LCWSプリスクール

「将来電子・陽電子コライダーの物理と技術」

石野 雅也

東京大学　素粒子物理国際研究センター

2026.11.08
@ UTokyo

素粒子物理 ⇒ 宇宙の歴史：探索手段

UTokyo

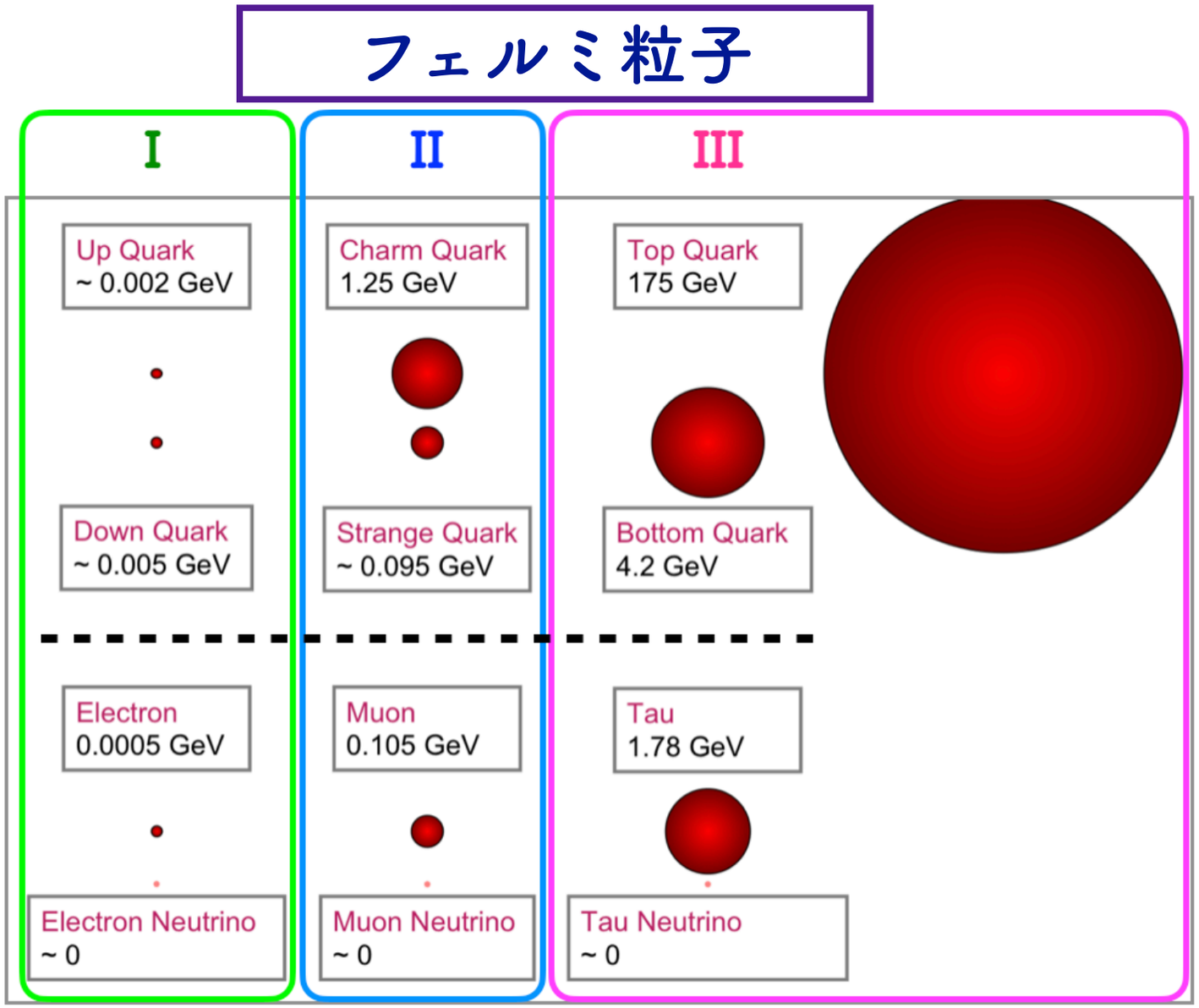


素粒子衝突実験
@ CERN（ジュネーヴ）

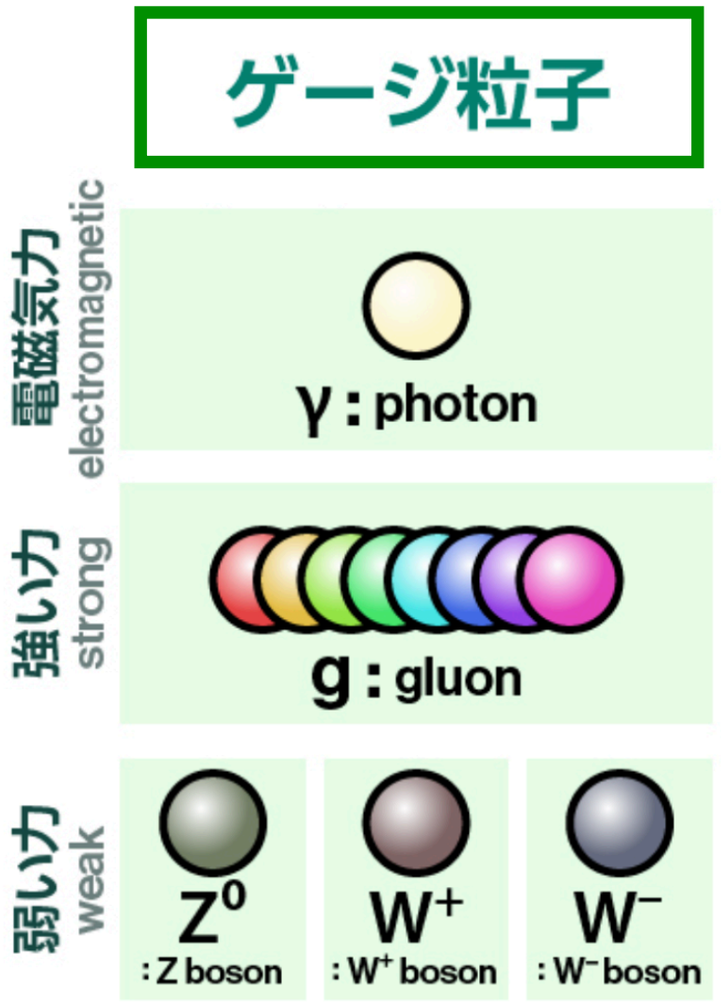
加速器 = "人工" 初期宇宙

3　現在の素粒子物理：１つ目の柱（Local Gauge Theory）

物質の最小構成要素としての



相互作用を媒介する存在としての



ゲージ対称性 SU(3) x SU(2) x U(1)

