

行列模型の背景場依存性

高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 寺地 秀師

E-mail: terachi@post.kek.jp

行列模型は超弦理論の非摂動的定式化を目的として発展してきたものであり、IKKT 行列模型

$$S_{\text{IKKT}} = -\frac{1}{4}\text{tr} [A_\mu, A_\nu]^2 - \frac{1}{2}\text{tr} \bar{\psi}\Gamma_\mu[A_\mu, \psi]$$

はその一つである [1]。この模型が現在抱えている主な課題は「どのようにして行列の自由度から背景場時空がダイナミカルに生成されるのか」を調べ、さらに「その時空上で重力相互作用はどのようにして記述されるか（超重力理論のゼロ質量場の凝縮をどう導くのか）」を調べることである。このような研究は IKKT 模型においては、米谷民明氏によって基本的なアイデアが示されてはいるものの、未だ具体的な計算結果は出されていない [2]。

IKKT 行列模型による時空描像では背景場時空は行列の固有値の広がりとして表現されると考えられており、これは言わば D インスタントンの多体系が背景場時空を作っていると解釈できる。したがって、時空描像および重力相互作用に対して何らかの熱統計力学的なアナロジーが適用できると推測するのはそれほど的外れではないだろう。例えば、 $N \times N$ 行列を考えて、それが十分に大きなサイズの行列に埋め込まれていたとする；

$$\left(\begin{array}{c} ND(-1) \\ MD(-1) \text{ as background for } ND(-1) \end{array} \right)$$

これは N 個の粒子が M 粒子から成る熱浴中で正準集団をなしている状態に対応すると考えられる。正準集団というものは粒子数無限大の極限で小正準集団と等しい振る舞いをするのが知られており、このことを行列模型に当てはめると、熱浴に相当する部分を含む行列全体を考える理論は、行列全体のサイズを無限大にする極限では、熱浴の存在を仮定せず $N \times N$ 部分のみを考えた理論と等価であると言える。しかし $N \times N$ 部分の行列の有効ポテンシャルは熱浴の存在をあらわに仮定することで、元々の熱浴など仮定しなかった理論の有効ポテンシャルから変更を受ける。つまり熱浴部分が $N \times N$ 行列部分に対する背景場になっていると解釈することができる。

今回、我々は最も簡単な場合として、熱浴部分は集団座標を採れるとして $M = 1$ に置き、IIB 型超重力理論の各ゼロ質量場に対応した波動関数および頂点演算子の導出を試みた。導出には 2 種類の方法を用いている。1 つは $N \times N$ 部分の重心と熱浴の集団座標は非常に離れているとして、その距離の逆数で有効作用を摂動展開する方法で、もう 1 つは超対称なウィルソンループを用意して運動量の次数で展開する方法である。現在、この 2 つの方法で導出したそれぞれの結果の詳細な対応関係を調べるのが今後の課題として残されている。

参考文献

- [1] N. Ishibashi, H. Kawai, Y. Kitazawa and A. Tsuchiya, “A large- N reduced model as superstring,” Nucl. Phys. B **498**, 467 (1997) [arXiv:hep-th/9612115].
- [2] T. Yoneya, “Supergravity, AdS/CFT correspondence, and matrix models,” Prog. Theor. Phys. Suppl. **134**, 182 (1999) [arXiv:hep-th/9902200].