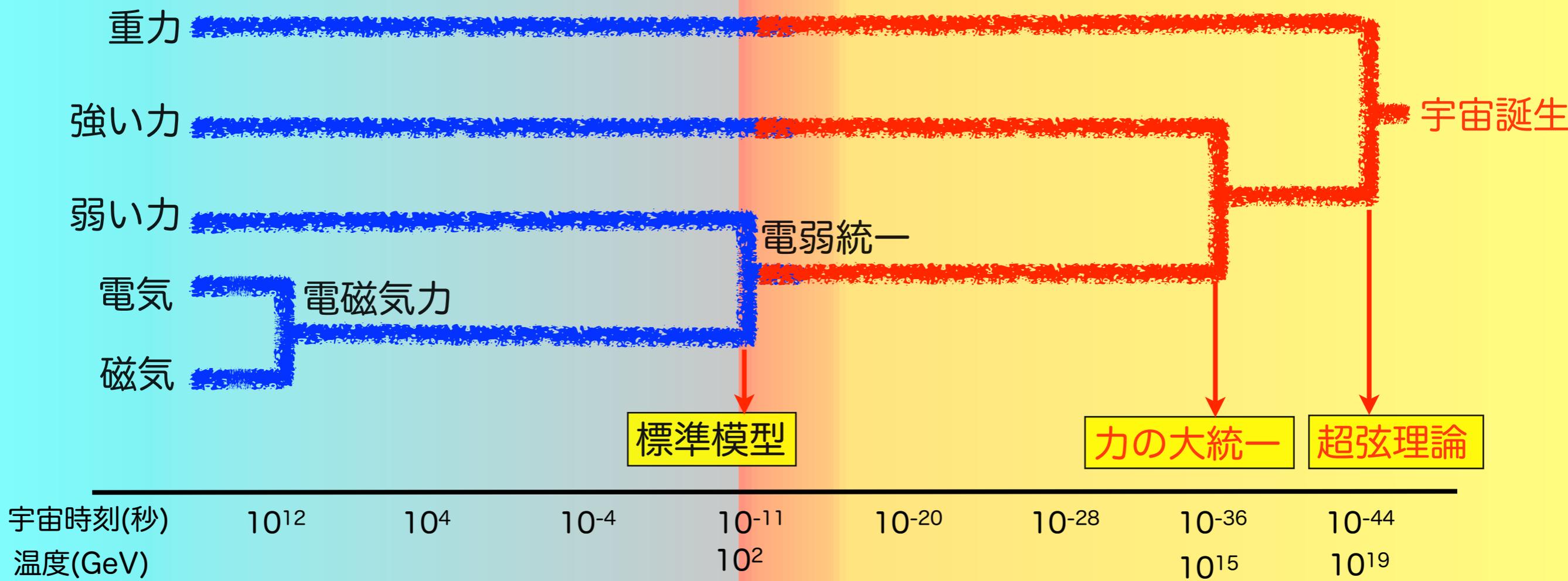
新しい素粒子の存在？

力の統一

巨大加速器LHCで探索する領域

わかっていること

わからないこと



巨大加速器LHCで発見可能な領域に新しい粒子が存在すると、宇宙初期には電磁気力、弱い力、強い力（、重力）が同じであったことが言えるかもしれない。

超対称性粒子

力の大統一
暗黒物質

の謎に迫るには、新しい素粒子の発見が不可欠！

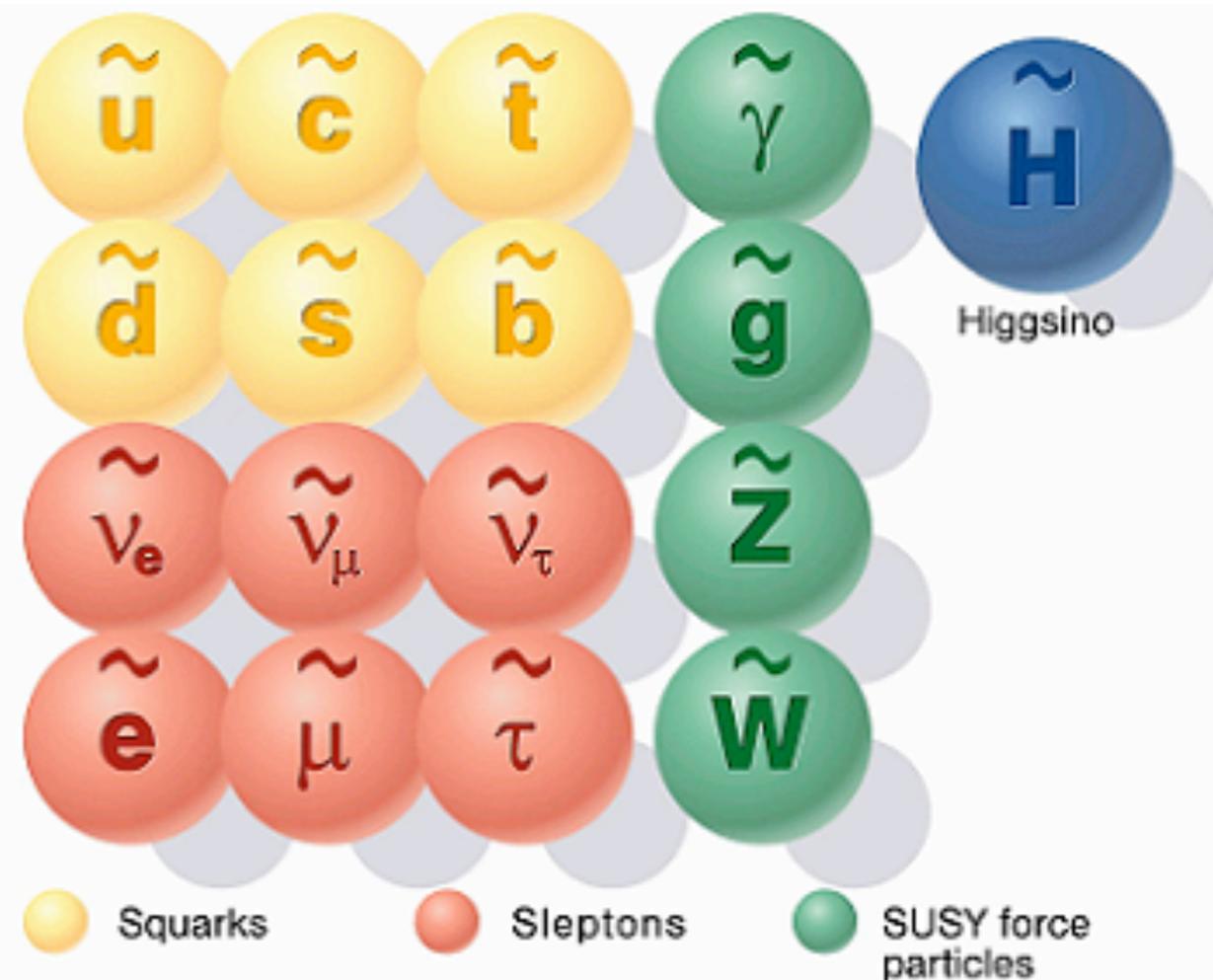
標準模型による既知の素粒子

超対称性による未知の素粒子

全て発見済み



全て未発見



巨大加速器LHCで探る 素粒子と誕生直後の宇宙

素粒子実験の考え方

未知粒子を作り出し、それを観測する

未知粒子 = これまでの実験では作り出せない → 重い



$$E = Mc^2$$

