

LHC-ATLAS 実験

「頭出し」として。

興味のあることは、ぜひ担当の教員（石野・寄田・田中・奥村・澤田）とおしゃべりして、深掘りしてみてください。

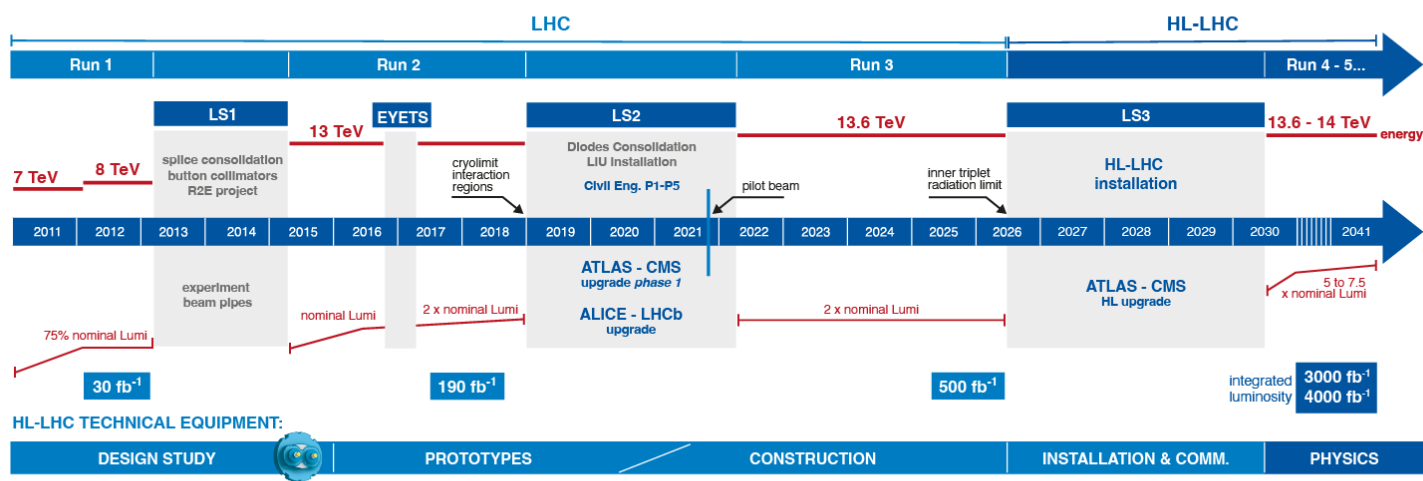
Large Hadron Collider 加速器

• フロンティアマシン

- エネルギーフロンティア
13.6 TeV (14 TeV)、
かつ高輝度の陽子陽子衝突

• 重要なマイルストーンが控える

- Run3データ収集完了 (2026)
 - 従来の3倍のFull Run3高統計データ解析
- 装置アップグレード (2026-2030)
 - 20年に一度の大型検出器建設
 - 2040年までのフロンティア実験
- 高輝度実験スタート (2030)
 - ”ファーストデータ”をあける



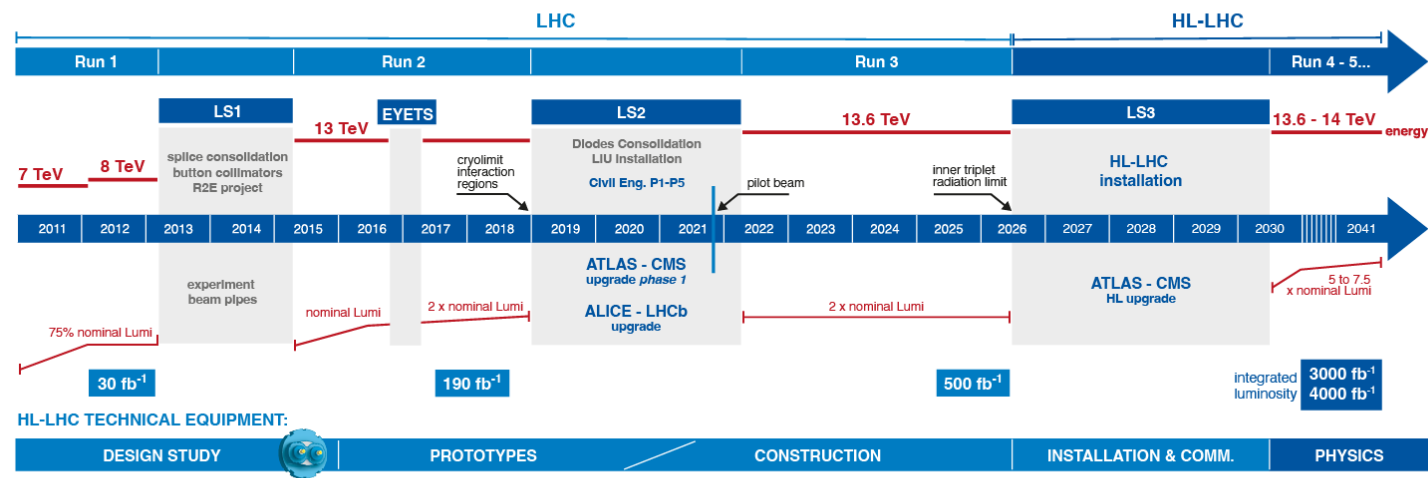
Large Hadron Collider 加速器

• フロンティアマシン

- エネルギーフロンティア
13.6 TeV (14 TeV)、
かつ高輝度の陽子陽子衝突

• 重要なマイルストーンが控える

- Run3データ収集完了 (2026)
 - 従来の3倍の**Full Run3高統計データ解析**
- 装置アップグレード (2026-2030)
 - 20年に一度の**大型検出器建設**
 - 2040年までのフロンティア実験
- 高輝度実験スタート (2030)
 - **”ファーストデータ”をあける**
- これらのマイルストーンは、
みんなの研究課題にそのまま対応



