

LHC 計画で期待される物理

1. ヒッグス粒子の発見 - 質量の起源 -

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) ヒッグス・メカニズムによる質量の創出です。

(2) の力は全て**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。

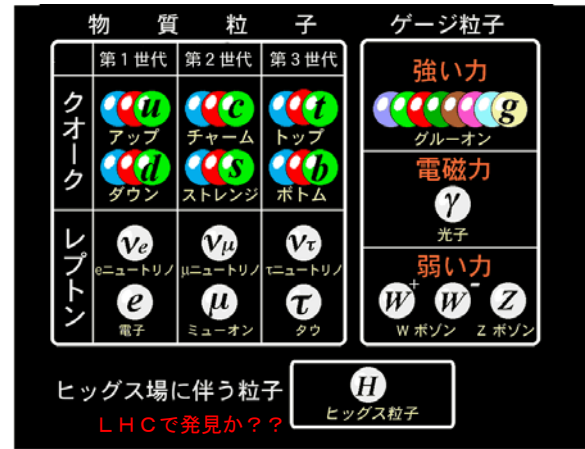
南部陽一郎が唱えた**自発的対称性の破れ**の考えを P. W. Higgs 達がゲージ理論に応用し、真空が凝縮したヒッグス場で満たされていれば粒子が質量を持つことができるという事が分かりました (**ヒッグス・メカニズム**)。このアイデアを電磁力と弱い力に適用して統一したのがグラショー・サラム・ワインバーグの電弱統一理論で、標準理論の重要な一部となっています。

ヒッグス・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。しかしヒッグス粒子は未だ発見されていません。

アトラス実験でヒッグス粒子を確実に捕える

ヒッグス場が質量を創り出すことから、ヒッグス粒子は質量の大きな粒子と強く結合して、これらに崩壊し易いという性質を持ちます。Z 粒子や μ 粒子などの**質量の大きな粒子の生成**を調べればヒッグス粒子を見つけられるはずですが、 μ 粒子に崩壊できないほど質量が小さい場合には**様々な崩壊過程を詳細に調べる**必要があります。

LEP 実験の直接探索から、114.4 GeV 以下の小さな質量のヒッグス粒子は存在しないことが分かっています。一方、間接的な測定からは 400 GeV よりも質量が小さいことが予想されます。アトラス実験は2012年7月ヒッグスのような粒子を質量126GeV付近に発見しました。この粒子の性質これから詳しく調べていきます。



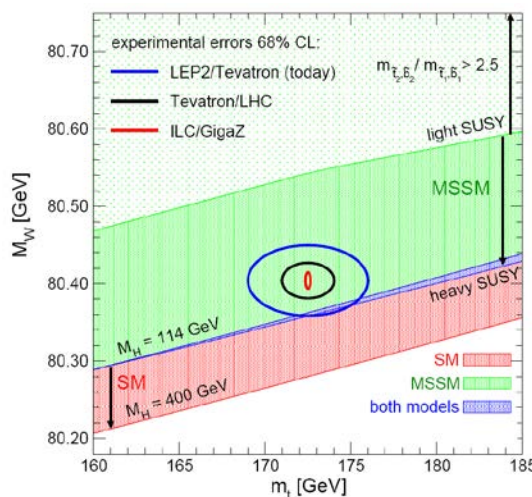
「標準理論」の世界。ヒッグス粒子が発見されればすべての粒子がそろろう。



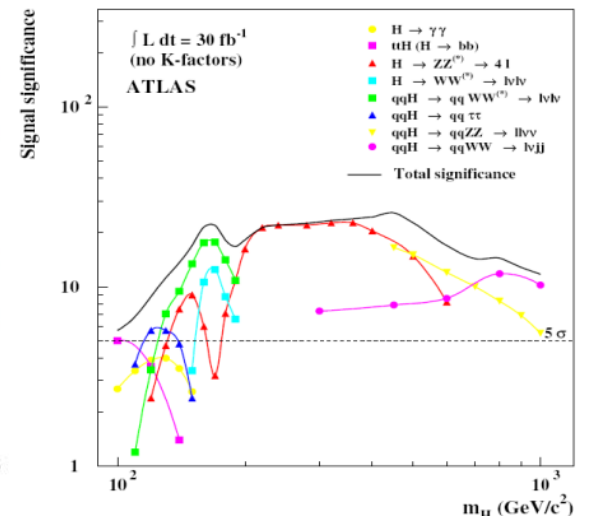
南部陽一郎
2008 年度
ノーベル物理学賞受賞



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



テバトロンでの間接測定によるヒッグス粒子質量への制限



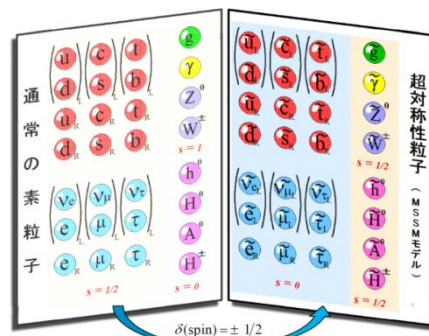
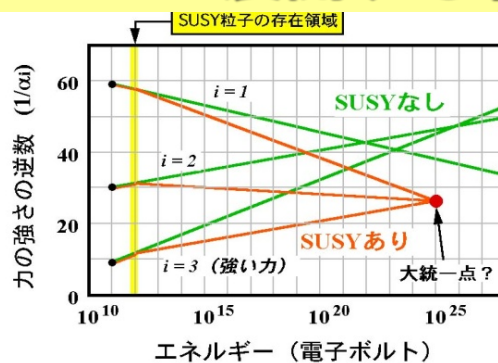
アトラス実験のヒッグス粒子発見能力

2. 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

超対称性粒子の探索

LEP 実験の精密測定から TeV 領域に超対称性粒子群が存在することが強く示唆されています。これは超対称性理論が提唱する、通常の素粒子に対応した**新しい粒子群**で、その存在により宇宙初期相当の高エネルギーで「三つの力の大統一」が実現出来ると考えられています。

標準理論では未解決だったエネルギーの階層問題、**宇宙の暗黒物質**問題等にも解答を与え、現在最も有力視されている理論です。確認されれば、素粒子・宇宙物理学にとって革命的な発見になります。1 TeV 以下に超対称性粒子が存在すれば、これまでに収集したアトラスのデータで見つかってもいいのですが、2012年7月現在、まだ徴候が見えていません。いろいろな崩壊モードでの探索と、より高い質量領域の探索を進めています。



隠れた次元を探る

超弦理論が予言する 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るのがブレンワールド宇宙論です。これが正しいならば LHC のエネルギーでは重力子の直接生成も可能で、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期待されています。**ブラックホール**生成の可能性も指摘されています。

