

量子もつれと研究者のつながり

2022年のノーベル物理学賞と 学会・学術誌が果たした役割

谷村 省吾

名古屋大学大学院 情報学研究科

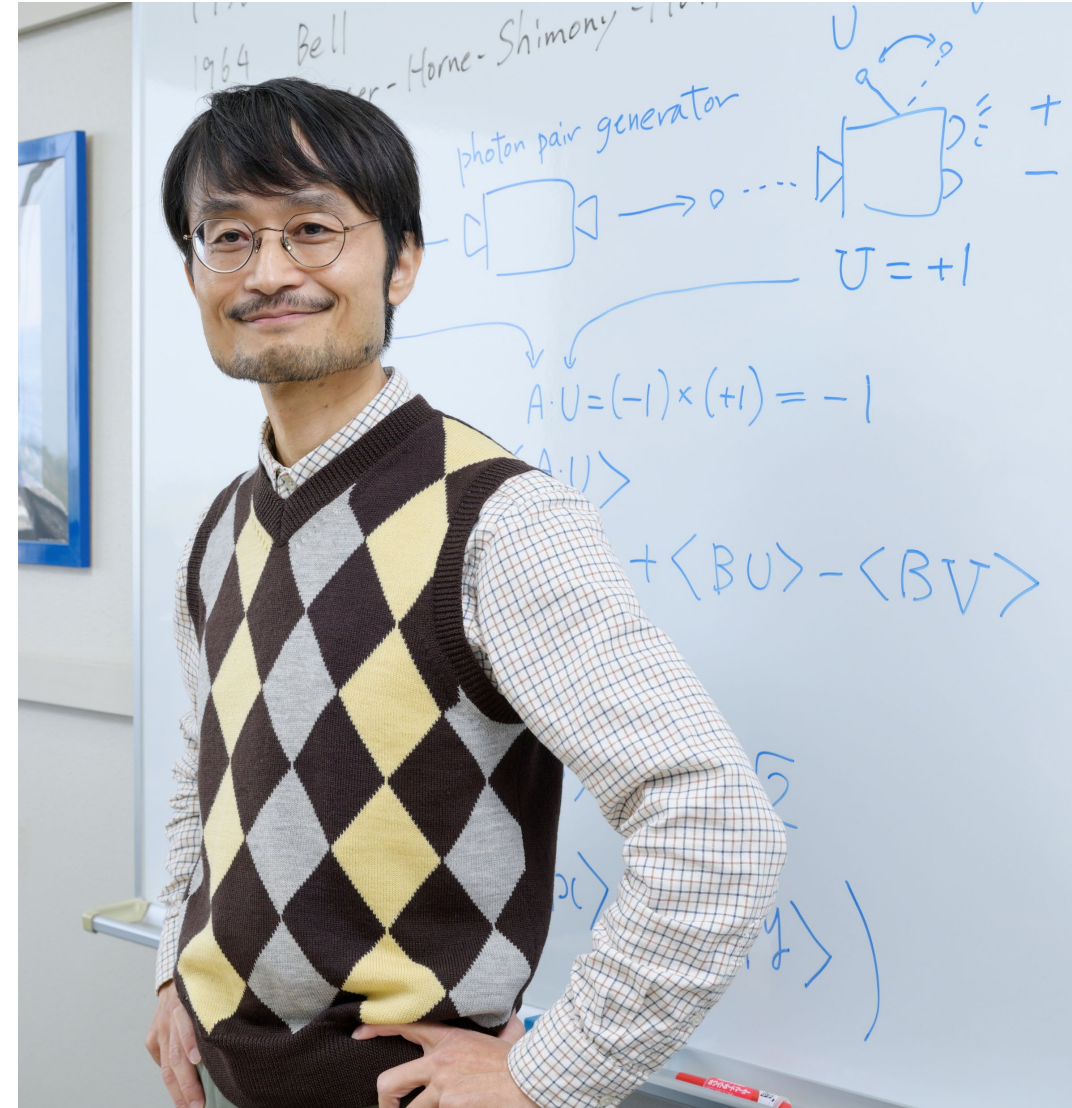
twitter @tani6s

資料を私の[ウェブサイト](#)で公開しています。「谷村省吾」で検索 または QRコード→



自己紹介：谷村省吾（たにむら・しょうご）

- 名古屋大学工学部応用物理学学科卒業。
- 名古屋大学大学院理学研究科物理学専攻修了、E研（素粒子論研究室）。大貫義郎氏が定年退官されるときM2でした。
- 大学院修了後の職歴：東京大学・京都大学・大阪市立大学・京都大学、2011年から名古屋大学。
- いろいろ勉強・研究しましたが、結局、私は量子力学が一番好きで、量子基礎論・量子情報理論・量子／古典両方の力学系理論などを研究しています。最近はAIの研究にも手を出しています。
- 2013年からPTEPのone of editorsを務めています。



2022年のノーベル物理学賞授賞対象

量子もつれ光子を用いた、ベルの不等式の破れの検証実験と量子情報科学の先駆的実験

for experiments with entangled photons, establishing the violation of Bell inequalities and pioneering quantum information science (<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2022/summary/>)

ジョン・クラウザー（アメリカ）

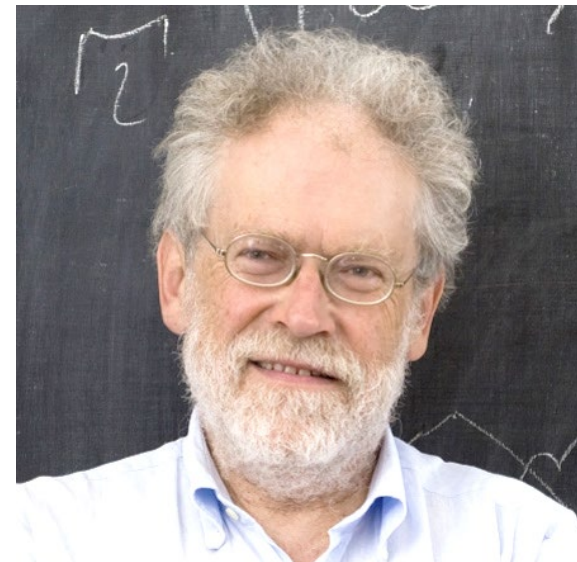
<https://www.johnclausser.com/>

アラン・アスペ（フランス）

https://en.wikipedia.org/wiki/Alain_Aspect

アントン・ツァイリンガー（オーストリア）

<https://wolffund.org.il/2018/12/11/anton-zeilinger/>



- ホーム
- 話題を検索
- 通知
- メッセージ
- ブックマーク
- リスト
- プロフィール
- もっと見る

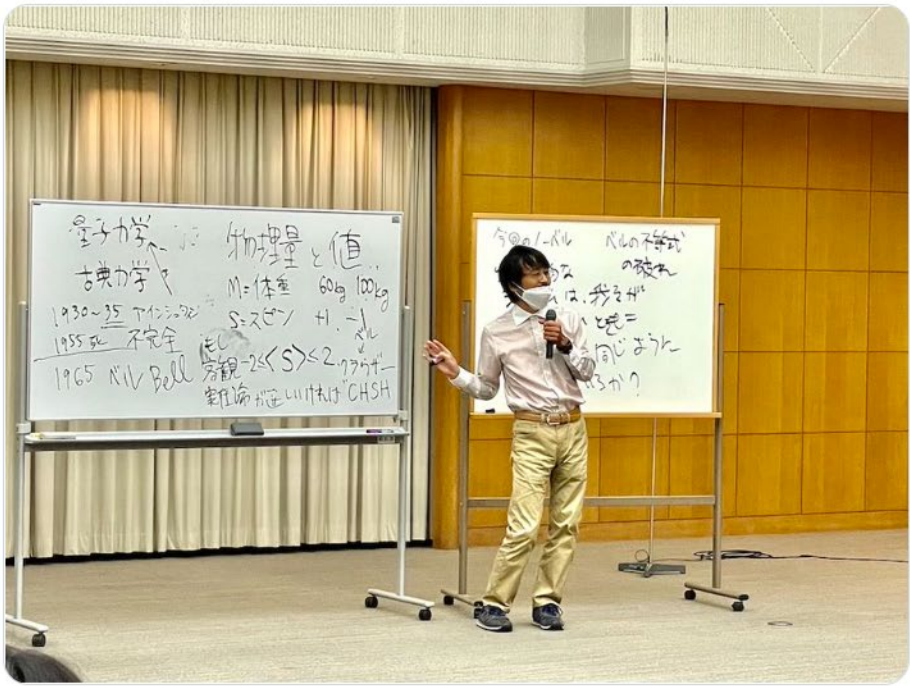
ツイートする

TANIMURA Shogo @tani6s

ツイート

名古屋大学 研究フロントライン @Frontline758

谷村先生、ただいまアツ〜く解説していただいています



午後7:33 · 2022年10月4日 · Twitter Web App

30 件のリツイート 3 件の引用ツイート 102 件のいいね



スレッド

名古屋大学 研究フロントライン @Frontline758

昨日のノーベル賞発表は、記者さんたちが集まるホールに杉山総長も駆けつけました。

受賞研究についてレクチャーしてくださった谷村省吾教授@tani6sと総長との豪華解説に、会場は釘付けとなりました。



午後2:18 · 2022年10月5日 · Twitter Web App

20 件のリツイート 2 件の引用ツイート 52 件のいいね

ことのおこりと経過

- 量子論の建設者でありながら、出来上がった量子論に反旗を翻したアインシュタイン
- アインシュタインが提起した問題を引き継いだ人たち
- 2022年のノーベル賞に行き着く

量子論とアインシュタイン

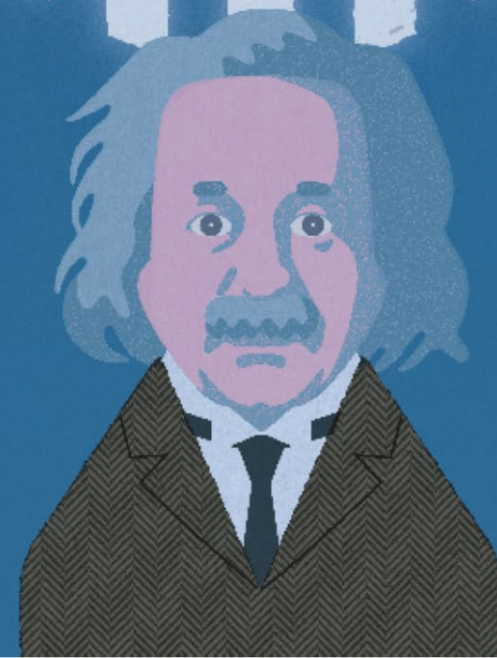
- アインシュタインは量子論の創成期の貢献者の一人
- 光量子仮説（1905年）：光が粒子だと考えると黒体輻射のウィーンの公式を導ける。
- 光電効果、光子の運動量、光の誘導放射、固体の比熱などに量子論を適用

量子力学の完成とアインシュタインの問題提起

- ハイゼンベルク、ボルン、ヨルダンの行列力学 (1925年)
- ディラックの q-number代数 (1925年)
- シュレーディンガーの波動方程式 (1926年)
- ボルンの確率解釈 (1926年)
- **アインシュタイン「神はサイコロを振らない (God does not play dice)」** (1926年、ボルンに宛てた手紙)