Energy Frontierの哲学

素粒子の標準模型

物質の三世代 (フェルミ粒子)			相互作用 / 力の伝搬 (ボース粒子)	
	I	II	III	
質量	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$	0
電荷	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
スピン	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	u アップ	c チャーム	t トップ	g グルーオン
	$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	d ダウン	s ストレンジ	b ボトム	γ 光子
	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.66 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$
	-1	-1	-1	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	e 電子	μ ミュー粒子	τ タウ粒子	Z Zボソン
	$< 1.0 \text{ eV}/c^2$	$< 0.17 \text{ MeV}/c^2$	$< 18.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.433 \text{ GeV}/c^2$
	0	0	0	± 1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	ν_e 電子ニュートリノ	ν_μ ミューニュートリノ	ν_τ タウニュートリノ	W Wボソン

クォーク

レプトン

スカラー粒子

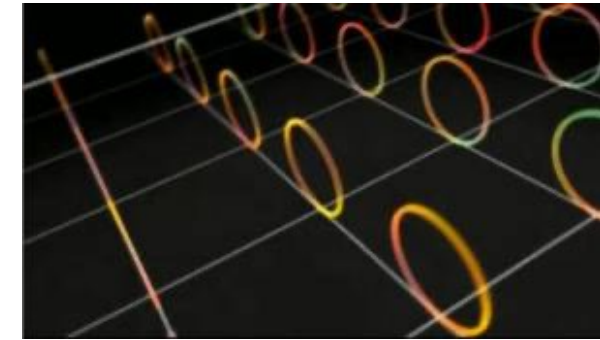
ゲージ粒子

未知の新粒子・新現象

超対称性粒子	標準理論の素粒子
スクォーク	クォーク
スレプトン	レプトン
ゲージノ	力を伝える粒子 (ゲージ粒子)
ヒグシーノ	ヒッグス粒子

「超対称性」が予言する
「超対称パートナー粒子」

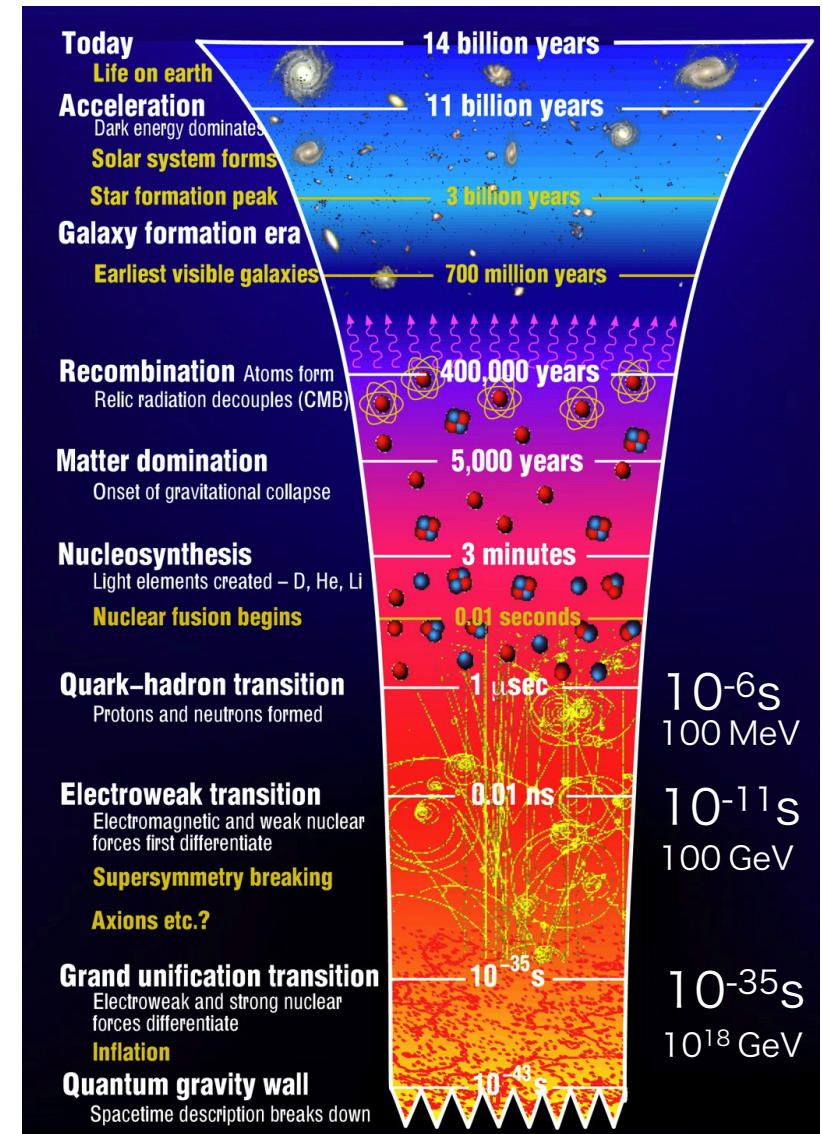
「余剰空間次元」が予言する「KKグラビトン」



- 最高エネルギー衝突の中で重い素粒子（既知の素粒子、あるいは未知の素粒子）を作って、その素粒子を深く調べることで素粒子の性質や相互作用を明らかにしていく

Energy Frontierの哲学

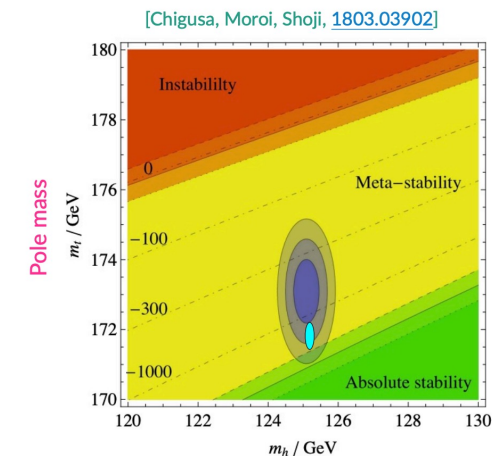
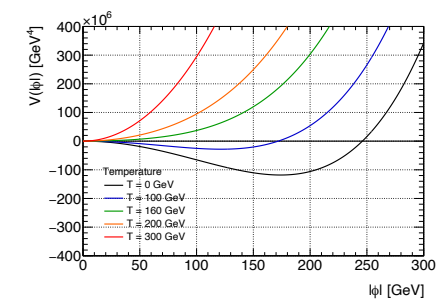
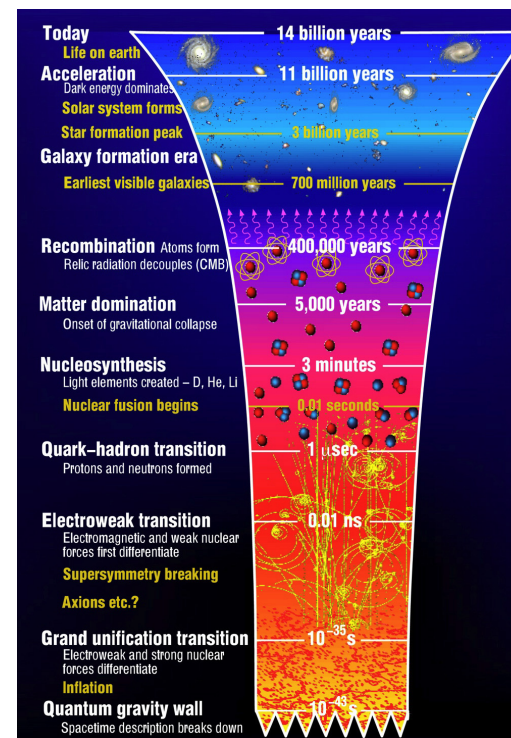
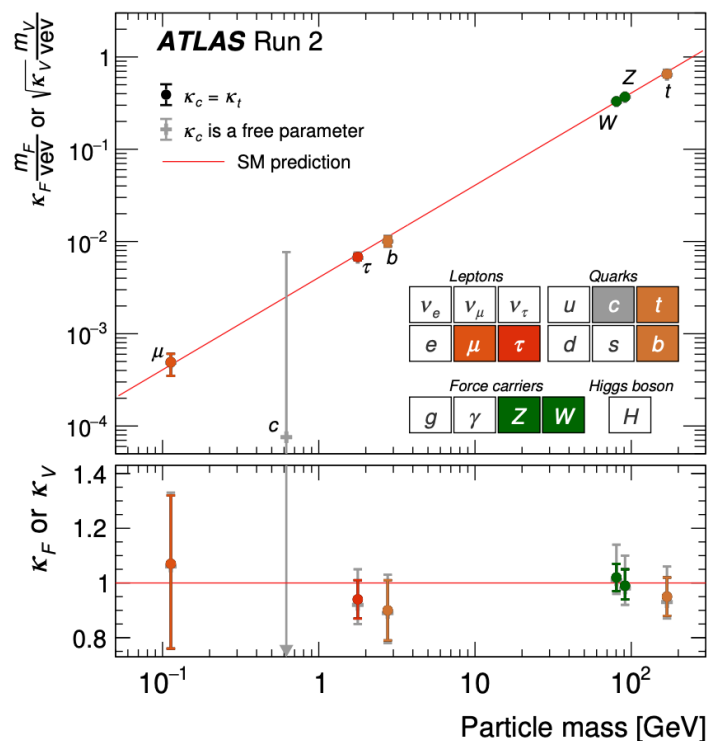
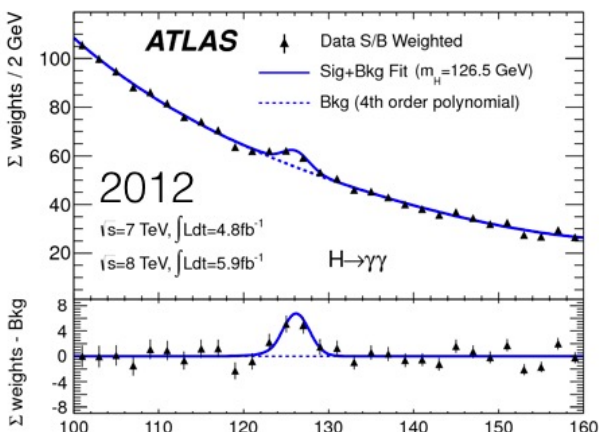
- **宇宙・素粒子の宿題**にミクロな現象の考察でアタック
 - 我々の世界がどのようにできてどのような仕組みでワークしているのか、知りたい！
 - キーワード：自発的対称性の破れ（エネルギースケール）、物質優勢宇宙、力の統一、インフレーション、真空の安定性
 - いろいろなヒント（理論的不自然さ、未解明の実験事実）もある：暗黒物質、ファインチューニング、レプトンとクォークの電荷、アノーマリー
 - 共通する重要ポイント：**標準模型を超える物理の解明**
- **エネルギーフロンティアコライダーで新粒子を作りだし発見し、物理を確立する王道的アプローチ**
 - よくわかった環境で粒子を作って観測をするのがすごい強い
 - 発見、精査、背後にある「物理」の解明



