

量子コンピュータと量子ウォーク

修士2年 宮崎 玄洋

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ます。

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ました。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ます。

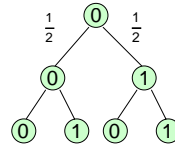
そこで、今後は全く新しい理論に基づくコンピュータが必要となりました。それが、**量子コンピュータ**です。

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年に考案しました。

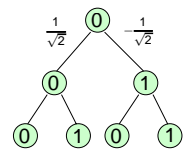
計算木

西野哲郎, 「量子コンピュータ入門」(1997)

チューリング機械



量子チューリング機械



振る舞いが
ランダム・ウォークに対応。

量子ウォークに対応。

量子ウォーク

ランダムウォーク(乱歩、酔歩)は物理学だけでなく、工学、生物学、経済学など様々な分野で非常に重要な役割を担っています。

「量子ウォーク」は、このランダムウォークの量子版として、そのような立場になり得る可能性が強く期待されているものです。

量子ウォークの研究が活発になされるようになったのは比較的最近のことなので、これから大きく発展していく研究テーマでもあります。

研究内容

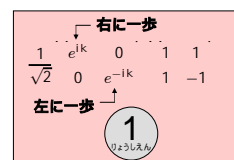
コイン投げ問題

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ます。



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、このDFTを使えば量子ウォークを考える事ができます。



ランダム・ターンモデル

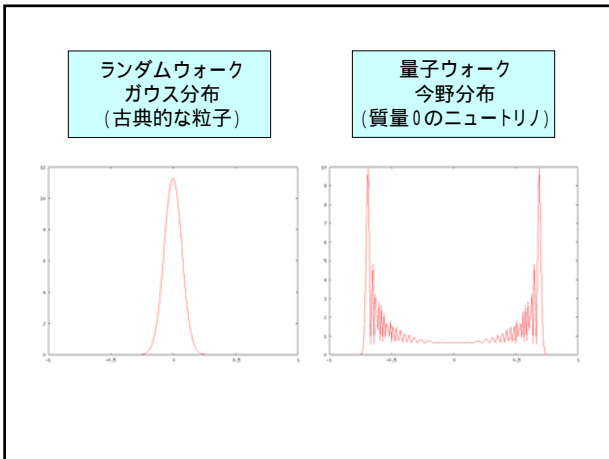
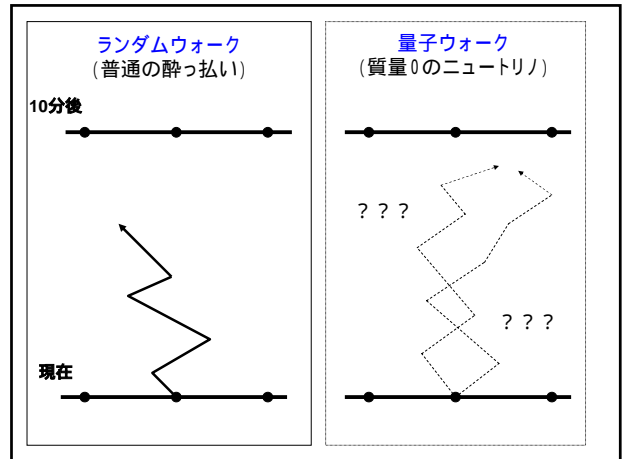
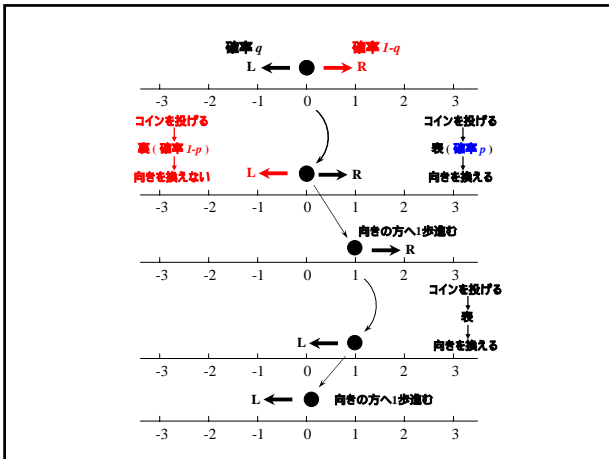
通常のランダム・ウォークと量子ウォークとの関係をより分かりやすくするために、**1次元古典ランダム・ウォーク**を**ランダム・ターンモデル**として考え直してみます。

「向き」を持つ粒子を考えます。初期の向きは確率 q で左、確率 $1 - q$ で右を向くものとします。

さらにこの粒子はコインを持っていて、このコインは確率 p で表、確率 $1 - p$ で裏が出ます。コインを投げて表が出たら向きを換えます。裏が出た場合は向きを換えません。その後、自分の向いている方へと1歩進みます。

次に新しい位置において、再びコインを投げて向きの変更の有無を決め、その向きの方へと1歩進みます。

この作業を繰り返します。



量子ウォーク

ランダムウォークの場合には、粒子がある場所に存在するかしないかのみでした。ですので最初に粒子が存在する場所を決めれば良かったのです。しかし量子ウォークの場合には、さらに「状態」が存在すると考えられます。最初に粒子の位置と状態(右向きの状態と左向きの状態)を指定します。また量子ウォークでは、この状態の重なりが重要になってきます。

後の図は量子ウォークの初期状態によって分布が変わる様子を載せています。

