

今後の研究計画

素粒子の標準模型は、重力を含まず統一理論としては未完成である。量子重力理論の最有力候補は弦理論であるが、非摂動的定義がないため、予言能力がない。私は行列模型を基に弦理論の非摂動的定義の候補を調べ、最終的には宇宙開闢や時空構造など、我々の宇宙に対する根源的な理解をしたいと考えている。以下に主な研究項目を挙げる。いずれも簡単ではないが、一部ではすでに結果が出つつあり、3年以内に結果を出したい。また、四年前に名古屋大学で resurgence の専門家 Mithat Ünsal 氏を招聘したように、今後も学内はもちろん国内外の研究者と積極的に議論、共同研究をしていくつもりである。

1. ランダム行列理論による超対称行列模型の高次相関関数

我々の最近の研究により、私がここ数年研究してきた超対称行列模型の相関関数が、ランダム行列の $1/N$ 展開に関する確率論の結果を用いることにより、系統的に求まることが明らかになってきた。この解析を進め、 $1/N$ 展開の高次かつ多点の相関関数の表式を与える。この行列模型は先行研究により 2次元の超弦理論との等価性が指摘されているので、この結果は超弦理論の高種数の相関関数に対する予言を与え、かつ超リーマン面のモジュライの取り扱いなど、超弦理論側の計算法に対する不定性の解決にも役立つと期待される。

2. Resurgence を用いた超対称性の自発的破れの解析

近年 resurgence が数学的にも物理的にも注目され始めている。これは摂動級数解から理論の無矛盾性によって非摂動解の情報が基本的に全て得られるという驚くべき主張で、弦理論にも適用され始めている。一方、1.で述べたように我々の超対称行列模型の相関関数が摂動展開の任意の次数まで求まることが判明した。そこでこの摂動級数に resurgence を適用し、我々の行列模型における非摂動効果の情報を得る。この行列模型においては非摂動効果によって超対称性の自発的破れが起こることが証明されており、resurgence の解析から tension や collective mode の数など非摂動的物体の情報を読み取り、どのような brane が生成あるいは凝縮しているのかなど、超対称性の破れの物理的描像を明らかにする。

3. 重力場中の弦の運動、ランダムウォークの解析

スカラー場の伝播と粒子のランダムウォークの等価性はよく知られているが、弦の伝播は明らかになっていない。ランダム面の伝播を一般の時空で記述する枠組みが知られていないためである。この問題は未解明のゲージ理論の上部臨界次元と深い関わりがある。一方、転移温度付近の弦の振舞は重力場中のランダムウォークで記述される可能性がある。弦が広がった物体であり、局所的な時間発展が可能であることに着目し、Schwinger-Dyson 方程式、確率過程量子化、ゲージ理論のループ方程式などとの関連を明らかにしながら、一般の重力場中のランダム面、ランダムウォークの運動を決定する(微分)方程式を定める。

また一昨年度まで香川高専の数学科の方々と「代数的整数論」を輪講しており、整数論、ランダム行列理論全ての知識を持つ研究者として古典・量子カオスの研究にも着手したい。