

# QFF2024 UTokyo Day2 -CHSH不等式

東京大学 工学部システム創成学科 B4 林 穂高



# 1 時間目

- CHSH不等式の破れを実証してみよう！

...の前に、背景をちょっと見てみましょう

- キーワード
  - 局所实在論
  - 隠れた変数理論
  - ベルの不等式

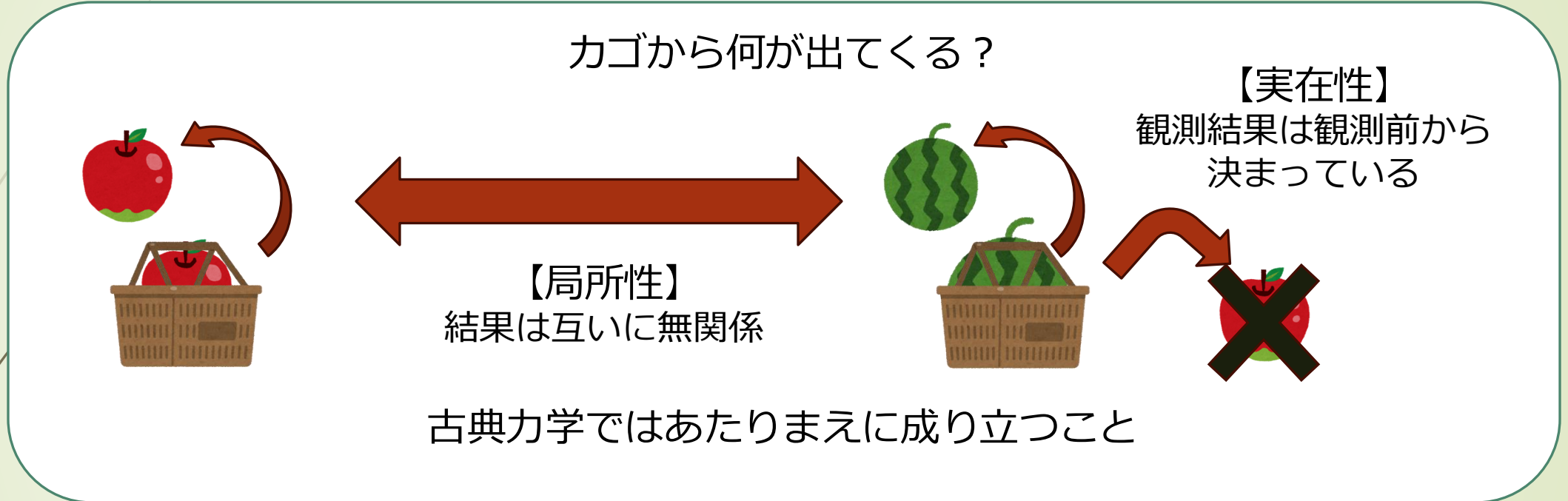
## 参考

講義：

- A:量子情報技術入門(長谷川先生)
- S:量子情報(武田先生)
- S:量子コンピュータ実習(寺師先生)



# キーワード1：局所实在論



- ➡ 量子力学では、これは成り立たないのでは？→激しい論争！（20世紀前半）

【実験結果】...量子状態の測定結果はばらつきがある

...エンタングルした2粒子は、測定結果に影響を及ぼし合う

## キーワード2：隠れた変数理論

【局所实在論の破れ？】



アインシュタイン

そんなことはない！！※1



「隠れた変数理論」

### ➡ 隠れた変数理論

・何か見逃している未知の変数  $\lambda$  があるのではないか？

...それが状態の測定結果に影響している

→  $\lambda$ を含めて考えれば、量子力学も局所实在論を満たす！

※1.EPRのパラドックス：

Einstein, A. and Podolsky, B. and Rosen, N. Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?

Phys. Rev. Vol 47. 10. p777-780 (1935)



# キーワード3：ベルの不等式



J.S.ベル

局所実在論が満たすべき不等式がある※2

その1種がCHSH不等式： $|S| \leq 2$

## ■ ベルの不等式の前提：

...離れた系の測定結果は互いに影響を及ぼさないこと(局所性)

...量子状態と隠れた変数 $\lambda$ に対し、測定結果は一意であること(実在性)

※2.ベルの不等式：

J.S.Bell. On the Einstein Podolsky Rosen paradox. Physics Physique Fizika. Vol 1. 3. p195-200 (1964)



# ベルの不等式の破れ

- 量子力学のさまざまな実験で、  
ベルの不等式を満たさないケースがいくつも確認された！！  
...2022年のノーベル物理学賞受賞：光子による実証  
<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/summary/>
- ベルの不等式の前提：  
...離れた系の測定結果は互いに影響を及ぼさないこと(局所性)  
...量子状態と隠れた変数 $\lambda$ に対し、測定結果は一意であること(実在性)

量子力学の世界では、この前提が成り立たないことがわかった！



「ベルの不等式の破れ」を実証してみよう！