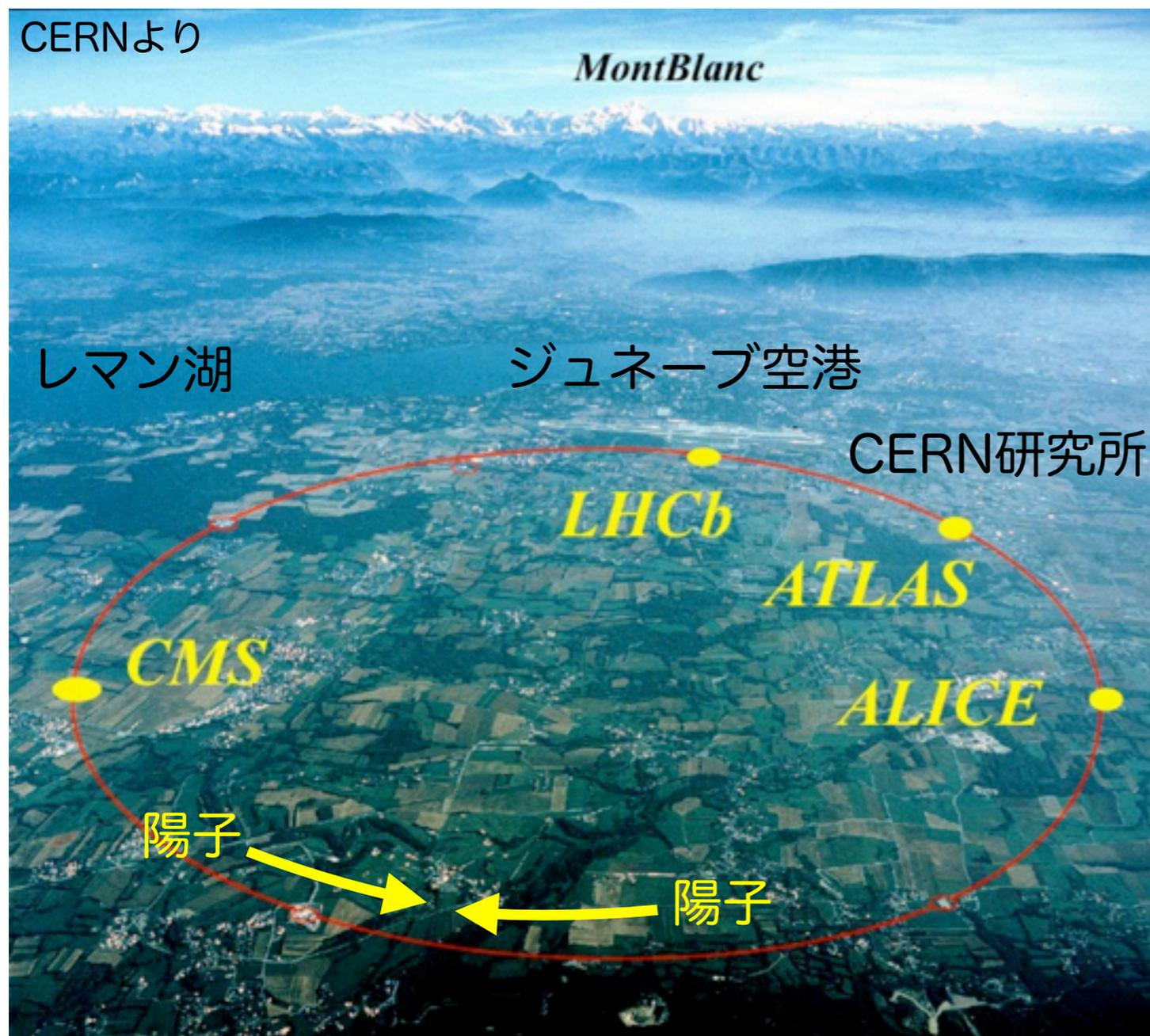
質量 $M = E/c^2$ の未知なる素粒子を生成する能力

加速した粒子を衝突させる

高エネルギー！

最先端加速器 Large Hadron Collider

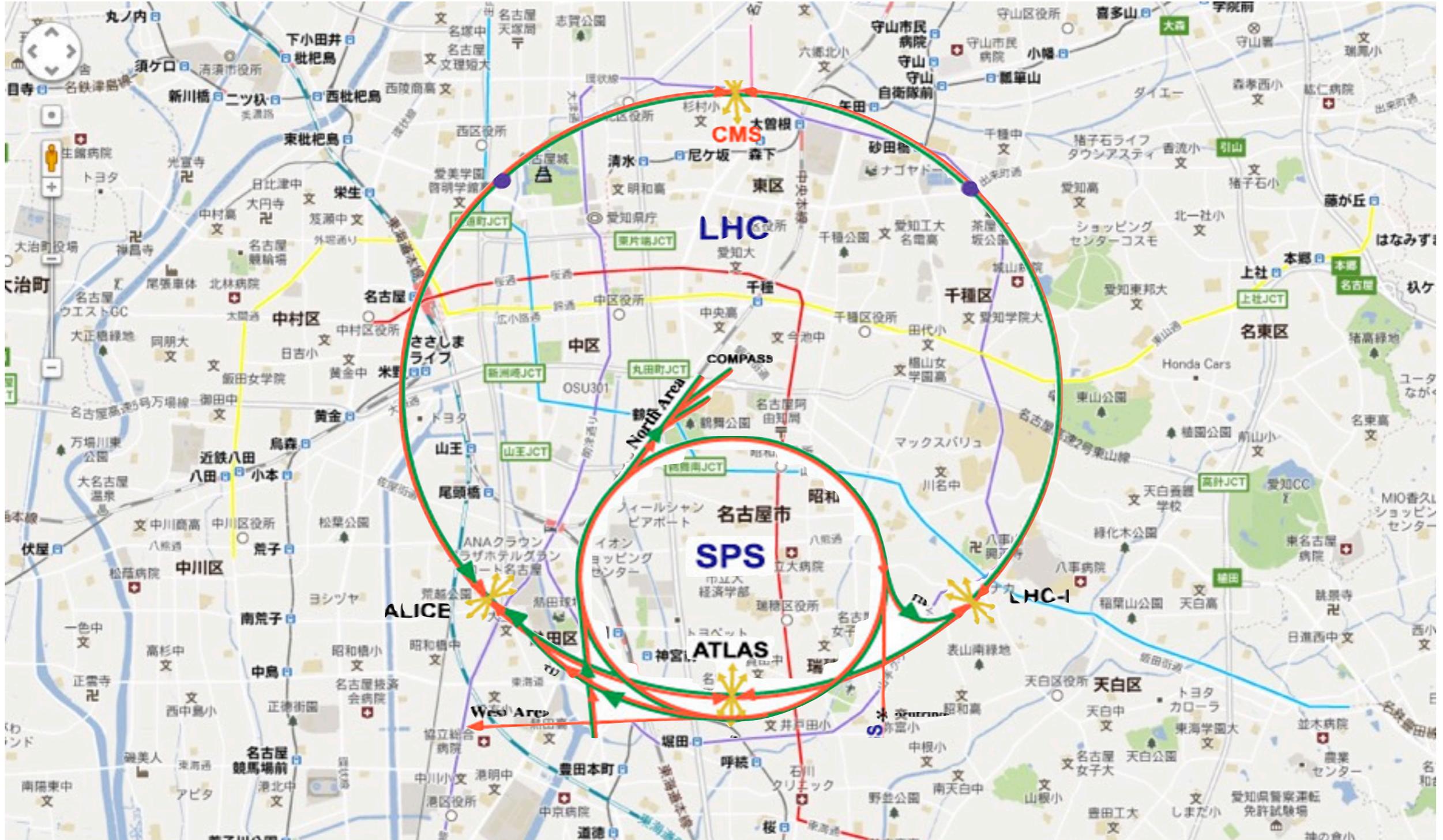
光速の99.99999991%にまで加速した陽子を衝突させ、誕生直後 ($\sim 10^{-12}$ 秒後)の宇宙を再現。初期宇宙にあった素粒子を作り出して研究する。2012年にヒッグス粒子を発見した。



毎秒 1 億回の陽子・陽子衝突
(1年 = 31,536,000秒 \rightarrow 千万秒)

- 2011年と2012年から第1実験
2000兆回の陽子・陽子衝突データ取得
- 2015年6月から第2実験
1.6倍の衝突エネルギー
1500兆回の陽子・陽子衝突データ取得

