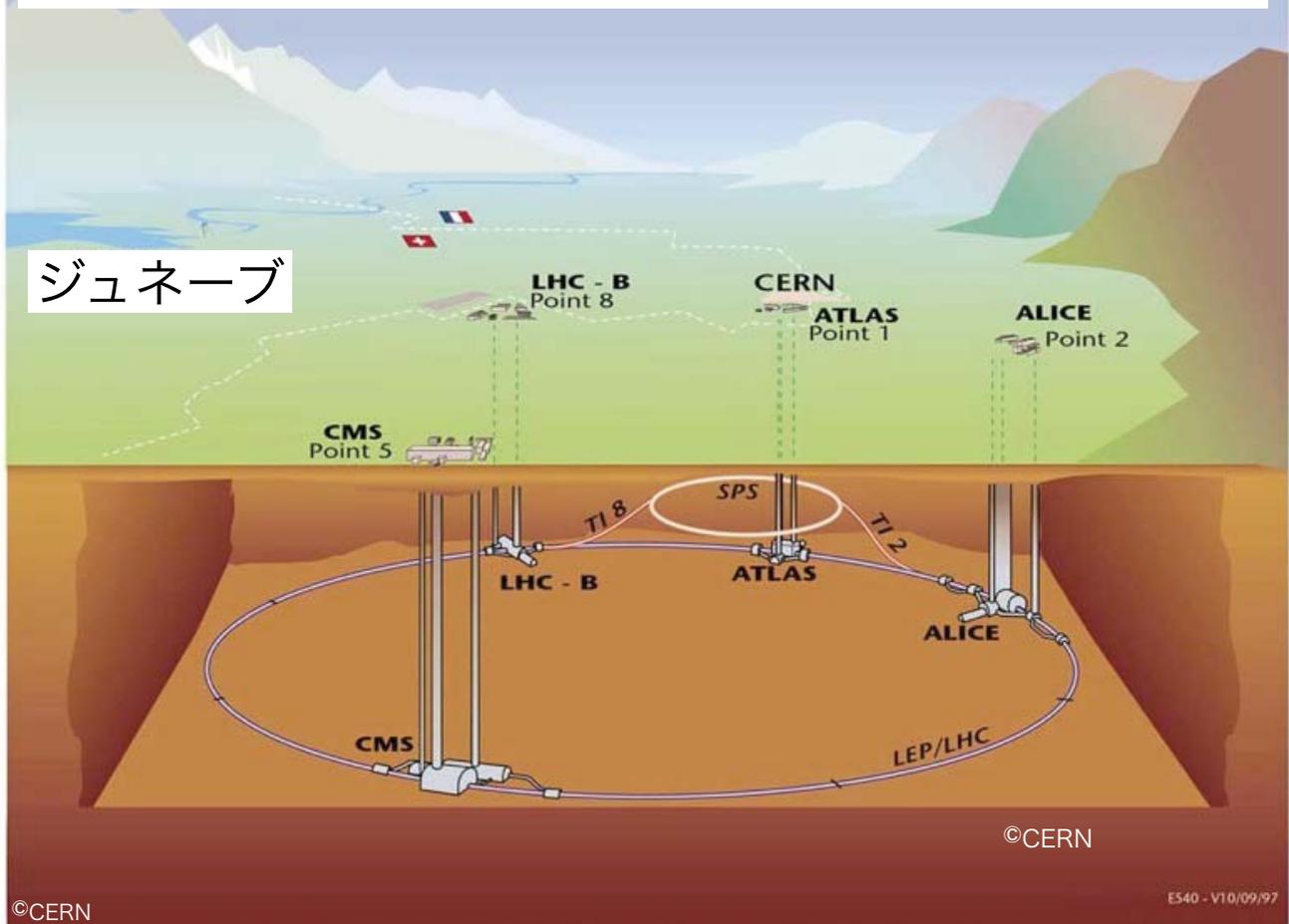


LHC実験の再稼働と ATLAS実験への日本グループの貢献

5/19/2015 メディア懇談会資料

花垣 和則 (KEK/大阪大学)

