

これまでの研究成果のまとめ

これまで私は、場の理論や弦理論を主な研究分野とし、その中でも多様な研究を行ってきた。

(1) 弦理論、M 理論、場の理論の数理解物理学的側面の研究 [4,6,9,10,11,22]*

様々な数学的手法を用いて弦理論の性質を調べたり、物理に対して幾何学的な理解を与えたりした。

- gerbe を用いることで、discrete torsion と呼ばれる位相を 11 次元 M 理論へと拡張し、その非自明な構造を明らかにした [4]。
- ADE マルチ行列模型から、位相的弦理論の標的空間にある ADE 型特異点の変形と、 $\mathcal{N} = 1$ 超対称 quiver ゲージ理論の有効 superpotential を調べた [6]。
- 超多様体上の (gauged) 線形シグマ模型を考え、超多様体の Calabi-Yau 条件、共形対称性と anomaly などの諸性質を調べた [9,11]。
- これまで弦の 2 点散乱振幅は無限のゲージ体積のために 0 になると考えられていたが、2019 年に Erbin らによって、それが non-zero であることが指摘された。我々はこの問題を演算子形式で再考し、この振幅を実現するための新しい演算子を発見した [22]。

(2) AdS/CFT 対応 (ゲージ/重力対応) に関連した研究 [1,5,12,13,14,16,17]

1997 年に AdS/CFT 対応が指摘されて以来、この対応は、様々な強結合のゲージ理論と弱結合の重力理論 (弦理論) の対応へと拡張され、今日では、強結合理論を理解するための有用な道具となってきている。

- AdS/CFT によってバリオンを記述する D5-brane の配位を、幾つかの背景の下で調べた [1,5]。
- QCD を重力理論から解析する試みである holographic QCD (HQCD) において、タキオン凝縮によって quark に質量を与える機構を示した [12,13,14]。
- HQCD を用いて、バリオン媒体中でのカイラル対称性の破れ/回復を調べた [16,17]。

(3) 量子エンタングルメントに関する研究 [15,18,19,20,21]

エンタングルメントは量子論における興味深い現象であり、近年これに関する研究は、素粒子論、物性理論、情報理論など様々な分野で多くの注目を集めている。

- AdS/CFT 対応において gluon 散乱を表す開弦の世界面上の causal structure を調べ、そこに wormhole があることを示した。これは、ER=EPR 予想をサポートする具体例になっている [15,18]。
- 散乱する 2 粒子間のエンタングルメントを、S 行列理論を用いて調べ、散乱 2 粒子の終状態におけるエンタングルメント・エントロピーを物理量で表す公式を見つけた [19,20]。また、この公式を用いることで、LHC などによる陽子散乱の実験データから、散乱後の陽子 2 体のエンタングルメント・エントロピーを評価できた [21]。

(4) 余剰次元モデルに関する研究 [2,3,7,8]

時間的余剰次元のコンパクト化で現れるタキオンの Kaluza-Klein モードの寄与を含む球体の重力自己エネルギーを計算し、球体の半径と安定性の関係を議論した [2,3]。また、空間的余剰次元のコンパクト化による真空エネルギー (Casimir エネルギー) と宇宙定数を結びつけることにより、余剰次元の形状について示唆を与えた [7,8]。

*[] は別紙『論文リスト』の論文番号。