これを課して理論を構築したら、（なんだかよくわからないけれど?）

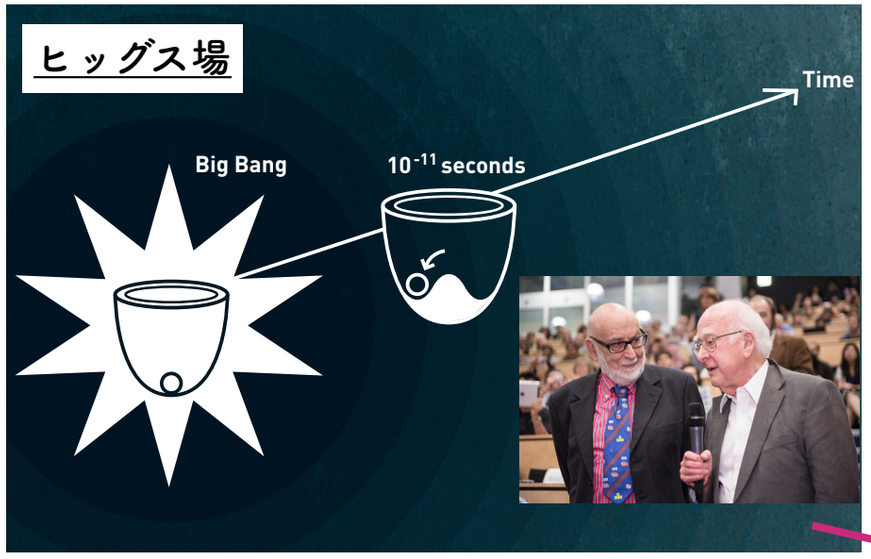
自然現象を、（すくなくとも EW scale までは、）うまく記述できてしまう

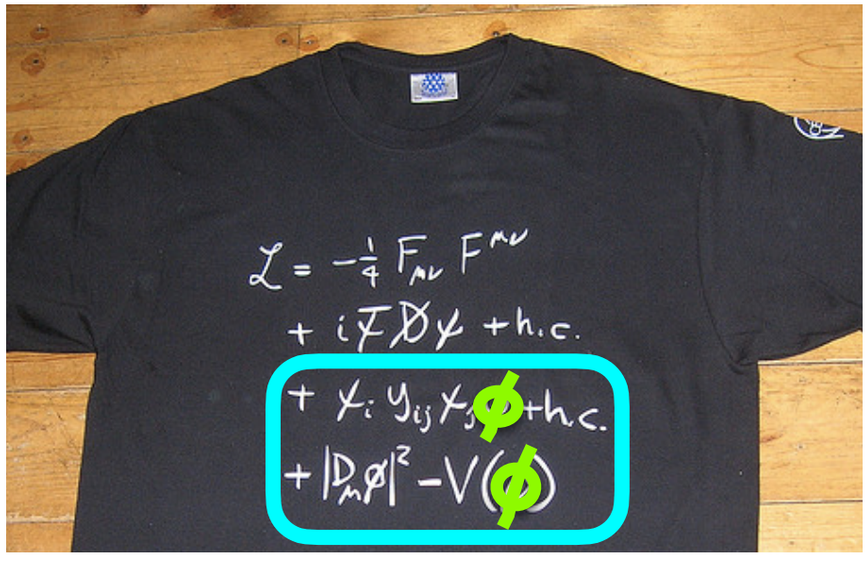
4　２つ目の柱　（自発的）対称性の破れ - Higgsセクター

