

ヒッグス粒子と超対称性の発見が 切り拓く21世紀の素粒子物理学



ヒッグス粒子生成の
シミュレーション図

領域代表者 東京大学大学院理学系研究科・教授
駒宮幸男

研究の目的

世界最高エネルギーの加速器LHCを用いた国際協力実験 **ATLAS**と世界最高輝度ミュオンビームを用いた国際協力実験**MEG**を遂行し、

- ・**ヒッグス粒子の確実な発見**を通して、質量の起源や真空の構造を解明する。
- ・**超対称性の発見**を通して、力の大統一や宇宙の暗黒物質を解明する。
- ・標準理論を超える新しい素粒子現象の理論的研究を総集結し、その本質に迫る。

これらの発見が可能な実験は世界でLHCとMEGだけである。

ヒッグス粒子(質量の起源)

相互作用(力)は**ゲージ原理**が支配
LEP実験で高い精度で証明

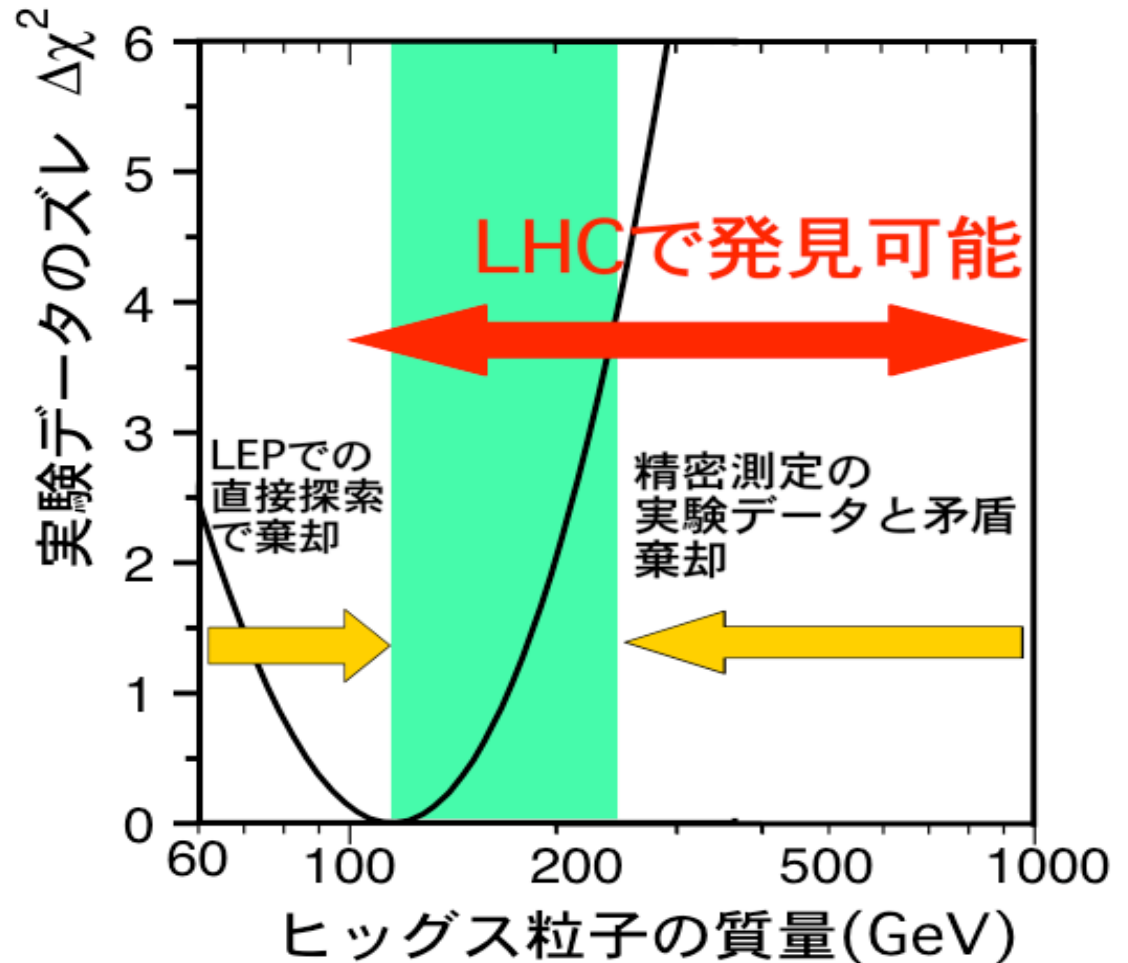
一方、ヒッグス粒子はゲージ対称性を破り素粒子に質量を与える

LEP実験ではヒッグス粒子を
114 GeV ~ 250 GeVの狭い
質量範囲に絞り込んだ。

標準理論で唯一未発見の粒子

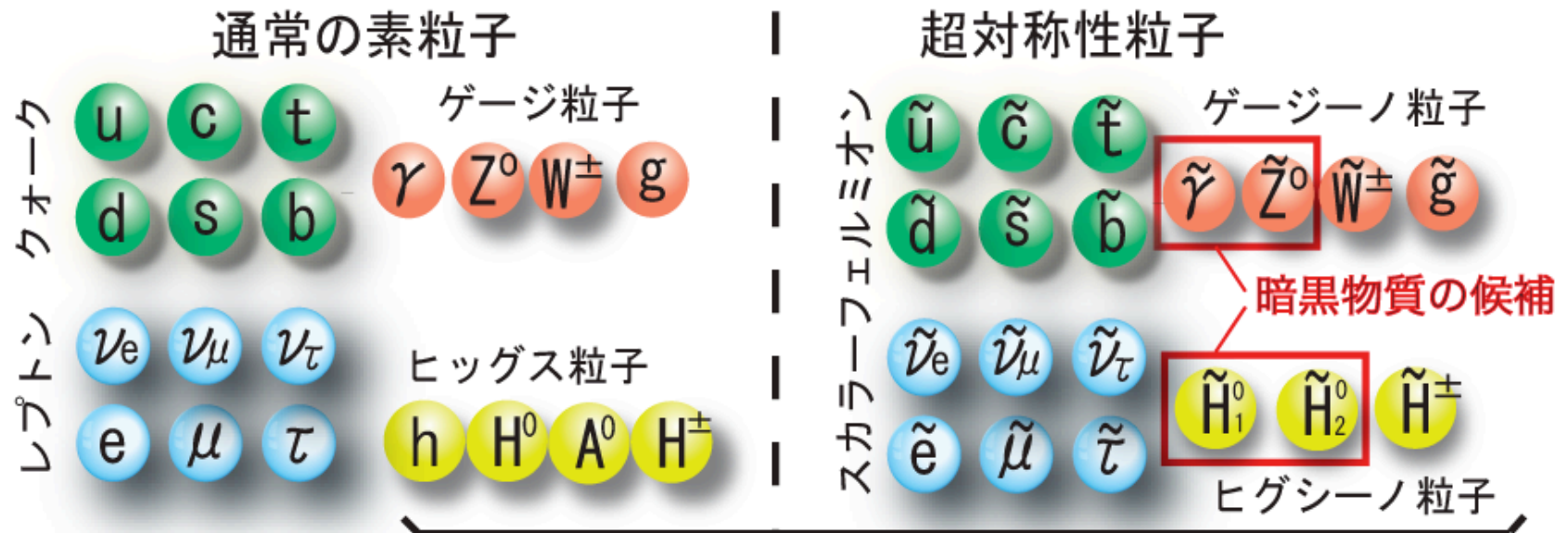


**素粒子物理の最緊急課題:
ヒッグス粒子の直接の発見**



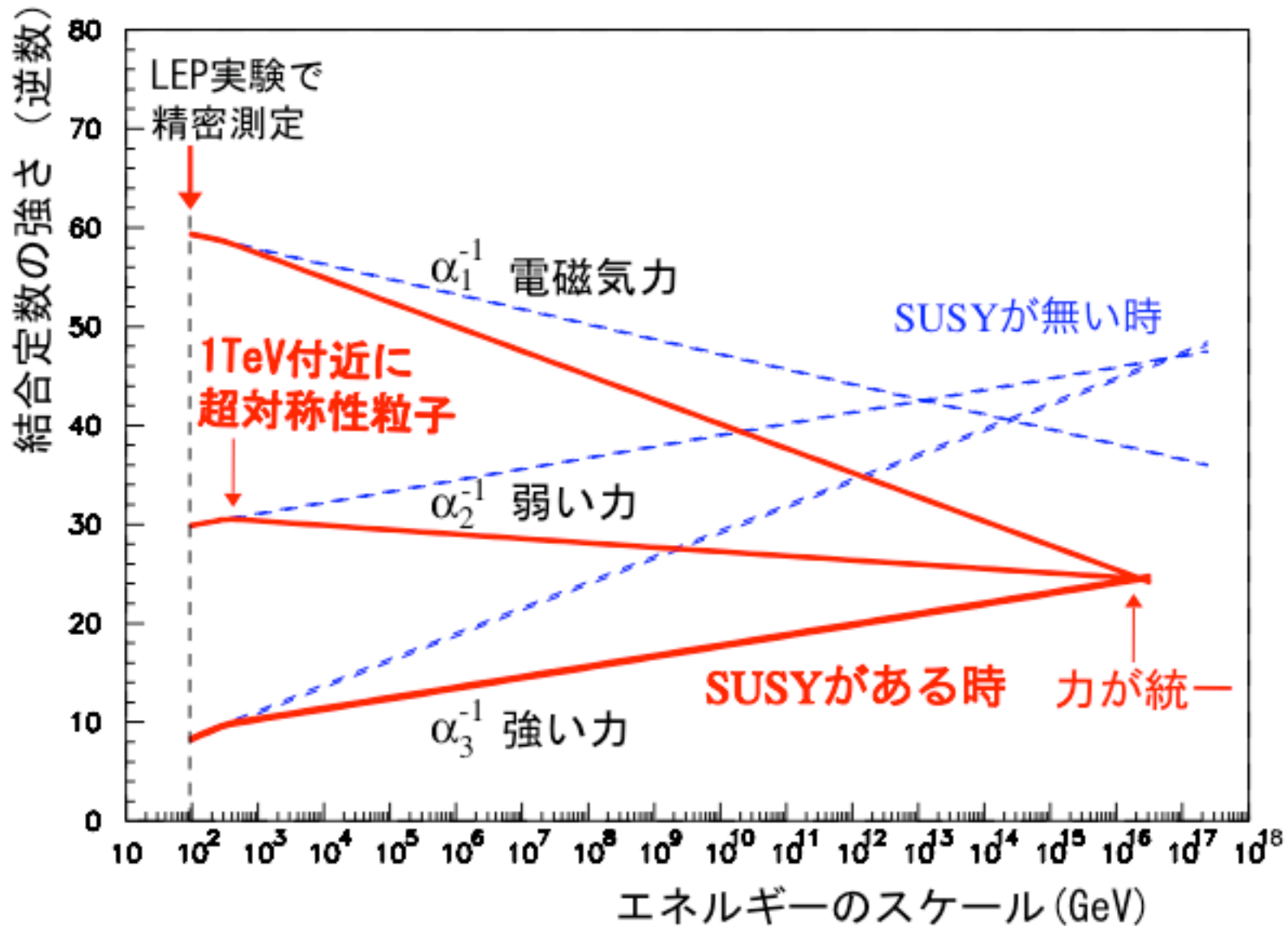
超対称性粒子(SUSY)

- ・超対称性=フェルミ粒子とボーズ粒子を入れ換える対称性
重力を含む力の統一で決定的な役割
- ・全ての素粒子に超対称性パートナーが存在し、その質量はTeV以下
⇒反粒子の発見に匹敵する成果
- ・最も軽い超対称性粒子は、宇宙の「暗黒物質」の最有力候補
⇒宇宙構造の理解