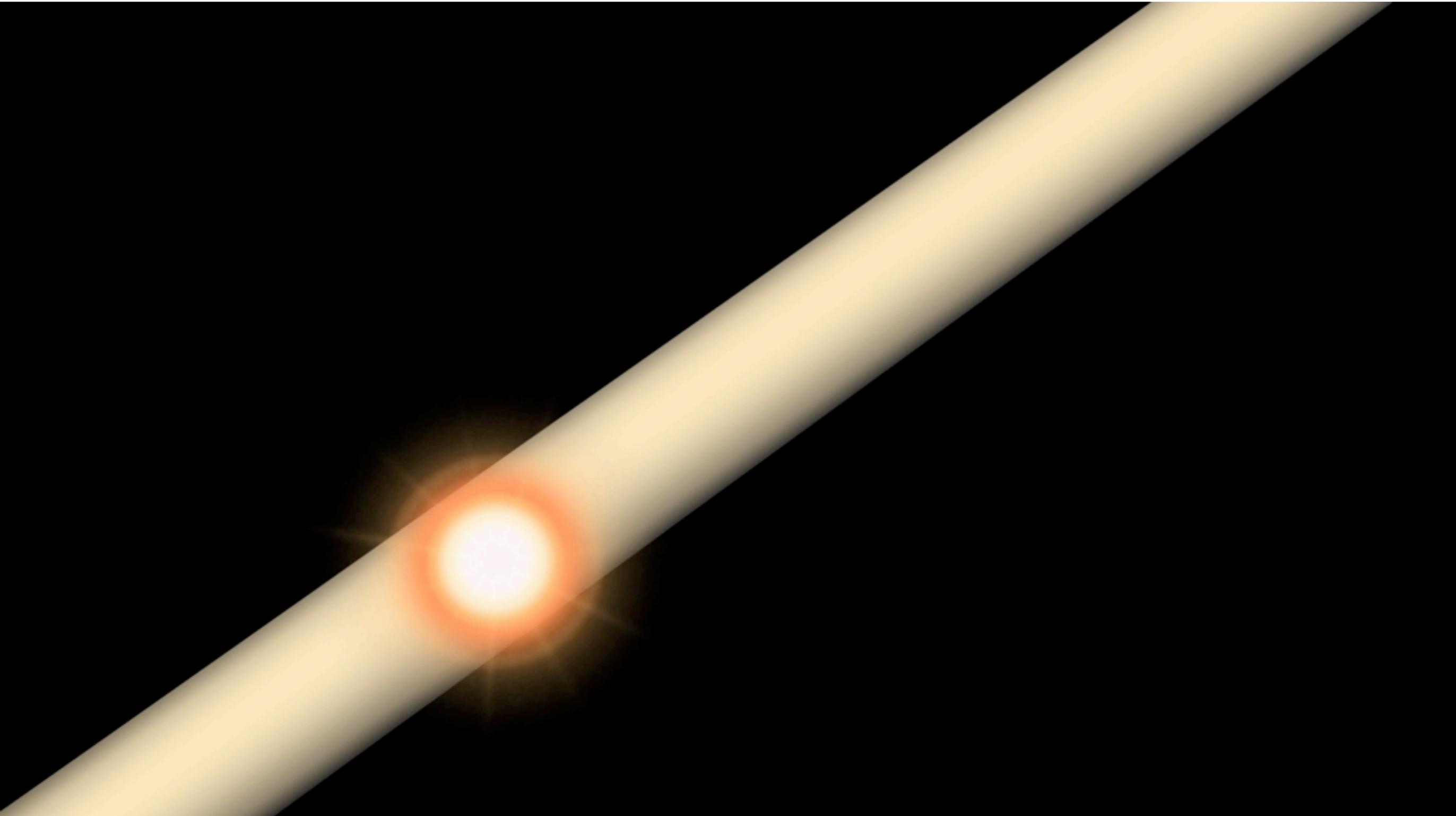
LHC加速器の大きさ



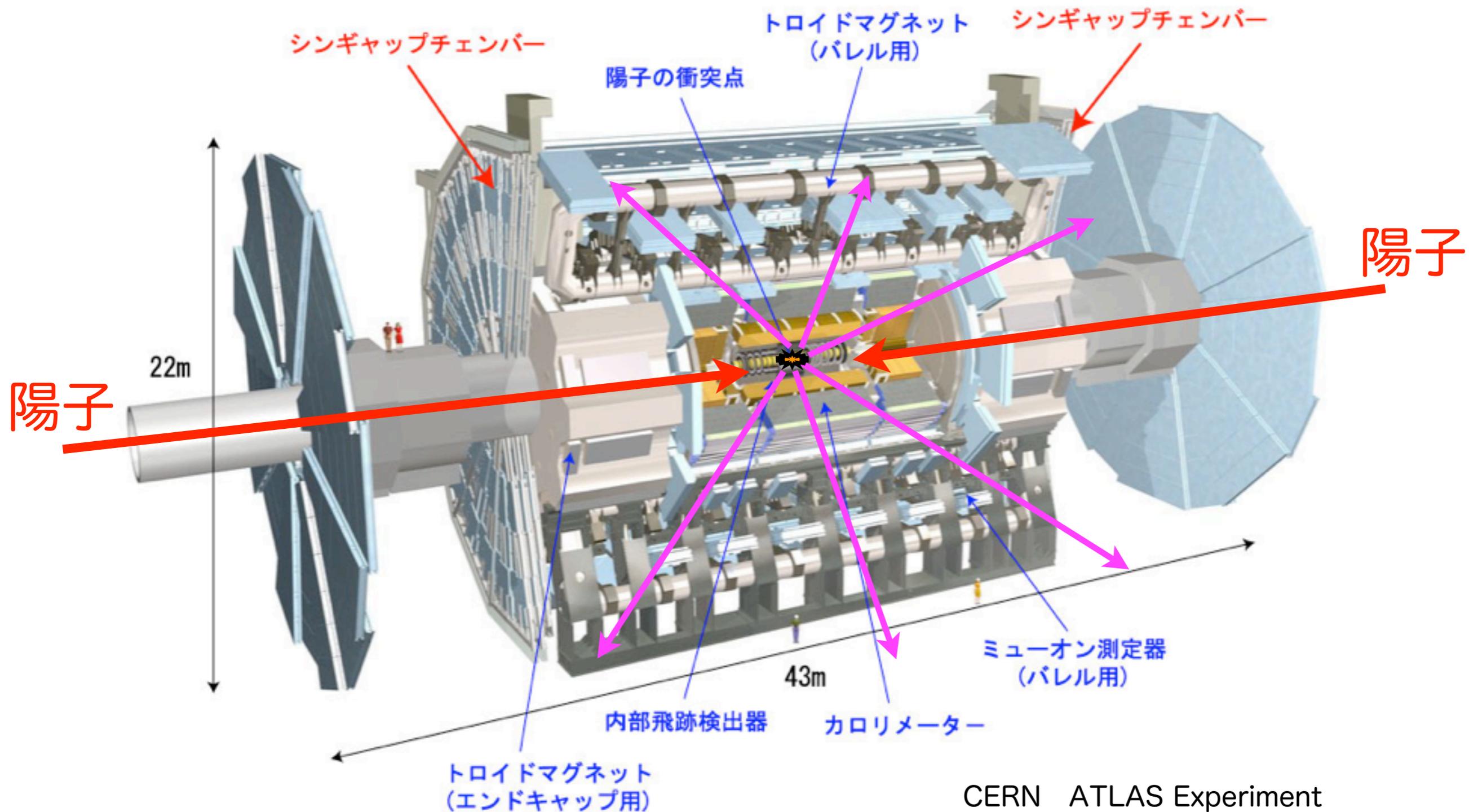
大阪環状線 < LHC~名古屋地下鉄名城線 < 東京山手線
~21km ~27km ~34.5km