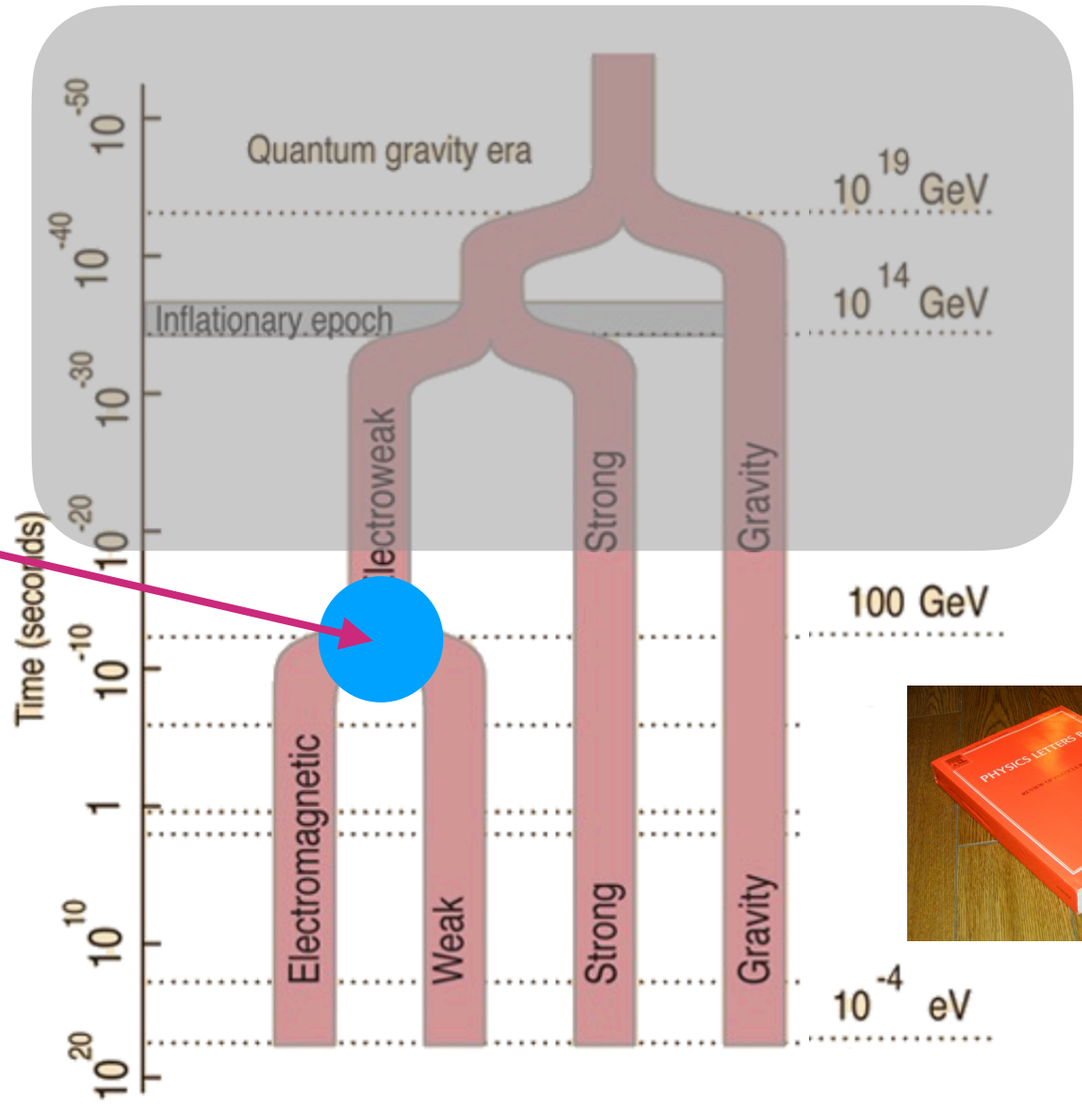
UTokyo

宇宙の冷却 ➡
- 電弱対称性の破れ
- ヒッグス場の性質の変化

（真空期待値 != 0）



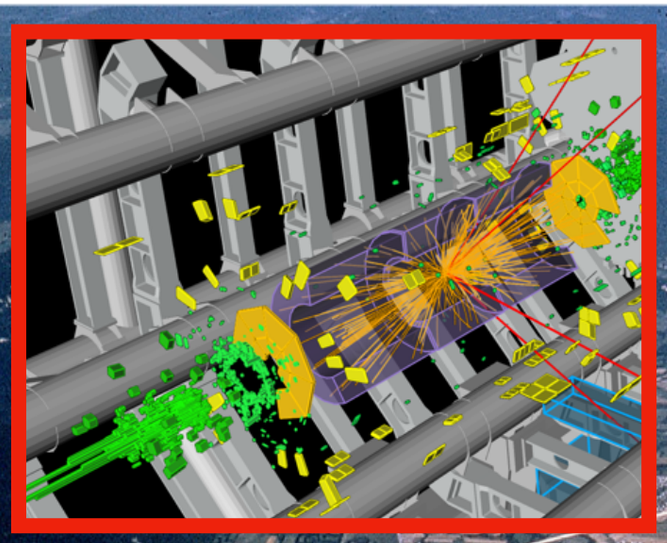




Higgsの博物学　>>　Symmetry Breakingのdynamics?

LHC加速器 @ CERN研究所





Higgs

(2012)

