

# 電子工学06

津山工業高等専門学校情報工学科講師  
電気通信大学先進理工学科協力研究員  
藤田 一寿

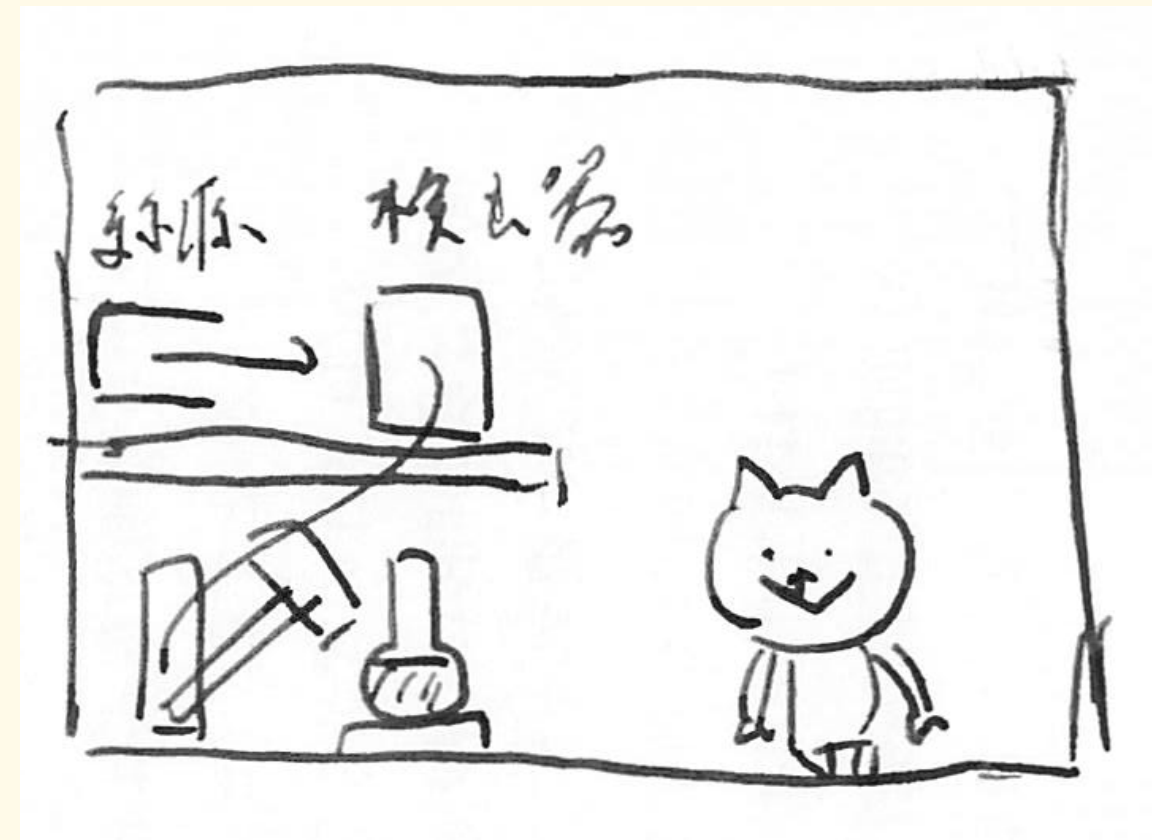
# これまでの復習

- ▶ 量子力学の世界では
  - ▶ 物質（電子）のエネルギーは飛び飛び
  - ▶ 物質の場所は確率的（1つの場所に決まらない）
- ▶ 電子工学では、これらの性質を応用している。

