

The Large Hadron Collider (LHC) at CERN

-- Construction and Human Resource --

CERN・大型ハドロンコライダー(LHC)
加速器建設と人材について

Akira Yamamoto (KEK)
in cooperation with
Lyn Evans (CERN)

報告: 山本 明 (KEK)
協力: Lyn Evans (CERN-LHC Project Leader)

To be reported to the 4th MEXT ILC Human-Resource Working Group
文科省・ILC 人材確保・育成方策検証作業部会 (第4回)にて報告

2016-4-20

V-160418-jp



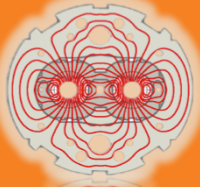
CERN 設立 1954年: 12 カ国(欧州)

“平和への科学”

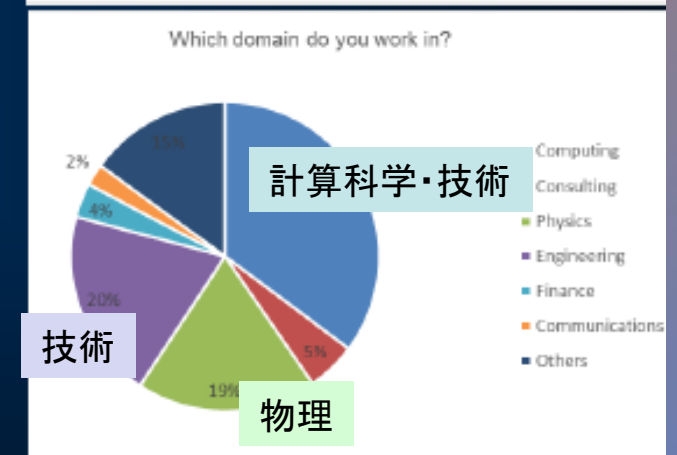
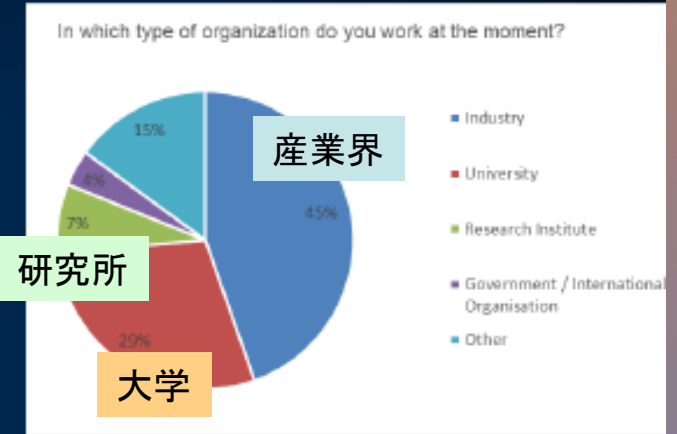
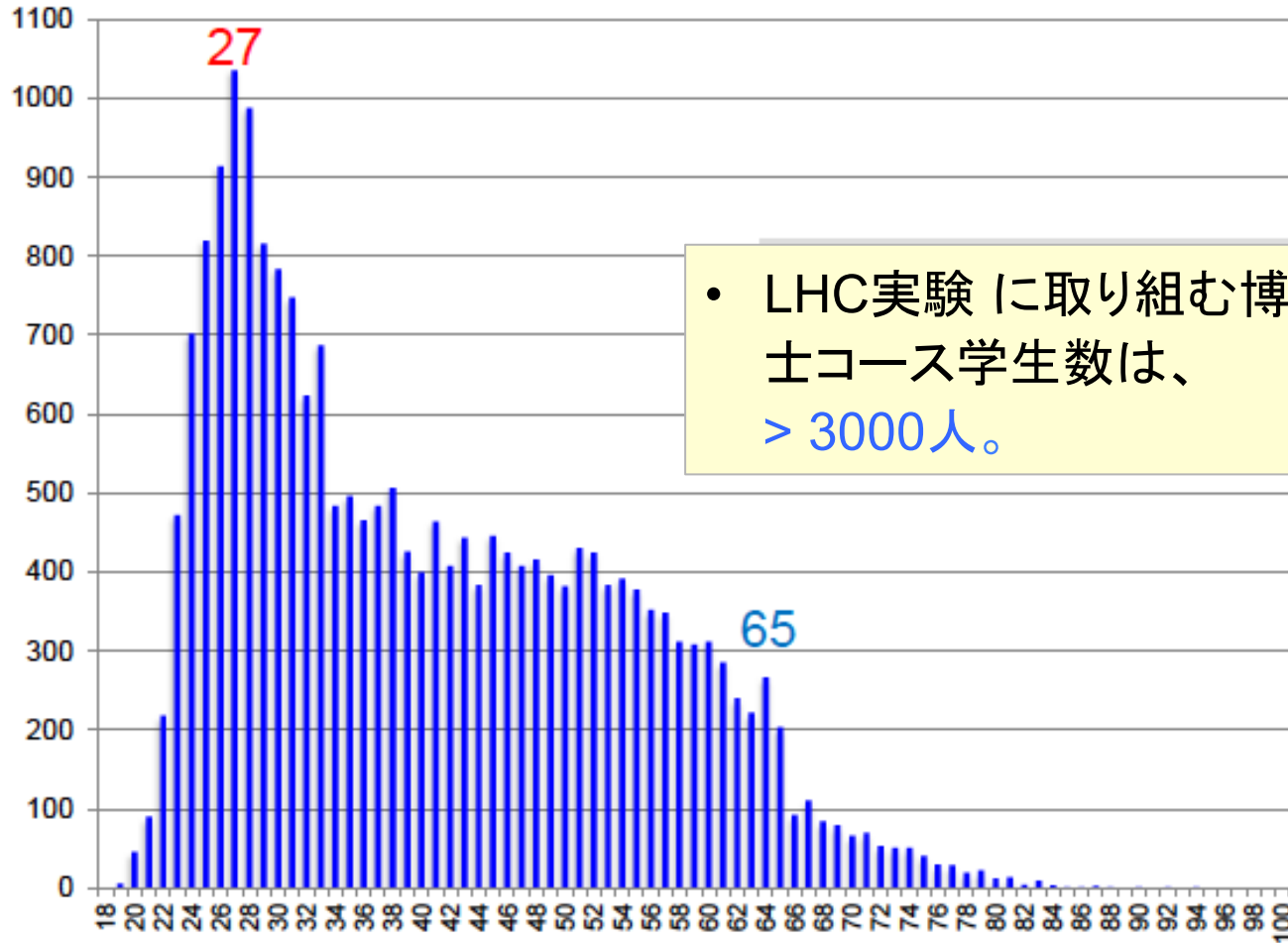
現在 (2016年)のメンバー国: 21 カ国