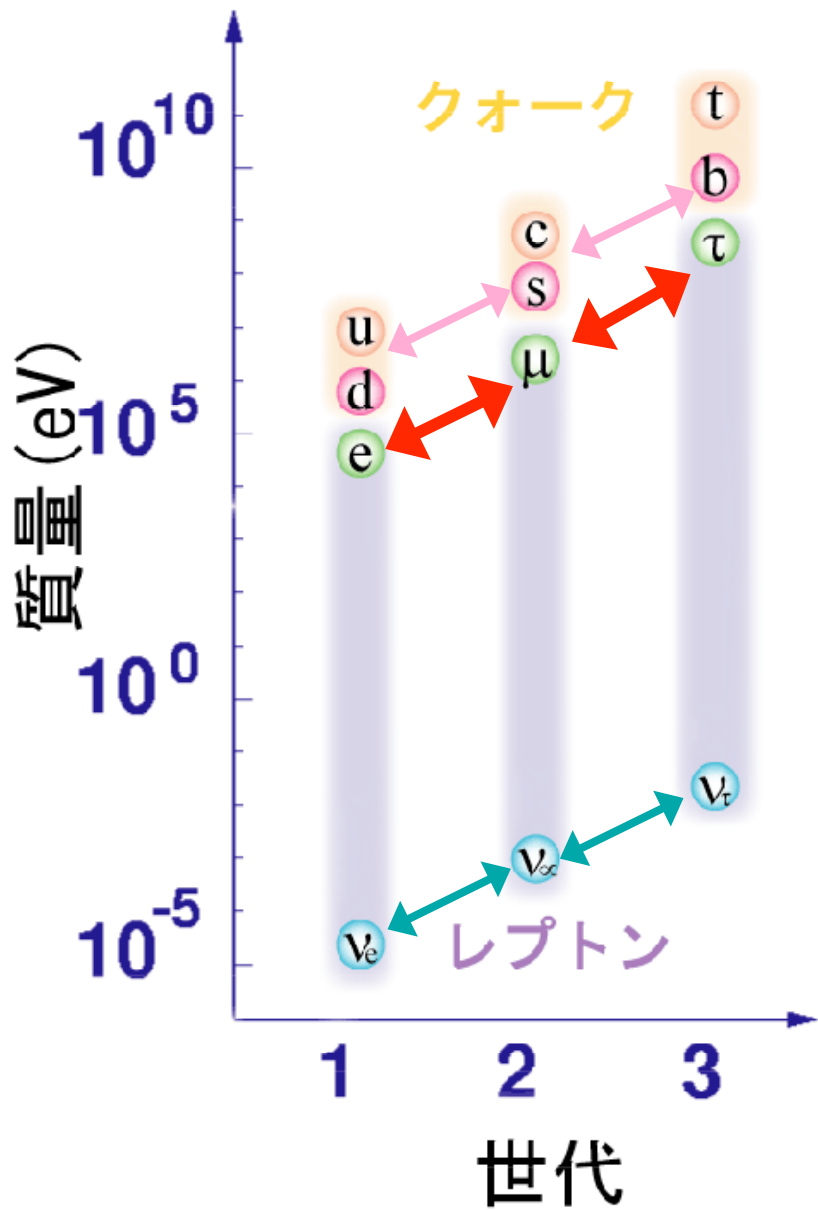


ヒッグス、超対称性粒子は未発見

超対称性は、力の大統一を予言



荷電レプトンの世代混合



クォークの世代混合: KEKBなどで測定



超対称性による大統一

荷電レプトンが世代混合する

$\mu \rightarrow e + \gamma$ が最も感度が高い



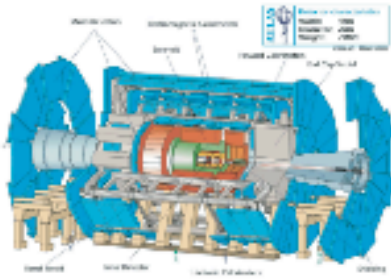
超対称性シーソー理論

ニュートリノ振動(世代混合):
スーパーカミオカンデで発見

超高エネルギーの物理(大統一、シーソー)に迫る

組織

LHC実験



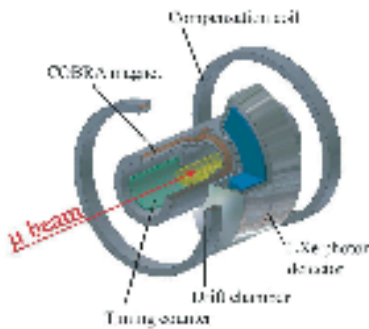
A01 ヒッグス

A02 超対称性

A03 精密測定

A04 LHC現象論

MEG実験



B01 MEG実験

B02 世代混合

総括班

統一理論

C01 超弦理論

C02 ゲージ理論

C03 時空構造

C04 超対称性現象論

ヒッグス粒子と超対称性の発見が
切り拓く21世紀の素粒子物理学

公募研究

公募研究

公募研究

公募研究

公募研究

公募研究

公募研究

各研究のつながり

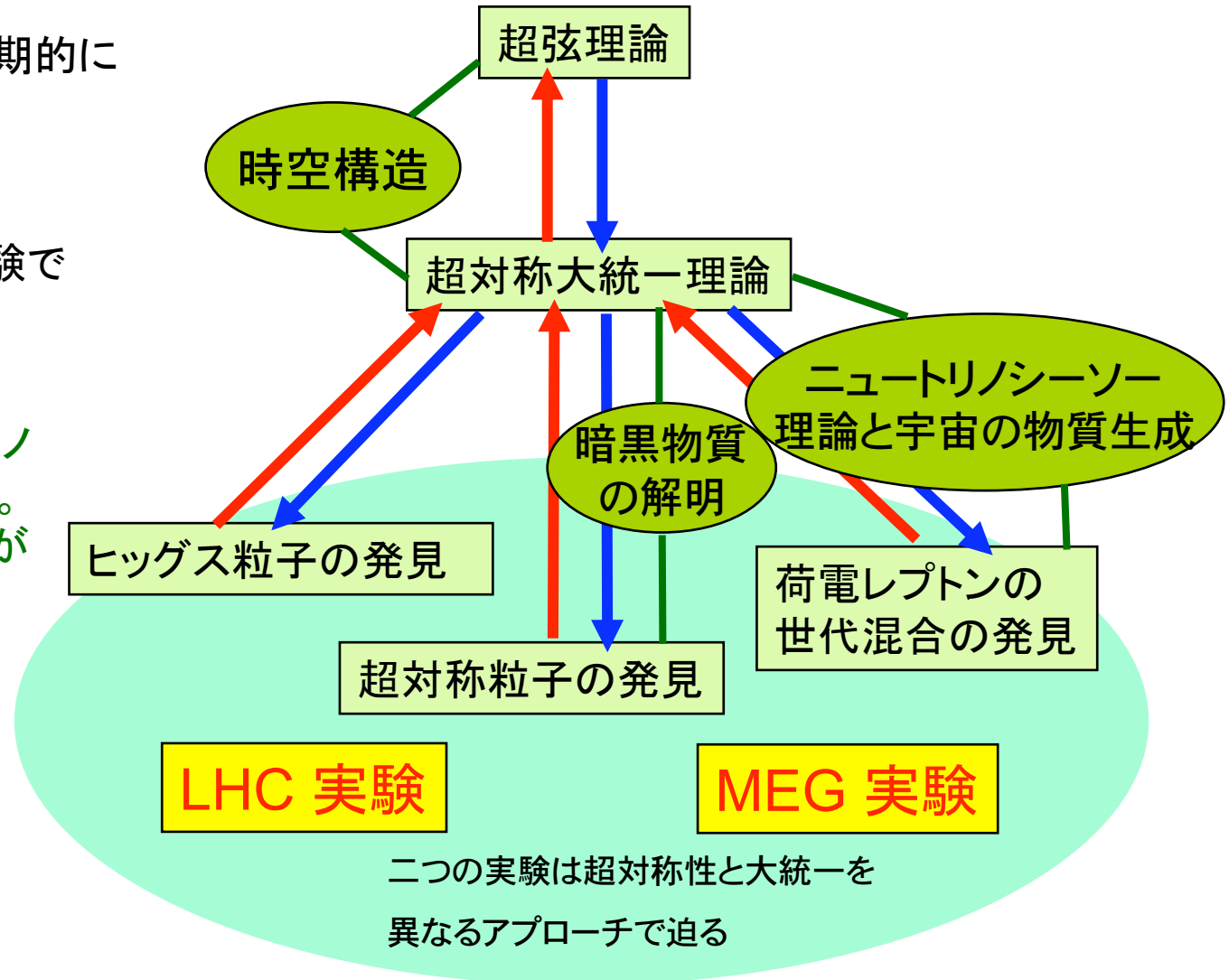
1. ボトムアップ型

実験の発見が理論を画期的に発展

2. トップダウン型

理論の新たな展開を実験で直接検証

3. 宇宙の構造やニュートリノの理解が飛躍的に増大。学問上大きな波及効果が期待される。



LHC (CERN)

世界最高エネルギーの陽子陽子衝突型加速器

$\sqrt{s}=14\text{TeV}$ $L=10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (2007年稼働予定)

