

今後の研究計画

森澤理之

概接触構造を用いたアインシュタイン方程式の厳密解の構成に関するもの

アインシュタイン方程式の厳密解の構成において、計量の形を仮定して解くために何らかの対称性を課したり、対称性により簡約化された方程式系において厳密解を他の厳密解に写す変換を行ったりすることがしばしば行われる。しかし、現実の物理系は厳密な対称性を持っているわけではない。

対称性に基つかない厳密解の構成方法として、概接触構造をもつ 3 次元の空間もしくは時空から対称性の乏しい 4 次元時空の厳密解を構成する新しいアプローチを、共同研究者らとともに検討している。この方法を用いれば、一様等方宇宙モデルであるフリードマン・ルメートル・ロバートソン・ウォーカー計量を非一様非等方化したり、静的球対称なブラックホール解であるシュバルツシルト計量を非球対称化したりといった、宇宙ひもを含む物質を伴うアインシュタイン方程式の厳密解を構成することが可能である。本研究では厳密解の非一様化の包括的な枠組みを構築するとともに、得られた解の物理的な性質について明らかにする。

ループ量子重力と複雑性に関するもの

ループ量子重力は非摂動的で背景時空に依存しない一般相対論の量子化の試みのひとつである。ループ重力では、スピネットワーク状態が状態空間の正規直交基底を張っている。スピネットワーク状態はスピネットワークでラベルされた状態で、スピネットワークとは各辺に「スピン」と呼ばれる半整数が乗ったグラフであり、各頂点に集まる辺のスピンの間には簡単な関係式による制約がある。ループ重力では、幾何学的な演算子（面積演算子や体積演算子）が構成され、スピネットワーク状態がその固有ベクトルになっていて、固有値（すなわち面積や体積）は離散的な値を取る。

ループ重力における体積演算子の性質を情報的な観点から見ると、次のようなことが示唆される：情報処理を行うためには必要最小限の体積が存在する、あるいは空間の領域中に含まれる論理ゲートの個数は体積によって制限される。これはあたかも、近年、量子情報の文脈において言われる「複雑性は体積」だというコンジェクチャーと同じことを言っているように見える。

このように、ループ重力もしくはスピネットワーク状態を土台とした量子情報や量子計算について論じ、特にその複雑性について議論したい。