陽子と陽子を衝突させるLHC実験



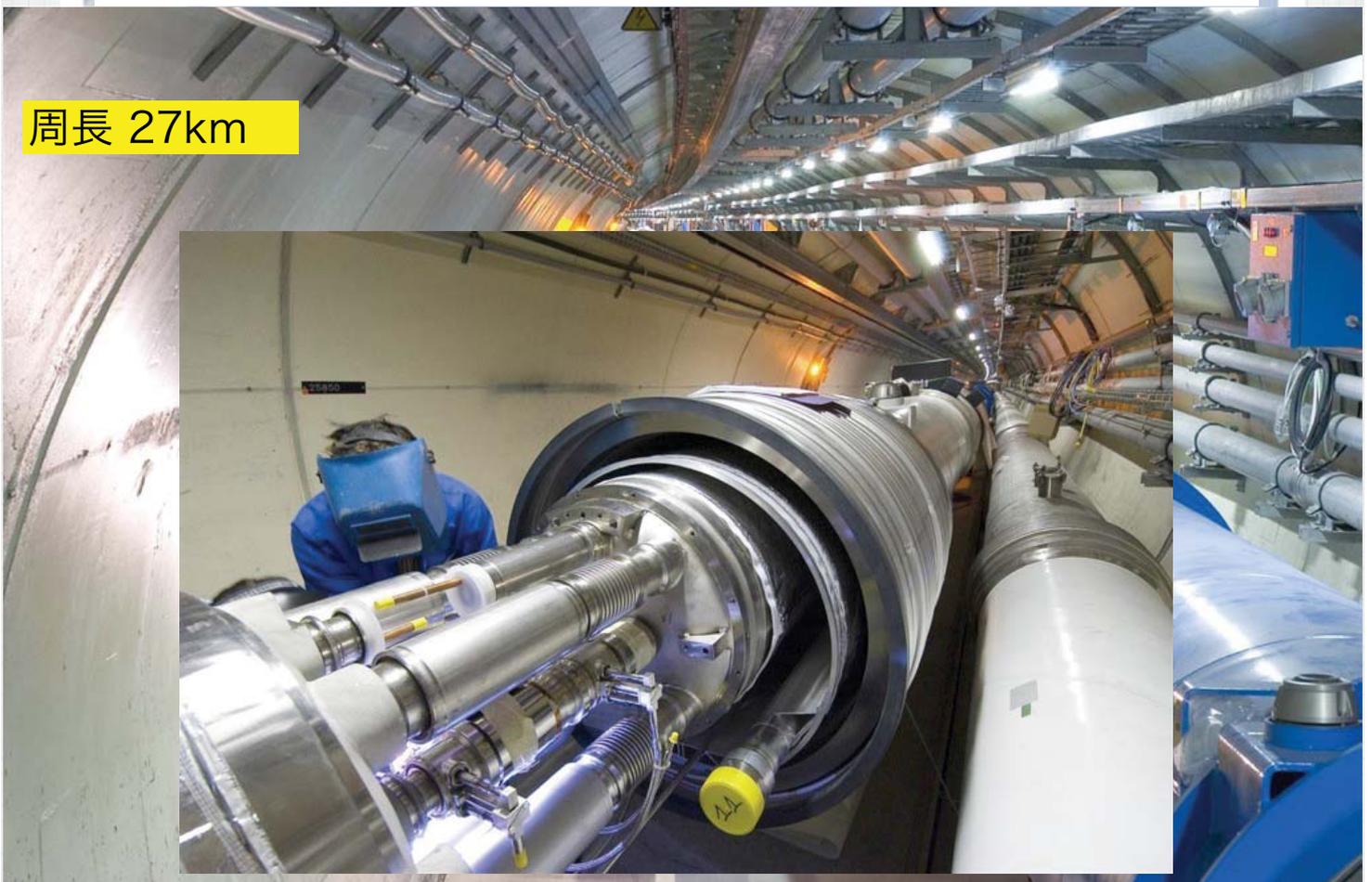
陽子と陽子を衝突させるLHC実験

周長 27km



陽子と陽子を衝突させるLHC実験

周長 27km



ATLAS日本グループ

1995年欧州以外の国で最初に正式参加
(日本政府から138.5億円の拠出)

HL-LHC(2025-35)
を見据えた長期計画

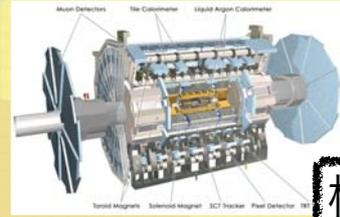


国際協力

加速器



あらゆる面で
重要な貢献



検出器

コンピューティング



人的資源
(運転)

3

ATLAS Japan Collaboration

16 Institutes,
~110 Collaborators

Kyoto Univ.
Kyoto Univ. Edu.
Osaka Univ.
Kobe Univ.
Okayama Univ.
Hiroshima Inst. Tech.
Kyushu Univ.
Nagasaki Inst. Appl. Sci.