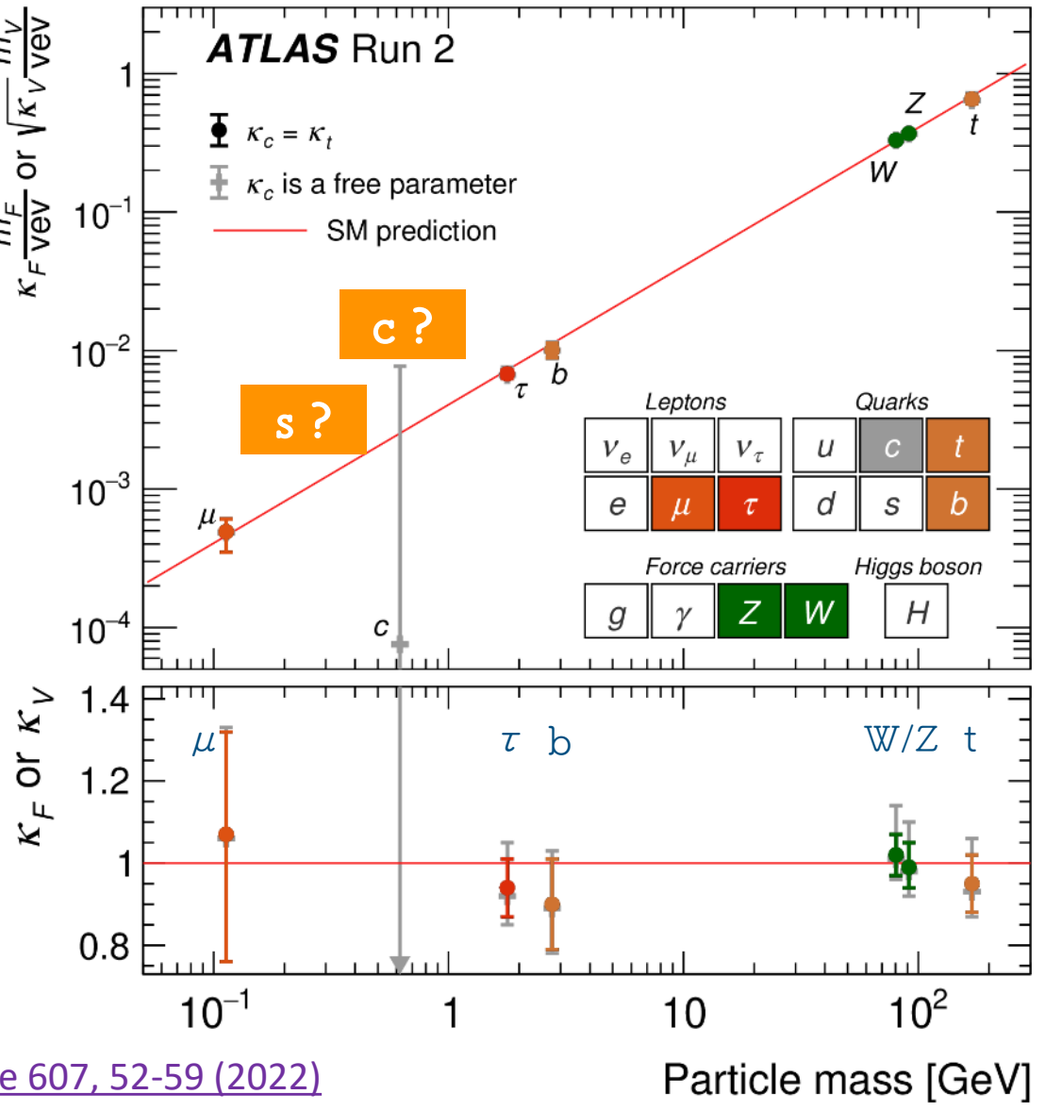
5,500億円

6 Higgs: Coupling Constant 測定精度（現在までの到達点）

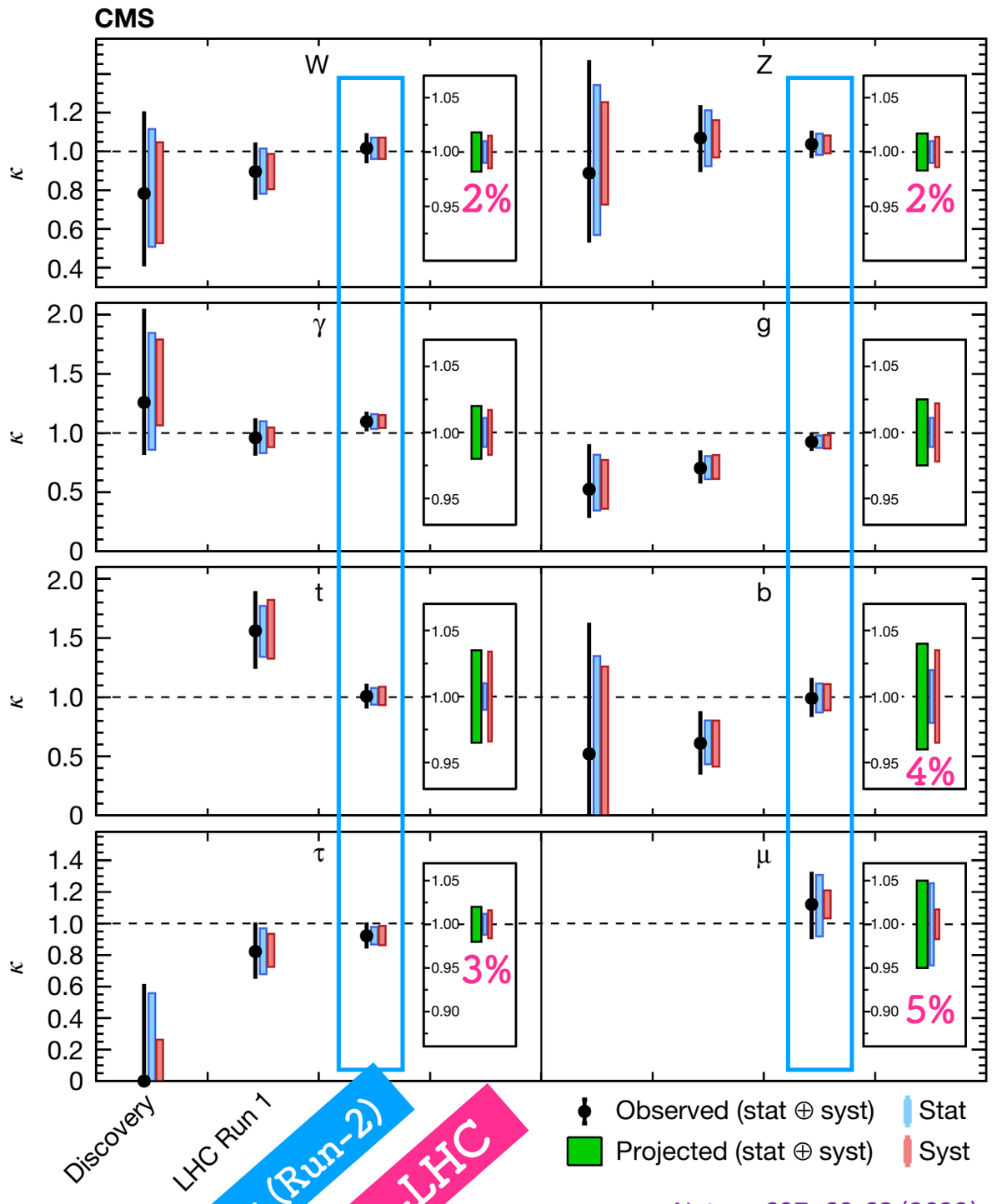
UTokyo

現在：LHC-Run2 全データ（2015-18）

エラーの範囲で 標準理論とコンシステント



Nature 607, 52-59 (2022)



Nature 607, 60-68 (2022)