アインシュタインのクレーム

- 電子を探せば必ず「ひとつぶ」の粒子として見つかる。
- 電子を探していないときは、電子は波動のように広がり、複数のスリットを通過しているかのようにふるまう。
- 見たときだけ粒子なのか？
- 「空を見上げたときにだけ月があると君は信ずるのか？ (Do you really believe that the moon exists only when you look at it?) 」 (アインシュタインがパイスと散歩中に言った)



EPR論文（1935年）（1/3）

- アインシュタイン、ポドルスキー、ローゼンの共著論文。
- 「客観的実在性」の十分条件
- 「物理理論の完全性」の必要条件
- この基準に照らすと量子力学は不完全だ、と論じた。

EPR論文 (1935年) (2/3)

- 「客観的実在性」の十分条件：系を乱すことなく、ある物理量の値を確実に予測できるならば、その物理量に対応する「実在の要素 (element of reality)」があると言ってよい。
- 物理理論の完全性の必要条件：物理理論が完全であると言えるためには、理論は実在の要素に対応する概念を漏れなく記述しているべし。

EPR論文 (1935年) (3/3)

- 量子もつれ状態 ($\hat{q}_1 - \hat{q}_2$ と $\hat{p}_1 + \hat{p}_2$ の同時固有状態) では、一方の粒子を観測しただけで、他方の粒子の位置と運動量の値を確実に予測できる。だから**位置と運動量に対応する実在の要素があるはず**。
- しかし、量子論は位置と運動量の確定値を同時に書き表すことができない。
- だから**量子論は不完全だ**、と論じた。

局所実在論 (Local realism)

- EPRに込められている信念を後人が定式化。
- **局所性**：ある場所で起きた出来事が他の場所のものに影響を及ぼすためには、間を光速以下の何かが伝わらなければならない。
- **実在論**：系に影響を及ぼすことなく確実に予測できる性質や数量があるならば、観測していないときもその性質・数量は客観的に存在している。

局所性を言う必要があったか？

- EPR論文には“局所性”に関わる議論は直接的には書かれていないが・・・
- 「部分系に擾乱を与えることなく部分系について何かを知ることができる」という推論をするために「局所性」を使っていた。
- 実際、アインシュタインは「超光速の波束の収縮は相対論に反する」とクレームしていた（1927年のソルヴェイ会議）。

EPRに対する反響

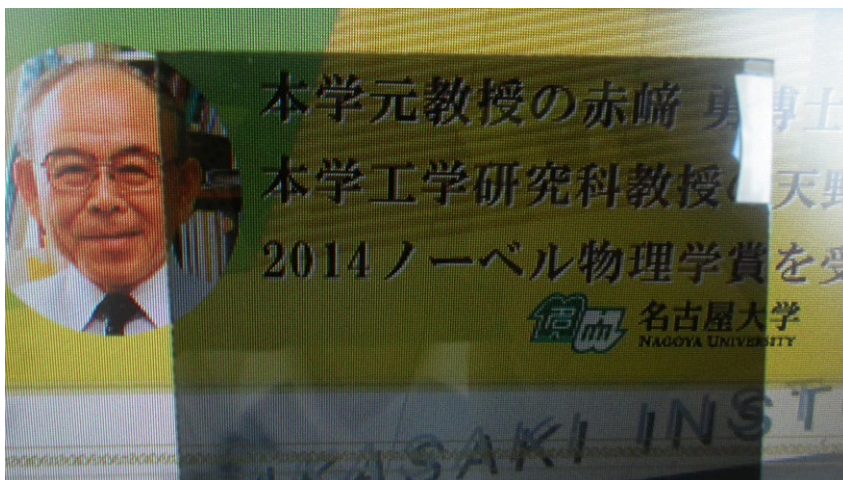
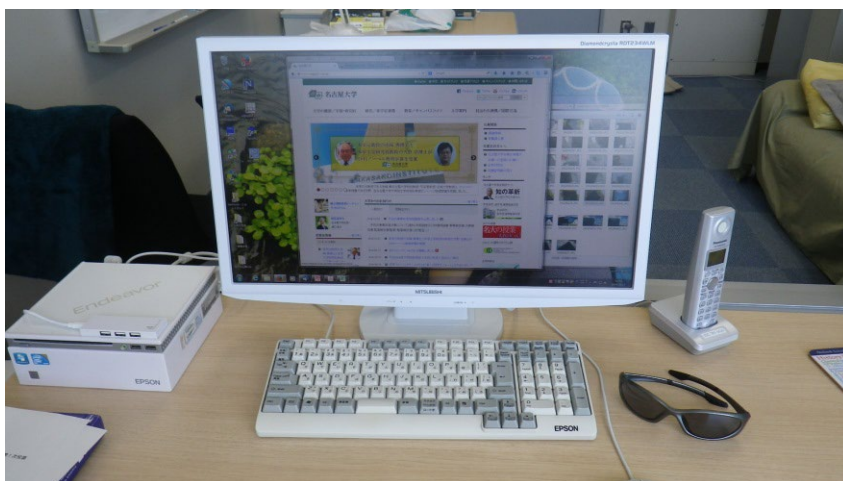
- EPR論文発表と同年の1935年にボーアが反論。
- 以後、この手の論争は下火に。
- **フォン-ノイマンは「量子論には隠れた変数（実在的変数）は存在しない」こと（No-Go theorem）を証明したと主張（1932年）。**
- **グレーテ・ヘルマン（数学者、ネーターの学生）はフォン-ノイマンの誤りを指摘した（1933-1935年）が、注目されなかった。**

実在論をテストする

- 「原子や電子は、人に見られていないときも、見られたときと同じ性質を持っているか？」という疑問を検証したくても、「**見ていないときの性質**」を実験で確かめる方法はなさそう。
- アインシュタインは1955年に没。
- **1964年にベルが、見ていないときの性質を検証するための数式を発表した。**
- **1969年にクラウザーたちがベルの不等式を実験検証しやすい形に作り替え、偏光を使う実験を考案した。**

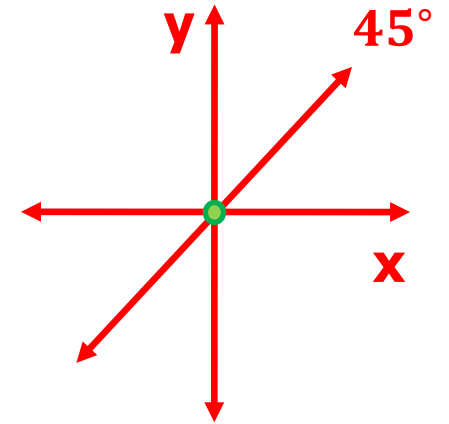
物理学者の皆さんに偏光の説明は要らない
と思いますが・・・

液晶ディスプレイから出る通る光は偏っている。

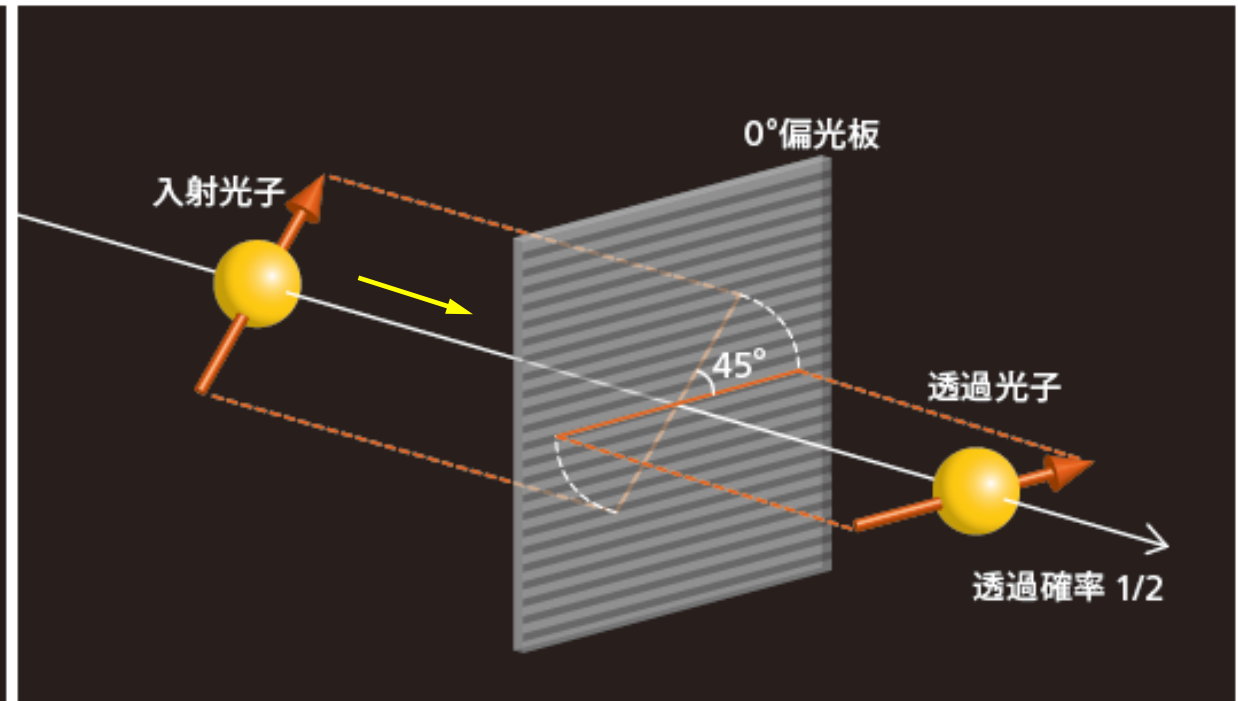
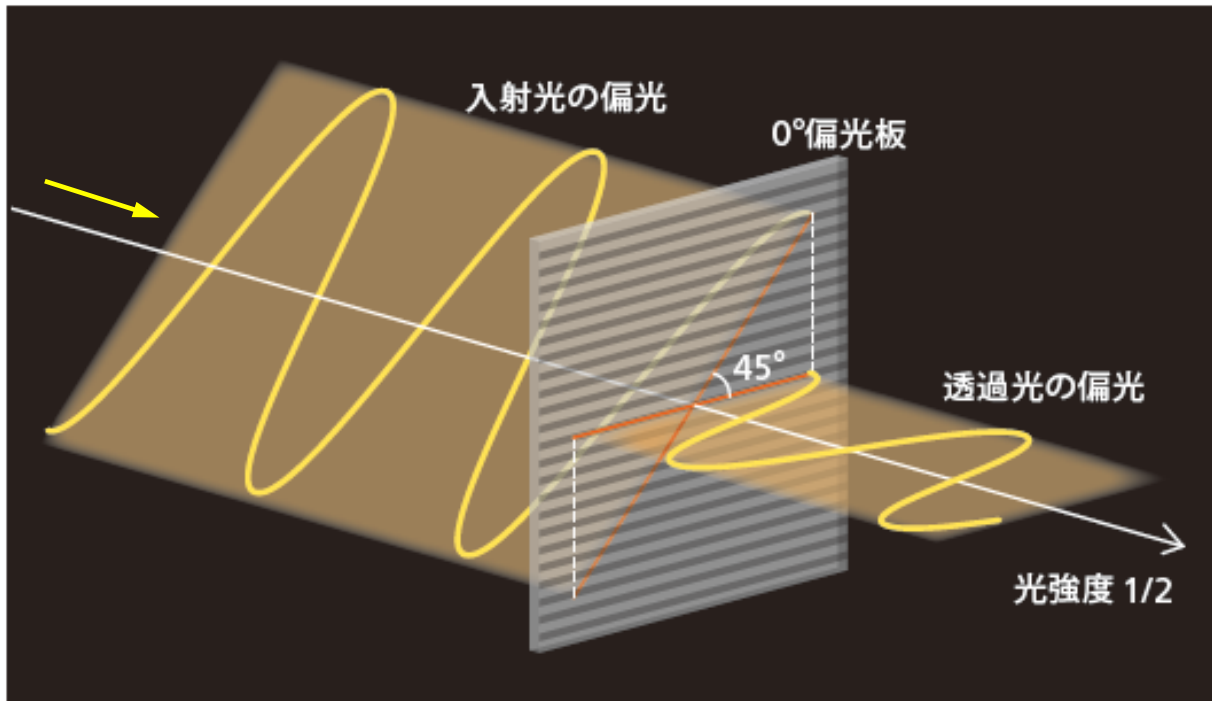


