



		25%			25%
		25%			25%

		50%			50%
		50%			50%



次のような状況が考えられます:

そして、コイントスが
落ちていたとき

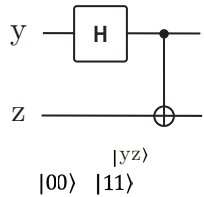


コインが独立なとき...

量子の世界における 「もつれ」

量子ビットは特別な方法によって
もつれさせられるよ。

次の量子回路で $y = |0\rangle$ と $z = |0\rangle$
のときをもつれさせてみよう:



$$\frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + 0|01\rangle + 0|10\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|11\rangle$$

この回路では、
もつれている量子ビットの片方を測定すると、
もう片方は必ず同じ値を取るんだ。

さて、アインシュタインが 信用しなかった数学は...

1. マダマールゲートを y に作用させて、 y' を生成

$$\begin{matrix} \text{H} & & |0\rangle \\ \hline \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} & \downarrow & \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \\ & & = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

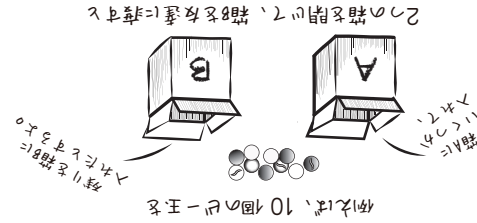
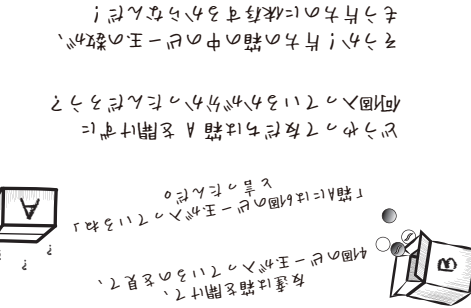
2. 2量子ゲートを作用させるために、
 y' と z の確率を結合

$$\begin{aligned} y' &= \frac{1}{\sqrt{2}}|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|1\rangle \quad \text{と} \quad z = |0\rangle + 0|1\rangle \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}}|00\rangle + 0|01\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}|10\rangle + 0|11\rangle \end{aligned}$$

行列での記法に変換 $\rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$

3. CNOT ゲートを z と y' に作用

$$\begin{matrix} \text{CNOT} \\ \hline \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$



数学的に「もつれ」させる
2つの単一の間に依存関係があることがあるよ

量子ゲートは もはや数学上のものではない。

物理的に
作れるようになったんだ!

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

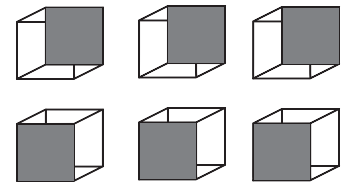
May 2023

Translated by QCS, Kyushu University, Japan

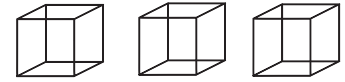
This work is funded in part by EPIQC,
an NSF Expedition in Computing,
under grant 1930449



量子回路は、
量子回路を信じている
人々のために、
量子回路を開発した
人々のために、
量子回路を開発した
人々のために、



上の箱を見てから
同じ方向を向いているよ!
右上左下のどちらかだね。



「もつれ」させている
量子回路的な「もつれ」

量子もつれ (エンタングルメント)