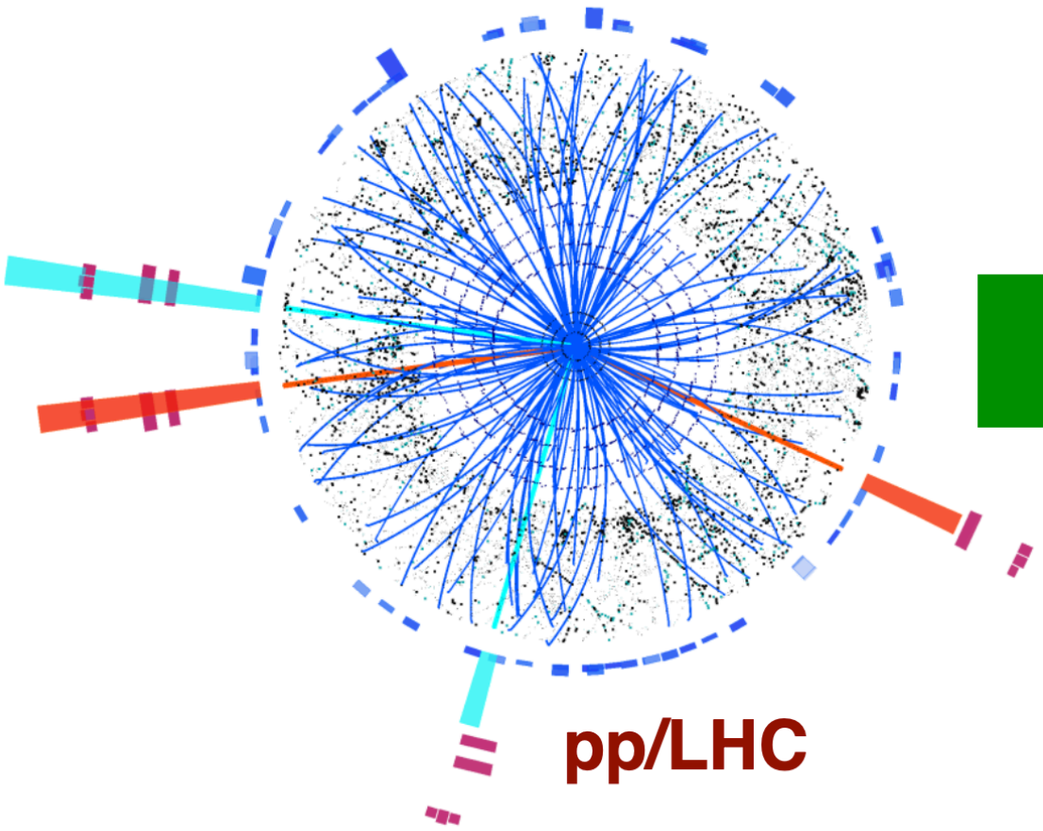
○（1 TeV）~ 5 %

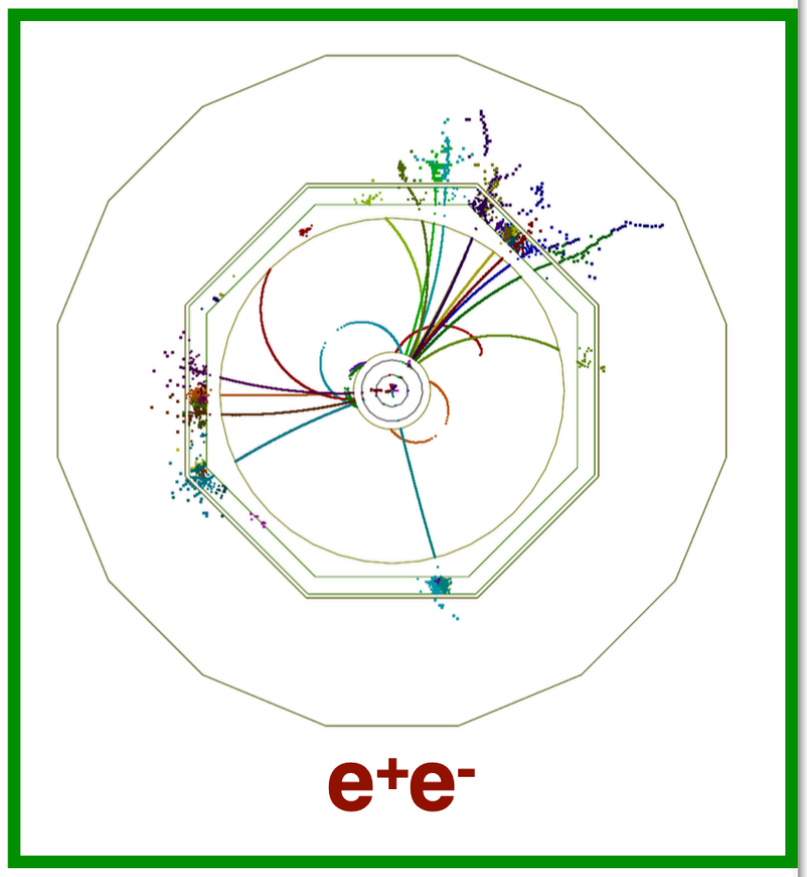
精度が足りない、まだ足りない

高輝度-LHCでも、多分まだ不足

○(10% 程度) → HL-LHC 2-5%

7　次の一手　＝　ヒッグス・ファクトリー





50 pb = 50,000 fb

300 fb

生成される Higgs数は少ない ~ 1/166

にも関わらず、精密測定が可能

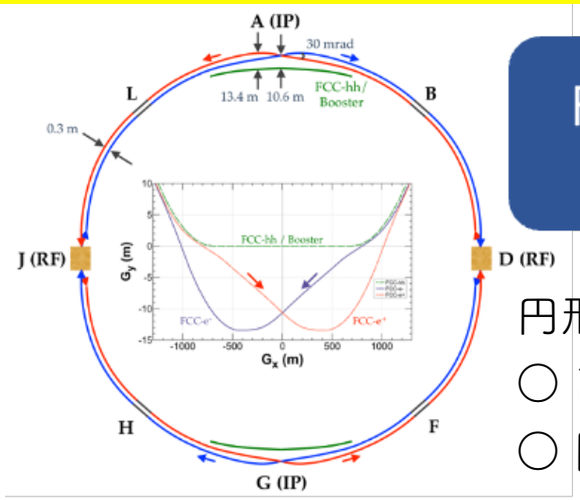