陽子・陽子衝突のアニメーション

17



検出器 アトラス検出器

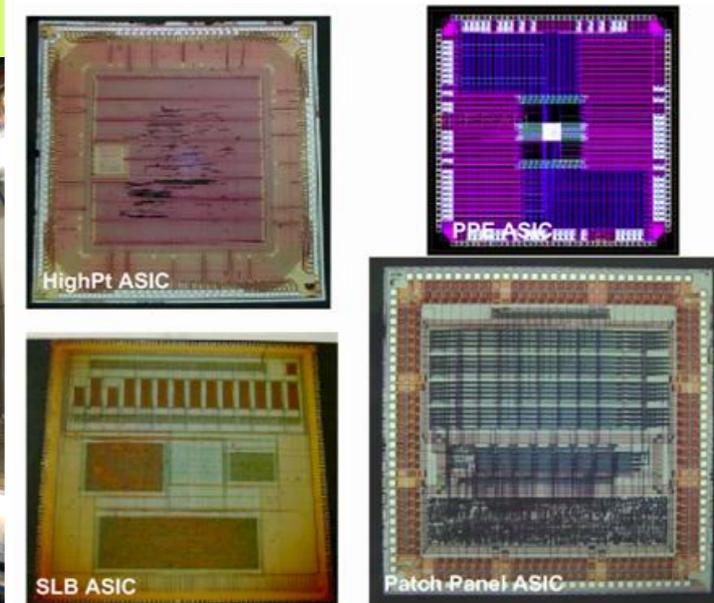
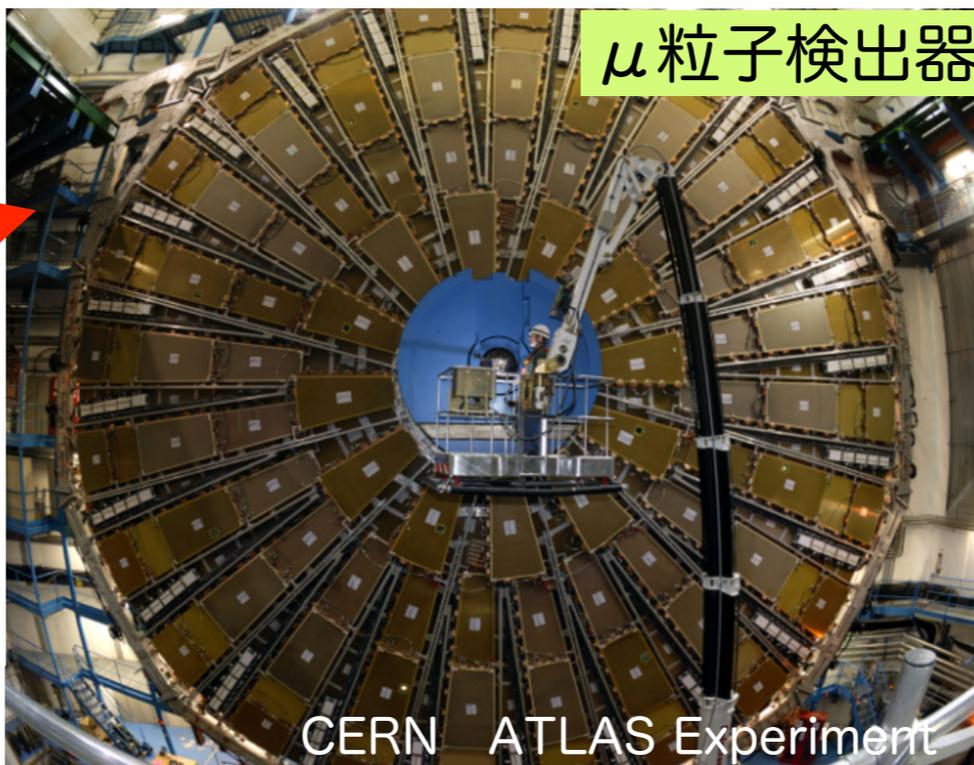
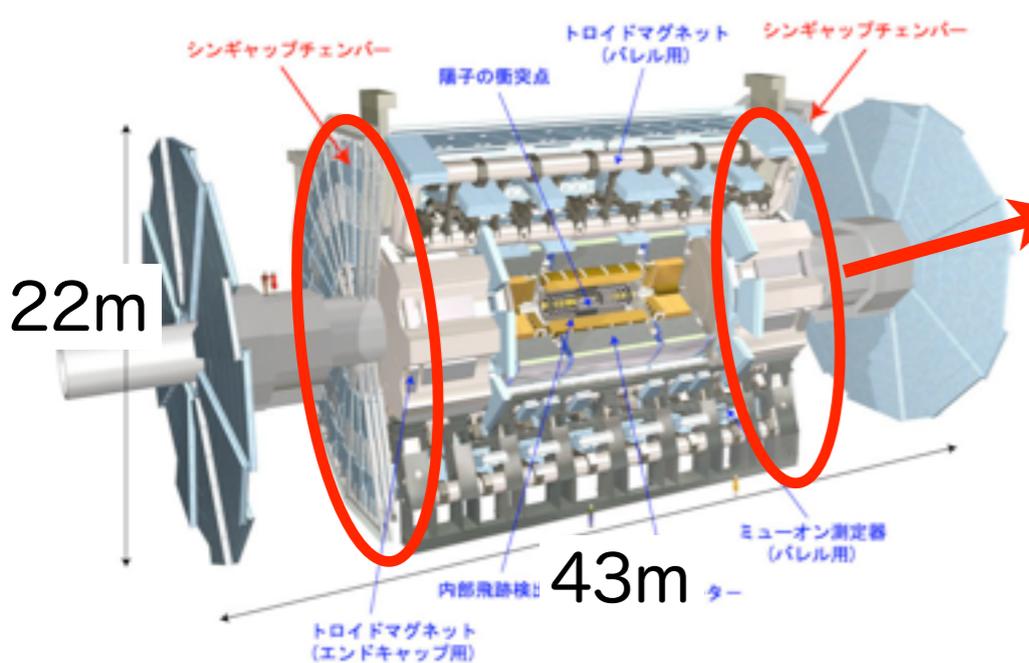


