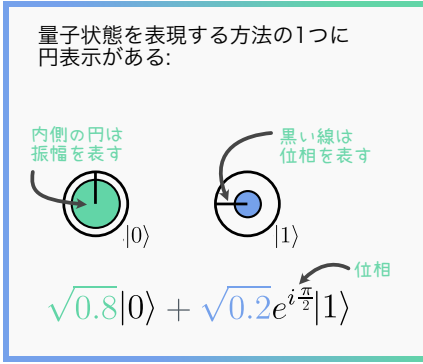
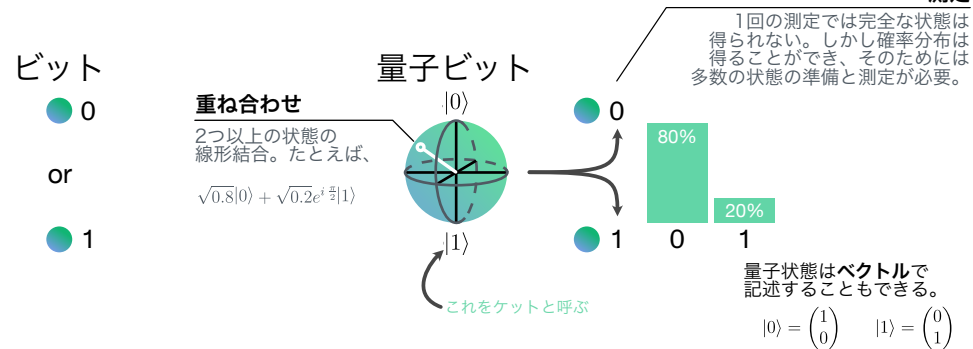


量子コンピューティング チートシート

for circuit magicians

ビットと量子ビット

量子コンピュータは、古典的なビットの代わりに、量子ビット（略してクビット）を使う。

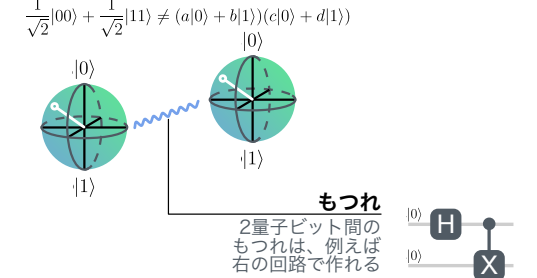


複数の量子ビットはレジスタを作る。表せる状態の数は、量子ビットを増やすごとに2倍になる。複数の量子ビットからなる状態は、 $|00\rangle=|0\rangle\otimes|0\rangle$ のように書ける。 \otimes はテンソル積

量子ビット数	状態数	例
1	2	$\frac{1}{\sqrt{2}}(0\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}} 1\rangle)$
2	4	$\frac{1}{2}(00\rangle + \frac{1}{2} 01\rangle + \frac{1}{2} 10\rangle + \frac{1}{2} 11\rangle)$
3	8	$\frac{1}{2\sqrt{2}}(000\rangle - \frac{1}{2\sqrt{2}} 001\rangle - \frac{1}{2\sqrt{2}} 010\rangle + \frac{1}{2\sqrt{2}} 011\rangle - \frac{1}{2\sqrt{2}} 100\rangle + \frac{1}{2\sqrt{2}} 101\rangle - \frac{1}{2\sqrt{2}} 110\rangle + \frac{1}{2\sqrt{2}} 111\rangle)$

2量子ビット状態を表せる線形結合

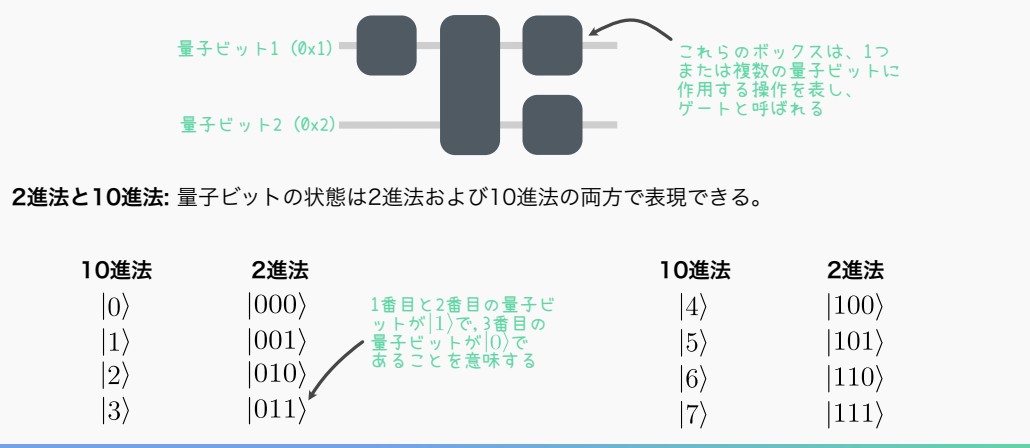
2つ以上の量子ビットはもつれさせることができる。もつれているとは、その状態が複数の状態の積で表せないことを意味する:



1量子ビットゲート

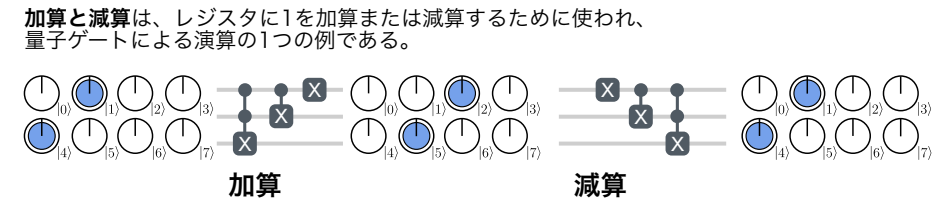
ゲート	行列	ケットと円表示
X パウリ X は X 軸中心の 180° 回転、量子 NOT ゲートとしても知られる。	$\begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$	$a 0\rangle + b 1\rangle \rightarrow b 0\rangle + a 1\rangle$
Y パウリ Y は Y 軸中心の 180° 回転。	$\begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}$	$a 0\rangle + b 1\rangle \rightarrow -ib 0\rangle + ia 1\rangle$
Z パウリ Z は Z 軸中心の 180° 回転。	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$	$a 0\rangle + b 1\rangle \rightarrow a 0\rangle - b 1\rangle$
H アダマールは $ 0\rangle$ を $ +\rangle$ に、 $ 1\rangle$ を $ -\rangle$ に写像する。均等な重ね合わせを作るのに使われる。	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$	$ 0\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(+\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}} 1\rangle)$ $ 1\rangle \rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}}(-\rangle - \frac{1}{\sqrt{2}} 1\rangle)$
S S は Z 軸中心の 90° 回転。 $S^2 = Z$; 逆ゲート S^\dagger は逆方向に回転する。	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{pmatrix}$	$a 0\rangle + b 1\rangle \rightarrow a 0\rangle + be^{i\pi/4} 1\rangle$
T T は Z 軸中心の 45° 回転。 $T^2 = S$; 逆ゲート T^\dagger は逆方向に回転する。	$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\pi/4} \end{pmatrix}$	$a 0\rangle + b 1\rangle \rightarrow a 0\rangle + be^{i\pi/8} 1\rangle$

量子回路は量子ビットの演算を可視化するためのモデル。

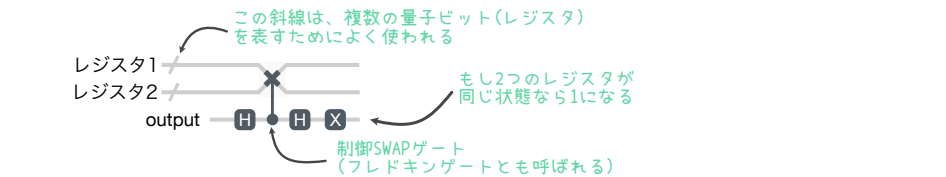


量子アルゴリズムのビルディングブロック

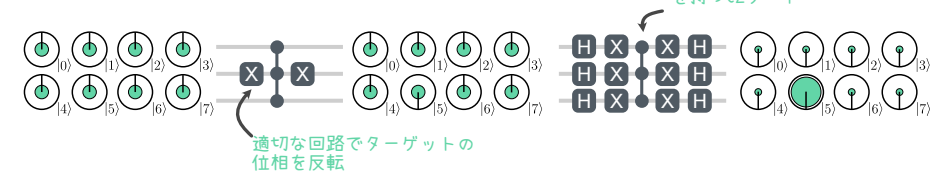
量子回路の構成方法については、多くの巧妙な手法が知られている。そのいくつかを以下に紹介する。



スワップテストを使うと2つのレジスタがどれほど近い状態にあるかを確認できる。



振幅増幅は位相差を振幅差に変換する。グローヴァーのアルゴリズムのようなクエリ(検索アルゴリズム)の成功確率を高めるために、(何度も)使用できる。



量子フーリエ変換 (QFT) を使うと、レジスタの信号周波数を知ることができる。因数分解や離散対数の計算を行うショアのアルゴリズムで使われる。

