

## (2)-1 これまでの研究成果のまとめ

### 1 $qq$ 指標 [1]

Seiberg–Witten 曲線に対して、オメガ背景による変形を考える。これにより得られる変形パラメーターを含む Seiberg–Witten 曲線を  $qq$  指標と呼ぶ。我々は、この  $qq$  指標が toric A ブレーンを挿入した refined 位相的弦理論の分配関数で記述できることを示した。この結果は、 $qq$  指標が超弦理論において欠陥演算子に対応するブレーンを挿入した系によって記述できることを示唆している。さらに、toric A ブレーンを挿入する手続きとして「幾何転移」と呼ばれる開弦理論と閉弦理論の間に存在する双対性を用いたが、従来知られていた手続きには不備があることを指摘し、正しい答えを与える幾何転移の手続きを提案した。

### 2 非摂動効果を含む位相的弦理論 [2, 4]

位相的弦理論の非摂動的定式はミラー曲線と呼ばれる複素 1 次元多様体の量子化によって与えられる。そこで、我々は Local  $\mathcal{B}_3$  と呼ばれる toric Calabi–Yau 多様体に対応するミラー曲線の量子化を考えた [2]。その結果、このミラー曲線の量子化によって得られるミラー写像の複素部分が Hofstadter モデルを記述していることを示した。Hofstadter モデルは、バンドスペクトルがフラクタル構造を持つような 2 次元格子上的電子に対するモデルであり、古くから活発に研究されている。よってこの結果より、よく知られている Hofstadter モデルから位相的弦理論の非摂動的性質を調べられる。

また、私は非摂動効果を含む位相的弦理論において幾何転移が存在するかを調べた [4]。具体的には Local  $\mathcal{B}_3$  上の位相的弦理論と、resolved conifold にブレーンが挿入されている位相的弦理論の自由エネルギーを計算し、両者を比較した。その結果、適切にパラメーターの対応を与えることにより、両者の自由エネルギーが一致することを示した。この結果より、非摂動効果を含む位相的弦理論においても幾何転移を用いて解析することができる。

### 3 M-string [3, 5]

M 理論において、M5 ブレーンが複数枚重なった時の理論を解析すべく、M5 ブレーンを、M2 ブレーンを挿入することにより、少し離すことを考える。これにより、それらの境界には 1 次元空間に広がる物体が出現する。これを M-string と呼ぶ。この構成法から、M-string の分配関数は多重 M5 ブレーンの情報を含んでいることが示唆される。一方、M-string の分配関数は幾何工学を通じて位相的弦理論によって計算できる。そこで、私は  $A_1$  ALE 空間における M-string の分配関数を調べた [5]。その結果、Kähler parameter を特殊な値に取ると、M-string の超対称性が拡大することを示した。

また、我々は非局所演算子を挿入することによる M5 ブレーンの物理を解析すべく、上述の M2–M5 ブレーン系に表面演算子を挿入することを考えた [3]。これは新たに、上記の M5 ブレーンとは異なる方向に伸びる M5 ブレーンを挿入することに対応する。我々は、この時の M-string の分配関数は位相的弦理論において、toric A ブレーンが挿入された Calabi–Yau 多様体上の位相的弦理論の分配関数により与えられることを指摘した。この正当性を確かめるべく、我々は M-string 上に定義される 2 次元超対称ゲージ理論の分配関数を、局所化により求め、その結果と一致することを示した。

### 4 量子クエンチ [6]

非平衡系がどのように平衡系へ達するかを調べるために、エンタングルメントエントロピーの時間発展を解析した。ここでは厳密に解ける系として、時間依存する特殊な質量項を持つ 2 次元場の理論を考えた。その結果、平衡系へ達する時間を支配しているのは断熱過程がいつ破れるかであり、その時刻で準粒子が生成され、十分時間が経過すると体積則に従うことが解った。また、通常の統計力学と同様に、スケール則が存在が存在することも示した。さらに、質量項の定義によっては、エンタングルメントエントロピーが時間に対して振動することが解った。