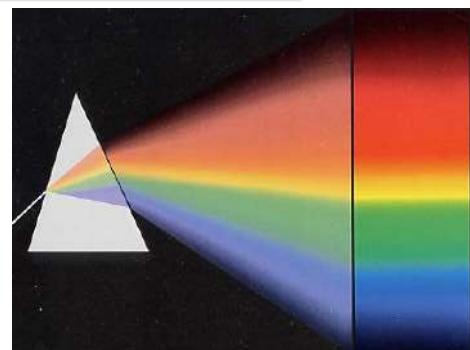


1929年 宇宙膨張の発見



(ハッブル)



プリズムで見る
ドップラー効果

「銀河はどんどん遠ざかっている！！」

ってことは、宇宙に始まりがある!!

← 時間をもどすと

ビッグバン

どうやって宇宙(時空)が誕生したの?
無の宇宙からビッグバンのエネルギーが?

宇宙のはじまりの研究

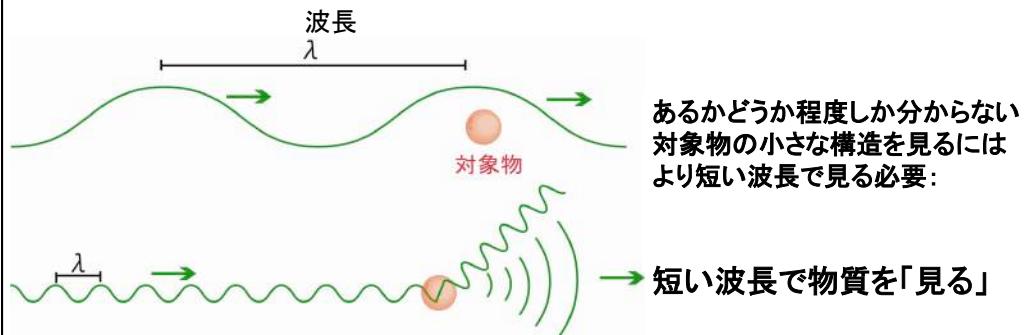
素粒子

(素粒子とは?)物質を細かく分割していくと

| 分子 | 原子 | 原子核 | 核子 | 素粒子 |
|-------------------------|----------|-------------------------|--------------------|---------------------------------------|
| H_2O 水の分子 | 酸素原子 | 酸素原子核 | 陽子 | u-クォーク d-クォーク 電子 |
| | | 原子核の大きさ $10^{-15} m$ | 原子と比較すると 10万分の1 | 千京分1m以下 $< 10^{-19} m$ (大きさはない) |
| $10^{-10} m$ (100億分の1m) | | | | |

10^{-19} m 以下 こんな小さいモノをどうやってみる?

小さなものを見るには、波長の短い光が不可欠



使う波長によって、測定出来る限界が決まっている

ブルーレイ > 普通のDVD(赤色レーザー)

小さな世界は **量子力学** が支配

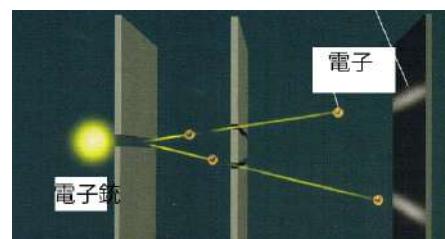
小さく観ると、粒子と波の両方の性質が見えてくる。(2重性)

素粒子 = 粒 + 波

波の広がりの分だけ
ぼやける

ハイゼンベルグ
不確定性原理
 $\Delta P \Delta x \geq h/2\pi$

波である証拠 → 電子でも干渉



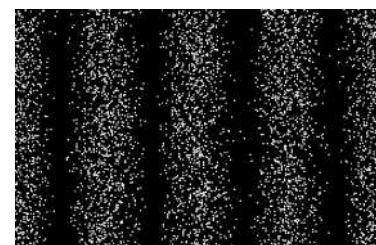
波長

プランク定数

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

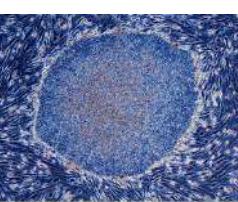
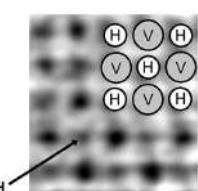
運動量 ~ エネルギー

短い波長 \longleftrightarrow 高いエネルギー

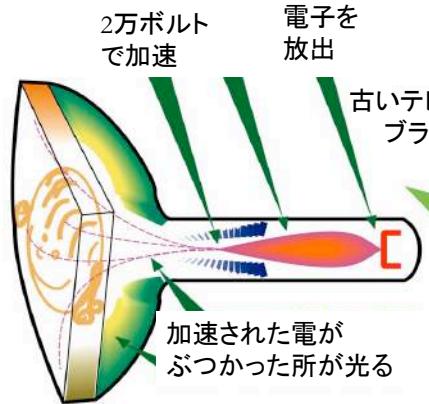


倍率1000倍程度

加速器は大きな顕微鏡

| | | |
|---|---|---|
| 光学顕微鏡  | 分解能 光 光の波長 $\sim 0.1\text{ミクロン} (=10^{-7}\text{ m})$ |  iPSC細胞 |
| 電子顕微鏡  | 電子 電子の波長 $\sim 1\text{オングストローム} (=10^{-10}\text{ m})$ | |
| LHC加速器  | 陽子 陽子の波長 $\sim 10^{-19}\text{ m}$ (原子核 10万分1) | |
| 100万倍程度 10^{-10}m  | 水素原子！！  |  |

実は身近な加速器：電子ボルト（単位）



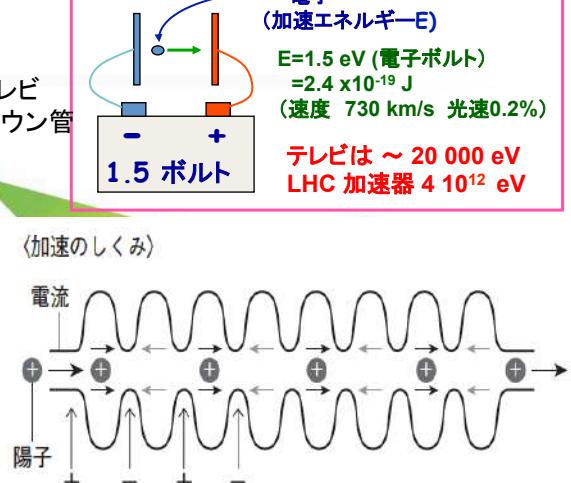
2万ボルトで加速
電子を放出
古いテレビ ブラウン管
加速された電がぶつかった所が光る

ぶつかっちゃうとだめなので
静電場でなく、電磁波を使って
加速するのが加速器
ブラウン管のざっと1億倍の加速能力

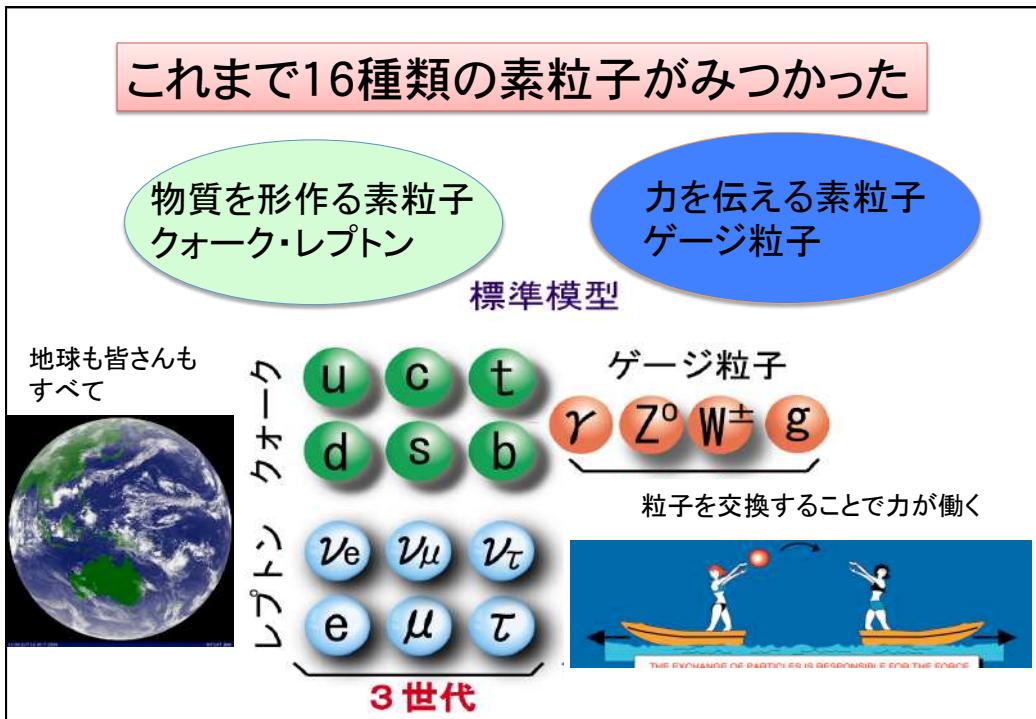
電子 (加速エネルギーE)
 $E=1.5\text{ eV}$ (電子ボルト)
 $=2.4 \times 10^{-19}\text{ J}$
 (速度 730 km/s 光速0.2%)

テレビは $\sim 20\,000\text{ eV}$
 LHC 加速器 $4 \times 10^{12}\text{ eV}$

（加速のしくみ）



電流
陽子
プラスとマイナスの電極が交互に並んでおり、交流で電荷が入れ替わることで繰り返し加速されていく。



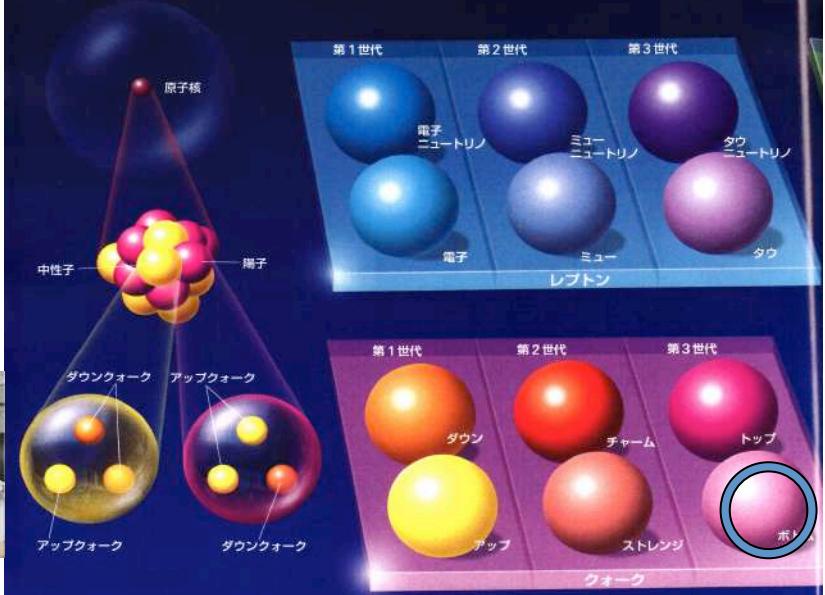
素粒子I：物質を形づくる素粒子

ニュートンより

陽子・中性子の核子は、2種類のクオークで構成。それ以外に電子とニュートリノ。

このセットが3セットある





筑波と言えば、KEK

ここにもすごい加速器があります。一周3kmとLHCより1/10 小さいけどLHCの10倍も衝突頻度があって、すっごい数の反応を観測できる



3世代目のクオークを調べて、

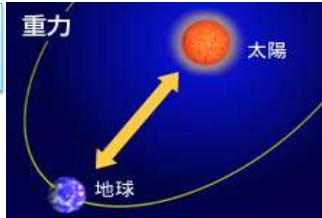
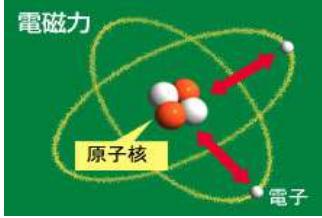
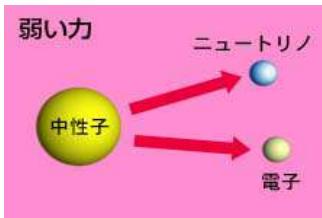
粒子と反粒子(時間を遡る)の小さな違いの研究

何故 今の宇宙には物質しかないのか?

