

プロジェクト名：長寿命スタウが存在する場合の元素合成

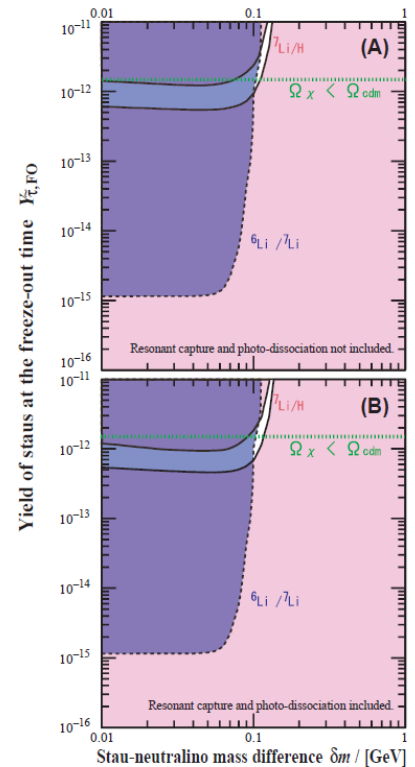
プロジェクト代表者：佐藤 丈 (理工学研究科・准教授)

1 長寿命スタウが元素合成におけるリチウム問題に与える影響 (論文[1])

初期宇宙における元素合成の理論的計算は、素粒子の標準模型と宇宙論を組み合わせることで行われ、その結果は観測を非常に高い精度で再現している。しかし、最近リチウム7+ベリリウム7の量が計算と観測では2-3倍ずれていることがわかってきた。我々は、この問題を標準理論に超対称性を導入した枠組みで解決することを目指した。

これが実現されるのは、超対称模型におけるスタウと呼ばれる粒子が暗黒物質の候補であるニュートラリーノと質量において縮退する場合である。このとき、運動学的にタウ粒子とニュートラリーノに崩壊することができなくなるため、大変長寿命になり、元素合成が起こる時期まで生き残るが、原子核と束縛状態をくむと、不確定性原理により、新しい崩壊モードが開き、すぐに不要な原子核を壊してくれるようになる。この寄与は電荷の大きな原子核ほど大きいので、効率よくベリリウムを壊せるようになる。このアイデアを詳細に元素合成のコードに載せ、確かにこの不一致を解決するのに役立つことを確認した。

さらに、このようなことが起こるパラメタ領域は図に見られるように非常に狭い(図中の白い領域でかつ横に引いてある点線より下の部分)ことから、スタウについての性質が決まってしまうことを見た。



2 長寿命スタウの観測可能性 (論文[2])

このような長寿命粒子が存在すると、近々欧州で開始されるLHCでこれまでに予想されてきたのとはかなり違ったイベントが観測されることになる。さらに、ニュートリノ振動実験分かってきているレプトンフレーバーの破れを組み合わせると、かなり特異なシグナルを出すことを確かめた。

通常素粒子の寿命は 10^{-23} 秒よりも短く、その軌跡を直接検出器に残すことはないが、パラメタ次第ではミューオンよりも長くなり、検出器に足跡を残すだけで、突き抜ける場合すらあることを確かめた。また、レプトンフレーバーの破れとこの寿命の間の相関も確かめ、レプトンフレーバーについての知見を得るのに役に立つことも確認した。

その上での特異なシグナルが現状の実験装置で観測されるための条件や、観測されたときにレプトンフレーバーを特徴づけるパラメタの制限としてどのように解釈するべきかを調べた。

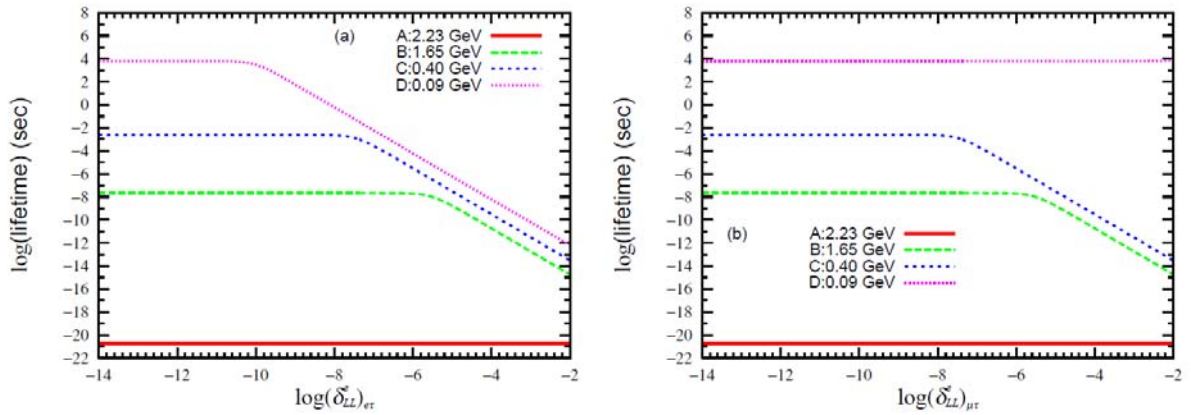


FIG. 5: The lifetime of the lightest slepton as a function of δ_{LL}^e . The lines and the parameters are the same as Fig.4.

3 模型構築へ向けて (論文[3])

さらに、このようなパラメタを与える模型の構築を目指して、**S2** を余剰次元として持つ **SO(12)** 大統一理論をもとにした模型を作り、ヒッグス粒子に対する制限などを見た。

この模型では、空間の性質(**S2**)とゲージ対称性が関連することから、模型への制限がきつく予言性の高い理論が作れる。この論文の範囲では、上述のような粒子が得られるかどうかについては分からなかったが、それへ向けての重要な一歩となっている。

参考文献

[1] Jittoh, Kohri, Koike, Sato, Shimomura, Yamanaka,

“Big-bang nucleosynthesis and the relic abundance of dark matter in a stau-neutralino coannihilation scenario”, Phys.Rev.D78:055007, 2008

[2] Kaneko, Sato, Shimomura, Vives, Yamanaka,

“Measuring Lepton Flavour Violation at LHC with Long-Lived Slepton in the Coannihilation Region”, Phys. Rev. D78:116013, 2008

[3] Nomura, Sato,

“Standard(-like) Model from an **SO(12)** Grand Unified Theory in six-dimensions with **S(2)** extra-space.”, Nucl. Phys. B811:109-122, 2009