

Quantum gravity equation in large N Yang-Mills quantum mechanics

筑波大学数理物質科学研究科 松尾 俊寛

E-mail: tmatsuo@het.ph.tsukuba.ac.jp

量子重力理論を定式化し理解する、というのは理論物理に残された大きな問題の一つである。それは統一理論の構成という観点から重要であり、また、初期宇宙を記述する理論として重要である。ストリング理論、その行列模型が有望な候補であるが、不十分である。例えば摂動的に定式化されているストリング理論は、背景場が劇的に変化する宇宙論的現象に対して有効な枠組みではない。また、行列模型も、そこから現実に関連した具体的な物理量を引き出すための計算方法がわかっていない。このような状況のなかで、[1]において行列模型が重力を直接記述すること、つまり、多様体上の共変微分を行列として表現できる事が示された。著者らはこの手法を IKKT 行列模型に適用し、古典作用から導かれる運動方程式がアインシュタイン方程式になることを示した。問題はこの枠組みの中で量子力学をどう扱うかである。

ここではそのアイデアを $0+1$ 次元行列模型 (BFSS 行列模型) に適用する事を考える。この模型は適当なゲージ条件のもとで d 個の時間依存する行列からなる力学系となる。行列は d 次元多様体上の (時間依存する) 共変微分として解釈される。時間をはじめから含むこの理論ではシュレディンガー方程式をたてる事が (少なくとも形式的には) 容易である。行列の共変微分としての解釈をハミルトニアンに適用し、量子化することにより時空の量子的なダイナミクスを記述するシュレディンガー方程式を得るのである。しかし得られた表式は高度に形式的であり実際に解くことはできない。そこで我々は、一つの行列で表される 2 次元時空の玩具模型を考え、そのダイナミクスを mini-superspace 模型として調べた。時間に依存しないシュレディンガー方程式の解析解から適当な波束を構成し、規格化可能で正則な波動関数が得られることを示した。この波動関数を用いて時空計量や焔率の期待値や分散を求め、この時空の量子的な振る舞いについて調べた。結果そのものに物理的意義はないのでここでは述べないが、同様の手法をより現実的な (例えば時空次元が 2 より大きな) 模型に適用する事で、理論の理解を進めることができるかもしれない。運が良ければそこから我々の宇宙の発展についてなんらかの知見が得られるかもしれない。

この講演は、富野弾 (国立台湾師範大)、Wen-Yu Wen (国立台湾大)、瀬々将吏 (横手清陵学院高)、各氏との共同研究 [2] に基づく。共同研究に感謝します。

References

- [1] M. Hanada, H. Kawai and Y. Kimura, "Describing curved spaces by matrices," Prog. Theor. Phys. **114** (2006) 1295 [arXiv:hep-th/0508211].
- [2] T. Matsuo, D. Tomino, W. Y. Wen and S. Zeze, "Quantum gravity equation in large N Yang-Mills quantum mechanics," arXiv:0807.1186 [hep-th].