



作成者：吾妻広夫

解答

1. まず、次の関係式を用意しておく。

$$\begin{aligned} |00\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|\Phi^+\rangle + |\Phi^-\rangle), \\ |11\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|\Phi^+\rangle - |\Phi^-\rangle), \\ |01\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|\Psi^+\rangle + |\Psi^-\rangle), \\ |10\rangle &= \frac{1}{\sqrt{2}}(|\Psi^+\rangle - |\Psi^-\rangle) \end{aligned} \quad (1)$$

これにより、粒子 A、A'、B'、B 全体の状態は、以下のように変形できる。

$$\begin{aligned} &|\Phi^+\rangle_{AA'}|\Phi^+\rangle_{B'B} \\ &= \frac{1}{2}(|00\rangle_{AA'}|00\rangle_{B'B} + |00\rangle_{AA'}|11\rangle_{B'B} \\ &\quad + |11\rangle_{AA'}|00\rangle_{B'B} + |11\rangle_{AA'}|11\rangle_{B'B}) \\ &= \frac{1}{2\sqrt{2}}[|0\rangle_A(|\Phi^+\rangle_{A'B'} + |\Phi^-\rangle_{A'B'})|0\rangle_B + |0\rangle_A(|\Psi^+\rangle_{A'B'} + |\Psi^-\rangle_{A'B'})|1\rangle_B \\ &\quad + |1\rangle_A(|\Psi^+\rangle_{A'B'} - |\Psi^-\rangle_{A'B'})|0\rangle_B + |1\rangle_A(|\Phi^+\rangle_{A'B'} - |\Phi^-\rangle_{A'B'})|1\rangle_B] \\ &= \frac{1}{2\sqrt{2}}[|\Phi^+\rangle_{A'B'}(|0\rangle_A|0\rangle_B + |1\rangle_A|1\rangle_B) + |\Psi^+\rangle_{A'B'}(|0\rangle_A|1\rangle_B + |1\rangle_A|0\rangle_B) \\ &\quad + |\Psi^-\rangle_{A'B'}(|0\rangle_A|1\rangle_B - |1\rangle_A|0\rangle_B) + |\Phi^-\rangle_{A'B'}(|0\rangle_A|0\rangle_B - |1\rangle_A|1\rangle_B)] \end{aligned} \quad (2)$$

2. station1 で $|\Phi^+\rangle$ が観測された場合、qubit A および qubit B は以下の状態になる。

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A|0\rangle_B + |1\rangle_A|1\rangle_B) \quad (3)$$

station1 で $|\Phi^-\rangle$ が観測された場合、qubit A および qubit B は以下の状態になる。

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A|0\rangle_B - |1\rangle_A|1\rangle_B) \quad (4)$$

station1 で $|\Psi^+\rangle$ が観測された場合、qubit A および qubit B は以下の状態になる。

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A|1\rangle_B + |1\rangle_A|0\rangle_B) \quad (5)$$

station1 で $|\Psi^-\rangle$ が観測された場合、qubit A および qubit B は以下の状態になる。

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle_A|1\rangle_B - |1\rangle_A|0\rangle_B) \quad (6)$$

3. 観測結果が $|\Phi^+\rangle$ の場合、station0、station2 は何もしなくてよい。観測結果が $|\Phi^-\rangle$ の場合、station0、または、station2 は手元の qubit に対してパウリ演算子 Z を作用させる。観測結果が $|\Psi^+\rangle$ の場合、例えば、station0 は何もしせず、station2 は手元の qubit に対してパウリ演算子 X を作用させる。観測結果が $|\Psi^-\rangle$ の場合、例えば、station0 は手元の qubit に対してパウリ演算子 Z を作用させ、station2 は手元の qubit に対してパウリ演算子 X を作用させる。