偏光フィルター

ある方向に偏った光が、別の透過特性軸を持つフィルターを確率的に透過する。



日経サイエンス2012年3月号『光子の逆説』 谷村省吾



偏光の透過確率

- 角度 θ の偏光を x軸に射影した成分

$$\alpha = \cos \theta$$

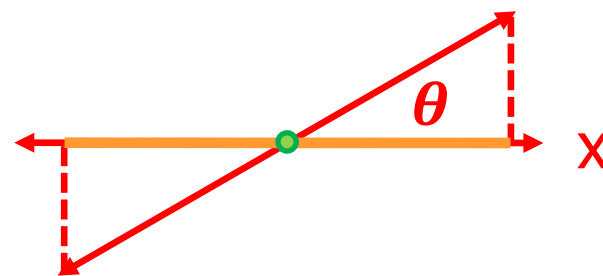
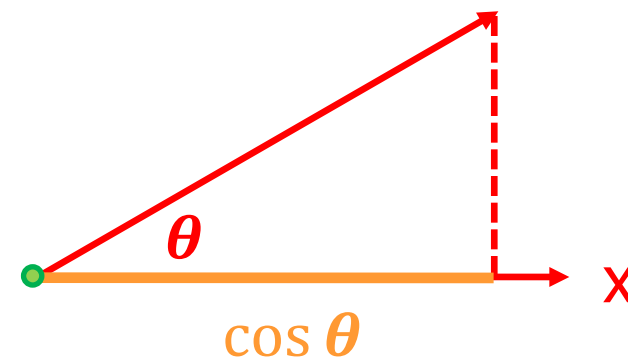
- 角度 θ の偏光が x偏光フィルターを通る確率

$$P(\theta) = |\alpha|^2 = \cos^2 \theta = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\theta)$$

$$P(90^\circ) = 0$$

$$P(45^\circ) = \left| \frac{1}{\sqrt{2}} \right|^2 = \frac{1}{2}$$

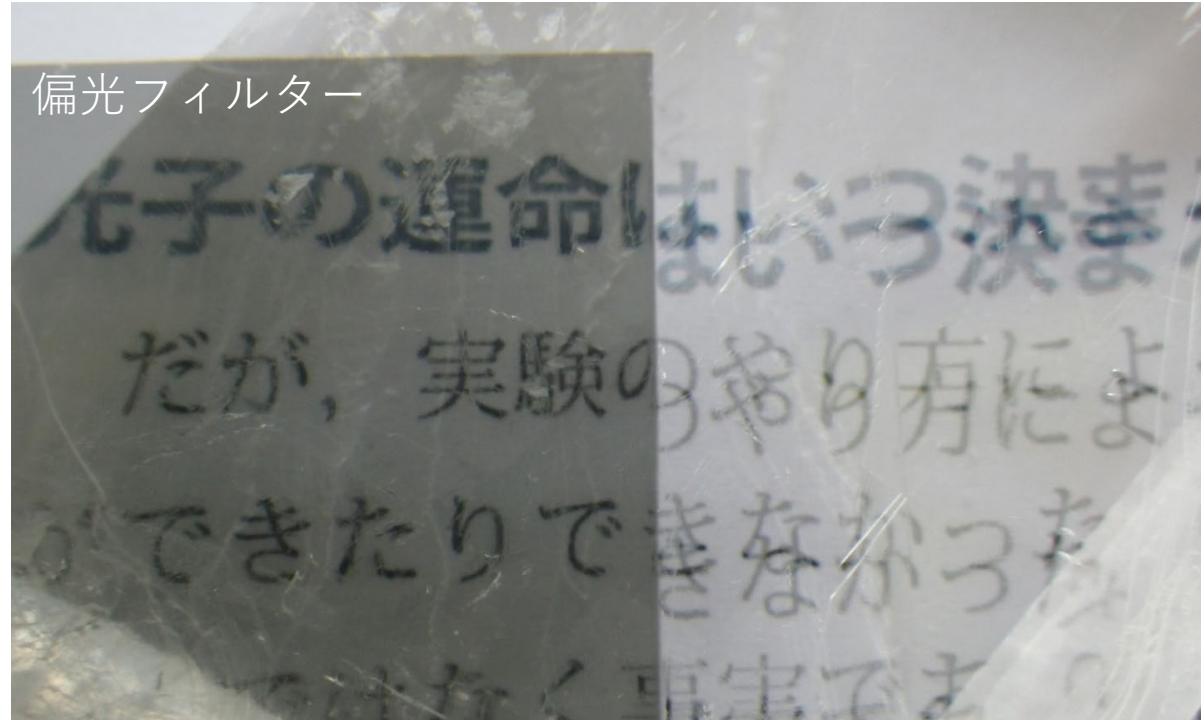
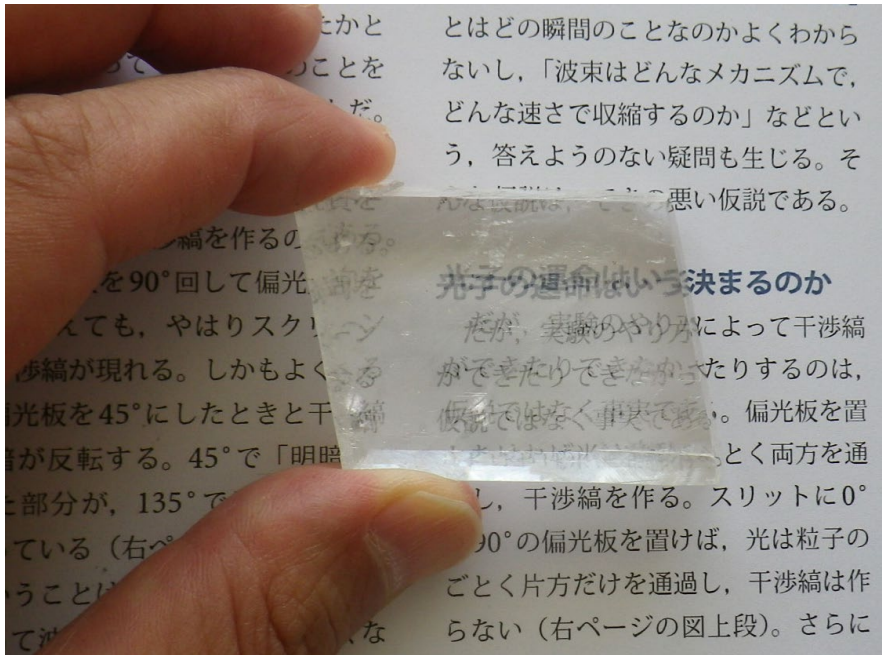
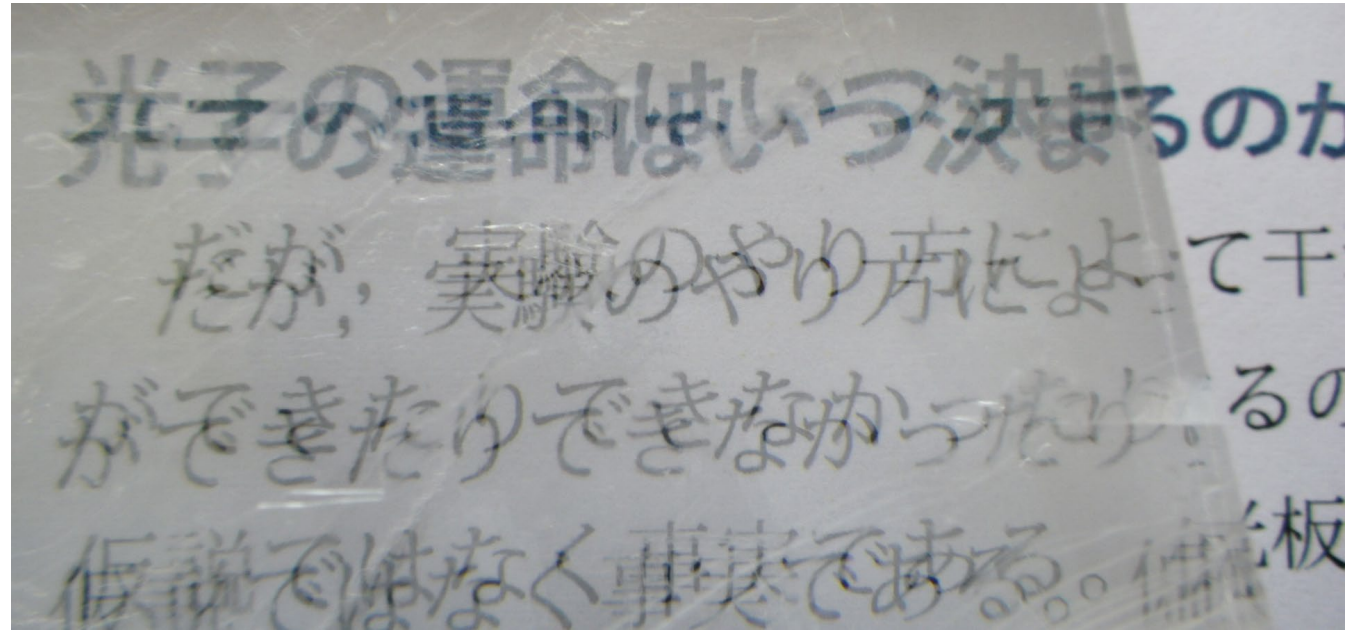
$$P(22.5^\circ) = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 0.8535 \dots$$