| | |
|---------------|------------|
| 正職員: | ~ 2300 |
| 職員 (他の給与受給者): | ~ 1400 |
| ユーザー: | ~ 12000 |
| 年間予算: | ~1000 MCHF |

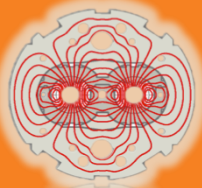




CERNでの科学者年齢分布と展開(キャリアパス)



CERNでの経験・実績を踏まえ、広い分野に展開し活躍！

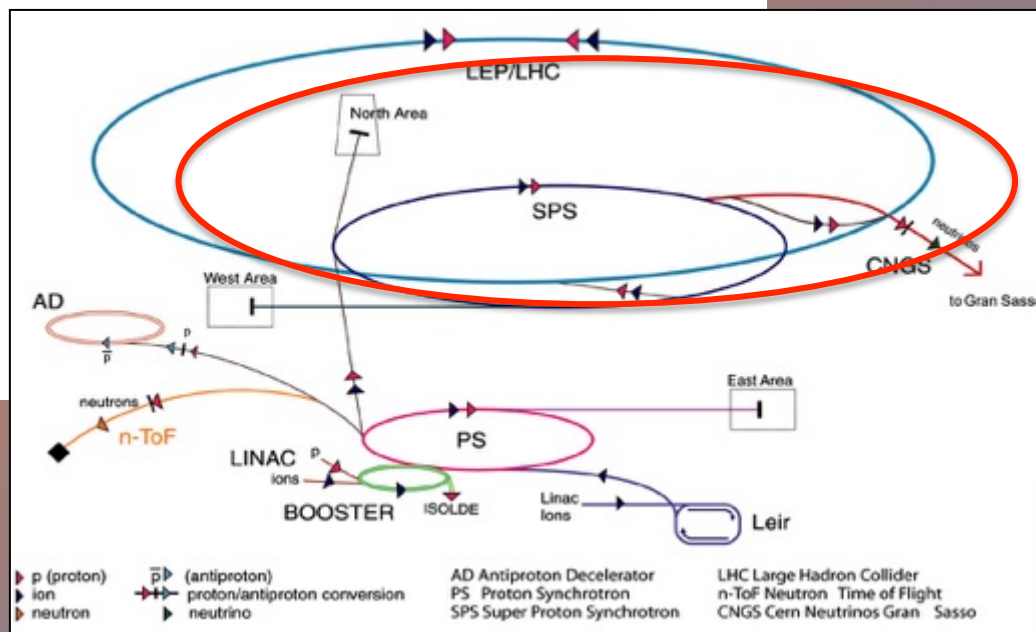


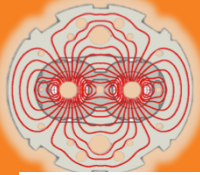
CERN における加速器の発展



加速器の進化:

- 1954: CERN の設立 (12メンバー国)
- 1959: 28GeV 陽子加速器 (PS) 完成
- 1971: 陽子・陽子コライダー (ISR) 完成
- 1976: 450GeV スーパー陽子シンクロトロン (SPS) 完成
- 1983: W and Z の発見。陽子・反陽子コライダー (SP[P-bar]S)による
- 1989: 50+50GeV 大型電子・陽電子コライダー(LEP) 完成
- 1994: ラージハドロンコライダー(LHC) 建設の決定
- 2000: LEP2 運転の終了
- 2008: LHC 完成
- 2010: 7 TeV 物理実験スタート
- 2012: Higgs の発見
- 2015: 13 eV 物理実験スタート





LHC 計画の概要



目的

- ・ヒッグス粒子の発見、超対称性粒子の探索。宇宙の起源、物質形成、物質の究極構造の研究。

LHC 加速器

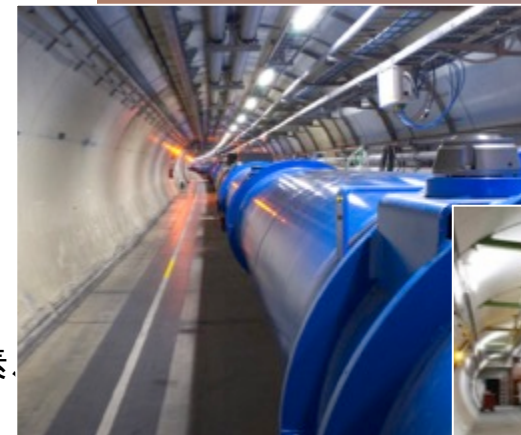
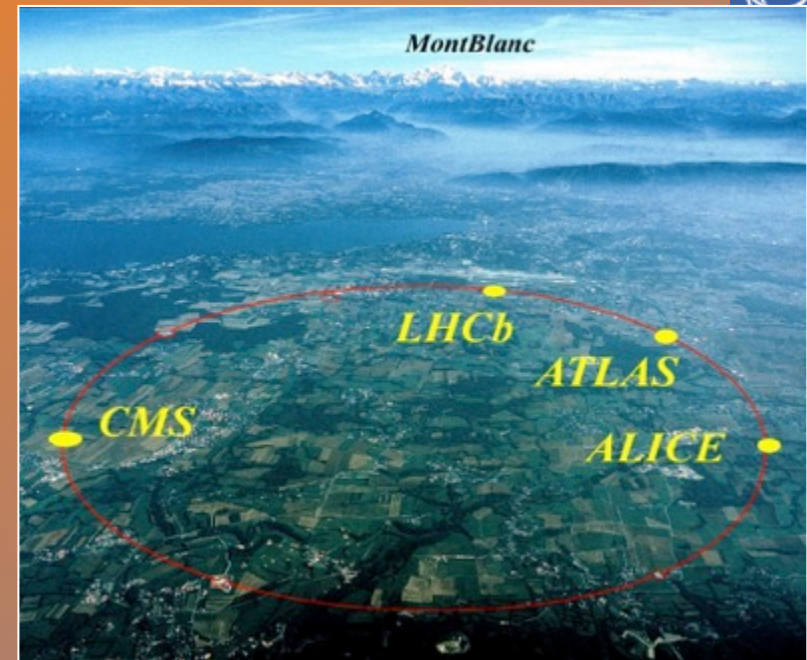
- ・陽子・陽子衝突: エネルギー: 7+7 TeV
- ・周長: 27 km
- ・地下トンネル深さ: ~100 m
- ・主二極磁石: 8.33 Tesla (1232 ユニット)
- ・磁石総重量: 35,000 tons
- ・LHe 120 t
- ・運転電力 120MW (of ~ 230MW at CERN)
- ・建設費 ~ 5000 MCHF (人件費含)
- ・建設期間 4+10 yrs

