2 次元非可換球面上での Dirac operator とカイラルアノマリー

高エネ研　永尾　敬一

E-mail: nagao@post.kek.jp

IKKT 行列模型は超弦理論の非摂動論的構成の試みの一つとして提唱された。我々の住む 4 次元時空やメトリック、世代数、ゲージ群、摂動論的弦理論との対応など説明されるべき事項が数多くあるわけだが、4 次元のカイラルフェルミオンの構成が本研究の課題である。実際に 4 次元のカイラルフェルミオンを構成するためには、１０次元の行列模型のフェルミオン作用のうち、6 次元部分にインデックスを持たさなければならないわけであるが、その構成の舞台となるべき 4 次元時空が、ダイナミカルに生成されるという解析結果が報告されてはいるものの、まだ明確な形で与えられているわけではないことから、トーイ模型の背景時空として、1 . 非可換であり、2 . 曲がっていて (重力を含んでいて)、3 . コンパクトである (行列のサイズ N が有限である) ようなものとして、最も単純な 2 次元非可換球面 (S_F^2) を使う。(S_F^2 およびその上でのゲージ理論は、3 次元の超対称ヤンミルズ理論でゼロ体積極限をとって得られる行列模型にチャーンサイモン項を加えたものの古典解およびその周りでの揺らぎとして得られることが知られている。)

今回は fermionic part に注目し、簡単のため fundamental 表現に属した complex fermion を考え、S_F^2 上で既知の Dirac operator と chirality operator を使って、以下に述べる 2 種類の場合で、カイラル変換に対するワード–高橋恒等式を可能なところまで有限の N で求め、カイラルアノマリーを可換極限をとるなどして評価した。一つ目は、カイラル変換の微小パラメーター λ がゲージ変換に対して共変な場合 (カレントがゲージ共変) であり、アノマリーは、一般の (局所的な)λ に対して局所的な形で表されることがわかった。二つ目は、カイラル変換の微小パラメーター λ がゲージ変換に対して不変な場合 (カレントがゲージ不変) であり、アノマリーは、一般の λ に対して、非局所的な形でしか表されないことがわかった。

さらに、行列模型が格子ゲージ理論と正則化された理論という点で密接な関係にあることから、近年、格子ゲージ理論分野で発展のあった Ginsparg–Wilson 関係式 (連続理論でカイラル対称性をもった理論を繰り込み群変換をして赤外固定点上の格子理論に移行することによって得られる関係式) 的アイデアを行列模型へ適用することを試みた。具体的には、S_F^2 上でその代数関係を満たす Dirac operator と chirality operator を新たに構成することで、有限の N でのカイラル変換、カイラル対称性をもった作用を実現した。今後は、その Dirac operator の有効的局所性を保証するためにゲージ場および時空の揺らぎをある程度以下に抑える条件を課し、そのことによってトポロジカルな構造が生まれ、カイラル不変ではない積分測度から導出されるカイラルアノマリーが、有限の N でインデックスと関係づけられることを議論していく予定である。(詳しくは本報告が出版された時には出ているであろう hep-th を参照してください。なお、本講演は青木一氏 (佐賀大)、磯暁氏 (高エネ研) との共同研究に基づいています。)