

$B - L$ genesis from the extended SU(5) GUT¹

榎本 成志 (名大理)

e-mail : enomoto@th.phys.nagoya-u.ac.jp

最小 SU(5) GUT モデルに含まれるカラーヒッグスや X ボソンを用いたバリオン生成のシナリオでも、現在観測されているバリオン数を説明できる程度には生成することができる [1]。しかしながら、理論がバリオン数とレプトン数の差 ($B - L$ 数) を保存する相互作用しか持たないために、電弱相転移期まで起こるとされるスマレロン過程によって生成されたバリオン数がかき消されてしまうことが知られている [2]。バリオン生成のためには、その鍵となる粒子の寿命が電弱相転移期までの時間 ($\sim 10^{-10}$ s) より短い場合には必然的に $B - L$ 数を破る相互作用を考えなくてはならない。

最小 SU(5) GUT モデルにはそのような粒子・相互作用は存在しない。しかしながら、新たに **10** 表現のスカラー場を 1 つだけ導入し、さらに相互作用として質量次元 5 までを考えると、 $B - L$ 数を破る相互作用を得ることができる。

このことは標準模型での高次の相互作用項から理解を得られる。標準模型では質量次元 5 以上の高次の相互作用項に $B - L$ 数を破る相互作用が存在するが、ここでは次の 2 つの 7 次の相互作用項を見てみる² : $e_R^c l l l h_D$, $d_R^c d_R^c d_R^c l h_D^\dagger$. これらの相互作用項は、次のような 4 次と 5 次の相互作用項に分解することができる:

$$e_R^c l l l h_D \rightarrow l l E^c, e_R^c l h_D E^{c\dagger}, \quad d_R^c d_R^c d_R^c l h_D^\dagger \rightarrow d_R^c l Q, d_R^c d_R^c h_D^\dagger Q^\dagger.$$

ここで E^c , Q は標準模型の粒子 e_R^c , q と同じ電荷をもったスカラー場である。分解の仕方は 1 通りだけではなく、 $d_R^c d_R^c d_R^c l h_D^\dagger$ は次のようにも分解できる:

$$d_R^c d_R^c d_R^c l h_D^\dagger \rightarrow d_R^c d_R^c U^c, d_R^c l h_D^\dagger U^{c\dagger}.$$

ここで U^c は u_R^c と同じ電荷をもったスカラー場である。これらの新たに得られたスカラー場が崩壊したとして、生成される $B - L$ 数を評価すると、確かに破れていることがわかる。さらに上述したように、これらの 3 つのスカラー場 Q , U^c , E^c は標準模型のフェルミオン場 q , u_R^c , e_R^c の電荷と全く同じなので、フェルミオン場と同様に SU(5) の **10** 表現に統一される。

我々はこれらのスカラー場を用いてどのくらいのバリオン数が生成されるを簡単に評価した。新たなスカラー場との 4 次の相互作用項でのカップリングを y , 5 次の相互作用項でのカップリングを λ/Λ ($\lambda \sim \mathcal{O}(1)$, Λ : cut-off スケール) とすると、生成されるバリオン数は

$$B \sim \left(\frac{m_{10}}{\Lambda}\right)^2 \times \mathcal{O}(10^{-6})$$

の程度になる。ただし、 m_{10} はスカラー場の質量である。さらにこの結果では、5 次の相互作用による 3 体崩壊より 4 次の相互作用による 2 体崩壊の方が優勢であること、なおかつ相互作用としてあまり強くない(宇宙膨張に対して)ことを仮定している。

参考文献

- [1] M. Yoshimura, Phys. Lett. B **88**, 294 (1979).
- [2] V. A. Kuzmin, V. A. Rubakov and M. E. Shaposhnikov, Phys. Lett. B **155**, 36 (1985).

¹この内容は名古屋大学の前川展祐氏との共同研究に基づいている。

² $B - L$ 数を破る 5 次の相互作用項は $l l h_D h_D$ の 1 種類のみで、これからはゲージ 1 重項フェルミオン場(右巻きニュートリノ)が得られる。なお、6 次には $B - L$ 数を破る相互作用項は存在しない。