未知の素粒子を作る → 崩壊した軽い安定粒子を観測

光、電子、 μ 粒子、陽子、中性子、 π 中間子、K中間子、ニュートリノ

検出器の建設

検出器も、回路も研究者の手作り



電子回路

若い学生達が頑張っています!!!

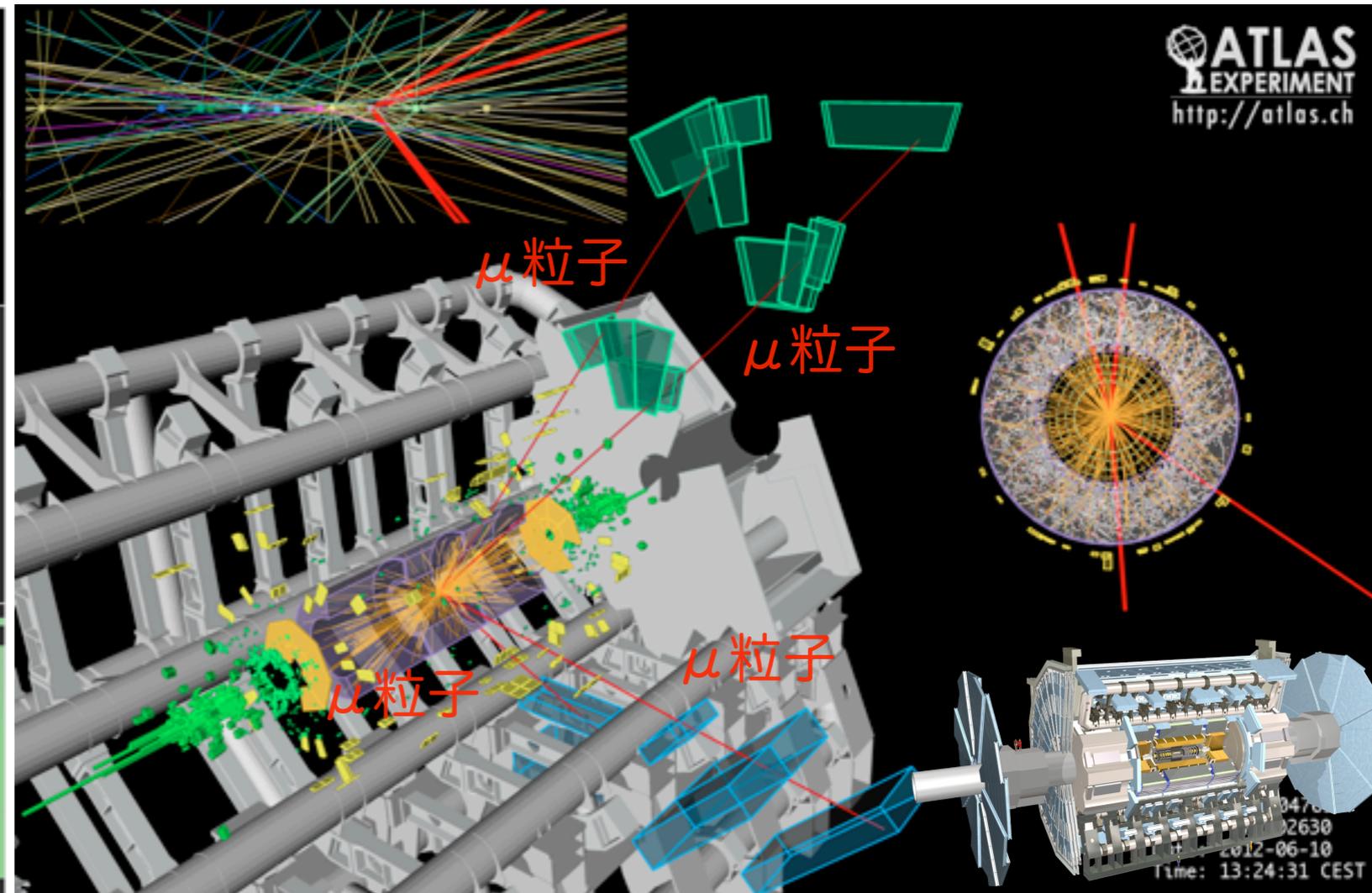
