

宇宙物理は物理学のごった煮

- 宇宙物理は宇宙現象の物理的理解に関する学問であるが、独自の基礎があるわけではない。基礎はあくまでも物理学諸分野のそれであり、その意味ではそれらの複合であり、ごった煮である。

佐藤「宇宙物理」岩波書店、1995年
まえがき

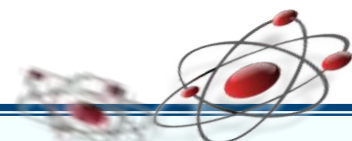
CMB、太陽 ν 、BiCEP II、.....

天文学 vs 宇宙物理 あるもの vs ないもの ばれない、
あの世 vs この世

佐藤文隆特別客員教授 退職記念講演会



主催：甲南大学
甲南大学理工学部・自然科学研究科



量子力学が炙りだす世界像

日時

2013年12月12日（木）
17：30～19：00（質疑応答含む）

場所

岡本キャンパス 甲友会館大ホール



1920年代に成立した量子力学はミクロな世界の解明とテクノロジーの革新を成し遂げて今日の情報化社会を創出した。1980年頃よりアインシュタインが疑問を呈したが半世紀に渡って封印されていた量子力学の実験がこうしたハイテクで可能になった。結果はアインシュタインの希望に反して自然のなかに秩序を見ることの否定であった。これがもたらす世界像、人間観、ひいては学問、文化にもたらす影響は甚大であるといえる。

A 二十一世紀に入って、
甲南大学2001-2014年で

B なぜ今ごろ量子力学か？
おいていかれたアインシュタイン

C 量子力学が炙り出す世界に対処する
科学
学問
民主主義 教育

A 二十一世紀に入って、 甲南大学2001-2014年で

1956-64 学部+大学院

1964-71 理学部助手・講師

1971-1985 基礎研助教授・教授

1985-2001 理学部

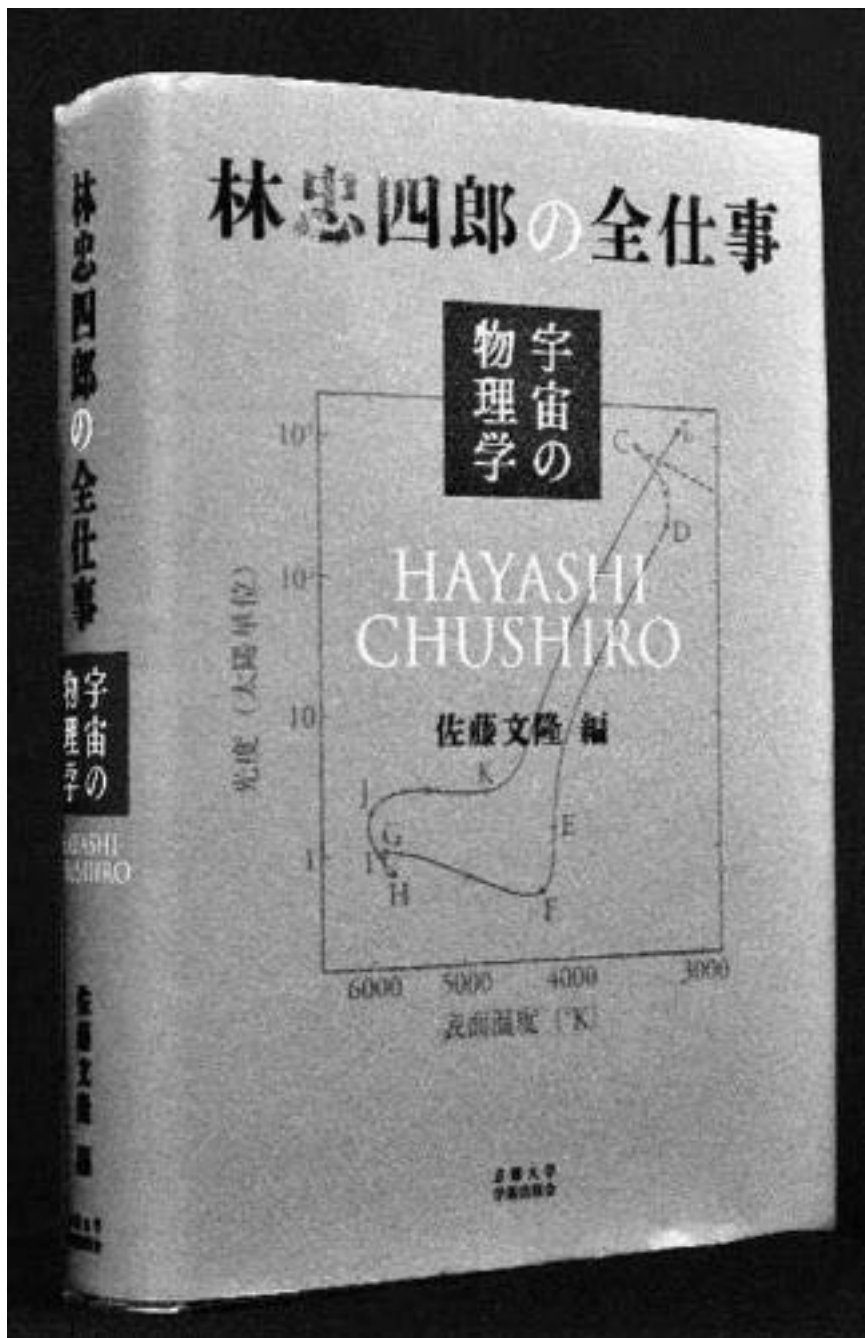


2009年2月 湯川記念財団 理事長交代

湯川記念財団 林記念講演会

- 1998 東工大
- 1999 九州大
- 2000 名古屋大
- 2001 神戸大
- 2002 東京大
- 2003 新潟大
- 2004 広島大
- (2005 世界物理年)
- 2006 東北大
- 2007 国立天文台
- 2008 早稲田大学
- 2009 御茶ノ水大
- (2010 理論懇研究会)
- 2011 筑波大学
- 2012 立教大学
- (2013 出版)
- 2014 日本大

日本天文学会 林忠四郎賞

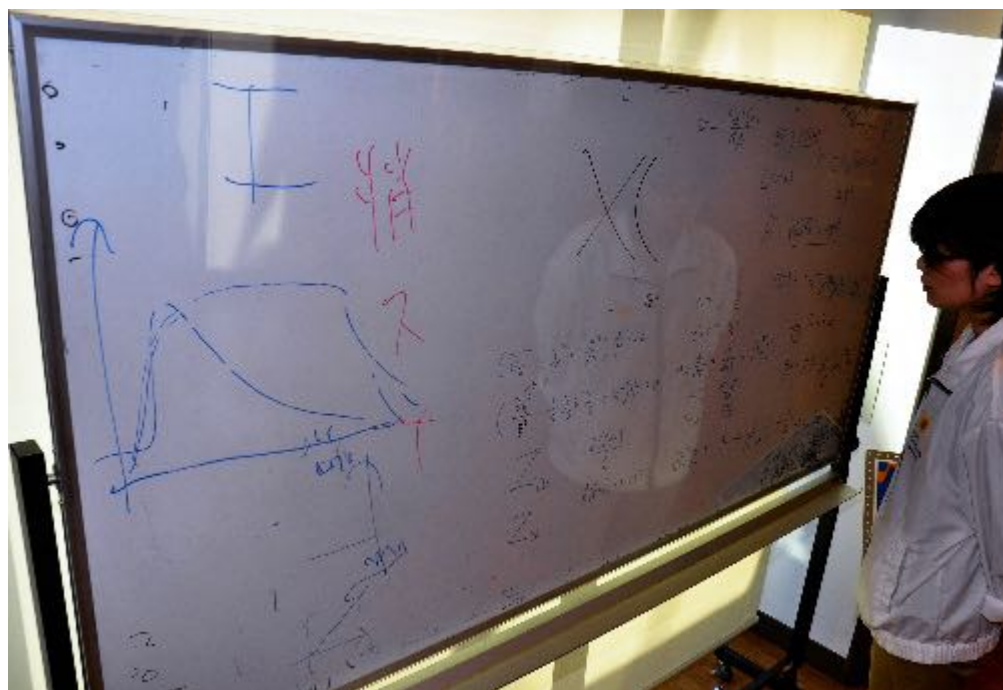


[林忠四郎の全仕事](#)

宇宙の物理学

佐藤 文隆 編

税込 15,120円

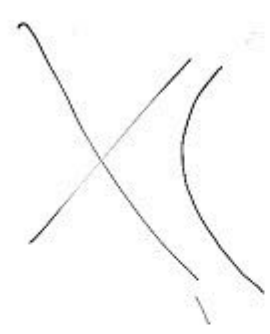


南部博士直筆の数式を展示 県立こども歴史文化館

2011年4月14日

福井市出身でノーベル物理学賞受賞者の南部陽一郎さん直筆の数式が、同市城東1丁目の県立こども歴史文化館で展示されている。ホワイトボードに書かれたもので、同館はノーベル賞受賞前の南部さんがどんな関心を持っていたかを知ることができる貴重な資料としている。

2008年10月にノーベル賞を受賞した南部さんは、その年の春に甲南大学(神戸市)の佐藤文隆・特別客員教授(物理学)の研究室を訪れ、「フォノン(音子)は重力で落ちるのか」という物理問題をテーマに議論した。南部さんはホワイトボードに方程式の数式や座標軸を書き、2人で議論を深めたという。



$$v = \frac{d\omega(\phi)}{d\rho}$$

$$\omega = H(\phi)$$

$$L(x,x) \rightarrow E = \sqrt{v_0^2 p^2 + \Delta^2 gh}$$

$$\tilde{H} = \sqrt{v_0^2 p^2 + \Delta^2 gh}$$

$$(\partial_t^2 - \partial_x^2 + \frac{m^2}{x^2}) \phi = 0$$

$$\left(\frac{\partial_t^2}{\xi^2} - \frac{1}{\xi} \partial_{\xi} \partial_{\xi} + m^2 \right) \phi = 0$$

$$\sum_{l \in \mathbb{Z}} \frac{l(l+1)}{x^2}$$

$$\sum_m l(l+1) \rightarrow m^2$$

$$x = \frac{1}{\xi}$$

$$x^2 - t^2 = \xi^2$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{sh\eta}{ch\eta} = \frac{\sqrt{x^2 - \xi^2}}{x^2}$$

$$v^2 = \frac{x^2 - \xi^2}{x^2}$$

$$1 - v^2 = \frac{\xi^2}{x^2}$$

$$\frac{1}{\sqrt{1-v^2}} = \frac{x}{\xi} \rightarrow \frac{1}{\sqrt{1-v^2}} \frac{1}{x} = \frac{1}{\xi} \quad x = \ln \xi$$

$$dx^2 = \frac{d\xi^2}{\xi^2}$$

$$V(x) = \frac{1}{x} e^{-2\eta} dt^2 - dx^2$$

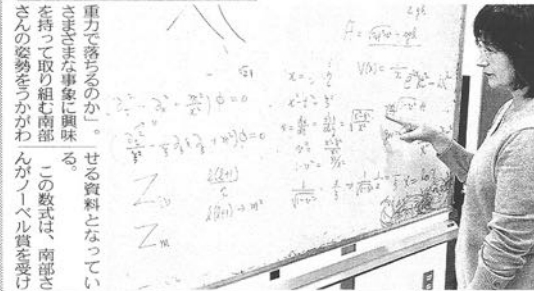
$$\frac{1}{x^2} \sqrt{1-v^2} dt$$

$$g_{\eta\nu} = \frac{1}{x^2} \eta_{\nu\sigma} \frac{dt^2}{x^2} = e^{-2\eta} \frac{dt^2}{x^2}$$

音は重力で落ちる？ 南部さん直筆の数式

県立こども歴史文化館で展示

ノーベル賞を受賞した興ひかりの物理学者、南部陽一郎さん直筆の数式が残るホワイトボードが、福井市城東一丁目にある県立こども歴史文化館に展示されている。数式のテーマは「音は重力で落ちるか」という。フオン(音響量子)は



南部陽一郎さん直筆の数式が書かれたホワイトボード。福井市城東一丁目の県立こども歴史文化館で。

る前の二〇〇八年、甲南大特別客員教授の佐藤文隆さん(京都大名誉教授)の研究室を訪れ、音が重力で落ちるのか、二人で議論する過程で書いた。佐藤さんが消しかけたが、思い直して保管していたのを知った同館が、ホワイトボードを譲り受けた。数式のうち、青で書かれた部分が南部さんの直筆という。

