

私の主要な研究対象は超弦理論であり、特に、その非摂動的な記述を研究の目的としている。超弦理論とは、素粒子を点粒子としてではなく、ひもの振動モードによって記述する理論である。この振動モードには重力子と思われる状態が自然に含まれ、重力をも含んだ統一理論の有力な候補となっている。

● 行列模型

行列模型は非摂動的に超弦を定式化するモデルの1つとして与えられている。超弦理論に対する行列模型としては3つの異なる型が存在し、それぞれ、行列理論、IIB 行列模型、USp 行列模型と呼ばれている。

● コンパクト化

行列模型は10次元という高次元時空において定義される。つまり、現実世界を記述するためには、4次元時空へのコンパクト化が必要となる。特に、私はI型超弦理論を非摂動的に記述するUSp 行列模型に対する $\mathbb{C}^3/\mathbb{Z}_3$ によるコンパクト化についての考察を行い、無矛盾に定義されうる全ての模型を列挙した。

● 分配関数の計算

この研究において、4次元行列模型の分配関数を Moore-Nekrasov-Shatashvili(MNS) の処方箋を用いて計算し、その一般的表式を求めることに成功した。ここで、4次元行列模型とは4次元超対称 Yang-Mills 理論の次元縮小によって得られる行列模型を意味する。また、10次元のUSp 行列模型も MNS の処方箋を矛盾なく適用できる形に移行できることを示した。

● オリエンティフォールディングの効果

行列模型において、時空点はボソンの行列の固有値によって記述され、時空座標がダイナミカルな量として扱われる。そこで、固有値に関する有効作用を計算し、行列模型に対するオリエンティフォールディングの効果をしらべた。この研究で、2点間の相互作用に方向依存性が現れることを見出した。また、高次補正の計算から、時空の広がりの概算を行い、さらに、固有値分布の性質から、ある4次元面に時空点が引き寄せられ、4次元時空の生成へ向けて有力になることを見出し、論文として発表予定である。

● AdS/CFT 対応

1997年に Maldacena によって提案された AdS/CFT 対応は、 $AdS_5 \times S^5$ 背景時空上の IIB 型超弦理論と4次元 $\mathcal{N} = 4$ 超対称 Yang-Mills 理論の間に成り立つ双対性である。この対応によれば、両者は強結合と弱結合の交換によってお互いに関係づけられる。それゆえ、摂動論をこえて両理論の情報を引き出すことが可能となる。特に、私はその AdS 側である $AdS_5 \times S^5$ 背景時空上の弦理論について研究を行った。ここで、 $AdS_5 \times S^5$ 時空とは5次元反 de-Sitter 時空 (AdS_5) と5次元球面 (S^5) の直積空間である。

● 一般化された光円錐ゲージにおけるラグランジアン

曲った時空上の超弦理論は Green-Schwarz 作用によって定義することができる。この作用の研究の遂行のため、そのゲージを固定することが必要である。加えて、この理論は拘束系であり、その拘束条件も解かれなければならない。これまでに得られていたゲージ固定後のラグランジアンは1次形式によって書かれていた。そこで、ラグランジュ形式でのラグランジアンを書き下すことを試み、それに成功した。つまり、場とその微分のみで書かれた標準的な意味でのラグランジアンを得たわけである。さらに、得られたラグランジアンが平坦時空極限で適切なラグランジアンを再現することを示した。