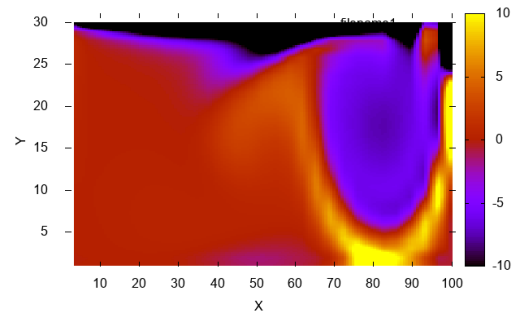


物性理論教室

1 矩形キャビティ中の流体の数値解析

キャビティ流れとは一般的に空洞やくぼみなどの内部の流れのことであり、非常に身近で重要な流れ現象である。本研究では矩形キャビティ中の流体の流れを流れ関数-渦度法を用いて数値計算を行い、内部での流れと渦の様子を示した。具体的にキャビティの縦横の大きさを変化させることで長方形の形を変え、レイノルズ数 400 と 4000 の場合でそれぞれの流れをシミュレーションした。その結果、高レイノルズ数において渦に乱れが生じ、乱流とよばれる現象をとらえることができた。

宮入 真菜

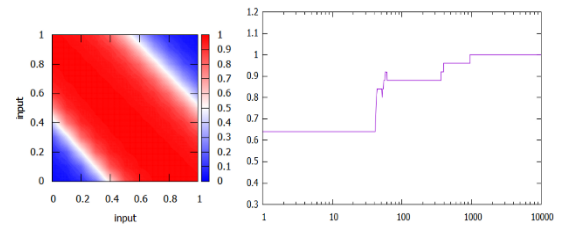


高レイノルズ数における乱流の様子

2 多層パーセプトロンにおける活性化関数による機械学習の研究

本研究では、ニューラルネットワークの 1 種である層状ネットワークのパーセプトロンにおける学習を行う。線形分離不可能な識別問題について多層パーセプトロンを用いて機械学習を行い、正しく分類できることが確認できた。次に、学習回数と正答率の関係を活性化関数を変えて調べた。その結果、ランプ関数の方がシグモイド関数に比べて、より少ない学習回数で正答率が高くなることが分かった。これは、本研究で学習させた問題が簡単な二次関数であったため、計算効率の良いランプ関数が適していたためであると考えられる。

小川 統士騎

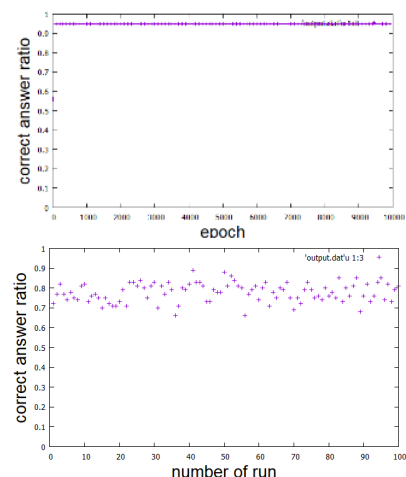


多層パーセプトロンによる排他的論理和の分類結果(左)学習回数に対する正答率(右)

3 機械学習を用いた 3 次元空間の識別問題に対する研究

パーセプトロンとは人間の脳の神経細胞を数理モデル化した形式ニューロンと呼ばれるものを入力層、中間層、出力層の三層構造になるようにネットワーク状につながりものである。中間層は無いものを単層パーセプトロンと呼び非線形問題を解くことができない。また中間層があるものを多層パーセプトロンと呼び非線形問題を解くことができる。本研究では 3 次元空間の任意の点を 100 点識別する問題を単層パーセプトロンと多層パーセプトロンで学習させた。結果、単層パーセプトロンでは学習することができず、多層パーセプトロンでは学習できた。また最終的に求めた重みで学習させていない別の 100 点を識別させることもできた。

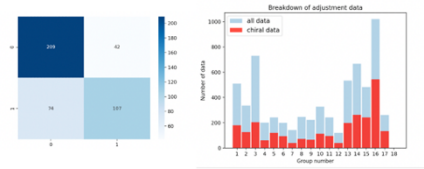
吉富 菜々



4 ニューラルネットワークを用いた結晶構造解析

片桐 杏奈

結晶構造にキラリティをもつ物質は、右手系と左手系で生物に対する作用が大きく異なる。本研究では、このキララル物質を得るための条件を、ニューラルネットワークによる分類モデルを用いて調べた。化合物データベースからキララル物質、アキララル物質の元素情報を得て、多層ニューラルネットワークによる機械学習を行った。その結果、最も良いネットワークは3元化合物に対して、正解率 73.1%、適合率 71.8%の判定性能を示した。このネットワークを用い、信頼できるデータの範囲内で、3種類の元素の組み合わせを試したところ、キララル物質である可能性が高い未知の元素の組み合わせを得ることができた。

