



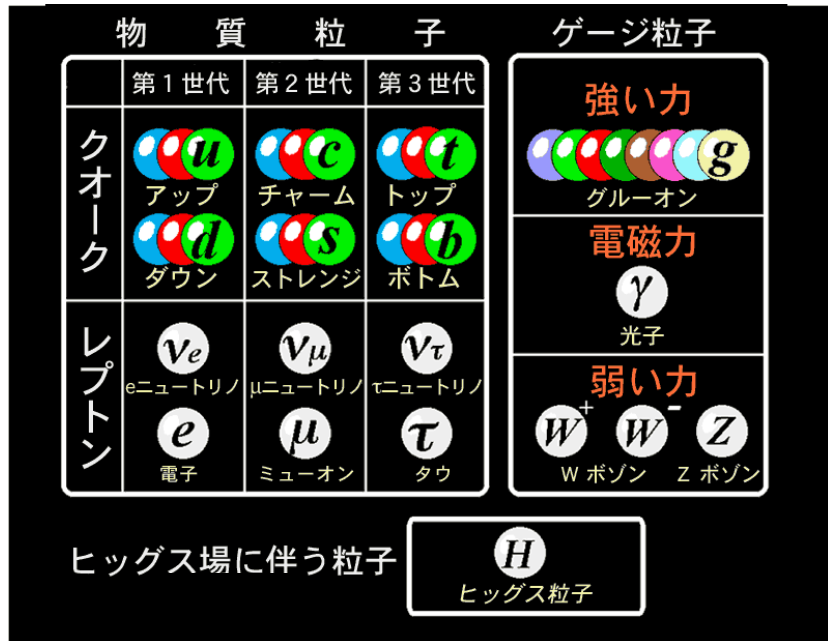
アトラス実験で何がわかるか

ヒッグス粒子 - 質量の起源にせまる -

20 世紀後半、著しい理論・実験の発展により素粒子物理学では素粒子の**標準理論**が構築されました。標準理論は数多くの精密実験により検証されています。その基本は、(1) 3 世代のクォークとレプトン (2) 3 種類のゲージ粒子による力の媒介 (3) BEHメカニズムによる質量の創出です。

(2)の力(相互作用)は全て**ゲージ理論**という美しい数学的枠組みで記述されます。しかし、ゲージ理論では粒子は質量を持つことができません。南部陽一郎が唱えた**自発的対称性の破れ**の考えを R. Brout, F. Englert, P.W. Higgs 達がゲージ理論に応用し、真空が凝縮したヒッグス場で満たされていれば粒子が質量を持つことができるという事を提案しました (**BEHメカニズム**)。このアイデアを電磁力と弱い力に適用して統一したのがグラショー・サラム・ワインバーグの電弱統一理論で、標準理論の重要な一部となっています。

BEHメカニズムが正しいならば、対称性が破れた後に少なくとも1種類のスカラー粒子(**ヒッグス粒子**)が存在しなければなりません。LHC加速器・LHC実験の第一の目的は、これを確実に捕えることです。

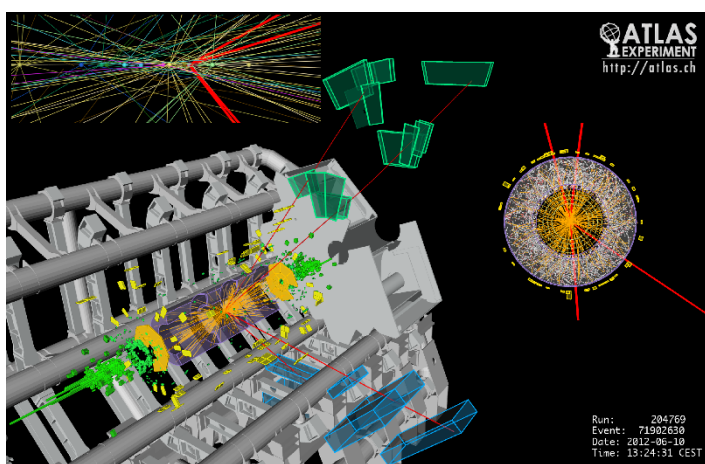


「標準理論」の世界。ヒッグス粒子の発見により構成粒子は揃ったかに見える。

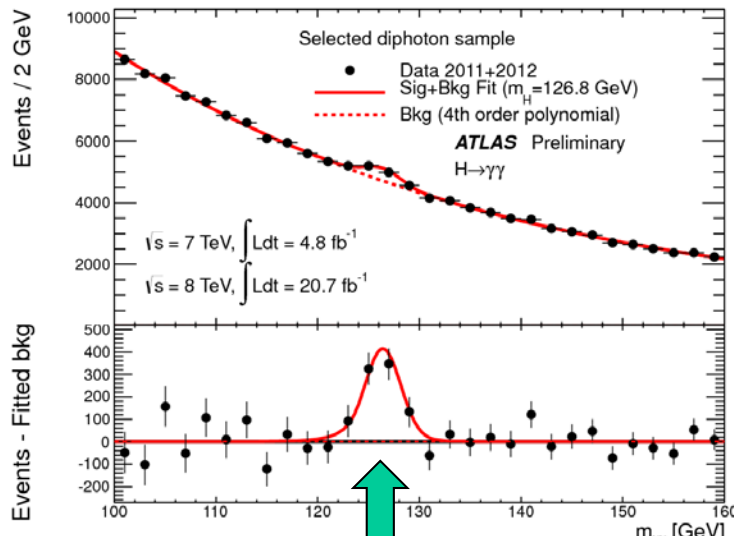
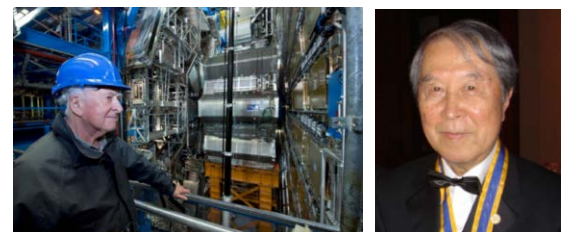
ヒッグス粒子を発見!!