ジュラ山脈

CERN
研究所

ATLAS
実験

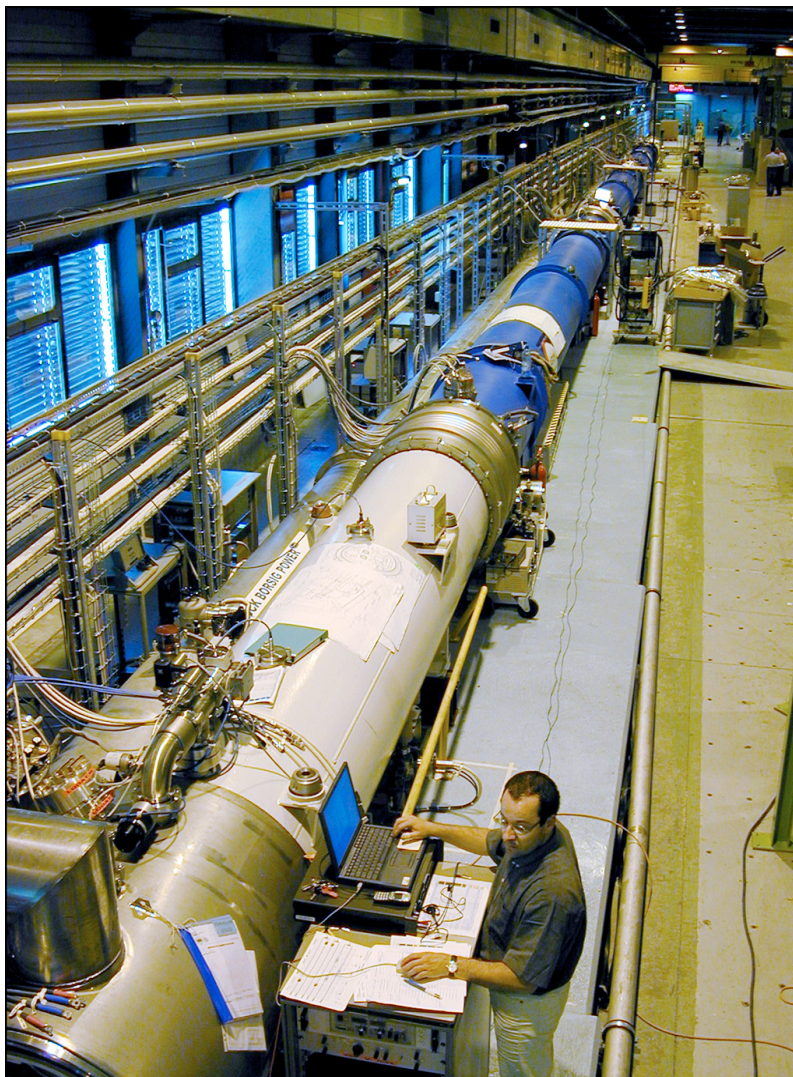
Geneva
空港



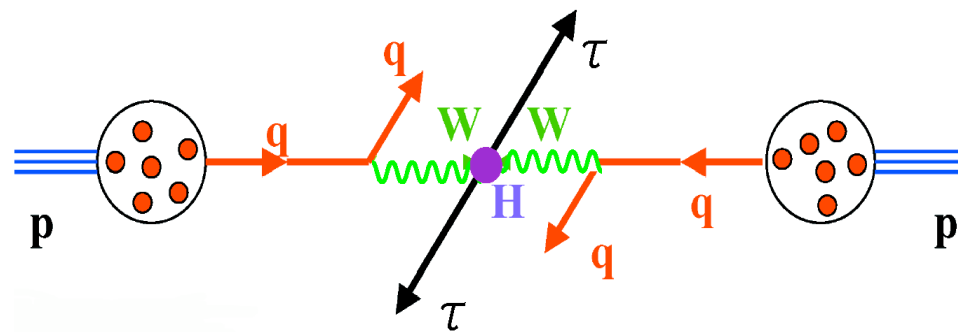
LHC
トンネル
円周**27km**
地下100m

LHC加速器

8.3Tの強力な超伝導双極磁石



◎世界最高エネルギーであり、
LEP/Tevatronに比べて実質的に
10~20 倍の重心系のエネルギー



◎LuminosityもLEPの約100倍
(B-factoryと同程度)
豊富な統計量での研究が可能
例えば、Higgs粒子(130GeV)は、
毎時1000事象も生成

ATLAS実験

世界33カ国 研究者1300人の国際共同実験

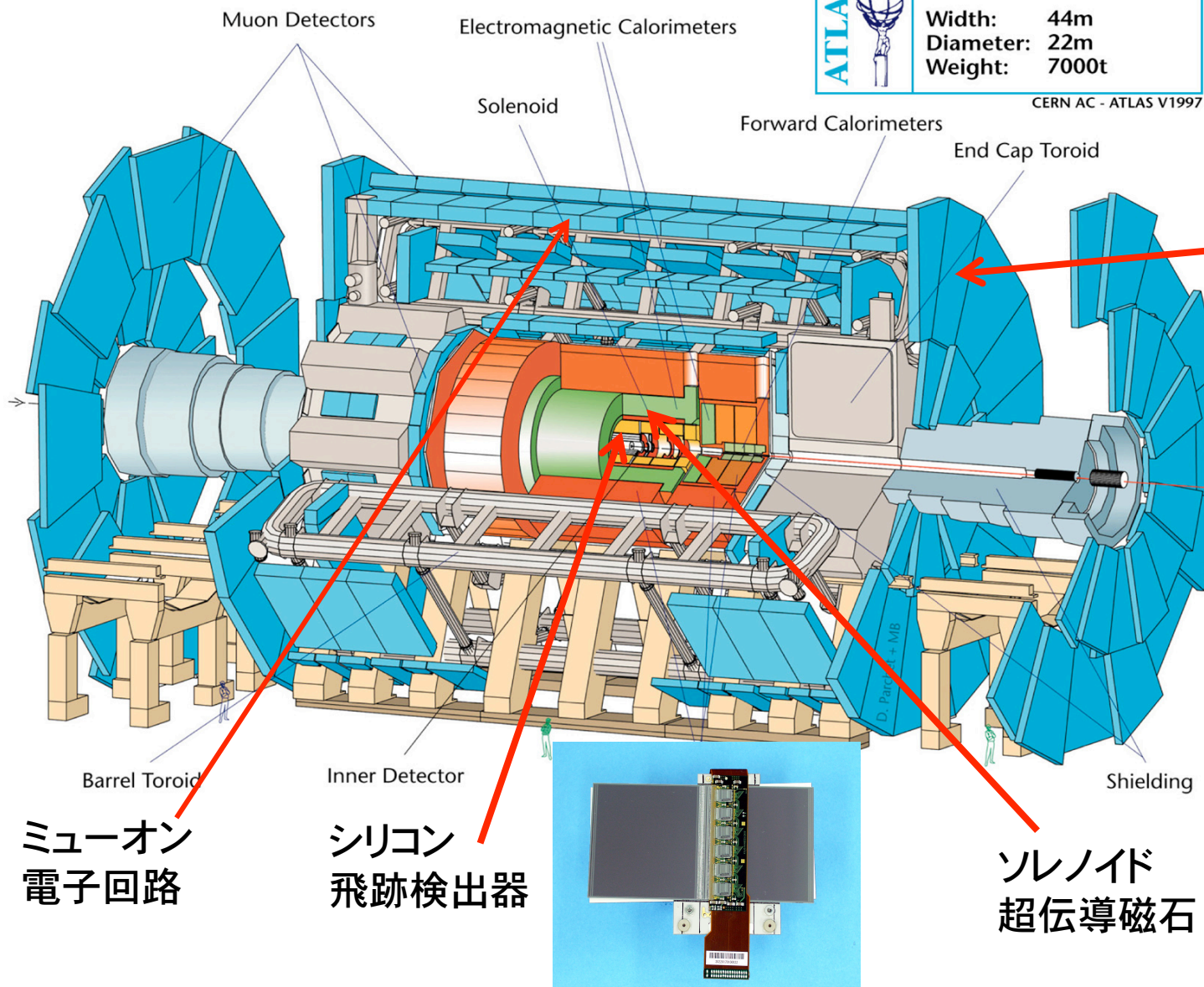
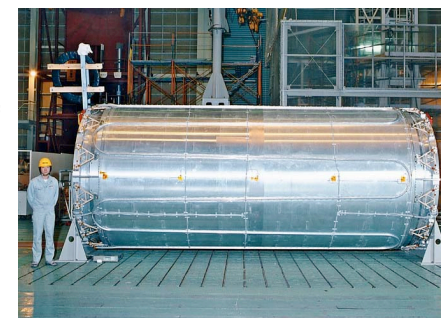
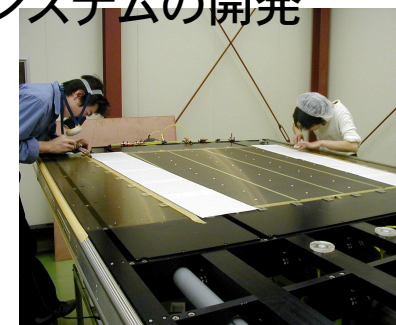