ヒッグス粒子、新しい宿題

ヒッグス粒子を発見し（2012）、その性質を明らかにしてきた

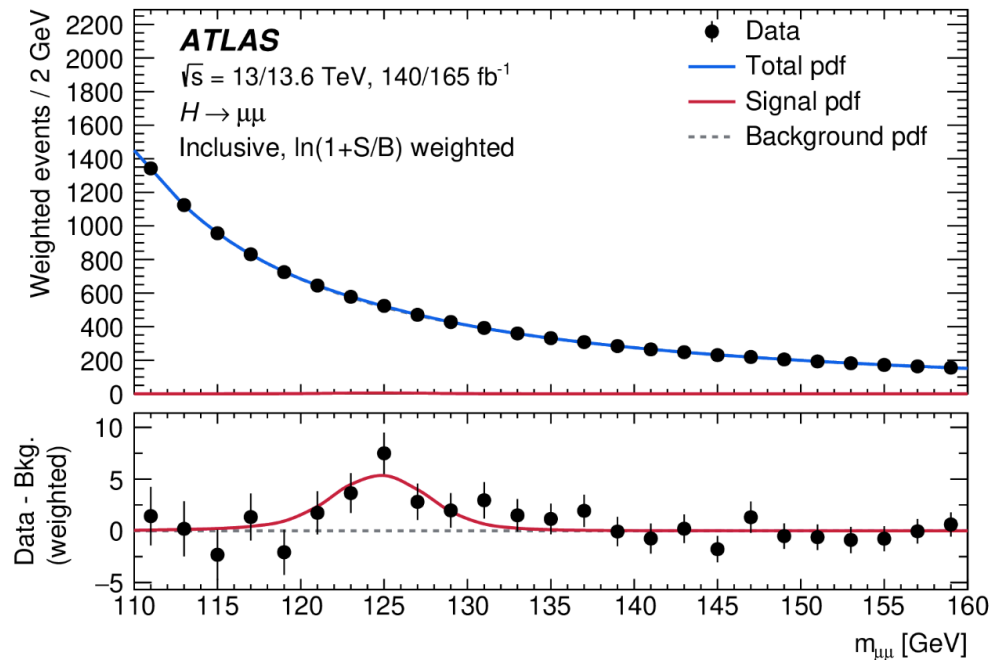
- 「ヒッグス場に十分なエネルギーを与えて励起させ（ヒッグス粒子生成）、出てきたヒッグス粒子の生成・崩壊を精査し、その場の性質を定量化して、電弱相転移の物理を明らかにしてきた」
- 新しい宿題：階層性問題、電弱相転移の背後にある物理の解明、真空の安定性の謎、唯一のスカラー、…



“Full Run3 (and beyond)” の物理

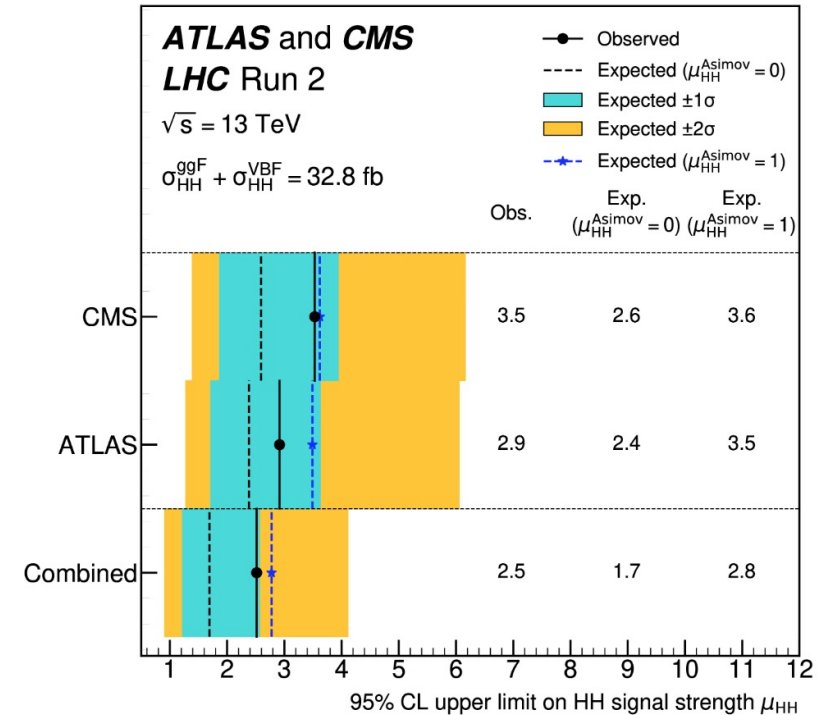
- ヒッグス場の精査：ヒッグス粒子は第二世代に結合するか？ヒッグスは自己結合するか？

• H → ミューオン対崩壊現象探索



(左の話は、みんなが修士入学前に、かなりわかっているか….)

