

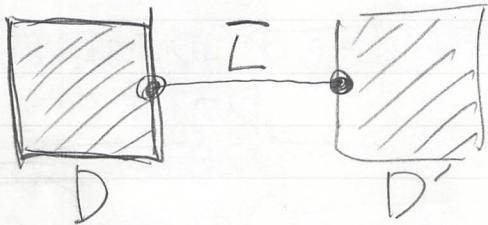
⑥表面符号を用いてトポロジカル計算。

多量子ビットイズ



→ open boundary (cUTau)

✓ defect pair qubit (Raussendorf - Harrington - Goyal)



defect は含まぬ。 $f \in D, f \notin D'$ に於く $A_f, A_{\bar{f}}$
 Σ スタビライザが削除

$\rightarrow \prod_{f \in D} A_f = Z(D)$ は logical operator

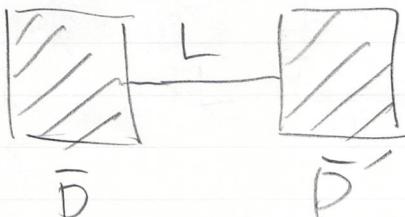
L_Z

($Z(D)Z(D')$ (227) は 2 個の defect が含まれてゐる)
 とすると D の内側の qubits は $|+\rangle$ 。

作用は同じ。defect が鏡 L 上の $X \rightarrow X(L) \equiv L_X$
 は logical operator

$Z(D) \circ X(L)$ は反対!

○ 双対格子上で B_{Σ} を削除して dual defect を定め
 る。



$X(\bar{D}) \equiv L_X$

$Z(L) \equiv L_Z$

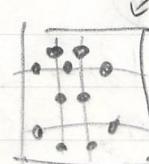
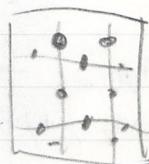
長さ距離は defect 由の最小距離 or
 defect の周の長さ

✓ defect qubit の基本操作

生成, 扩大, 縮小, 移動, 消滅
(測定)

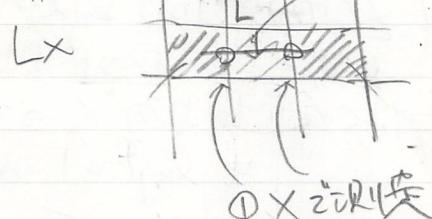
◦ 生成

- $Z(AD)$ の固有状態 $\rightarrow Z(AD)$ は A_f とスビアゲ
 L_z D 内部の qubit $\in \Sigma^Z$
 測定 $\downarrow D$ 内部の



A_f とスビアゲ
 Z ではなく Z'

- $X(I)$ の 固有状態

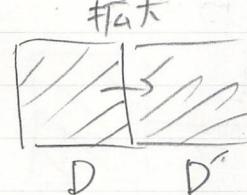


- ② A_f で測定
 $(Z$ でスビアゲ $) \rightarrow$ は?

A_f と $X \oplus X$ は
 交換するので

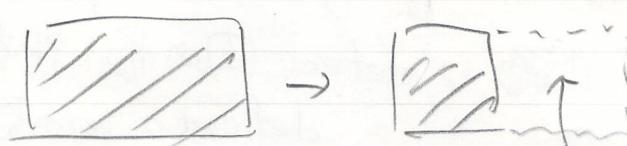
$L_x = X(I)$ の
 固有状態

◦ 扩大



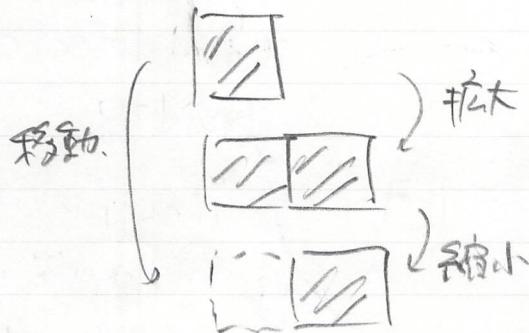
新たに D' 内部と
 D と D' 上の qubit $\in X$
 Z 測定.