数式は難解だが、同館職員の高野栄俊さん(左)は「音が重力で落ちるのか」というのは普通では考えない。こんなことでも不思議に思い、突き詰めて考えたい」と話している。(山内通朗)

平成23年4月15日 中日新聞(福井版)

南部博士が書いた数式



福井県にゆかりのある偉人ら83人の功績や生い立ちを紹介する「福井県ゆかりの偉人」展が、福井市城東一丁目の県立こども歴史文化館で開催された。

福井市で子ども時代を過ごしたノーベル物理学受賞者、南部陽一郎博士を紹介する「南部陽一郎博士を招いた科学者」展が、福井市城東一丁目の県立こども歴史文化館で開催された。展示されたホワイトボードの数式は、南部博士が書いたものだ。音の素粒子が重力で落ちるかどうかが、南部博士が学生時代に使ったノートや、ノーベル賞のメダルレプリカとともに、子どもや大人の物理学ファンに人気だ。

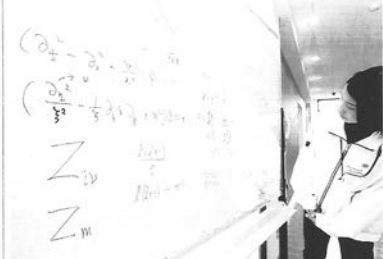
入場料全額無料。北陸自動車道福井インターチェンジから車で約10分。JR福井駅から徒歩約15分。月曜と休日の翌日が休館。問い合わせは、同歴史文化館(0776-21-1000)。

平成23年4月16日 読売新聞(福井版)

南部さん直筆数式

「音は重力で落ちるか」というテーマにした南部陽一郎さん直筆の数式が書かれたホワイトボード。福井市の県立こども歴史文化館で展示されている。

県立こども歴史文化館展示
にじむ探求の姿勢

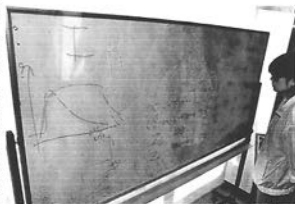


「音は重力で落ちるか」をテーマにした南部陽一郎さん直筆の数式が書かれたホワイトボード。福井市の県立こども歴史文化館で展示されている。

平成23年4月9日 福井新聞

南部博士 直筆の数式展示

県立こども歴史文化館



ガラスで覆われたホワイトボードに書かれた南部陽一郎博士直筆の数式。福井市城東一丁目の県立こども歴史文化館で展示されている。

福井市出身でノーベル物理学受賞者の南部陽一郎さん(神戸市)の直筆の数式が、同市城東一丁目の県立こども歴史文化館で展示されている。ホワイトボードに書かれたもので、同館は、その年の春に甲南大学ノーベル賞受賞前の南部陽一郎さん(神戸市)の特別客員教授(物理学)の研究室を訪れ、「フオン(音響量子)は重力で落ちるか」という物理問題をテーマにした講演で、南部さんはホワイトボードに方

式の数や座標軸を書き、2人で議論を深めたという。佐藤さんが消し子に保存していたものを同館に密に譲り、数式や文字が消えないようにガラスで表面を覆い、今月初めから同館3階の「南部陽一郎 科学ワールド」に展示した。

同館の長野栄俊(栄俊)さんは「音が重力で落ちるか」という問題は、なかなか問題提起が難しい。好奇心を持つ博士の科学に対する姿勢を多くの子供たちに見せたい」と話した。(小池寛木)

平成23年4月14日 朝日新聞(福井版)

科学者の将来	岩波	
運動と力学	岩波物理の世界	
対称性と保存則	岩波物理の世界	
宇宙を顕微鏡で見る	岩波現代文庫	
宇宙物理への道	岩波ジュニア新書	
光と風景の物理	岩波物理の世界	
孤独になったアインシュタイン	岩波	
雲はなぜ落ちてこないのか	岩波	
物理定数とSI単位系	岩波物理の世界	
異色と意外の科学者列伝	岩波サイエンス	
アインシュタインの反逆を量子コンピュータ	京大出版会	
夏はなぜ暑いのか	岩波	
ブラックホール	ちくま学芸文庫	
破られた対称性	PHPサイエンス新書	
職業としての科学	岩波新書	
量子力学は世界を記述できるか	青土社	
量子力学のイデオロギー	新版 青土社	素粒子の世界を拓く—湯川・朝永から
宇宙のしくみ	朝日文庫	南部・小林・益川へ 京大出版
科学と人間	青土社	アイシャム 量子論 翻訳 吉岡書店
量子力学ノート	サイエンス社	波のしくみ 講談社ブルーバックス
		一般物理学 裳華房
		量子の新時代 朝日新書
		科学にすぎるな 岩波
		十代のための古典名句名言 岩波ジュニア新書

2001-2013年出版本



2009



2004



1997

量子力学は
世界を
記述できるか

佐藤文隆

「 h のない量子力学」
「力のない力学」
「力学は論理学」

2009

鬼神、
語らず!

青土社
定価 本体1900円(税別)

いままで誰も
語れなかった
「本当の」量子
物理学の世界

科学の最先端として「物理学の世紀」を演出し、医療やIT、情報工学などさまざまな分野を革新し続けている量子力学。しかしその理論は直観的にはまったく「理解できない」ものだった。量子力学の登場で、世界は、そして科学の意味はいかに変わったのか……。

2011

量子力学の
イデオロギー

増補新版

佐藤文隆

世界の
描きかたは
唯一ではない

青土社 定価 本体2200円(税別)

科学は思想でも、事実についての記述でもない。だが、その現実へのインパクトは時代精神を突き刺させる。量子力学もまた、物質、時空、宇宙、生命など、世界観を構成する基本的な概念について、われわれに意識の変革を迫っている。五感的対象を超えて展開する物理学の手法とフロントを描き、量子力学が現代文明に生じさせた、新しい事態の意味を考える。

2011



佐藤文隆
Humboldt Sato

職業としての科学

未来を託せるのか?

ノーベル賞、事業仕分け…
公共財としての科学の役割とは

定価(本体760円+税) **岩波新書最新刊**

「科学にすぎるな！」
宇宙と死をめぐる
特別授業

佐藤文隆
SAITO HUMBOLDT
神場よしみ
KOSAKA YOSHIMI

死ぬ意味？
生まれてきた意味？

科学論や学問論で答える科学者
vs. 問い続ける女性

定価(本体1800円+税)

100
岩波新書

科学者には
世界が
こう見える

佐藤文隆

岩波新書

第二章 量子力学にみる科学と社会思想

社会思潮における量子力学 163

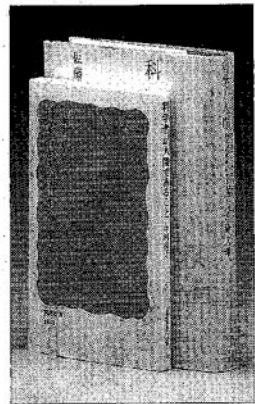
- I 思想としての科学／人間を炙り出す量子力学
- II 量子力学とワイマール期文化／社会思潮と物理学／フランツ・エクスマー／ニールス・ボーア／UC パークレー

科学と人間

佐藤文隆 科学が社会にできること

■科学と人間 科学が社会にできること
■科学者が人間であること

佐藤文隆〈著〉
中村桂子〈著〉



『科学と人間』青土社・1995円/さとう・ふみたか 38年生まれ。用南太学教授(物理学)。著書に『科学と幸福』など▽『科学者が人間であること』岩波新書・840円/なかむら・けいこ 36年生まれ。J-T生命誌研究館館長。著書に『「生きもの」感覚で生きる』など。

この2冊は、どちらも科学がますます専門化そして数値化する(こ)とに対する警告の書である。日本を代表する量子力学の第一人者・佐藤と「生命誌」を提唱する生命学者・中村から奇しくも同じタイミングで上梓されたのは偶然ではないであろう。科学こそが近代文明を最も特徴づけているのだから、近代を問い直す時代にきてい

るのである。もちろん、2人の論点は異なる。佐藤は科学を四つの領域に区分し、「科学と民主主義」の関係を中心に掲げて「社会が科学をもつとは？」を考察している。中村は「人間は生きものである、自然の中にある」のであって、「科学や科学技術を『自然の側から』見る必要がある」との立場だ。もっとも、佐藤の「四つの科学」の一つである「プロパティ」は

数値化が進める 近代文明の落日

「自分と外界の関係」のイメージを支えるものだから、両者の視点は水面下では繋がっている。そして、どちらも近代固有の「数値化」を問題視している。佐藤は、民主主義が「多数」という数字を重要視するなら、「数は独立様(自由)と等質性(平等)を前提としなければ意味をなさな

い」という。そして民主主義は「改造」や「進歩」などにおいて明らかに科学の近代化路線と整合的であると指摘する。しかし、エゴが「生きる」ことの否定になる。コロジスムに自覚め、「自然との一体感が強調されると」、生命体論は「革新を掲げる民主主義とは根本的な方向が違ふ」。中村は「科学的とは多くの場合数字で表せる」から、お金で測った豊かさが手に入るようになる変化を「進歩」と呼び、そのような社会を「先進国の象徴として評価するようになった」という。しかし、「人間は生きものである」という観点で見れば、これ

〈評〉水野 和夫

日本大学教授・経済学

速くできること、手を抜くことが、時間を紡ぐ、すなわち生きることに逆行するからだ。そして、地球全体を一律にするグローバルな科学技術文明は多様性を否定するので、あきらかに文明の定義から外れていく。佐藤によれば「民主主義は『大量』の物質を必要とする」。王様しか味わえなかった「珍珠・珍体」に対し、「万人のアクセスを可能にして平等化と画一化をおしすすめる」ものだからである。だが、平等化は民主主義から革新性を奪う。「絆が叫ばれる世相などをみれば、民主主義の終焉が射程に入ったかもしれない」という。別々のアプローチながら結果として「大量」や「過剰」性が問題となるのは、近代システムが機能不全に陥っているからであろう。アドルノがいった「近代自身が近代をつくった」ということが、まさに今、起きている。

ISSN0386-8257

臨時別冊・数理科学

SGCライブラリ
102

For Senior & Graduate Courses

量子力学ノート

数理と量子技術



佐藤 文隆 著



サイエンス社

2013年12月

第24回量子情報技術研究会 (QIT24)

情報科学と量子力学を融合させた新しい分野、量子情報科学に関する第24回研究会を下記のように開催いたします。奮ってご参加ください。

開催概要

- ・日時: **平成23年5月12日(木), 13日(金)**
- ・会場: **東京工業大学 西9号館 デジタル多目的ホール**
(〒152-0033 東京都目黒区大岡山 東工大大岡山キャンパス)
- ・参加費: **事前振り込み 一般 5,000円, 学生 1,000円**
(当日会場支払いは各1,000円増, 懇親会は別途)
- ・主催: **電子情報通信学会 量子情報技術時限研究専門委員会**
- ・共催: **応用物理学会 量子エレクトロニクス研究会**

発表募集分野

量子情報, 量子計算, 量子暗号など広く量子情報技術に関わる
理論的研究, 実験的研究, 計算機科学的研究, 数学的研究,
およびその他関連分野

招待講演

Aephraim M. Steinberg (CQIQC),
佐藤 文隆(甲南大), 蔡 兆申(理研/NEC)

申し込みは下記webページにて

物理セミナー

KEK

日時:	2009-06-23 16:00 - 17:00
場所:	3号館セミナーホール
会議名:	「Hのふい量子力学: ツールと"思想"」
連絡先:	内線 5373
登録者連絡先:	keisuke.fujii@kek.jp
講演者:	佐藤文隆氏 (京都大学名誉教授)
アブストラクト:	拙著「アインシュタインの反乱と量子コンピュータ(京大書局出版会)で述べたように量子アルゴリズムの研究進展は量子力学がラグランジアンと確率情報処理の二つの異なる構造からなることを示唆している。量子力学創業者たちを引き裂いた実在かツールかを巡る論争は、世界像と実存を統合する時代の思想と密接に絡み合っていた。EPRの日本での扱われ方の歴史とを通して、日本の物理学の傾向を語る。