O (1%)

精密な測定の実現のためには、

ヒッグス・ファクトリーによる

クリーンな実験環境が、絶対的に必要

円形 / 直線 (LC) Higgs Factory 比較



FCC-ee (CERN)

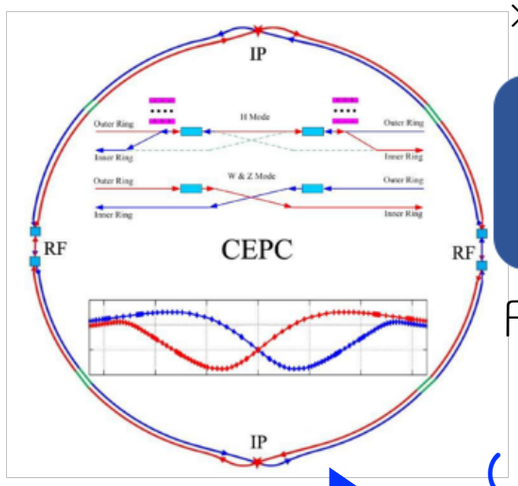
円形加速器（周長90km）

◯ 高いルミノシティ

◯ **陽子・陽子への拡張性**

× 建設コスト高（２兆円以上）

× 運転コスト高（300 MW）



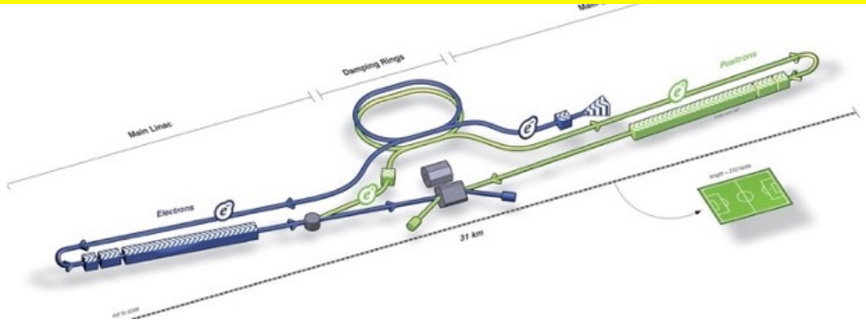
CEPC (中国)