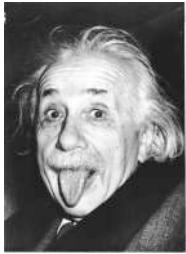
3世代目は日本が深く関係

素粒子II：力を伝える素粒子

自然界の4つの力

| | | |
|---|--|--|
| <p>重力子 (未発見)</p>  | <p>電磁力</p>  | <p>光子</p> |
| <p>グルオン</p>  | <p>強い力</p>  | <p>W,Z粒子</p>  |
| <p>原子核やクォークをまとめる力 湯川先生が予言</p> <p>中性子は陽子に変わる</p> | | |

素粒子の質量

| | | |
|---|--|---|
|  | <p>「止まった光？？」 光は止まらない。 どんな人が、どうみても 秒速30万kmで 動いてる。 (相対性理論)</p> |  |
| <p>この違いは何故？</p> | | |
| <div style="background-color: #f0e68c; padding: 10px; border-radius: 10px;"> <p>素粒子の原理</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid #007bff; padding: 5px; background-color: #d1ecf1;"> 素 粒 子 $\text{質量}=0$ </div> <div style="text-align: center; margin: 0 10px;">  矛盾 </div> <div style="border: 1px solid #dc3545; padding: 5px; background-color: #ffe2e7;"> 素 粒 子 $\text{質量}\neq 0$ </div> </div> </div> <div style="background-color: #d1ecf1; padding: 10px; border-radius: 10px; margin-top: 10px;"> <p>現実</p> <p>「質量」 があると運動が阻害されて 速度も遅くなるし、止まれる。</p> <p>重さは重力の強さなんですが、「質量」と一致している。</p> <p>しかし、素粒子の原理からは</p> </div> | | |

素粒子の原理 その1

全ての力はゲージ原理

波である！！ 位相がある
 $\sin(\omega t + \theta)$

宇宙全体で位相の取り方が同じというのは、相対論を考えると変時空の各点で任意にとって良い(局所的対称性・ゲージ原理)
 位相差は観測出來るので物理法則は無茶苦茶になる。
 この歪みを直す様に、粒子が伝搬する“位相の帳尻あわせ”粒子
 (これがゲージ粒子で力の源)

質量(m)があると $\exp(-m^*d)$ で弱くなる(マイスナー効果) 17

素粒子の原理 その2

パリティーの破れ

カイラル原理

素粒子のスピン：運動方向むいてる(右巻き)と
 反対方向むいてる(左巻き) とある。(スピンは後で)
 粒子の似たような2つの状態？？

Spin ← L → Spin ← R

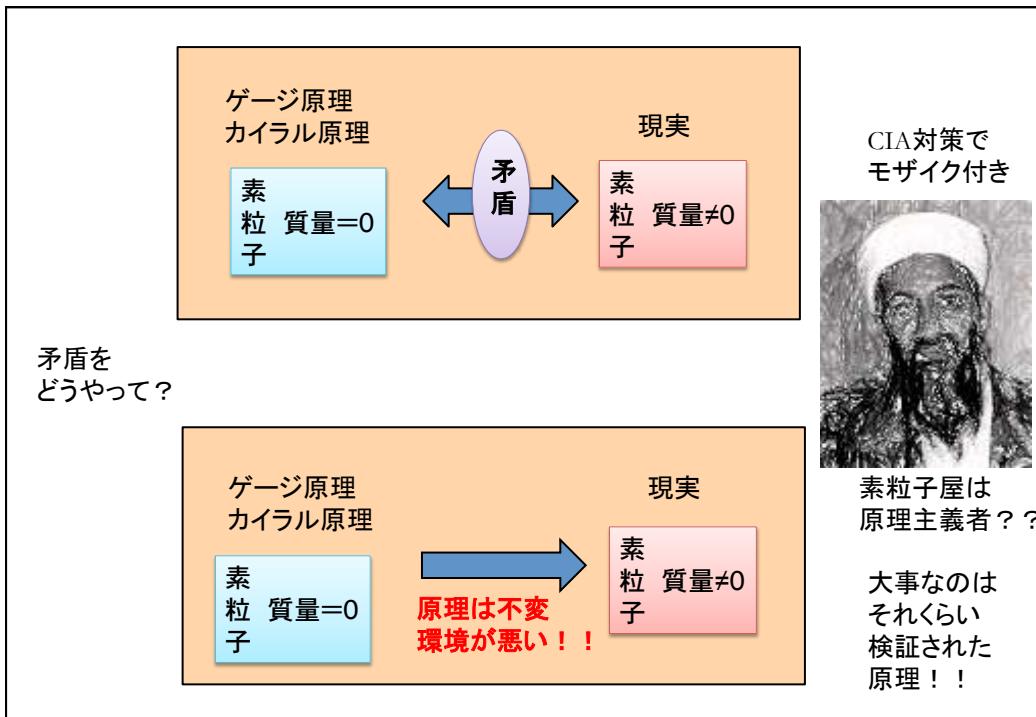
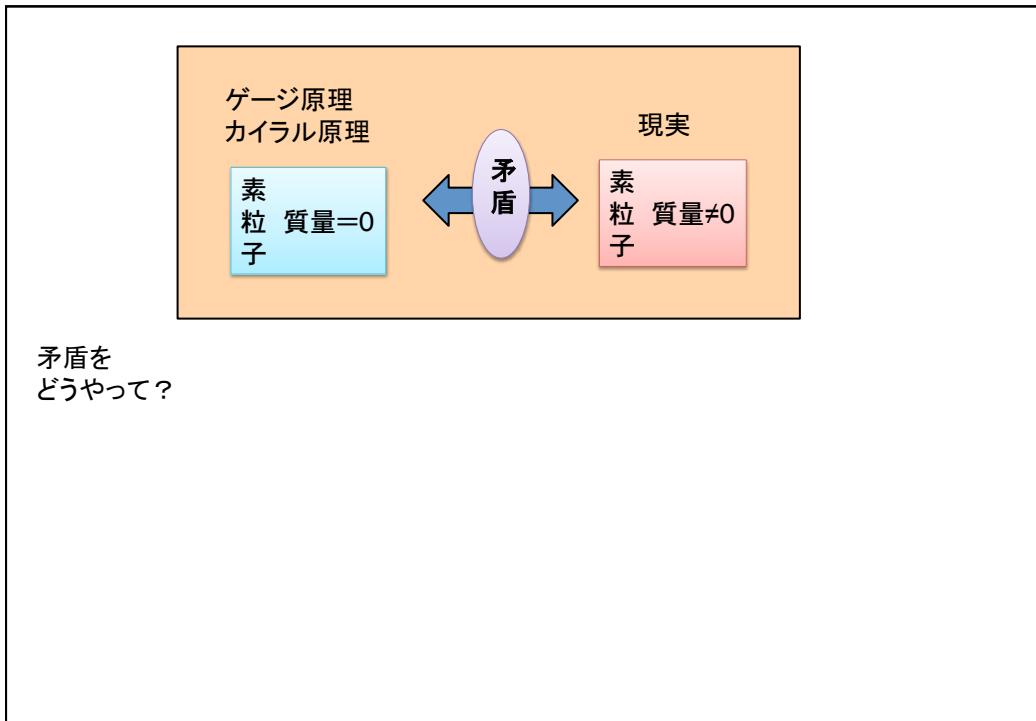
質量がある = 光速より遅くなる
 光速で追い越す(ローレンツ変換)
 入れ替わってしまう。

鏡で映した関係

1957年
 弱い力で パリティーが破れている。
 実験で発見

左巻き：弱い力の電荷を持っている
 右巻き：弱い力の電荷をもっていない

ヤンとリー ウー



悪い環境 = ヒッグスに満ちた真空

エネルギーの強さ
ヒッグスのつまり方
ヒッグスがない → ある状態
「自発的対称性の破れ」
南部先生
2008年ノーベル物理学賞

エネルギー低いのでこの状態に落ち着く
何もない状態
ヒッグス場に満たされた状態

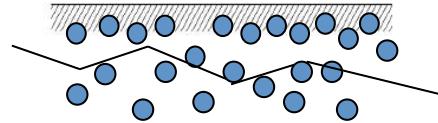
(例えでなくて)本当に自然で起きている?? 結晶を構成する原子の向き

実験

ある方向
別の方向
どの方向にも等方的
ある方向にそろう

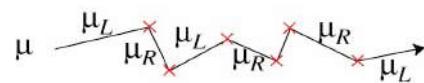
真空につまっているのはヒッグス粒子でなく ヒッグス場

ヒッグス粒子にコツコツ
ぶつかりながら、進んでいく
というのは、間違いで



ヒッグス場に満たされた中を
運動すると、たえず
反応繰り返してまっすぐ進まない

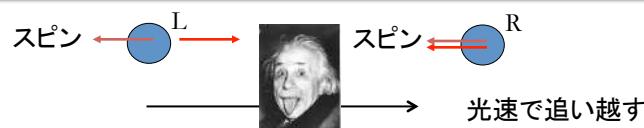
→ これが質量がもった様に見える。



ヒッグス場に満たされた状態(粒ではない)

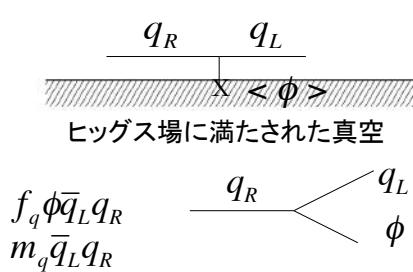
粘性がある液体の中で、どっつと動けないと言うのではなくて、
もっと凄いことを真空はしてくれています

