

D-instanton calculus in $(p, p+1)$ minimal string theory

京都大学大学院理学研究科 入江 広隆¹

E-mail: irie@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

非臨界次元の弦理論は臨界次元に対する toy model として、弦理論の一般的な性質や記述形式の理解を深める場を提供し続けている。近年の主な発展は、非臨界弦における D-brane (FZZT-, ZZ-brane) を行列模型や Liouville 理論の立場から見ることで行われてきた。我々は、これらの非臨界弦の構造を連続な弦の場の理論 [2] の立場から議論した。この弦の場の理論は行列模型の連続極限を持つ構造 (Douglas 方程式) を基に弦理論を演繹することで得られる。そのため非摂動的に定式化できるだけでなく、Liouville 理論などの連続理論が持つ構造との対応が明白である。また、この定式化は始めから連続であるため、非臨界超弦理論の定式化のために有効であると思われる。

まずは、 $(p, p+1)$ のミニマル弦理論に対して Liouville 理論の ZZ-brane と弦の場の理論の D-instanton とが完全に対応することを議論した。弦の場の理論での 1-instanton の寄与 (自由エネルギー) は、D-instanton 演算子の期待値

$$\mathcal{F}^{1-inst} = \langle D_{ab} \rangle = \frac{1}{2\pi i} \oint d\zeta \langle e^{\varphi_a(\zeta) - \varphi_b(\zeta)} \rangle \sim \mu e^{-\Gamma^{inst}/g_{str}}$$

で与えられる。ただし、 $\varphi_a(\zeta)$ は境界宇宙項 ζ 、スピン a のマクロスコピックループ演算子 (以下、弦場と言う) で、FZZT-brane の寄与に対応する。この D_{ab} を [2] と同様の鞍点法で評価し、ZZ-brane との対応をつけることで、Liouville 理論側で知られていた「ZZ-brane の境界状態が FZZT の境界状態の差で書けるということ [3]: $|m, n\rangle_{ZZ} = |z_{mn}^+\rangle_{FZZT} - |z_{mn}^-\rangle_{FZZT}$ 」が D_{ab} の弦場依存性 $\varphi_a - \varphi_b$ から自然に理解されることが分かった。

また D_{ab} を g_{str} の次のオーダーの寄与 μ まで注意深く評価した。この寄与は D-instanton の化学ポテンシャルに対応する量であり、行列模型の時 [4] と同様に cut off に依らない普遍的な量である事を示した。弦の場の理論では、 D_{ab} を $D_{ab} \rightarrow \theta D_{ab}$ と変換しても定式化出来てしまうため、化学ポテンシャル μ は任意に選べてしまう。従って μ は手で与えるパラメータである。ただし、 $[D_{ab}, D_{ba}] = 1$ を満たすような自然な規格化の D_{ab} で μ を計算すると、任意の p で行列模型の値 [4][5] と (i を除いて) 一致する。その意味で、弦の場の理論は行列模型の μ の値を知っている様に思える。いずれにせよ、この値が物理的な要請から来るものなのか、そうでないかを明らかにすることは、今後解決すべき問題である。

参考文献

- [1] M.Fukuma, H.Irie and S.Seki, hep-th/0505253, to be published in Nucl. Phys. B
- [2] M.Fukuma and S.Yahikozawa, Phys. Lett. B 396 (1997) 97, hep-th/9609210
- [3] Martinec, hep-th/0305148
- [4] M.Hanada, M.Hayakawa, N.Ishibashi, H.Kawai, T.Kuroki, Y.Matsuo and T.Tada, Prog. Theor. Phys. 112 (2004) 131, hep-th/0405076
- [5] N.Ishibashi, T.Kuroki and A.Yamaguchi, hep-th/0507263

¹福間将文氏、関穰慶氏との共同研究 [1] に基づく。