

# 素粒子分野

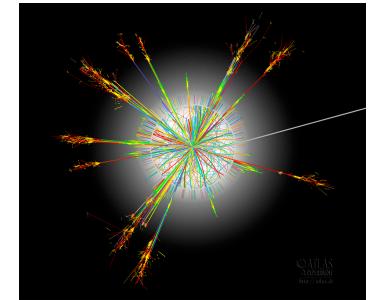
高エネルギー加速器研究機構 橋本省二

# 素粒子分野の挑戦的課題

- 物質の究極の構成要素(=素粒子)を見つけて、そのしたがう法則を明らかにする。

▶ 自然界の認識をも覆す大発見がすぐそこに...?

- シミュレーションは、そこにどう貢献できるか?
  - シミュレーションは種のある手品...
- = 理論と実験との橋渡し+未知の理論を解く



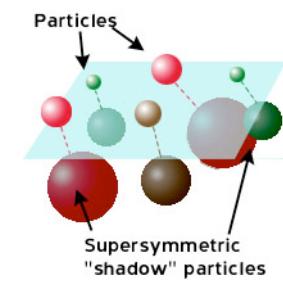
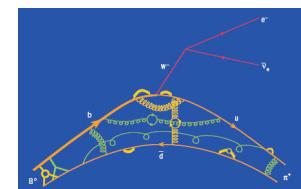
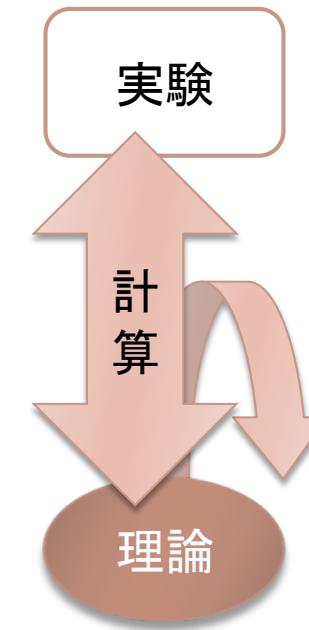
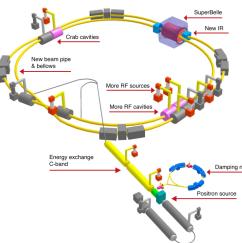
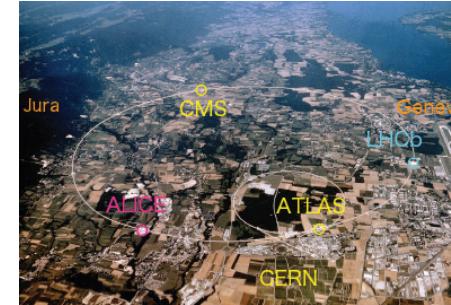
ブラックホール @ LHC

- 宇宙がどのように始まったのかを、素粒子模型にもとづいて明らかにする。
- 何が問題か?
  - = ビッグバンにおける相転移の様子

# 未知の素粒子・物理法則探索

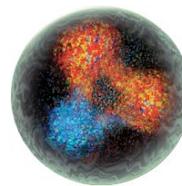
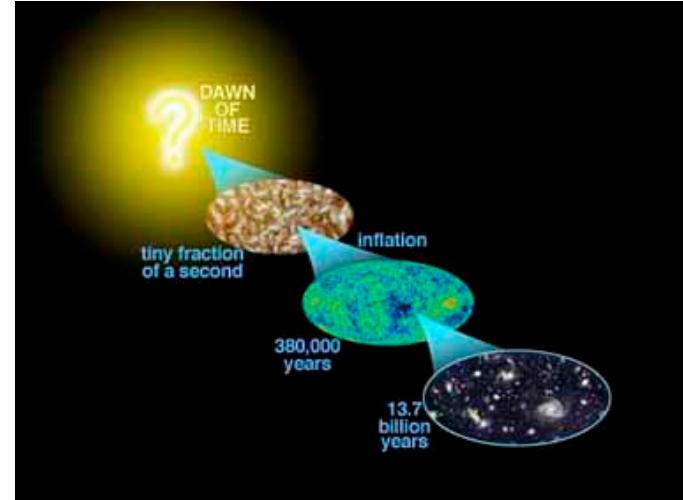


