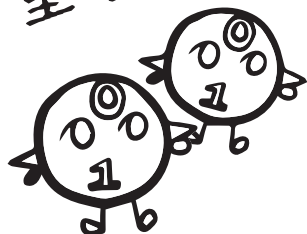


2量子ビット



記法と演算

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:

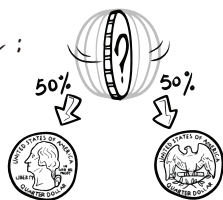
量子ビット X $\frac{1}{\sqrt{3}}|0\rangle + \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}|1\rangle$

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!)

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:

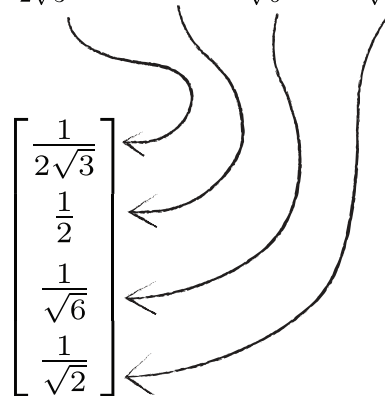


		25%	25%		
		25%	25%		

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も書けるよ!

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



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

ディラックの記法 (ブラケット)

$$| \text{Heads Heads} \rangle \quad | \text{Heads Tails} \rangle$$



思い出して、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

$$a| \text{Heads Heads} \rangle \quad \text{確率} \rightarrow |a|^2$$

この状態は下のような式で表せるんだ...

$$\frac{1}{2}| \text{Heads Heads} \rangle + \frac{1}{2}| \text{Heads Tails} \rangle + \frac{1}{2}| \text{Tails Heads} \rangle + \frac{1}{2}| \text{Tails Tails} \rangle$$

これらは同じ確率で得られるよ

線形代数

ゲート演算は行列の乗算で表せるよ

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

やってみよう!

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

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

$$\begin{matrix} \rightarrow |0\rangle|0\rangle \leftarrow & |0\rangle|1\rangle \\ & |1\rangle|0\rangle & |1\rangle|1\rangle \end{matrix}$$

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...

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

量子コンピューティングについて もっと知りたいならこちら

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

May 2023

Translated by BCSC, Kyushu University, Japan

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