ヒッグス場は、弱い力の電荷バッファー

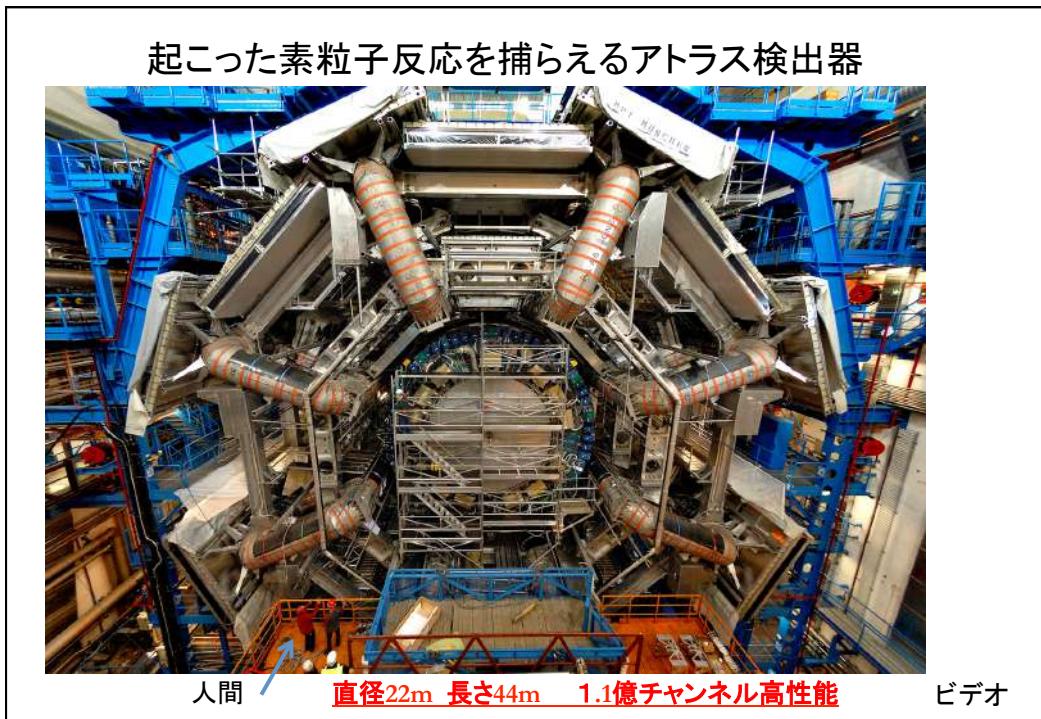
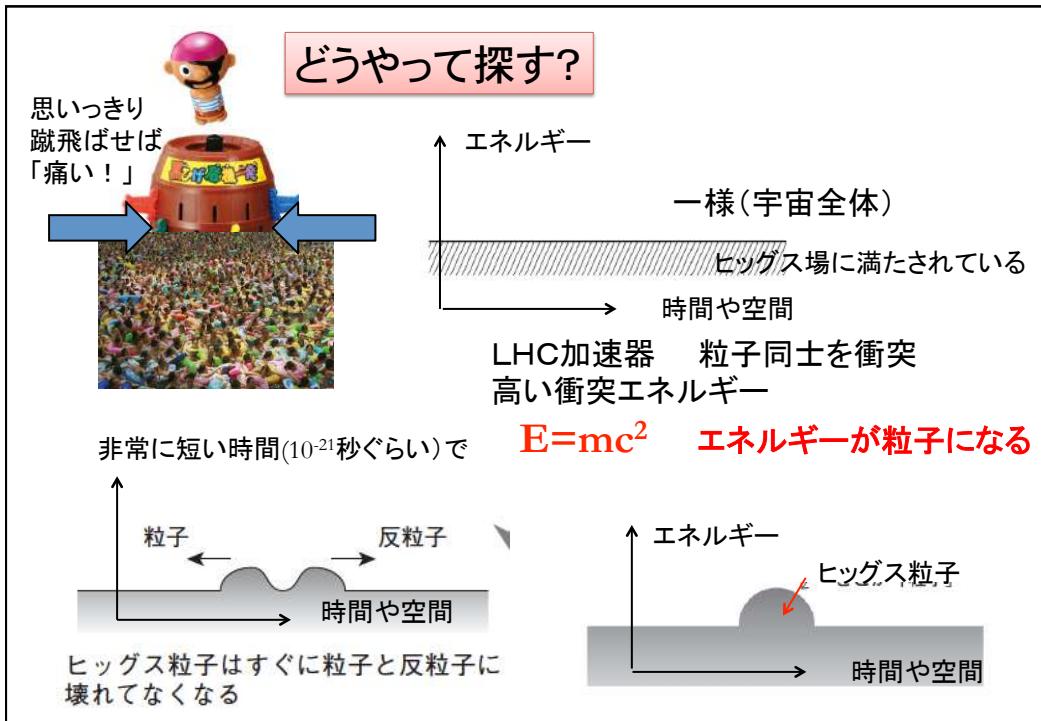


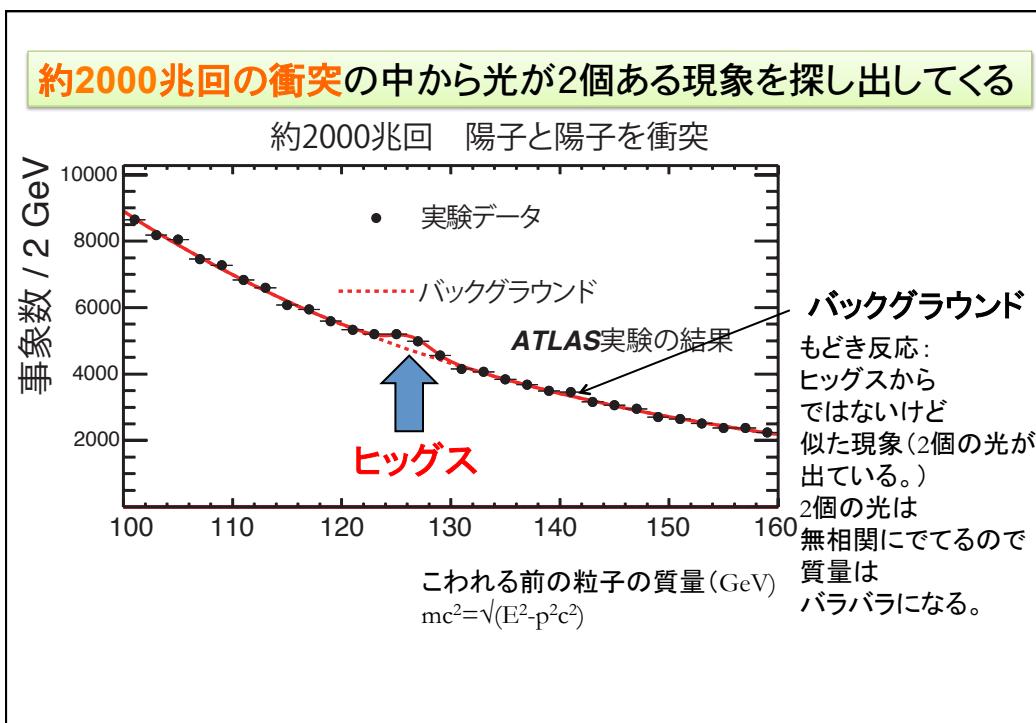
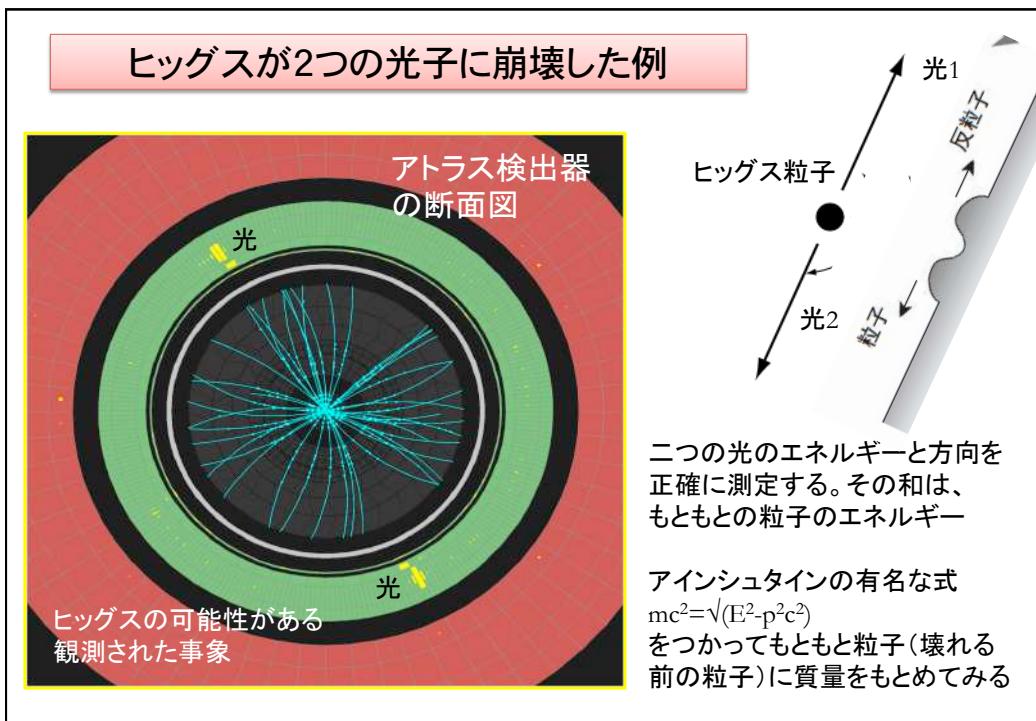
左巻きは「弱い相互作用」感じる vs 右巻きは感じない LとRは元々別の粒子

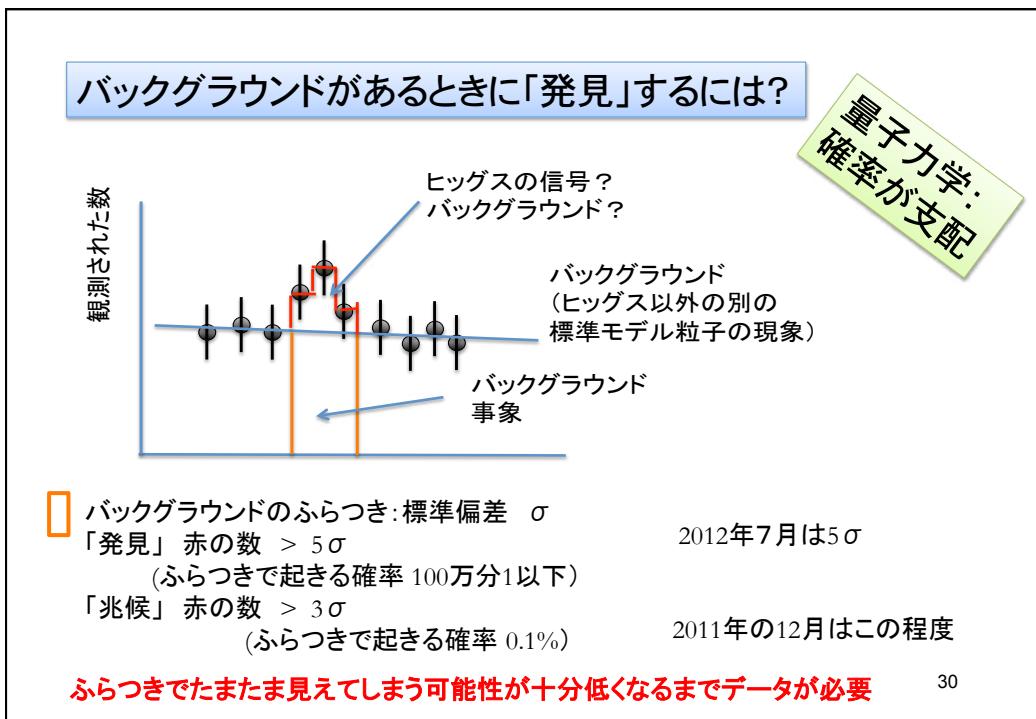
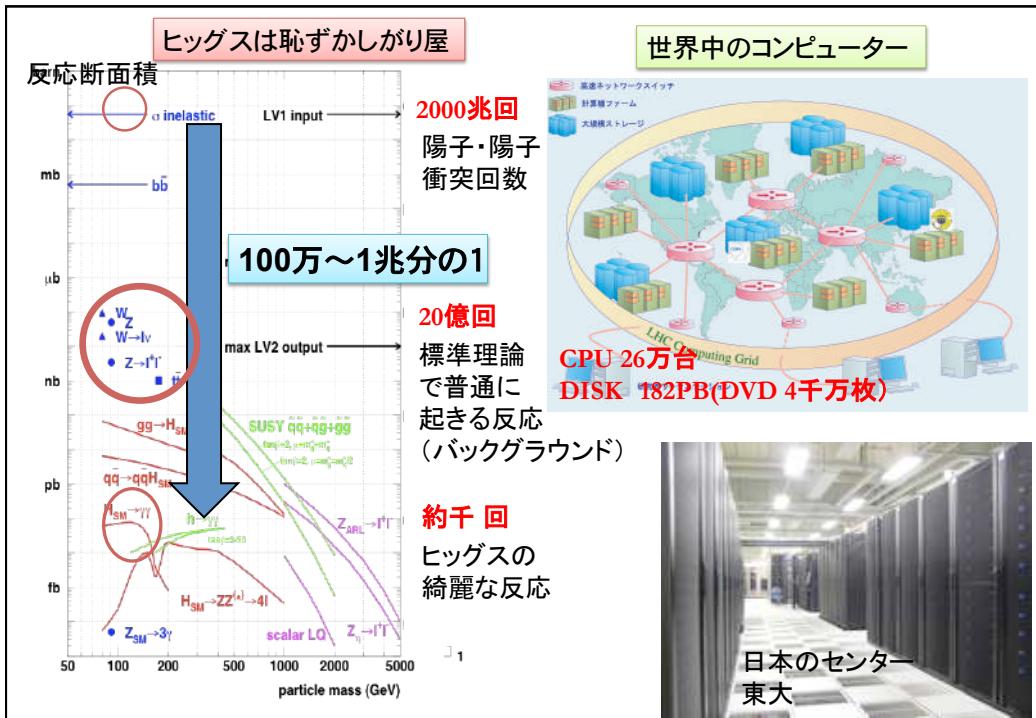
コツコツとぶつかる度に
弱い相互作用の電荷をもらったり
あげたり進んでいく



