

2020年度

京都大学大学院理学研究科

修士課程（9月修了予定）

修士論文アブストラクト

物理学第二分野

修士論文発表会

日時：2020年7月29日（水）10：30～

場所：第4講義室とZoomの併用

発表時間：15分 + 5分（質問）

1、正準テンソル模型の数値解析とスペクトル幾何 河野 泰弦（10：30）

正準テンソル模型の数値解析とスペクトル幾何

基礎物理学研究所 河野泰弦

Abstract The canonical tensor model is one of the models of quantum gravity theory, and its dynamical variables are third-order real symmetric tensors. In this study, we use spectral geometry to give a correspondence between this tensor and the geometry of space-time.

© 2020 Department of Physics, Kyoto University

正準テンソル模型は量子重力理論のモデルの一つ[1, 2]であり、時空を記述する力学変数として $O(N)$ での変換に従う N 次元3階実対称テンソル P_{abc} （およびその正準共役量 Q_{abc} ）を用いるものである。このテンソル P_{abc} は、物理的にはCauchy超曲面上の関数環を特徴付ける構造定数と考えるとよく、特に次元 N が有限の場合にはCauchy超曲面を近似するファジー空間に対応する。しかしこれまで、Cauchy超曲面としてのRiemann多様体とテンソルのデータとの具体的な変換規則についてはよく分かっていなかった。

筆者が関わった先行研究[3]では、Riemann多様体がコンパクトである場合に関数空間の基底がLaplace-Beltrami演算子の固有関数で張られるという事実を用いることで、対応するテンソルを具体的に構成する方法を提案した。そして特に対称性が高く解析的な取り扱いが可能ないくつかのRiemann多様体について、実際に固有関数を用意してテンソルのデータを得た。またテンソルのランク分解という手法を用いることで、逆にテンソルから元の多様体に対応するファジー空間を再現できることを確認した。この手法はコンパクトRiemann多様体の次元、境界の有無と境界条件、曲率の有無、向き付け可能性といった様々な特徴によらず普遍的に適用できた (Fig. 1)。

さて、今述べた手法はうまく働くものではあったが、一般の多様体を考える場合には固有関数を得るのが非常に困難なため扱いにくく、計量や曲率といった局所的幾何学量とテンソルとの関係も見えないという不満があった。本研究ではその解決策として熱核展開を用いたテンソルの表示について検討し、その手法をいくつかの多様体に適用した結果、Laplace-Beltrami演算子のスペクトルやVoronoiセルの体積、曲率の積分、境界がある場合には境界の体積といった幾何学量が良い精度で求められる事を数値計算で確かめた。

本論の構成は次のようになっている。まず量子重力理論の現状と正準テンソル模型についてレビューする。続いて、Laplace-Beltrami演算子のもつ性質とスペクトル幾何の一般論を説明する。次に先行研究での固有関数を用いたアプローチとその結果をレビューした後、本研究の主題である熱核を用いたアプローチおよびそこから得られた結果をまとめる。

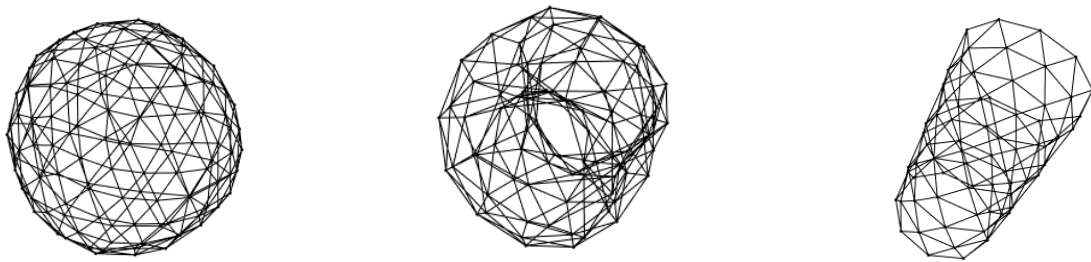


Fig. 1. Examples of fuzzy spaces constructed using eigenfunctions. From left to right: 2-sphere, 2-torus, and cylinder.

References

- [1] N. Sasakura, *Int. J. Mod. Phys. A* 27, 1250020 (2012).
- [2] N. Sasakura, *Int. J. Mod. Phys. A* 27, 1250096 (2012).
- [3] T. Kawano, D. Obster, and N. Sasakura, *Phys. Rev. D* 97 (2018) 12, 124061