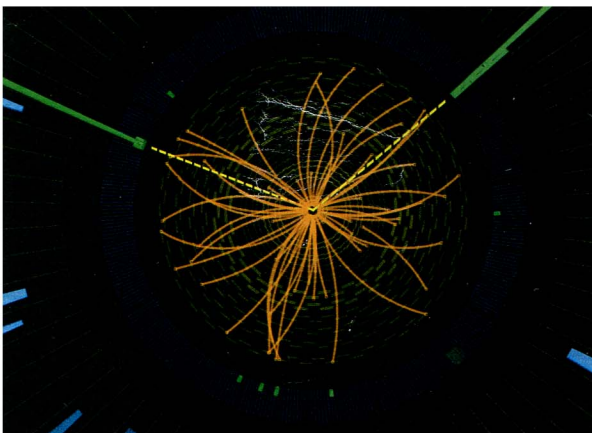


電子のはなし

宇宙の物質の構成…… (3)

基準型模型 (モデル)



現在の素粒子像の世界

現在の素粒子物理学の基礎になっている理論、現在の素粒子像[標準モデル]では未発見の残された素粒子「ヒッグス粒子」に強い感心が寄せられています。標準モデルによると宇宙空間のあらゆる場所、真空や空気中、物質の内部にさえ「ヒッグス粒子」が満ちていると言うのです。私たちはその存在に気づいていないだけなのです。

その標準模型とは物質の素粒子のクォーク（第1世代アップ/ダウン2世代チャーム/ストレンジ、第3世代トップ/ボトム）とレプトン（第1世代電子ニュートリノ電子、第2世代ミュウニュートリノ/ミュオン、第3世代タウニ

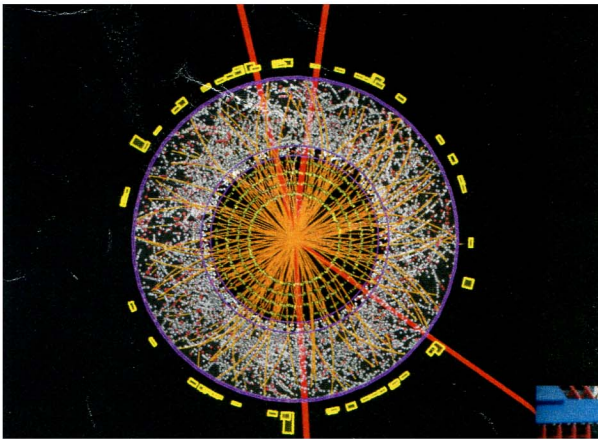
ュートリノタウ）そして力を伝える素粒子の間である強い相互作用に働くグルオン、電磁相互作用に働く光子、弱い相互作用に働くWボソン、Zボソンそして万物に質量を与える素粒子である「ヒッグス粒子」等からなる素粒子の世界を言います。これらの物質素粒子間に働く力相互作用には強い力、弱い力、電磁力、および重力の4種類があります。これからの力を伝える素粒子として8種類のグルオン（強い力）光子（電磁力）、3種のウィークボソンW+W-、Z《弱い力》があります。素粒子間に力が働くためには素粒子がそれぞれに対応したカラー（強い力）、電気（電磁力）ウィーク電荷《弱い力》とよばれる電荷をもっているからなのです。クォークは強、電、弱の3つの力を感じるのはそれらの3つの電荷を持っているからで、レプトンはカラーを持たず強い相互作用はしません。理論的には相互作用の形は場の量子論（ゲージ場理論）に基づいています。強い力は量子色力学（QCD）、電磁力と弱い力はワインバーグ・サラム理論で記述されています。理論的にはこれらの理論体系からなるものを標準模型とされています。標準模型は素晴らしい予言能力を持つ理論で1電子ボルトから1千億電子ボルト（100GeV）を厳密に計算ができるのです。

量子力学と相対性理論の延長上にある近代物理学の成果と言えるでしょう。

ヒッグス粒子

物質に質量を与える粒子をヒッグス粒子といいます。真空からビッグバンが起きて 10^{-13} 秒直後に真空の相転移が起こり、真空がヒッグス粒子で満たされてしまったというのです。

宇宙の冷却とともに真空はヒッグス粒子の海(場)になってしまったというのです。



真空中を自由に飛び回っていたクォークやレプトンはヒッグス場と反応し、あたかも水の中を泳ぐ魚のようにヒッグス場によるブレーキを受けることになり質量のある粒子と同じ振る舞いを起こすこととなります。これは質量を持つことと同等であるというのです。このような考えからヒッグス粒子を見つけるべく世界の化学者が加速器で実験をしてきましたが見つからなかったのです。これが確証されない限り現在の粒子像の世界の標準模型が破綻をきたすことになり、新しい理論(超対称性理論)の構築が必要となってしまうのです。幸いなことにとってもよいかどうかは今しばらくの猶予期間が必要ですが欧州合同原子核研究機構(CERN)が2013年7月4日ヒッグス粒子を見つけたと発表したのです。

はっきりした確証を得るためにさらに精査すると言っているのです。現在の素粒子物理学の基本的な枠組みである標準模型(標準モデル)は1970

年代にほぼ完成の域に達していました。それ以降、標準モデルが予測した素粒子が次々と発見され、1990年代末までに物質を構成する素粒子と力を担う素粒子が全部そろって、残るのはこのヒッグス粒子だけだったのです。それだけにこの発表は世界中を沸かしたのです。CERNの発表によると世界最強の加速器LHCを用いた陽子の110兆回もの衝突実験で発見されたヒッグスとみられる粒子の質量はエネルギー換算で125.3~126GeVにあるというのです。