真空はニュートリノの様
な性質(電荷)をもった、
変な状態
にみちている!!







と、言うわけで 昨年7月に大きなニュースになったわけです。



ヒッグス粒子発見の意義 (1)

「17番目の素粒子がみつかった」
という チョロい話ではない

物質を形作る素粒子
クォーク・レプトン

力を伝える素粒子
ゲージ粒子

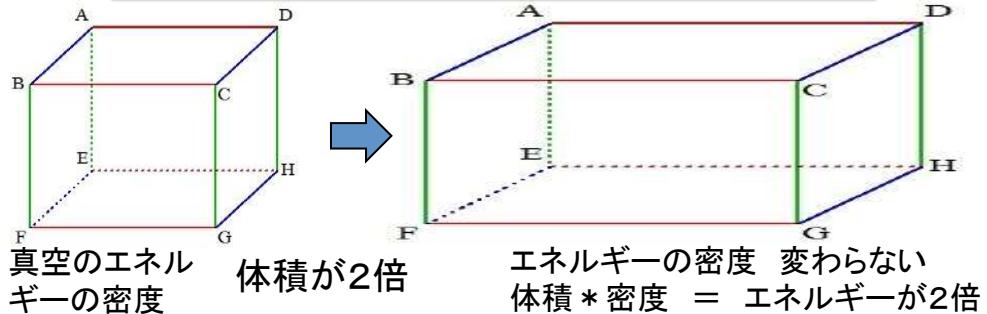
質量を生み出す
真空:ヒッグス場

容れ物なので
宇宙全体にひろがっている

「真空」の意味

真空が「真の空」でなく、何か詰まった不思議な状態
(何か? ニュートリノの電荷(弱い力)をもった
のっぺりしたもの:宇宙全体に一様に、方向もなく)
そのエネルギーが宇宙を生み、進化させていった。
宇宙の誕生に密接に関係

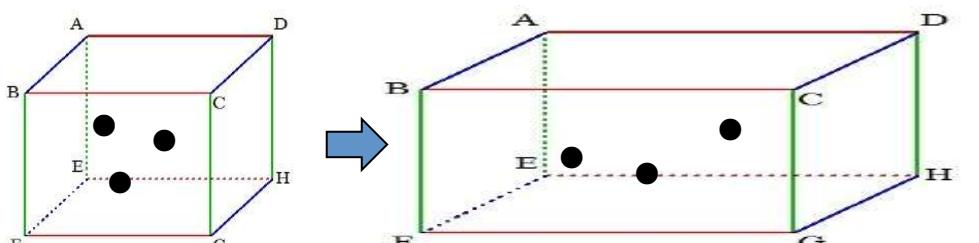
不思議な真空のエネルギー



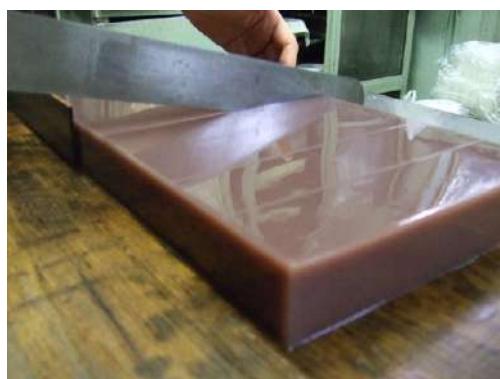
????

宇宙のインフレーション膨張にしたがって、体積が大きく
エネルギーがどんどん増加 → ビックバンがすごいことになった！！！

何もなかった宇宙から エネルギーとモノにみちた
宇宙が誕生した!!!!



粒子の描像



ヒッグス場(真空)の描像
ようかんを切ることを想像してください

宇宙の誕生の謎に迫る実験結果

インフレーション宇宙、ビッグバンのエネルギーどこから？

The diagram shows a funnel representing the evolution of the universe over time. At the top, it says "現在137億年" (Present 13.7 billion years) and "宇宙が進化した結果、現在のような星や銀河などが生まれてきた" (As a result of the evolution of the universe, stars and galaxies like ours have been born). A vertical axis on the right is labeled "時間" (Time). Inside the funnel, there is a horizontal timeline with labels: "宇宙の初期より WMAPの観測30万年" (From the early universe, WMAP observation 300,000 years), "ビッグバン" (Big Bang), "相転移終了 インフレーション期" (Phase transition ends Inflation period), "10⁻³⁵ 秒" (10⁻³⁵ seconds), and "「果て」のない状態で宇宙は始まった" (The universe began in a state without end). Below the funnel, a text box states: "インフレーションを起こすエネルギー" (Energy causing inflation) and "落ちた分のエネルギー「ビッグバン」" (Energy released 'Big Bang'). To the right, there is a diagram of a curved space-time surface with two blue spheres representing particles.

今回見つかったヒッグスではないですが、同じような「色付きヒッグス」と言うのもあると考えられています。

ヒッグス粒子発見の意義 (2)

The diagram compares the Higgs boson to other fundamental particles:

- 物質を形作る素粒子
クォーク・レプトン
カイラル原理**
- 力を伝える素粒子
ゲージ粒子
ゲージ原理**
- 質量を生み出す
真空:ヒッグス場
??原理**
- 容れ物なので
宇宙全体にひろがっている**

126GeV ヒッグス粒子は軽すぎる!!!!

それぞれの質量には、質量をゼロにする原理がある

- 1) カイラル原理
- 2) ゲージ原理

だから多少、環境がわるくても、軽いままで

ヒッグスは、全く新しいカテゴリーの粒子 新しい原理が必要

何故重くなる???

量子力学 「嘘ついていい」

見えない粒子も足跡を残す

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar \quad \Delta t \cdot \Delta E \geq \hbar$$

$$\hbar = 1.05 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

大きく ΔE がずれる(嘘つく)と短い間 小さく ΔE 嘘つくと比較的長い間

電子・陽電子

電子・陽電子

こういう、嘘の(量子力学の)効果：
少しだけど、ちゃんと見える。痕跡を残している

ほんとかよ?

ここにエネルギーを加えると

量子力学世界

現実世界

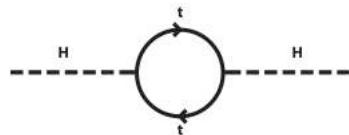
光 γ

実験データー（光から電子、陽電子が飛び出している）

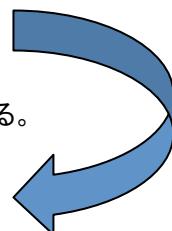
エネルギーを与えている所

**エネルギーをあたえると
量子力学的な仮想状態から
現実の粒子として取り出す
ことができる。**

量子力学の効果で重くなる!!



新しい原理が必要



量子力学的状態(嘘の効果)トップクォークペアになっている。
その痕跡で、ヒッグス粒子は、無茶苦茶重くなるはず。
でも 126GeVと軽い。何故???

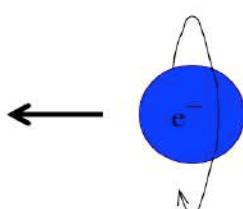


相殺??
「超対称性」!!

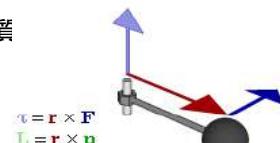
ぐるっと1周したとき、効果の符号が逆になる必要
スピンの性質

素粒子のスピン

スピン:角運動量と同じ性質



素粒子はスピンを
もっている。
スピンはよく「自転」に
例えられる。
本当は、大きさのないもので自転はない。



粒子の持っている“固有の性質”: (起源不明)
スピン $\frac{1}{2}$ ($h/2\pi$) と $h/2\pi$

素粒子の回転に関係している (角運動量=回転)

ボーズ粒子 360度でもとの状態に戻る。(我々の感性)

フェルミ粒子 360度回しても符号が逆:

720度回してはじめてもとの状態に戻る。

→ フェルミ粒子から見ると720度対称のような世界

| フェルミ粒子 | ボーズ粒子 | 血液型で言えば A型とB型だと 思って下さい |
|--|--|------------------------------|
| | | |
| <p>物質を作る: (クォーク・レプトン) フェルミ粒子と呼ばれ スピン $\frac{1}{2}$ 「秩序」を重んじ、同じ状態には1個 しか入れない</p> <p></p> <p>化学の時間で電子の 軌道を勉強したと 思いますが、同じ状態に 入れないから、下の状態 から詰まっていく</p> | <p>力を伝える: (光、W,Z、グルーオンなど) ボーズ粒子と呼ばれ スpin 1,0</p> <p>同じ状態にいくつでも入れる (レーザー、超伝導は同じ状態に いっぱい入っている)</p> <p>一個ぐらい消えてもいい 自由に生成あたり、消滅したり出来る 力を伝える性質</p> | |
| フェルミ粒子一ボーズ粒子の区別が様々な問題を引き起こす (半整数スピン ⇄ 整数スピン) 区別をなくす → 超対称性 | | |

“超” 対称性

スピン: 素粒子から空間がどう見えているか? スpin $\frac{1}{2}$ 2回転対称 スpin 1 1回転対称

“時空”と“素粒子”をむすびつける “すごい”規則 なので “超”対称性

| | |
|---|-------------------|
| 通常の素粒子 | 超対称性粒子 |
| ヒッグス、超対称性粒子は未発見 | |
| 超対称性の利点 → 宇宙の暗黒物質の解明: → 力の大統一 → 色つきヒッグスの解明 | |

クォーク: u, c, t, d, s, b
 レプトン: e, μ , τ , ν_e , ν_μ , ν_τ
 ヒッグス: h, H^0 , A^0 , H^\pm
 ゲージ粒子: γ , Z^0 , W^\pm , g
 ヒッグス粒子: H_1^0 , H_2^0 , H_1^\pm , H_2^\pm