• Higgs対生成事象探索



信号事象の特徴をよく理解して、最新のAIも活用して、稀な現象をも見つけ出し、ヒッグス場を調べ尽くす

“Full Run3 (and beyond)” の物理

• 新物理探索：「超対称性は正しい仮説か？」 「新粒子探索から未知の物理を明らかにしたい」

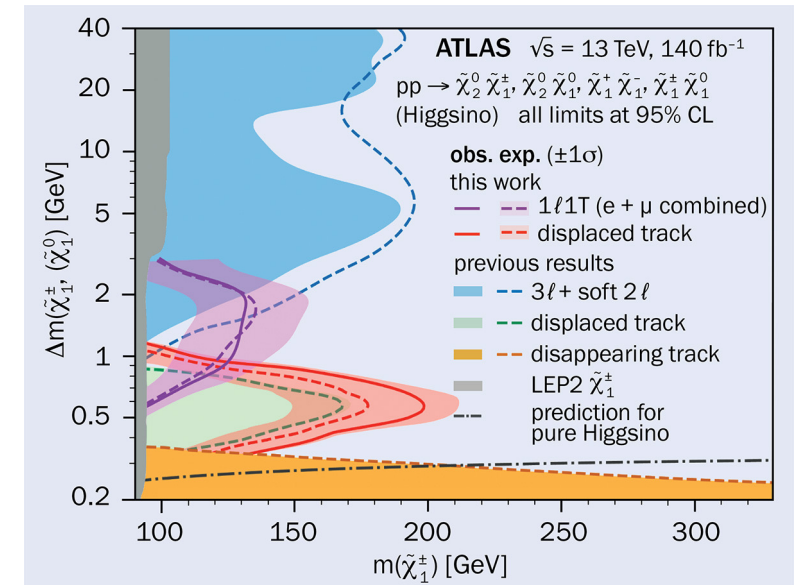
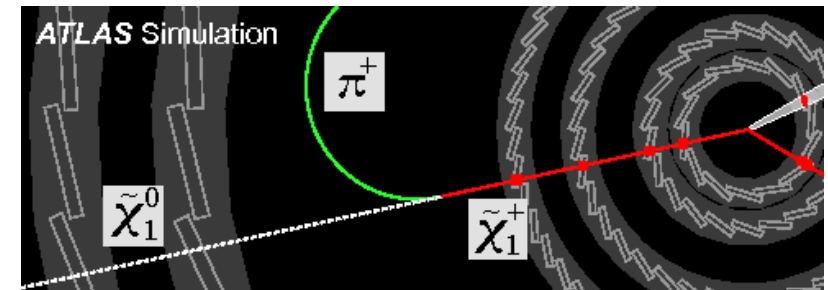
- 未だ見つからないけど、超対称性は魅力的な新物理候補
 - 大統一、暗黒物質、階層性問題、微調整問題、（ミュオン異常磁気能率）、超紐理論から量子重力への発展
- 超対称性暗黒物質の探索
 - ヒグシーノ（ヒッグスのSUSY版）
 - ウィーノ（WボソンのSUSY版）
 - ビーノ（BボソンのSUSY版）