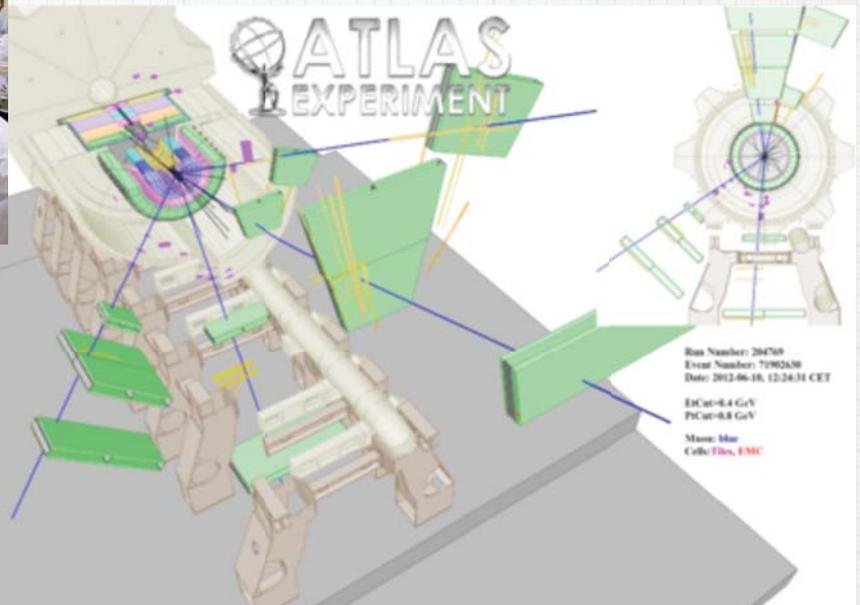
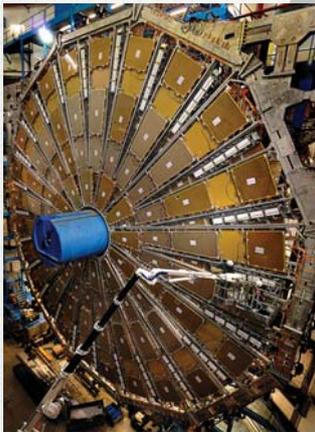
KEK
Univ. Tsukuba
Univ. Tokyo
Tokyo Metro. Univ.
Tokyo Inst. Tech.
Waseda Univ.
Shinshu Univ.
Nagoya Univ.

22

4

Run 1 $H \rightarrow ZZ (\rightarrow \mu \mu \mu \mu)$ 事象候補

ヒッグス (H) 発見 \Rightarrow ノーベル賞

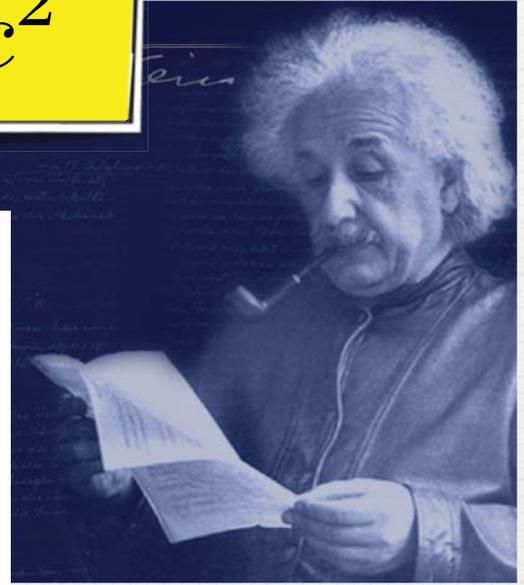


日本グループが建設・運転しているSCTとTGCが μ を捕捉

現状と予定

エネルギー = 質量

$$E = mc^2$$



- ❖ 衝突エネルギーが高いと重い粒子を作れる
- ❖ エネルギーを上げて未発見粒子を探索

9

ビームエネルギー 4TeV→6.5TeV

❖ 陽子の速さ

▶ 4TeVだと $0.9999999972504876c$
= 光速 - 20 km/h

▶ 6.5TeVだと $0.9999999989587645c$
= 光速 - 10 km/h

▶ 参考

◎ Tevatron (ビームエネルギー980GeV)
 $0.999999954193909c$
= 光速 - 500 km/h

10

電子 vs 陽子

❖ LEP (電子陽電子衝突) とLHC (陽子陽子衝突) は同じトンネル (大きさ)