ゲージーノ: \tilde{u} , \tilde{c} , \tilde{t} , \tilde{d} , \tilde{s} , \tilde{b}
 スカラ: \tilde{h} , \tilde{H}_1^0 , \tilde{H}_2^0 , \tilde{H}_1^\pm , \tilde{H}_2^\pm
 レプトニノ: \tilde{e} , $\tilde{\mu}$, $\tilde{\tau}$, $\tilde{\nu}_e$, $\tilde{\nu}_\mu$, $\tilde{\nu}_\tau$

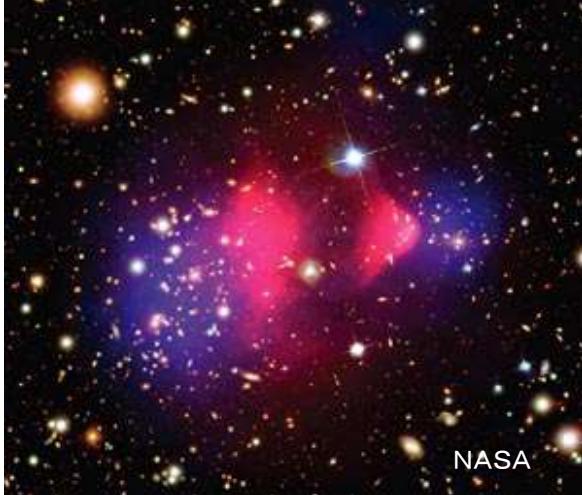
暗黒物質の候補: \tilde{b} , \tilde{H}_1^0 , \tilde{H}_2^0

超“光”: \tilde{Z}^0 , \tilde{W}^\pm , \tilde{g}
 超“ヒッグス”: \tilde{H}_1^0 , \tilde{H}_2^0

ヒグシーノ: \tilde{H}_1^\pm , \tilde{H}_2^\pm

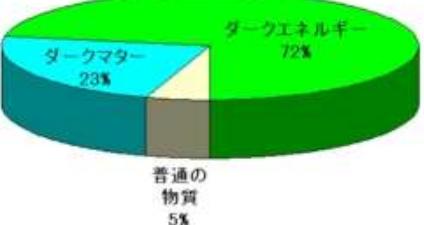
超対称性すごい(1) 暗黒物質

弾丸銀河団(34億年): 銀河団同士の衝突



NASA

宇宙の成分表



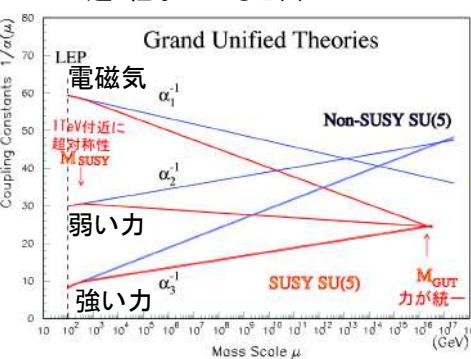
| 成分 | 割合 |
|----------|-----|
| ダークエネルギー | 72% |
| ダークマター | 23% |
| 普通の物質 | 5% |

暗黒物質がダークである証明写真

赤い所: 物質(Gas)がぶつかって熱くなっているX線を出している
 青いところ: 重力レンズ効果
 銀河団の質量分布

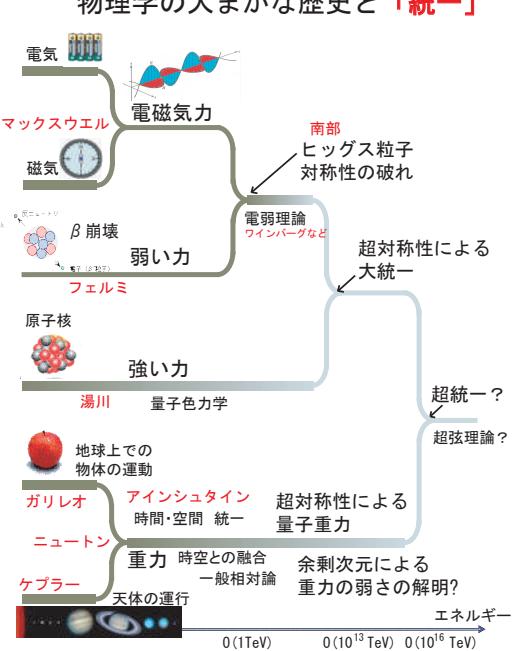
超対称性すごい(2) 大統一・超統一

力の強さは、どんな種類の粒子がいるかで変化する。
 “超”粒子がいると、、



3つの力がひとつだった！

物理学の大まかな歴史と「統一」



2015 LHCはエネルギーを増強して超対称性を探る

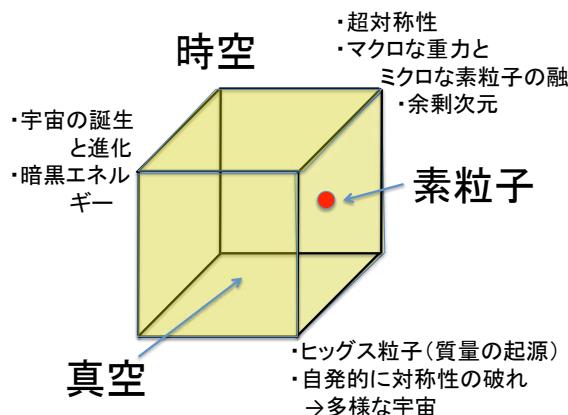


昨年の12月17日で
4+4 TeVの
実験は終了

2015年再開
14TeVに
エネルギーを
増強

曲げるための磁石：いまは6000アンペアの電流
陽子4TeVまでしか曲げられない。
増強して 1万アンペア → 7TeVまで曲げられる。

ヒッグス発見が新しい時代の幕開け



Particle Physics
従来“素粒子”研究



時空、真空、素粒子
一体化した研究

おまけ



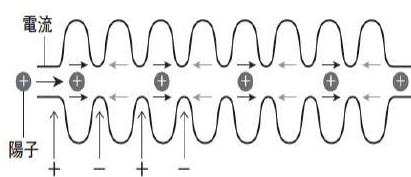
LHCの加速装置はショボイ

一周して加速したエネルギーは16 MeVです。かなり小さいです。ただ、毎秒1万回転ぐらいしますので、毎秒0.1TeV加速できます。

こんな加速器がわずか 8個設置されているだけ。

400MHzの高周波

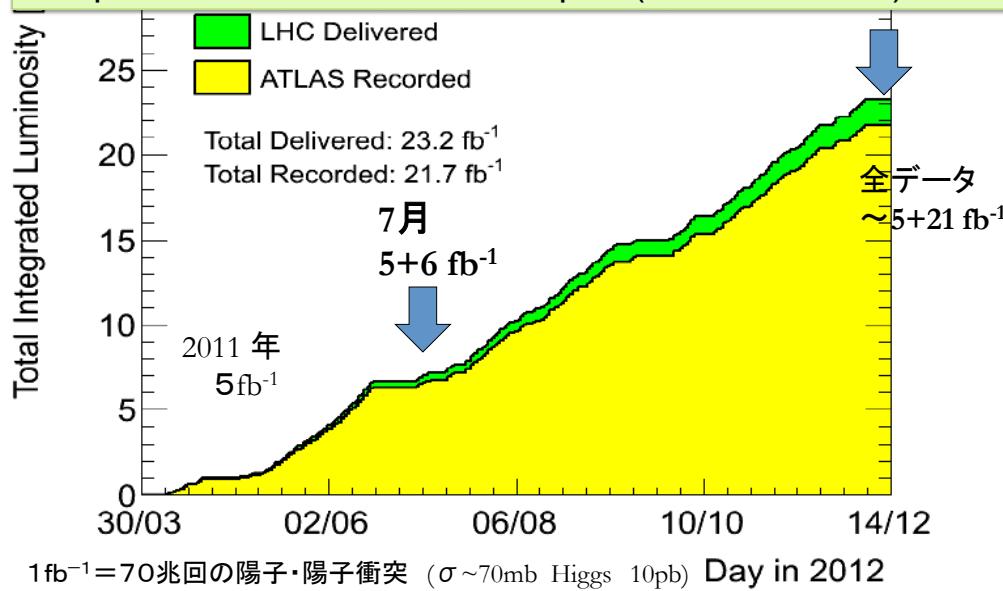
〈加速のしくみ〉

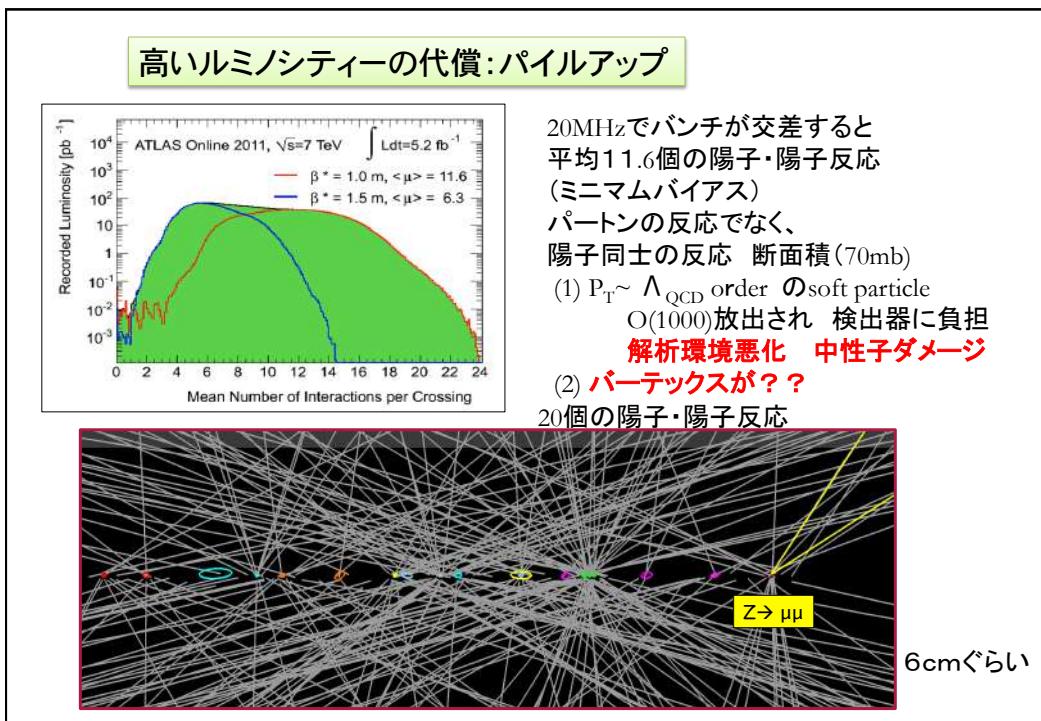


プラスとマイナスの電極が交互に並んでおり、交流で電荷が入れ替わることで繰り返し加速されていく。



高エネルギー:衝突頻度が鍵 (素粒子反応の断面積は小さい)
 $\lambda=h/p : 10$ 桁ぐらい 反応断面積 pb ($10^{-12} \text{--} 10^{-24} \text{ cm}^2$)





ATLAS 検出器 約3000人の国際共同

The diagram shows a cross-section of the ATLAS detector. It includes labels for Muon Detectors, Electromagnetic Calorimeters, Solenoid, Forward Calorimeters, End Cap Toroid, Barrel Toroid, Inner Detector, Hadronic Calorimeters, and Shielding. A technical specification box provides the following details:

Detector characteristics

- Width: 44m
- Diameter: 22m
- Weight: 7000t

CERN AC - ATL

Resolution (Pt=100GeV)

| | |
|-------------|------|
| e, γ | 1.5% |
| Muon | 2-3% |
| Jets | 8% |

- 大きなDetector: バランス 優先のパフォーマンス とにかく大きい $\delta P/P \sim P/(BL^2) L$ で勝負
- Accordion Shape of 液体 Ar カロリメータ (放射線耐性、奥行き情報、Fine granularity)
- Large air-core toroidal magnet ミューオンシステム (トロイド磁石)

CMS検出器

The diagram shows a cross-section of the CMS detector. Labels include FORWARD CALORIMETER, MUON CHAMBERS, BACK, CRYSTAL CALO, CALO, SUPERCONDUCTING COIL, RETURN YOKE, and CMS-PARA-001-11/07/97. A technical specification box provides the following details:

Total weight : 12,000t
Outer diameter : 14m
Overall length : 21.60m
Magnetic field : 4 Tesla

PbWO₄

Resolution (Pt=100GeV)

| | |
|-------------|---------|
| e, γ | 0.9% !! |
| Muon | 2-3% |
| Jets | 12% |

- 小さくコンパクト H=15m L=22m (about half of ATLAS)
W=12,500ton (twice of ATLAS) 鉄のかたまり
return yoke (密度3.2g/cc)
- 一点豪華主義 PbWO₄ シンチ 電子・ γ に賭けた (Higgs)
(高いエネルギー分解能、奥行き情報無し)
- 4T (強力) ソレノイド磁石 (小さいのでBで勝負)
ハドロンの外側: (薄いハドロンカロリメータ)

非常に短い時間(10^{-21} 秒ぐらい)で

粒子 ← 反粒子 →

ヒッグス粒子はすぐに粒子対に壊れる。
重たい粒子に良くくっつく

H \rightarrow $W^+, Z, t, b, c, \tau^+, \dots, g, \gamma$
 $H \rightarrow W^-, Z, t, b, c, \tau^-, \dots, g, \gamma$

この壊れ方に分けて
それぞれ探索を行っている

何故 光に崩壊するのか?

fermion loop (-1)

Boson loop (+1)

spin $1/2$ vs 1
の幾何的特徴で
cancelする方向

量子力学 「嘘ついていい」

$\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$ $\Delta t \cdot \Delta E \geq \hbar$

$\hbar = 1.05 \times 10^{-34} J \cdot s$

トップクォーク
一番重い素粒子

短い嘘ならついて
いい(10^{-26} 秒)

一方 126GeV

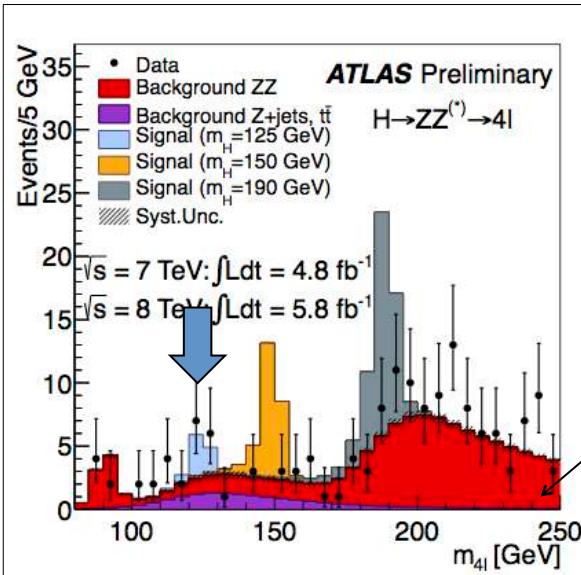
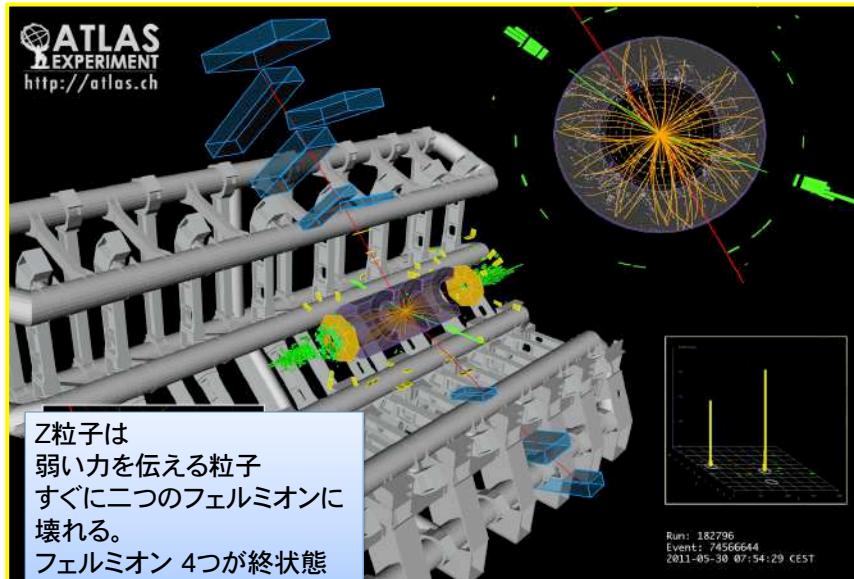
H \rightarrow 反トップ + トップ + 光

よく壊れる

嘘からさめて
なくなるけど、
トップクォークは
電荷をもっているので
光をだす

しかし、トップクォークは
質量 $173\text{GeV} \times 2 \sim 350\text{GeV}$

ヒッグスがZZに崩壊 ($ZZ \rightarrow \mu\mu ee$)



4つのレプトンのエネルギーや運動量を測定して
もとめた質量

大事な点
ちがうタイプの研究でも
同じように見えている。

更に ATLASばかりでなく
CMSと言う商売がたきも
同じように見えている。

バックグラウンド

2013年3月7日
発表の新しい
結果

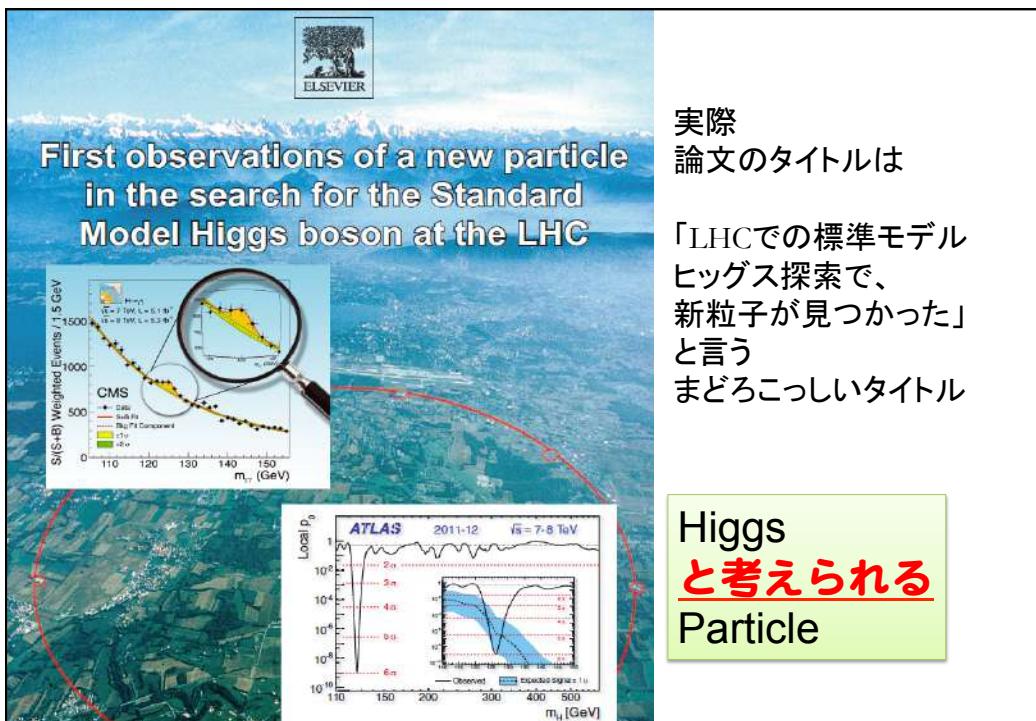
数は少ないけど
バックグラウンド
も少ない

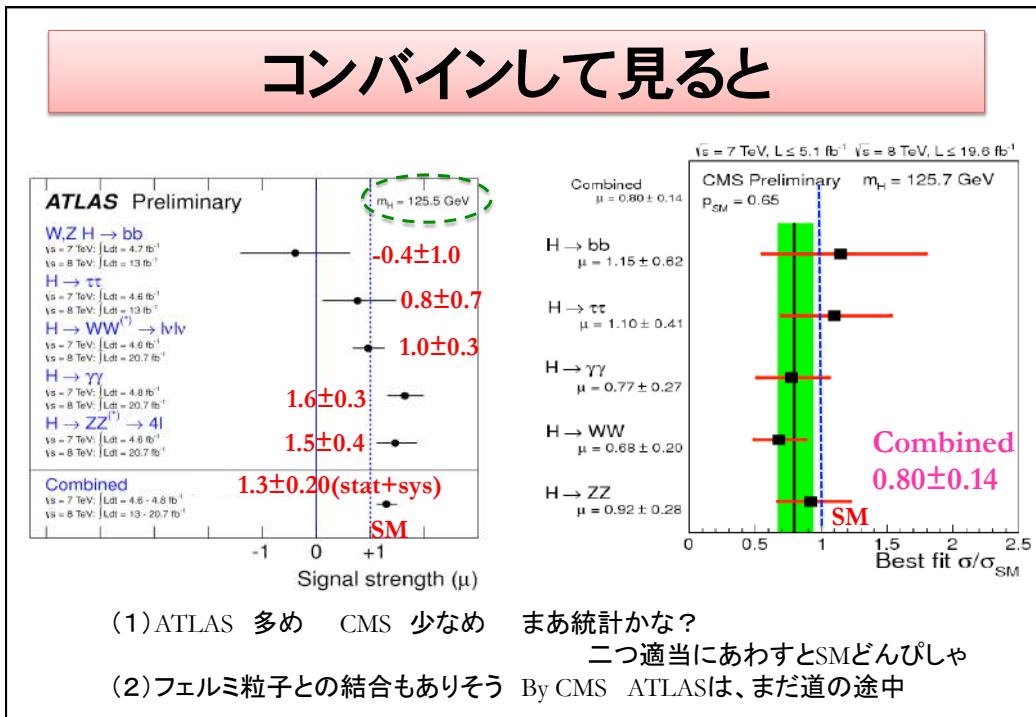
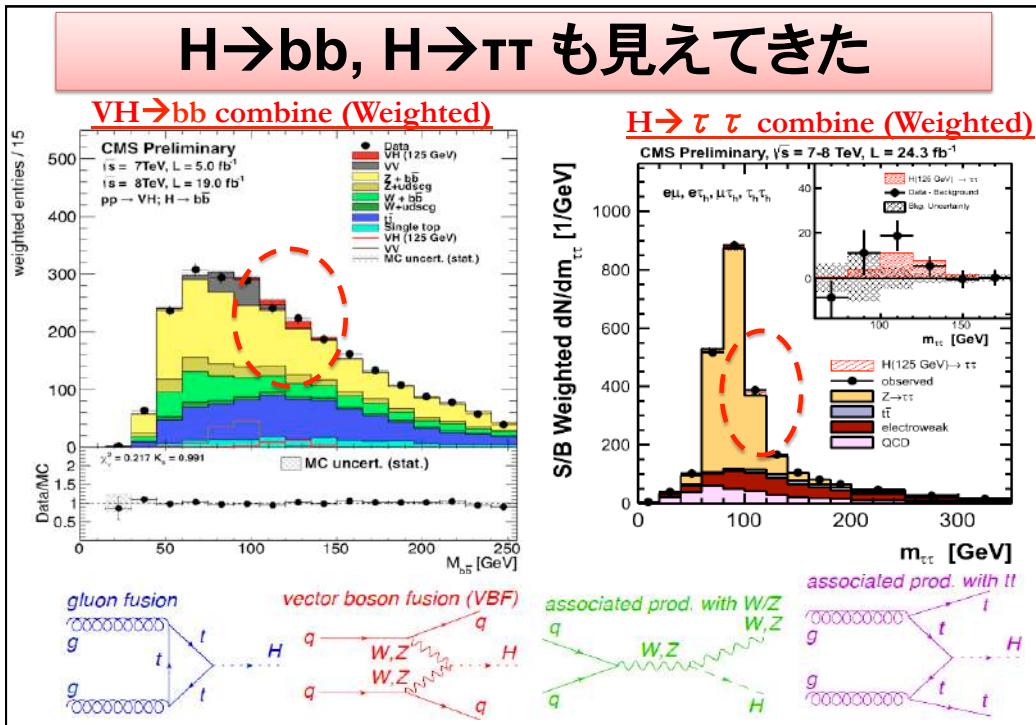
昨年の段階で分かっていたのは 条件(1)だけ