◦ 縮小



A_f で測定

○ 移動

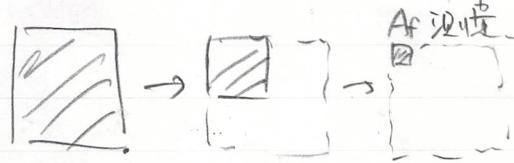


移動しても量子情報は
変わらない。

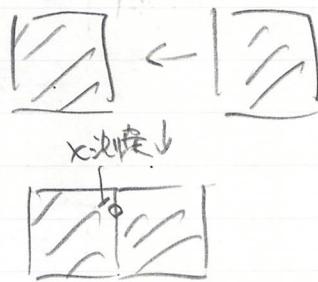
L_x, L_z と
これら操作は交換

○ 消滅(測定)

L_z の測定

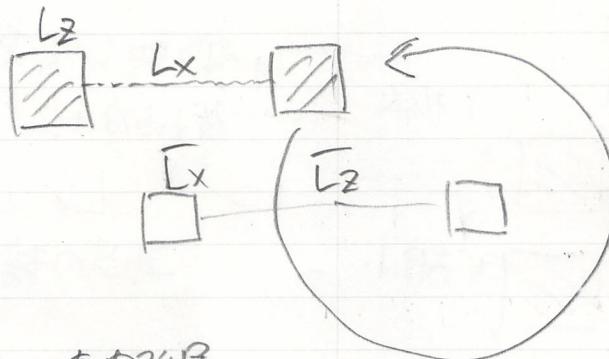


L_x の測定



→ これら操作はすべて量子比特測定 or Af or Bu の
測定だけです。

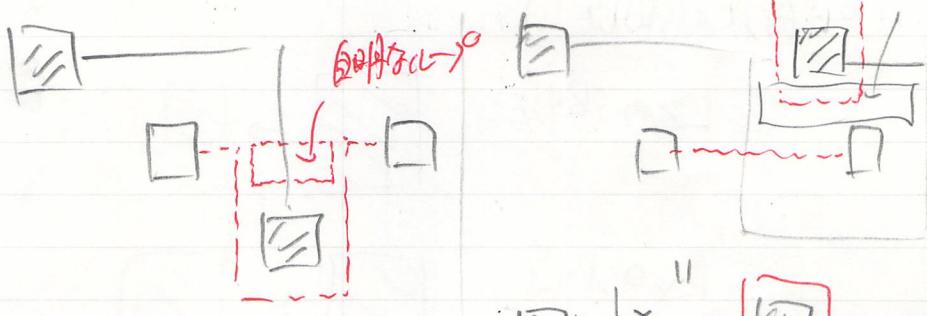
✓ defect qubit の CNOT 運算.



