Curved-space classical solution of a massive supermatrix model

京都大学・物理学第二教室素粒子論研究室 東 武大
E-mail: azuma@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

行列模型は現在、超弦理論の摂動論に依存しない定式化の最も有力な候補として考えられている。その中でも最も成功していると考えられているのが、IIB 行列模型 [2] と呼ばれる理論であり、これは、10 次元の $\mathcal{N} = 1$ SYM を 0 次元に dimensional reduction することで得られるものである。また、これは type IIB 超弦理論の Green-Schwarz 作用の行列正則化にあたるものでもある。

行列模型が重力相互作用をも統一しうる枠組みであるためには、一般相対論の本質的な性質である曲がった空間の背景を manifest に記述できることが望ましい。IIB 行列模型は平坦な非可換空間の古典解しか持たず、曲がった空間のまわりの摂動展開ができない。その意味で、曲がった空間をより manifest な形で記述するために、IIB 行列模型の一般化が必要であると考える立場がある。

そのための方向性はいろいろと存在するが、一つの方向性は IIB 行列模型の作用に Chern-Simons 項や負の質量項を付け加えることによって曲がった空間の古典解をはじめから持つような行列模型を考えることである [3]。そうすることで、曲がった空間の簡単な例として fuzzy sphere や fuzzy torus などを古典解として持つような行列模型の定式化を行なう。こうした方向性は一般の曲がった空間の記述には程遠いものの、行列模型によって曲がった空間の記述を manifest に行なう上で重要な役割を果たすものである。

本研究 [1] では、上記の方向性に則って $osp(1|32, R)$Lie 環に基づく行列模型について調べた。特に、ここでは二次の質量項と三次の相互作用項から成る行列模型から出発する。$osp(1|32, R)$Lie 環の boson の部分の 32×32 行列は、11 次元の gamma 行列について 1 階 (m_A)、2 階 $(m_{A_1A_2})$ 及び 5 階 $(m_{A_1\cdots A_5})$ の場に分解できる。このうち 1 階と 5 階は質量の二乗が正であるが、2 階の場は tachyonic である。これを 11 次元から 10 次元へ reduction をすれば、(11 次元で)2 階の場は、(10 次元で)vector 場 $(B_\mu = m_{\mu\sharp})$ と 2 階 $(C_{\mu\nu} = m_{\mu\nu})$ の場に分解される。この vector 場を、IIB 行列模型の vector 場と同一視すれば、この模型は非自明な曲がった空間の古典解を持つと期待できる。この同一視のもとで、$SO(3) \times SO(3) \times SO(3)(S^2 \times S^2 \times S^2)$ 及び $SO(9)(S^8)$ の fuzzy sphere の古典解を持つことを示した。また、両者のエネルギーを古典的なレベルで評価することで、その安定性について議論をした。行列の大きさを N としたときに、$S^2 \times S^2 \times S^2$ fuzzy-sphere 解のエネルギーは $-\mathcal{O}(N^3)$、S^8 fuzzy-sphere 解のエネルギーは $-\mathcal{O}(N^{\frac{6}{5}})$ として夫々オーダー評価できる。従って、行列の大きさが同じであるとすれば、$S^2 \times S^2 \times S^2$ fuzzy-sphere 解のほうがエネルギー的に有利であることがわかった。

本研究は Maxime Bagnoud 氏 (Université de Neuchâtel) との共同研究である。

参考文献

[1] T. Azuma and M. Bagnoud, Nucl. Phys. B **651**, 71 (2003) [hep-th/0209057].

[2] N. Ishibashi, H. Kawai, Y. Kitazawa and A. Tsuchiya, Nucl. Phys. B **498**, 467 (1997) [hep-th/9612115].

[3] S. Iso, Y. Kimura, K. Tanaka and K. Wakatsuki, Nucl. Phys. B **604**, 121 (2001) [hep-th/0101102], Y. Kimura, Prog. Theor. Phys. **106**, 445 (2001) [hep-th/0103192], Y. Kimura, Nucl. Phys. B **637**, 177 (2002) [hep-th/0204256].