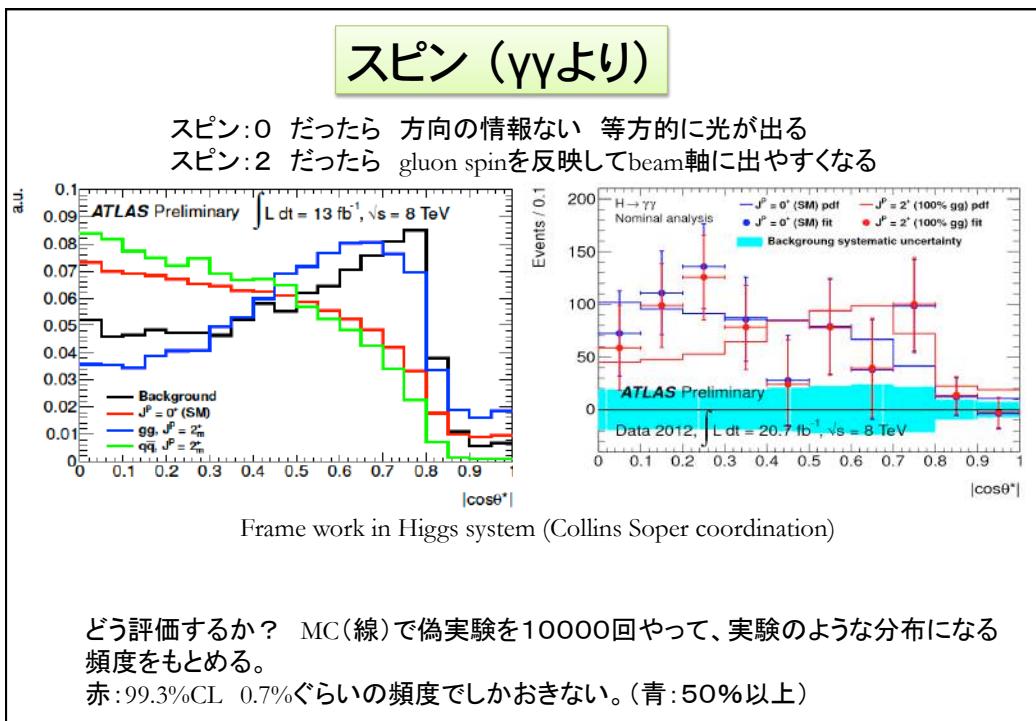
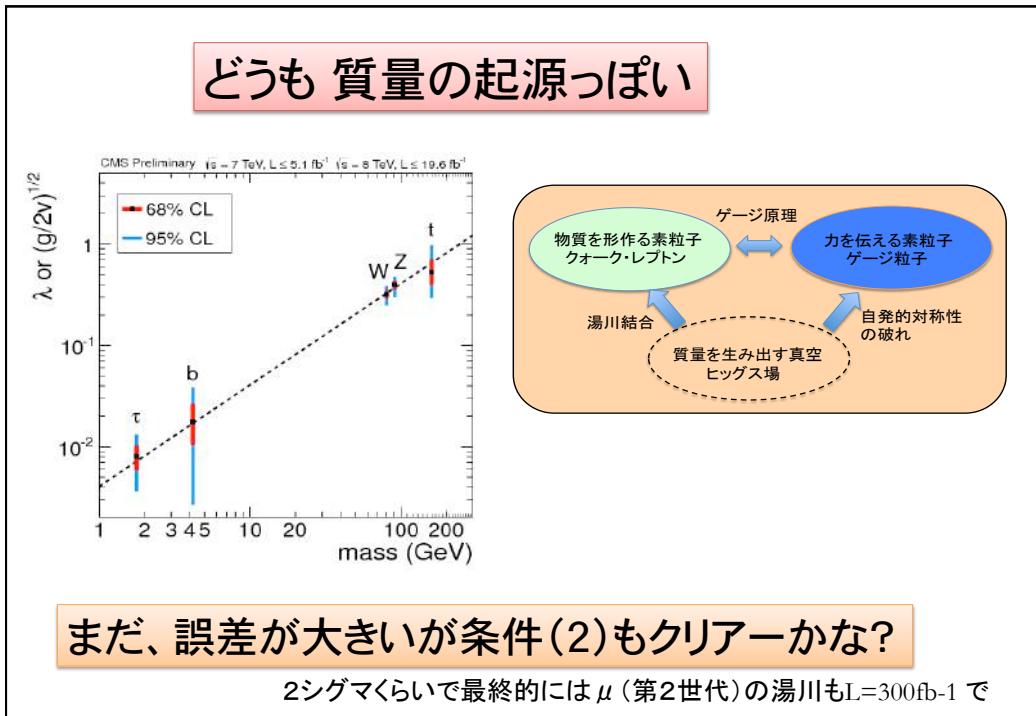
SM Higgsは
ケチ

一粒で
二度
おいしい
湯川は
あまり自明
でない

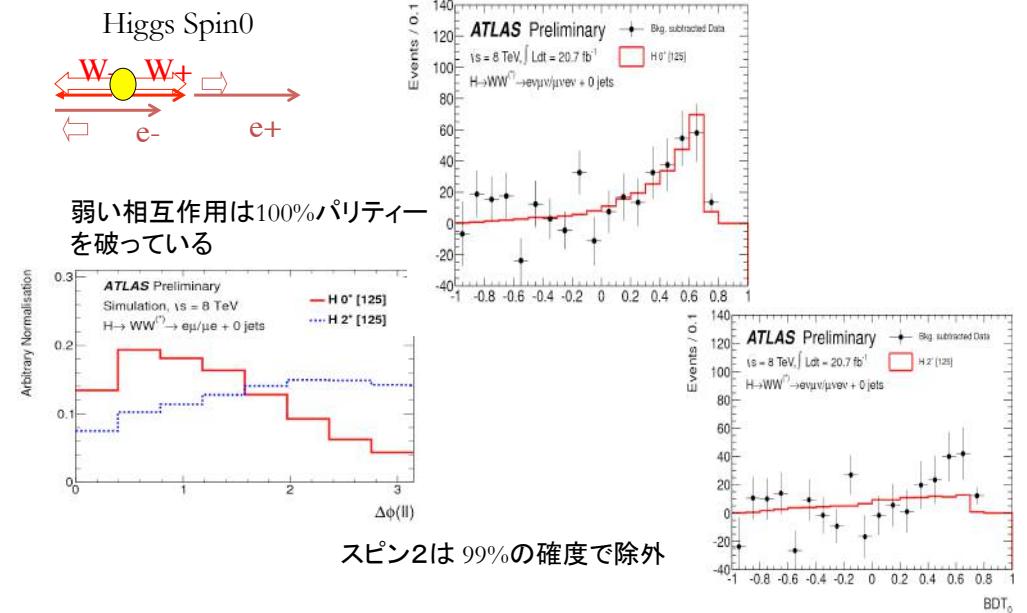
- (1) ゲージ粒子: $\gamma\gamma > ZZ > WW$ (LHCでの見えやすさ順)
- (2) フェルミ粒子への結合
- (3) Spin Parity
- (4) Higgs Self coupling







スピン (WWより)



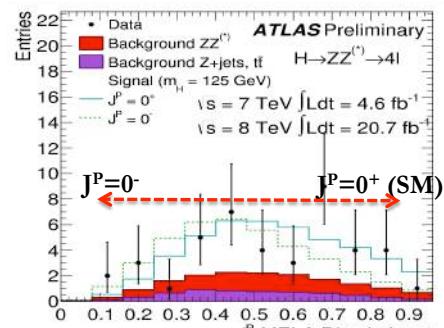
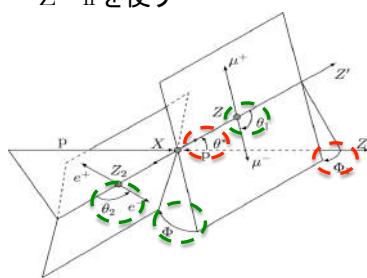
パリティー (ZZより)

$$A = v^{-1} \epsilon_1^{*\mu} \epsilon_2^{*\nu} (a_1 g_{\mu\nu} m_H^2 + a_2 q_\mu q_\nu + a_3 \epsilon_{\mu\nu\alpha\beta} q_1^\alpha q_2^\beta) = A_1 + A_2 + A_3,$$

SM Higgs

O-

偏極ベクトルの情報が必要
 $Z \rightarrow ll$ を使う



0⁺であるとおもわれる。0⁻や2⁺⁻や1⁺⁻を99%以上の確度で除外と言つわけて 条件(3)もクリア

と言うわけで、今年3月14日に「発見したアレはやっぱりヒッグス粒子でした」と発表

Roll
宛先: cern-personnel (CERN PERSONNEL - MEMBERS AND ASSOCIATE MEMBERS) <cern-personnel@cern.ch>
CERN Press Release: New results indicate that particle discovered at CERN is a Higgs boson 18:31

La version française sera disponible ultérieurement ici: <http://press.web.cern.ch/fr/press-releases>