# シュレディンガーの猫

1935年シュレディンガーにより考えだされた思考実験

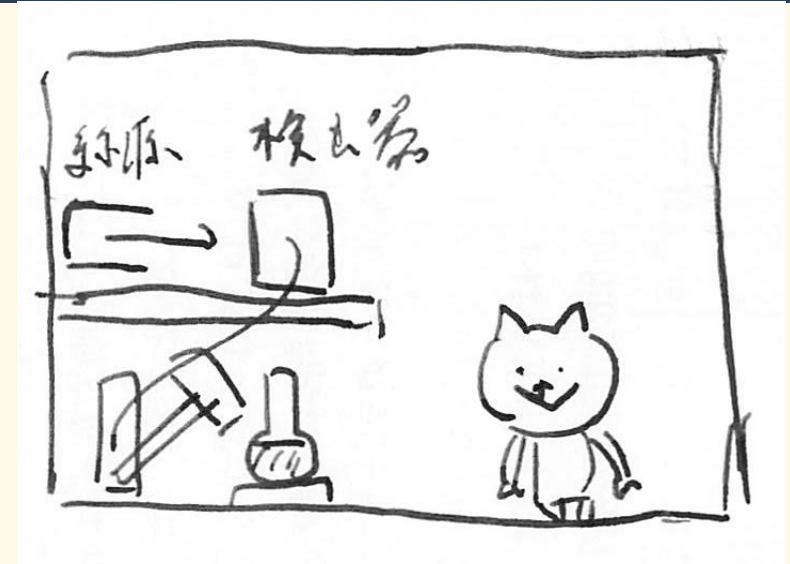
- ・ 放射線源
- ・ 放射線検出器
- ・ 検出すると動作するハンマー
- ・ ハンマーが落ちると割れる毒ガス入の容器
- ・ 猫