新しい解析技術を開発して、誰も見たことがない新物理の有無を精査

- いろいろな新粒子探索
 - トポロジーベース解析、レプトクォーク解析
 - 軽い擬スカラー粒子探索、ヒッグスセクター拡張

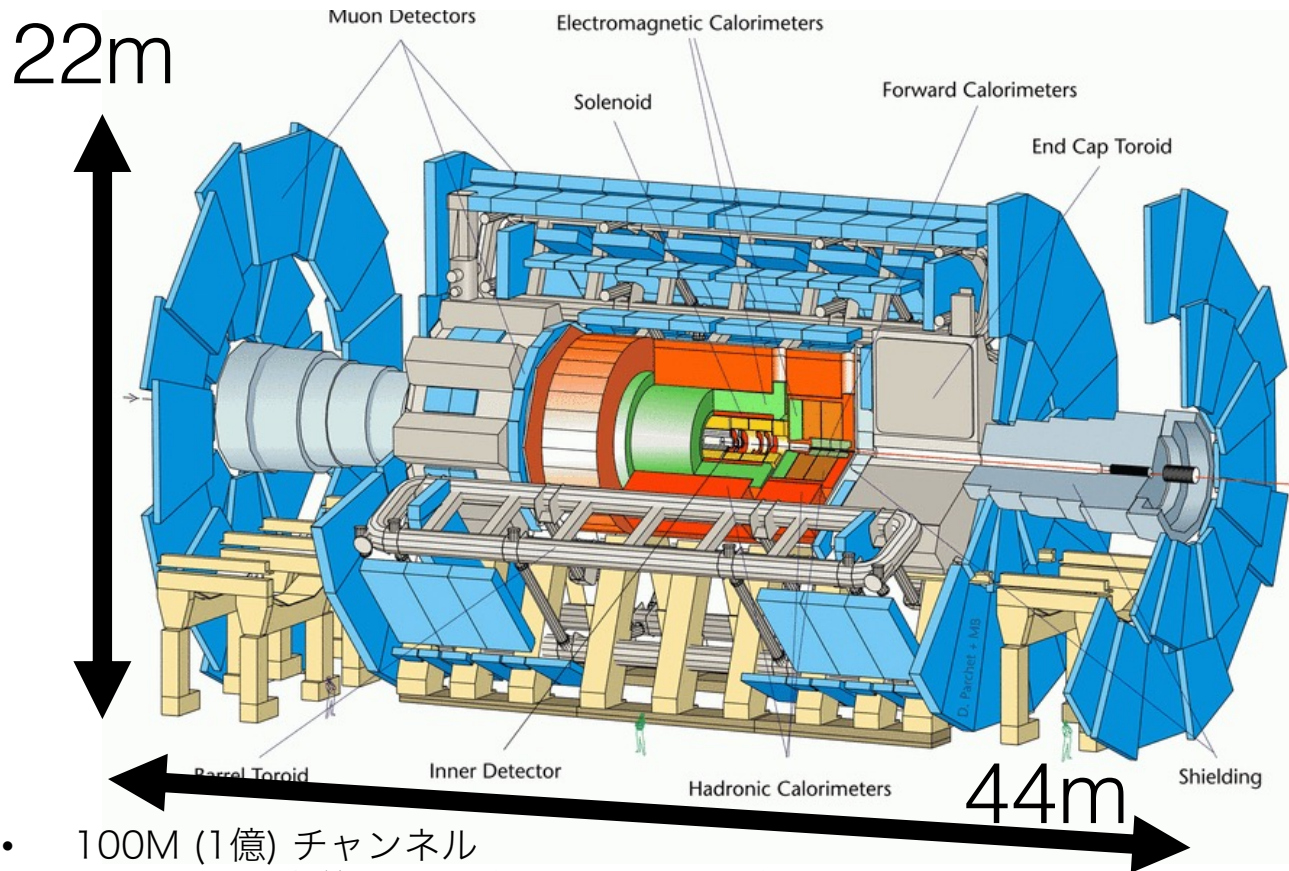
• 精密測定：VV散乱、トップクォークの物理、…

- 精査から新物理の効果を見出す（標準模型を深く知るだけでも面白いし）



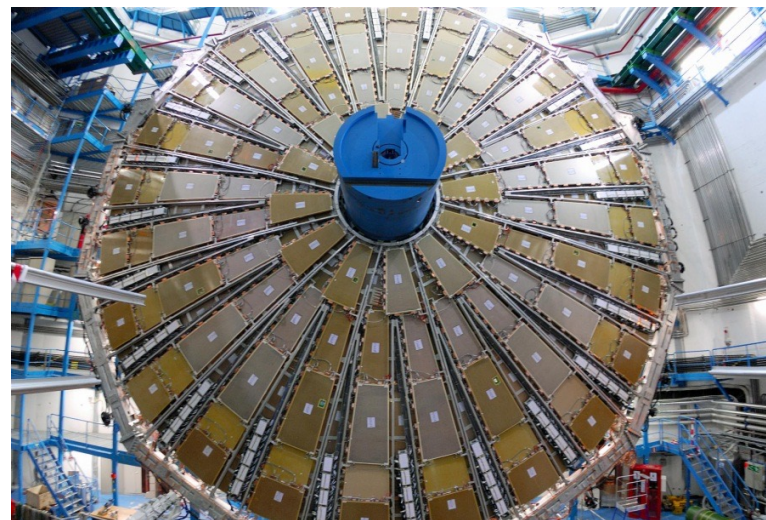
実験を作って、動かす

大量の衝突事象を観測する超高速、高感度、高精度のセンサー群

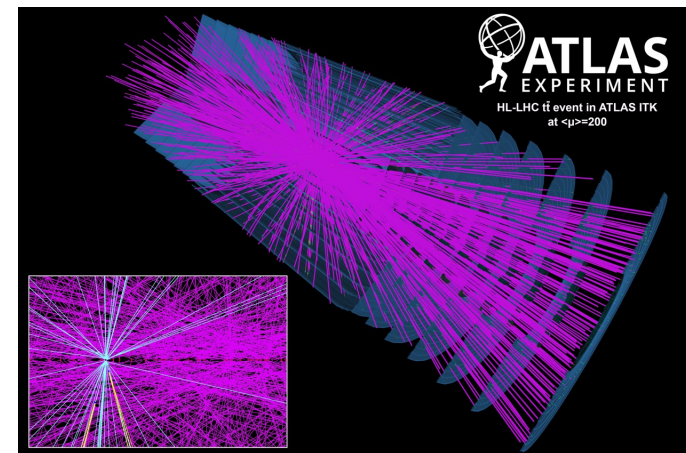


ミュオン検出器・トリガー

LArカロリメータ



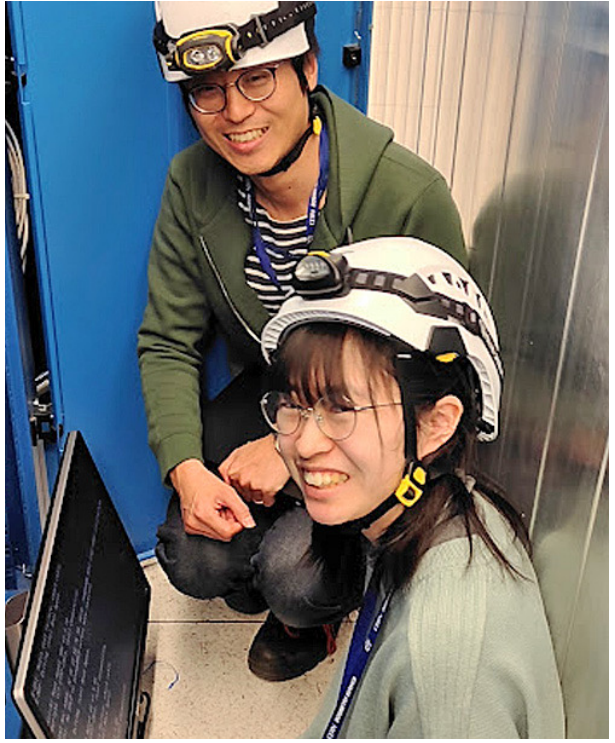
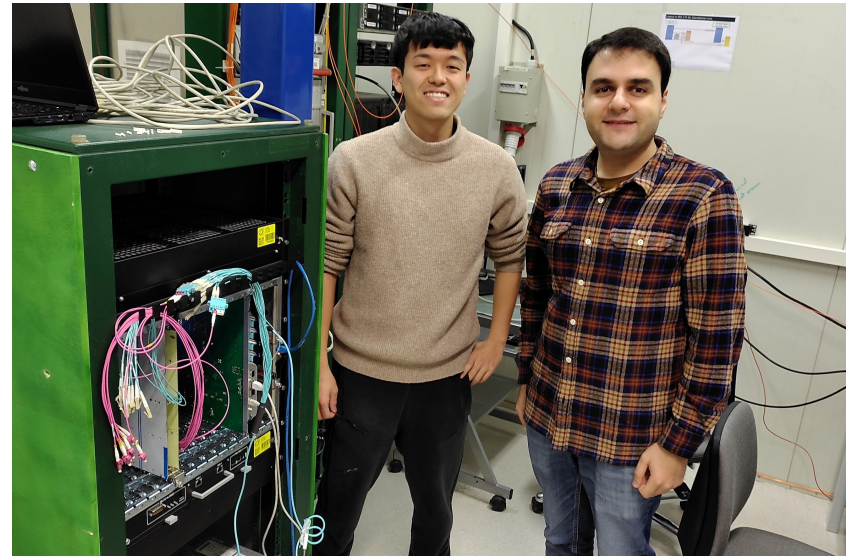
飛跡検出器