加速器国際協力

- ・ CERN メンバー国 + 日本, アメリカ, ロシア, カナダ, インド, 他...
- ・ 日本からの予算貢献: 138.5 億円
- ・ KEK; 最終収束超伝導磁石、日本企業、超伝導線、磁石要素、却システム要素など

物理実験国際協力:

- ・ ATLAS < CMS, Alice, LHCb, TOTEM < and LHCf
- ・ 日本はATLAS 実験に重点参加。



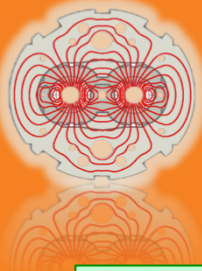
加速器・主二極磁石

LHC 実験

CMS, LHCb, ATLAS, and ALICE



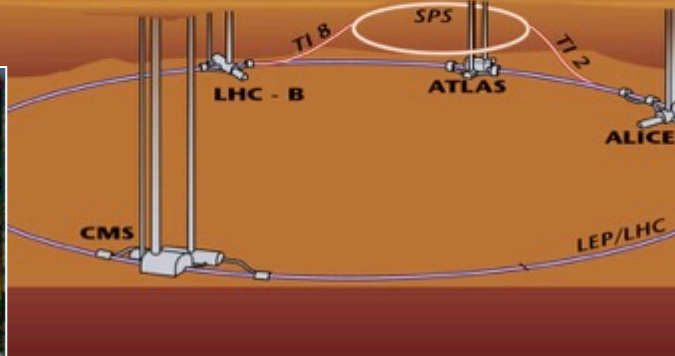
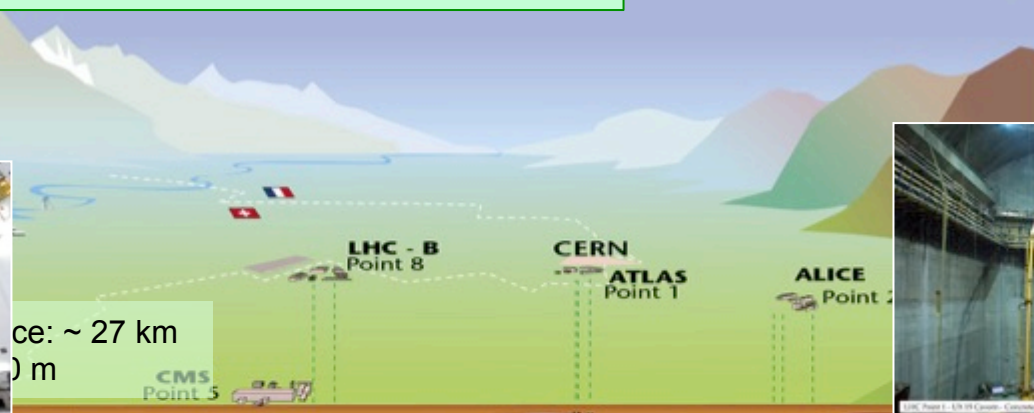
衝突点最終収束磁石 (日本の貢献)

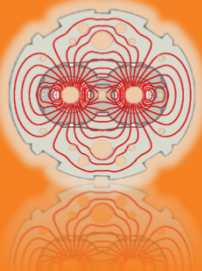


LHC 建設におけるCERNの責任範囲



- 加速器の建設
- 全ての土木・建築 (実験エリアを含む)
- 測定器組み込み・運転の為にインフラストラクチャー
- 測定器建設への部分貢献 (20%)

