ガウス近似法による PP-wave 上の Matrix theory の解析

京大理　村松哲行
E-mail: muramatu@gauge.scphys.kyoto-u.ac.jp

Matrix theory は Banks 達によって提唱された M-theory の行列模型であり，多くの非自明な検証を通じてその正当性を確立してきている．しかしながら，その数多くの成功にもかかわらず，M-thoery における基本的な励起の一つである，空間方向に 5 次元的に広がった brane 解 (transverse five-brane と呼ばれている) を，再現することに成功していない．

作年末，PP-wave 時空と呼ばれる時空を背景にもつ Matrix theory [1] においては，強結合かつ large-N 極限に transverse five-brane 解が存在している可能性があることを Maldacena-Sheikh-Jabbari-van Raamsdonk が予想し [2]，この深淵な問題に対する新たな方向性が与えられた．

文献 [2] では，超対称性を利用して，kinematical にその存在可能性が示されたが，強結合かつ large-N の dynamics の解析はそれほど容易いものではなく，5 次元的に広がった解は構成されていない．そのような意味で，本当に "*five*"-brane 解であるのかは明確ではない．

この研究では，近年行列模型の非摂動性質の解析で成功をおさめている平均場近似 (ガウス近似)[3, 4, 5, 6] を適用して，5 次元的な広がりを持った励起の存在を具体的に示すことを目的として解析を行った (詳細は近日中に発表予定の論文をご参照下さい)．

計算の概要は次の通り: (i) five-brane 解が持つべき対称性 (U(N), SO(3) $\times$ SO(6)) を保つ平均場 (場の 2 次の項) を導入．(ii) 真空 $|0\rangle$ のエネルギー固有値のずれを leading まで計算．(iii) エネルギー固有値のずれが平均場に依存しない点 (極値) を探す．(iv) 極値での M2, M5-brane の平均半径 $\bar{r}_2^2 \equiv \sum_{i=1}^{3} \frac{1}{N}\langle 0|\mathrm{Tr}X_i^2|0\rangle, \bar{r}_5^2 \equiv \sum_{a=4}^{9} \frac{1}{N}\langle 0|\mathrm{Tr}X_a^2|0\rangle$ (実際には比 $\bar{r}_2^2/\bar{r}_5^2$) の振る舞いを調べる．(v) 最もエネルギーを低くする極値では，5 次元方向が大きく広がる傾向にあることを示した．

この結果は，Matrix theory が five-brane の励起を含んでいる証拠の一つであり，さらには，Matrix theory が M-theory の model として正しいことの強力な証左であると云える．

参考文献

[1] D. Berenstein, J. M. Maldacena and H. Nastase, JHEP **0204**, 013 (2002).

[2] J. Maldacena, M. M. Sheikh-Jabbari and M. Van Raamsdonk, JHEP **0301**, 038 (2003).

[3] D. Kabat and G. Lifschytz, Nucl. Phys. B **571**, 419 (2000); D. Kabat, G. Lifschytz and D. A. Lowe, Phys. Rev. Lett. **86**, 1426 (2001) [Int. J. Mod. Phys. A **16**, 856 (2001)]; D. Kabat, G. Lifschytz and D. A. Lowe, Phys. Rev. D **64**, 124015 (2001).

[4] S. Oda and F. Sugino, JHEP **0103**, 026 (2001); F. Sugino, JHEP **0107**, 014 (2001).

[5] J. Nishimura and F. Sugino, JHEP **0205**, 001 (2002); J. Nishimura, T. Okubo and F. Sugino, JHEP **0210**, 043 (2002).

[6] H. Kawai, S. Kawamoto, T. Kuroki, T. Matsuo and S. Shinohara, Nucl. Phys. B **647**, 153 (2002); H. Kawai, S. Kawamoto, T. Kuroki and S. Shinohara, Prog. Theor. Phys. **109**, 115 (2003).