

Title	Numerical Renormalization Group Study for Classical Non-Equilibrium Systems and Quantum Spin Systems
Author(s)	日永田, 泰啓
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41595
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	ひ えい た やす ひる 日 永 田 泰 啓
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 1 4 3 7 9 号
学位授与年月日	平成11年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Numerical Renormalization Group Study for Classical Non-Equilibrium Systems and Quantum Spin Systems (数値くりこみ法による古典非平衡系及び量子スピン系に対する研究)
論文審査委員	(主査) 教授 阿久津 泰弘
	(副査) 教授 赤井 久純 教授 宮下 精二 助教授 菊池 誠 助教授 松川 宏

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、古典非平衡系及び高次元量子スピン系に適用できるように数値くりこみ法 (NR) を拡張する研究の成果を述べる。

NR のうち本論文で扱うものは、密度行列くりこみ群の方法 (DMRG) 及び積波動関数くりこみ群の方法 (PWFRG) である。DMRG は、1次元量子スピン系 (1DQSS) を解析する新しい方法として生まれた。その後、2次元古典統計系 (2DCSS) の転送行列 (TM) にも適用可能であることが指摘された。続いて DMRG を加速した方法として PWFRG が提案された。NR は、今や 1DQSS・2DCSS を解析する際の有力な方法の一つとなっている。

NR を用いたこれまでの研究対象は平衡系のみであった。本論文の前半では、1次元古典非平衡系である非対称排他過程 (ASEP) 模型の一つを扱う。この模型の時間発展演算子は TM と見なせる。この TM の最大固有ベクトルが定常確率分布 (SPD) である。NR は 2DCSS の TM の最大固有ベクトルを「小さな」行列の積の形で変分する方法である。SPD が有限次元行列の積で厳密に表せるのに十分な条件 (模型のパラメータの関係式) は「強い」条件しか知られておらず、一般には無限次元行列の積となると考えられる。従って ASEP に対する NR の有効性は自明ではない。本論文前半ではこの有効性を調べた。その為にはこれまでの NR を拡張せねばならない。第一に TM が一般に非対称となるのでこれを扱えるような NR の拡張が必要である。第二に ASEP では TM の最大固有状態ベクトルそのものが SPD になっており、1DQSS や 2DCSS とは事情が違う。これらの点に注意して拡張を行った結果、定常状態での 1 点関数 (density profile) を充分良い精度で得られることがわかった。本研究の〈NR を用いるアプローチ〉は非平衡系の研究に新たな道を開くと期待される。

1DQSS (2DCSS) に対する NR は基底状態ベクトル (最大固有ベクトル) を「行列積」の形で変分する方法であった。本論文後半でのテーマ高次元量子スピン系への NR の拡張-においては、「行列積」での変分から「テンソル積」での変分への一般化が第1の鍵となる。物理量を求める際には基底状態ベクトルのノルムが必要となる。基底状態ベクトルを「テンソル積」で表せたならば、そのノルムは 2DCSS である vertex model の分配関数とみなせる。これが第2の鍵となる。この分配関数に対し TM を導入する (ただし、ここでの TM も一般に非対称になる為、扱うのに工夫が必要である)。これが第3の鍵である。しかしながら第2の鍵において、「テンソル積」のテンソルをいかに改良するか-すなわち高次元模型に対する変分関数をいかに改良するか-という問題に対する一般的な処方箋は未だ明らかでない。そこで高次元への拡張の第1歩として、テンソルの形が陽に知られている模型である2次元

(deformed) valence bond solid (VBS) 模型を扱った。そのノルムを構成する TM に NR を適用することにより相関長、副格子磁化を得ることができた。六角格子上 ($S=3/2$) の非等方的に変形された模型に対しては、非等方的変形パラメータの関数としての相関長のふるまいが 1 次元 VBS 模型のものと大変似ているという発見が為された。

論文審査の結果の要旨

日永田泰啓氏は新たに拡張した数値繰り込み群手法を用いて 1 次元古典非平衡系および 2 次元量子反強磁性体の研究を行った。前者に関しては、1 次元非対称排除過程をとりあげ、従来の行列積仮説が適用できない領域における非平衡定常分布関数を求めた。後者に関しては、テンソル積型波動関数で記述される基底状態をもつ模型に対し、絶対零度における副格子磁化および相関長を極めて高い精度で得ると同時に、異方性誘起 2 次相転移のユニバーサリティークラスを決定した。これらの成果は低次元多体問題研究の発展に多大な寄与をするものであり、博士（理学）の学位論文として十分価値のあるものと認める。