Localization and Large-N reduction on 3-sphere[1]

京都大学理学研究科 岡田崇
E-mail: okada@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

M2-brane の低エネルギー有効理論である ABJM 理論をはじめとして、N=2 クイバー型チャーンサイモン理論 (QCS 理論)[2] が近年盛んに研究されており、特にその 3 次元球面上の分配関数は局所化の方法を用いて厳密に計算されている [3] 。また、ゲージ理論の重要な概念として large-N 等価性がある。Large-N 等価性の主張 [5] は、平坦な時空上のゲージ理論は、それを次元還元して得られる行列模型と planar 極限で等価である、というものである。また、行列による時空の記述は超弦理論の非摂動的定式化としても重要である。しかしながら、large-N 等価性の証明は通常、連続理論と行列模型とで両理論の Feynman 図をそれぞれ計算してそれらが互いに一致することを確かめるので、その証明は摂動論の範囲に留まっており、強結合領域でも large-N 等価性が成り立つのかは非自明である。

本研究では、3 次元球面上の QCS 理論とこれを次元還元して得られる行列模型 (reduced model) との等価性を、局所化を用いることで非摂動的に証明した。QCS 理論の超対称な物理量は、局所化の方法によって、ある固有値積分 (ここでは ABJM 行列模型と呼ぶ) に帰着される。同様にして、reduced model の分配関数も局所化の方法を適用でき、局所化するゲージ場の配位は SU(2) の表現で指定され、S^3 上の QCS 理論との等価性を見るためには、複数の Fuzzy 球面に対応する適切な可約表現を取り出してやる必要がある (同様の background は $R \times S^3$ 上の N=4 超対称性ゲージ理論について文献 [4] で研究されている)。この適切に選んだ background まわりでの 1 ループ積分を行うことで reduced model の分配関数はある固有値積分の形に帰着される。

large-N 等価性を証明するためには reduced model の固有値積分が QCS 理論の分配関数に一致することを証明する必要があるが、我々は reduced model の固有値密度関数に対する saddle point 方程式の解が、ABJM 行列模型の解そのもので与えられることを証明した。より厳密には、 reduced model では S^3 を行列で構成するために UV cutoff が入っているが、その cutoff を無限大に極限をとれることを証明し、その極限の下で reduced model から得られる固有値積分は ABJM 行列模型に一致することを証明した。

References

[1] Y. Asano, G. Ishiki, T. Okada and S. Shimasaki, Phys. Rev. D **85** (2012) 106003.

[2] O. Aharony, O. Bergman, D. L. Jafferis and J. Maldacena, JHEP **0810**, 091 (2008)

[3] A. Kapustin, B. Willett and I. Yaakov, JHEP **1003**, 089 (2010) .

[4] T. Ishii, G. Ishiki, S. Shimasaki and A. Tsuchiya, Phys. Rev. D **78** (2008) 106001 .

[5] T. Eguchi and H. Kawai, Phys. Rev. Lett. **48**, 1063 (1982).

[1]本発表は伊敷吾郎 氏、島崎信二 氏、浅野侑磨 氏との共同研究 [1] に基づく。