術: レーザや量子コンピュータ、量子暗号の系譜について熱く語っていただきます。一般の方々や高校生・大学生・大学院生など、多くの皆様の参加をお待ちしております。

日時: 2006年5月27日(土) 13:00-16:30

場所: 甲南大学 5号館21教室

プログラム:

- 13:00-13:10
開会挨拶: 量子ナノテクノロジー研究所 所長 安藤 弘明
- 13:10-13:50
特別講演: 尾関 章先生 (朝日新聞東京本社科学医療部長)
「量子、世界像を揺さぶる——科学ジャーナリストの視点から」
- 13:50-14:30
特別講演: 井元信之先生 (大阪大学大学院 基礎工学研究科教授)
「量子情報とその系譜」
- 14:30-15:10
特別講演: 佐藤文隆先生 (甲南大学教授、京都大学名誉教授)
「孤独なアインシュタイン」から先端技術、量子情報への道
- 15:10-15:20 休憩

**量子力学と
技術の接点**
量子暗号・量子情報

プログラム

- 佐藤 文隆 (甲南大学)
かを含む量子力学と
含まない量子力学
- 井元 信之 (大阪大学)
量子力学と情報科学の
結びつき
- 松井 伸之 (兵庫県立大学)
量子ニューロ
コンピューティング
- 中原 幹夫 (近畿大学)
NMR量子
コンピューティング

日本物理学会2008年度公開講座

会場 大阪大学中之島センター(10F 佐治敬三メモリアルホール)
アクセス (<http://www.onc.osaka-u.ac.jp/others/map/index.php>)

対象 高校生 / 大学生 / 中学・高校の理科の先生 / 一般社会人

参加費 無料

2008年
12月21日(日)
13:00~17:30

KYOTO EXPERIMENT 2013 京都国際舞台芸術祭

池田亮司『superposition』* 関連シンポジウム

「量子の世紀」 のアート&サイエンス

2013.10.27 sun

17:00 開演 (16:30 開場)

無料 (申込不要)

京都芸術劇場 春秋座

京都造形芸術大学
京都市左京区北白川瓜生山2-116

池田亮司 | 佐藤文隆 (甲南大学) | 丸山善宏 (オックスフォード大学) | 浅田彰

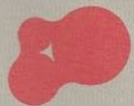
20世紀初頭に生まれた量子力学。しかし、近年になって電子1個を扱うことさえ夢ではなくなったため、かつては思考実験の対象でしかなかった「シュレディンガーの猫」(生きた状態と死んだ状態が重ね合わされている)のような量子論的現象が観測・実験の対象になってきた。また、そういう量子論的重ね合わせを利用した量子コンピュータさえ開発されようとしている——これは時代を画する大きな変化と言えるでしょう。

いち早くそうした変化に対応してつくられたパフォーマンス作品「superposition (重ね合わせ)」の日本初演を機に、作者・池田亮司に加え、湯川秀樹の流れを汲む物理学の泰斗・佐藤文隆と、圏(カテゴリー)論の観点から量子力学を理論的にとらえなおそうとする俊英・丸山善宏を迎えて、「量子の世紀」におけるアート&サイエンスのヴィジョンを語り合います。

アートに興味のある人も、科学技術に興味のある人も、この領域を超えたトークから、アート&サイエンスの最新の動向を見て取ることができるでしょう。

主催：京都造形芸術大学大学院学術研究センター 共催：京都造形芸術大学舞台芸術研究センター、KYOTO EXPERIMENT

* 池田亮司『superposition』公演



KYOTO
EXPERIMENT 2013
京都国際舞台芸術祭

池田亮司

superposition

Ryoji Ikeda superposition

コンセプト・ディレクション・ミュージック | 池田亮司

京都芸術劇場 春秋座 (京都造形芸術大学内)

10月26日 (土) 14:00 開場 14:30 開演

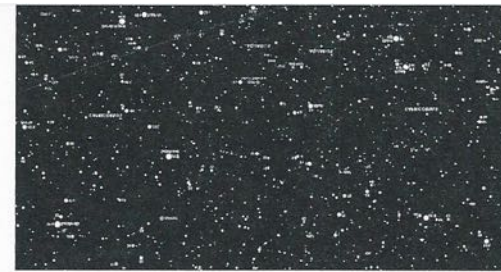
全席指定 1階 10列 14番

- | | | | |
|---------------------------------|--------|--------------------------------|------------|
| <input type="checkbox"/> 一般 | ¥3,500 | <input type="checkbox"/> 3演目 | ¥7,500/3演目 |
| <input type="checkbox"/> ユース・学生 | ¥3,000 | <input type="checkbox"/> 学生3演目 | ¥6,000/3演目 |
| <input type="checkbox"/> シニア | ¥3,000 | | |
| <input type="checkbox"/> 高校生以下 | ¥1,000 | | |

※ユース・学生/シニア/高校生以下券の方は、当日証明書をご提示下さい。
※未就学児童入場不可。※本作品は強いストロボと重低音、高周波を使用いたしておりますので、心臓の弱い方やペースメーカーをご使用の方などはご遠慮下さい。
※お車・バイクでのご来場はお断りいたします。

量子論的構造から紡がれる映像と音響が
圧倒的強度で観客を包み込む新シリーズ
ついに日本初演

池田亮司はパリを拠点に世界的に活躍する電子音楽家でヴィジュアル・アーティスト。昨年11月にパリ・ボンビドゥーセンターで初演された“superposition”の新シリーズは、量子力学や量子情報理論を作品化しようとする野心的なプロジェクト。そのパフォーマンス版となる本作では、池田の作品では初の試みとなる生身の身体(2名のパフォーマー)がステージに登場。合計22面のスクリーンが奥行きをもって配置され、ステージ上のすべての構成要素は、重ね合わせ|superposition|の状態となる。その崇高かつ圧倒的な空間体験は池田流の〈世界〉への触れ方に違いない。

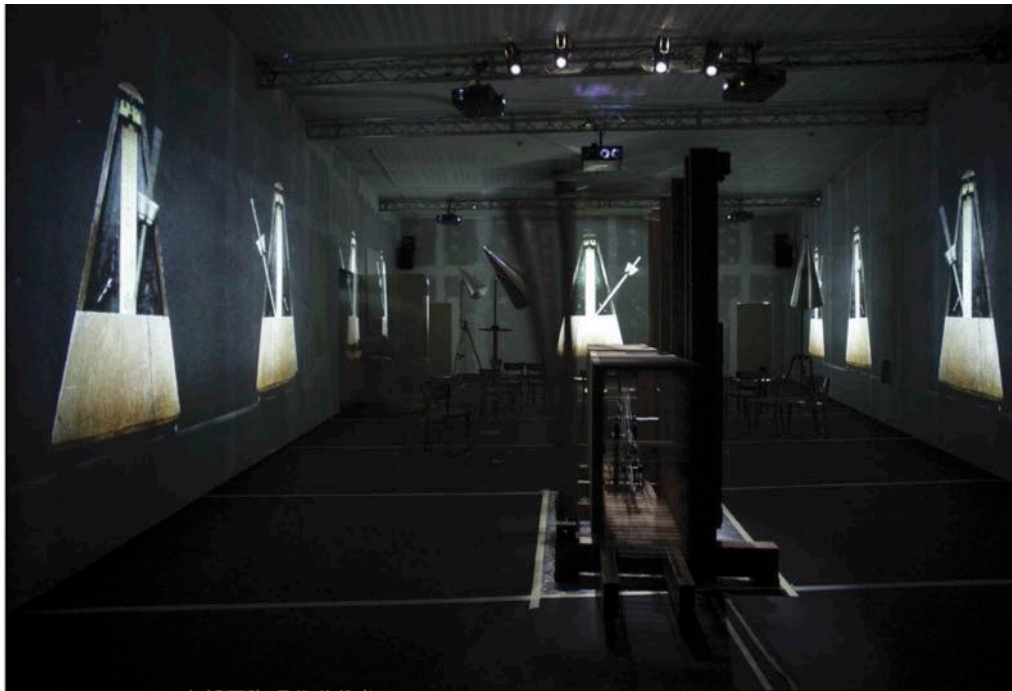


concept, direction and music: Ryoji Ikeda
in collaboration with
performers: Stéphane Garin, Amélie Grould
optical devices: Norimichi Hirakawa stage manager: Simon MacColl technical manager: Ti
production: Ryoji Ikeda Studio (artistic direction: Emmanuelle de Montgazon; administration: Yuko Higaki)
quaternaire (producer and artist management: Sarah Ford; associate producer: Laurie Uprich
administration: Kathleen Aleton; coordination and marketing: Joanna Rieussec),
forma (artistic director: David Metcalf)
World Première on 14, 15, 16 November 2012 at the Centre Pompidou with the Festival d'Automne à Paris (f
commissioned by the Festival d'Automne à Paris (FR) for the musical part
created and developed at Parc de La Villette (Paris, FR), YCAM Yamaguchi Center for Arts and media (JP), 2
coproduction: Kyoto Experiment (JP), Festival d'Automne à Paris (FR), Les Spectacles Vivants-Centre Pom
Concertgebouw Brugge (Bruges, BE), Festival de Marseille-danse et arts multiples (FR),
Parc de La Villette (Paris, FR), ZKM (Karlsruhe, DE), STRP Art and Technology Festival (Eind
with the support of the DICRÉAM-CNC (FR) presented by Kyoto Experiment

DAY 1 10月25
DAY 2 10月26
受付開始 | 開演の60
※ 託児サービスあり
会場 | 京都芸術
京都市左京
上演時間 | 70分

superposition 池田亮司





PARASOPHIA: 京都国際現代芸術祭2015

プライベート[作品展示]
ウィリアム・ケントリッジ
時間への抵抗 (仮称)

2014.02.08-03.16

元・立誠小学校 講堂 (申請中)

京都市中京区備前島町310-2(木屋町通娯楽師下ル)

www.rissei.org

主催: 京都国際現代芸術祭組織委員会、
 一般社団法人京都経済同友会、京都府、京都市
 共催: 立誠・文化のまち運営委員会
 後援: 国際交流基金

*詳細は決まり次第、発表します。

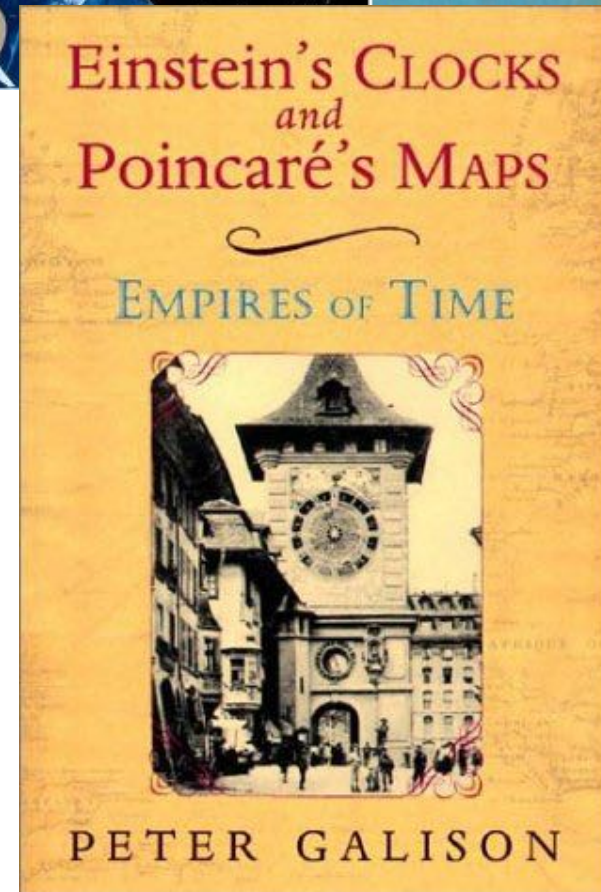
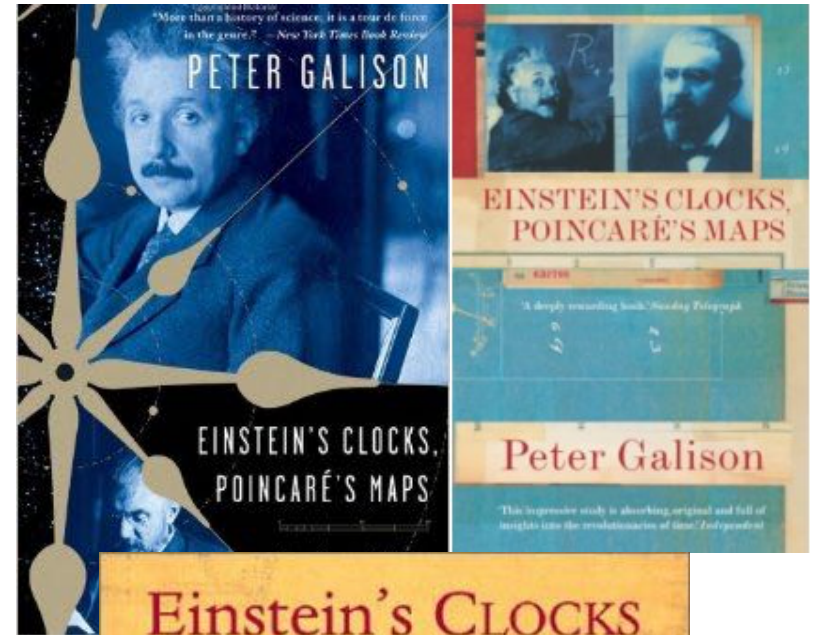
William Kentridge (2012) *The Refusal of Time*
 呼吸する機械(「家」とメガフォンのある5チャンネルの
 ビデオインスタレーション
 コラボレーション: ウィリアム・ケントリッジ、フィリップ・
 ミラー、キャサリン・メイバーク、ピーター・ギャリソン
 © William Kentridge

