



# 「電子の波は複素数」

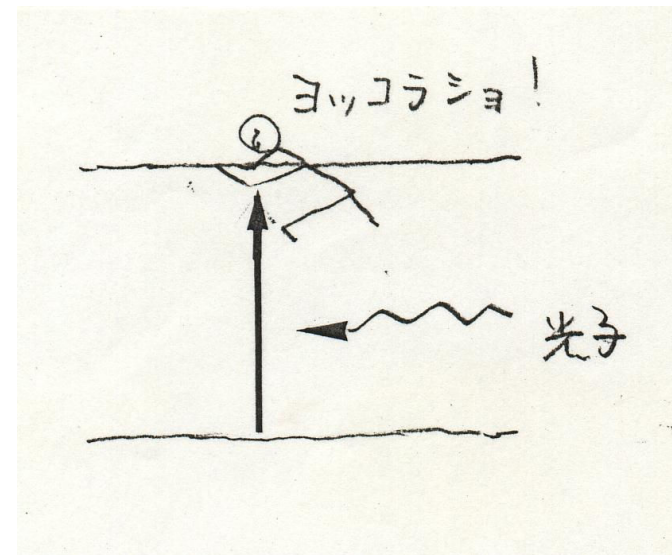
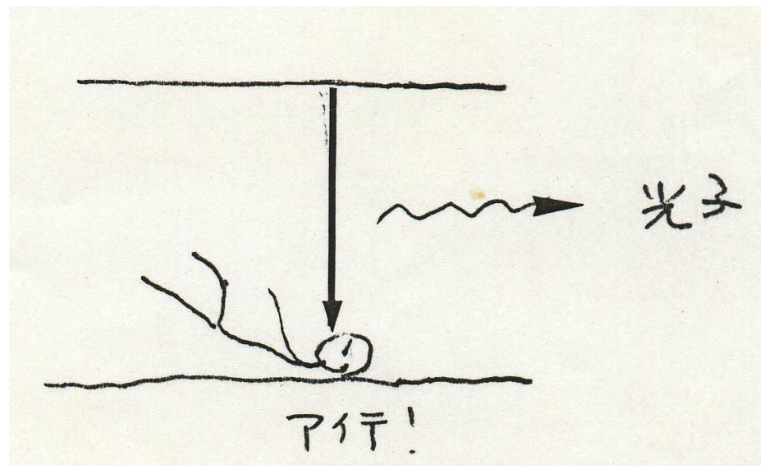
Q-semi 第3回資料

2025/4/5

## 第2回のまとめ

- 電子線の干渉から電子を波と考えた.
  - ▶ 運動量と波長の関係  $p = \frac{h}{\lambda}$
- 容器に閉じ込められた電子のエネルギーは離散的になった.
  - ▶ 弦の固有振動と対応している.
- 水素原子の電子に最小のエネルギーがある.
  - ▶ 水素原子がつぶれないことが説明できた.
- 水素原子の線スペクトルを説明することができた

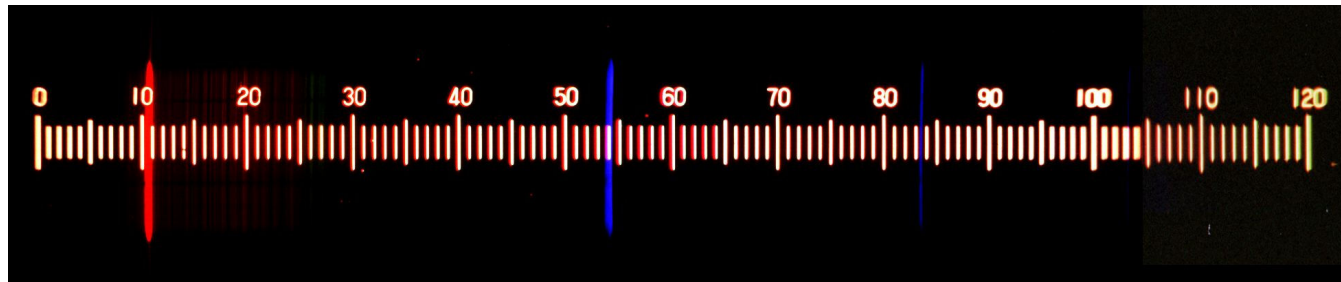
# 原子の光の放出・吸収



$$E = h\nu = hc/\lambda$$

# 線スペクトル

線スペクトルは原子の指紋



- ▶ 原子に固有の色
  - » 炎色反応・花火
  - » ナトリウムランプ
  - » 焼き物の釉薬

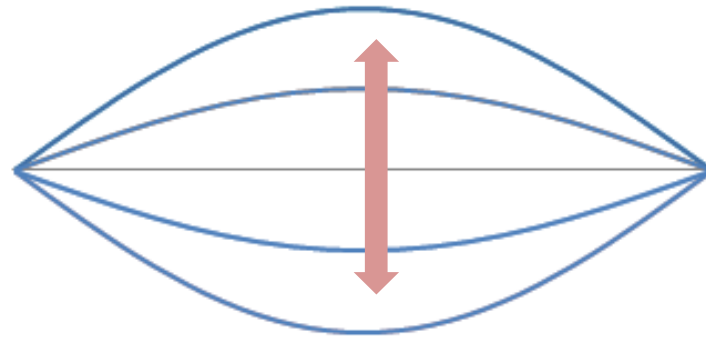
# 電子はどこにいるのか

- つぎは電子の位置を考えます.
- 電子は波のどこにいるのか.
- 電子の波を実数だと考えると矛盾が生じる.
  - ▶ 定在波では波が周期的に消えたり現れたりする.
- そこで電子の波を複素数だと考える.
- 不思議！ 世界は本質的に複素数だ.

