

Grand Unification, Triplet-Doublet Splitting and Extra Dimension

信州大学理学部 川村嘉春

ゲージ対称性に基づく「力の統一」と超対称性による「自然さの実現」はどちらも魅力的なアイデアです。そこで、(超対称性) 標準模型を超える物理として $SU(5)$ ゲージ対称性に基づく超対称化した最も単純な大統一理論に期待を寄せるのはごく自然なことです。この模型はゲージ結合定数の実験値との整合性という利点を持っていますが、いくつかの深刻な問題点を抱えていて瀕死の状態です。主なものはヒッグス粒子に関する「Triplet-Doublet Splitting の問題」と「陽子崩壊の問題」です。これらの問題を解決するためにさまざまな試みがなされてきました。多くの試みはヒッグス粒子に関する構造を拡張することによって解決しようとするものです。

今回の研究では、時空の構造を拡張することによりこれらの問題に挑みました。[1] 具体的には余空間 $S^1/(Z_2 \times Z'_2)$ を持った 5 次元の超対称性 $SU(5)$ 大統一模型を出発点にとり、orbifold breaking を通してヒッグス粒子に関する Triplet-doublet splitting が実現される可能性があることを示しました。

この模型の主な特徴を列挙します。

- もしも、多重項の成分が余空間 $S^1/(Z_2 \times Z'_2)$ 上で共通の $Z_2 \times Z'_2$ パリティを持たない場合、4次元の場の最低モードは $SU(5)$ の完全な多重項を形成しない。(このような機構による対称性の破れを orbifold breaking と呼ぶ。) この性質から、適切な $Z_2 \times Z'_2$ パリティの指定によりヒッグス粒子に関する Triplet-doublet splitting が実現される。4次元の場の最低モードとして極小の超対称性標準模型の場のみを含む模型をつくることが可能である。
- 片方の 4次元の壁 (Z'_2 変換による固定点) 以外の 5次元時空内である特別な形の $SU(5)$ ゲージ対称性が存在している。[2] このため、

我々の世界（もう一方の4次元の壁、 Z_2 変換による固定点）で第0近似でゲージ結合定数の一致が期待される。

- 我々の世界に存在する場合は $SU(5)$ ゲージ対称性のある表現に属するため、電荷の量子化が保証される。
- orbifold breaking においては、我々の世界に大きな真空期待値を持つ場が存在しないため、 $SU(5)$ ゲージ対称性の破れに伴う莫大な（負の）真空のエネルギーは生成されない。

このように従来 of 超対称性大統一理論の利点（ゲージ結合定数の一致、電荷の量子化）を温存したままで、「Triplet-Doublet Splitting の問題」と「陽子崩壊の問題」[2] を解決する単純な模型を構築することができます。今後の課題として、この模型（あるいは拡張版）に基づくフレーバーの物理の解明が考えられます。

参考文献

- [1] Y. Kawamura, Prog. Theor. Phys. **105** (2001), 999 [hep-ph/0012125].
- [2] L. J. Hall and Y. Nomura, Phys. Rev. **D64** (2001), 055003 [hep-ph/0103125].