Spontaneous breakdown of Lorentz symmetry in a simplified IKKT matrix model

高エネルギー加速器研究機構 (KEK)　東武大
E-mail: azumat1976@gmail.com

超弦理論は、重力をも含めた自然界の全ての 4 つの相互作用を統一的に記述する理論として期待されている。1990 年代後半には行列模型を用いて超弦理論の構成的定義、つまり摂動論に依らない定式化をする試みがなされてきた。1996 年に提唱された IKKT 行列模型は、その中でも有力な候補と考えられている。行列模型がいかにして私たちの住む 4 次元時空を生成するかを調べることは、非常に重要な問題である。IKKT 行列模型は 10 次元で定義されたものであり、フェルミオンの積分から来る部分は複素数となる。このためにいわゆる『符号問題』に直面し、モンテカルロシミュレーションが困難になる。一方、IKKT 行列模型ではこの複素部分が時空のローレンツ対称性の自発的破れにおいて本質的な役目を果たすことが知られている。従って 4 次元時空の生成の仕組みを数値的に理解するためには、『符号問題』を克服することは避けられない問題である。

そのために、この研究では以下の IKKT 行列模型を単純化した模型について考える。

$$S = \frac{N}{2}\mathrm{tr}(A_\mu^2) - \bar{\psi}_\alpha^f(\Gamma_\mu)_{\alpha\beta}A_\mu\psi_\beta^f.$$

この模型は 4 次元時空で定義されたものであり、SO(4) の回転対称性を持っている。A_μ は $N \times N$ のエルミート行列であるが、$\psi, \bar{\psi}$ は N 次元のベクトル表現である。この模型は、元来フェルミオンの寄与の複素部分がローレンツ対称性の破れに本質的な役割を果たす模型として [1] の文献で提唱された。そして、[2] の文献では 9 次のガウス展開法による解析がなされた。$r = N_f/N$ (N_f はフレーバーの数であり、$f = 1, 2, \cdots, N_f$ までを走る) を一定に保って行列の大きさ N を無限大にとれば、r が小さいときには SO(3) に、そうでないときは SO(2) に、夫々SO(4) の回転対称性が破れることが分かった。

この研究では、上記の模型をモンテカルロシミュレーションを用いて解析を行う。フェルミオンの寄与の複素部分を数値的に取り扱う手法として、特に [3] で提唱された factorization method を用い、時空生成の仕組みについて考察を与えた。その結果として、$r = 1$ の場合について、時空の SO(4) 回転対称性が SO(2) に破れる兆候が見られた。これは上記のガウス展開法による結果と一致するものである。

この研究は K.N.Anagnostopoulos 氏及び西村淳氏との共同研究である。

参考文献

- [1] J. Nishimura, Phys. Rev. D **65**, 105012 (2002) [hep-th/0108070].
- [2] J. Nishimura, T. Okubo and F. Sugino, Prog. Theor. Phys. **114**, 487 (2005) [hep-th/0412194].
- [3] K. N. Anagnostopoulos and J. Nishimura, Phys. Rev. D **66**, 106008 (2002) [hep-th/0108041].