primal defects
dual defect の作り方
braid など

○ L_x の時間発展

時間発展



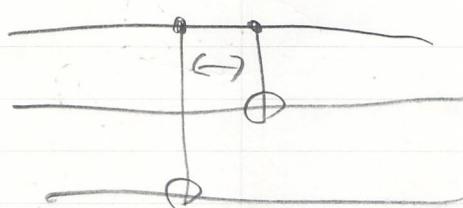
$$L_x \rightarrow L_x \bar{L}_x$$

$$\bar{L}_z \rightarrow \bar{L}_z \bar{L}_z$$

CNOT の時間発展

p-defect から d-defect への

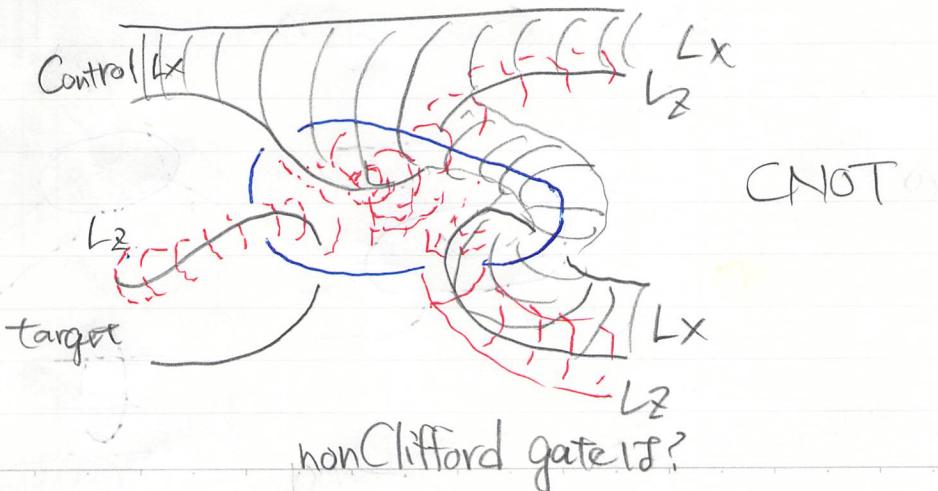
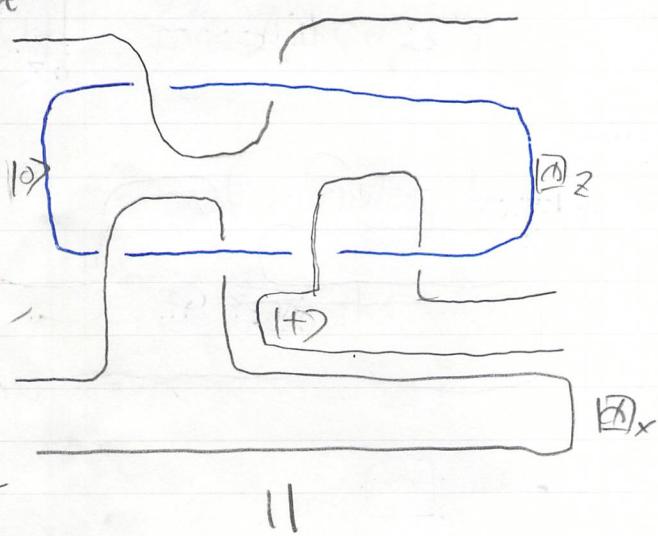
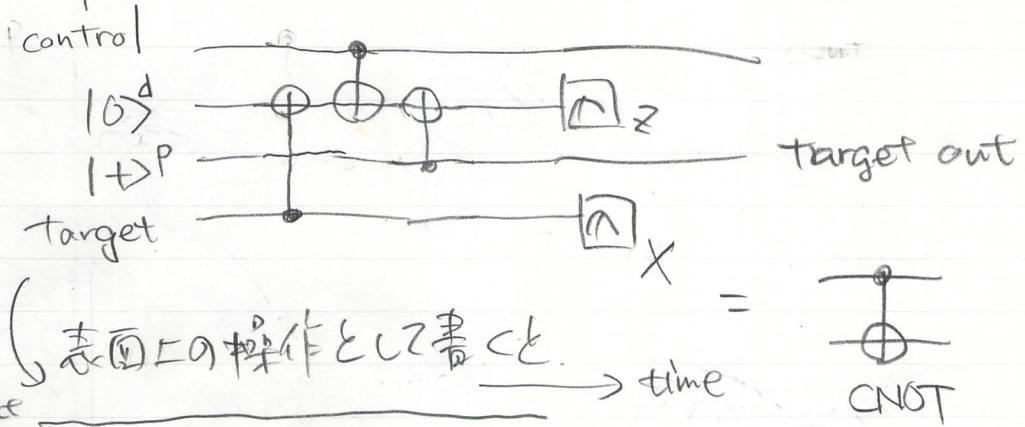
CNOT が実現可能!!



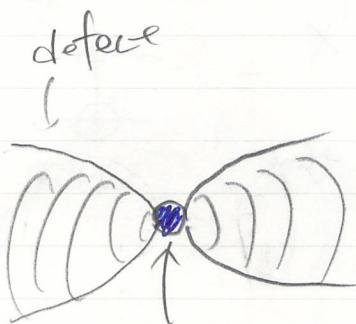
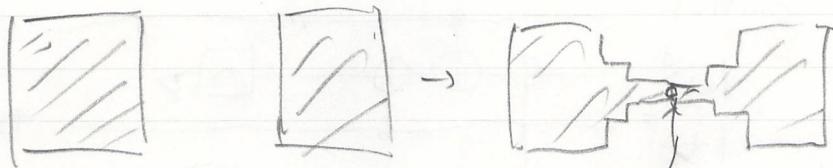
常に p-defect が
control 側に接続され
る。

(P-ゲート P-ゲート)

✓ p-defect qubic (向) の CNOT.