❖ LEP ($E_{\text{beam}} = 104.5 \text{ GeV}$)

加速大変

▶ $\Delta E = 3.8 \text{ GeV}$ (3.6%) per turn

▶ $B = p/(0.3R) \sim 0.1 \text{ T}$

❖ LHC ($E_{\text{beam}} = 7 \text{ TeV}$)

曲げるの大変

▶ $\Delta E = 7 \text{ keV}$ (10^{-9}) per turn

▶ $B \sim 8.3 \text{ T}$

軌道を曲げる磁石の強さがエネルギーを制限

11

ひとたび事故が起こると...

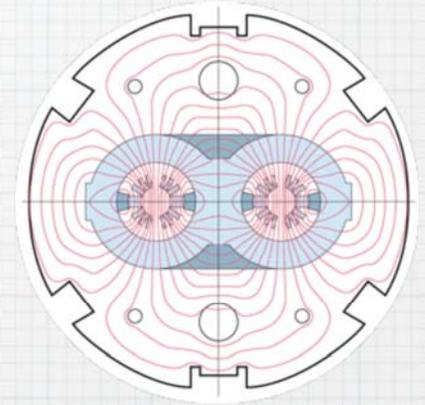
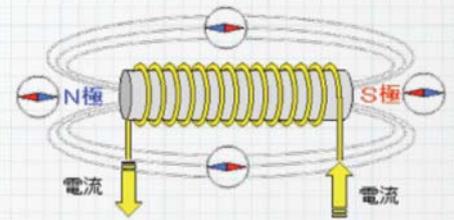
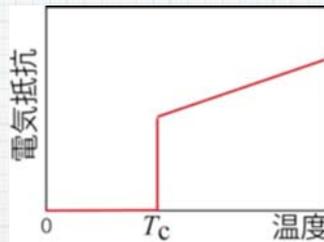


2008年9月19日 ヘリウム大量流出事故

12

この2年間何をやったか

- ❖ ビームエネルギー上げたい
 - ⇒ 磁場を強く
 - ⇒ 電磁石の電流を増やしたい
- ❖ 軌道を曲げる電磁石は超伝導

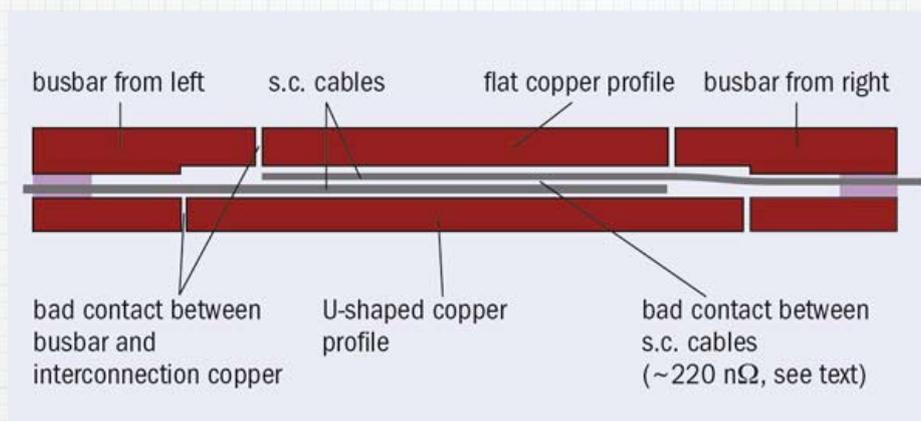


- ❖ クエンチすると急激に抵抗上昇
 - ▶ 電流を増やすとより深刻 ($W=RI^2$)

⇒ 保護回路の整備

13

双極子電磁石接続整備



- ❖ クエンチしないように
 - ▶ 超伝導線の接続チェック and/or 接続やり直し
- ❖ クエンチしたとき
 - ▶ 超伝導線の抵抗上昇
 - ▶ 銅製のバイパスに過剰の電流が流れて欲しい
 - ▶ 銅製バイパスの追加と接続チェック