複屈折

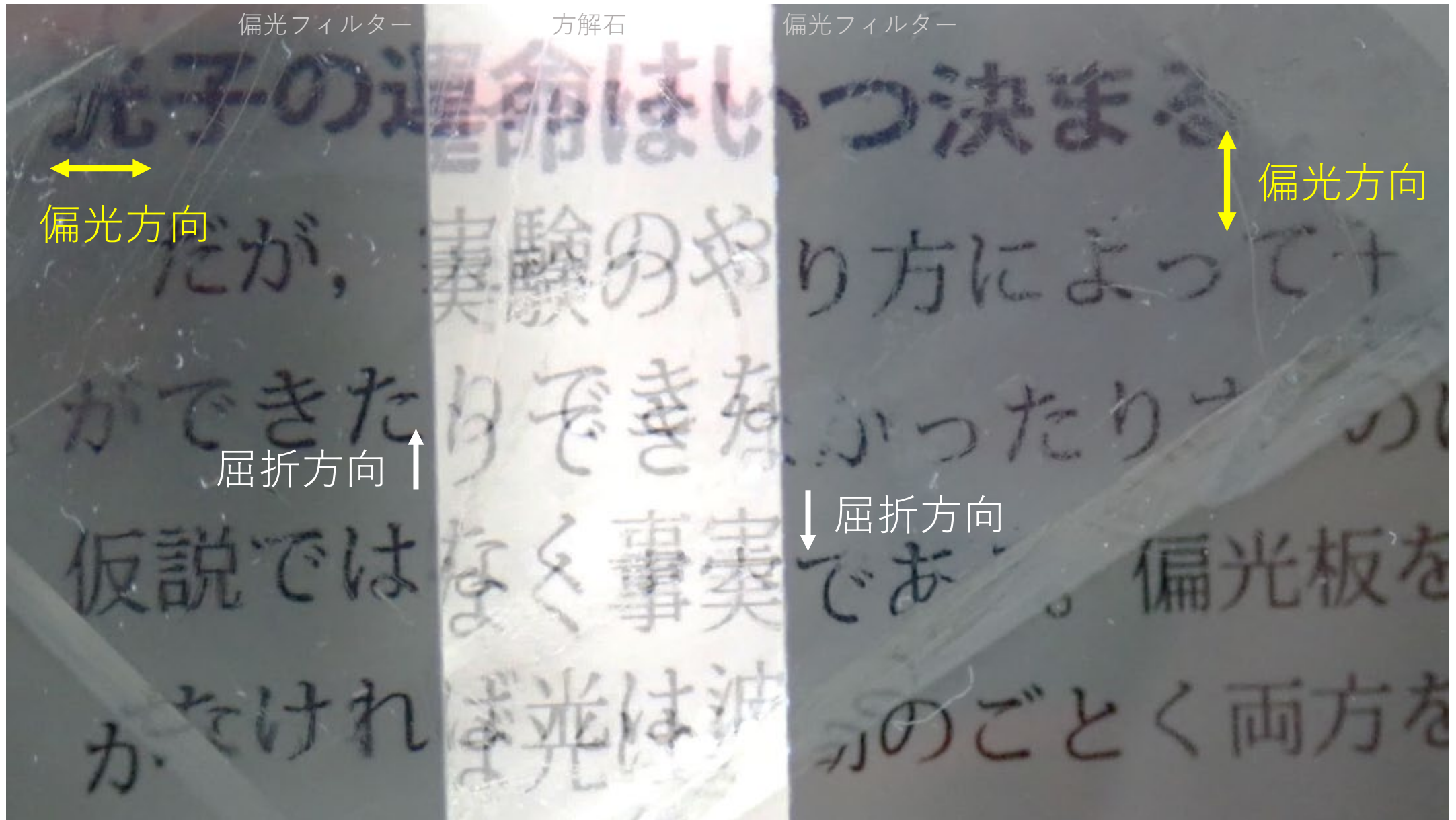
方解石（炭酸カルシウム結晶）は混合状態の光をx偏光とy偏光に分けて屈折させる。

方解石を通して見る



偏光フィルター

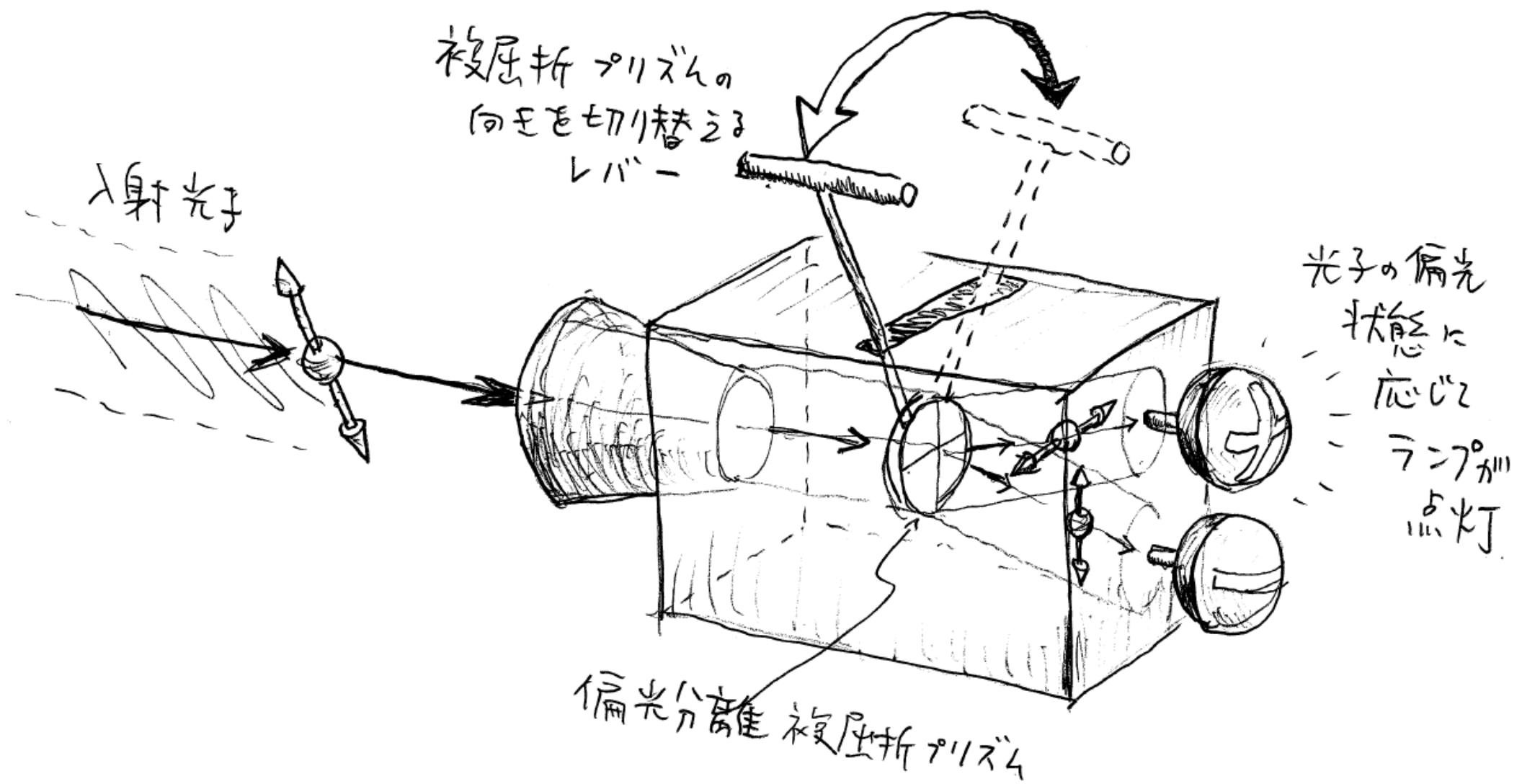
複屈折は偏光を分離している



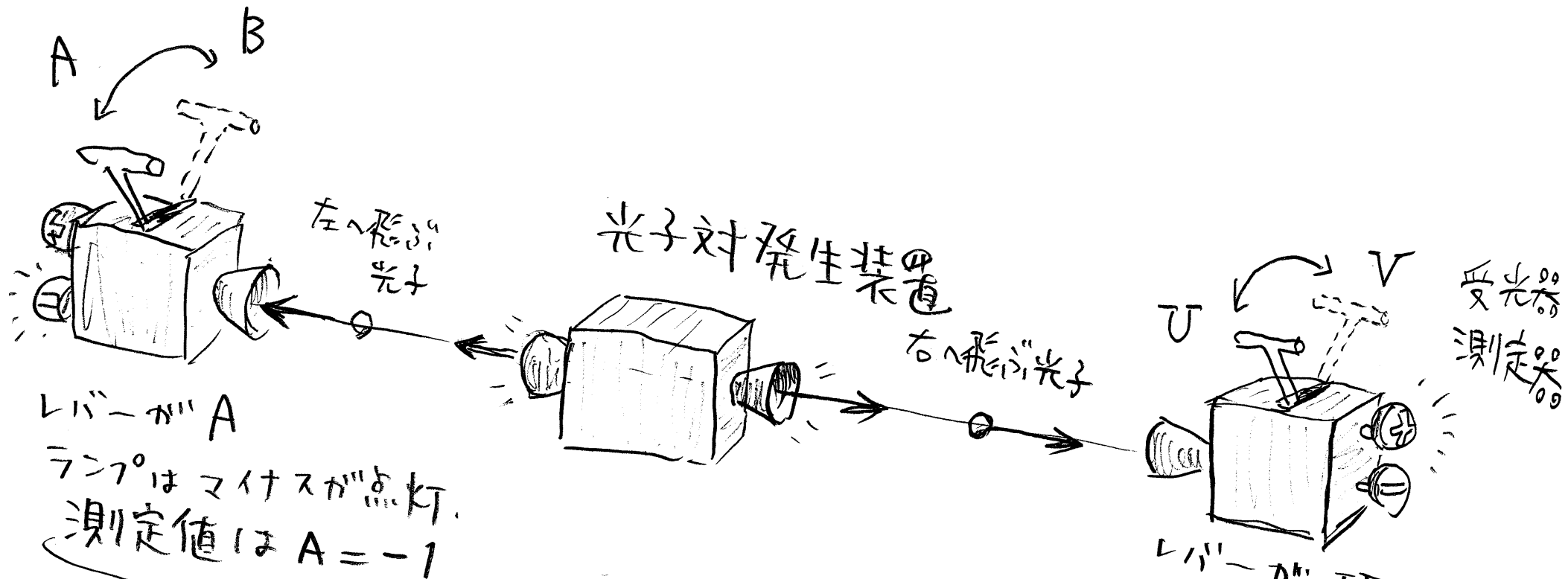
CHSHの実験設定

- 1969年にクラウザー、ホーン、シモニー、ホルト（CHSH）の4人が、ベルの不等式を実験検証しやすい形に改良した。
- ここでは、ベルのオリジナル版ではなく、CHSH版の不等式を説明する。

光子の偏光測定器の概念図



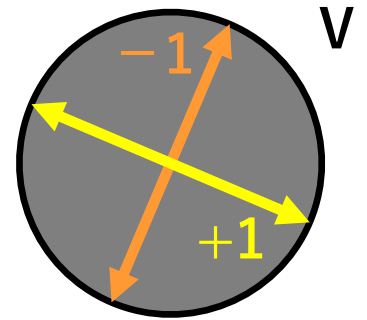
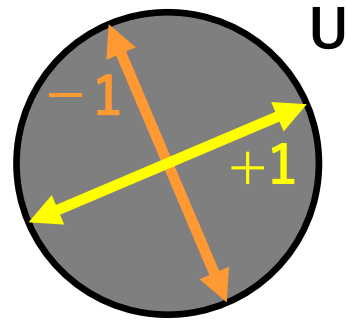
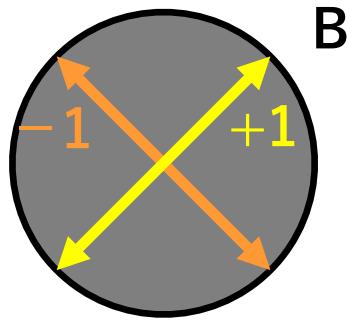
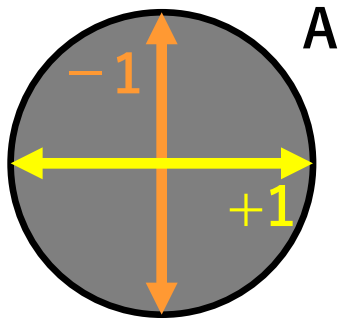
この絵を見ながら説明を聞いてください



かけ算して $A \cdot U = (-1) \times (+1) = -1$

偏光分離器

- 複屈折器 A で偏光を分けて、一方の偏光成分を +1、他方を -1 と定める。
- 複屈折の分離方向を切り替えたのが B
- もう一つの複屈折器の U と V も同様。