2009年に京都国立近代美術館で個展を開催し2010年
 の京都賞受賞作家でもある、南アフリカ出身の美術家
 ウィリアム・ケントリッジによる大規模なインスタレーシ
 ョン作品《時間への抵抗》(2012)を展示します。本作は、昨
 年のドキュメンタ13のために制作された作品であり、日本
 での展示は今回が初めてとなります。

ウィリアム・ケントリッジ●1955年南アフリカ共和国生
 まれ、ヨハネスブルグ在住。2010年に第26回京都賞受
 賞。「動くドローイング」とも呼ばれる素描をコマ撮りし
 た手描きアニメーション・フィルムを始め、版画、インス
 タレーション、パフォーマンス、人形劇、オペラなどに幅
 広く取り組んでいる。また、俳優、演出家、著述家など多
 彩な分野でも活躍している。

PARASOPHIA

京都国際現代芸術祭組織委員会事務局 (PARASO-
 PHIA事務局) TEL 075-257-1453 | FAX 075-257-
 1454 | info@parasophia.jp | www.parasophia.jp



Refusal of Time 支配と解放

シンクロされた時計 アインシュタイン
鉄道網
時計の普及 家庭の中に国家を

経度 ポワンカレ
世界時間システム 南ア
グローバル 38度線

海洋輸送網 世界地図
天文学 測地学

ブツラクホール
情報シュレッター
過去を断ち切って自由に

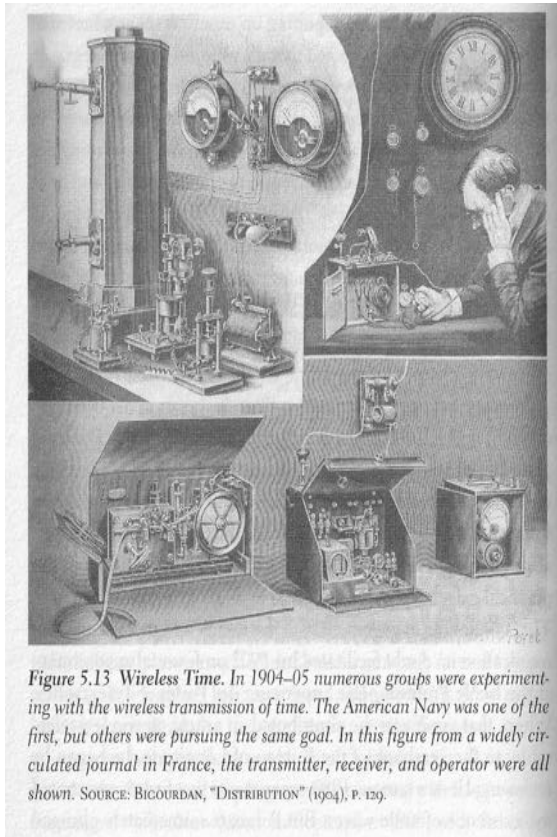


Figure 5.13 *Wireless Time*. In 1904–05 numerous groups were experimenting with the wireless transmission of time. The American Navy was one of the first, but others were pursuing the same goal. In this figure from a widely circulated journal in France, the transmitter, receiver, and operator were all shown. SOURCE: BIGOURDAN, "DISTRIBUTION" (1904), P. 129.

Elektrotechnische Fabrik
J. Einstein & Cie.
München.

Ausführung elektrischer Beleuchtungsanlagen in jedem Umfange.



Ausführung elektrischer Kraftübertragungsanlagen jeder Grösse.

Fabrikation
 von
Dynamo-Maschinen
 für
 Beleuchtung, Kraftübertragung und Elektrolyse,
 Bogenlampen, Elektrizitätszählern,
 Mess- und Regulirapparaten.

Figure 5.6 *Jakob Einstein & Co.* Einstein's uncle and father ran an electrotechnical company that produced, inter alia, precision electrical measuring equipment that shared much technology with that of electric clocks. SOURCE: OFFIZIELLE ZEITUNG DER INTERNATIONALEN ELEKTROTECHNISCHEN AUSSTELLUNG, FRANKFURT AM MAIN (1891), P. 949.

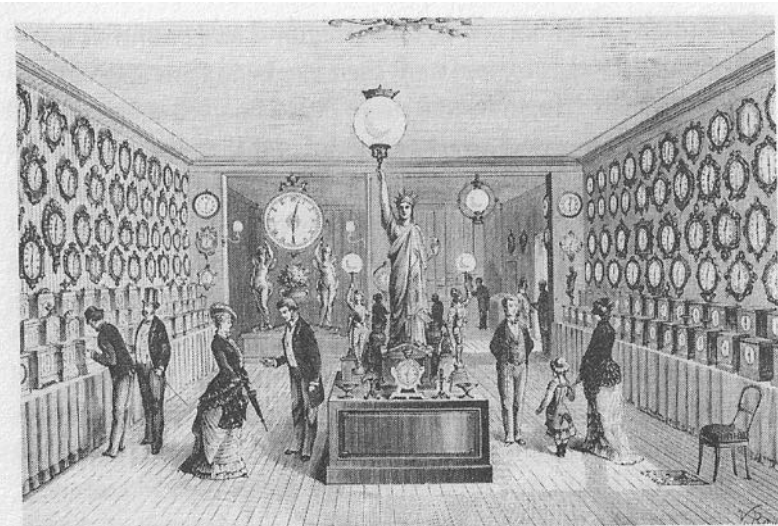
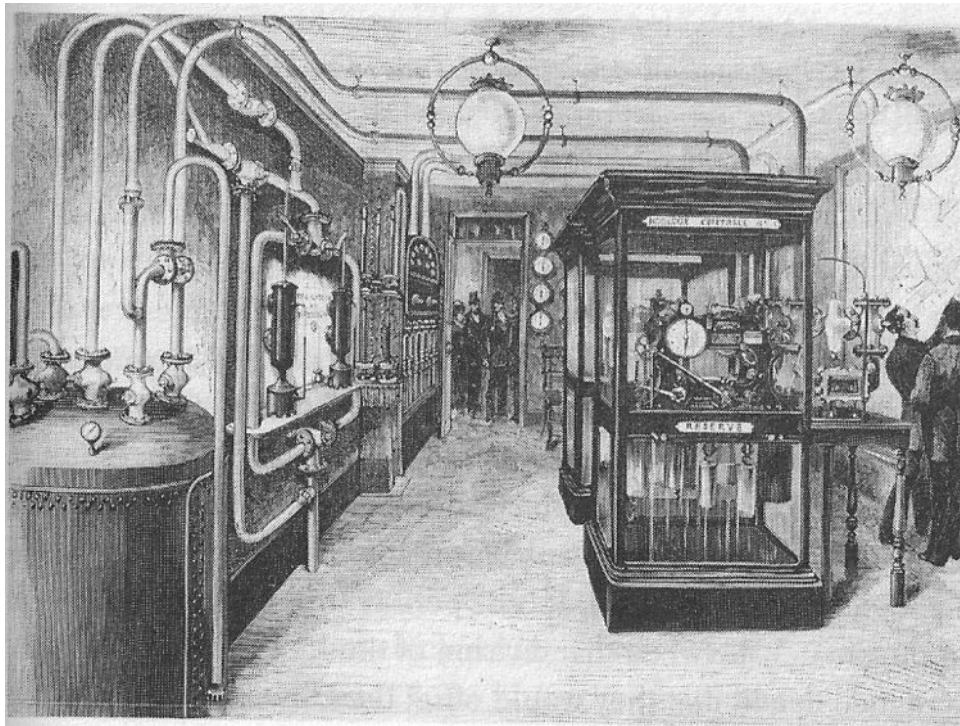


Figure 3.4 Pneumatic Unification of Time: The Display Room (circa 1880). Here customers—both commercial and private—could purchase clocks that would register the carefully timed bursts of air that they would receive through the pneumatic pipes of Paris. SOURCE: COMPAGNIE GÉNÉRALE DES HORLOGES PNEUMATIQUES, ARCHIVES DE LA VILLE DE PARIS, VONC 20.

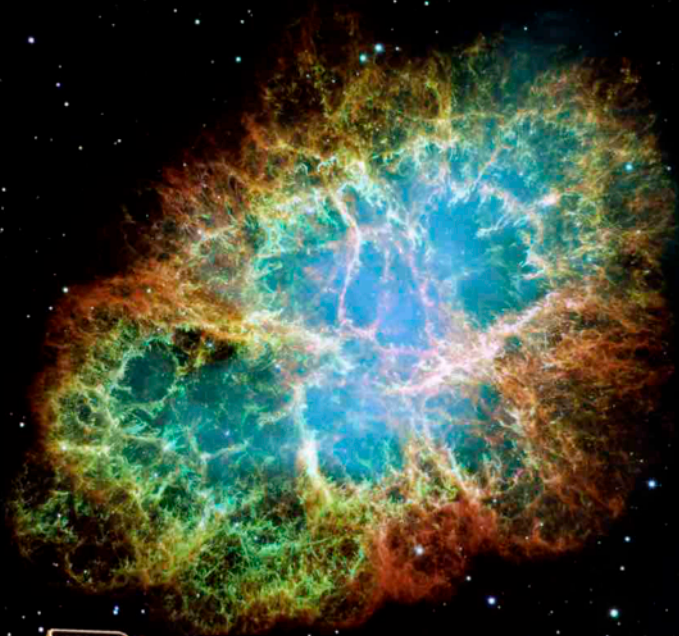


1987年 冷泉家で「明月記」をみるOort
超新星

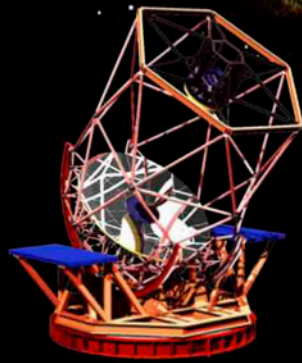
京都大学総合博物館 平成26年度特別展

明月記と最新宇宙像

千年を超えて飛ばたく京の宇宙地球科学者たち



後援
京都大学総合博物館
平成26年12月14日
午後7時～客員室
主催
京都大学総合博物館
見どころ
最新宇宙像
と
大天竺



2014年9月3日[水]～10月19日[日]

※明月記原本展示期間 9月17日[水]～9月28日[日]

9時半～16時半 (入場は16時まで)

◎休館日 月曜日・火曜日(平日・祝日にかかわらず)

◎観覧料 一般 400円/高校生・大学生 300円/小学生・中学生 200円

※20名以上の場合は団体観覧料が適用されます

※70歳以上の方・身体障害者手帳をお持ちの方は無料

主催 京都大学総合博物館 京都大学大学院理学研究科附属天文台
京都大学大学院理学研究科地球物理学教室 京都大学大学院
理学研究科宇宙物理学教室

共催 NPO法人花山星空ネットワーク 京都大学宇宙総合学研究ユニット
京都大学研究資源アーカイブ

協賛 株式会社西村製作所

協力 冷泉家時雨亭文庫 自然科学研究機構国立天文台 関西テレビ

NHK

[協力いづれも仮]

後援 京都府教育委員会 京都市教育委員会

京都大学総合博物館

〒606-8501 京都市左京区吉田本町

TEL (075)753-3272

<http://www.museum.kyoto-u.ac.jp/>

12月14日

ビブリオバトル
at 京大

真鍋かおり

..