14

1232台の接続整備作業終了



大規模な国際協力

350人100万時間



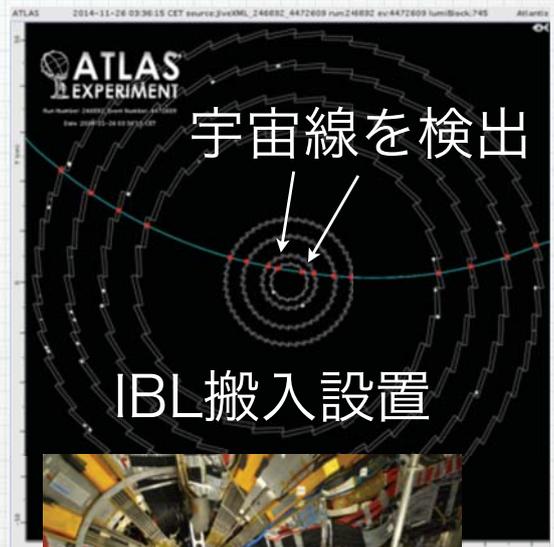
❖ 6.5TeVの陽子を曲げられる！

15

ATLASも様々な整備・改善

- ❖ 飛跡検出器最内層に一層 (IBL) 追加
- ❖ その他様々な整備作業

TGC作業

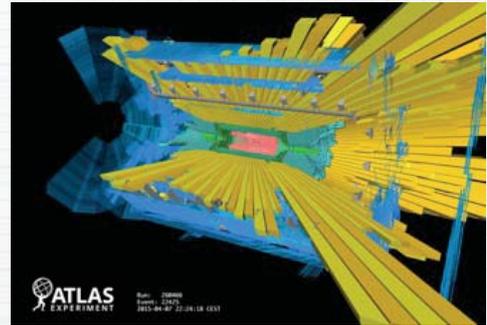


16

現状

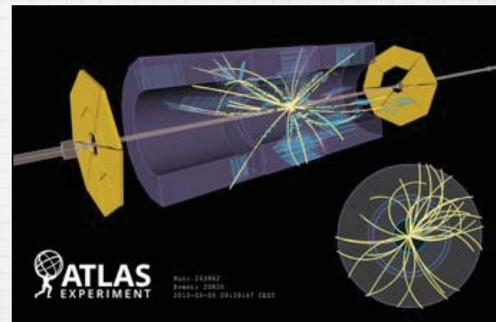
❖ 2015年4月5日 LHCにビーム入射・周回

▶ 入射エネルギー
450GeVで加速なし



❖ 4月10日
6.5TeVへの加速に成功

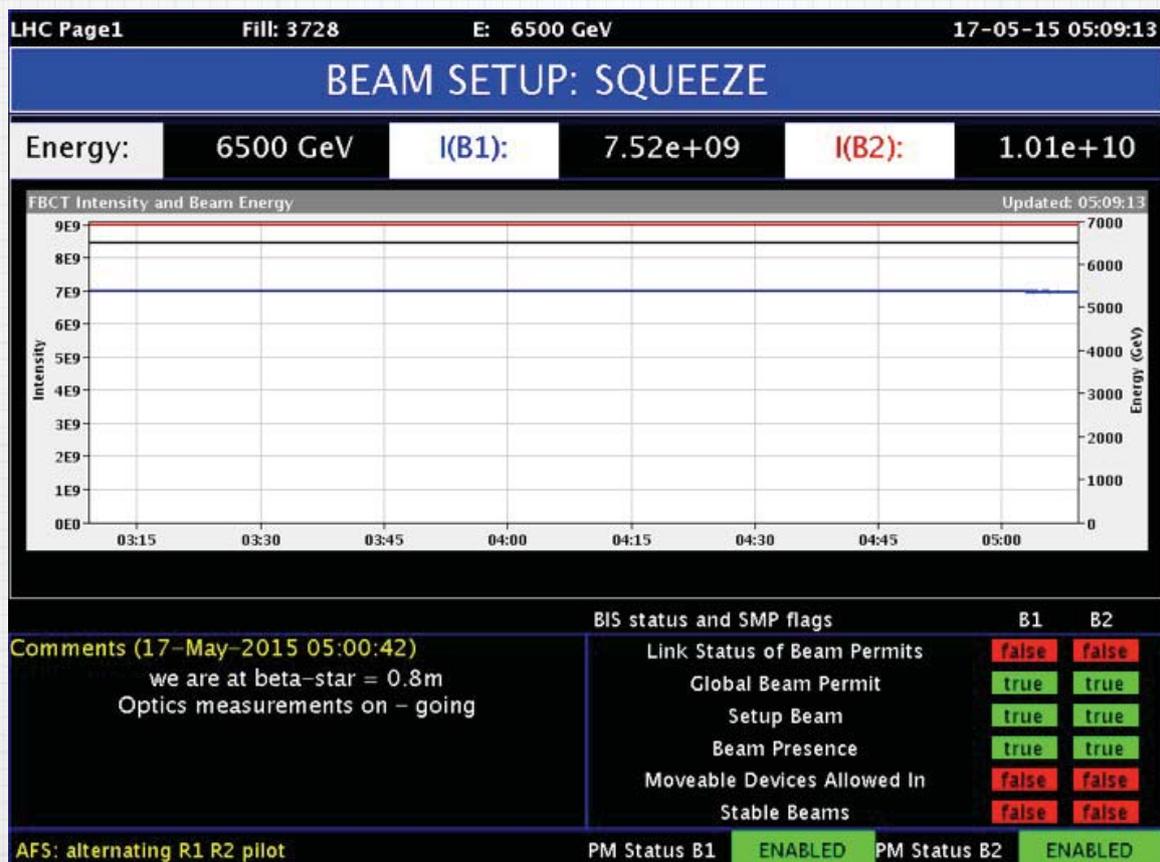
❖ 5月6日
450+450GeVで衝突



