Matrix model with manifest general coordinate invariance

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。

行列模型がどのような形で重力を含むのかは非常に興味深い問題である。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展開ができない。従って、行列模型が重力相互作用をも統一する理論であるためには、曲がった空間をより自然に扱えるように IIB 行列模型の一般化が必要である。

そのためには、理論は曲がった空間における局所ローレンツ不変性などの性質を持ったものであることが望ましい。局所ローレンツ不変性を持った行列模型を構築するためには、次の二つの点で IIB 行列模型からの拡張が必要である。一つは、ローレンツ対称性 $so(9,1)$ と、行列模型における一般座標変換の対称性に相当する $u(N)$ 対称性が入り組んだ構造となる点である。IIB 行列模型では、理論の対称性は $SO(9,1)\times U(N)$、即ち群についての直積に過ぎず、リー環としては $so(9,1)\otimes\mathbf{1}+\mathbf{1}\otimes u(N)$ であり両者の対称性は分離したものであった。座標に依存したローレンツ対称性を模型に賦与するためには、$so(9,1)$ のパラメーターを $u(N)$ の行列に持ち上げる必要が生じる。従ってリー環の直積 $so(9,1)\otimes u(N)$ を対称性として持つ必要があり、IIB 行列模型よりも遥かに大きな対称性が要求される。もう一つは、曲がった空間のフェルミオンの作用に含まれるスピン接続の行列模型における再現である。超重力理論では曲がった空間において共変な理論を構築する上で、3 階の足を持つスピン接続が本質的な役割を果たす。行列模型では、10 次元について 3 階の足を持つ行列 $A_{i_1 i_2 i_3}$ をスピン接続として解釈するのが自然であると考える。本研究では以上の観点に基づいて局所ローレンツ不変であるような行列模型の定式化に関する知見を与えた。

また、本研究では超重力理論との対応をより見やすい形で定式化するために、古典的な低エネルギーの極限で、即ち massive な場を decouple することで type IIB 超重力理論に帰着するような行列模型の定式化を目指した。もしそのような行列模型が作れれば、これは type IIB 超弦理論と密接に関係してなおかつ重力の構造が見やすい模型となり、IIB 行列模型のよい拡張であるといえるであろう。まず。模型のボゾンの部分については、低エネルギー極限で Einstein gravity を再現することを明らかにした。フェルミオンの部分も含めて低エネルギーで type IIB 超重力理論を再現するためには、dilatino、gravitino 及び偶数階反対称テンソル場が massless となり、それ以外の場が decouple されることが必要となる。また $\mathcal{N}=2$ 超対称性を持つことも、本質的な条件となる。こうした模型の定式化は難しい問題であり実現には程遠いが、本研究ではそのための方針について提示を行なった。

参考文献

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

[2] T. Azuma, S. Iso, H. Kawai and Y. Ohwashi, Nucl. Phys. B **610**, 251 (2001) [hep-th/0102168].

[3] T. Azuma and H. Kawai, Phys. Lett. B **538**, 393 (2002) [hep-th/0204078].