実験の手順

- 中央に光子ペア発生装置があり、2つの光子を同時に発生させて左右に1つずつ飛ばす。
- 左右の端に受光器。飛び込んで来た光子の偏光状態を測る。x偏光ならプラスのランプ、y偏光ならマイナスのランプが点灯。
- 左右の受光器にはレバーが付いていて、レバーの向きによって偏光の分離角度が変わる。レバーは左右の受光器に付き添っている実験者が切り替える。

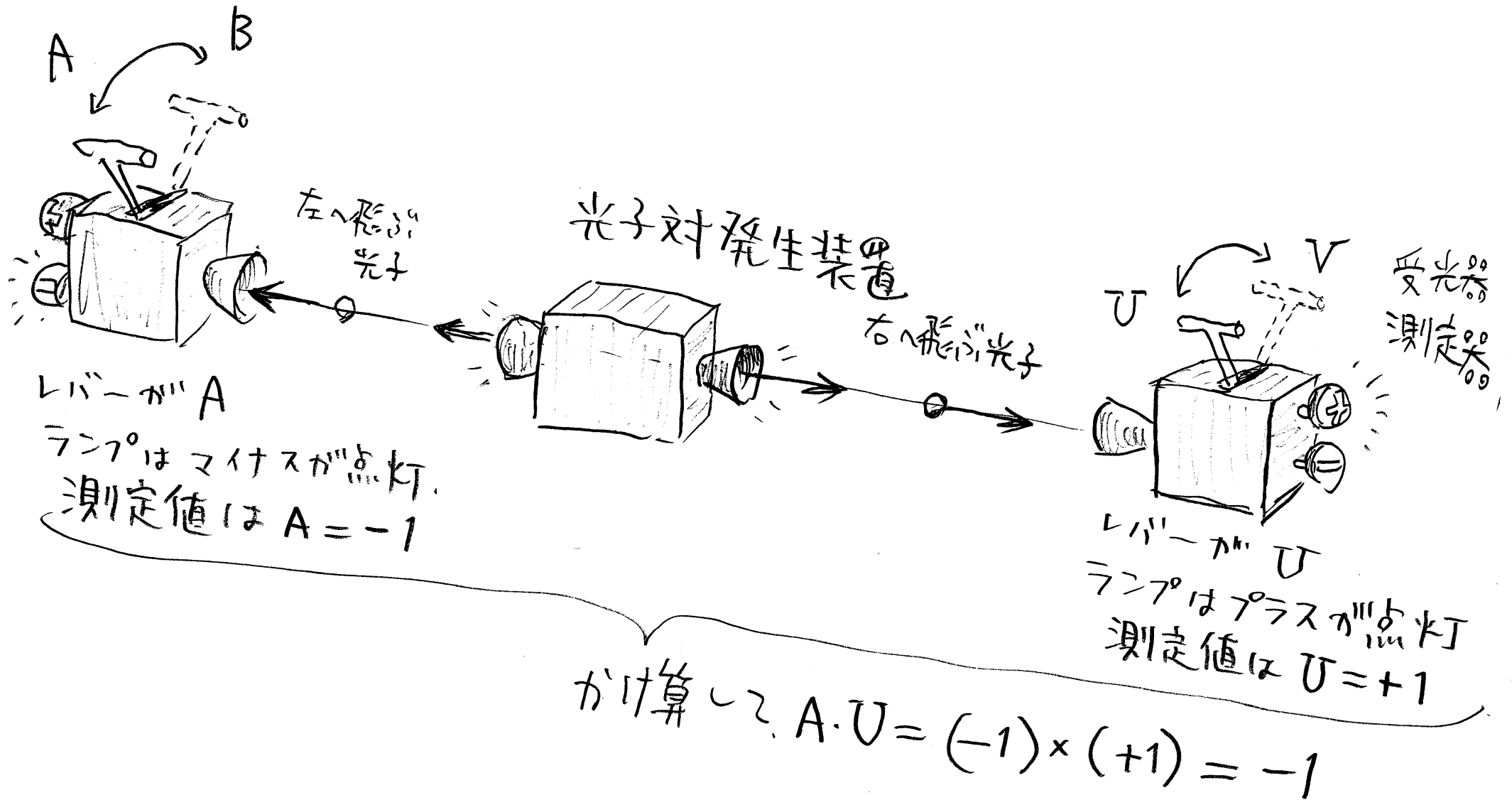
測定値の定義

- 光子が左右の受光装置に飛び込む。
- **レバーがAの位置になっている左の受光器のプラスランプが点灯したら測定値は $A=+1$ とする。**
- レバーがAの位置になっている左の受光器のマイナスランプが点灯したら測定値は $A=-1$ とする。
- レバーがBの位置になっていたら、測定値は $B=\pm 1$.
- 右の受光器についてもレバーの位置とランプの点灯に応じて $U=\pm 1$ または $V=\pm 1$ を測定。

測定を繰り返す

- **1組の光子ペアに対して左の受光器がA、右の受光器がUを測ったなら、掛け算してAUの値を求める。**
- 光子ペアを何回も発生させてAUの値を多数回記録して、その**平均値 $\langle AU \rangle$** を求める。
- 同様に、AとVを測って掛け算値AVを求め、光子ペアの発生を繰り返して、**平均値 $\langle AV \rangle$** を求める。
- 同様に、 **$\langle BU \rangle$** , **$\langle BV \rangle$** を求める。

やることはわかりましたか？



測定データの最終処理

$$\langle \mathbf{S} \rangle = \langle \mathbf{AU} \rangle + \langle \mathbf{AV} \rangle + \langle \mathbf{BU} \rangle - \langle \mathbf{BV} \rangle$$

を求める。

局所实在論によれば、

$$-2 \leq \langle \mathbf{S} \rangle \leq +2 \quad (\text{CHSHの不等式})$$

となるはずである。

CHSHの不等式の証明 1

平均化する前の式を書く：

$$S = AU + AV + BU - BV$$

因数分解する：

$$S = A(U + V) + B(U - V)$$

U と V の値は ± 1 なので、

U + V の値は ± 2 または 0.

U - V の値も 0 または ± 2 .

U + V と U - V のどちらか一方は 0 で、もう一方は ± 2 .

CHSHの不等式の証明 2

$$S = A(\mathbf{U} + \mathbf{V}) + B(\mathbf{U} - \mathbf{V})$$

$U+V$ と $U-V$ は 必ず一方が 0 で、もう一方が ± 2 .

A, B の値は ± 1 なので、けっきょく S の値は ± 2 .

平均値は、必ず最大値と最小値の間にあるので、

$$-2 \leq \langle S \rangle \leq +2 \quad (\text{CHSHの不等式})$$

**$\langle S \rangle$ がこの不等式の外にはみ出るなんてありえない！
と想像していただけではないでしょうか？**

実在論 vs. 量子論

$$-2 \leq \langle S \rangle \leq +2 \quad (\text{CHSHの不等式})$$

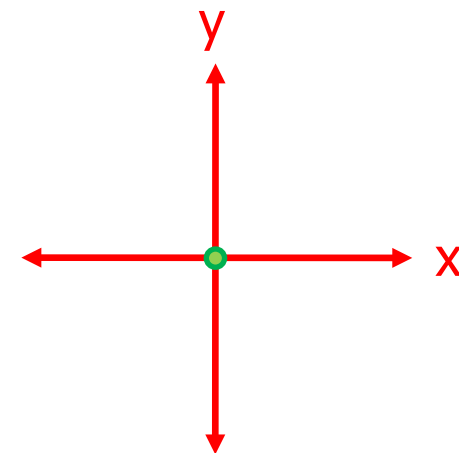
$$-2.828 = -2\sqrt{2} \leq \langle S \rangle \leq +2\sqrt{2} = 2.828 \quad (\text{量子論})$$

量子論では、CHSH不等式の破れ (violation) が起きうる。

一光子の重ね合わせ状態

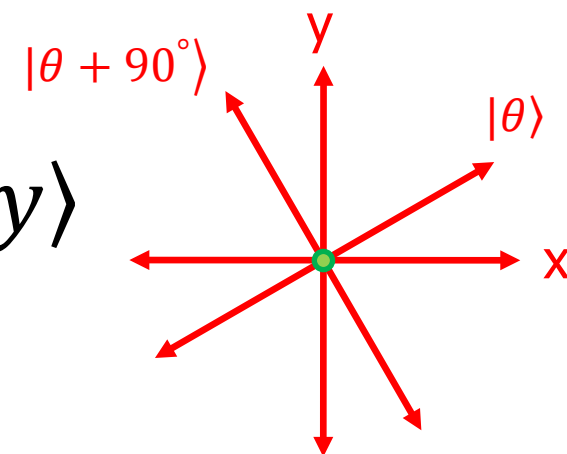
一光子の直線偏光状態（基底ベクトル）：

$$|x\rangle, |y\rangle$$



重ね合わせ状態：

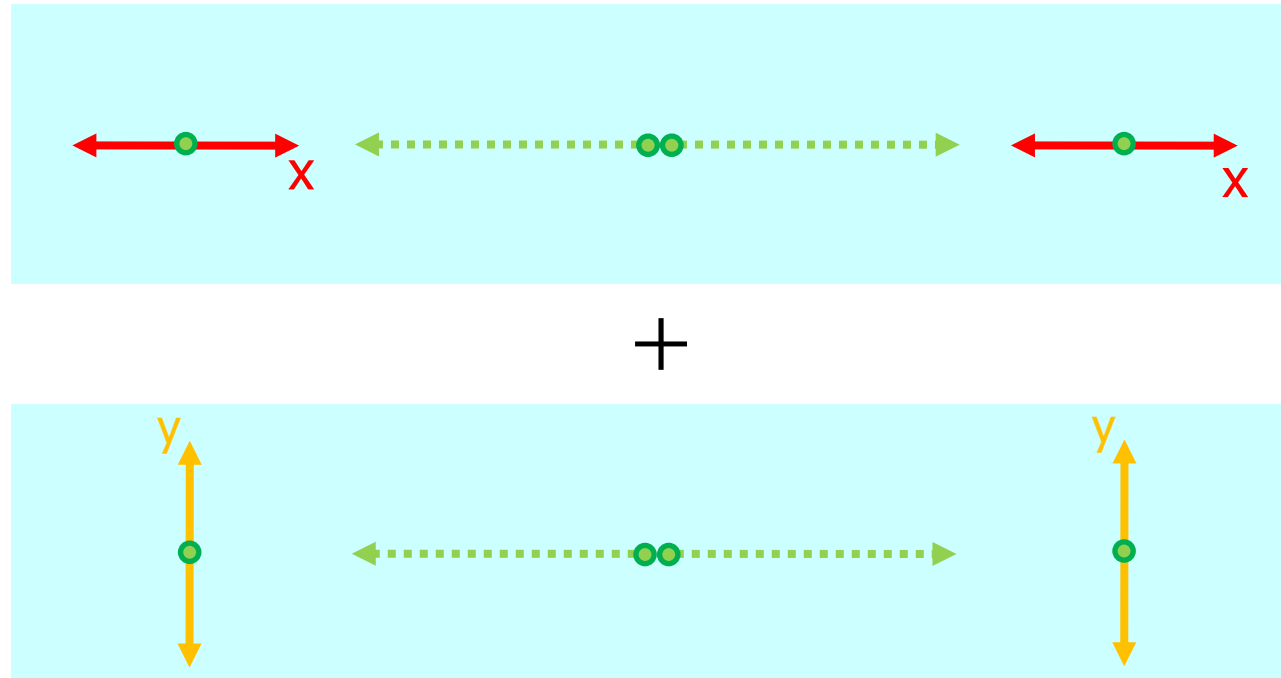
$$\begin{cases} |\theta\rangle = \cos\theta |x\rangle + \sin\theta |y\rangle \\ |\theta + 90^\circ\rangle = -\sin\theta |x\rangle + \cos\theta |y\rangle \end{cases}$$