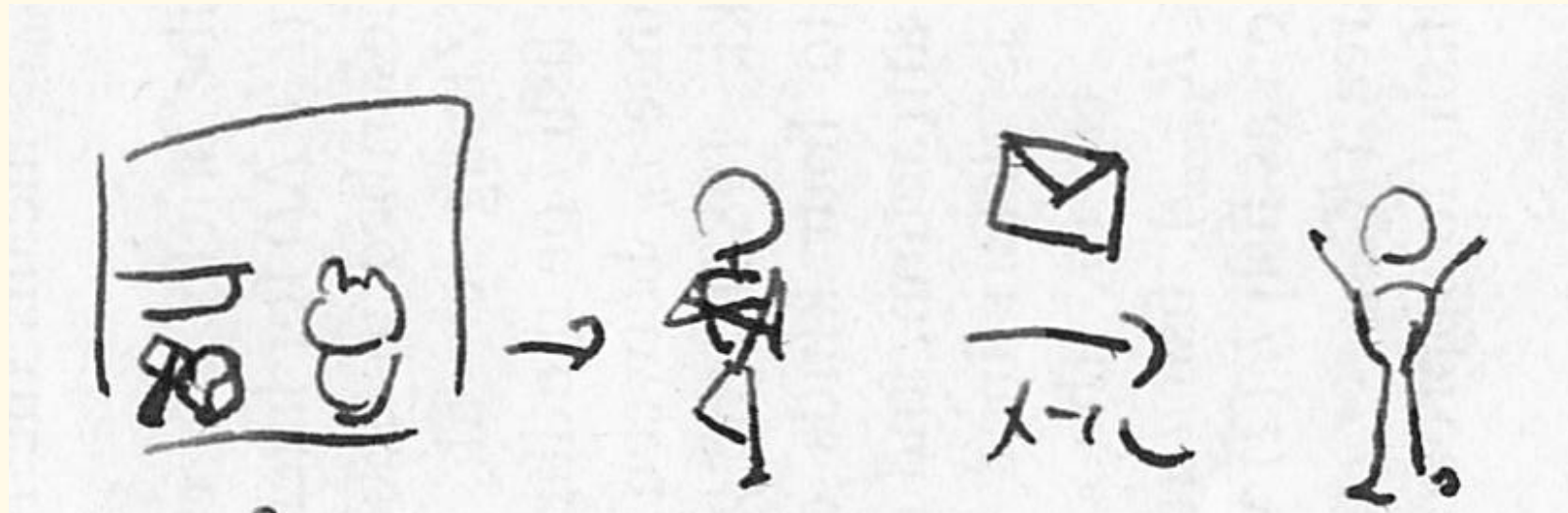
以上の物が外から中が見えない箱に入っているとする。

# 実験の解釈

- ▶ 放射線源から確率的に放射線が出る.
- ▶ 毒ガスが出たかどうかも確率的である.
- ▶ つまり、猫が死んだかどうかも確率的に決まる.
- ▶ 猫は生きてもいるし死んでもいる状態となっていると考えることができる.
- ▶ しかし、箱を開けた途端、猫は生きている状態か死んでいる状態が決まる.
- ▶ つまり、量子力学では物質の状態は観測者が居てはじめて決まる？
  - ▶ 観測者が観測して決まるということは、観測者の意識が状態を決める事となる.
  - ▶ しかし観測者の意識も所詮は生化学反応の結果にすぎない.



# ウィグナーの手紙



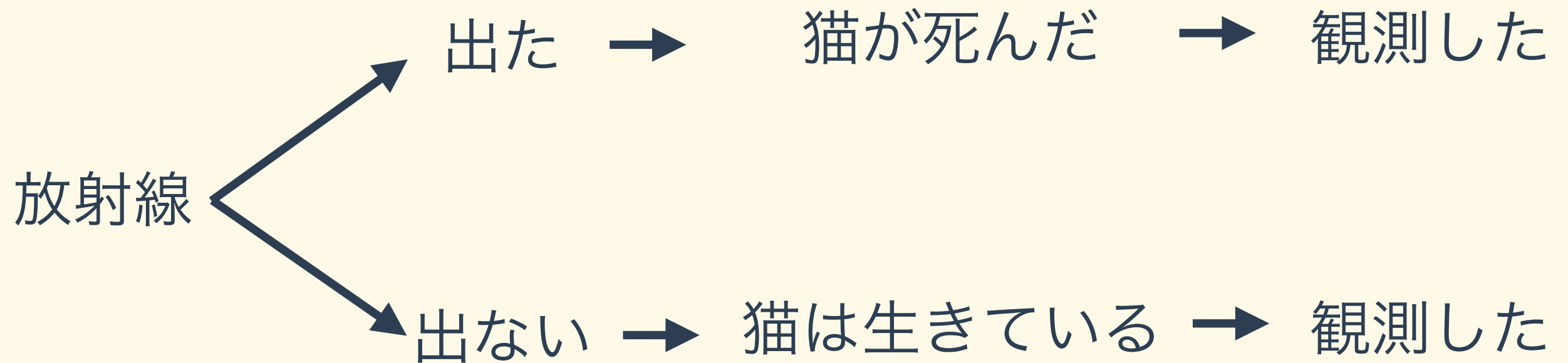
猫

Aさん

Bさん

- ▶ Aさんにとっては猫の状態は箱を開けた時に決まる。猫の状態を表す波動関数が収束する。
- ▶ しかしBさんにとってはAさんからのメールを読むことで猫の状態を表す波動関数が収束する。

# 多世界解釈（エヴェレット）



- ▶ 猫が死んだ世界と行きている世界が平行に存在している.
- ▶ それぞれの世界は互いに干渉しない.

