

これまでの研究成果のまとめ

超弦理論は重力と素粒子の世界を統一する理論として盛んに研究されている。初期宇宙の振る舞いや時空の量子的構造を調べるには、この理論の非摂動的な性質を調べる必要がある。

そのような弦理論の非摂動的定式化のひとつに、弦の場の理論がある。特に Witten により提唱された **Chern-Simons** 型弦の場の理論 (CSFT) は、Chern-Simons ゲージ理論の超弦理論版といえるものである。Witten による有名な仕事により、Chern-Simons ゲージ理論から種々の結び目不変量を導出できることが知られているので、CSFT も弦理論の位相的構造を記述していると考えられる。

実際、CSFT の古典解として、奈良女子大学の高橋・谷本両氏によって得られたユニバーサル解と呼ばれるものが知られている。その解空間は、Chern-Simons 理論の平坦接続のモジュライ空間と対応する。

一方、開弦の理論においては、不安定 D-brane が安定な真空へと崩壊する際に起こるタキオン凝縮が盛んに研究されている。ユニバーサル解のモジュライ空間にはいくつかの特異点が存在し、これらの特異点は上記の安定な真空に対応すると考えられている。

私と共同研究者の高橋は、これまでにユニバーサル解に関連する研究を行い、いくつかの重要な成果を得ることができた。

論文 2 では、ユニバーサル解を真空とした理論を BRST 形式を用いてゲージ固定し、漸近的な物理的状態を求めた。特に、モジュライ空間の特異点においては、物理的状態は 0 または負のゴースト数を持ち、散乱振幅に寄与しないという結果 (no open string theorem) が得られた。この結果は、不安定 D-brane が崩壊するとともに、それに付随する開弦も消滅することを示している。

論文 3 では、不安定な D-p brane が閉弦を放出する過程の散乱振幅を、ゲージ不変な閉弦オペレーターを導入することにより求めた。開弦が時空中を伝搬することにより生成されるリーマン面 (ρ 平面) を複素上半平面 (z 平面) に移す写像を求めることにより、近似を用いずに散乱振幅を計算できた。さらに、閉弦演算子の振動子表示を用いてこの振幅を計算した結果、共形写像により得られた結果と一致することも示せた。この散乱振幅の表式を CSFT の Feynmann ルールから導出したのは本論文が初めてである。

瀬々 将吏

大阪市立大学大学院 理学研究科