	Detector characteristics
	Width: 44m
	Diameter: 22m
	Weight: 7000t

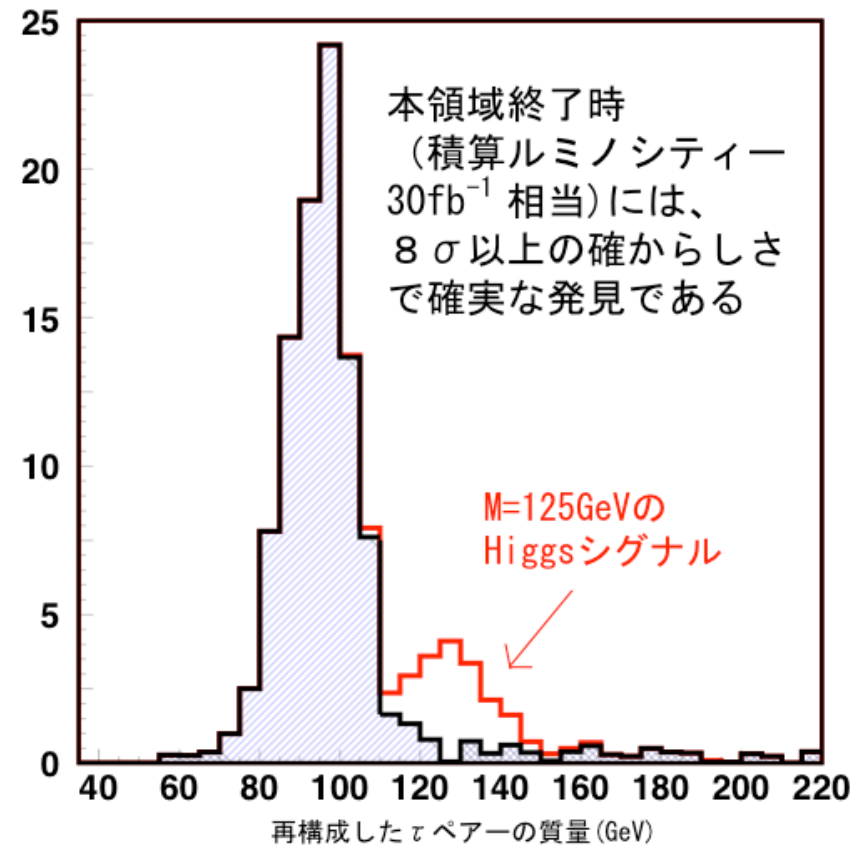
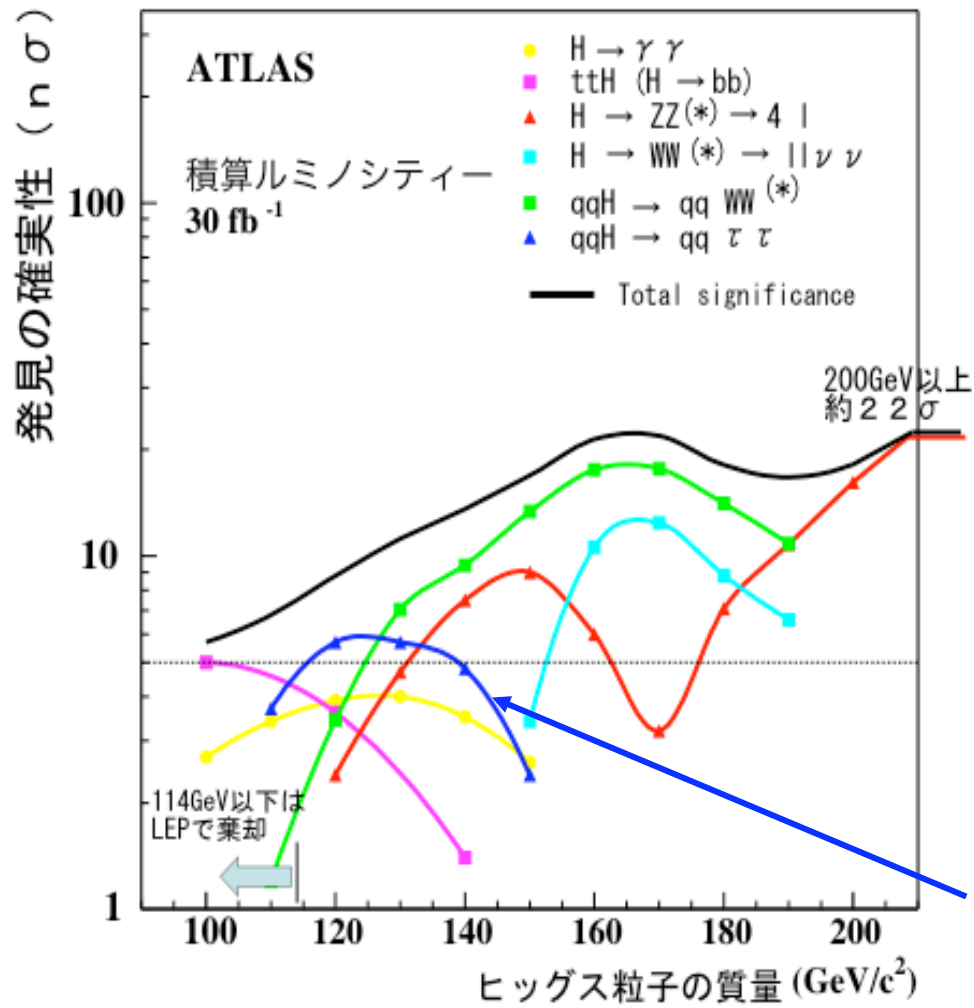
CERN AC - ATLAS V1997