❖ 6月初旬 6.5+6.5TeV衝突予定

17

<https://op-webtools.web.cern.ch/op-webtools/vistar/vistars.php?usr=LHC1>



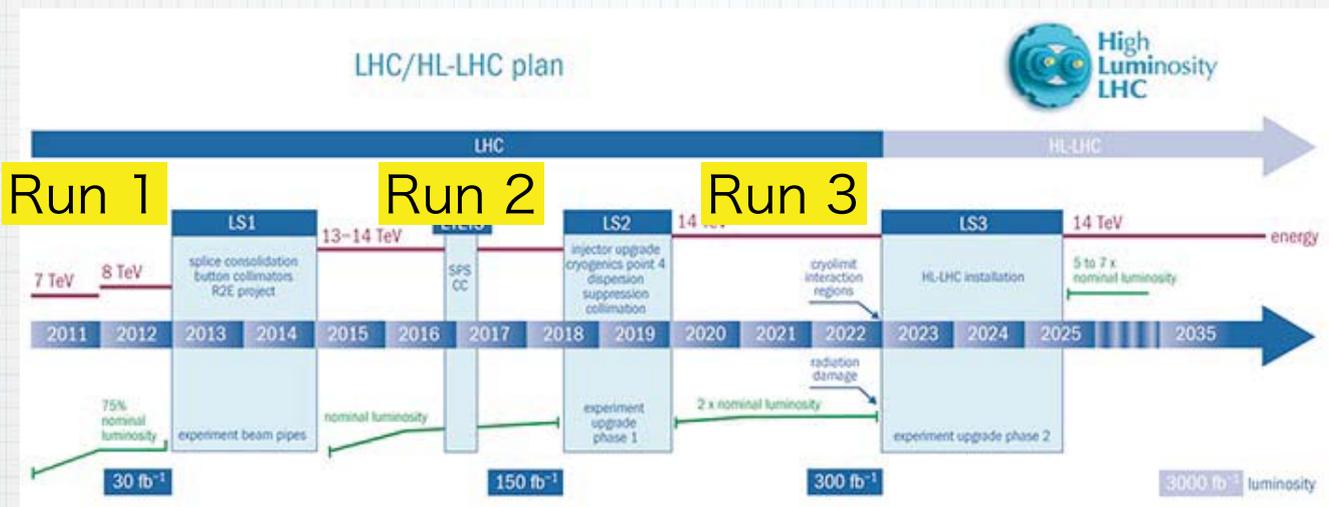
18

今年の展望

- ❖ 2015年に 10fb^{-1} (100兆回の陽子陽子衝突) のデータ収集を予定
 - ▶ 2011-12 (Run 1) で 25fb^{-1}
 - ◎ ヒッグスの生成確率は $8 \rightarrow 13\text{TeV}$ で3倍弱
 - ▶ 検出器の調整, 性能の確認
 - ▶ ヒッグスの再発見などRun1の結果の追試
 - ◎ ヒッグスの数倍増 \Rightarrow 詳細研究に進む
 - ▶ 超対称性など未知の重い粒子発見の期待
 - ▶ 最初の結果はおそらく12月から来年の冬