New results indicate that particle discovered at CERN is a Higgs boson

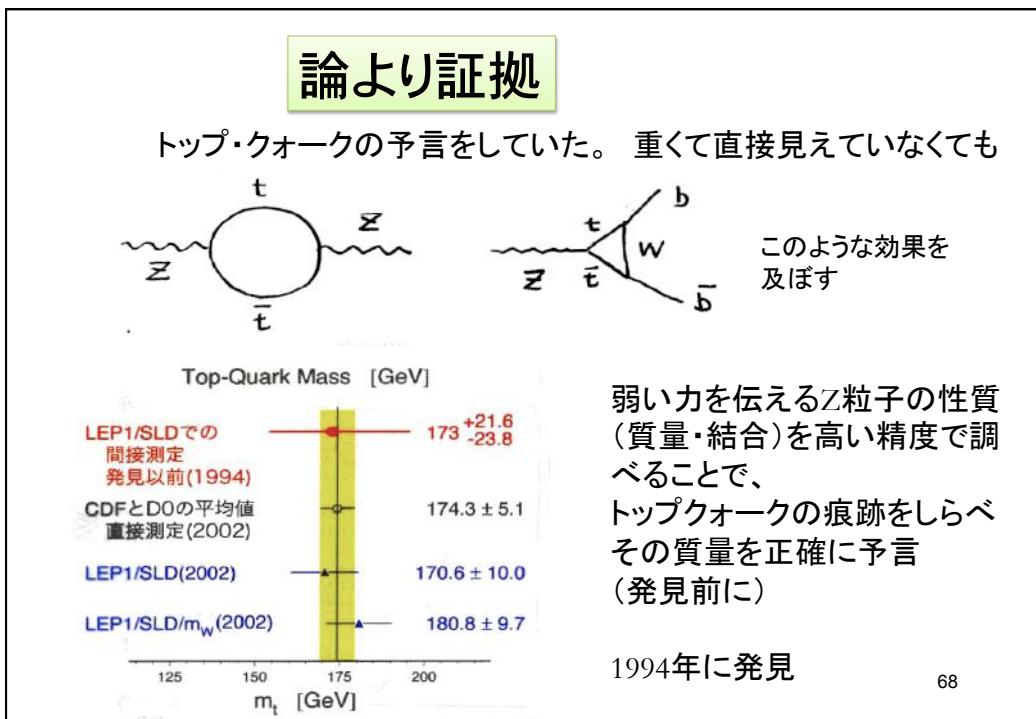
Geneva, 14 March 2013. At the Moriond Conference today, the ATLAS and CMS collaborations at CERN's Large Hadron Collider (LHC) presented preliminary new results that further elucidate the particle discovered last year. Having analysed two and a half times more data than was available for the discovery announcement in July, they find that the new particle is looking more and more like a Higgs boson, the particle linked to the mechanism that gives mass to elementary particles. It remains an open question, however, whether this is the Higgs boson of the Standard Model of particle physics, or possibly the lightest of several bosons predicted in some theories that go beyond the Standard Model. Finding the answer to this question will take time.

Whether or not it is a Higgs boson is demonstrated by how it interacts with other particles, and its quantum properties. For example, a Higgs boson is postulated to have no spin, and in the Standard Model its parity – a measure of how its mirror image behaves – should be positive. CMS and ATLAS have compared a number of options for the spin-parity of this particle, and these all prefer no spin and positive parity. This, coupled with the measured interactions of the new particle with other particles, strongly indicates that it is a Higgs boson.

"The preliminary results with the full 2012 data set are magnificent and to me it is clear that we are dealing with a Higgs boson though we still have a long way to go to know what kind of Higgs boson it is," said CMS spokesperson Joe Incandela.

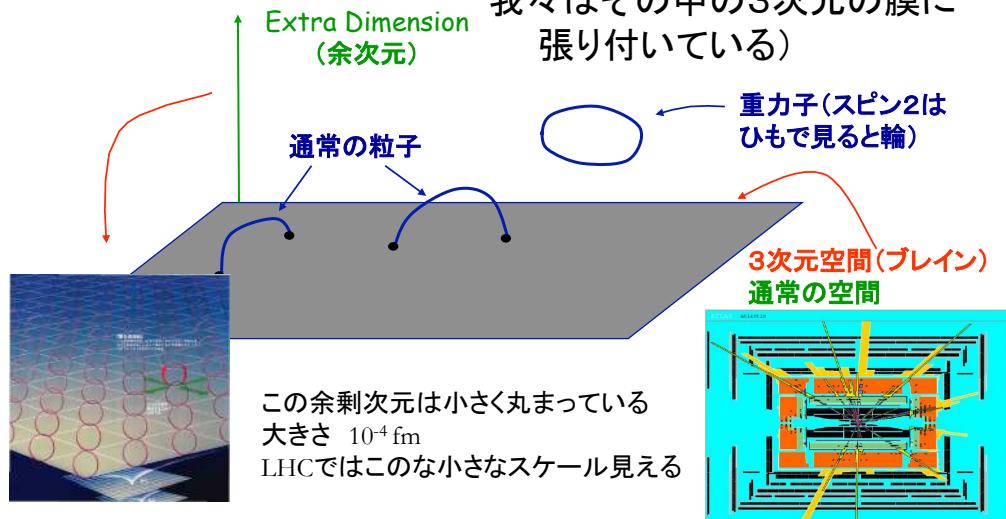
"The beautiful new results represent a huge effort by many dedicated people. They point to the new particle having the spin-parity of a Higgs boson as in the Standard Model. We are now well started on the measurement programme in the Higgs sector," said ATLAS spokesperson Dave Charlton.

To determine if this is the Standard Model Higgs boson, the collaborations have, for example, to measure precisely the rate at which the boson decays into other particles and compare the results to the predictions. The detection of the boson is a very rare event - it takes around 1 trillion (10^{12}) proton-proton collisions for each observed event. To characterize all of the decay modes will require much more data from the LHC.

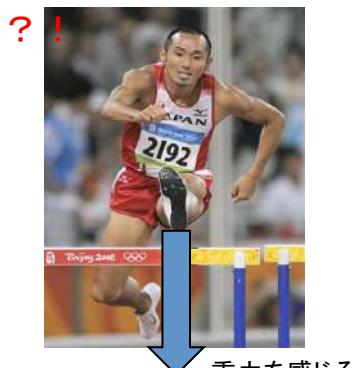


可能性2 余剰次元

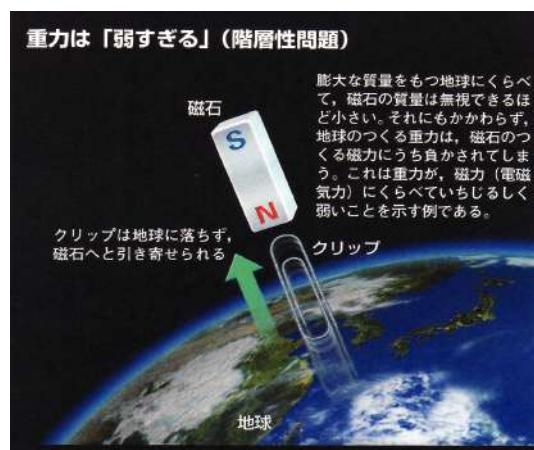
膜に張り付いた人生 (空間は9次元(ヒモ理論)
我々はその中の3次元の膜に
張り付いている)



4つの力のうち、重力が弱すぎる。他の力と比較して 10^{-40}

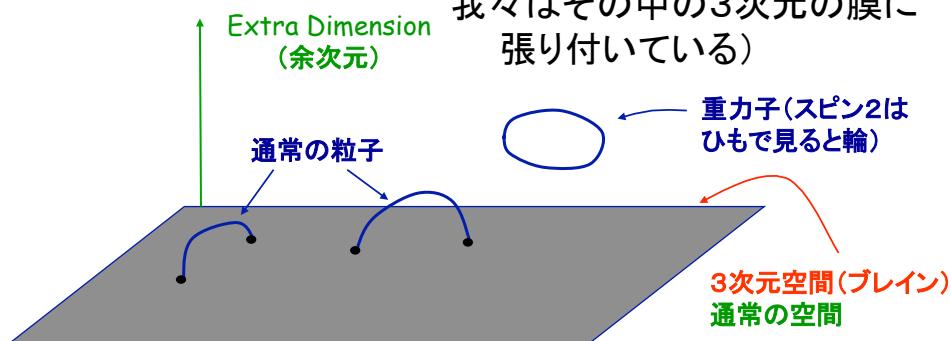


相手が地球だから感じる
地球の重さ $6 * 10^{24}$ kg



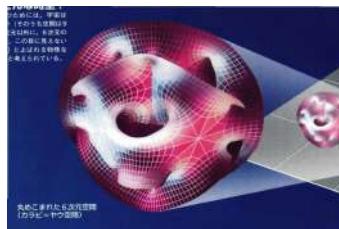
その解として有力な「余剰次元とブレイン理論」

膜に張り付いた人生 (空間は9次元(ヒモ理論)
我々はその中の3次元の膜に
張り付いている)



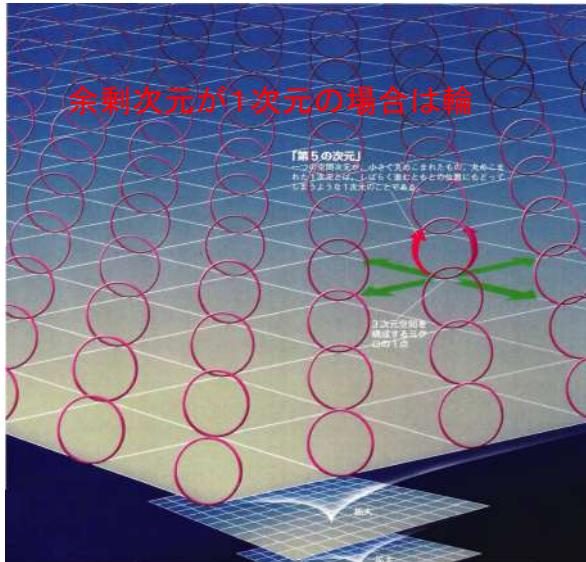
重力子は、広い空間を自由に行き来して、我々は3次元の膜にはりついている。
重力子がこの膜に来たときだけ感じる → 重力が 弱くみえる。

余剰次元は
コンパクトに縮まっていて
みえない。



余剰次元が6次元の
場合はふしぎな形

これの大きさが不明
 10^{-35}m くらいかもしれないし
 10^{-19}m と大きいかもしれない

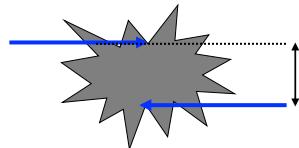


10^{-35}m だと ヒッグス粒子が不安定
 10^{-19}m 程度だと 安定

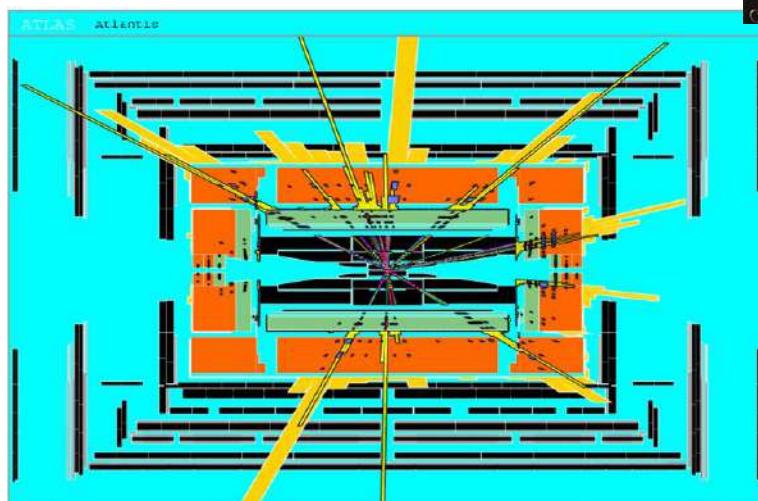
もし、**大きさが 10^{-19}m** だとLHCで効果が見える。
この距離まで近づくと、次元数が大きくなり 重力が強い力となる。



陽子の中のクオークが反対側の陽子のクオークとぶつかる距離が
ブラックホールの地平線の大きさ
(R_s シュバルツシルド半径) 小さいと
 $d < R_s$ 吸い込まれてブラックホールになる。



ブラックホールはすぐにホーキング輻射(蒸発)する。
地球を飲み込む心配はない。
蒸発で出てきた粒子が下の様に発見される。



エネルギー
の高い
粒子
がいっ
ぱい
発生する
事象
(計算機で
予想
したもの)