

研究成果

ゲージ/弦対応を理解するために、タイプ IIB 行列模型とタイプ IIA 超弦理論との間の対応関係に注目した。行列模型による時空の生成機構を明らかにするためには模型の摂動論的/非摂動論的側面双方からのアプローチが不可欠であり、そのためには行列模型による摂動論的な弦の記述方法を明らかにすることが重要である。様々な記述方法が提案されている中で、行列模型の有効理論として現れる 2 次元の超対称性を $\mathcal{N} = 8$ 持った非可換空間上のゲージ理論に注目して以下の解析を行なった。

- 2 次元非可換空間上のゲージ理論から Green-Schwarz 型のタイプ IIA 光円錐-超弦理論を導き出した。まず、弦の作用を非可換空間上のゲージ理論の低エネルギー極限で導き出し、さらに光円錐弦の持つ超対称変換を行列模型の超対称変換から得た [3]。弦の摂動論的な散乱振幅の計算は行列模型で構成された頂点演算子を用いて行なうことができる [2]。非可換パラメータが弦理論のスケールを決定しているという視点が特に我々の研究で特徴的な点である。また、弦の多体系を記述する作用も構成することができ、その低エネルギー領域での振る舞いを解析し、特に弦の結合定数とこの理論を記述するパラメータとの間の関係を明らかにした [1]。

一方、行列模型ではその固有地分布から 4 次元的な広がりを持った多様体が自然に得られるため、我々の 4 次元時空が行列模型により記述されている可能性が考察されており、様々な角度から研究されている。このとき 4 次元時空上の有効理論はゲージ理論だけではなく重力理論も記述していると考えられるが、特に我々の時空と整合的な形で 4 次元重力理論を導き出そうとすると様々な困難が出現し、その解決方法として様々な可能性が模索されている。我々は 4 次元で $\mathcal{N} = 4$ の超対称性を持った非可換空間上のゲージ理論に注目して解析を行なった。解析の結果、非可換空間上に局在していると思われる 4 次元的に振舞う重力子の伝播関数の存在を示し、以下の 2 本の論文にまとめた。

- 群 G/H で定義された 4 次元的に広がった空間上で重力子の頂点演算子の 2 点相関関数の振る舞いが運動量の 2 乗に逆比例することを示した [5]。解析における特徴的な点としては、結果が G/H の群の選び方に依らず、正則化の仕方に依らない普遍的な結論である点が挙げられる。

- 非可換ゲージ理論にはゲージ/重力双対性に基づいた双対な重力理論が存在することが知られている。我々は双対な重力理論において、重力モードの Green 関数に対して非可換スケールで Neumann 型境界条件を課すことにより、Green 関数が $\frac{1}{(\text{運動量})^2}$ と振舞うことを示した [4]。この結果はゲージ理論の強結合領域においても弱結合領域と同様に重力子の伝播関数が D3 ブレーンに局在していることを示唆している。

これらの研究 [1,2,3,4,5] は北澤良久氏 (高エネルギー加速器研究機構) と共同で行なった。

D ブレーンは現象論的に様々なモデルを構築し物理現象を考察する系として活用されるようになってきたが、そのダイナミクスはかなり基本的な部分でも十分に理解されているとは言い難い。その一例として D ブレーンの組み換えがある。組み換えはマトリックス弦理論の観点からもその相互作用を実現する重要な過程として認識されている。そこで我々は次のような解析を行なった。

- 微小な角度で交差している 2 本の D1 ブレーンを Yang-Mills 理論の古典解で表し、交点に局在化したタキオンモードを求め、その凝縮によって交差 D ブレーンの組み換えが起こることを示した [9]。この研究は橋本幸士氏 (東大総合文化) と共同で行なった。