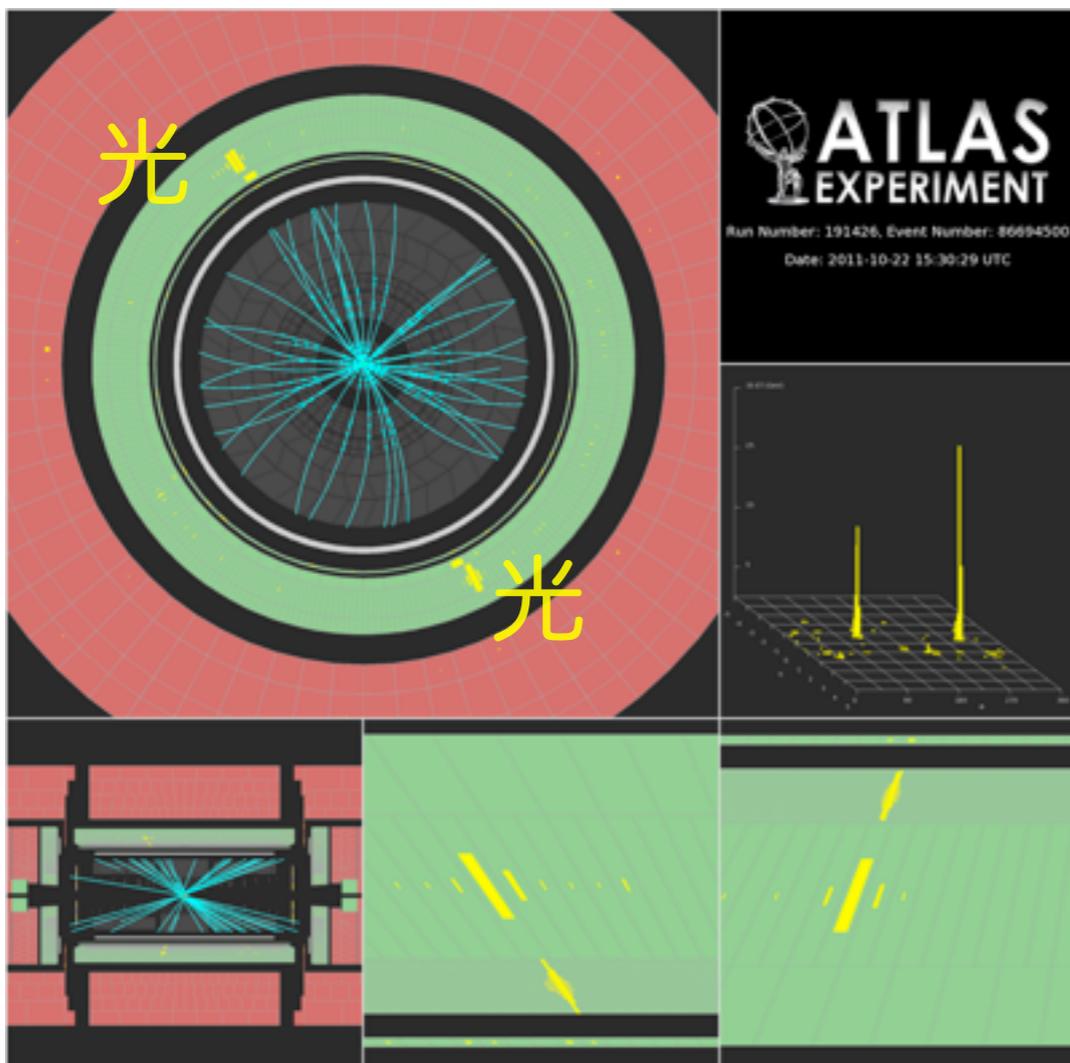
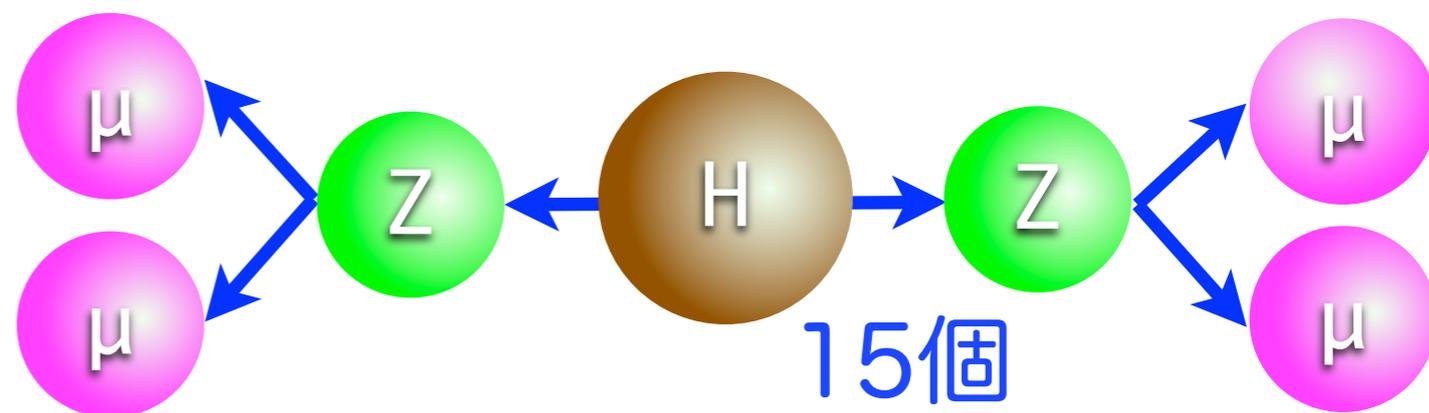
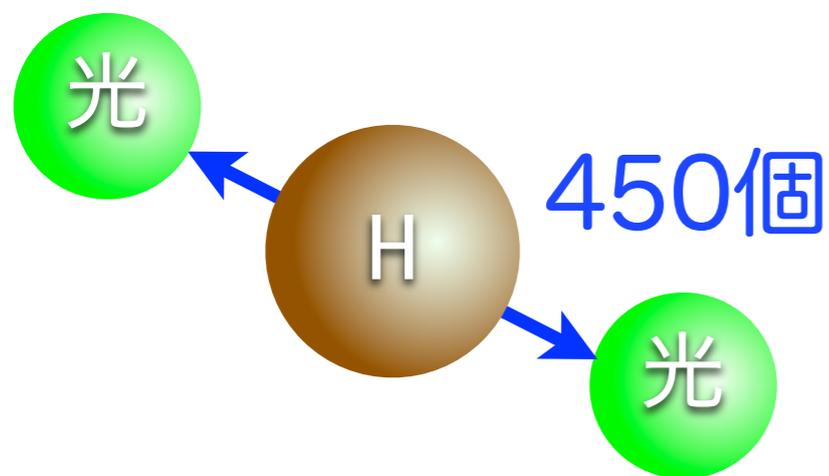