- 100M (1億) チャンネル
- 40MHz陽子交差、2GHz衝突 → 7.5GHz衝突 (HL-LHC)
- リアルタイム事象選別 (トリガー)
- 飛跡検出
- 大規模計算機装置 (Grid)

高輝度LHCの超高輝度の環境で、安定して検出器の運転を実現し、2040年代までのエネルギーフロンティアの基盤を作る

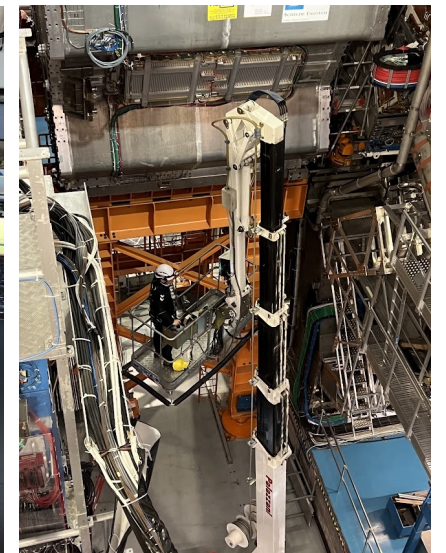
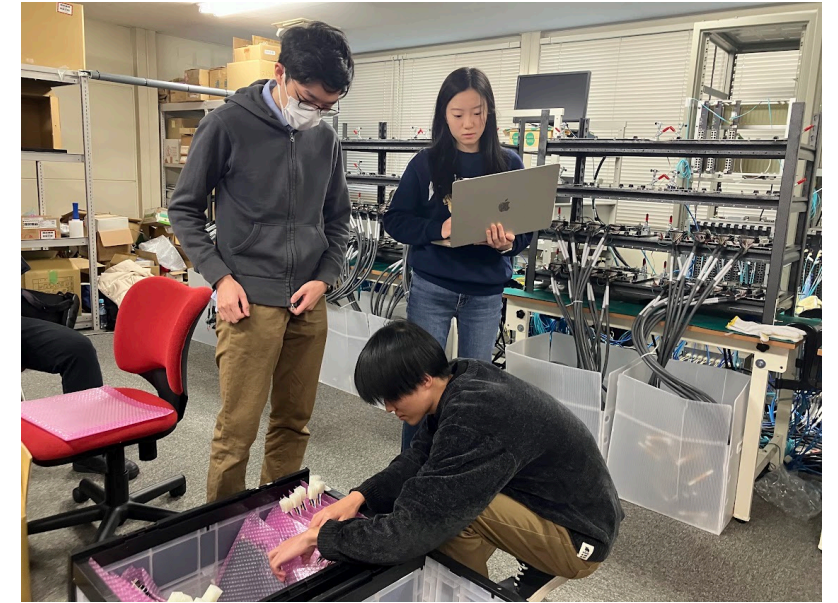
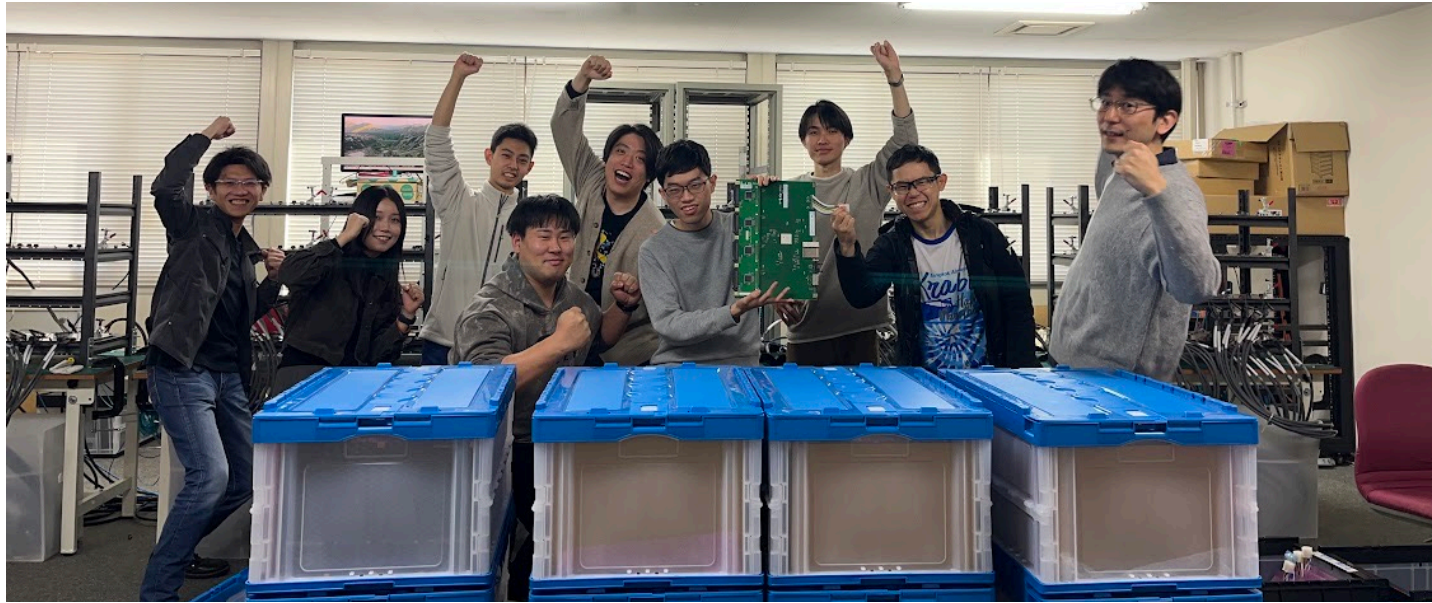
研究の様子・チームプレイ！



