

# 数理物理研究室

## 量子コンピュータと量子ウォーク

修士2年 藤野壮一

### 1. 背景

現在のコンピュータは、1936年に英国人の **Alan Turing** が考案した、**Turing 機械**という数学的モデルに基づいて構築されている。

コンピュータは誕生から今日まで、驚くべき発展を遂げてきた。しかし、集積回路技術の限界等により、急速な進歩は終わりを告げると言われている。

そこで、今後は全く新しい理論に基づくコンピュータが必要となる。それが、**量子コンピュータ**である。

この数学モデル**量子Turing 機械**は、Turing と同じ英国人の物理学者 **David Deutsch** が1985年に考案した。

### 現在の量子コンピュータ



**NMR(核磁気共鳴)**を利用した、量子コンピュータの外見(上)と、演算ユニットとなる分子を溶かしたサンプル管(下)。実際に量子計算をしているのは、(下)のサンプル管の中にある小さな分子。(上)の巨大な装置で外部からのノイズを遮断している。



ちなみに病院で利用されている脳断面図などを映し出すMRIは、このNMRの親戚。

<http://info.linkclub.or.jp/nl/index.html> より

### 2. 量子コンピュータのアルゴリズム

#### ・Grover のアルゴリズム

**データベース検索**に対する効率的量子アルゴリズム。

#### ・Shor のアルゴリズム (1994)

**因数分解問題**を高速に解く事が出来る。つまり、因数分解を利用した **RSA公開鍵暗号系** やインターネット上の **電子認証**などを簡単に破る事が出来る。



このアルゴリズムで使う**離散フーリエ変換(DFT)**の研究を行っている。

Peter Shor

### 3. 研究内容

#### コイン投げ問題

コインを投げて表が出たら右、裏が出たら左に進むという動作を繰り返す。これはランダムウォークとも呼ばれている。

#### 量子コイン投げ問題

量子の世界でのコイン投げは、**離散フーリエ変換 (DFT)**が対応している。このDFTを使えば量子ウォークを考える事ができる。

表 裏

右に一步 左に一步

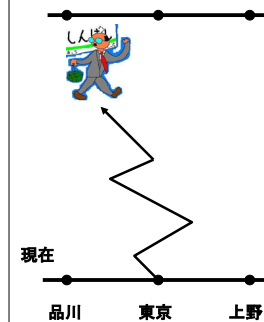
$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} e^{ik} & 0 \\ 0 & e^{-ik} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

右に一步 ↑  
左に一步 ↓

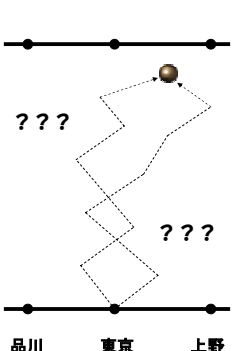
1  
量子ウォーク

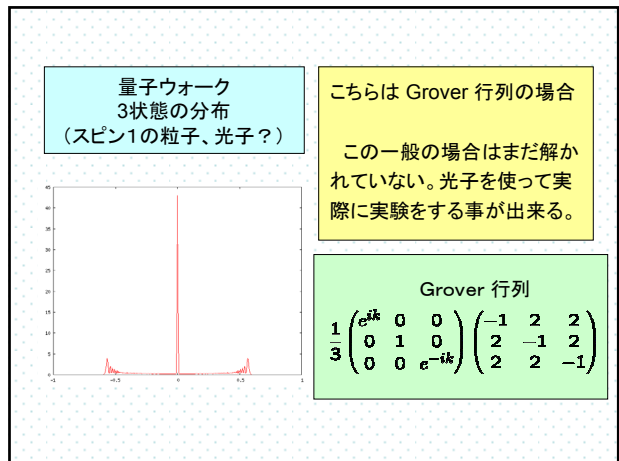
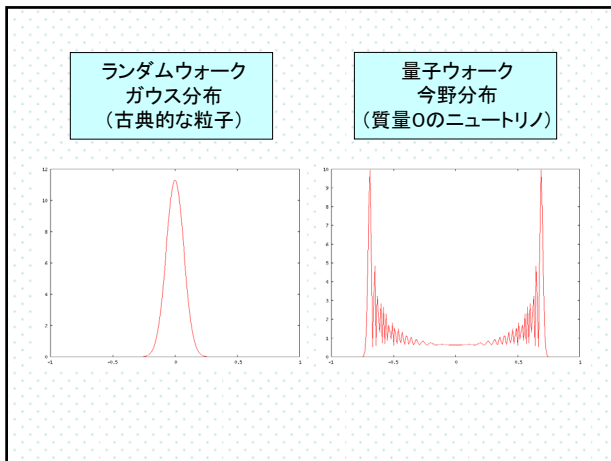
#### ランダムウォーク (普通の酔っ払い)

10分後



#### 量子ウォーク (質量0のニュートリノ)





**4. 活動報告**

- 研究の結果、新しい解き方を見つける事ができたので、論文になりました。良かったら読んでみて下さい(難しいですが)。  
[Physical Review A 72, 012316 \(2005\)](#)  
**Quantum Walks and states of a Weyl particle**  
 Makoto Katori, Soichi Fujino, and Norio Konno

---

- また研究の成果を、秋の物理学会で発表しました。  
 2005年 9月21日 同志社大学京田辺キャンパス(京都府)  
**量子ウォークとワイル方程式**  
**ワイル粒子の軌道状態と量子ウォークの極限分布**  
 中大理工 香取真理、藤野壮一、 横国大工 今野紀雄