検出器に貢献も

- ・GN研究機観測から計算機の研究
- ・物理解析の準備
- 研究オン・トリガー
- ・データ収集システムの開発



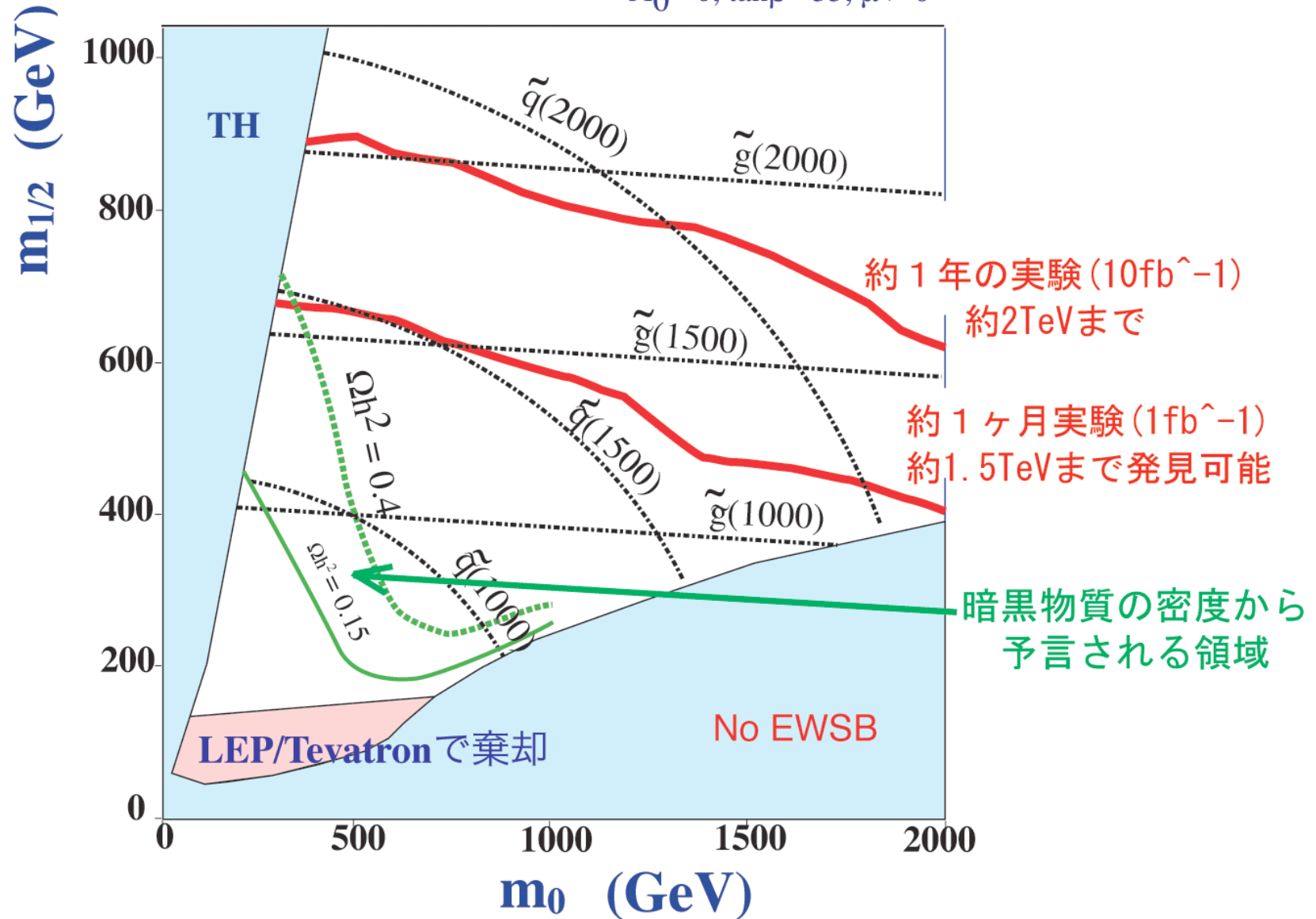
ATLAS:ヒッグス粒子の発見能力



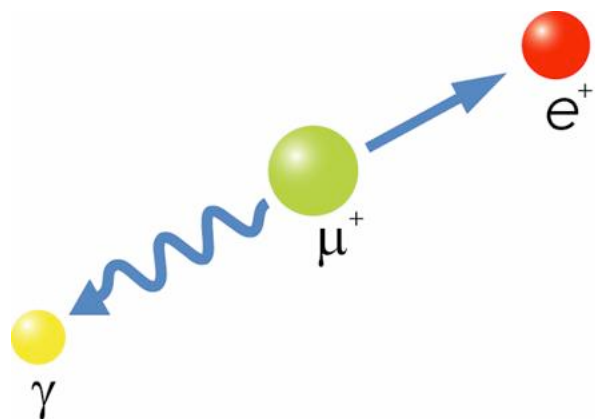
従来難しいと思われていた比較的軽い領域 ($<140\text{GeV}$)の発見能力が、飛躍的に高まった。本領域申請研究者が主要な寄与:
 S.Asai et al. Eur. Phys. J. s 2003-010-8(2003)

