

入力が分かれば、演算が可逆的になるよ！
可逆的だよ

引き算を求めれば y が分かる！
 $y = 8 - 3 = 5$
 答えは $y = 5!$

y が分からないときは？
 $SUM(3, y) = (3, 8)$
 演算を逆にしたら y を
 求められるかな？



2つの入力が分かると、以下のようになるよ
 $SUM(7, 4) = (7, 7+4) = (7, 11)$
 出カ

$SUM(x, y) = (x, x+y)$
 出カ

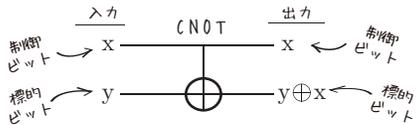
足し算の演算が入力の (x) と
 出カと一緒に返したら、可逆的になるかな？

可逆的な足し算？

量子演算は 可逆でなければいけない！



だから、
情報を失うことが
許されないんだ。



CNOT

入カ	出カ
X Y	X Y
0> 0>	0> 0>
0> 1>	0> 1>
1> 0>	1> 1>
1> 1>	1> 0>



制御ビット (x)

制御ビット (x)
変化なし！

制御ビットが
反転するかどうかは
制御ビット (x) によって
決まるよ。

CNOTを作用させて逆にする！

入力が分かれば、CNOTの
真理値表から出力を決められるよ。

$CNOT(|0>, |1>) = (|0>, |1>)$
 入カ 出カ

もちろん、演算を逆にできるよね！

出力が分かれば、CNOTの真理値表から
入カを決められるよ。

やってみよう！

まずは、入カから出力を求めよう：

$CNOT(|1>, |0>) = (|1>, |1>)$
 入カ 出カ

そして、出力から入カを求めよう：

$CNOT(|1>, |1>) = (|0>, |1>)$
 入カ 出カ

$\langle 1 | \langle 0 |$ 114 x - 1520 $\langle 1 | \langle 0 |$ 114 x
 $\langle 0 | \langle 1 |$ 114 x - 1520 $\langle 0 | \langle 1 |$ 114 x
 注意：

足し算は不可逆的

符号反転は可逆的
 $m = 5$ のときを考えよう
 m に $2^n + 1$ を付けると、 $m = 5$ になるよ
 m から $2^n + 1$ を外すと、 $m = 5$ になるよ
 元の値に戻った！

数学における演算：一部は可逆

和があるだけでは、元の数を求められないよ

$? + ? = 8$

和が8の場合：
 $1 + 7 = 8$
 $2 + 6 = 8$
 $3 + 5 = 8$
 $4 + 4 = 8$



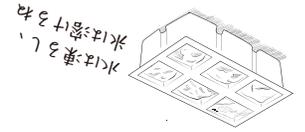
トーストは
10%に戻せない
必ず音が出る
それを鳴らしてしまつたら、
トーストはいらないよ！
10%に戻して！



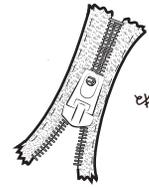
焼いたクッキーは
元の生地に戻せない！

不可逆的なこともあるよ

可逆性 (元に戻せること) は 身のまわりにあふれているよ！



水は凍るし、
氷は溶けるね



チャックは
開閉できるね



靴紐は結ぶと、
解けるね

量子と



可逆性

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 QSC, Kyushu University, Japan

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

