研究計画

吉岡礼治

これまでに行ってきた研究をもとにさらに超弦理論の非摂動論的な性質についての研究を行う。特に、行列模型は非摂動効果を取り入れた超弦理論の構成論的定式化となっており、大変興味深い。また、時空座標が理論に力学変数として組み込まれ、時空の構造は行列の固有値分布によって決定される。そこで、特に 4 次元時空の生成・時空と素粒子の統一的な取扱いへ向けて、行列模型の研究を進める。さらに強結合と弱結合の入れ替えに対して、重力理論とゲージ理論が等価な理論であることを主張するゲージ/重力対応へ応用していく。このゲージ/重力対応の研究においては、両者を含む弦理論あるいは行列模型がは強力な道具として用いられることになる。以下で、内容について簡単に述べる。

- **コンパクト化**

行列模型は通常、10 次元時空において定義されるから、現実的には 4 次元時空へのコンパクト化が必要不可欠となっている。そのとき、コンパクト化のための補助的な条件を外から付け加える必要が生じる。現在までに、$\mathbb{C}^3/\mathbb{Z}_3$ オービフォールドについての考察を行なってきた。同様な方法で、その他のオービフォールド、コンパクト化に対しての考察を続けていく。一方で、外部からコンパクト化の条件を導入することなく、行列模型が本来持っている 10 次元 Lorentz 対称性の自発的破れについての研究を行なう。

- **4 次元時空生成**

USp 行列模型は IIB 行列模型に対して超対称性を最大限維持しながら、オリエンティフォールドを行うものであり、$T^6/\mathbb{Z}_2$ コンパクト化した I 型超弦理論を構成論的に定義する模型として提唱された。USp 行列模型の固有値に対する有効作用において、時空点間の相互作用に加え、相互作用には方向依存性が生じる結果を得たことから、この模型においては、時空構造は当然その方向性を継承する。Berry 位相の研究からも、USp 行列模型には 4 次元的にひろがりを持った物体が背景にあると示唆されている。

これら結果をさらに確固たるものとしていくために、計算機も活用しながら固有値分布や固有値間距離の期待値等を実際に計算していく。このように数値的な観点からの研究も取り入れ、オリエンティフォールディング及び行列模型により生成される時空の配位を調べ、4 次元時空出現の可能性を探る。

- **分配関数 (自由エネルギー) の計算**

行列模型に対する分配関数の厳密な評価を行いたい。この計算を実行するために、Moore-Nekrasov-Shatashvili の処方箋を用いる。この方法では、行列模型を CohFT(コホモロジカルな場の理論) に移行し、分配関数の計算は比較的に簡単な積分へと変化する。実際、「研究成果」で述べたように、より単純な形をもつ 4 次元行列模型の分配関数を、この方法で計算した。既に、USp 行列模型の作用も矛盾なく、CohFT の形で書くことができることを示したので、この研究の中で編み出された方法を、特に、USp 行列模型の分配関数 (自由エネルギー) の計算へと適用していく。この計算により、出現する時空の安定性を調べることが可能となる。

- **ラージ N 極限**

上で述べてきた研究が行列模型の表わす時空の構造を調べていくものだったのに対して、この研究では、ゲージ/重力対応への応用を目的とする。ゲージ理論の 0 次元への次元縮小で得られる行列模型は、行列のサイズを無限大にする極限 (ラージ N 極限、planar 極限) で、元のゲージ理論と等価である。そこで、行列模型を用いれば、ゲージ理論を非摂動的に取り扱うことができるので、上の研究で培った成果を用い、重力理論との双対性について調べる。