超対称性粒子の発見能力

$A_0 = 0, \tan\beta = 35, \mu > 0$



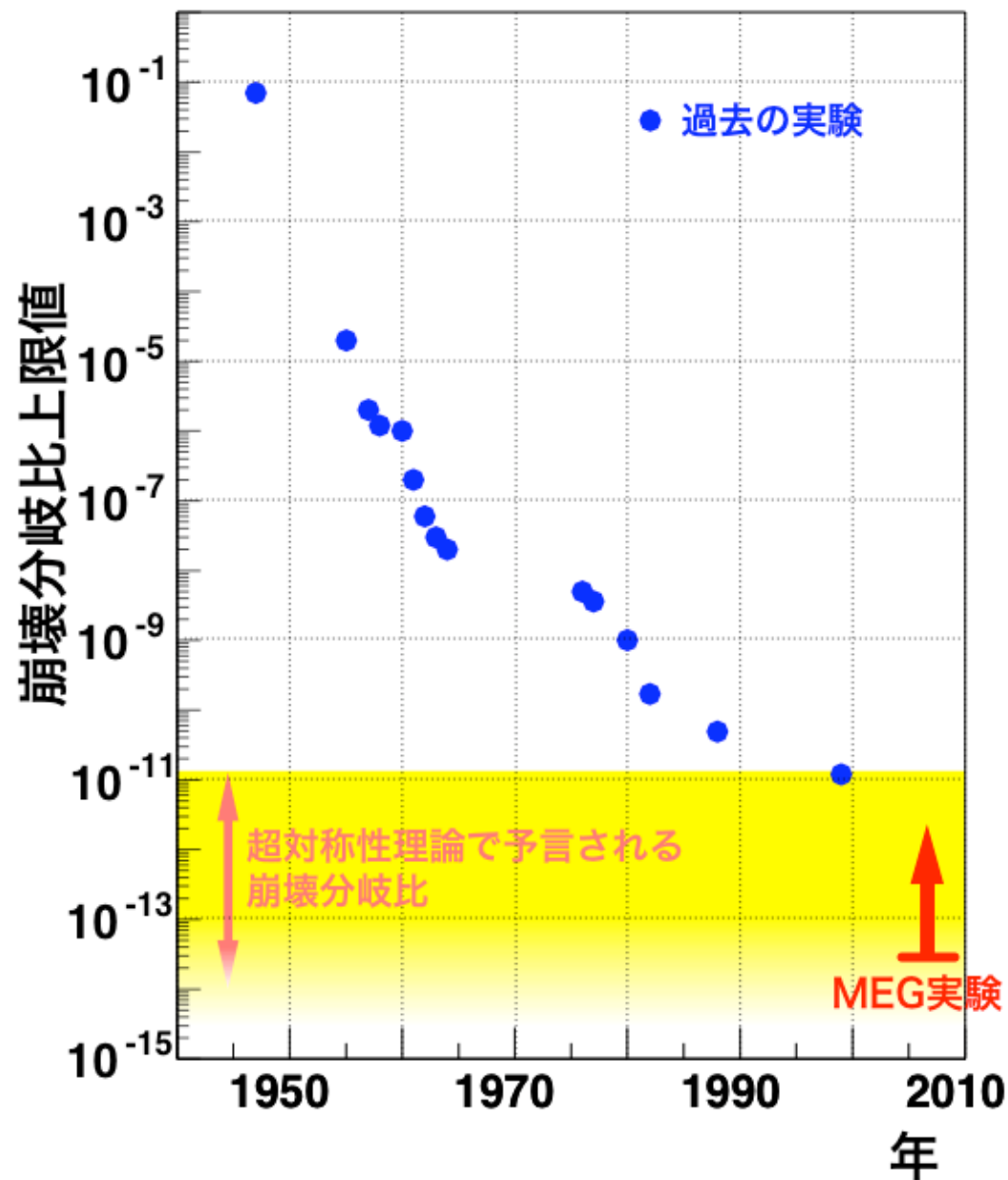
$\mu \rightarrow e \gamma$ 探索実験 MEG

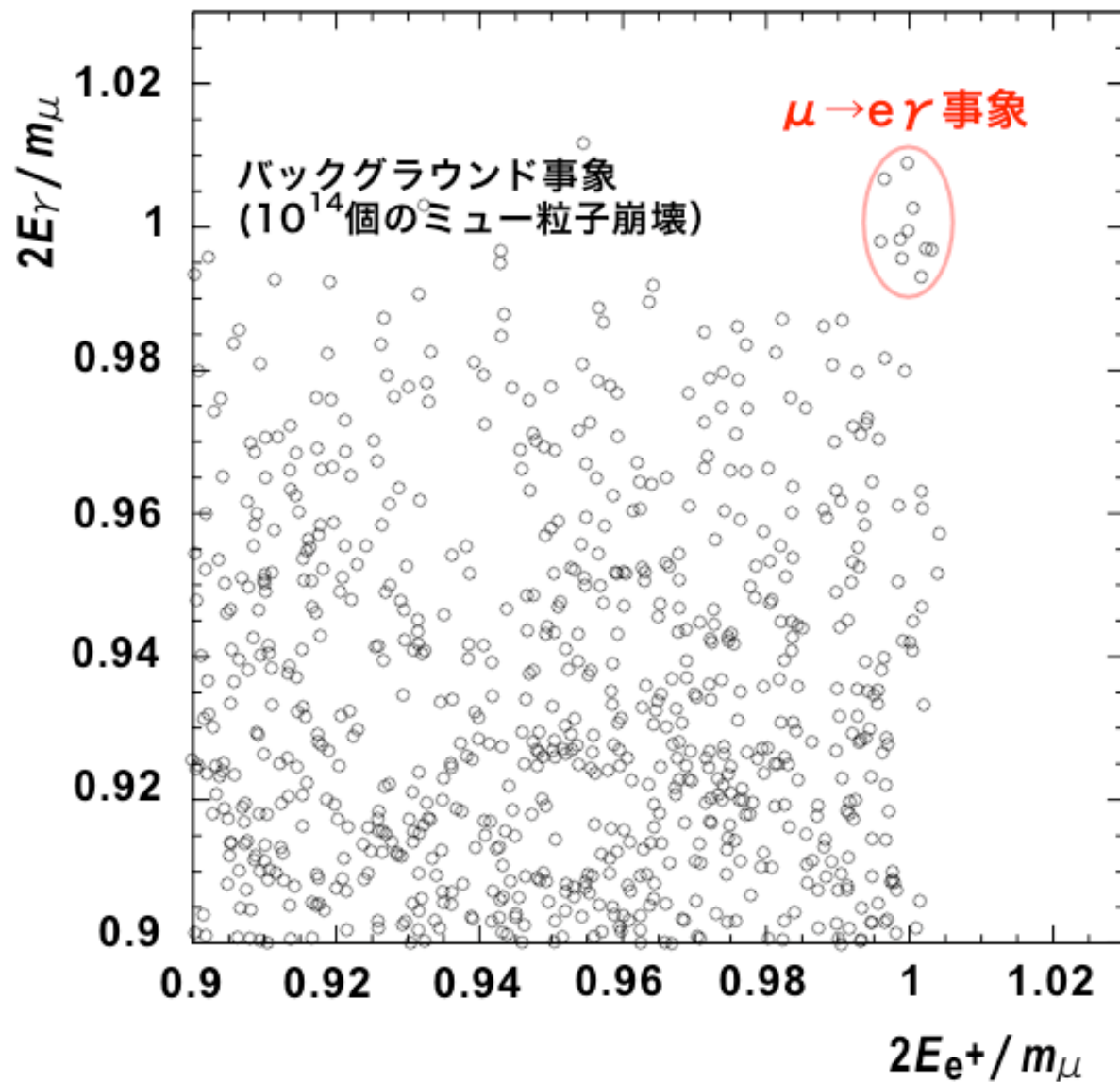


標準理論では起こらない
超対称性による大統一

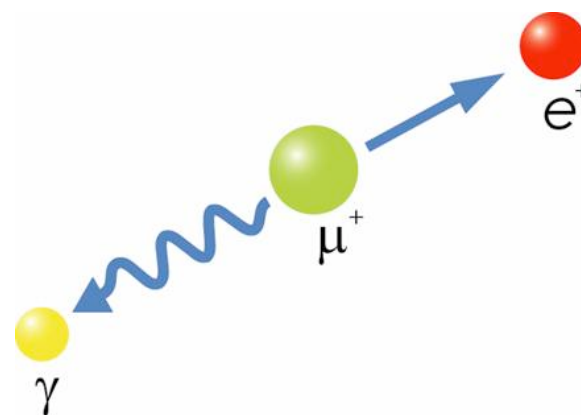


分岐比 $10^{-11} \sim 10^{-14}$





e^{+} のエネルギー = $m_{\mu}c^2/2$

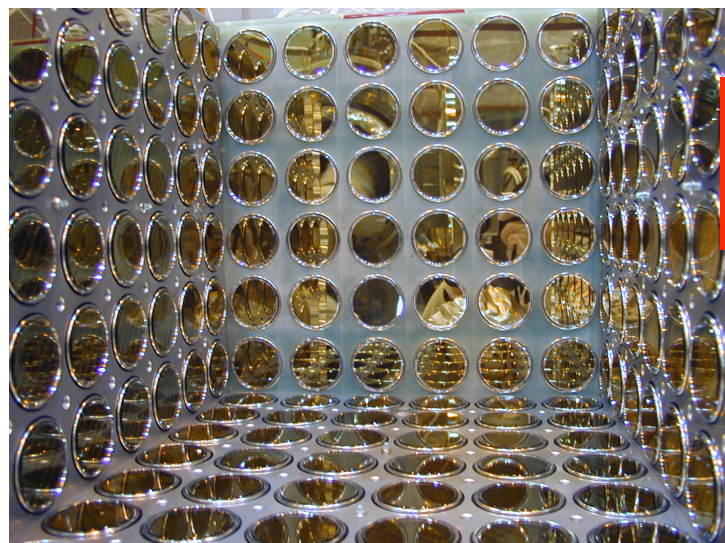


γ のエネルギー = $m_{\mu}c^2/2$

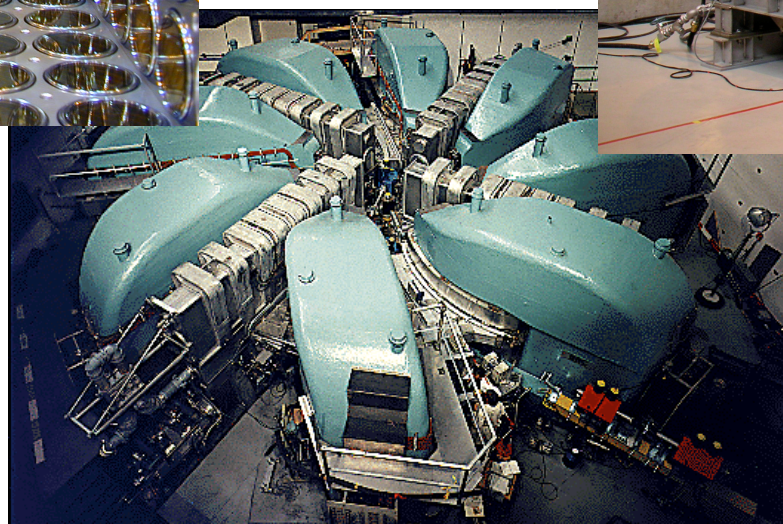
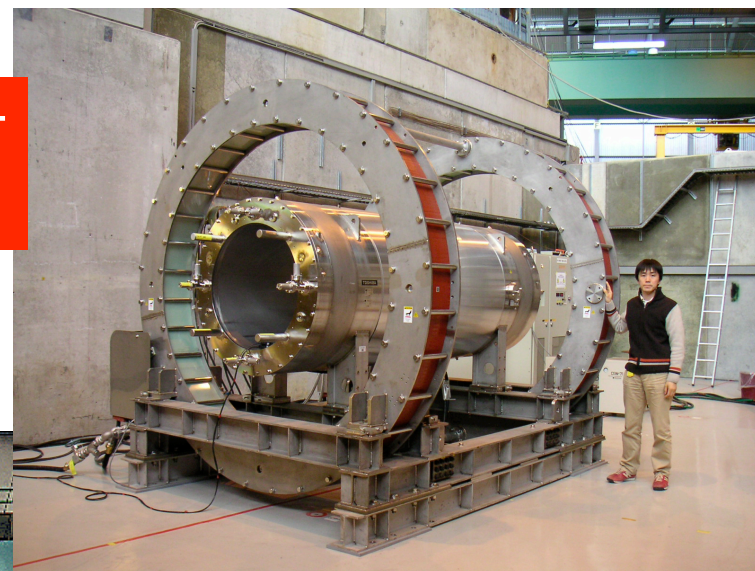
10⁻¹¹~10⁻¹⁴という稀な事象の観測を可能にした 3つの実験技術

高いエネルギー、時間分解能を実現した、
液体キセノンガンマ線検出器

大量の事象の中から陽電子を効率よく選ぶ、
特殊な勾配磁場を持つ薄い超伝導電磁石



本領域研究者
が発案、実現

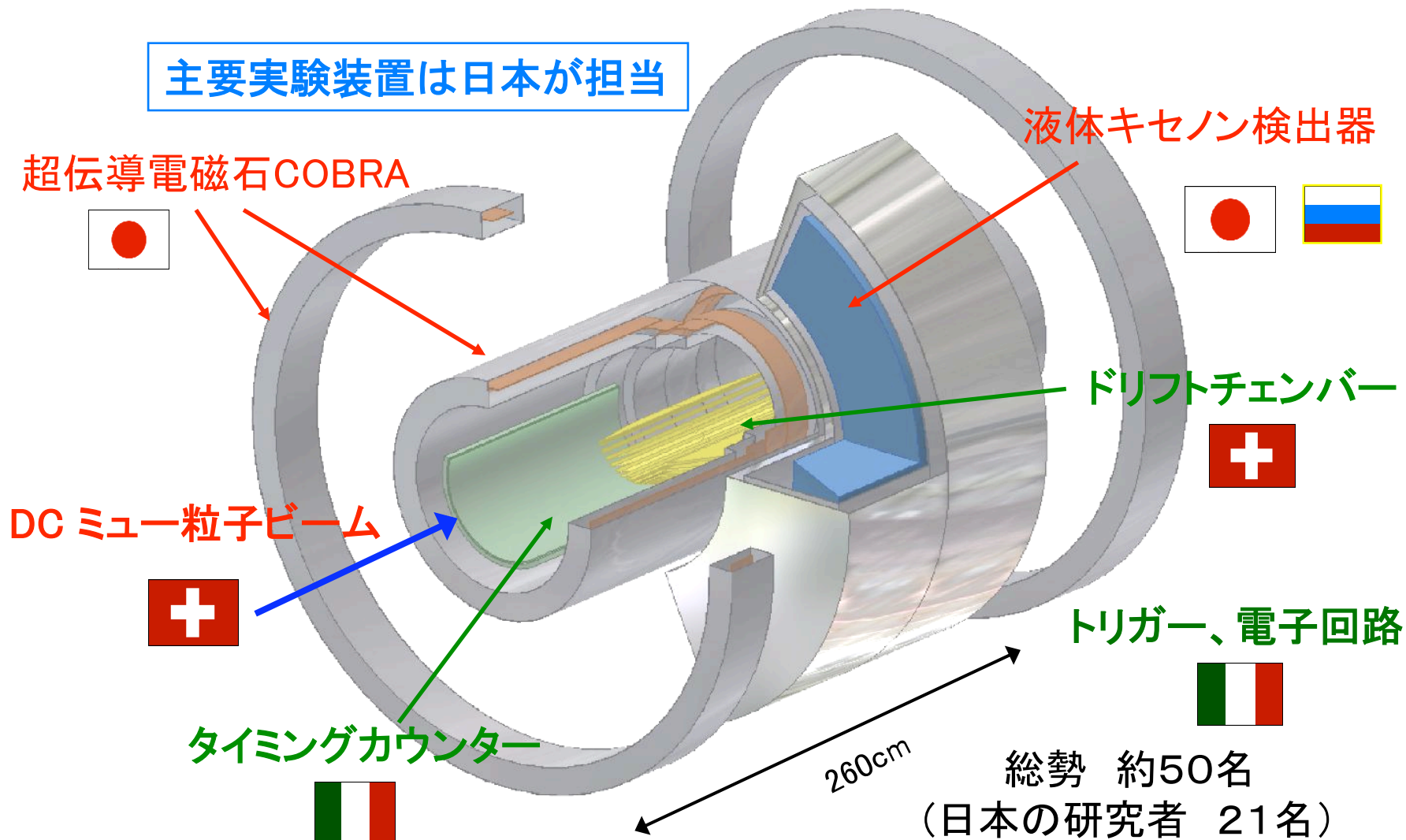


世界最強度のDCミュー粒子ビーム(毎秒1億個):スイスPSI研究所

MEG 国際共同実験

本領域研究者が実験を提案、PSI研究所が1999年に承認
