

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、我々は、演算子形式を用いて、それが non-zero であることを示した [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た。

- 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]。
- 弾性散乱する 2 粒子の終状態におけるエンタングルメントを、S 行列理論を用いて調べ、その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]。さらに、非弾性散乱におけるエンタングルメントの理解へと拡張を試みている。

(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ニック 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。