二光子の量子もつれ状態

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|x\rangle \otimes |x\rangle + |y\rangle \otimes |y\rangle)$$

「左に**x**偏光 and 右に**x**偏光のペア状態」と
「左に**y**偏光 and 右に**y**偏光のペア状態」の**重ね合わせ状態**。



量子もつれ状態は完全な相関状態

二光子の量子もつれ状態：

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|x\rangle \otimes |x\rangle + |y\rangle \otimes |y\rangle)$$

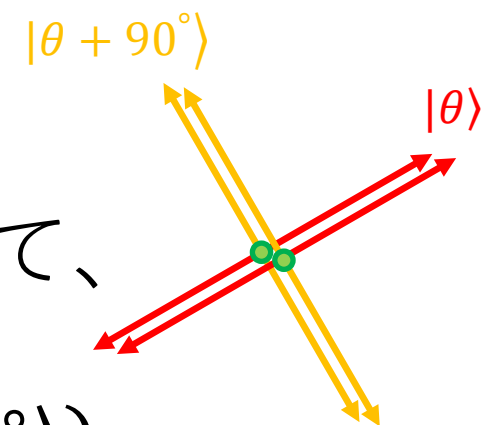
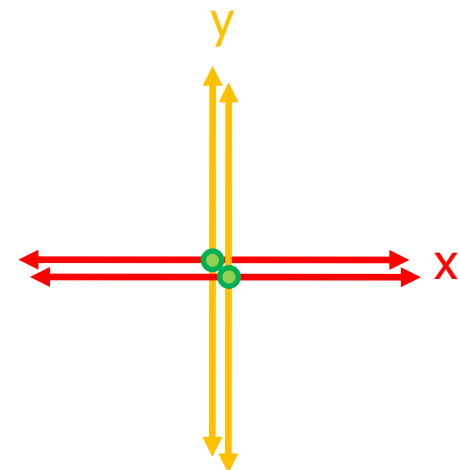
一光子状態の基底変換：

$$|\theta\rangle = \cos \theta |x\rangle + \sin \theta |y\rangle,$$

$$|\theta + 90^\circ\rangle = -\sin \theta |x\rangle + \cos \theta |y\rangle$$

$|\theta\rangle \otimes |\theta + 90^\circ\rangle$ のような余計な項は打ち消し合って、

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}} (|\theta\rangle \otimes |\theta\rangle + |\theta + 90^\circ\rangle \otimes |\theta + 90^\circ\rangle)$$

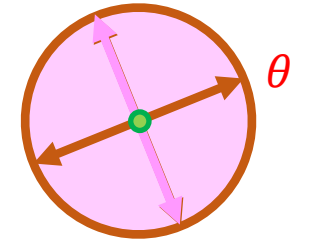
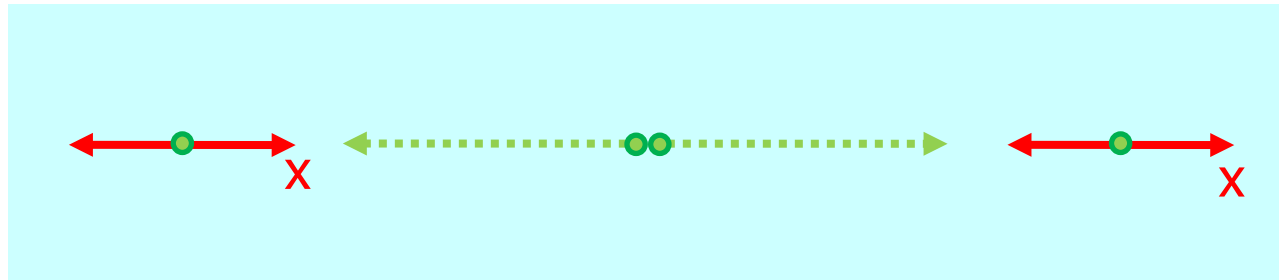
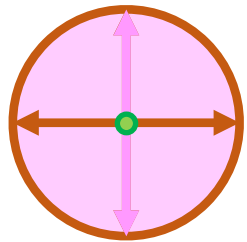


左右の“ランプ”が同符号になる確率

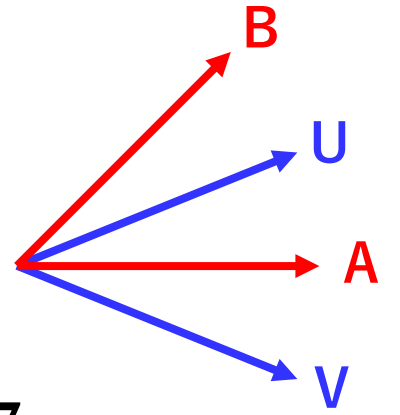
- 左の光子がx偏光であることが確定したとき、
右の光子もx偏光なのだから
右の光子が角度 θ の偏光フィルターを通る確率は

$$P(\theta) = \cos^2 \theta = \frac{1}{2} (1 + \cos 2\theta)$$

- とくに、 $P(22.5^\circ) = 0.85 \dots$



平均値 $\langle AU \rangle$ の計算



- AとUのなす角度が 22.5° の場合、

$$\langle AU \rangle = (+1) \times 0.85 + (-1) \times 0.15 = 0.7$$

- 同様に、 $\langle AV \rangle = \langle BU \rangle = 0.7$

- BとVだけ $45^\circ + 22.5^\circ = 67.5^\circ$, $P(67.5^\circ) = 0.15 \dots$

$$\langle BV \rangle = (+1) \times 0.15 + (-1) \times 0.85 = -0.7$$

- 集計すると、

$$\langle S \rangle = \langle AU \rangle + \langle AV \rangle + \langle BU \rangle - \langle BV \rangle = 2.8$$

量子力学の由緒正しい数学：非可換代数

$A^2 = 1, B^2 = 1$ でも $BA = -AB$ ならば

$$\begin{aligned}(A + B)^2 &= A^2 + AB + BA + B^2 \\ &= 1 + AB - BA + 1 \\ &= 2.\end{aligned}$$

$A = \pm 1, B = \pm 1$ だが、 $A + B = \pm\sqrt{2}$.

非可換物理量では、一般に

$$(A + B \text{ の値}) \neq (A \text{ の値}) + (B \text{ の値})$$

「 $(A \text{ の値})$ と $(B \text{ の値})$ が同時に実在すると思って計算してはいけない」ことが量子力学にはビルトインされている。

量子力学の由緒正しい数学：非可換代数

左でAまたはBを測る。右でUまたはVを測る。

離れた場所の物理量は可換。同一地点の物理量は非可換

$$A^2 = 1, \quad B^2 = 1, \quad U^2 = 1, \quad V^2 = 1$$

$$AU = UA, \quad AV = VA, \quad BU = UB, \quad VB = VB$$

$$AB = -BA, \quad UV = -VU$$

$$S = AU + AV + BU - BV$$

以上の仮定からSの値は $\pm 2\sqrt{2}, 0$ であることが証明できる。

(谷村『量子論と代数—思考と表現の進化論』数理科学2018年3月号、[名大リポジトリで無料公開](#))

CHSHの不等式のどこが間違っていたのか？

証明の途中で、 $S = A(U + V) + B(U - V)$

UとVの値は±1なので、

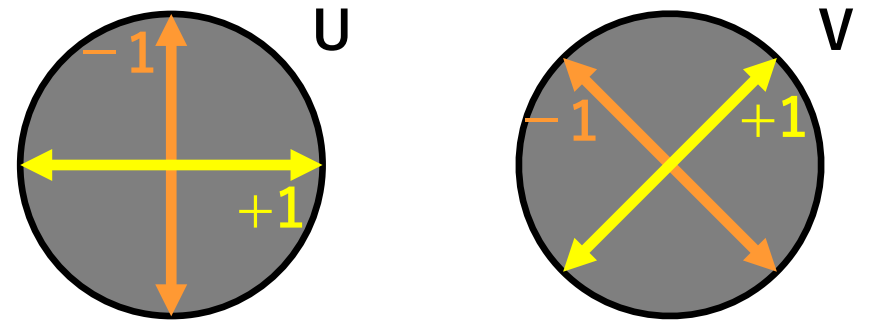
U+Vの値は±2 または 0.

U-Vの値も 0 または ±2.

