

2022年ノーベル物理学賞解説

藤間 崇 (Takashi Toma)

国際基幹教育院 (Institute of Liberal Arts and Science)

2022年のノーベル物理学賞



Ill. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

Alain Aspect

Prize share: 1/3



Ill. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

John F. Clauser

Prize share: 1/3



Ill. Niklas Elmehed © Nobel Prize Outreach

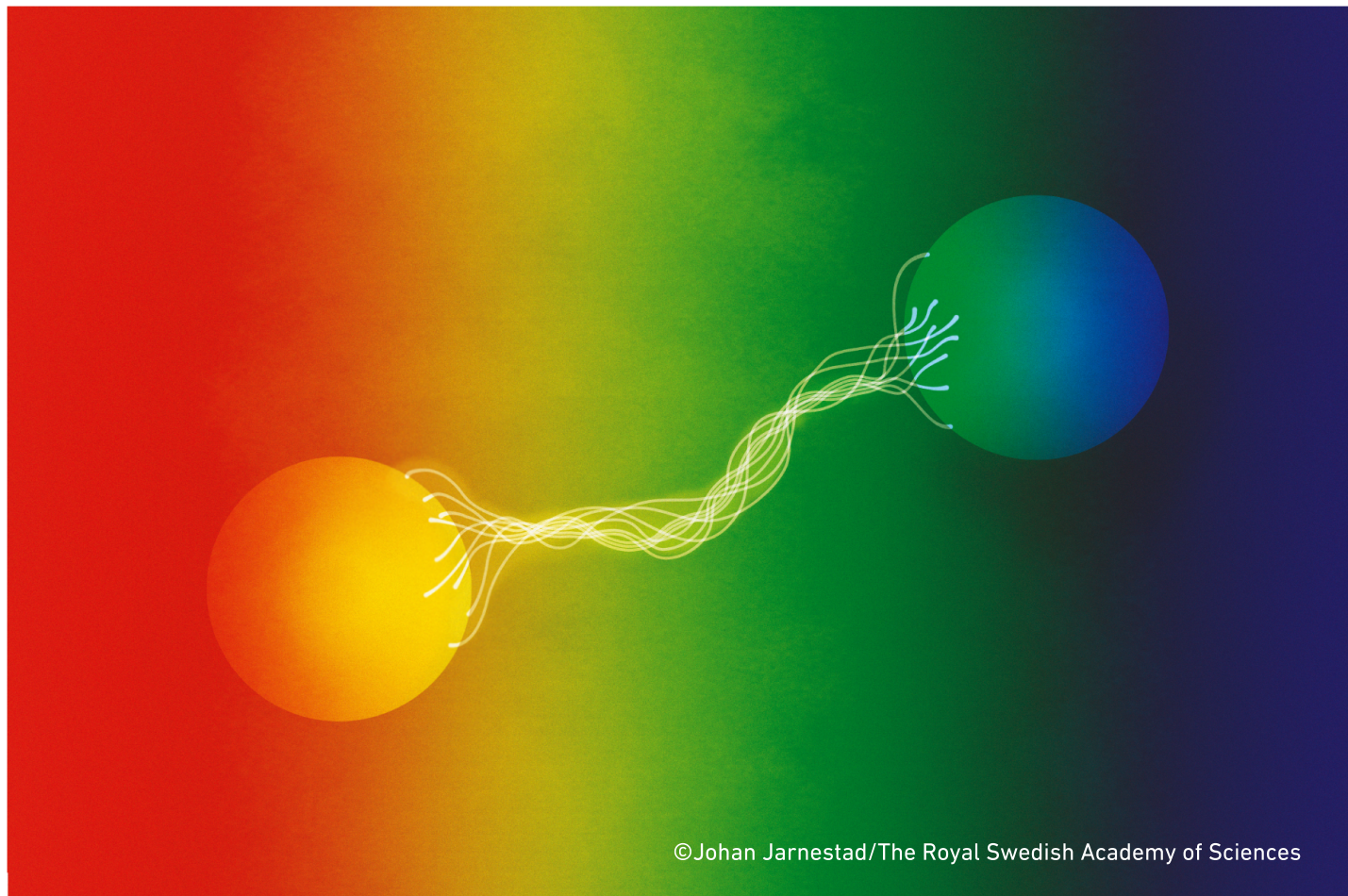
Anton Zeilinger

Prize share: 1/3