なぜ、そのような質量の値なのか量子力学から見積もられる値よりはるかに軽いのはなぜなのか、これからの解明が待たれることとなります。これで標準モデルが完全に裏づけされたとしてもこれで素粒子物理学の世界がすべてわかったことにはならないと言っているのです。未解決の課題が山積みになっているのです。例えば一つは標準モデルにおいてヒッグス粒子と弱い力を担うボーズ粒子との間には理論的に深い結びつきがあるのに対し、物質粒子のクォークや、レプトンのフェルミ粒子との間にはそのような関係はなく、ヒッグス粒子とフェルミ粒子との結びつきの強さをあらゆる定数の値を天下り的に決めているに過ぎず、理論的には問題であると言えましょう。

二つ目は世代問題で、日常世界の物資を構成する原子は2種類のクォーク、アップ、ダウンと電子、電子ニュートリノの4種類とそれらの反粒子で第一世代で説明できるのです。が、なぜ第2世代、第3世代なのか、物質が絡む未解決の課題があると言えるのではないのでしょうか。

LHCとは

LFC加速器は地下100mにあるリング状の加速器(陽子をお互いに逆送加速させる2本の真空パイプが組み込まれ極低温に冷やされた超伝導磁石で構成されている)で1周27kmスイスジュネーブ近郊国境を終えてフランスにまたがっている。陽子をプロトンシンクロトロン(PS)とスーパーシンクロトロン(SPS)で高速まで加速し(それぞれ逆向きに加速)大き

なりリングに載せて最終的に陽子のエネルギーを7TeV（1TeVは1兆電子ボルト、1000GeV）にまで上げ、両者を正面衝突させて14TeVの衝突エネルギーを生み出し宇宙誕生直後と同じ状態を4ヶ所再現する仕掛けになっている。その2ヶ所でヒッグス粒子などの高エネルギーの粒子を検出する検出器ATRSとCMCが置かれている。日本は全日本の体制でATRSに、東京大学、広島大学、理科学研究所が参加している。

1、宇宙の物質の構成

すでに述べたように宇宙にある全物質のうち、観測が可能な物質はたったの4%にしか過ぎない。後に23%は暗黒物質で残りの73%は暗黒エネルギーと呼ばれているのです。これは衛星WMAPの観測結果から分かったことなのです。この割合は宇宙大規模構造のシミュレーションからみちびかれた推測とも一致してほぼ間違いないだろうといわれています。

暗黒物質

光もX線も放射線も電磁波も出さない。観測受段にかかわるものは何も出さない暗黒物質、ただ重力だけが存在する暗黒物質、そもそも観測結果の不一致から光学的観測で推測した物質の外に目に見えないなにかがあるのではないかと指摘されたことがきっかけです。

この何かが暗黒物質とよばれています。この暗黒物質が存在する証拠として渦巻銀河の内側回転速度と外側の回転速度が同じであることは渦巻銀河の周りを重力のある質量を持った謎の物質が取り囲んでいるからであると推測しているのです。

この謎の物質である暗黒物質の候補としていろいろ結びつけている強い力を説明する量子力学に基ずく理論である量子色力学において、その存在が期待されているアクシオンaxion（アキシオンとも呼ばれる）という未発見の素粒子

が考えられている。

暗黒エネルギー（dark energy）とは

宇宙膨張の根源になっているエネルギーを暗黒エネルギーと称している。

ミクロの宇宙がビッグバンを起こす前に急速な加速膨張インフレーションが起こった時の真空エネルギーが正体ではないかと推測されています。その真空エネルギーはビッグバンで熱エネルギーに変換されましたけれど、大部分は残って宇宙を加速膨張させていると考えられています。その加速膨張は一定の速度ではなかったことが観測されています。

宇宙の膨張はビッグバンからずっと加速膨張してきたのですが一定の速度ではなかったようです。100億年前一時膨張が遅くなったことがあったようです。しかし50億年前からまた加速膨張に転じています。これは重力よりも強い力で膨張が引き起こされてきているからと考えられており、その強い力が暗黒エネルギーではないかと考えられています。

アインシュタインは重力場の一般相対性理論の方程式を出したのですが(1916年)この方程式を解くと宇宙が膨張すると言う結果が導かれることを嫌いこの方程式に宇宙項定数を付け加えて修正しました(1917年)。アインシュタインは宇宙は膨張も収縮しない静止宇宙を信じていたのです。しかし1927年ハッブルによって「宇宙は膨張している」ことの観測結果が発表されてから自分の過ちを認め「私の一生の不覚最大の過ち」として宇宙項定数を削除し元の方程式に戻したのです。がしかし最近になってこの宇宙項は暗黒エネルギーをうまく表現しているのではないかとされています。

※MDAレポートは皆様のミニコミです。
MDAレポートに関するご批判、ご意見
ご提言、皆様の体験レポート（家庭用、
工業用）あるいはご質問など何でも結構
です。書欄にて当社までお寄せください。

〒921-8831

石川県野々市市下林4-499-2

丸子電子株式会社

TEL<076>246-6806

FAX<076>248-0103

MDA特性総合研究所

TEL<076>246-6863