ヒッグス粒子の発見

第1実験の2千兆回の陽子衝突 → 40万個のヒッグス粒子が生成

○ ヒッグス粒子→光子+光子の候補

○ ヒッグス粒子→ZZ→4本のμ粒子の候補



LHC実験の今後

より高エネルギーへ、より沢山の陽子衝突を

新しい素粒子の発見
ヒッグス粒子の精密測定

→ 新しい素粒子像を作り上げる！！

データ量

第1実験
2000兆衝突

アップグレード0

第2実験
エネルギー
第1実験の
1.6~1.8倍

データ量×4

アップグレード1

第3実験
エネルギー
第2実験と同じ

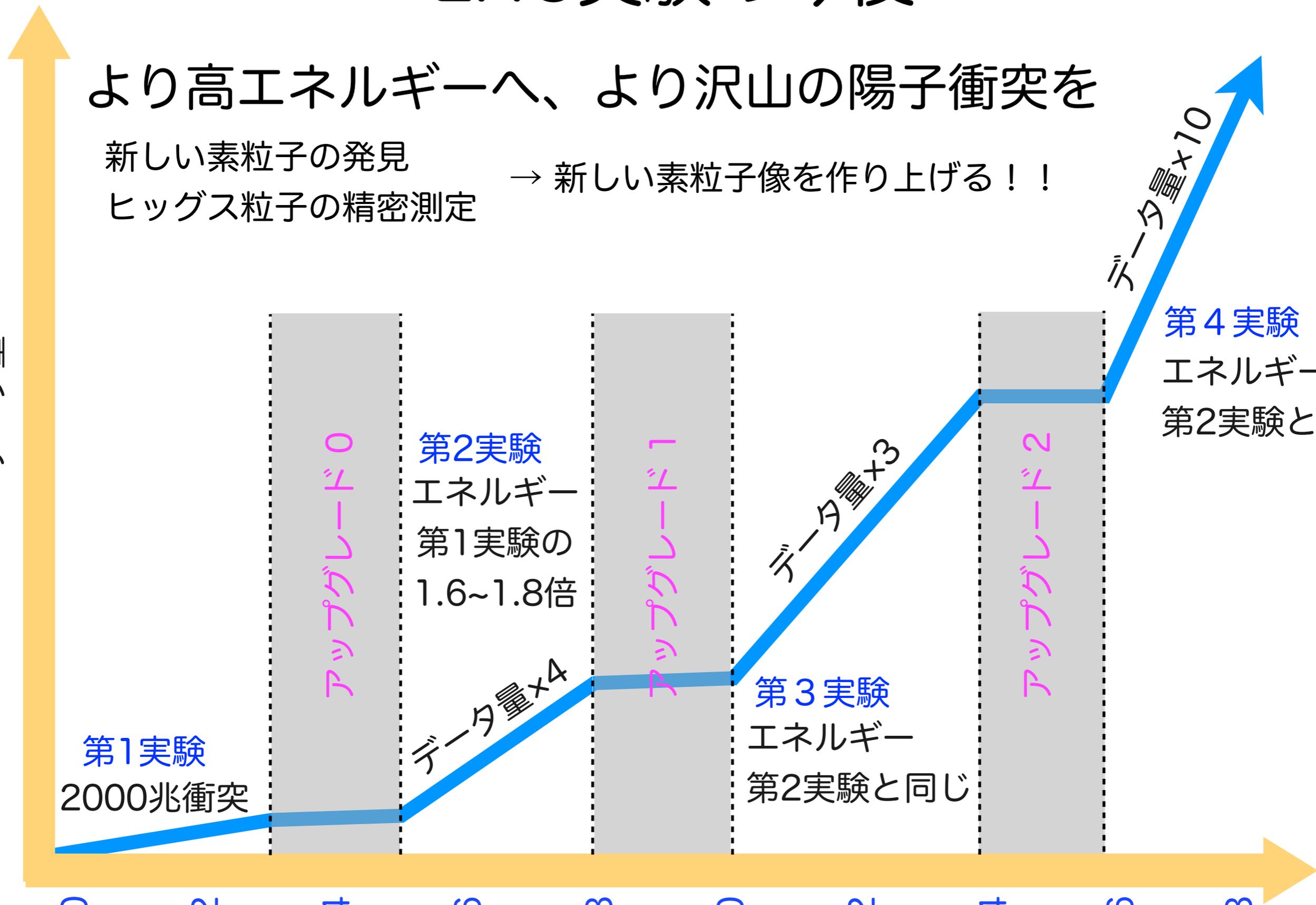
データ量×3

アップグレード2

第4実験
エネルギー
第2実験と同じ