U+V と U-V は 必ず一方が0 で、もう一方が ±2

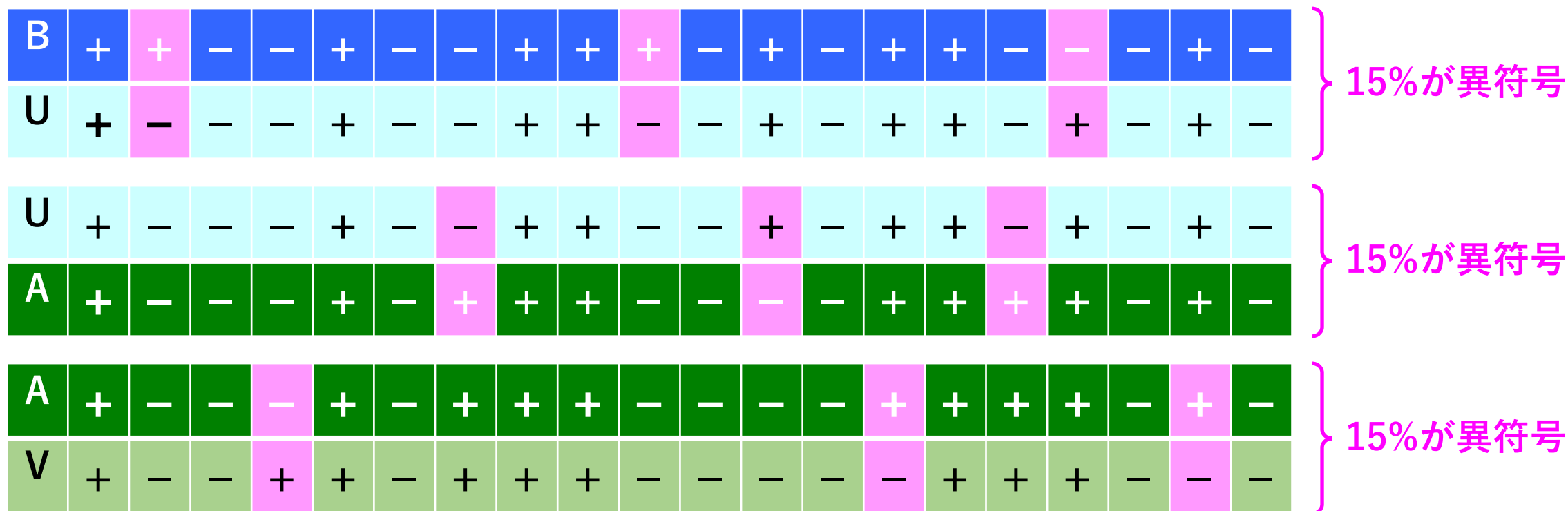
と考えた。しかし、UとVは同時には測れない！

Uを測っているときは Vは測れないのに、UとVの両方の値が実在していると仮定したことが誤り。



CHSHの不等式の破れを吟味する

マーミンの野球原理「見ていなかった野球の試合は、見ていたときとまったく同じように進行し、同じスコアになる」が正しいとすると、

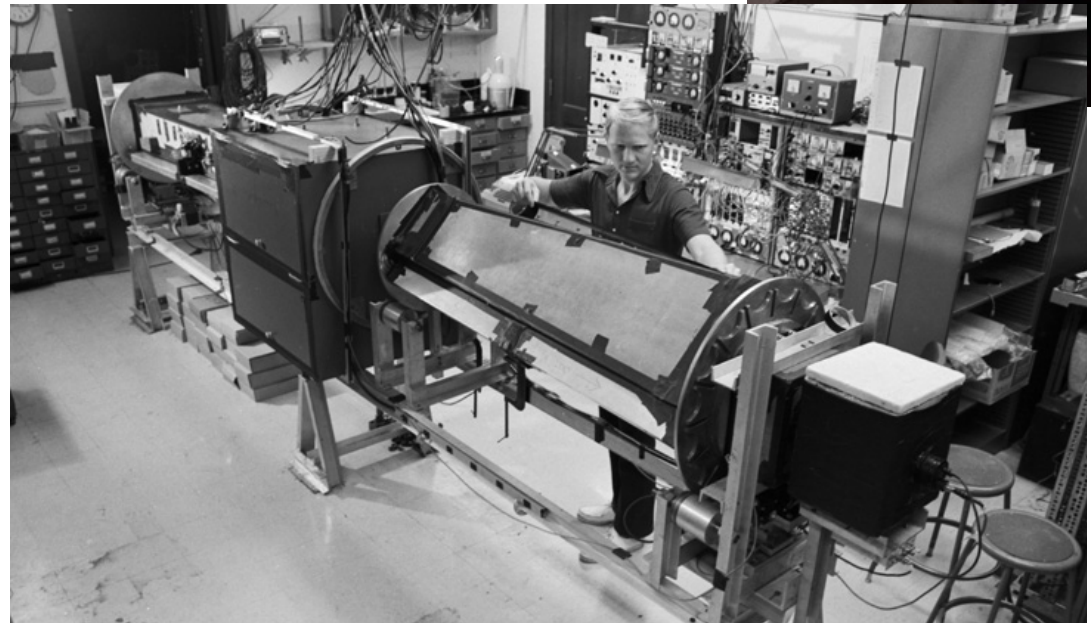
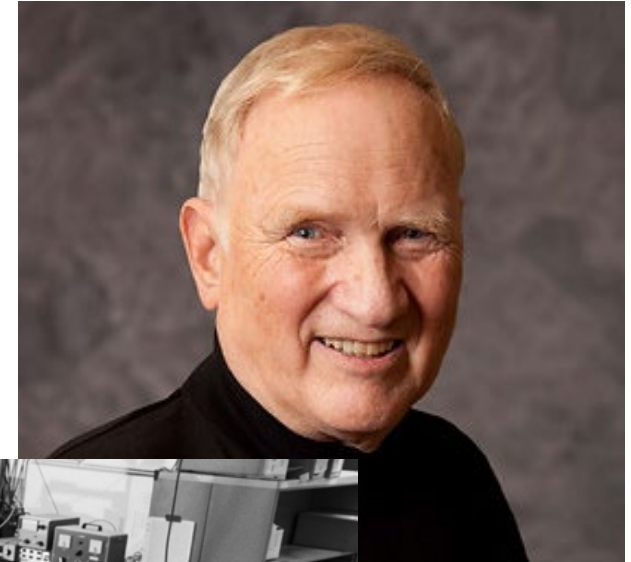


どう頑張っても一番上のBと一番下のVの異符号箇所は45%以下。

〈S〉 = 2.8を達成するためには BとVの異符号箇所が85%必要！

ジョン・クラウザーの実験（1972年）

大学院では宇宙背景放射の研究をしていたが、ベルの論文を知ってシモニーらと共同研究を行った。博士号を取って、量子もつれ光子ペアを作る実験を行っていたタウンズの研究室の研究員となり、大学院生のフリードマンと共同で最初の検証実験を行った。CHSHの不等式の破れを示した。



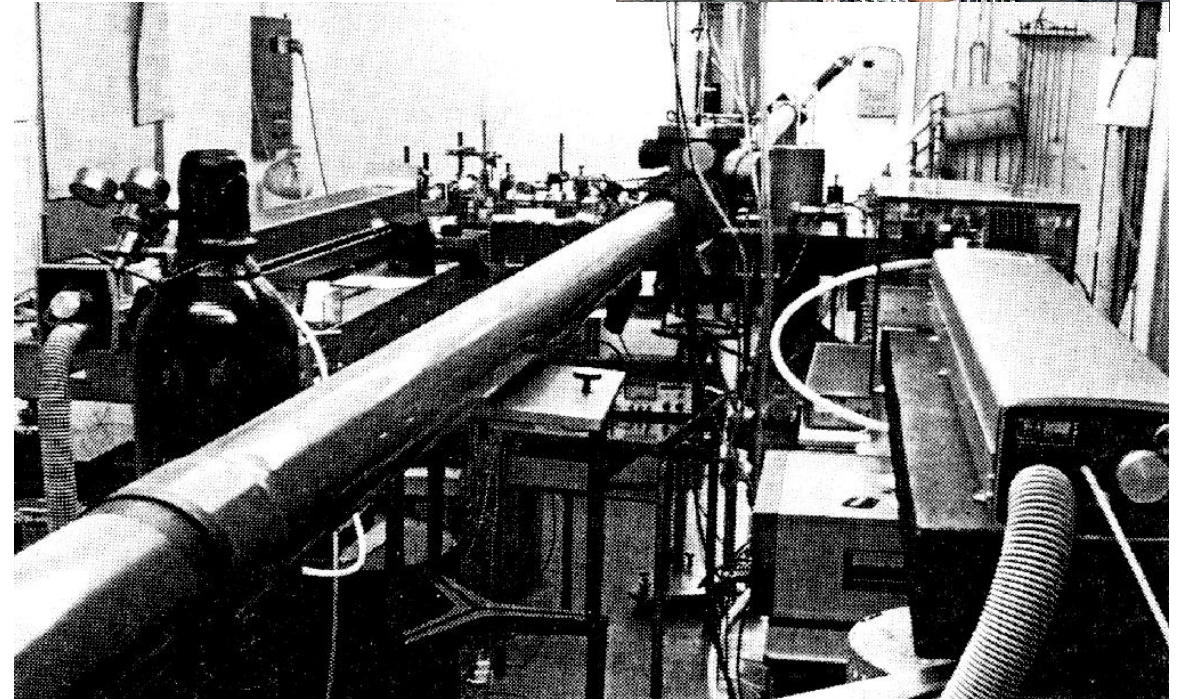
<https://www.johnclausser.com/>

<https://www.universityofcalifornia.edu/news/physics-nobel-recognizes-uc-berkeley-experiment-spooky-action-distance>

アラン・アスぺの実験（1982年）

「左右の測定器が互いに連絡しあう時間があると、量子もつれがなくても相関を生じうる」というクレームに応えるため、左右の測定器を光速で40ナノ秒かかる距離に離して、測定器を10ナノ秒周期で切り替える実験を行い、 $\langle S \rangle = 2.4$ を得た。

