研究成果

吉岡礼治

行列模型

行列模型は非摂動論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論的に記述する 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 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

行列模型において、時空点はボソン的な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ことが示唆される。

AdS 超弦

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。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、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。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。

AGT 予想

4 次元のゲージ理論と 2 次元の共形場理論についての Alday-Gaiotto-Tachikawa(AGT) による成果によって、両者の対応関係が大きな注目を浴びた。4 次元 $\mathcal{N}=2$ ゲージ理論は、IIA 超紐理論の NS5 ブレーンとそれを境界とする D4 ブレーンを用いて構成でき、これらのブレーンは、どちらも M 理論における M5 ブレーンのコンパクト化によって得られる。M5 ブレーンは 6 次元の worldvolume を持ち、そのうちの 4 次元時空部分がゲージ理論を実現する。一方で、余分な 2 次元面がサイバーグ・ウィッテン曲線としてゲージ理論の低エネルギー有効理論を決定する役割を果たす。この 2 次元面の 90 度回転による変換のもとでのゲージ理論の対応を考察した。