

# 様々な二準位系～量子コンピュータの中身は何？

## 1 量子とは

下の画像のものは…



図 1: Bing Image Creator, BIC により生成

りんご→りんごの木になる実のこと  
 果物→りんご、みかん、ブドウなど  
 について、甘くて木になる実をまとめた呼び方

光子→個別の特性を持った粒子  
 量子→電子、光子など、ミクロで重ね合わせなどの特別な性質を持ったものをまとめて呼ぶ呼び方

### 1.1 量子の特性

(時間依存しない) シュレディンガー方程式を解くと導ける

$$\left(-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + V\right)\Psi(x) = E\Psi(x)$$

ex. 水素原子の電子の状態

$$\langle r, \theta, \phi | n, l, m \rangle = R_{nl}(r) Y_{lm}(\theta, \phi)$$

$$E_n = -\frac{\hbar^2}{2a^2 m} \frac{1}{n^2}$$

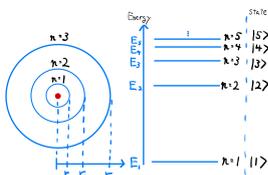


図 2: 水素原子の状態とエネルギー準位

とびとびのエネルギーと状態をとる

## 2 2 準位系とその例

### 2.1 2 準位系とは

1.2 種類の状態をとるもの

ex. 光の偏光方向  
 2. とりうる状態のうち (エネルギーの低い) 2 つの状態をよく制御できるもの

ex. 超伝導回路、イオントラップ

### 2.2 2 準位系の例 1. 光



図 3: 偏光板を置いたタブレットの画面

電場の向きにより、光が偏光板を通過するか決まる。

### 2.3 2 準位系の例 2. 核磁気

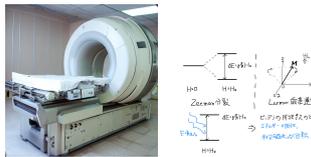


図 4: 左: MRI のイメージ図 (BIC で生成)

原子核の持つ自由度である核スピン (磁気モーメント) のエネルギー準位が、磁場によって分裂する。

### 2.4 2 準位系の例 3. イオントラップ

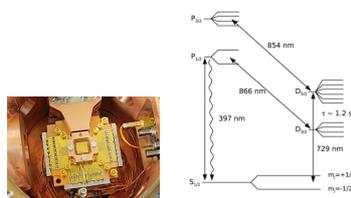


図 5: 左: イオントラップ量子コンのチップ (NIST より) 右: Ca イオンの準位 ([1] より)

イオン (や NV センターダイヤモンド) のエネルギー準位の差が可視光の波長 → 光を当て、情報を読みだしている

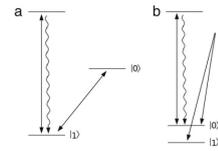


図 6: 光子量子ビット (左) と超微細量子ビット (右) の準位の模式図 ([1] より)

## 3 超伝導量子回路

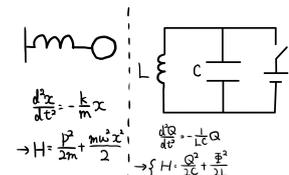


図 7: LC 回路とばねの模式図

どちらも同じ形の方程式に従い、同じ方法で解ける [2]。

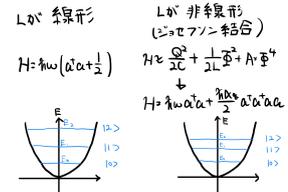


図 8: LC 量子回路と超伝導量子回路のエネルギー

超伝導量子回路は、これを量子的効果が効くエネルギーで考え、コイルに超伝導素子を使う [2]。

すると、原子のようなエネルギー準位になるため、エネルギー差に相当するマイクロ波を当てて制御する。

## 参考文献

[1] R. B. H. Häffner, C.F. Roos. “Quantum computing with trapped ions” Physics Reports 469. (2008) : 155–203.  
 [2] 山崎歴舟. “量子技術序論” オンラインコース・サマースクール・量子技術教育プログラム (2022) : 121–125.