✓ マジックボルクス



singular qubit
(no topological protection)

L_x は (qubit) $e^{-i\frac{\pi}{8}x}$
(= どうのこ)

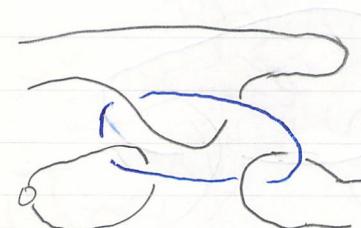
でマジックボルクス

(符号距離は常に
なくては)

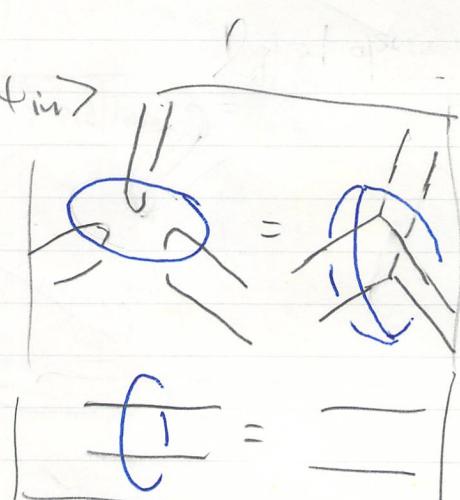
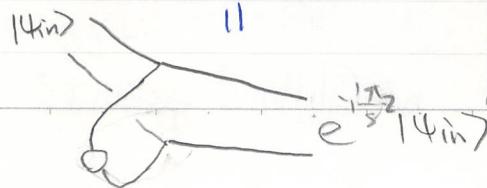
トポロジカル =
護られてる

→ マジックボルクス

+ てんぱーてーション \Rightarrow universal



non Clifford
gate.

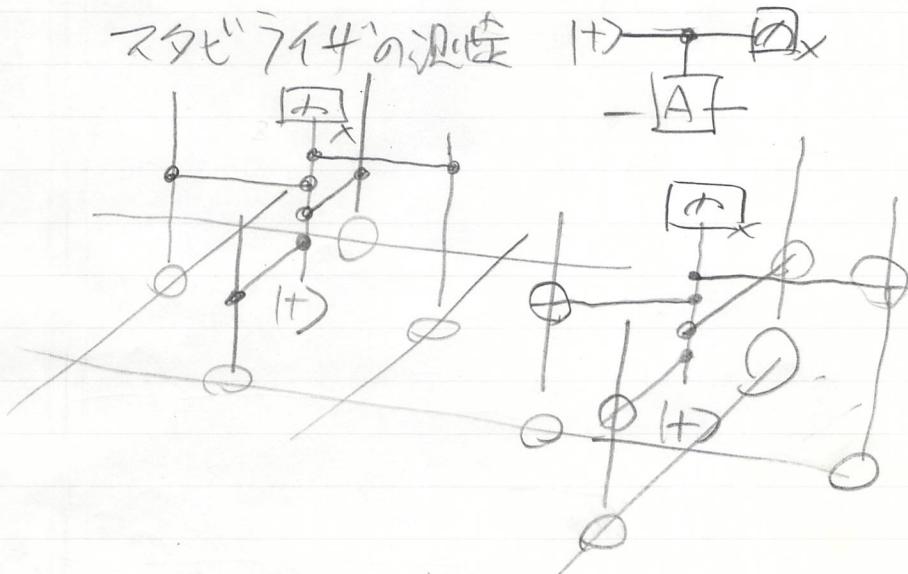


logical operator
= 膜の操作

⑥ トポロジカル誤り耐性量子計算.

すべての操作には、トヨビット測定とスビタライザ
 A_f, B_u の測定などもよ。

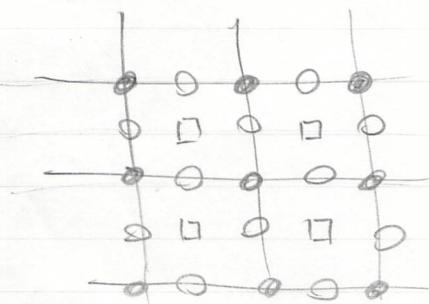
スビタライザの測定



正弦波上に配置した
 $qubit 1 = \text{X} \oplus \text{Z}$ 最近接

$\cdot 2qubit gate$ と

\cdot 量子ビット操作のため



ノイズモデル.

- code capacity noise $\rightarrow 10.3\% \sim 10.9\%$
 $(\leftrightarrow \text{random-band Ig})$
- phenomenological noise $\rightarrow 2.9\% \sim 3.3\%$
 $= \text{エントロピー計数} \rightarrow (\leftrightarrow \text{random-plaquette gauge})$
- circuit-based noise $\rightarrow 0.75\%$
 すべての要素エラー