研究の様子・チームプレイ！



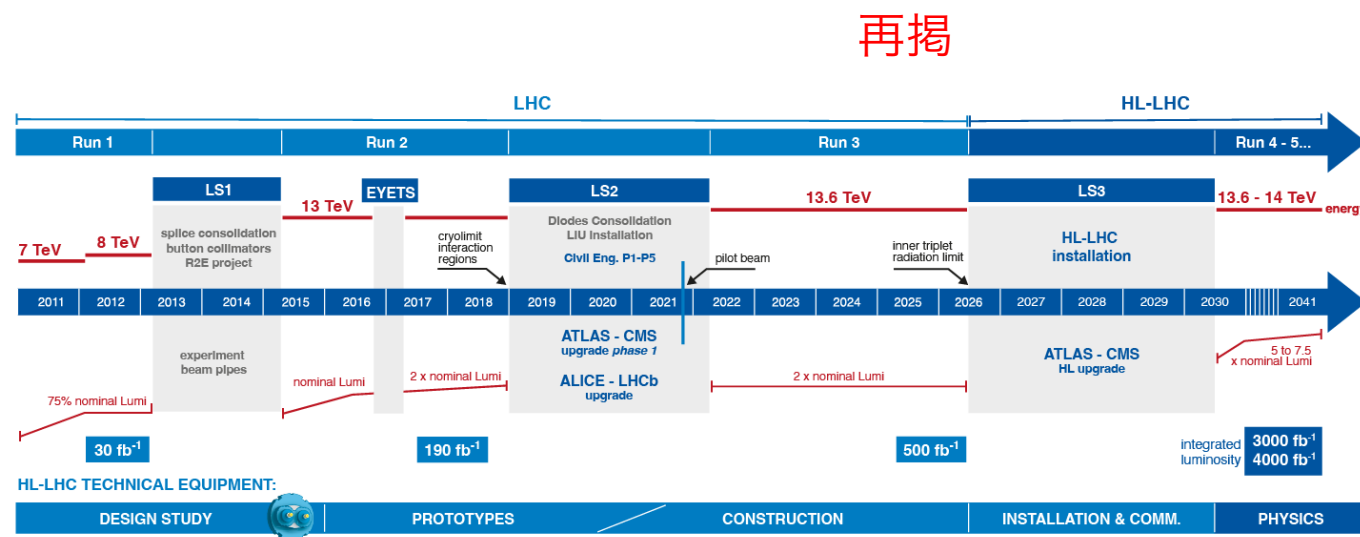
研究の様子・チームプレイ！



大学院生活におけるタイムライン

重要なマイルストーン

- Run3データ収集完了 (2026)
 - 従来の3倍のFull Run3高統計データ解析
- 装置アップグレード (2026-2030)
 - 20年に一度の大型検出器建設
 - 2040年までのフロンティア実験
- 高輝度実験スタート (2030)
 - "ファーストデータ"をあける



典型的な研究課題

- 2027-2028 : 修士・博士課程で高輝度実験に向け新システムの建設・試運転を主導
- 2029-2031 :
博士課程ではRun3全データ解析で新しい知見を創出、高輝度実験最初期データを見る！

国際的な実験のプロを目指してください

- 修士+博士の5年間で、実験屋としての技術の腕を磨き（修士論文）、データ解析の研究に没頭し（博士論文）、もちろん、素粒子物理の勉強もたっぷりして、**総合力をもった人材として羽ばたいていってください**
 - **研究者の基礎力**：論理的思考 + 問題解決能力 + 問題発見能力
 - **実験屋としての（実に多様な）スキル**：
ビッグデータ解析技術（統計解析、機械学習）、電気回路・検出器システムの運用技術と開発、ソフト開発、計算機システム運用
 - **コミュニケーション能力**：
議論能力、プレゼン能力、チームを作ってプロジェクトを進める能力、英語で自分の思考・研究成果を伝える能力、国際的な場で友人・仲間を作る力
 - **実験センス**（磨けるものだと思う）：
変な設計に対して気持ち悪いと思って直す。いいものを美しいと思って真似できる、それらを起点にするアイデア
 - もちろん、**素粒子物理学**！
- 幅広い個性（物理に関する哲学・実験の得意分野・教育に対する考え方）をもった教員が受け入れます。

（重要メッセージ）ぜひ、話してみてください！



石野



寄田



田中



奥村



澤田