引用: THE NOBEL PRIZE <https://www.nobelprize.org>

2022年のノーベル物理学賞

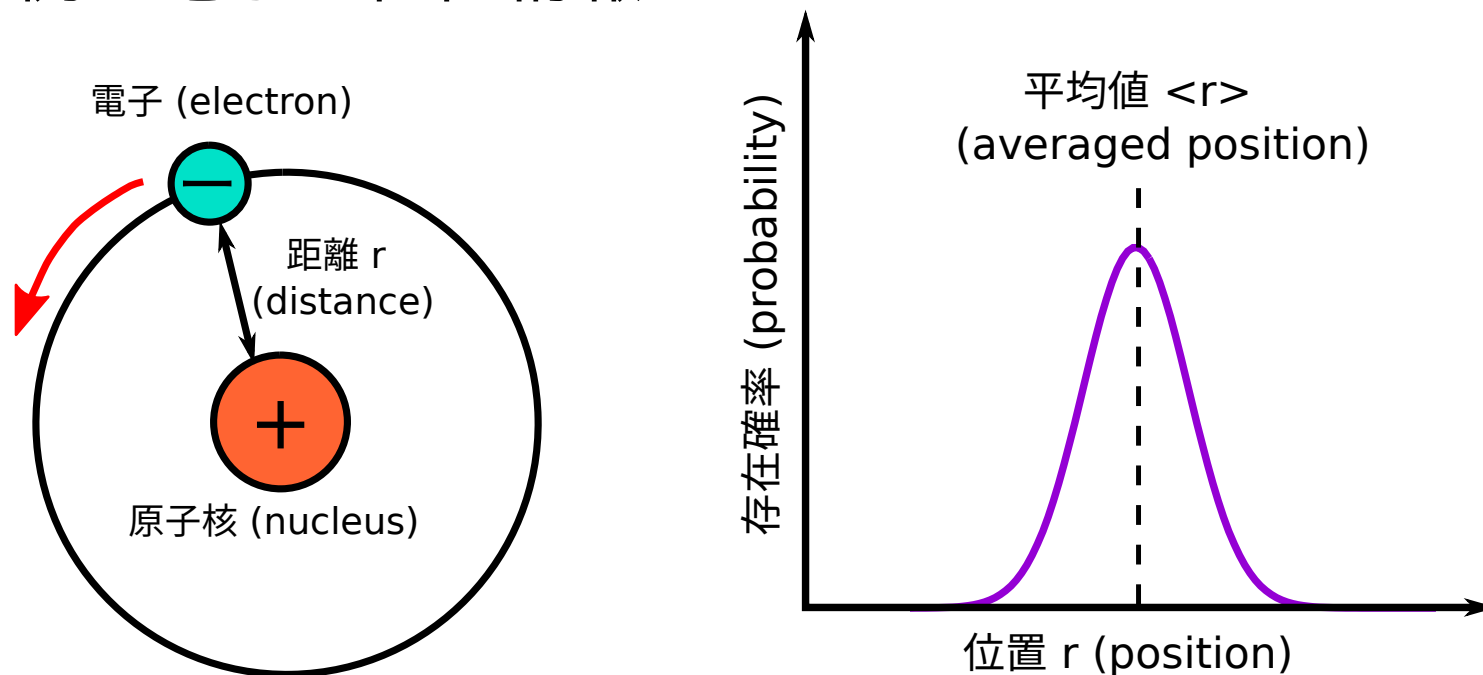
- 複数光子を用いた量子もつれ実験、ベルの不等式、先駆的な量子情報科学の確立



引用: THE NOBEL PRIZE <https://www.nobelprize.org>

2022年のノーベル物理学賞

- 量子力学：ミクロな世界を記述する物理 $\lesssim 1\text{nm}$
量子の運動（量子状態）は**確率的**にのみ決定される
例：電子の位置情報



- 1回の測定でえられる結果は決まったある特定の値
- 何度も位置を測定する実験を行えば、確率分布が分かる

2022年のノーベル物理学賞

- 各測定における電子の位置情報は予め決まったものではない。量子状態は観測するまで確定していない。観測した瞬間に確率が1点に収束する。

我々の（マクロな）世界では
