

論文の内容の要旨

論文題目

Supersymmetric gauge theories on various four-dimensional spaces
and two-dimensional conformal field theories

(様々な四次元空間上の超対称ゲージ理論と二次元共形場理論)

氏名 伊東 佑人

M理論は、様々な低次元の理論についての予言を与える重要な理論であるが、まだ理解が不十分である。特にその理論の構成要素である5+1次元の物体であるM5ブレーンについては、低エネルギー有効理論の記述もまだ知られていない。これについての理解を深めるために、以下のような対応を考える。M5ブレーンを、ある4次元多様体 M とリーマン面 C の直積で書ける空間 $M \times C$ 上に置く。 C をコンパクト化すると、このM5ブレーンを記述する理論から、 M 上の4次元 $N = 2$ 超対称ゲージ理論が得られ、 M をコンパクト化すると C 上の二次元理論が得られるべきである。2009年に、前者の理論における物理量と、 C 上の共形場理論 (Liouville理論や戸田理論) の物理量との間の非自明な対応が[1]を始めとする多くの論文により提唱、確認されたので、M5ブレーンから得られる C 上の二次元理論は、Liouville理論や戸田理論であると期待される。このような対応を以後4d-2d対応と呼ぶ。私はこの期待を確かめるために、4d-2d対応の新しい例を2つ提唱し、確認した。これにより今後M5ブレーンについての理解が深まることを期待している。

1つ目の例では、 $N = 2$ $SU(N)$ 超対称ゲージ理論を $S^1 \times R^3$ 上への S^1 に沿ったループ演算子を挿入した。その期待値を、局所化と呼ばれる方法で厳密に計算し、それが2次元側では戸田理論の Verlinde 演算子と呼ばれるループ演算子と対応することを確認した。この研究は東京大学駒場素粒子論研究室の助教の奥田拓也氏と、現在理化学研究所に所属する瀧雅人研究員との共同研究 [2] に基づくものであり、本博士論文の第二章に書いた。

2つ目の例では、4次元時空として、 $\mathbb{R}^4/\mathbb{Z}_2$ を考えた。この上での $\mathcal{N} = 2$ $SU(2)$ 超対称ゲージ理論のインスタントン分配関数が、2次元側では超 Liouville 理論の物理量に対応することが、[3] など提唱されていたが、いずれの研究でも、超 Liouville 理論の Neveu-Schwarz セクターに対応するインスタントン分配関数しか考えられていなかった。私の研究 [4] で初めて、超 Liouville 理論の Ramond セクターに対応する4次元理論のインスタントン分配関数を考えた。 $\mathbb{R}^4/\mathbb{Z}_2$ の無限遠である S^3/\mathbb{Z}_2 には一点に縮約できない非自明な1-サイクルがあり、そのサイクルに沿ってホロノミーが非自明な値を持つセクターでインスタントン分配関数を計算すると、超 Liouville 理論の Ramond セクターの物理量と一致することを確認した。この研究は本博士論文の第三章に書いた。

2つの例はいずれも、M5 ブレーンを記述する6次元理論から導かれるべき4d-2d 対応である。この6次元理論は、理論を記述するために必要なラグランジアンさえも分かっていないものであるが、上記の対応からこの理論についての何らかのヒントが得られるのではないかと期待している。それについて第四章で少し議論した。

References

- [1] L. F. Alday, D. Gaiotto, Y. Tachikawa, “Liouville Correlation Functions from Four-dimensional Gauge Theories,” *Lett.Math.Phys.* **91** (2010) 167, arXiv:0906.3219
- [2] Y. Ito, T. Okuda, and M. Taki, “Line operators on $S^1 \times R^3$ and quantization of the Hitchin moduli space,” *JHEP* **1204** (2012) 010, arXiv:1111.4221

- [3] V. Belavin, and B. Feigin, “Super Liouville conformal blocks from $\mathcal{N} = 2$ $SU(2)$ quiver gauge theories,” *JHEP* **1107** (2011) 079, arXiv:1105.5800.
- [4] Y. Ito, “Ramond sector of super Liouville theory from instantons on an ALE space,” *Nucl.Phys.* **B861** (2012) 387, arXiv:1110.2176