# 定在波を考えると問題が起こる

定在波の振幅は大きくなったり小さくなったりする。  
無くなる瞬間もある。波が電子を表しているのなら  
電子がその瞬間消えてしまうことになる。

基本振動の場合



## 2次方程式の解と虚数の導入

$$x^2 + 2bx + c = 0$$

$$x^2 + 2bx = -c$$

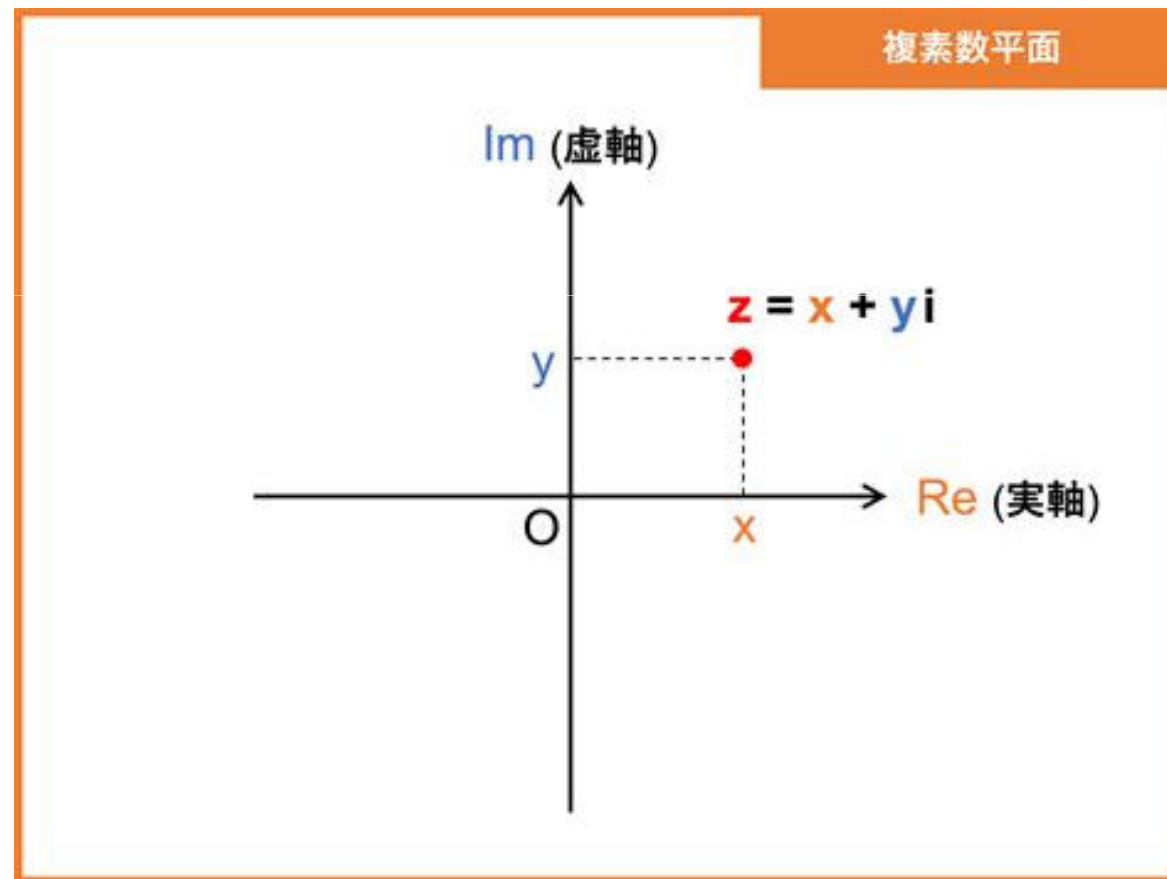
$$x^2 + 2bx + b^2 = -c + b^2$$

$$(x + b)^2 = -c + b^2$$

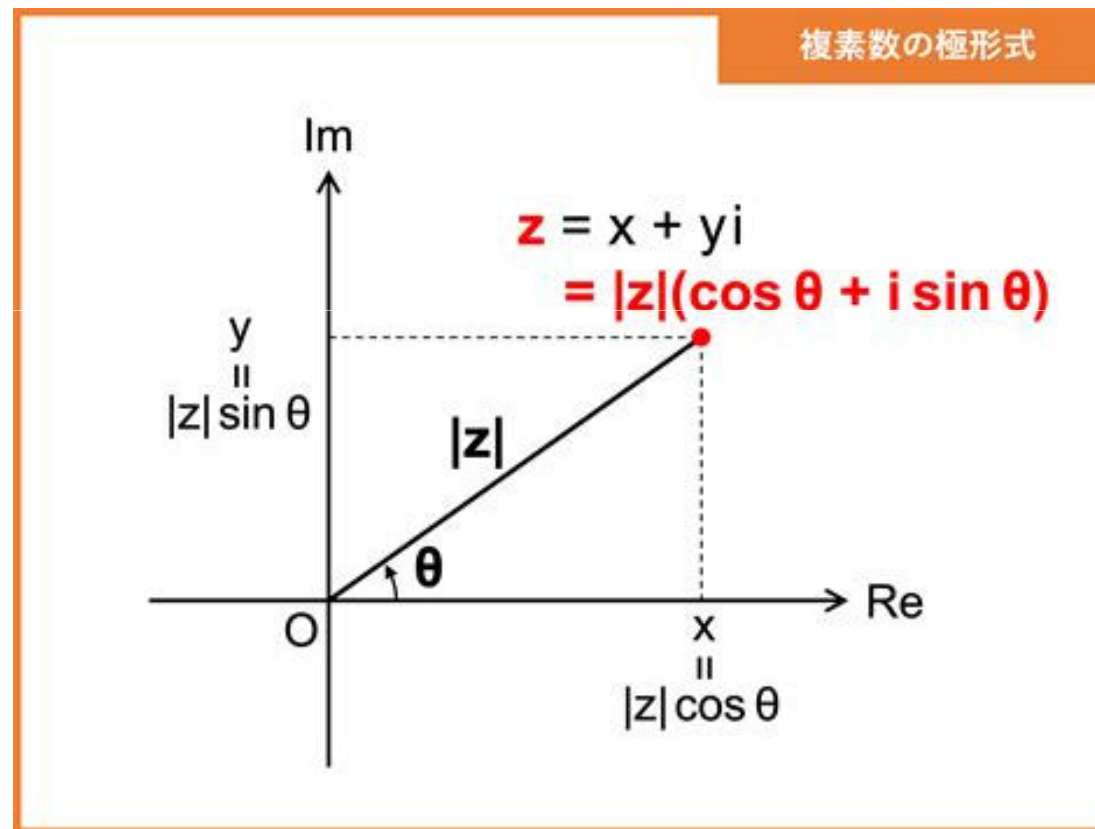
$$x + b = \sqrt{-c + b^2}$$