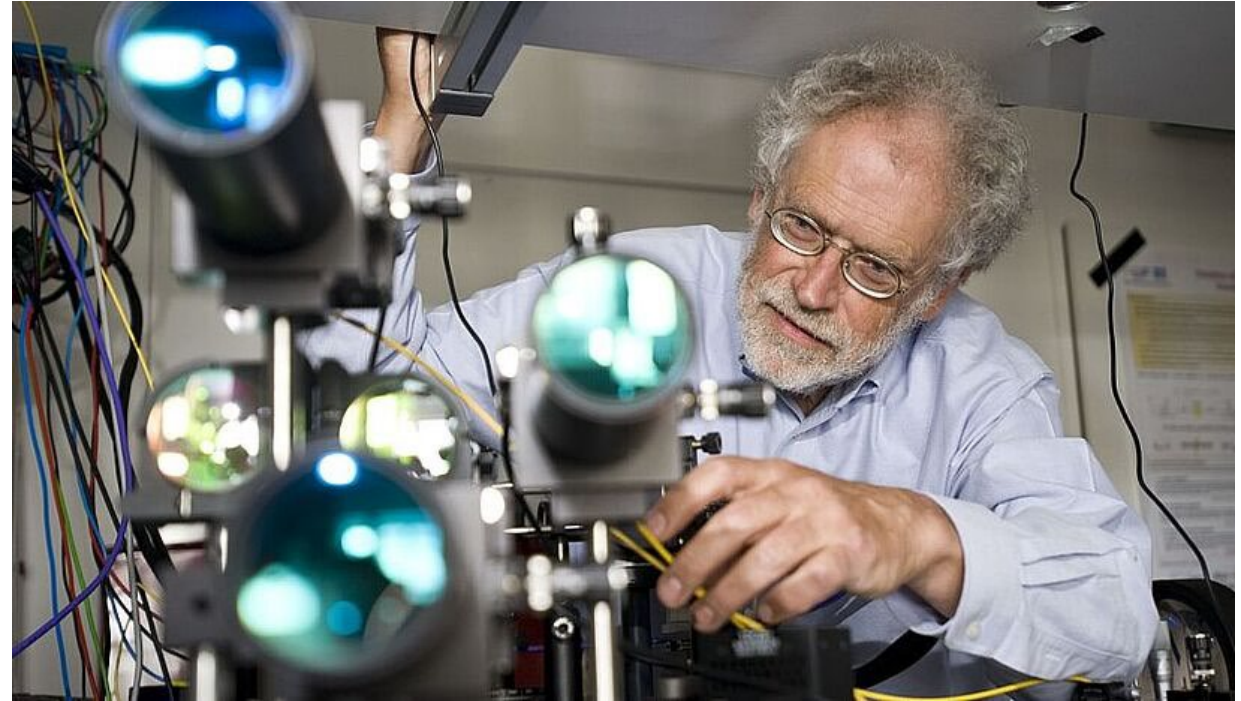
この研究でアスぺは博士学位を取った。



アントン・ツァイリンガーの実験（1998年）

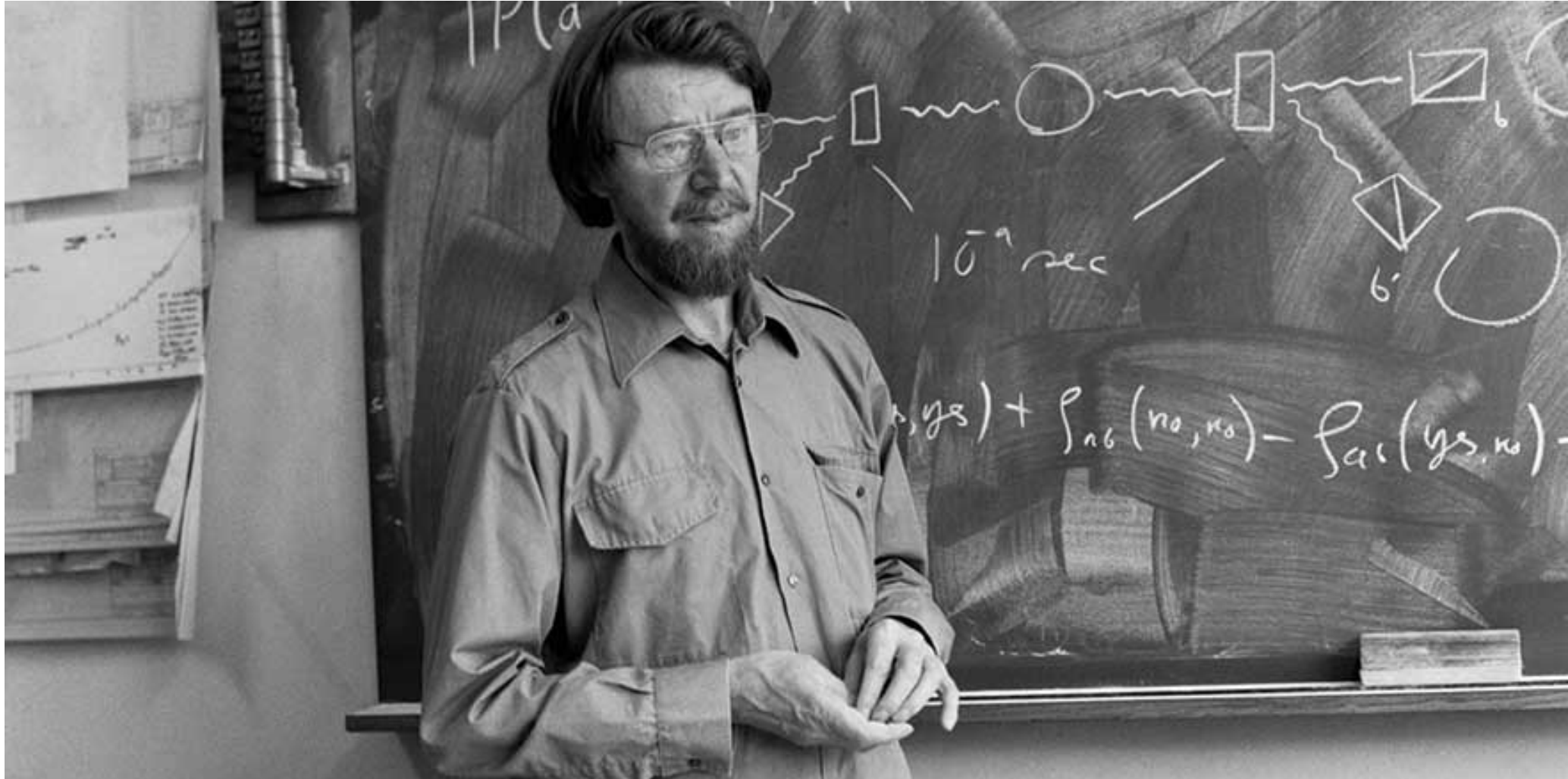
左右の測定器が互いに相手の状態を知らないようにするため、また、あらかじめ光子が測定器の状態を知るチャンスがないようにするため、左右の測定器のそばに乱数発生器を置いて、光子が発生して測定器に飛び込むまでの間に乱数を振って、それに応じて測定器を切り替える実験を行った。

$\langle S \rangle = 2.73$ を得た。



ジョン・ベル (1928-1990)

CERNにて。加速器設計の仕事のかたわら、量子力学・場の量子論も研究



学会・学術出版という観点から

- 1935年のEPR論文とボーア論文は同じタイトル（Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?）で Physical Review に掲載された。
- **学術誌がdebateの場として機能していた。♥いいね**

学会・学術出版という観点から

- **1936年**、アインシュタインはローゼンと重力波についての論文をPhysical Reviewに投稿したところ、匿名のレフェリーによる批判的なレポートを受け取った。アインシュタインは「出版前に私たちの論文を他の専門家に見せることを許可した覚えはない。しかもその匿名の者のコメントは間違っている。この論文は別の雑誌に発表する」という旨の手紙をエディターに送り、二度とPhysical Reviewに投稿しなかった。
- この頃、peer reviewというしくみは始まっていたが、まだ定着していなかった。 ♠そうだったのか

学会・学術出版という観点から

- ベルは、フォン・ノイマンやヤウホらの量子力学擁護論（隠れた変数に対するno-go theorem）を批判的に検討する論文を書いて Reviews of Modern Physics に投稿し、その後、いわゆるベルの不等式の論文を書いて Physics に投稿したが、雑誌掲載順は逆になった。**先に投稿した論文が1966年に掲載され、次いで投稿した論文が1964年に掲載された。**

♠ どうしてそんなことに？ 先に投稿した論文の掲載が2年も遅れた理由はわからない。


- ベルはCERNの所員だったが、サバティカル休暇でSLACに滞在しているときにこれらの論文を書いた。

♡ サバティカル、うらやましい。日本の大学では男性教員の育休ですら普及するかどうか・・・

学会・学術出版という観点から

- ベルの不等式の論文は Physics-Physique-Fizika誌に投稿された。
- それは**物理学の総合誌**とすることを目指してアンダーソンとマティアスが1964年に創刊した学術誌。
- SLACに客員として訪問滞在中だったベルは、**無料で投稿できるから**という理由でPhysics-Physique-Fizikaに投稿した。
- Physics-Physique-Fizika誌は1968年に**予告なしに廃刊**になった。
- 今ではAPSが電子化して公開しているが、しばらくは紙冊子を持つ図書館でしか読めなかった。
- おそらくこれらのこともベルの研究が広まらなかった要因。
- **研究情報のストレージ・アクセス容易性が大切！**

学会・学術出版という観点から

- シモニー（CHSHのSの人）はカルナップ（近代的な科学哲学の創始者）のもとで哲学の学位を取った後、物理学の学位を取りたいと考え、ワイトマンに入門したところ、「EPR論文の欠陥を指摘せよ」せよという課題を与えられEPR論文を読んだが、欠陥などないと思った。
- シモニーはワイトマンの数学力についていけないと思い、ウィグナーの指導を受けることにした。そのうちに、ベルの論文を知り、それを実験で検証する方法を探り始めた。
- シモニーはアメリカ物理学会のプログラムを見て、クラウザーという見知らぬ人がまさにベルの不等式の検証実験のアイデアについて発表することを知り、クラウザーに共同研究を持ち掛けた。
- **いろいろな研究者と知り合うことが大切！**  だいじだね

研究者のキャリアという観点から

- クラウザー（CHSHのCの人）はキヤルテクでファイマンに量子力学を教わった。量子力学の概念的問題に関心を寄せていた。
- コロンビア大学の大学院でタデウスのもとで宇宙背景放射の精密測定の開発研究をしていたが、ベルの論文を読んでから、そっちに夢中になり、ウーやアハラノフなどさまざまな物理学者に尋ね、ベルの不等式の検証実験をできる場所を探し求め、UCバークレーのタウンズのポスドクになった。
- **クラウザーは生涯、テニユア職に就けなかった。**
- **理解者を得て、科学としては成功しても、キャリア的に成功するとは限らない・・・💔せつないね**

ジョン・ベルのキャリア

- 北アイルランドのベルファストで労働者階級の家で生まれた。4人兄弟の中で高校に行ったのはジョンだけ。高校を卒業してクィーンズ大学ベルファスト校の物理学科の実験助手になり、才能が認められ、大学に入学・卒業した。
- イギリスの原子力研究所に就職。在職中、パイエルスのもとで博士号取得。CPT定理を証明したが、パウリとリューダースが一足先に証明していた。
- CERNの加速器設計部門に転職。サバティカル休暇中に、いわゆるベルの不等式を発見。
- ジャッキーフと場の量子論のカイラル・アノマリーを発見。
- ランダウ・リフシッツの本を英訳（力学、量子力学、物質中の電磁場、量子電磁力学の巻）。
- J.J.サクライのModern Quantum Mechanicsの遺稿のベルの不等式についての解説の部分をベルが増補。
- CERN在職中に亡くなった。
- 恵まれた環境に生まれた、とは言えないが、才気にあふれ、多彩な活躍

教訓と反省

- 2022年のノーベル物理学賞に至る経過から私たちはどんな教訓を引き出せるか？
- 研究者同士が知り合う場としての学会・学術誌の意義は大きい（アンダーソンの志、アインシュタイン・ボーア・ベル・シモニー・クラウザーのつながりなど）
- 日本物理学会は多様な分野を抱えていて束ねるのは大変でしょうが、他分野のことを「お隣さん」「仲間」としてつねに意識できるのはよいこと（化学や医学の学会は細分化されすぎている）

教訓と反省

- **アインシュタインの宿題から生まれたノーベル賞**
 - ボーズ・アインシュタイン凝縮の実現, 2001年
 - 宇宙の加速膨張（宇宙項）, 2011年
 - 重力波の検出, 2017年
 - ブラックホールの発見, 2020年
 - EPRパズルとベルの不等式の破れ, 2022年
- **アインシュタインは「間違い」も含めて偉大。**
- **アインシュタインを絶対視・崇めるのではなく、アインシュタインが間違っている可能性まで考えて探究を続けた物理学者たちも偉大。**

教訓と反省

- 科学の研究は時代を超え国境を超えるリレー。バトンタッチを繰り返す。
- 研究情報を保管し、いつでもアクセスできるしくみは大切。
- レフェリー制度は限界に達しているかもしれない。論文の生産量は増えているのに、大学教員は忙しすぎて、査読が追いつかない。
- 電子ジャーナルの購読料・掲載料の高騰、出版社の寡占、predator journalの出現、転換契約という名の囲い込みなど、弊害が目立つ。

教訓と反省

- おそらく若手研究者はキャリアアップのファクターとしてジャーナルのブランドを気にするかもしれないが、自分が論文を読む際には「この論文は〇〇に載っているからいい論文だ」という考え方をしていないと思われる。
- だったら e-print arXivだけでよいか？
- 最低限の qualification, screening は必要と思われる。AI査読でもよい？
- YouTubeやブログやGit-Hubなど多様なメディアで発信される研究情報・研究成果を正当に評価するしくみができるとうよい。
- 研究者自身が発信するプレスリリースは、若干、誇大広告的なものが増えてきている気がする。ちょっと危うい。事故のもと。

教訓と反省

- アカデミックジャーナル制度は曲がり角に来ている。
- 大学評価・大学ランキングという悪
- ハイブランドジャーナルをありがたがって、結果的に研究者が食いものにされている。
- 研究者は研究情報の著者であり、読者であり、理解者であり、評価者でもある。研究者の主体性を取り戻すべき！
- 研究の評価は本当に難しい（例：ク라우저）。研究者が自分たちの研究分野に自信を持つことと、標準コースからの逸脱に対する寛容性を持つことが重要と思われる。

教訓と反省

- 科学技術行政の「選択と集中」もかなりまずい。
- 「選択と集中」よりも「多様性と分散」
- 可能性の芽を増やせ！ 根を広く張れ！ そうしないと幹がやせ細ってしまう。

と、谷村ごときが言っても、世の中変わりませんが・・・多くの人々が「それはおかしい」と言い続けると、少しずつよくなる部分があります。あと、文句を言うだけでなく、やってみる・作ってみる部分は重要だと思います。

日本の物理学誌（PTEP, JPSJ）を大切にしましょう。

参考文献

1. アダム・ベッカー（吉田三知世 訳）『実在とは何か』筑摩書房、2021.
2. The Born-Einstein Letters (preface by K. Thorne) 2005.
3. Isobe and Tanimura, A method for systematic construction of Bell-like inequalities and a proposal of a new type of test, [PTEP 2010](#).
4. 谷村省吾「アインシュタインの夢 ついえる一測っていない値は実在しない」[日経サイエンス2019年2月号](#)（[ウェブ補足あり](#)）

ご清聴ありがとうございました。

Thank you for your attention.

This session is open for discussion.