

# ILC 計画 『国際協力による世界最高エネルギーの電子・陽電子 線形衝突型加速器を使った素粒子研究』

SATテクノロジー・ショーケース2014

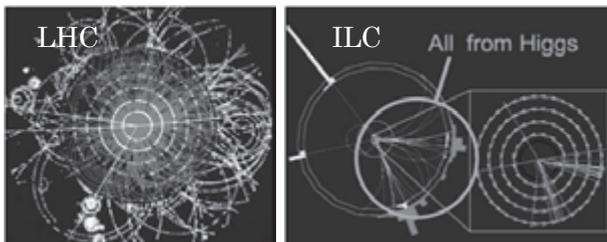
## ■はじめに

国際リニアコライダー (ILC) は、電子・陽電子を全長約31kmにおよぶ直線型加速器で加速、世界最高エネルギーで正面衝突させ、ビッグバン直後1兆分の1秒後の宇宙で起こっていた素粒子反応を再現、宇宙創成の謎に挑む国際大型プロジェクトです。2012年7月、欧州合同原子核研究機関 (CERN) の大型陽子・陽子衝突型加速器 LHCで新粒子が発見されたとのニュースが世界を席巻しました。その後の研究で、この新粒子が、あらゆる素粒子の質量の源だと考えられているヒッグス粒子であることが確実となり、質量生成機構の提唱者であるヒッグス氏とアンブレール氏は、そのわずか1年後、2013年度のノーベル賞に輝きました。しかし、ヒッグス粒子の研究はまだ始まったばかりで、それが素粒子の標準理論の予言通りの性質をもっているのか、他にも仲間がいるのか、暗黒物質や消えた反物質の謎、力の大統一の可能性など、素粒子物理学の他の問題との関係はどうか、謎はむしろ深まりました。自然のより深い未知の領域へまさに足を踏み入れた所だと言えます。ILCは、ヒッグス粒子の精密測定を通して質量生成の謎の完全解明を目指します。また、ダークマターや超対称性粒子などの標準理論を超えた新粒子の探索やその性質の研究、力の統一や余剰次元の可能性など、素粒子物理学の根本的な問題に挑戦します。

## ■ 電子・陽電子衝突実験の特徴

### 1. 反応の明快さ

ILCは素粒子である電子と陽電子の衝突実験であるため、クォークとグルーオンからなる複合粒子である陽子同士を衝突させるLHCと比べて反応が明快で、反応の詳細を調べるのに適しています。



### 2. 反応条件の制御

衝突する電子と陽電子のエネルギーやスピン偏極を制御

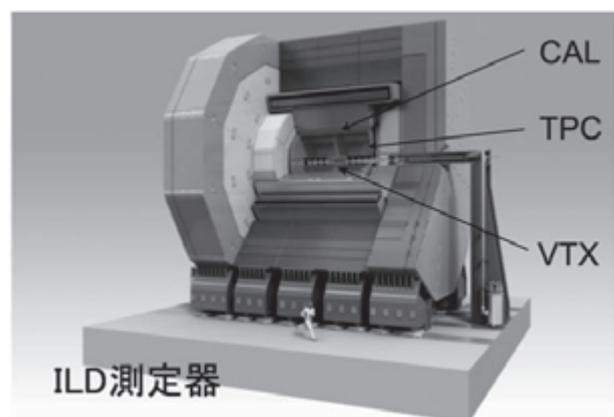
し反応条件を設定することができるため、新粒子の性質や、新現象の詳細を精密に調べることができます。

### 3. 高い精度の理論計算が可能

反応が素粒子同士の素過程であること、電子と陽電子の相互作用が電磁相互作用と弱い相互作用であることにより、強い相互作用が支配する陽子・陽子衝突と比べて精度の高い理論計算ができるため、さまざまな理論のアイデアの実験による精密検証が容易です。そのため自然の基本法則をボトムアップで再構築するための強力な武器となります。

## ■ 世界最高性能の素粒子測定器

電子・陽電子は、粒子と反粒子の関係にあり、衝突すると対消滅しエネルギーの塊となって、衝突後の終状態に別の素粒子を作り出します。エネルギーが十分であれば、未知の重い素粒子とその反粒子を生み出すこともできます。終状態にできた重い素粒子は、より軽い素粒子へと崩壊して行きますが、それがクォークやグルーオンなどのカラー荷(強い相互作用の源)をもった素粒子へと崩壊した場合には、それらが単独では現れず、カラーのとじ込めと呼ばれる性質のために、ジェットと呼ばれる荷電パイ中間子や光子、K中間子などからなる多くの粒子の束となって観測されます。ILC実験では、ジェットからもとのクォークやグルーオンを再構成して、もとの単純な反応の姿を浮かび上がらせることができます。そのために活躍するのが電子と陽電子の衝突点を取り囲むように置かれる大型の最先端測定器です。