B:なぜ今ごろ量子力学か？

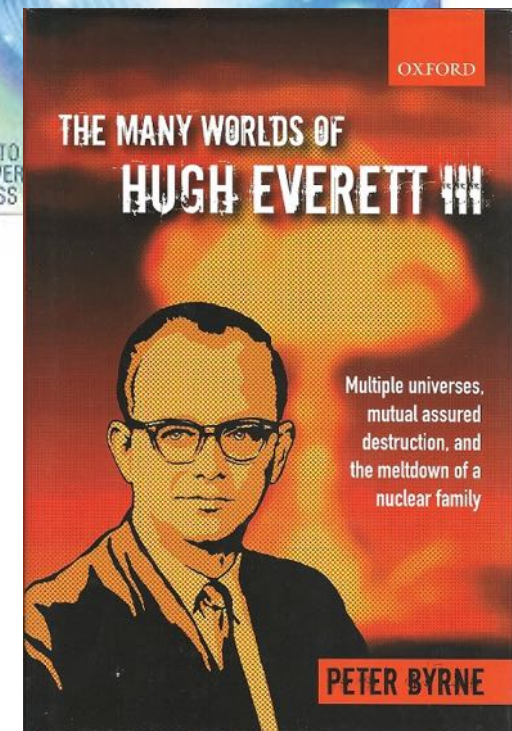
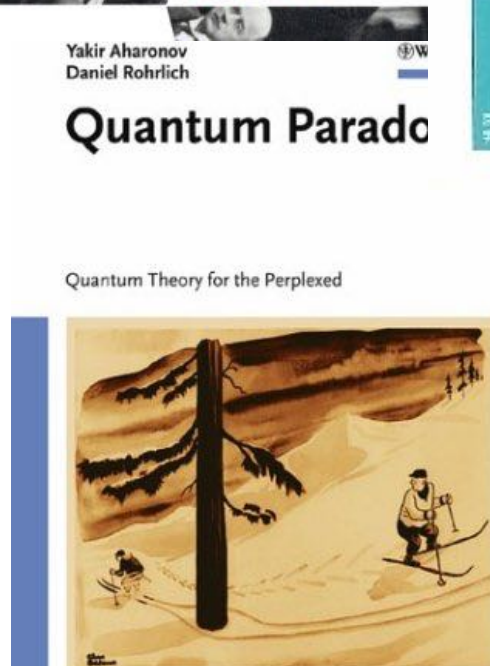
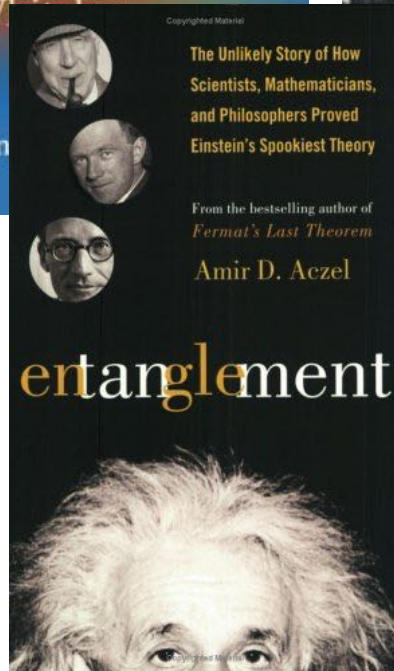
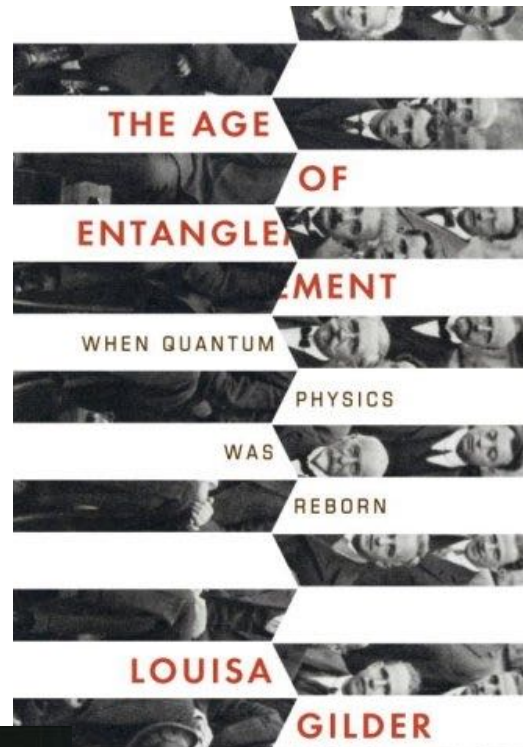
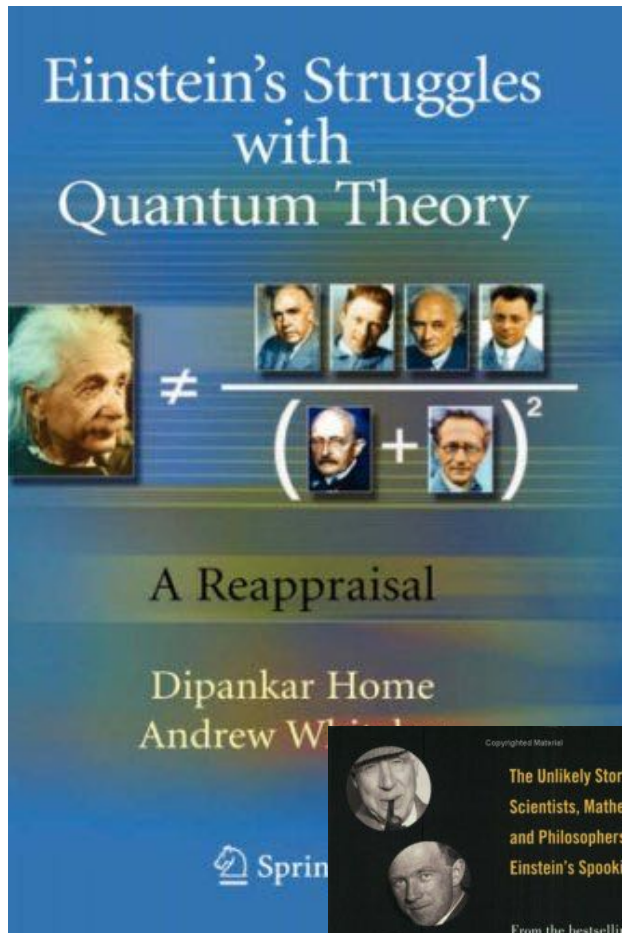
おいていかれたアインシュタイン

アインシュタインを迷わせた

量子もつれとは？

EPR, 遅延選択、テレポーテーション、シュレインガー猫、
マクロフォノン、q-ビット(分子NMR, 量子ドット、超伝導クパー
対、……)

2012年ノーベル賞



1900 Planck
1905,6 Einstein
1913 Bohr
1917 Einstein
1923 de Broglie
1925 Pauli

ノーベル賞

1918 Planck, 19 Stark
1921 Einstein 22
1922 Bohr
1929 de Broglie
1945 Pauli

1925 Heisenberg
1926 Schrodinger, Dirac
Born-Jordan, Jordan
1927 Bohr, Heisenberg

1932 Heisenberg 33
1933 Schrodinger+Dirac
1954 Born, Bode ?Jordan

$$i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} = H\Psi$$

シュレーディンガー方程式

$$qp - pq = i\hbar$$

非可換なオペレータ

$$P(x,t) = |\Psi(x,t)|^2$$

確率解釈

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar$$

不確定性関係



Figure 32. The Schrödinger equation written on the grave of Erwin Schrödinger and of his wife, Annemarie, in Alpbach in Tyrol, Austria.

状態の重なり(superposition)

$$|\Psi(t)\rangle = \sum_i \Psi(x_i, t) |x_i\rangle$$

Ψ(x,t)の時間変化 コペンハーゲン解釈

- A) シュレーディンガー方程式による因果的変化
- B) 観測による波動関数の収縮(collapse)

$$|\Psi(t)\rangle \rightarrow |x_j\rangle$$

量子力学の3要素

A) プランク定数 h 「作用」に最小量子
1900 プランク 黒体
1905 アインシュタイン 光子、比熱
1911 ボーア 水素原子

B) シュレーディンガー波動関数
状態ベクトル + 作用素: ヒルベルト空間
1925-27
ハイゼンベルグ、シュレーディンガー、ディラック、フォン・ノイマン

C) 測定 (観測): Collapse = 認識 = 射影 = 復元

1927 コペンハーゲン解釈

ボーア、ハイゼンベルグ

Von Neumann の密度行列 確率という オペレータ $|a\rangle\langle a|$

1927年夏 ボルタ会議 ボーア 量子力学完成宣言

秋 ソルベー会議 アインシュタイン異論、ボーアが封じ込め、
「思想善導策」で手打ち





1933年ノーベル賞
1932年と同時



プランク	1858	1900
アインシュタイン	1879	1905
ボーア	1885	1913
シュレーディンガー	1887	1926
仁科	1890	
ハイゼンベルグ	1901	1925
湯川	1907	1935
南部	1920	

孤独になったアインシュタイン、物理学、亡命、家族

物理学上のずれ オッペンハイマー 1965

「しかしアインシュタインの晩年25年ほどの間、彼が従った伝統は彼を誤らせた。それは彼がプリンストンで過ごした時代のものであり、悲しいことだがそれは内緒にしておくべきことではない。彼には自分のやり方で考える権利があった」と語っている。

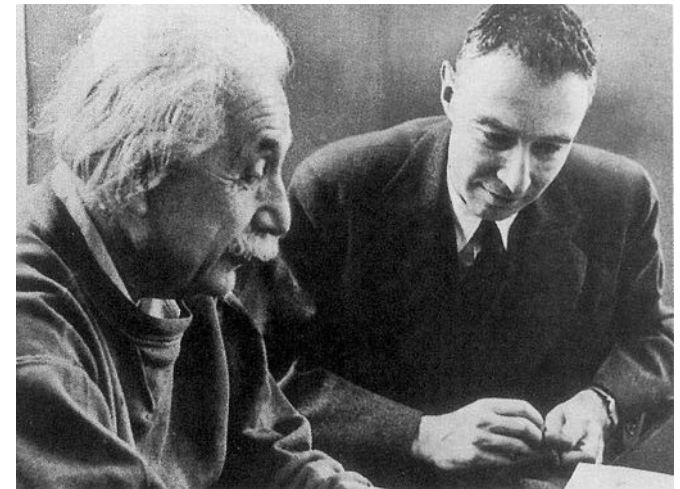
「誤り」は

- 1) 核・素粒子物理を無視した統一理論
- 2) 量子力学へ反対の態度

しかし

- 1) は70年代末のゲージ理論で逆転劇
 - 2) もEPRのentanglementが、反転した意味で、再興
- 佐藤文隆著「孤独になったアインシュタイン」(岩波)

「アインシュタインの反乱と量子コンピュータ」京大学術出版会



1939年に湯川秀樹のみたアインシュタイン

Einsteinの風貌は写真で見た通りであるが大分老境に入ったように見える。Prof. Okayaの事や、日本へ来た時の思い出などを聞く。彼に相対性理論と量子力学との関係を聞くと彼は相変わらず後者がincompletely described pictureに過ぎぬという。例えばdynamicsからaccelerationと言う概念を去りpositionとvelocityだけを考えると、statistical lawしか得られない、などと語る。何だか遠い昔の世界へ引戻されたような不思議な気持ちになる。しかしその眼には何ともいえない親しみ深みがある。

(「アメリカ日記」1939年9月21日 曇後晴 ニューヨークー プリンストンの一部)

