

Dynamical generation of non-Abelian gauge group via improved perturbation theory¹

KEK 黒木経秀

E-mail: tkuroki@post.kek.jp

弦理論の非摂動的定式化は何らかの形で低次元のゲージ理論、あるいは行列模型の large- N 極限によって与えられるのではないかと予想されている。こういったアプローチの際、もっとも重要なのはそれがきちんと量子重力になっているのかということであるが、それと同様に重要な問題は低エネルギー有効理論が存在してそれが標準模型のゲージ対称性をもつ 4 次元のゲージ場の量子論として記述されているかどうかである。そういったゲージ対称性の起源としては、もとの低次元ゲージ理論や行列模型が有していた $U(N)$ ゲージ対称性に埋め込まれていたと考えるのが自然であると思われる。すると、large- N 極限でもとの $U(N)$ ゲージ対称性から動力学的に標準模型のゲージ対称性が生成されるメカニズムが存在することを示さねばならない。このような模型はいまだに構築されていない。しかしながら、行列模型の large- N 極限で non-Abelian のゲージ対称性が動力学的に生成される簡単な模型が提唱された (T. Azuma, S. Bal and J. Nishimura, Phys. Rev. D **72**, 066005 (2005) [arXiv:hep-th/0504217])。この模型では生成されるゲージ群の rank は $\mathcal{O}(N)$ であり、この意味では現実的ではないが、上記の動機からするとこのような模型を詳しく調べ、non-Abelian のゲージ対称性が生成されるダイナミクスを解析することは十分に意義があることである。

この模型は 3 次元の Chern-Simons term を持つ $U(N)$ Yang-Mills 理論の large- N reduced model に mass term を加えたもので、Chern-Simons term、mass term に対応して 2 つのパラメータ α_0, m_0 を持つ。この模型はいわゆる fuzzy sphere type の古典解を持ち、その周りの one-loop の解析をすることによって、 α_0, m_0 の値に応じて Yang-Mills phase、fuzzy sphere phase、5-brane phase と呼ばれる 3 つの相が存在するということが提唱された。Yang-Mills phase は通常の $A_\mu = 0$ の周りの理論に対応し、fuzzy sphere phase は一個の大きなサイズの fuzzy sphere が存在する配位 $A_\mu \propto L_\mu^{(N)}$ ($L_\mu^{(N)}$ は $SU(2)$ の N 次元表現)、5-brane phase は $N/2$ 個の小さな fuzzy sphere が重なって存在する配位 $A_\mu \propto L_\mu^{(2)} \otimes 1_{N/2}$ に対応し、5-brane phase では fuzzy sphere 上に rank が $\mathcal{O}(N/2)$ の non-Abelian ゲージ対称性が生成される。しかしながら、この解析は one-loop level のものであり、真に非摂動的に non-Abelian のゲージ対称性が生成されているかは明らかではない。そこで one-loop の解析と相補的な解析法として、improved perturbation theory (H. Kawai, S. Kawamoto, T. Kuroki and S. Shinohara, Prog. Theor. Phys. **109**, 115 (2003) [arXiv:hep-th/0211272]) を用いてこの模型の相構造を解析した。この手法の最大の特徴は摂動論的な真空の周りの摂動級数を用いても、それを”improve”することにより、厳密値や非摂動的な真空の情報を得ることができることであり、実際我々は $A_\mu = 0$ の周りの摂動級数に対して improved perturbation theory を適用し、fuzzy sphere phase および 5-brane phase が非摂動的真空として実現されている証拠を得た。

¹青山龍美氏、澁佐雄一郎氏との共同研究 (T. Aoyama, T. Kuroki and Y. Shibusa, arXiv:hep-th/0608031)