

物理・数学



キーワード：超弦理論、数値シミュレーション、符号問題

数値シミュレーションによる超弦理論の行列模型の研究

理工学部 都市環境工学科 准教授

東 武大 AZUMA Takehiro

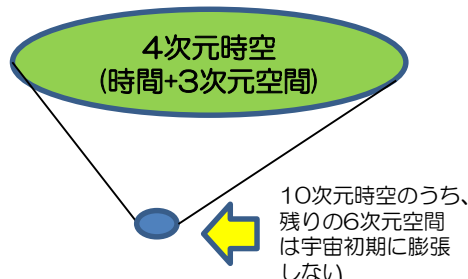
研究の内容

超弦理論は弱い相互作用、強い相互作用、電磁相互作用に加えて、重力相互作用を統一的に記述する理論の有力な候補です。超弦理論の摂動論によらない定式化として、IKKT行列模型が提唱されています。私はこれまで、主に行列模型の数値計算を通して私たちの住んでいる宇宙が生成される仕組みについて研究してきました。

超弦理論は数学的な整合性から時間1次元+空間9次元の10次元時空で定義されます。このことから宇宙初期では空間が9次元に広がっており、宇宙膨張の過程で空間の3次元方向のみが膨張したと考えられます。IKKT行列模型を数値的に解析する上では、分配関数が複素数になることから所謂『符号問題』に直面します。符号問題を持つ系を数値的に扱う上で有用な方法として、『因子化法』や『複素ランジュバン法』等があります。

特に『複素ランジュバン法』に関しては、近年の研究で経路積分と等価な正しい結論を導くための条件について理解が進んでおります。

時間 t を虚時間 $-it$ に読み替えず、実時間として扱うローレンツ時空上でのIKKT行列模型の数値計算では、宇宙初期における3次元方向の膨張を示唆する結果が先行研究で得られました。数値計算を通して宇宙膨張の時間発展について調べることで、輻射優勢、物質優勢等の宇宙膨張の仕組みについて調べたいと思います。



スーパーコンピュータ「富岳」
(理化学研究所様より引用)

産学連携・社会連携へのアピールポイント

符号問題は様々な興味深い物理系で現れる問題であり、複素ランジュバン法などによる数値解析は幅広い分野に役立つと考えられます。グラスマン数で記述されるフェルミオンを含んだ行列模型の数値計算で現れる1次連立方程式 $Aw=v$ では、 A は成分の大多数が0で巨大な正方行列です(典型的には5000行5000列程度)

これを解く上で用いる共役勾配法等の手法は、自然科学で多くの応用があります。こうした大規模計算に向けては、スーパーコンピュータの使用も視野に入れております。

基礎理工学機構

URL : <http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~takehiro.azuma/index.html>