19

その先



- ❖ 陽子陽子衝突の頻度を上げていく
- ❖ 2035年までに 3000fb^{-1} (陽子陽子衝突3京回)
 - ▶ ヒッグス高精度測定
 - ▶ 新物理探索

20

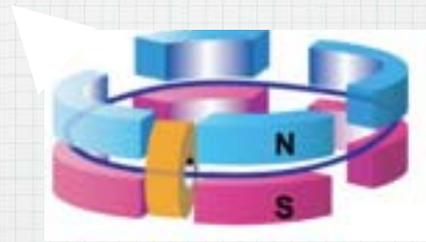
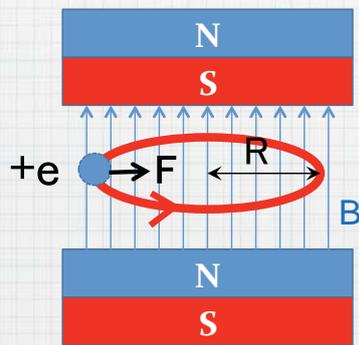
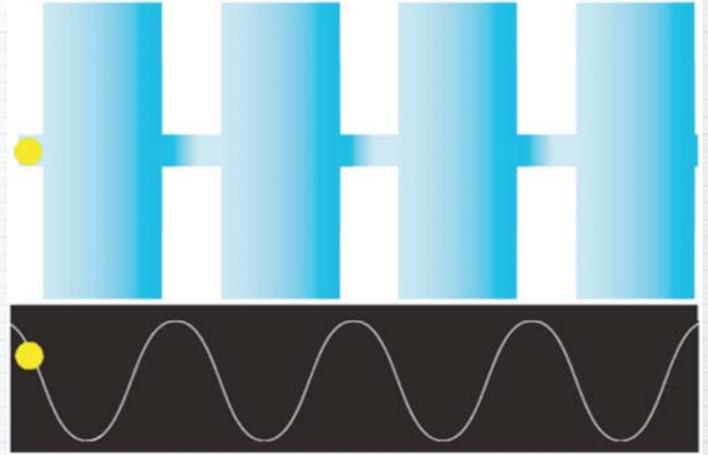
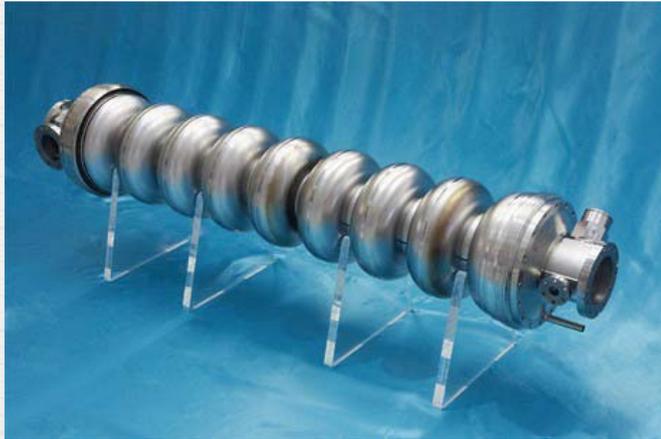
結論