$$i^2 = -1$$

# 複素数

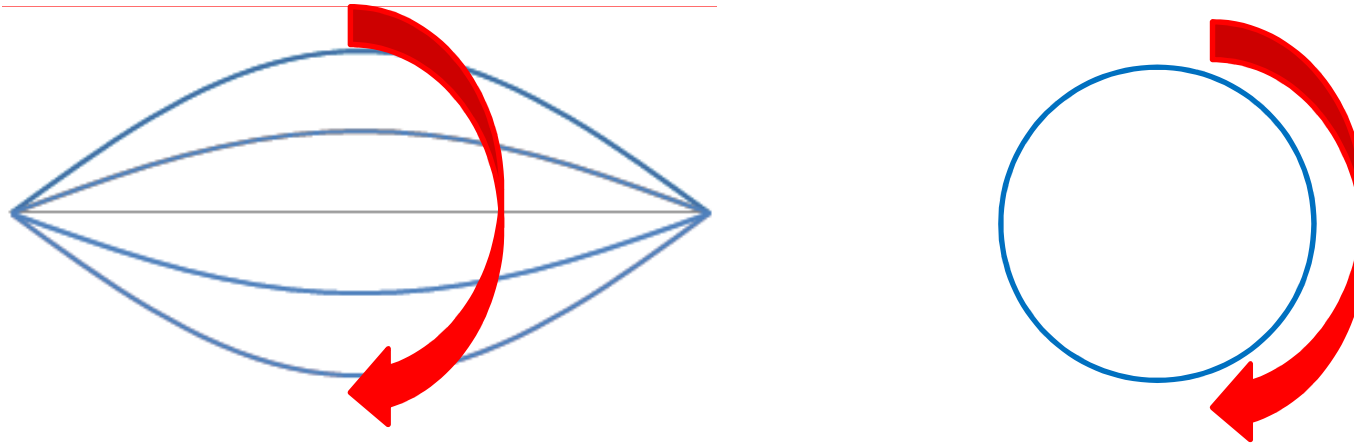


# 複素数



# 電子の波を複素数と考える！

- 波の実部と虚部
- 複素数の大きさは時間的に変わらず一定になる



# 古典力学では理解できない自然像

- 電子の状態は複素数で表される.
- 電子の状態は電子の实在形式なのか？
- 実在するものが複素数で表されるとは.
- 古典的な常識的自然像では理解できない.

# 電子の位置と運動量

電子は波のあるところにいるはず.

粒子に近いのは波束. (局在する波)

波束は多くの運動量でつくられる.

進行波は運動量を決めると波は無限に広がる.

電子位置と運動量を同時に決めれない.

