

# 研究成果

吉岡礼治

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 $C^3/Z_3$ 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。

## ● オリエンティフォールディングの効果と4次元時空の出現

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。それゆえ、固有値分布は興味深い研究対象であり、行列模型は我々の棲む4次元時空を記述する可能性を有している。そこで私はUSp 行列模型の固有値分布についての研究を行ってきた。固有値に関する長距離1-ループ有効作用から、行列模型に対するUSp 行列模型で現れるオリエンティフォールディングの効果をしらべ、2つの固有値間の引力に方向性が現れることを示した。その結果、時空点は固有値分布の性質からある仮想的な4次元面に引き寄せられることが分かった。さらに2-ループの効果をも具体的に計算し、また、固有値間距離が短い場合には2点間相互作用は斥力へと転じることを見た。これらを総合すると、USp 行列模型では、オリエンティフォールディングの効果によって自然に上記4次元面近傍に時空点は安定し、4次元時空を生成する。

## ● 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、 $AdS_5 \times S^5$ 時空とは反de-Sitter時空( $AdS_5$ )と球面( $S^5$ )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-Shwarz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。