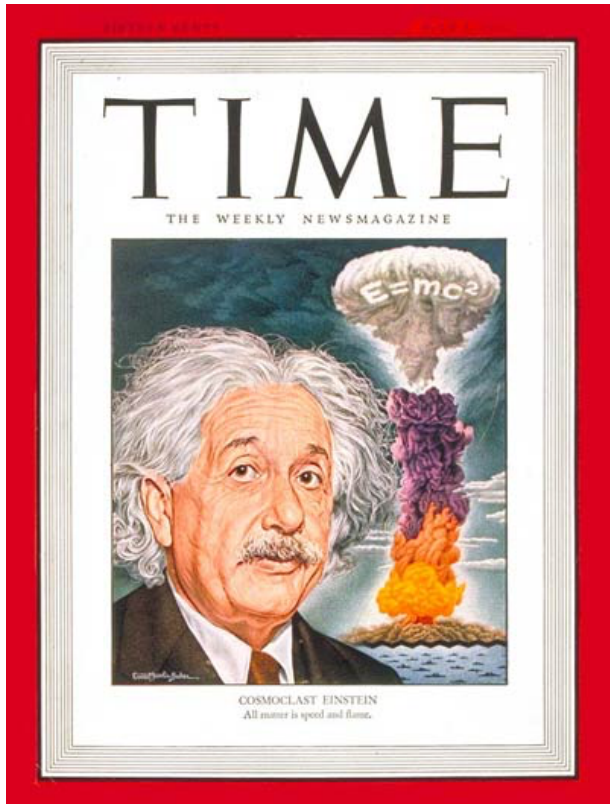
若き日に忘れしはずの老荘のよみがえりくるわれを怪しむ

下鴨の家に移りて、1957年

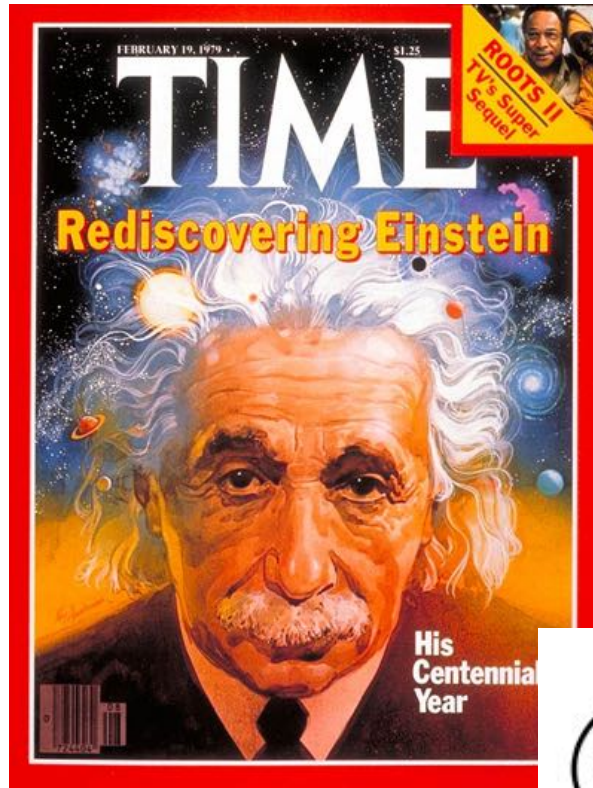
“相対論について語るときは彼は不熱心だったが、量子論については情熱的だった。量子は彼のデモンであった。ずっと後になって知った話したが、アインシュタインは、友人のオットー・シュテルンに、かつてこういったことがあった。「私は一般相対論についてより100倍も量子論について考えた」。私自身の経験からも、この言明には別に驚かないと付け加えることができる。”

アブラハム・パイス著 「神は老獺にして…」

西島和彦監訳、産業図書



1946年

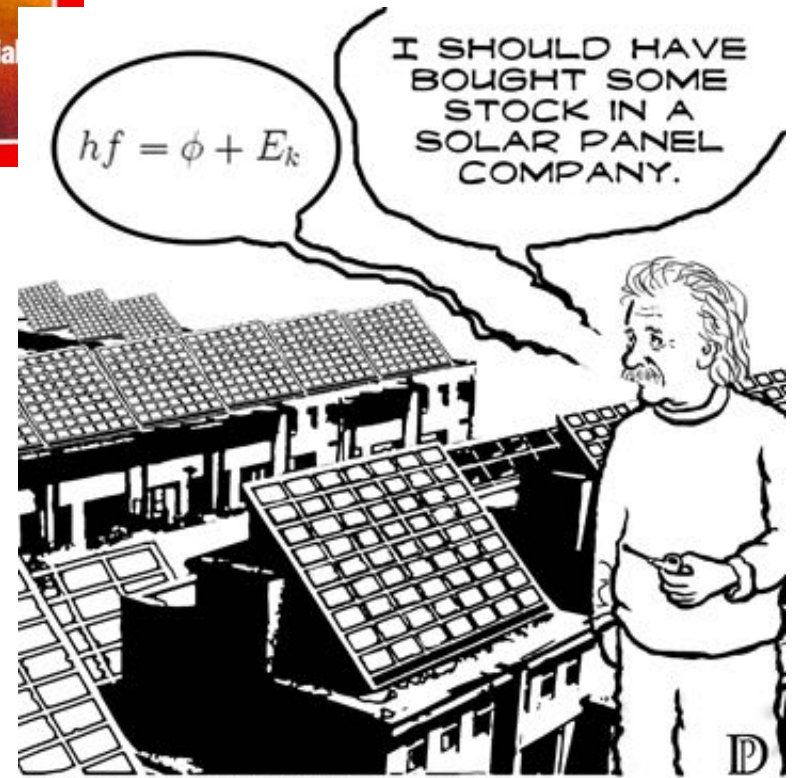


1979年

四つの顔
革命の人
力強い科学
宇宙ロマン
ハイテクの父

2005年

革命の人
敵国同士の協力
1919年



©2005 Paul Dlugokencky (aDailyCartoon.com) for APS NEWS

量子力学の謎

状態ベクトル(波動関数)は実在の記述に
完全か？

非局所的量子相関 EPR entanglement

- 微細加工の進歩
デコヒレンスの抑制
単原子系
- 謎を制御するのが技術
- 量子計算、量子情報、量子暗号

ボーア・アインシュタイン論争
から

“株式市場”のトピックスへ



アインシュタインの不満

- God does not play dice
まだ許せる
- “spooky action at a distance”
“telepathically”
絶対許せない！

This problem of getting the interpretation proved to be rather more difficult than just working out the equation.

P.A.M. Dirac

We choose to examine a **phenomenon** which is impossible, absolutely impossible, to explain in any classical way, and which has in it the heart of quantum mechanics. In reality, it contains the only mystery. **We cannot make the mystery go away by “explaining” how it works. We will just tell you how it works. In telling you how it works we will have told you about the basic peculiarities of all quantum mechanics.**

— R. P. Feynman, 1964

The “paradox” is only a conflict between reality and your feeling of what reality “ought to be” .

Richard P. Feynman

多くの不思議はあなたの未練に 過ぎない！

- 何に対する未練？ 相対論の教訓 L変換の後にE
- 余計な思い入れ捨てる 動機的事実論
- 自然から謙虚に学ぶ 物理帝国
- **Speakable, unspeakable Bell**
- 量子力学の一般情報理論部分と変数（物理系）特殊部分を分離
- 「もの」を分離し、一般理論純化の時代
- 一般情報理論は物理系以外にも有効
- 物理系は一つの対象
- 二重構造を意識したほうが物理系の開発も自由に

of lanthanum is $7/2$, hence the nuclear magnetic moment as determined by this analysis is 2.5 nuclear magnetons. This is in fair agreement with the value 2.8 nuclear magnetons determined from La III hyperfine structures by the writer and N. S. Grace.⁹

⁹ M. F. Crawford and N. S. Grace, Phys. Rev. 47, 536 (1935).

This investigation was carried out under the supervision of Professor G. Breit, and I wish to thank him for the invaluable advice and assistance so freely given. I also take this opportunity to acknowledge the award of a Fellowship by the Royal Society of Canada, and to thank the University of Wisconsin and the Department of Physics for the privilege of working here.

MAY 15, 1935

PHYSICAL REVIEW

VOLUME 47

Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete?

A. EINSTEIN, B. PODOLSKY AND N. ROSEN, *Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey*

(Received March 25, 1935)

In a complete theory there is an element corresponding to each element of reality. A sufficient condition for the reality of a physical quantity is the possibility of predicting it with certainty, without disturbing the system. In quantum mechanics in the case of two physical quantities described by non-commuting operators, the knowledge of one precludes the knowledge of the other. Then either (1) the description of reality given by the wave function in

quantum mechanics is not complete or (2) these two quantities cannot have simultaneous reality. Consideration of the problem of making predictions concerning a system on the basis of measurements made on another system that had previously interacted with it leads to the result that if (1) is false then (2) is also false. One is thus led to conclude that the description of reality as given by a wave function is not complete.

1.

ANY serious consideration of a physical theory must take into account the distinction between the objective reality, which is independent of any theory, and the physical concepts with which the theory operates. These concepts are intended to correspond with the objective reality, and by means of these concepts we picture this reality to ourselves.

In attempting to judge the success of a physical theory, we may ask ourselves two questions: (1) "Is the theory correct?" and (2) "Is the description given by the theory complete?" It is only in the case in which positive answers may be given to both of these questions, that the concepts of the theory may be said to be satisfactory. The correctness of the theory is judged by the degree of agreement between the conclusions of the theory and human experience. This experience, which alone enables us to make inferences about reality, in physics takes the form of experiment and measurement. It is the second question that we wish to consider here, as applied to quantum mechanics.

Whatever the meaning assigned to the term *complete*, the following requirement for a complete theory seems to be a necessary one: *every element of the physical reality must have a counterpart in the physical theory*. We shall call this the condition of completeness. The second question is thus easily answered, as soon as we are able to decide what are the elements of the physical reality.

The elements of the physical reality cannot be determined by *a priori* philosophical considerations, but must be found by an appeal to results of experiments and measurements. A comprehensive definition of reality is, however, unnecessary for our purpose. We shall be satisfied with the following criterion, which we regard as reasonable. *If, without in any way disturbing a system, we can predict with certainty (i.e., with probability equal to unity) the value of a physical quantity, then there exists an element of physical reality corresponding to this physical quantity*. It seems to us that this criterion, while far from exhausting all possible ways of recognizing a physical reality, at least provides us with one

量子力学による実在の記述は完全たりうるか？

完全な理論には、実在のそれぞれの部分に対応する部分が含まれている。物理量の実在性に関する十分条件とは、系を乱さず、確実にそれを予言できる可能性のことである。量子力学においては、可換でない演算子によって記述される二つの物理量の場合、一方の知識が他方の知識の妨げとなる。それゆえ、(1)量子力学での波動関数による実在の記述が不完全であるか、それとも、(2)この二つの量には同時実在性がないか、のどちらかである。ある系に関する予言を、この系とすでに相互作用をした別の系での測定に基づいて行うという問題を考察すれば、(1)が誤りならば(2)も誤りであるという結果に導かれる。こうして、波動関数による実在の記述は、不完全であるという結論に到達する。

1.

