

第8回信州関数解析シンポジウム

アブストラクト

大輪拓也（九州工業大学・招待講演）

イジングマシンの研究開発と応用

組合せ最適化問題をイジングモデルに変換して解く専用機の開発が近年盛んであり、そのような専用機はしばしばイジングマシンと呼ばれる。本講演では、イジングマシンに関する研究開発の状況や活用例を紹介する。

山口智明（Tokyo Quantum Computing・招待講演）

量子アニーリングと古典アニーリング

最適化問題を解くために、乱雑な状態から秩序ある状態に徐々にパラメータを変化させて問題を解くアニーリングという手法を用いる際、量子力学的なパラメータを用いる量子アニーリングと、量子力学的なパラメータを用いない古典アニーリングの、どちらが良いであろうか。量子アニーリングと古典アニーリングとを比較するためのアニーリングスケジュールを提案したものが出版されたので、その内容をご紹介したい。この研究は理論研究である。

大久保潤（埼玉大学・招待講演）

双対を用いた計算について

フーリエ変換を始めとして、双対という概念は様々な分野で利用されている。本講演では双対に関わる2つの最近の研究について紹介する。1つは量子アニーリング専用ハードウェアなどで用いられるイジング形式に関する話題である。最適化問題を専用ハードウェアで解くためにはイジング形式での定式化が必要となるが、与えられた関数をイジング形

式に変換する一般的な方法は知られていない。ここでは Legendre 変換および Wolfe の双対定理を用いた変換方法について説明する。2つめの話題は確率微分方程式に対する双対確率過程を用いた計算の枠組みである。双対となる出生死滅過程を利用することで、確率微分方程式に対するモーメント等を計算できることが以前から知られていた。ここでは部分積分等の初等的な数学を用いた双対過程の導出方法を紹介し、双対過程の数理をどのように工学的に利用できるのか、その特徴などについて議論したい。

宇佐美京介（信州大学 M1・招待講演）

対相互作用モデルを対角化する Bogoliubov 変換の構成

対相互作用モデルのハミルトニアンは散乱理論を経由し、Bogoliubov 変換を用いることによって対角化されることが知られている。本講演では対相互作用モデルを対角化する Bogoliubov 変換を散乱理論を経由せずに代数的に構成し、その結果現れる第二量子化作用素の明確な形をあたえる。なお、本研究は佐々木格氏、松澤泰道氏との協同研究である。

山田直貴（信州大学 M2）・河邊 淳（信州大学）

非加法的測度が定める測度収束による可測関数空間の完備性

非加法的測度は必ずしも加法的とは限らない単調増加な集合関数であり、その理論研究の一つの目的は、測度の加法性をより弱い現実的な条件に置き換え、構成要素間の相互作用の影響が排除できないモデルの解析に適用できるように測度論を再構築することである。今回は、非加法的測度が定める測度収束に関して、その基本列が常に収束するために非加法的測度に課すべき特性を見出し、可測関数空間の測度収束に関する完備性の証明に応用する。

伊崎秀範（信州大学 M2）・河邊 淳（信州大学）

Choquet 積分が定める L^p 空間の完備性

非加法的測度による積算概念である非線形積分の中で、Choquet 積分は理論と応用の両面でとりわけ重要である。今回は、Lebesgue 積分の代わりに Choquet 積分を用いて L^p 空間とその空間上の gauge を定義し、この空間が gauge に関して完備となるために非加法的測度に課すべき十分条件を見出す。また、gauge が擬ノルムとなるための条件について

ても考察する。

新井朝雄（北海道大学・招待講演）

ラムシフトの数学的基礎について

ラムシフトとは水素原子の $2S_{1/2}$ 状態のエネルギーと $2P_{1/2}$ 状態のエネルギーの差のことである。これは、たいへん微小な量であり、量子電磁場と電子との相互作用を考慮しない非相対論的量子力学—シュレーディンガー理論—やディラックの相対論的量子力学では説明できない。物理では、ラムシフトは、量子電磁場と電子との相互作用を取り入れて定式化される量子電磁力学 (quantum electrodynamics, QED) を用いて、形式的摂動論の範疇で説明されている。しかし、本来の相対論的 QED の数学的存在は証明されていないので、ラムシフトの数学的に厳密な観点からの完全な解明は、相対論的 QED の数学的に厳密な構成とともに、数学・数理物理学における重要な未解決問題の一つとして残されている。本講演では、ラムシフトに関する物理的な議論からはじめて、これまでになされてきた、ラムシフトの数学的基礎づけの研究についてレビューを行う。

齋藤溪（横浜国立大学・招待講演）

有限次元 split-step 量子ウォークの二相系における固有値解析

離散時間量子ウォークの二相系の研究において、無限次元である整数格子上的モデルについては弱収束定理・極限分布といった結果は多々知られている。これに対し、有限次元であるサイクル上のモデルについては、その周期境界条件の影響により解析が困難となり、Balu et al. (2018) などといった数値計算による結果しか知られていない。本研究は、量子ウォークのスペクトル写像定理を用いることにより、Balu et al. のモデルにおける時間発展作用素の固有値を導出することに成功した。特に本講演ではそれを用いることで得られた長時間平均分布に関するいくつかの結果を紹介する。

大野博道（信州大学）

量子ウォークと量子マルコフ連鎖

本講演では量子ウォークと量子マルコフ連鎖の関連性について解説する。Accardi によって定義された量子マルコフ連鎖の解説から始めて、その具体例や解析の際に現れた問

題点などを述べる。また、量子ウォークが量子マルコフ連鎖の一つであることを示し、これら2つの相違点や共通点について考察する。