- ❖ 衝突エネルギー13TeVでのデータ収集間近
 - ▶ 発見ポテンシャルの飛躍的増大
 - ▶ 2年間にわたる地道な作業の積み重ね

- ❖ 期待される物理成果は次の説明で

Backup

加速器のしくみ



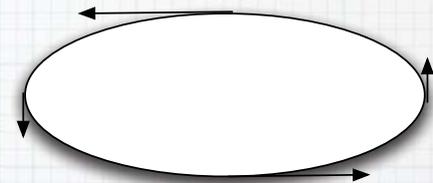
23

円形コライダー

❖ 電子は曲がると放射光

▶ 1周で失うエネルギー

$$\Delta E \propto \frac{(E/m)^4}{R}$$



E: 粒子のエネルギー

m: 粒子の質量

R: 半径

▶ 一定の速さで回転させるだけでも、対応するエネルギー（電力）を供給しないとならない

▶ より高いエネルギーにするには

◎ 重い粒子を回す

◎ Rを大きくする

陽子のエネルギー



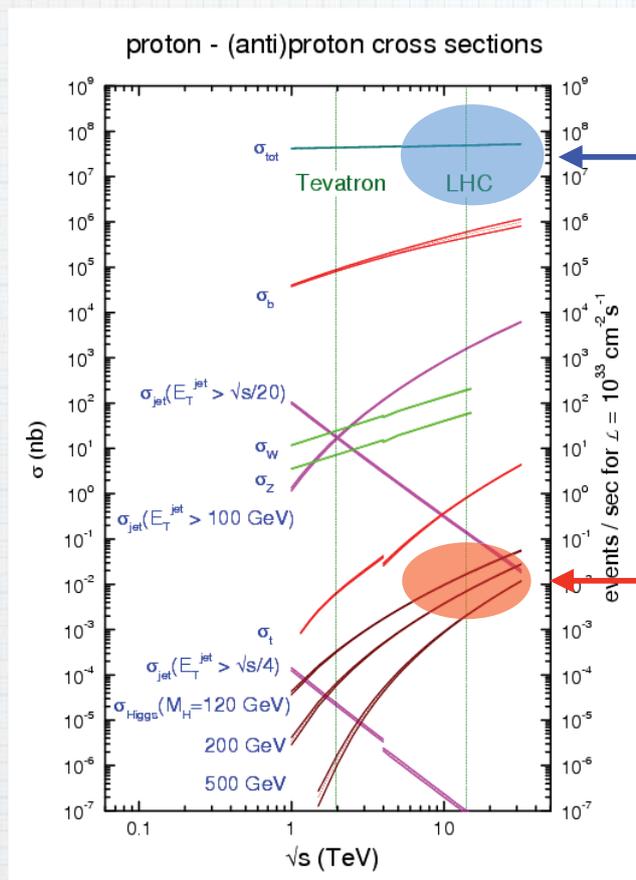
❖ 陽子1個のエネルギー $7\text{TeV} = 1.1 \times 10^{-6} \text{ [J]}$

▶ 虫の運動エネルギー程度

❖ 加速器内に蓄えられるエネルギー

$$\frac{1.1 \times 10^{-6}}{\text{陽子1個}} \times \frac{10^{11}}{\text{陽子数/塊}} \times \frac{2835 \sim 300\text{M}}{\text{塊の数}} \text{ [J]}$$

陽子陽子衝突で生成される事象



何らかの反応が
起こる確率

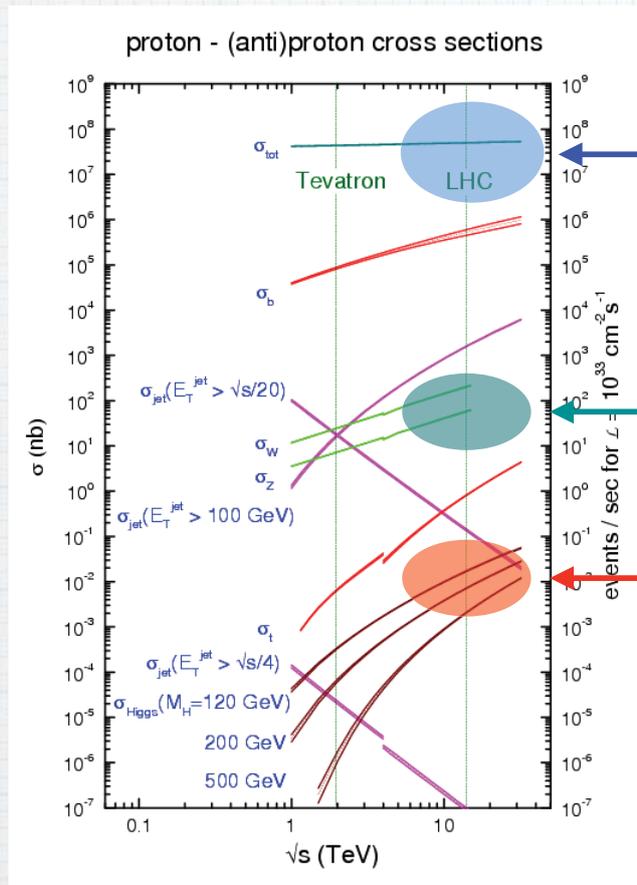
ヒッグス
生成確率

10^{10} の違い

❖ 興味ある事象は稀

❖ いつ起こるか不明

トリガー



何らかの反応が
起こる確率

ゴミ削減

高い運動量
を持つ μ

ヒッグス
生成確率

- ❖ 「何か」をきっかけ
にデータ収集
- ❖ μ は重要な手がかり