物理理論の厳密な考察では、それがどのようなものであろうと、理論とは独立である客観的実在と、理論における物理概念との区別が、考慮されていなければならない。これらの概念は客観的実在に対応させられ、われわれは、概念のもつ意味から、実在の描像を作り上げるのである。

理論の成否を判定するために、(1)理論は正しいか、また、(2)その理論による記述は完全か、という二つの問を考察しよう。理論における概念が満足のいくものであるといえるのは、この問が、ともに肯定される場合に限られる。理論の正当性は、その結果と人間による観察との一致度によって判定される。実在に関する判断を可能にするのは観察だけであるが、物理学では、実験と測定という形がとられる。量子力学に適用する限りにおいて、この論文で考察しようとするのは、第二の間である。

完全という言葉にどのような意味づけがなされようとも、完全な理論に関し、次のような要請を設けることは必要だと思われる。すなわち、物理的実在のそれぞれの部分に対し、それに対応するものが、物理理論に含まれていなければならない。こうして、物理的実在の一部とは何かということを決まできさえすれば、第二の間に答えることは容易である。

物理的実在の一部を、ア・プリオリな哲学的考察によって決めることはできず、それは、実験と測定の結果に照らして決定されねばならない。しかしながら、われわれの目的のためには、実在の包括的な定義は必要ではない。われわれは、次のような判定条件で十分であり、かつ、妥当であると考え、系をいささかも乱すことなく、確実に(すなわち1の確率で)物理量の値を決定できるならば、この物理量に対応する物理的実在の一部が存在する。(以下略)

シュレーディンガーの猫



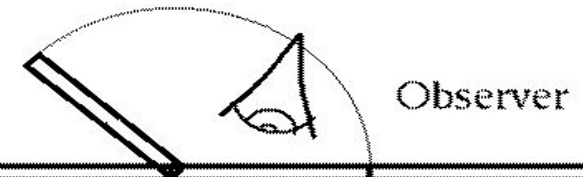
原子レベル $[a(t)|上\rangle + b(t)|下\rangle]$

$t=0$ で $a(0) = 0, b(0) = 0$ $|上\rangle|生\rangle$ にセット

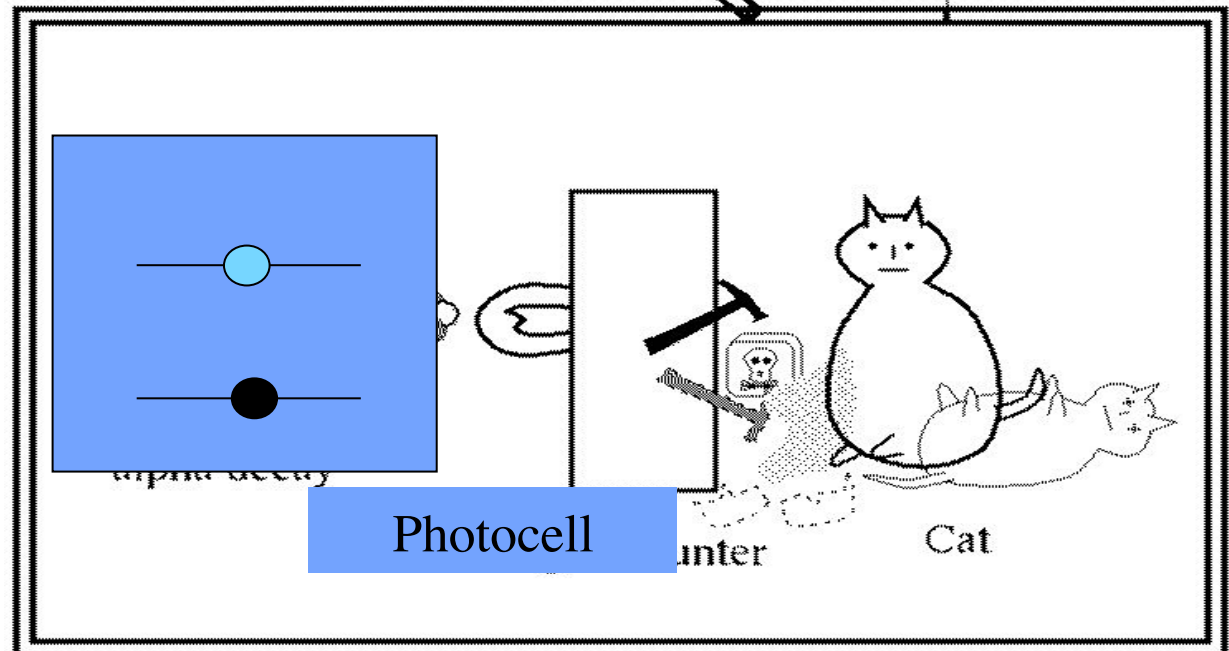
$t > 0$ では

$\Rightarrow [a(t)|上\rangle|生\rangle + b(t)|下\rangle|死\rangle]$

$|a|^2 = e^{-\lambda t}, |b|^2 = 1 - e^{-\lambda t}$ $\frac{a}{b}$



« Entanglement is the
essence of the quantum »



量子状態の重なり と 量子もつれ

1935年

EPR

Schrodinger cat

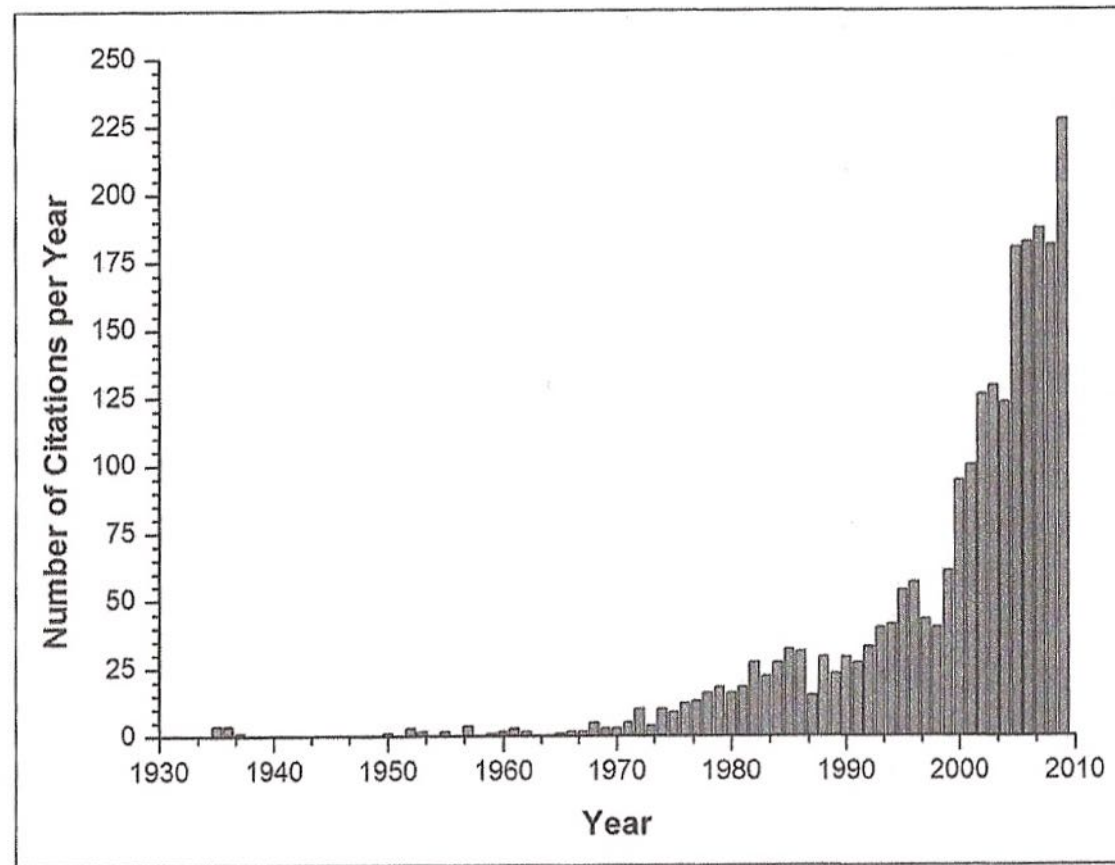


Figure 21. Number of citations to the EPR paper in articles received by the *Physical Review* every year. In the beginning, the paper was essentially ignored. Today, it has high impact.

1927 コペンハーゲン解釈 使うにはOK
BE論争: ボーアはアインシュタイン封じ込め係り、
カリスマの影響が若い俊英達に感染しないように、
ハメルーンの笛吹き
(33年 ナチス政権、39 大戦)
1935 EPR、シュレーディンガーの猫

(原子分光、32中性子、35ユカワ、38核分裂、45広島)
素粒子・核、トランジスタ、レーザー、DNA

1957～ 「多世界」、「宇宙の波動関数」
隠れた変数、ボーム、
ベル不等式、

1980～ アスペ実験、entanglement事実

(85)1995～ ドイチェ、テレポテーション、
ショアのアルゴリズム

J. Bell(1928-1990)

Unbeknown to Bell, that year he had been nominated
for a Nobel prize (which is never awarded posthumously). His contribution to the issues raised by EPR
was significant. Some regard him as having demonstrated the failure of local realism (local hidden variables).
Bell's own interpretation is that locality itself met its demise.

2007 NATURE Everett論文50周年

2010 Wolf 賞 Clauser, Aspect, Zeilinger

2012 Nobel 賞 Harosh, Wienland



2007年7月5日

STERN-GERLACH 実験

$$|\leftarrow\rangle |z=0\rangle |x=0\rangle$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\sqrt{2}} [|\uparrow\rangle | +z\rangle + |\downarrow\rangle | -z\rangle] |x=0\rangle$$

$$= \frac{1}{2} [(|\leftarrow\rangle + |\rightarrow\rangle) | +z\rangle + (|\leftarrow\rangle - |\rightarrow\rangle) | -z\rangle] |x=0\rangle$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} [|\leftarrow\rangle | +z\rangle | +x\rangle + |\rightarrow\rangle | +z\rangle | -x\rangle \\ + |\leftarrow\rangle | -z\rangle | +x\rangle - |\rightarrow\rangle | -z\rangle | -x\rangle]$$

重なったマクロ状態

測定無しに世界が分岐 多世界解釈 測定=出会い

測定でひっからなかった世界の処理 「猫の処理」清掃局的問題

物質、エネルギー保存 熱=散逸=無管理

情報の保存 相関情報の散逸 相関情報の無管理

無くなりほしくないことのトラブル 廃棄物、管理漏れ

1957 Everett , many-worlds

1964 Bell's inequality

1969 Clauser-Horne-Shimony-Holt CHSH

1982 Aspect, Dalibard, Roger et al experimental proof

1985 Deutsch , many-world=parallel computing

1993 Benett, quantum teleportation

1997,8 squized light

2004 atom

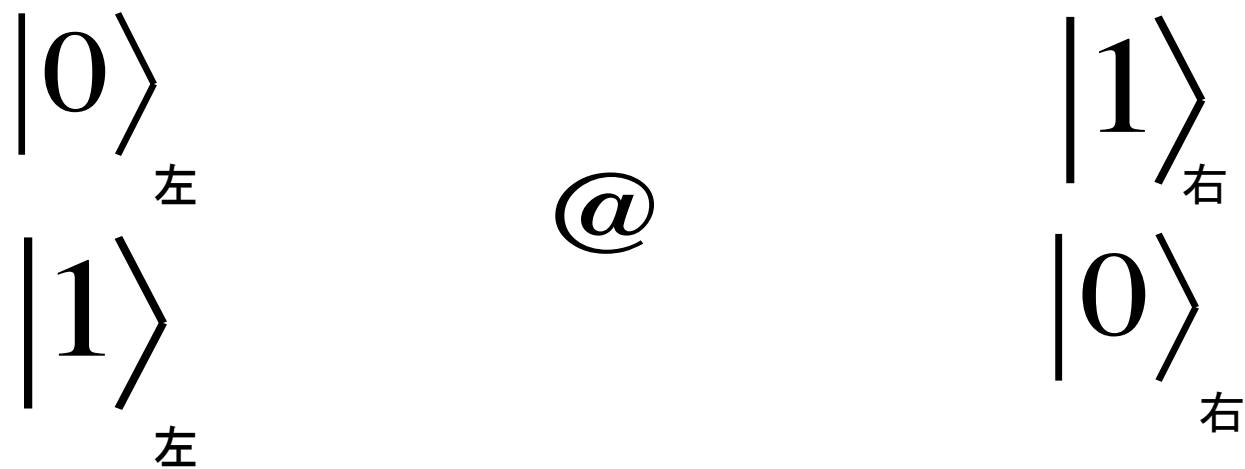
1994 Shor's algorithm for factorization of large integer

1998 2-qbit

2001 7-qbit,

.