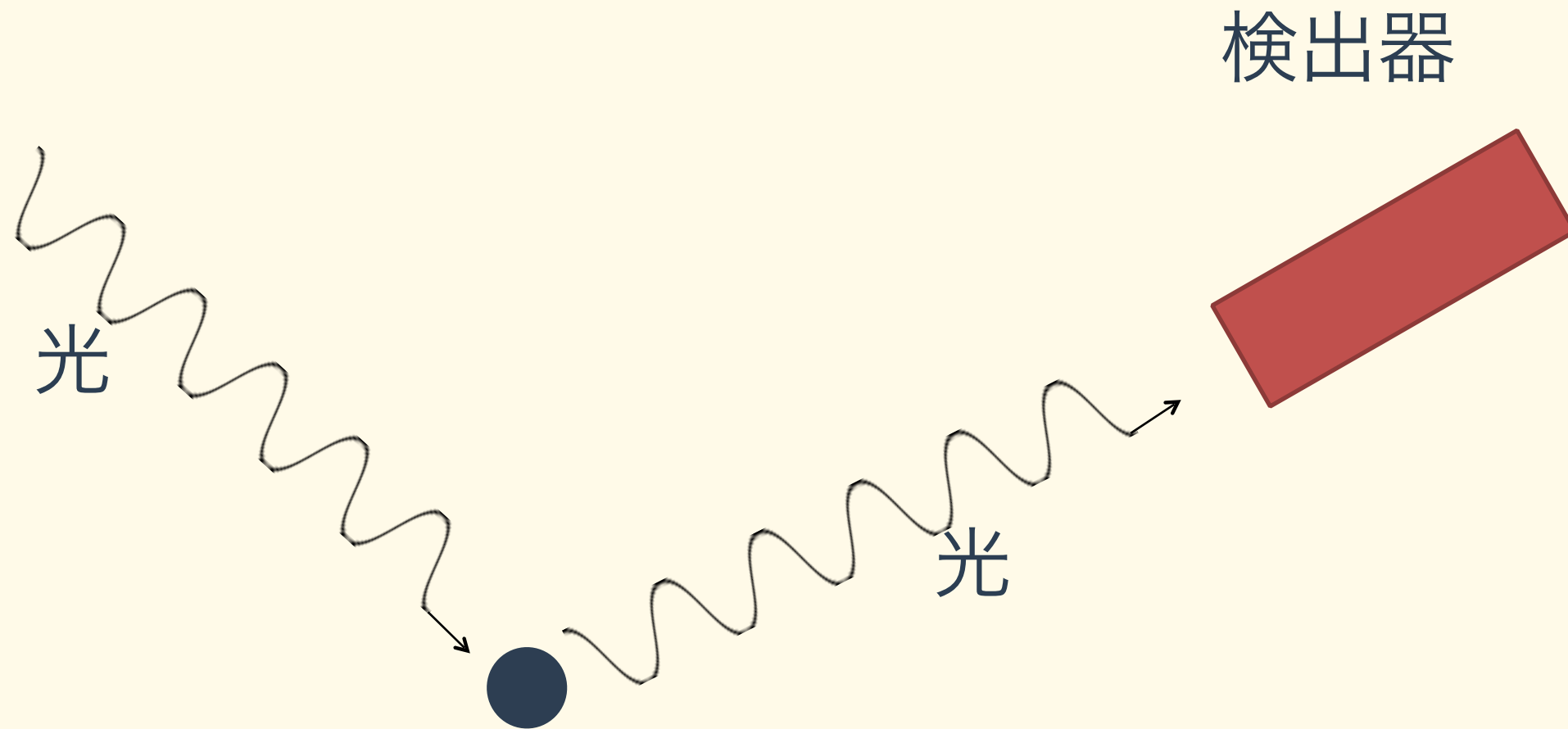
# 不確定性関係

$$\Delta x \cdot \Delta p \geq \frac{h}{4\pi}$$

$\Delta x$ : 場所の不確定さ

$\Delta p$ : 運動量の不確定さ

# ものを見るとは



ものを見るとは、光(エネルギー)をものに当てて、当てた光により物質がどのような応答をするか調べること。



# 正確に位置を知るには

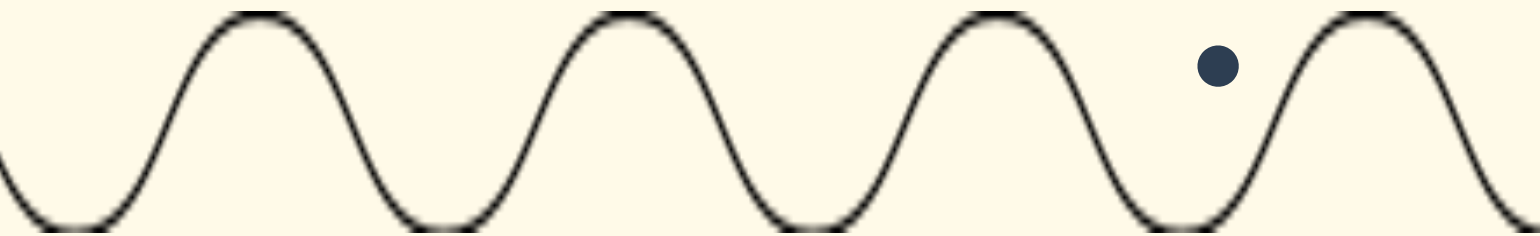
- ▶ 波長の短い光を当てる必要がある



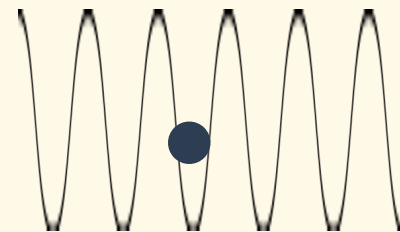
- ▶ 波長の短い光は高いエネルギーを持つ
- ▶ 電子の運動量が大きく変わる



- ▶ 運動量が不正確



波長が長いと光が物質をすり抜ける



波長が短いと光が物質にあたる

# 運動量を正確に測るには

- ▶ 物質の運動量を極力変えないため、エネルギーの低い光を当てる必要がある



- ▶ エネルギーの低い光は波長が長い



- ▶ 波長の長い光では位置が正確に測れない

# 位置と運動を同時に正確に測れない

不確定性関係が意味するところ

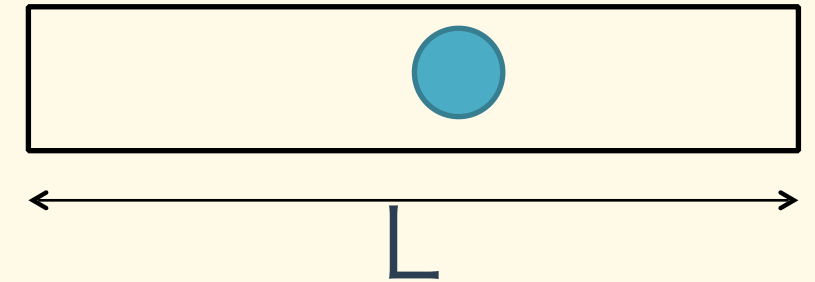
# 不確定性はどこからくる？

- ▶ 不確定性は測定自体の問題か
  - ▶ 観測とは、外部から入力を与え、それに物質がどう応答するかを調べること
  - ▶ 必ず外部からの影響を受けることになる