円形加速器（周長100km）

（16T磁石を開発できれば）

〔将来〕$\sqrt{s}$ ~ 100 TeV p-p衝突

ILC 250



直線 20km

◯ 建設コスト 半分（以下）

◯ 運転コスト 低（120 MW）

△ 衝突点の数（普通は１点。 ２点作れるがコスト上がる）

△ ルミノシティー （精密測定は十分可能）

ILCに特徴的なアドバンテージ

- ILC250 での**科学的結果をふまえて**
- その間の **技術革新（衝突エネルギー & 輝度）導入**

総合的にリーズナブルな形で その先へ進める

LCの理想形

〔1〕 Higgs粒子の精密測定により **次の新物理のエネルギースケール** を知る

→ **Higgs Factory**でやる

精密測定

〔2〕 〔1〕の科学的結果 & **その時点での最良の加速器技術で** 次の加速器を作り、

Energy Frontierで、素粒子/宇宙の「なぜ?」を解明していく

Energy Frontier

単純化したヨーロッパでの議論（2025-2026）

UTokyo

『次世代』

FCC-ee（欧州） → 技術的困難は無い
CHF 16B（> 3兆円）極度に高額

CEPC　（中国） → 2026 - 2030 5カ年計画で不採択
欧州がもたついていたら
2031-2035計画に再挑戦



LCF（欧州） → ILC方式でCERNに建設
550 GeV拡張 折り込み
FCCと同程度に高い

ILC（日本/Global） / CLIC → 計画実現に向けた
国際的な動向はない



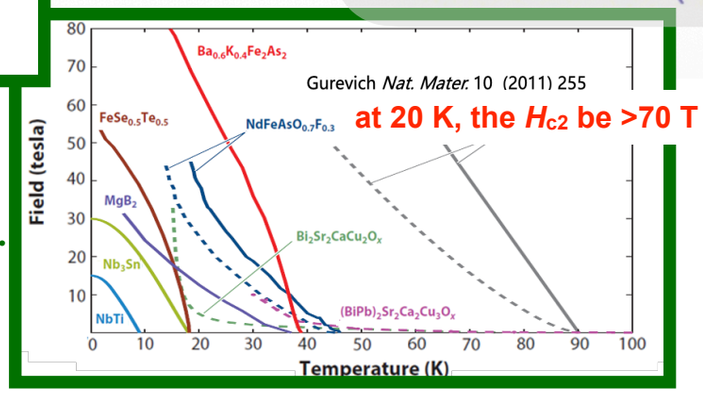
『次々世代』

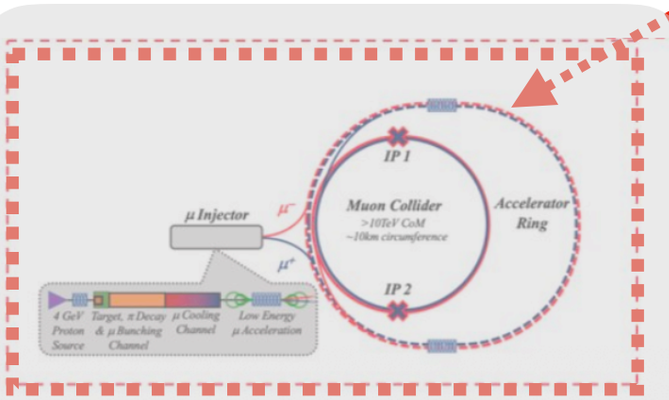


FCC-hh（欧州）
SppC　（中国）

磁石：14-16 Tesla

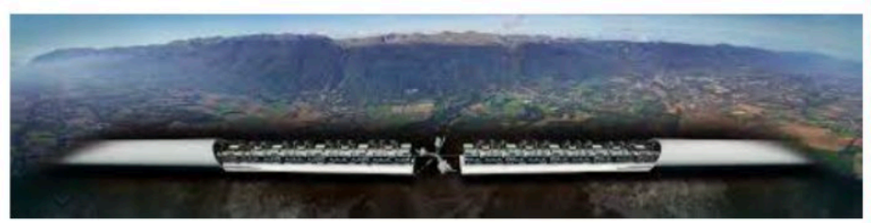
Nb3Sn, 鉄系高温 SC, ..
工業製品化、低価格化
の見通し、今はない





Muon Collider (3, 10 TeV)

クリアーすべき要素技術が、
多数。 実現は 次々々期?



Super-LC

そうはいっても、10 TeV per partonの実現の道筋は、見えていない

⇒ ロードマップ不在

将来、『10 TeV per partonに至れるか?』という世界線

そんな中

日本の研究者の基本方針 ー 2025年版

Updated in 2025

2017年版
250 GeV・早期実現・国内建設
を アップデートした

Japan's Strategy

https://indico.cern.ch/event/1439855/contributions/6461494/

- Importance of maintaining timely progress in the ongoing experiments and construction of experimental facilities.
  - SuperKEKB/Belle II, J-PARC (neutrino, Kaon, muon, ..), HL-LHC/ATLAS, Super-Kamiokande/Hyper-

"a" Higgs Factory を国際協力で 早期実現することが素粒子物理にとって重要だと考える

- Early realization of a Higgs factory through international collaboration is crucial.
  - Our goal is to ensure the realization of a Higgs factory. In this context, we will pursue the following two key directions:

    - We prioritize efforts to realize the ILC as Global Project, taking a leading role in advancing ongoing initiatives. We will engage with international partners to discuss governance, responsibilities, and site selection. We intend to develop and expa
    host the ILC as Global Project in Japan.
    - We also extend our activities in other Higgs factory proposals as a collective approach to maximize the chances of timely realizing a Higgs factory.

4

グローバルプロジェクト方式で ILCを実現する
（日本での建設も、ひとつの解として追求）

ILC以外の Higgs Factoryについても、
その実現可能性を最大化する

具体的にはどうする?

次世代加速器：　世界情勢（ヨーロッパ、中国、U.S.）は、かなり大きく変化している

どの計画も予算化されていない　（しかも高額すぎて、すべて長期化 / 頓挫する危険）

LCの技術・コンセプトには様々な利点（エネルギー拡張・輝度拡張・コスト・電力消費・ ...）

『次世代の素粒子物理学にとってLC技術が重要』と本気で思っている

- We prioritize efforts to realize the ILC as Global Project, taking a leading role in advancing ongoing initiatives. We will engage with international partners to discuss governance, responsibilities, and site selection. We intend to develop and expand our scientific and promotional activities to host the ILC as Global Project in Japan.

グローバルプロジェクト方式でILCを実現する

2028年まではLCの建設に向けた国際協力は、進まないだろう。　その間、次の事が重要

- LC建設に向けた技術開発を着実に進めること
- これを国際協力で進めること

ILC Technology Network を通じた、国際的な加速器技術 R&D