- ▶ 素粒子標準模型を超える物理
  - ▶ LHCによる高エネルギー直接探索
    - ▶ 新粒子発見!?
  - ▶ Bファクトリーなどの精密実験
    - ▶ 新粒子の足跡を読み取る
- ▶ シミュレーションの貢献
  - ▶ 理論と実験との橋渡し
    - ▶ 実験で測れる量はたいてい理論で計算できない。1~2%程度のQCD精密計算。
  - ▶ 未知の理論を解く
    - ▶ 複合ヒッグス模型? 超対称理論?



# 宇宙初期の相転移

- ▶ 宇宙の始まりは見えない。
  - ▶ 宇宙は何度かの相転移のうちに現在の姿になったはず。既知の物理法則にもとづくシミュレーションが唯一の研究手段。
- ▶ クオーク・グルーオン・プラズマから陽子・中性子へ
  - ▶ 自発的対称性の破れ
  - ▶ 相転移の次数は？臨界指数は？
- ▶ 質量ゼロ粒子の宇宙から質量生成
  - ▶ CP対称性の破れにともなう物質・反物質非対称度の成長？
  - ▶ 標準模型を超える物理法則の可能性？



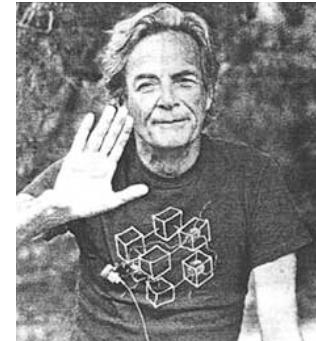
南部陽一郎



小林誠・益川敏英

# 格子QCD計算

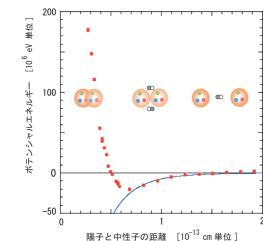
- ▶ 「強い力」の理論と実験を橋渡し
  - ▶ 理論:量子色力学(QCD)
  - ▶ 実験:ハドロン(陽子、中性子...)の質量、反応など
- ▶ 1980年代から大規模計算の代表的アプリ
  - ▶ 物理的に可能なことは何でもやる
  - ▶ ベクトル化、並列化を牽引
    - ▶ QCDOC → BlueGene (コロンビア大、IBM)
- ▶ 現実に近いシミュレーションが可能に
  - ▶ 2006~: PACS-CS (筑波大), JLQCD (KEKなど)
  - ▶ ハドロン質量、自発的対称性の破れ、核力...



Richard Feynman



CP-PACS (1996)



# 望ましいオールジャパン研究体制

- ▶ 大規模計算のための資源集中戦略
  - ▶ 格子QCDの大規模化、精密化
    - ▶ 核力計算のための大体積シミュレーション
    - ▶ 精密計算のための微細格子シミュレーション
    - ▶ 有限温度相転移の精密シミュレーション
  - ▶ 國際競争
    - ▶ 欧米との競争：いずれも主要なHPCアプリとしてシェア増
- ▶ 研究の組織化
  - ▶ 集中化と分散化のバランス
    - ▶ 主要拠点（大規模計算）+全国の大学（アイデア創出）
  - ▶ 共通コードによる研究の効率化
    - ▶ 複雑化するプログラム、さまざまなアーキテクチャへの対応、異なるモデルへの対応
  - ▶ 格子QCD以外の理論、手法（超弦理論、摂動計算…）

重要度・緊急度に応じた  
資源配分