

Complex Langevin analysis of the spontaneous rotational symmetry breaking in the dimensionally-reduced super-Yang-Mills models

NTUA^A 摂南大^B KEK^C 総研大^D

Konstantinos N. Anagnostopoulos^A, 東武大^B, 伊藤祐太^C, 西村淳^{C,D},
Stratos Kovalkov Papadoudis^A

Complex Langevin analysis of the spontaneous rotational symmetry breaking in the dimensionally-reduced super-Yang-Mills models

^ANTUA, ^BSetsunan Univ., ^CKEK, ^DSOKENDAI

Konstantinos N. Anagnostopoulos^A, Takehiro Azuma^B, Yuta Ito^C,
Jun Nishimura^{C,D} and Stratos Kovalkov Papadoudis^A

超弦理論は 10 次元時空でのみ整合性を持って定義され、私達の住んでいる 4 次元時空は残りの 6 次元がコンパクト化されたものだと考えられている。IIB 型行列模型は、超弦理論の非摂動的定式化の有力な候補である。IIB 型行列模型では、ボゾンのエルミート行列の固有値が時空として解釈され、どのような時空が実現するかが模型の力学的性質によって決定される。

ユークリッド時空上での IIB 型行列模型では、フェルミオンを積分して得られるパフィアンは複素数である。そのため数値的に扱う際にはいわゆる「符号問題」に直面し困難を伴う。その一方で複素数の位相の部分が時空の回転対称性の破れを起し低い次元の時空を生成するうえで本質的な役割を果たすことが知られている。この回転対称性の破れは位相の部分を落として絶対値をとった模型では生じることがないため、回転対称性を数値的に調べる上では符号問題は避けては通れない。

このような符号問題を持つ系の数値解析の手法に、力学変数を複素化して仮想的な時間発展を表すランジュバン方程式を解く「複素ランジュバン法」がある。この数値結果が経路積分と等価になるかどうかは自明ではなく間違った値に収束する可能性があるが、近年の様々な研究により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急速に理解が進んでいる。この研究では、単純化した 6 次元のユークリッド時空上の IIB 型行列模型について複素ランジュバン法を適用し、数値解析を行った。IIB 型行列模型のガウス展開法による近似計算から、生じる時空が 3 次元であり、広がった方向と潰れた方向の広がりの方が有限であることが示唆されているが、複素ランジュバン法を用いた数値計算によりこれらの力学的性質が再現できるかどうかを検証した。