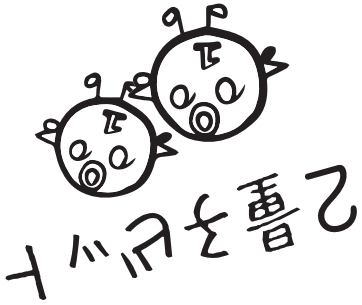
2量子ビット



記法と演算

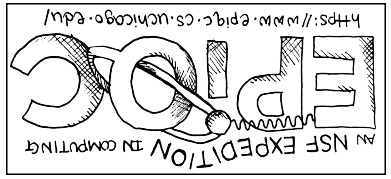
量子コンピュータ入門について
もっと知りたいなら こちら

https://www.epiqc.cs.uchicago.edu/resources/

November 2020 (v2)

Translated by QCSC, Kyushu University, Japan

This work is funded in part by EPiQC, an NSF Expedition in Computing, under grant 1730449



行列での記法

前のページの2量子ビットは
以下のような行列で書けるよ！

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2\sqrt{3}} \\ \frac{1}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

$$\frac{1}{2\sqrt{3}}|00\rangle + \frac{1}{2}|01\rangle + \frac{1}{\sqrt{6}}|10\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

線形代数

ゲート演算は行列の乗算で表せるよ

$$\underset{\text{入力}}{\begin{bmatrix} \frac{1}{2\sqrt{3}} \\ \frac{1}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}} \underset{\text{CNOT演算}}{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}} = \underset{\text{出力}}{\begin{bmatrix} \frac{1}{2\sqrt{3}} \\ \frac{1}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} \end{bmatrix}}$$

やってみよう！

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sqrt{7}} \\ \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{7}} \\ \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{7}} \\ \frac{1}{\sqrt{7}} \end{bmatrix} = ?$$

入力

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2\sqrt{3}} \\ \frac{1}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{6}} \end{bmatrix}$$

答え

2つの量子ビットの組み合わせ

2つの独立な
（もつれていない）量子ビット；

量子ビット1 $a|0\rangle + b|1\rangle$

量子ビット2 $c|0\rangle + d|1\rangle$

量子ビット1と2を、2量子ビットの記法で
まとめると次のようになるよ；

$$ac|00\rangle + ad|01\rangle + bc|10\rangle + bd|11\rangle$$

やってみよう！

量子ビット x と y を、2量子ビットの記法に
まとめてみよう；

量子ビット x $\frac{1}{\sqrt{3}}|0\rangle + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}|1\rangle$

量子ビット y $\frac{1}{2}|0\rangle + \frac{\sqrt{3}}{2}|1\rangle$

（次のページで答え合わせをしよう！）

2量子ビットの記法

2つの量子ビットを測定したら、
何通りの結果が得られるかな？

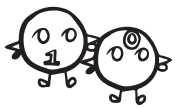
1番目の量子ビット　2番目の量子ビット

$|0\rangle|0\rangle$　$|0\rangle|1\rangle$

$|1\rangle|0\rangle$　$|1\rangle|1\rangle$

次のようにまとめよう；

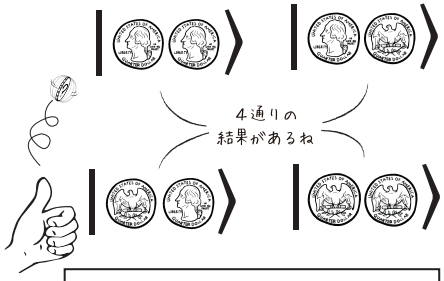
$$|1\rangle|0\rangle \rightarrow |10\rangle$$



全ての測定結果が同じ確率なら、
以下のように表せるんだ…

$$\boxed{\frac{1}{2}|00\rangle + \frac{1}{2}|01\rangle + \frac{1}{2}|10\rangle + \frac{1}{2}|11\rangle}$$

ディラックの記法
（ブラケット）



思い出してみて、ディラックの記法では、
ある結果が得られる確率は下のように表せたよね。

$a|$ 🪙🪙 $\rangle \xrightarrow{\text{確率}} |a|^2$

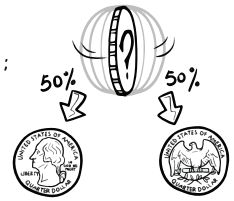
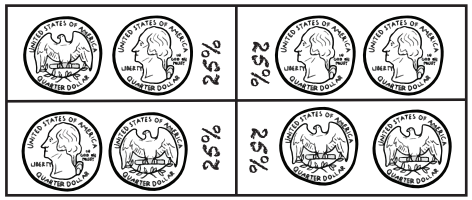
この状態は下のような式で表せるんだ…

$$\frac{1}{2}|表表\rangle + \frac{1}{2}|表裏\rangle + \frac{1}{2}|裏表\rangle + \frac{1}{2}|裏裏\rangle$$

これらは同じ確率で得られるよ

独立な2回のコイントスを
考えてみよう

1枚のコイン；



2枚のコイン；