

提出日 2019年3月4日

氏名: 宮原 英之

所属: 生研3部合原研究室

学年または身分: 博士課程2年

## 研鑽タイトル Research Title

量子機械学習の理論および物理実装に関する共同研究

## 研修概要 Research outline

本研修では、機械学習と量子統計力学に着目し、理論と応用の両面で価値のある新しい計算アルゴリズムを提案するという研究を目指した。まず、機械学習の中でも EM アルゴリズムと呼ばれる計算方法が知られている。この方法は、広く用いられており、重要な計算方法である。しかし、近年、機械学習の分野では扱うデータの大きさが増加する傾向が顕著であり、それに伴ってこの計算方法の計算量は増加するという問題が知られている。そこで、我々は量子計算機を用いて、計算量の問題を解決することを試みた。結果として、量子計算機を仮定し、EM アルゴリズムの量子的加速を実現する量子アルゴリズムを考案した。

## 研修先について About the laboratory visited

インスブルック大学物理学科 Lechner グループについて述べる。Lechner グループでは、量子アルゴリズムの物理実装に興味を持って研究をしている。

量子力学的なアルゴリズムを物理実装することを考えると、困難が生じる。物理的に近くにある量子的な素子 (Qubit) は互いに相互作用させることができるが、遠くにある Qubit を相互作用させることは難しいという問題である。そこで、Lechner 氏は最適化問題を物理実装するためのアーキテクチャの研究を行った。これによって、NP 困難であることが知られている問題を解くためのアルゴリズムを物理実装する際に生じる上記の困難を大幅に緩和された。

さらに、Lechner グループの博士課程学生 Clemens Dlaska 氏は、機械学習を用いた量子コンピュータの設計に関して研究を行っており、私の研究と Dlaska 氏の研究は非常に相性が良い。具体的には、申請者が開発したアルゴリズムを実装する上で Dlaska 氏が行っている設計方法は度々重要な要素を為す。一方で申請者の開発したアルゴリズムは Dlaska 氏の観点からは有効な応用先になっている。

続いて、少しマクロに話す。インスブルック大学物理学科では1990年代から量子光学・量子計算の研究プロジェクトが行われており、多くの成功を取めている。特に、トラップされたイオンによる量子計算においては、理論物理・実験物理の両面で世界の他の大学に対して大きなアドバンテージを持っている。まず理論物理についてである。Lechner グループは2年前にスタートしたばかりのチームであるが、実際には Peter Zoller 氏のグループのサブグループである。Peter Zoller 氏はトラップされたイオンによる量子コンピュータの理論の提唱者であり、数多くの理論的に貢献をしてきた人物である。さらに実験家とも密に研究している。

### 研修内容 What you learned

私が学んだことを研究したこと、学んだことについていくつかに分けて、説明する。

#### (1) 量子アルゴリズムの物理実装について

上で述べたように、Lechner グループの中心的な研究課題である既存の量子アルゴリズムや興味深い現象を示す量子力学的なシステムの物理実装について、学ぶことができた。特にはじめの一週間は Lechner グループ全員から個々の研究について説明を受けた。

#### (2) EM アルゴリズムの量子アルゴリズムについて

本研修で、私が中心的に取り組んだ課題である。Lechner 氏から最近 arXiv に上がった論文を紹介され、それを拡張することで、EM アルゴリズムの量子的加速を実現するアルゴリズムを提案した。現在、その論文を執筆している。

#### (3) 国際会議について

本研修の滞在中にインスブルックで開かれて国際会議に参加した。ここでは、さまざまな研究者の成果を聞いたが、Peter Zoller の取り組みは非常に学ぶことが多かった。具体的にはトラップされたイオンを使って、量子計算を実現するというものである。

### 研修先で特に印象に残ったこと The most impressive thing

Lechner グループ、Zoller グループでは、物理実装というものに着目しており、実験で観測可能な理論を作るということは非常に面白いと再認識することができた。