データ量×10

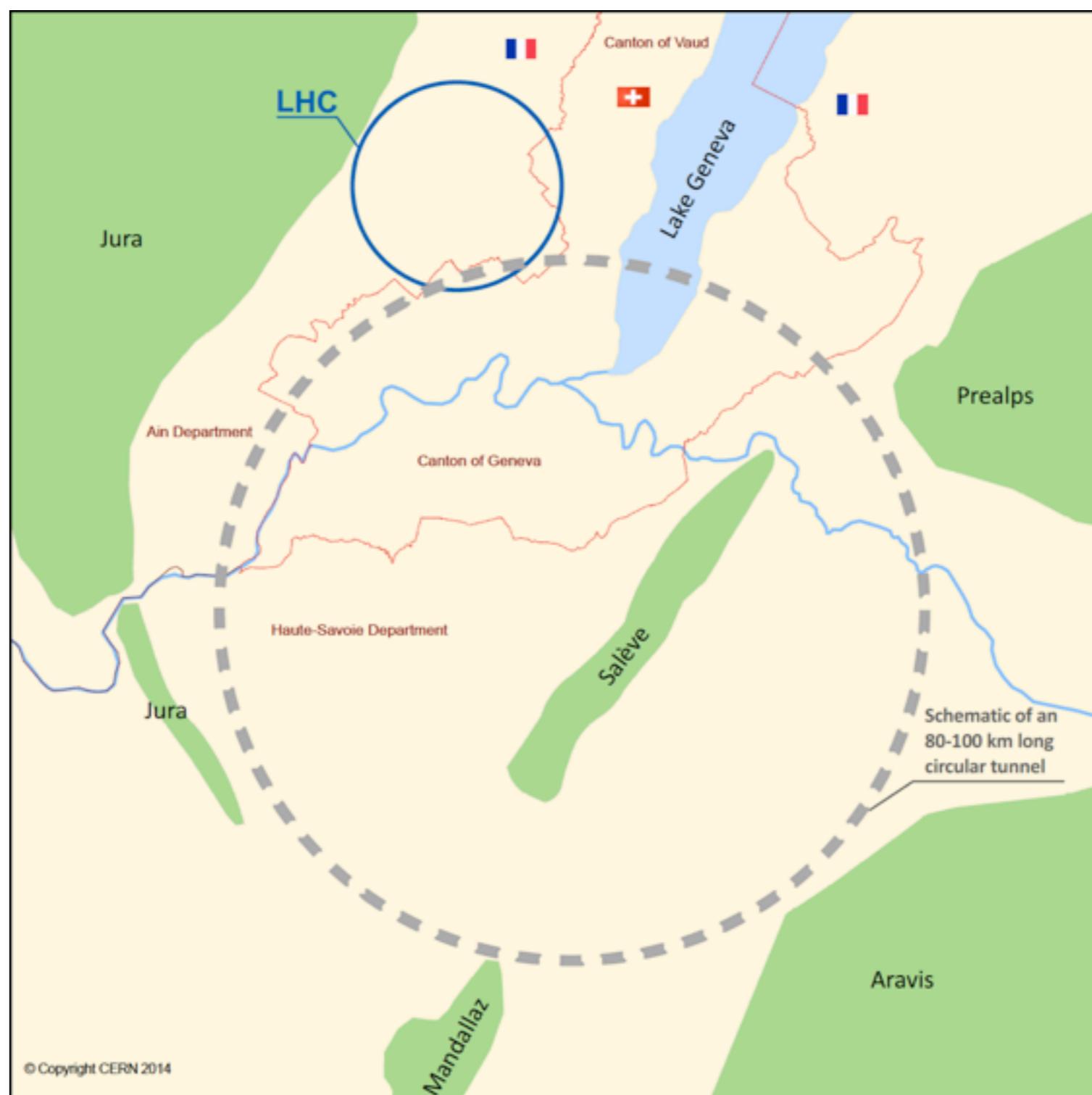
2010 2012 2014 2016 2018 2020 2022 2024 2026 2028



さらなる将来計画

周長100kmの加速器

LHCの7倍以上の陽子陽子衝突エネルギーを目指す



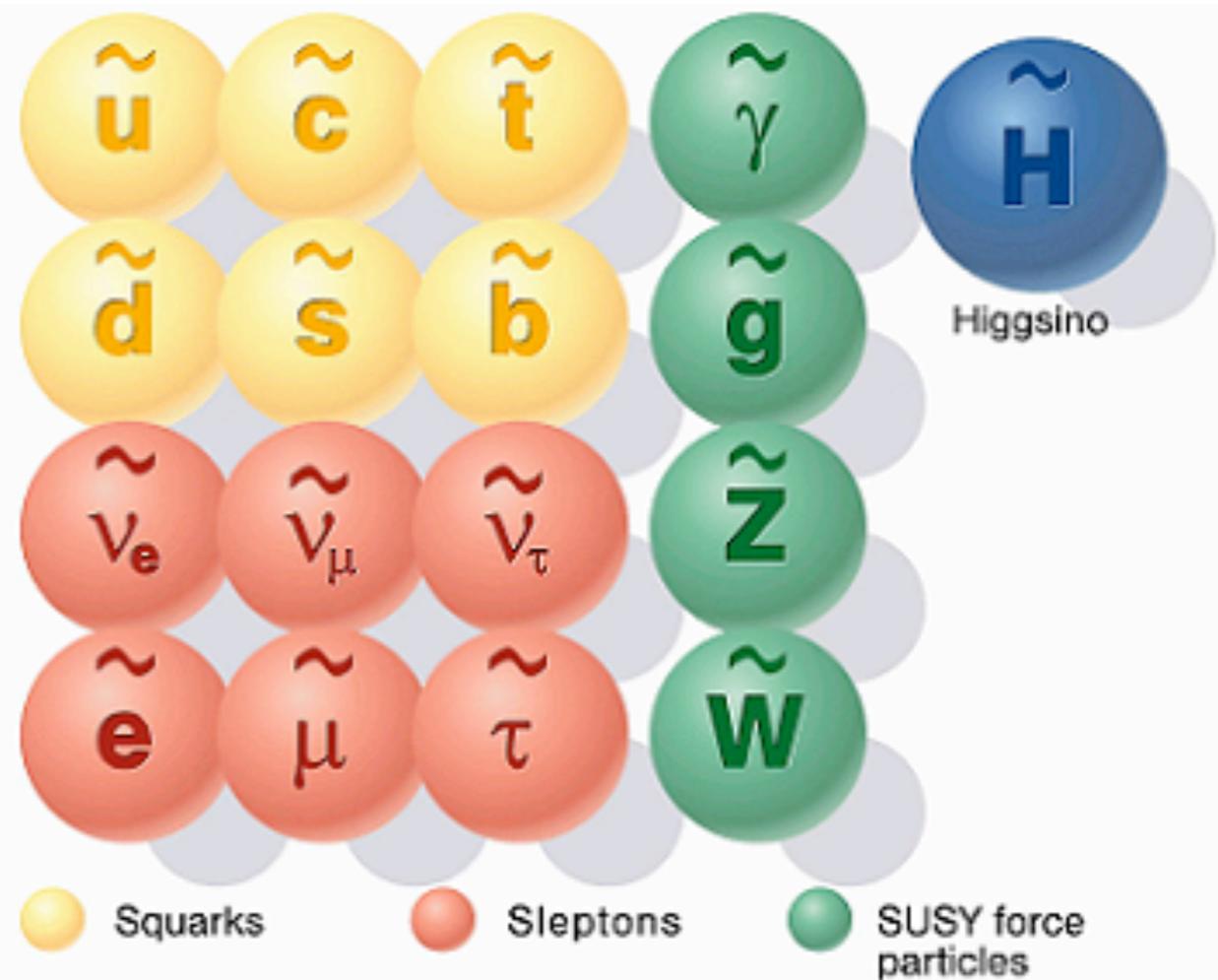
今後の展開

標準模型による既知の素粒子

超対称性による未知の素粒子

全て発見済み

全て未発見



- 新しい素粒子(暗黒物質、超対称性粒子、、、)の発見
→ 衝突エネルギーを上げる
- ヒッグス粒子や発見した新粒子の性質の理解
→ 沢山の陽子衝突

素粒子実験は
これからが面白い！