

# 物理学の理論から情報処理を考える 量子力学に基づいて アルゴリズムを設計する

添田 彬仁（国立情報学研究所）

## どんな研究？

- 量子情報という、情報学と理論物理学のハイブリッドな研究です。
- 原子・分子などのミクロな世界の物理法則である量子力学を情報学に応用することを考えています。
- 私たちは、量子力学をもっと全面的に想定したアルゴリズム（量子アルゴリズム）を研究しています。

## 何がわかる？

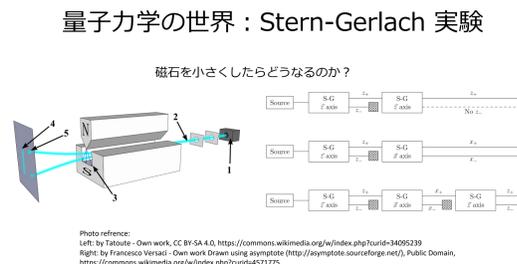
- これまでのアルゴリズム研究が見落とししていた原理が見つかることがあります。
- その原理を応用して、これまででは考えられないような計算能力が可能になることが「予言」できます。
- このような新しいアルゴリズムを実行するために必要な情報処理システムの開発の方向性が見えてきます。

## 背景・目的

### 背景：情報学と量子力学

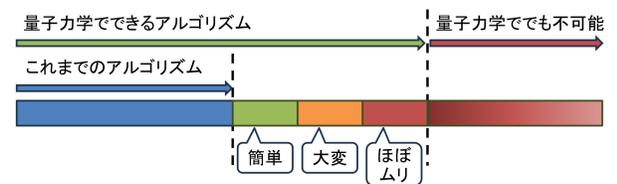
- 情報処理は信号やデータなど扱います。普段は「どう処理されるか」を意識することはあまりありません。
- 実際、情報処理を行うにはなんらかのアルゴリズムを使いますが、多くの情報処理アルゴリズムは情報処理に使われる機械を明示的には指定しません。
- 一方で、処理そのものは何かのデバイスや機械の中で行われています。そのデバイスや機械の振る舞いは物理法則に従う必要があります。
- これまで、情報処理機器はどんどん小さくなってきました。ミクロな世界で

- は量子力学という物理法則を考える必要があります。
- 量子力学の法則はそのものは100年以上前に発見されましたが、今使われている情報処理アルゴリズムは量子力学以前の世界観で設計されています。



### 目的：新しい量子アルゴリズム

- 量子力学をもっと全面的に想定したアルゴリズム（量子アルゴリズム）を研究しています。
  - 新しいアルゴリズムは本当に量子力学が必要なのか？
  - 必要ならばどれくらいコストがかかるのか？
- 量子力学でできることを探すと同時に、逆に「できないこと」も探します。



## 研究内容（方法・結果・結論）

### 方法：

- 「量子力学の法則に従う情報処理」というのに対応すると思われる数式を、量子力学の理論をもとに構築します。
- これらの数式をもとに、解きたい問題がどれくらいのコストで解けるのかを見積もります。
- 必要とあれば新しい定理を導きます。
- また、コンピュータを使ってコストを見積もることもあります。
- 私たちは、複数の量子情報処理システムが多数つなげた場合の情報処理に特に力を入れています。

### 結果：

- 複数個の量子情報処理システムは、お互いやりとりを繰り返すことで、より複雑な情報処理を実現しますが、私たちは「ある一定数のやりとり以下では全くできないが、その数を超えると実現できる量子アルゴリズム」を発見しました。

### 結論：

- 複雑な量子情報処理システムは、小規模の量子情報処理システムを組み合わせ実現していくのが有力視されていますが、今回の私たちの研究成果は、これらの小規模システムが複数回やりとりできるように、システム間通信や通信を待っている間のメモリの性能の重要性がより明確になりました。

