

Multiple M2-branes and conformal invariance, $SO(8)_R$

総合研究大学院大学 D3 住友洋介

E-mail: sumitomo@post.kek.jp

最近、M-theory の定式化に関する発展があった [1]。3次元場の理論において $\mathcal{N} = 8$ の超対称性を持つ Chern-Simons 理論が Lie 3-algebra $[X, Y, Z]$ を用いることによって定式化された [2] (BLG)。この理論には最初 $SO(4)$ の gauge 対称性を持つものしか存在しないと思われていた。だが、群構造の正定性を緩めることによって $\text{tr} T^a T^b$ が負の符号を持つ、Lorentzian BLG 理論が存在することが示された [4]。この Lorentzian BLG 理論は交換子による Lie 代数によって描けているので、Lie 3-algebra の際に不明であった M2-brane の枚数の議論が可能であることから注目を浴びた。

拘束条件の解として 1 方向に定数の真空期待値を与えると、Lorentzian BLG 理論は D2 の有効理論そのものになってしまうが、我々は拘束条件の解として座標依存したものも許されることを指摘した [5]。この拘束条件を用いた解を用いると、座標依存した coupling を持つ理論となり、さらに任意の方向に拡張することによって $SO(8)_R$ の対称性を保って議論を行った。通常の D2 有効理論では結合定数が質量次元をもつので conformal 不変な理論ではないが、座標依存した coupling では元々存在した conformal 対称性を保ち、かつ $SO(8)_R$ な理論の構成ができる。このことから、これは D2 ではなく M-theory としての物理の側面を表していると考えられる [6]。

さらに、M-theory が超弦理論からの duality mapping によって得られることを用いて、3次元 $\mathcal{N} = 6$ Chern-Simons 理論が構成された [3] (ABJM)。これは level が逆の 2 つの Chern Simons 理論に、Chern-Simons 項の前の量子化された係数から orbifold 化されることを考慮し、bi-fundamental な Klebanov-Witten 型の superpotential を結合して得られた模型である。この理論は D-brane 構成より始めているので、枚数の議論が可能な Lie 代数構造の $U(N) \times U(N)$ の bi-fundamental の gauge 構造を持っているが、驚くことに、 $N = 2$ の時には $SO(4)$ の BLG 理論を再現していることがわかった。我々は、当初不明であったもう一つの BLG 理論である Lorentzian BLG 理論を ABJM 理論から scaling 極限を取るによって導出できることを示した [6]。これは、ABJM 理論の bi-fundamental な gauge 構造から Inönü-Wigner 収縮を行うことによって Lorentzian BLG 理論の gauge 構造が得られることに起因している。なお、本研究により ABJM 理論に BLG 理論全体が、少なくとも古典的には含まれていることがわかった。

ABJM 理論の dual な時空は、M2-brane が orbifold 化された $AdS_4 \times S^7/\mathbf{Z}_k$ であることが提唱された [3]。 k が十分大きいときには 11 次元時空から 1 次元 compact 化した IIA 重力理論における $AdS_4 \times CP^3$ になる。これは k が十分大きい際に $\mathcal{N} = 6$ (特に $SU(4)_R$) の対称性が反映していることと合致しており dual な時空だと考えられる。我々の scaling 極限は $k \rightarrow \infty$ であるのでこの時空を考える。 $AdS_4 \times CP^3$ 時空における probe brane の有効作用を評価したところ、座標依存した coupling をもち、 $SO(8)_R$ まで対称性が高くなっていることがわかった。これは、Lorentzian BLG が持つ性質をすべて持っており、さらに CP^3 空間から非自明な $SO(8)_R$ を理解できることから、Lorentzian BLG 理論は $AdS_4 \times CP^3$ 時空における probe brane であることを指摘した。

参考文献

- [1] 松尾 泰, 基研研究会 2008 7/28 - 8/1 スライド、研究会報告を参考にしてください。
- [2] J. Bagger and N. Lambert, Phys. Rev. D **77**, 065008 (2008) [arXiv:0711.0955 [hep-th]]. A. Gustavsson, arXiv:0709.1260 [hep-th].
- [3] O. Aharony, O. Bergman, D. L. Jafferis and J. Maldacena, arXiv:0806.1218 [hep-th].
- [4] J. Gomis, G. Milanese and J. G. Russo, arXiv:0805.1012 [hep-th]. S. Benvenuti, D. Rodriguez-Gomez, E. Tonni and H. Verlinde, arXiv:0805.1087 [hep-th]. P. M. Ho, Y. Imamura and Y. Matsuo, arXiv:0805.1202 [hep-th].
- [5] Y. Honma, S. Iso, Y. Sumitomo and S. Zhang, Phys. Rev. D **78**, 025027 (2008) [arXiv:0805.1895 [hep-th]].
- [6] Y. Honma, S. Iso, Y. Sumitomo and S. Zhang, arXiv:0806.3498 [hep-th].
- [7] Y. Honma, S. Iso, Y. Sumitomo, H. Umetsu and S. Zhang, arXiv:0807.3825 [hep-th].