・手を開く前から「表」か「裏」は
決まっている



量子力学の（ミクロな）世界では
・手を開くまで「表」か「裏」は
決まっていない



■ コインの例

- 1950年代当時、この考えが本当に正しいかどうかは分からなかった。実際は観測する前から決まっているのではないか？

2022年のノーベル物理学賞

ベルの不等式

- 3人の研究を通じて正しいことが示された。⇒ ノーベル賞
- 実際には「ベルの不等式」が破れていることを示した。

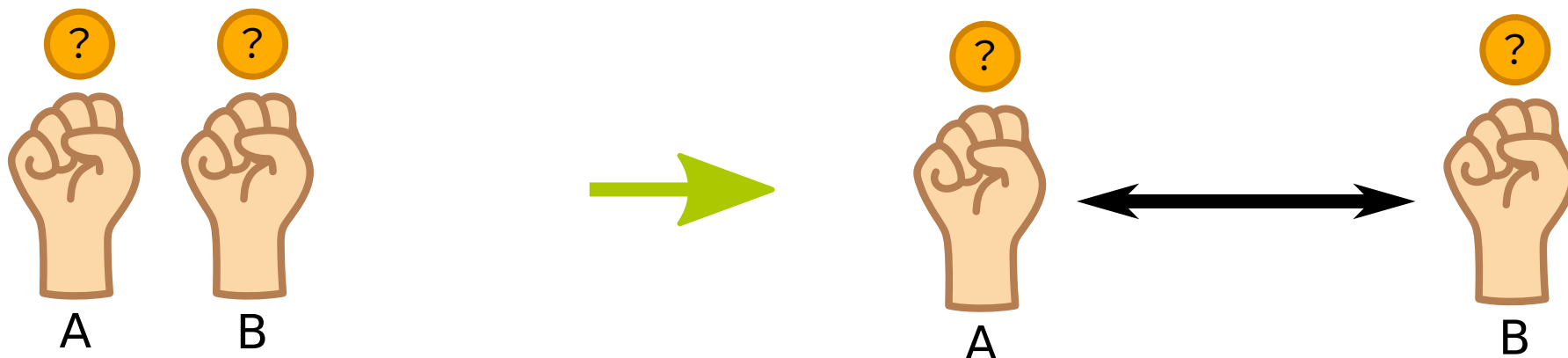
ベルの不等式 $|S| \leq 2$ S は2つの測定の相関を表す

- 量子状態が始めから1点に決まっているとすれば、ベルの不等式を満たすはず。しかし、実際に調べてみると満たされていなかった。実際の実験で得られた値： $|S| = 2.42$
- つまり観測するまで「量子状態は決まっていない」ということが証明された。