2012年7月4日アトラス実験とCMS実験は、ヒッグス粒子と思われる新粒子を発見したと発表しました。右図は、この新粒子が2つの光子に崩壊した場合と、4つのレプトン(電子、あるいはミュー粒子)に崩壊した場合のデータを示してあります。どちらにも126GeV付近にピークが見えます。

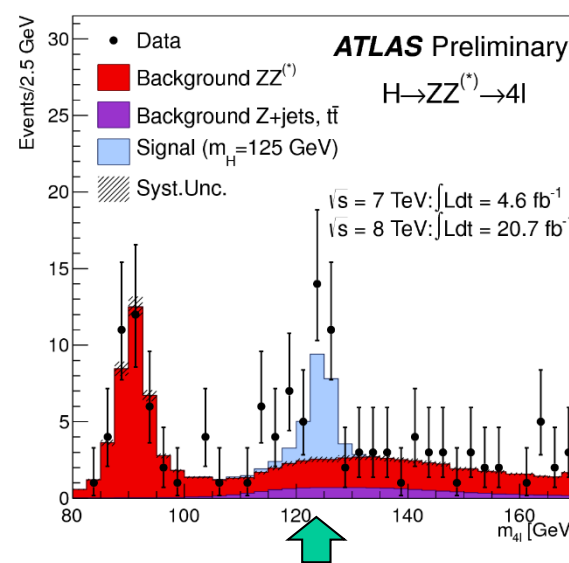
これが本当に標準理論の予言するヒッグス粒子かどうかなど、この粒子の性質をこれから何年もかけて精密に調べていきます。



(左) P.W. Higgs とアトラス測定器 (2008年4月15日撮影) Higgs等はヒッグス粒子の存在を予言した(1964年)
(右) 南部陽一郎 2008年度ノーベル物理学賞受賞者



2光子崩壊での不変質量分布。黒点がアトラスのデータで、赤点線がヒッグス粒子がない場合の予想分布。126GeV付近に盛り上がりが見える(矢印)



4レプトンへ崩壊での不変質量分布。赤がヒッグス粒子以外からの予想分布、ヒッグス粒子の質量が125GeVの場合の予想分布。データ(黒点)はヒッグス粒子が存在する場合の分布とよく合っている(矢印)

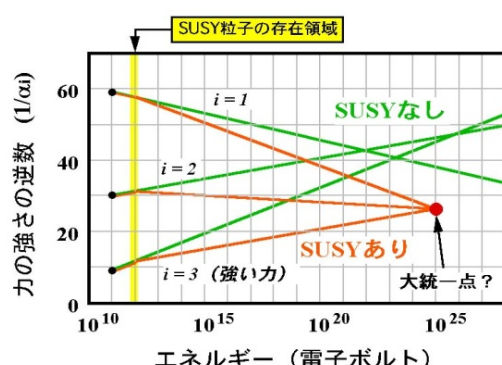
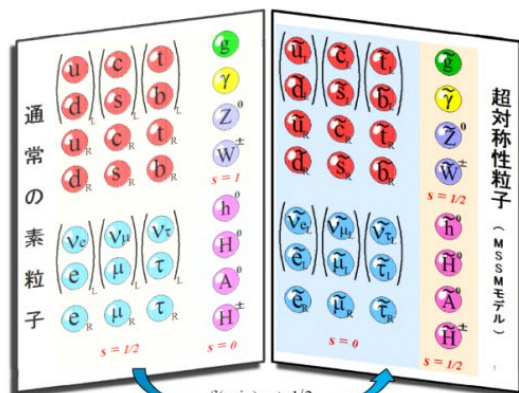
左図は4レプトンへの崩壊モードの事象候補の例

TeV エネルギースケールに展開する新しい物理パラダイムの探索 - ヒッグス粒子だけでは終わらない -

超対称性粒子の探索

ヒッグス粒子の発見により自然界の構成粒子は一見揃ったかに見える。しかし、標準理論だけでは、宇宙初期の高エネルギーで「**力の統一**」、**階層性問題**(BEHとプランクスケールのエネルギーがかけ離れている事に起因する諸問題)、宇宙の**暗黒物質問題**、等の解決にはほど遠いのが現実です。これらの問題に対し現在最も有力視されているのが、**超対称性理論**です。超対称性理論とは通常の素粒子と同じ性質を持ちながらスピンの異なる**新しい粒子群**の存在を仮定します(例えば、通常の素粒子はスピン1/2、その超対称粒子はスピン0)。これまでの諸実験は、TeV領域にその可能性を示唆しています。

超対称性粒子が発見されれば、素粒子・宇宙物理学にとってヒッグス粒子発見に劣らぬ1大革命的な発見となります。これまでに収集したアトラスのデータでは、1TeV以下の領域にはまだ徴候は見えていません。いろいろな崩壊モードでの探索と、2015年からのLHCの13TeV運転に期待が高まっています。



隠れた次元を探る

更に、、、**超弦理論**なるものも提案されています。超弦理論では、10次元の世界において、我々の世界は4次元の膜(ブレン)に貼りついていると考えます(ブレンワールド宇宙論)。

これが正しいければ LHC のエネルギーで**重力子**の直接生成も可能で、また、余剰次元に逃げ込む重力子の効果を観測することが出来るとも期待されています。**ミニブラックホール**生成の可能性も指摘されています。