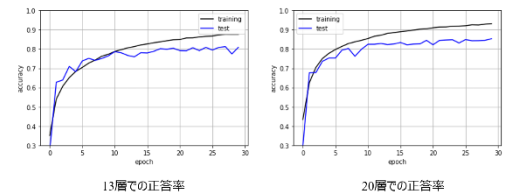


(左)混同行列
未知のデータで作成した
(右)調整データの内訳(族番号)
青が全データ、赤がキララルデータ

5 畳み込みニューラルネットワークによる画像認識

関 駿吾

本研究では、ネットからダウンロードできるデータセット「CIFAR-10」を対象に畳み込みニューラルネットワークによる画像認識において、学習の効果を数値的に研究した。ネットワークは20層の深さまで解析を行った。その結果、学習の精度及び正答率を上げるには、層の深さだけでなく特定のデータに過剰に適合しすぎるのを防ぐために設定するパラメータや、画像の特徴を捉えるための層や画像を分類するための層で設定するパラメータなど学習に関わるパラメータを適切に組み合わせるとわかった。



(左) 13層でのデータ正答率と学習回数
の関係
(右) 20層でのデータ正答率と学習回数
の関係

6 トポロジカルな系のエッジ電荷

神山明日菜

カイラル対称性を持つトポロジカル系の境界に現れる分数電荷の空間構造について数値的に調べた。特に1次元の Su-Schreiffer-Heeger 模型の場合に、厳密対角化の手法を用いて、系がトポロジカルに非自明な場合には、半充填にすると、系の境界付近に $1/2$ の電荷が現れることを確認した。

7 量子ポンプにおけるランダムネスの効果

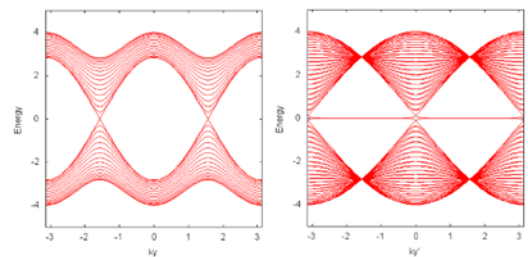
中村 美月

サウレスポンプと呼ばれる量子ポンプ現象におけるランダムネスの効果について数値的な研究を行なった。特にクリーンな極限ではポンプが起こらない場合に、ランダムネスの効果を取り入れて、実験で見られているようなランダムネスによって誘起されるポンプ現象が起こるかどうかを議論する。

8 2次元トポジカル超伝導体の数値的研究

早川 浩平

本研究では、2次元のトポジカル超伝導体のモデルにおいて、境界の種類とエッジ状態の存在との関係を数値的に調べた。特に $d_{x^2-y^2}$ 波の超伝導のモデルで(100)面と(110)面の2種類の境界を考えて、エッジ状態の有無とバルクのトポジカル不変量の対応を確認した。さらに、エッジ状態のランダムネスに対する安定性も調べた。



2次元の $d_{x^2-y^2}$ 波の超伝導モデルに2種類の境界を与えた系の波数依存のエネルギースペクトル (100)面 (左) と(110)面 (右)

9 らせん磁性体の構造相転移に対する理論的研究

三谷 優樹

らせん磁性体は1軸方向に周期的ならせん構造を持つ磁性体である。本研究ではこの磁性体中の磁化構造を数値的に計算した。スピン交換相互作用とジャロシンスキー-守谷相互作用を取り入れ、磁化ダイナミクスシミュレーションを行った。また、らせん軸に垂直な外部磁場をかけることによりカイラルソリトン格子と呼ばれる磁化構造を得た。さらに、磁場を強くすることで強制強磁性状態への構造相転移を得た。

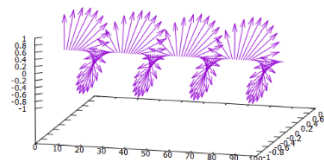


図1 らせん磁性体の磁化構造

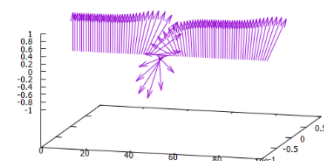


図2 カイラルソリトン格子の磁化構造

10 らせん磁化構造の電流駆動に対する数値的研究

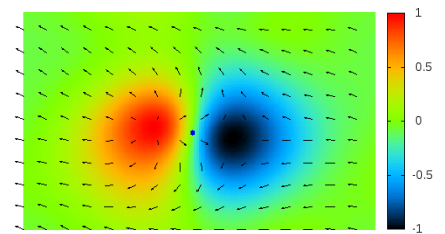
橋本 隆裕

本研究では、1次元のらせん磁性体に電流を印加したときの磁化構造のダイナミクスを調べた。Landau-Lifshitz-Gilbert(LLG)方程式に、スピン交換相互作用、Dzyaloshinskii-Moriya(DM)相互作用を考慮し、4次のRunge-Kutta法を使うことで、磁化のダイナミクスを計算した。計算の結果、らせん磁化構造を得ることが出来た。さらに、LLG方程式に、電流によるスピントルク項を追加することで、らせん磁性体が電子の流れる方向に駆動することを確かめた。電流の値が大きくなると、らせん磁性体の駆動速度が大きくなることがわかった。

11 磁気フラストレーション系における磁化構造の電流駆動に対する理論的研究

宮田 麻那

磁気フラストレーション系では、空間反転対称性が破れていないにも拘らず、磁気渦のようなカイラリティ（掌性）を持つ磁化構造も安定して存在する。本論文では、この系での磁化構造の電流駆動に対する数値的研究を行った。研究では、次近接相互作用まで取り入れた古典スピン系の磁化ダイナミクスを計算した。研究の結果、磁化構造のトポロジカル量に対応して、電流に対して平行・垂直方向に磁化構造が運動することが分かった。さらに、運動の際の磁化構造の変化に起因して、速度が変化することも明らかにした。



磁気フラストレーション系に現れる磁化構造