  - ▶ 測定の問題ではないのか？
- ▶ 不確定性は量子力学的な特性から生じる
  - ▶ 量子の世界では物質は確率的に存在しているから
  - ▶ 測定器の精度を上げてても不確定性は出てくる

# ド・ブロイの関係式から不確定性を求める

粒子を1次元の長さLの箱に入れる  
粒子は箱のどこかにあるので

$$\Delta x = L$$



の位置の不確かさがある。

箱のなかでは物質波は定常波となっているので、物質波の波長は $2L$ となる。よって運動量は

$$p = \frac{h}{2L}$$

定常波は逆に進むかもしれないのでその偏差は $\Delta p = \frac{h}{2L} - (-\frac{h}{2L})$

$$\Delta p = \frac{h}{L}$$

$$\Delta x \cdot \Delta p \simeq h$$

# 問題

- ▶  $m=145\text{g}$ の速度 $42\text{m/s}$  ( $\Delta v/v=0.1\%$ )と物質の位置の誤差を不確定性関係より求めよ。

# 問題

- ▶ 原子核の周りを回っている電子のエネルギーが $10\text{eV}$ の範囲にあるとすると位置の不確かさはどれくらいか

# 演習

- ▶ 教科書p19問題4を解け
- ▶ 教科書p42問題1を解け



# 中間試験

- ▶ 今回までに取り扱った内容(授業資料06まで)
- ▶ レポート，電卓持ち込み可
- ▶ レポートの内容は試験範囲のまとめ
- ▶ レポート提出は11月30日の講義終了時に
- ▶ レポートは評価の3割