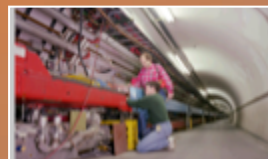
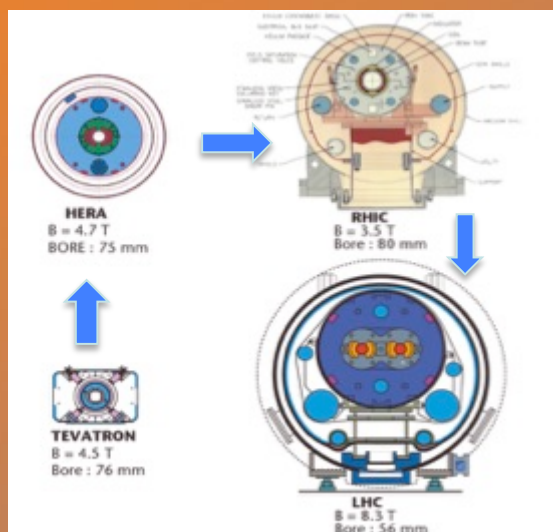
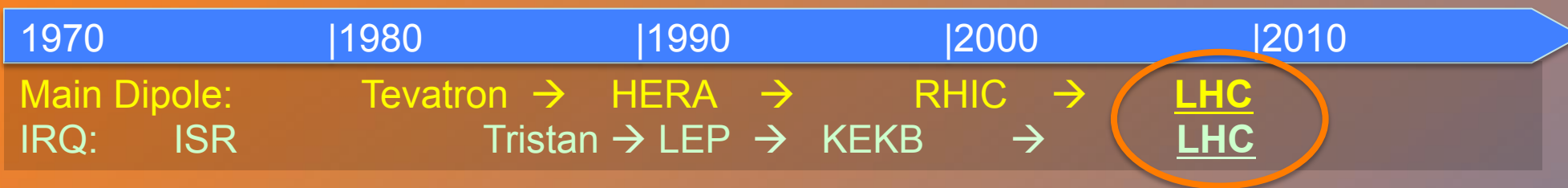




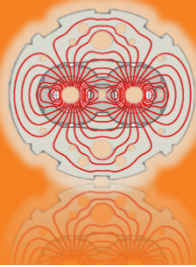
LHC加速器・超伝導磁石開発 国際協力・技術継承



- 国際スケールでの高エネルギー加速器・超伝導磁石技術の進展と継承がLHCに結実。
- 超伝導磁石のエキスパートは、プロジェクトの進展に合わせ主役を交代しつつ相互協力。



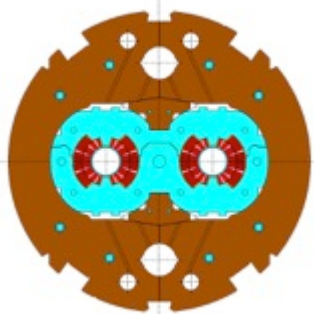
| Acc. | Energy [GeV] | B, G [T, T/m] | Operation |
|---------------------|--------------|---------------|-----------|
| Tevatron (Fermilab) | 2 x 900 | 4.0 T | 1983-2011 |
| HERA (DESY) | 820 | 4.68 T | 1990-2007 |
| RHIC (BNL) | 2 x 100 | 3.46 T | 2000 - |
| LHC (CERN) | 2 x 7,000 | 8.36 T | 2008 - |



LHC 超伝導二極磁石・建設タイムライン

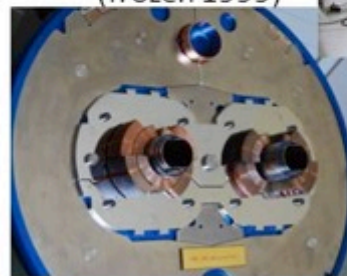


Magnet designs at first LHC workshop, 1984

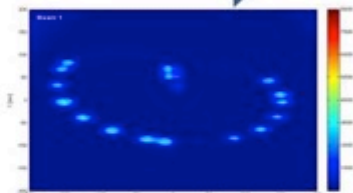


First LHC dipole prototype on the test bench (June 1994)

Final dipole cross section (frozen 1999)



Assembly of 15 m long coils in industry, 2003

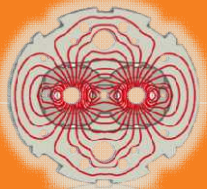


First energy record in the proton beam, December 2009



Continuous magnet line installed in the 27 km LHC tunnel, 2006





超伝導磁石の製造・量産経過



1232 主2極磁石の生産
- 企業での分担
- 3 + 3 年間