■キーワード: (1)国際リニアコライダー (ILC)  
(2)最高エネルギー素粒子実験  
(3)最先端測定器技術

代表発表者 藤井 恵介(ふじい けいすけ)

所属 高エネルギー加速器研究機構  
素粒子原子核研究所

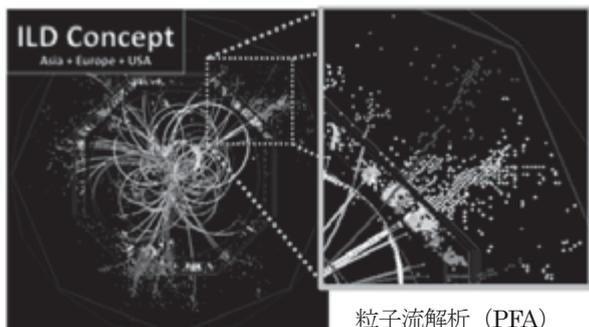
問合せ先 〒305-0301 茨城県つくば市大穂 1-1

TEL: 029-864-5373 FAX: 029-864-2580

keisuke.fujii@kek.jp

## SATテクノロジー・ショーケース2014

ジェットからもとのクォークやグルーオンのエネルギーや方向を精度よく決定するには、ジェットを構成する粒子を一つ一つ分離し、荷電粒子は高い運動量分解能を持つ飛跡検出器 (TPC) で測定し、中性粒子のみをカロリメータ (CAL) で測定する必要があります。この粒子流解析 (PFA) と呼ばれる手法がうまく働くためには、カロリメータ中の荷電粒子信号と中性粒子信号を分離しなくてはなりません。そこで、カロリメータにはこれまでにない高い細分割度が要求されます。また、ジェットの親クォークの種類を判別するには、*b*-クォークや*c*-クォークの崩壊点を検出する崩壊点検出器 (VTX) も重要です。国際大型測定器 (ILD) は、PFA に最適化された ILC 実験のための測定器提案で、現在、その要素測定器の開発研究、物理のシミュレーション研究、それらに基づく測定器全体設計が国際協力で行われています。



粒子流解析 (PFA)

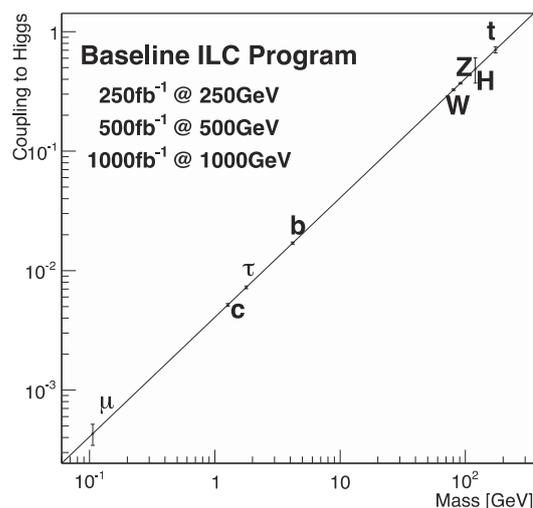


国際協力で行われるドイツ DESY 研究所における TPC 大型プロトタイプタイプのビーム試験

### ■ 物理シミュレーション

ILD 測定器の詳細構造を再現するシミュレータに、ヒッグス粒子生成や超対称粒子生成反応、バックグラウンド反応のモンテカルロ事象を入力、GRID を使って数 100TB におよぶモンテカルロ・データを生成し、様々な物理の可能性を検討するとともに、予期しない新現象に備えた測定器設

計の最適化を行っています。世界中の実験、理論の研究者の協力で進められてきたこれまでの物理検討の結果は、ILC 技術報告書の物理の巻を始めとする様々な論文や報告書にまとめられています。その一例が次の図に示す、ヒッグス粒子と標準理論の他の粒子との相互作用の強さと質量の関係の測定のシミュレーションです。質量が 1 種類のヒッグス二重項との相互作用で生まれるとする標準理論の仮定が正しければこの関係は、図のように正確に直線にのるはずですが、逆にずれば標準理論を超える新しい物理の証拠となり、ずれのパターンを指紋照合することで新物理の正体が明らかになります。図には ILC 実験で予想される測定精度を誤差棒として示してありますが、この図ではほとんど見えないほどの高精度で、ヒッグスにまつわる様々な謎の解明が期待されます。



超対称性理論の予想する暗黒物質生成反応の検討など新粒子探索やその性質の研究のためのシミュレーションも、特に LHC で発見の難しいシナリオを中心に精力的に進められています。

### ■ 参考文献

- 1) ILC 技術設計書(物理の巻) : arXiv:1306.6352
- 2) ILC 技術設計書(測定器の巻) : arXiv:1306.6329
- 3) ILD 測定器概念提案書 (ILD LoI) : arXiv:1006.3396