2022年のノーベル物理学賞

■ 量子もつれ

- ・ ペアの2人がそれぞれ「関係付けられた量子」を一つずつ持って遠く離れる



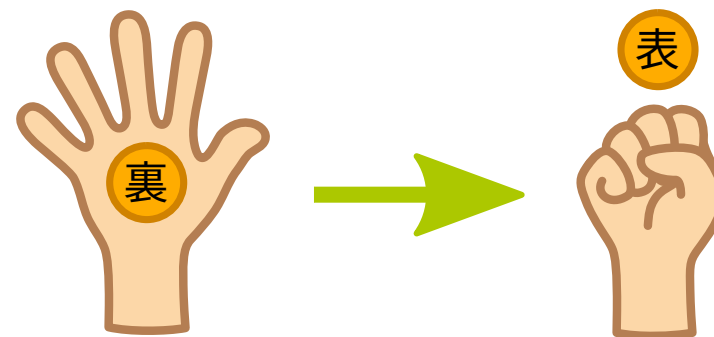
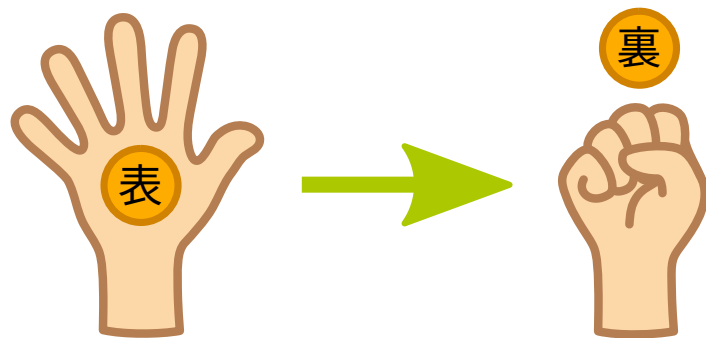
- ・ 一方が観測すると、別のもう一方の量子状態も決定される

(1) Aの観測の結果「表」だった

→ Bは観測しなくても「裏」に決まる

(2) Aの観測の結果「裏」だった

→ Bは観測しなくても「表」に決まる

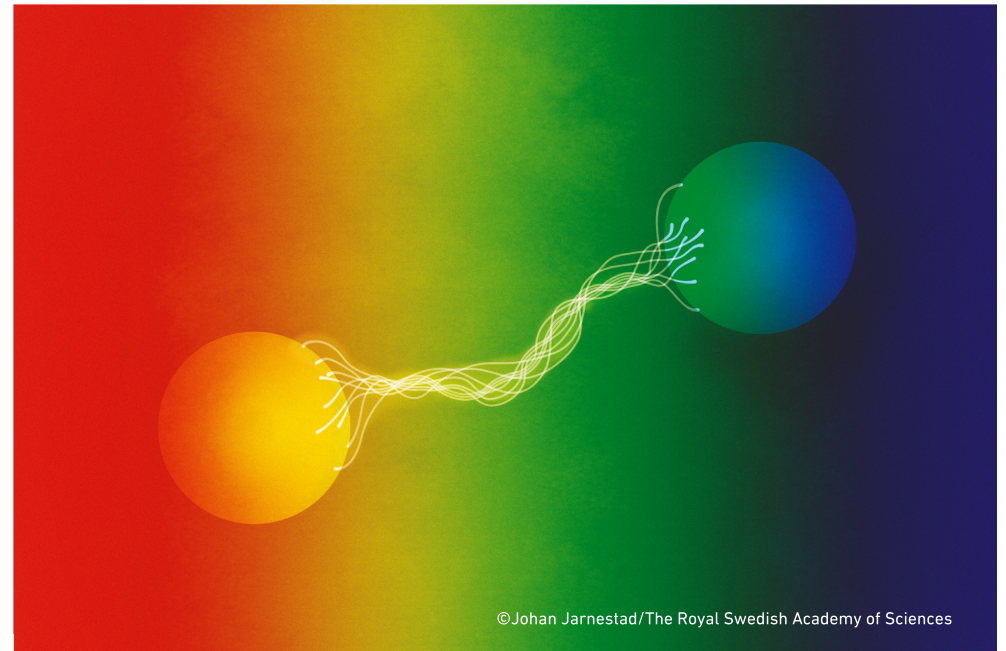


2022年のノーベル物理学賞

量子もつれ

- 宇宙の果て同士でも起こる
注意：通常の情報伝達の限界速度は光速度
- 量子情報を瞬間的に転送
⇒ 量子テレポーテーション
注意：物質を瞬間的に転送
できるわけではない

