

宇宙創成物理学概論 第7回 レポート

C3SM2016 木村佑斗

2023年7月7日

1 高エネルギー物理学

物理学は理論と実験の両方が噛み合っようやく成り立つ学問である。実験が必要なところが数学との大きな違いである。理論物理学家がいかに数学的に綺麗な理論を作ろうが、いかに論理的に正しい予言を使用が、実験でそれが確かめられるまでは正しいとは認められない。2023年現在、理論は実験を大きく超えてしまっている。より具体的に言えば、進展している理論のエネルギースケールに実験家が加速器で生み出せるエネルギーが到達できていない。現在、最も高い重心系エネルギーがLHCの約 $10\text{TeV} = 10^4\text{GeV}$ である。この高エネルギー加速器による実験によって、1964年ごろヒッグス氏が理論で提唱した“スカラーボソン”ヒッグス粒子”の存在が確かめられた。また、ヒッグス粒子と標準模型で登場するその他の粒子とのカップリングも調べられている。宇宙が誕生して長い時間が経過した今、世界は4つの力で作られていると考えるのが一般的である(強電弱重)。しかし、グラショウ・ワインバーグ・サラムの3人が作った理論と高エネルギー実験によって、宇宙初期には電磁相互作用と弱い相互作用が1つの力だったことがわかった(電弱統一)。このアナロジーからも、さらに昔、宇宙最初期には強い相互作用も、さらには重力までもが統一されていた時代があったと考えられている。この理論として期待されているのが超弦理論などである。

2 標準模型を超える物理学

そうではない人もいるが、実験屋が喜ぶのは既存の理論では説明がつかない実験結果が出た時である、(と私の指導教員が言っていた)。現在、実験とよくあっており現宇宙スケールでは正しいような標準模型は、しかしながら宇宙創成期の物理を説明できているわけではない。それは当然のことでその時期の現象を誰も見たことがないから。つまり、標準模型を超える理論体系が自然と期待されるわけである。実験で標準模型を破る結果が出れば、それはNew physicsを示唆している。理論では重力以外の3つの相互作用を統一する大統一理論がある。そのエネルギーはGUTスケールといい、 10^{15}GeV である[1]。このエネルギー領域では3つの相互作用の結合定数が一致すると理論が教えてくれる。先ほど述べたLHCのエネルギーとは10桁以上も離れている。離れてはいるが、物理は相転移が起こらない限りは連続なので、エネルギーを上げて測定していけば、3つの結合定数は徐々に近づいていくかもしれない。仮に近づいていかなければ、それはGUTスケールで急激に近づくのか、あるいは相転移のような機構によるものかもしれないということがわかり、物理が進展する。このレベルをさらに超えるのが超弦理論などで、エネルギースケールは 10^{19}GeV 程度である。これをプランクエネルギーという。現時点の加速器レベルでは夢よりも非現実的な値である。

3 まとめ

高エネルギーにおける素粒子物理学は、未来の超高エネルギー物理のためにヒッグス粒子とその他の粒子のカップリングの精密測定をしていく必要がある。また、標準模型を超える物理学の発展のために実験による標準模型との乖離を探索することが期待される。高エネルギー素粒子物理学は宇宙創成研究の軸である。

参考文献

[1]「素粒子の標準模型を超えて」林 青司 著