研究成果

吉岡礼治

• 2d-4d 対応

2 次元共形場理論と 4 次元ゲージ理論との間に成り立つ対応関係が盛んに研究されている。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。WZW 模型と XYZ スピン鎖模型について、Ward-Takahashi 恒等式と Baxter TQ 方程式を用いて、両者の間の明確な対応関係を構築した。

また、2 次元の共形場理論における共形ブロックの積分表示の q 変型を実行し、その一般的表式を得た。これは AGT 対応によると 5 次元 SU(N) ゲージ理論の Nekrasov 分配関数と一致する。さらに、SU(2) の場合に q の root of unity 極限を考察し、少なくとも低いレベルでは ALE 空間での Nekrasov 分配関数と対応がつくことを確認した。一方で、共形場理論が持つ Virasoro 代数自体の q 変型を考えると q-Virasoro 代数の共形ブロックが構成可能である。q の様々な root of unity 極限をとることで、$\mathcal{N}=1$ の超 Virasoro 代数や parafermion の共形ブロックが統一的に導出できることが期待される。現在この研究が進行中である。

• 行列模型

• 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、行列模型は我々のすむ 4 次元時空を記述する可能性を有する。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。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、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示した。USp 行列模型では、時空点は上記 4 次元面近傍に安定し、4 次元時空を生成することをみた。