引用: THE NOBEL PRIZE <https://www.nobelprize.org>



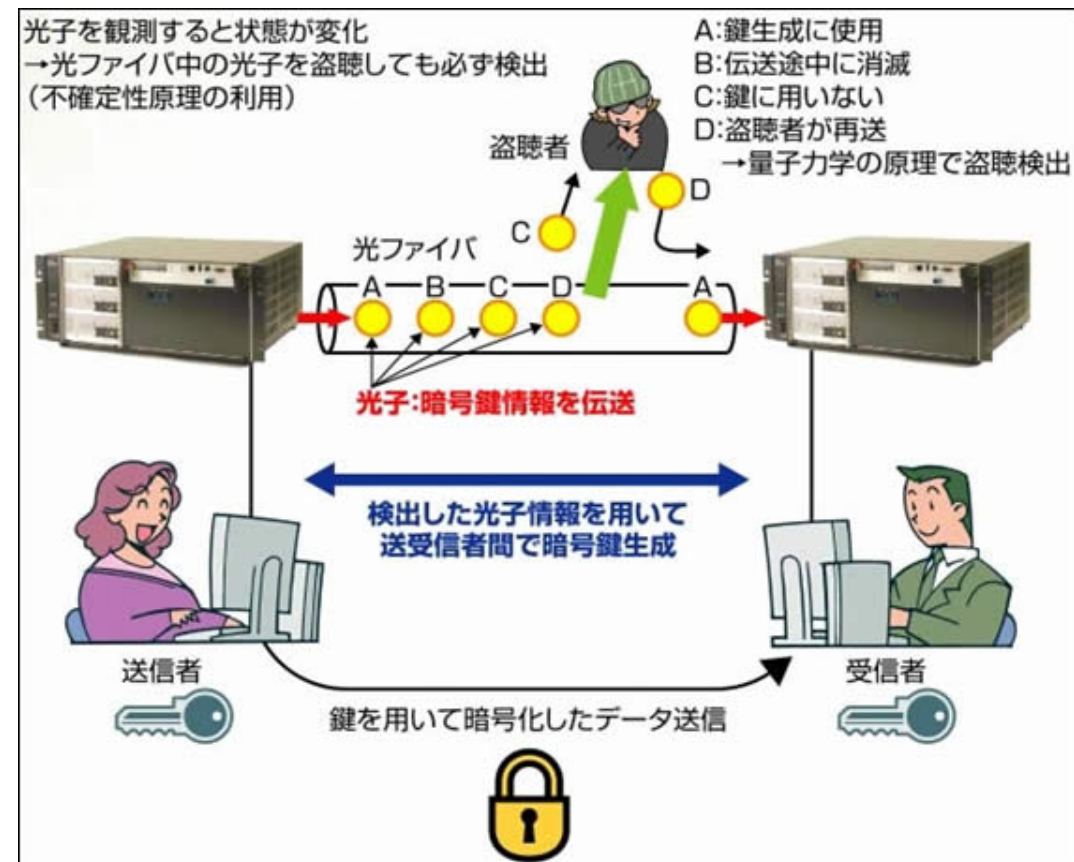
©Johan Jarnestad/The Royal Swedish Academy of Sciences

2022年のノーベル物理学賞

- 量子情報科学への応用が期待
量子コンピュータ、量子情報通信

- 例：絶対に破れない暗号通信

- ・量子状態は観測すると壊れる。
- ・暗号通信をする当事者は量子情報をやり取りする。
- ・第3者が盗み見る（観測）することで量子状態が変化するので、当事者はこれに気づくことができる。



引用: 科学技術振興機構 <https://www.jst.go.jp/>