スイス、イタリア、ロシアの研究者が参加、2006年開始予定

主要実験装置は日本が担当



国際共同実験

LEPでのOPAL実験(300人規模、1989-2000年)の**実績・経験**

日本から研究者十数名が参加

実験の提案、主要測定器の建設、物理解析を主導

(本領域申請者が、物理解析統括責任者、ヒッグス探索、
超対称性探索、統一ゲージ理論解析の責任者)

- **ATLAS実験** (1300人規模)

主要測定器提案・建設の**実績が高く評価**、 加速器建設への貢献

また**物理解析の準備を主導的に行っている**

(ヒッグス粒子、超対称性 などの主要な物理にフォーカス)

- **MEG実験** (50人規模)

本領域研究者が**実験を提案**、**代表者**を務める、**主要測定器**の設計・建設

諸外国の研究者と競争・協力して成果を上げるためには
、現地に研究者が長期滞在協力することが必須。

まとめ

将来の素粒子物理学の根幹に関わる新粒子や新現象を確実に発見できる実験が、LHCでATLAS実験とPSIでのMEG実験である。

ヒッグス粒子と超対称性を発見して、その本質を研究することで、標準理論を超えた新しい素粒子物理の方向性を決定する。

人類未踏の最高エネルギーでの実験においては、理論で予想もされなかった新粒子・新現象を発見できる可能性もある。

本特定領域研究は、確実に結果をもたらす実験と、それに深く関わる理論研究を総結集して、標準理論を超えて超高エネルギーでの物理の原理に総合的に迫る初めての試み。