今後の研究計画

近年では、素粒子論は、弦理論や AdS/CFT 対応（ゲージ/重力対応、フォログラフィ）を通して、情報理論や物性理論などの様々な物理や数学に密接な関わりを持っている。別紙『これまでの研究成果のまとめ』の通り、私はこれまで様々な研究テーマを扱ってきたので、本研究計画でも、以下に記すような学際的研究に取り組んで行きたい。ここでは、特に現在興味を持っている幾つかのテーマについて具体的に述べる。

(1) 量子 entanglement

- 非弾性散乱における entanglement

  Peschanski と私 [20,21] は、S 行列理論を用いて、高エネルギー弾性散乱する 2 粒子の Entanglement Entropy (EE) を表す公式を見つけた。この理解を発展させ、非弾性散乱における entanglement を考えたい。S 行列理論から得られる密度行列を用いて、終状態に現れる 3 つ以上の粒子の内の 2 つに注目し、その entanglement entropy を定式化する。また、終状態の 3 つの粒子について、relative entropy、mutual information、tripartite information などを求める。

- 弦理論と entanglement

  S 行列理論は弦理論とも深く関わる歴史を持っている。そこで、弦と弦の entanglement を考えよう。まず、弦の散乱によって終状態に二つの弦が現れる過程を考える。散乱振幅を計算して得られる S 行列に対して、[20,21] で開発された手法を応用し、終状態の二つの弦の EE を調べる。[20,21] で考えられた 2 粒子の entanglement と比べて、散乱後の弦の entanglement はどのような（弦特有の）性質を持つか明らかにする。

(2) 新しいゲージ固定による弦の振幅

- 開弦の振幅

  これまで、開弦の 2 点振幅は、固定しきれずに残るゲージ対称性の体積が発散するため、0 になると考えられてきたが、最近、Erbin らは、この発散がエネルギー-運動量保存に由来する無限大 $\delta(0)$ と相殺することにより、non-zero の振幅が得られると指摘した。彼らはこれを経路積分形式で示し、一方、高橋と私 [22] はそれを演算子形式で示した。この時、我々は、ゲージ固定のために新しい mostly BRST exact 演算子を導入し、この演算子を含む 3 点関数から 2 点振幅を導出した。そこで、一般に、この演算子を含む $n+1$ 点関数から n 点振幅が得られることを示したい。そして、この方法を応用して、1 点、0 点振幅がどのようになるかを明らかにしたい。

- 閉弦の 2 点振幅

  現在のところ、閉弦では、我々が開弦で導入した mostlly exact BRST 演算子を単純に応用しても、うまく non-zero の 2 点振幅を得ることに成功できていない。この問題を解決するために、新しいゲージ固定法を考え、閉弦の non-zero 2 点振幅を導出したい。