EPR, entanglement, q-bit, non-determinism,
non-cloning, non-signalling, trade-off,
Bell-inequalities, cryptography, teleportation,
Alice-Bob,



$$|\Psi\rangle = \alpha |0\rangle_{\text{左}} |1\rangle_{\text{右}} + \beta |1\rangle_{\text{左}} |0\rangle_{\text{右}}$$



ベルの定理

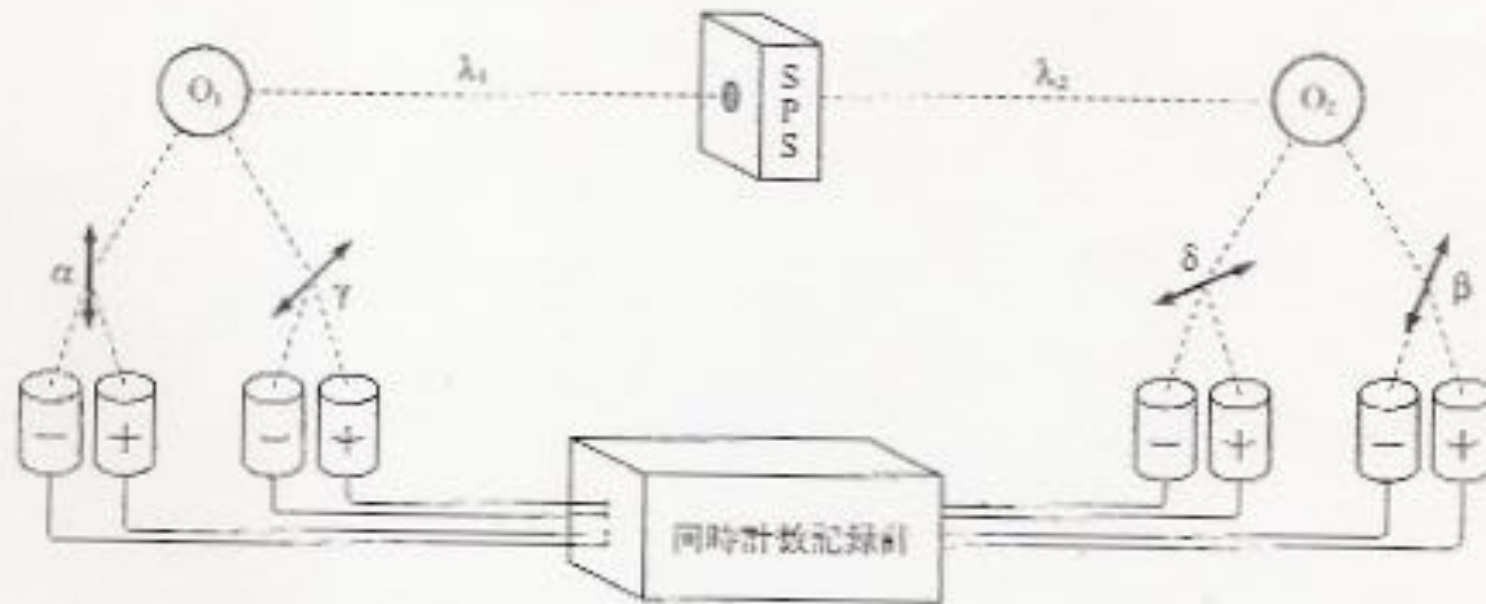


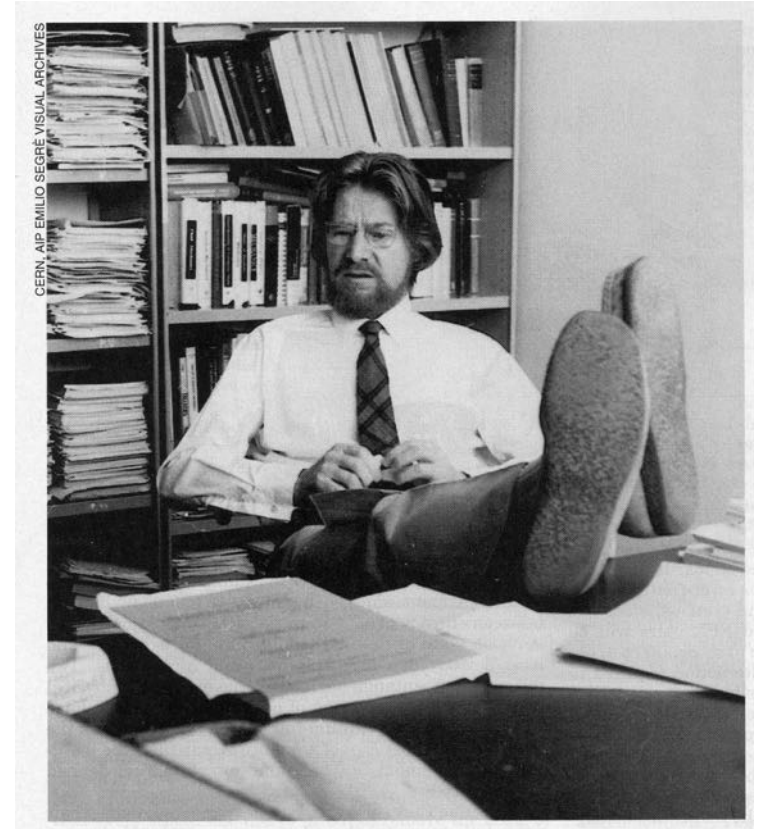
図 6.8 アスペの実験。SPS カスケードによって放出される光子対。これらの光子は光学スイッチ O_1 と O_2 によって、太い矢印で示された四つの偏極分析器にランダムに送り込まれる。各偏極分析器は図 6.7(b) に示された一つの方向の直線偏光を検証する。測定器の出力が一致しているかどうかをチェックすることで相関の有無がわかる。

Bell's inequality

If extra parameters(hidden variables)

$$C(a, b) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^N A(a, \lambda_i) A(b, \lambda_i)}{N}$$

$$A(a, \lambda_i) = \pm 1$$

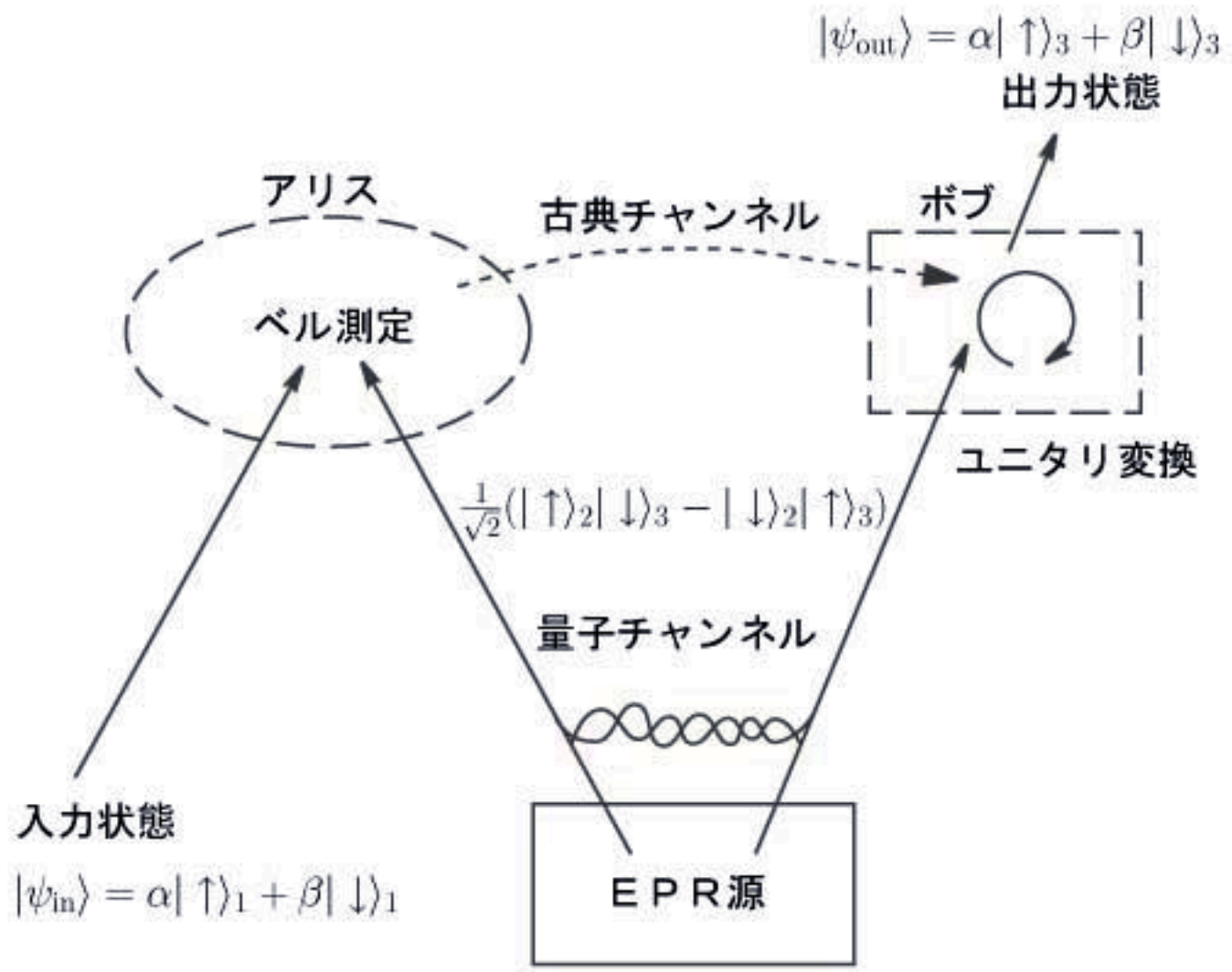


$$S = | C(a, b) + C(a, b') + C(a', b) - C(a', b') |$$

$$S = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{N}$$

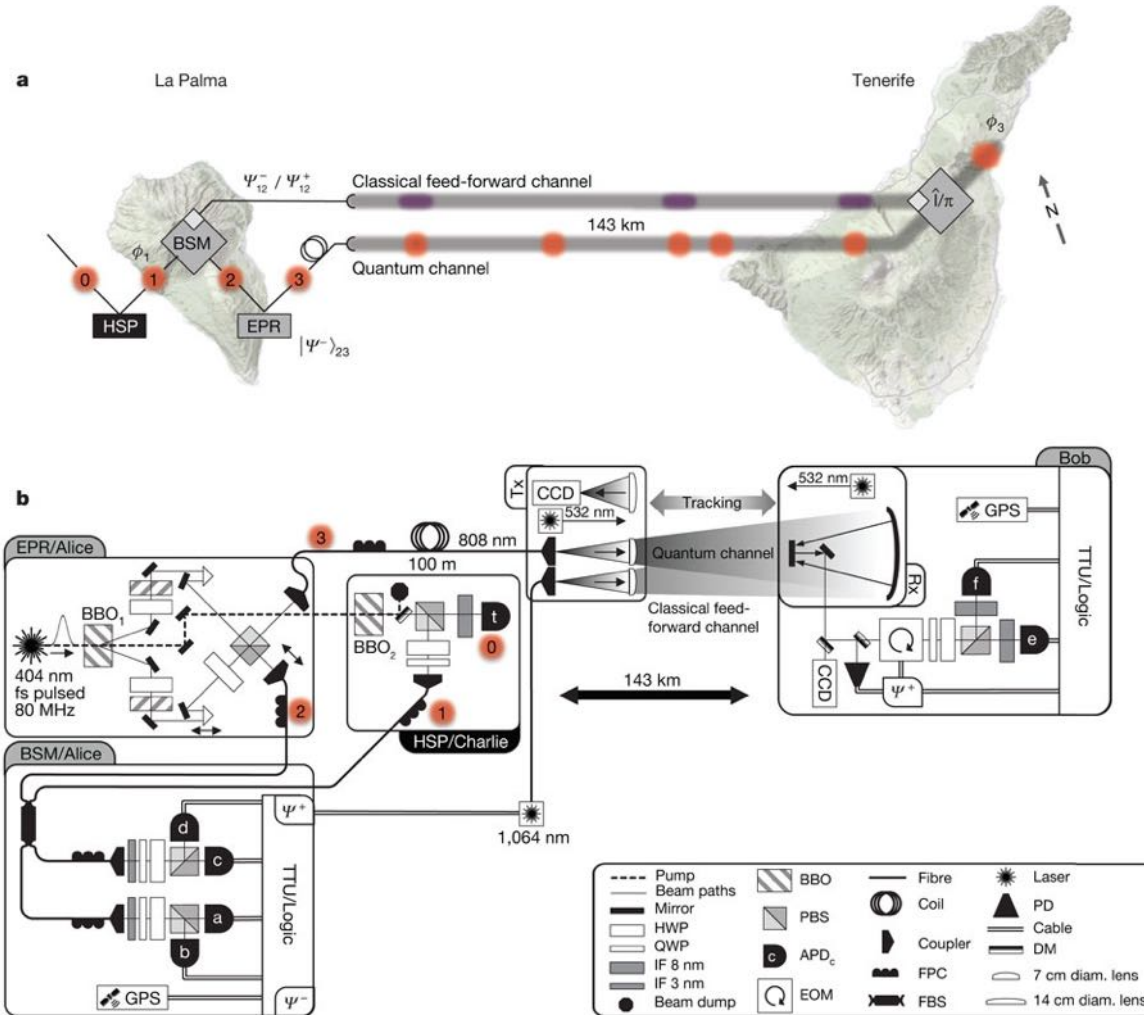
$$S_i = \pm 2$$

$$| S | \leq 2$$



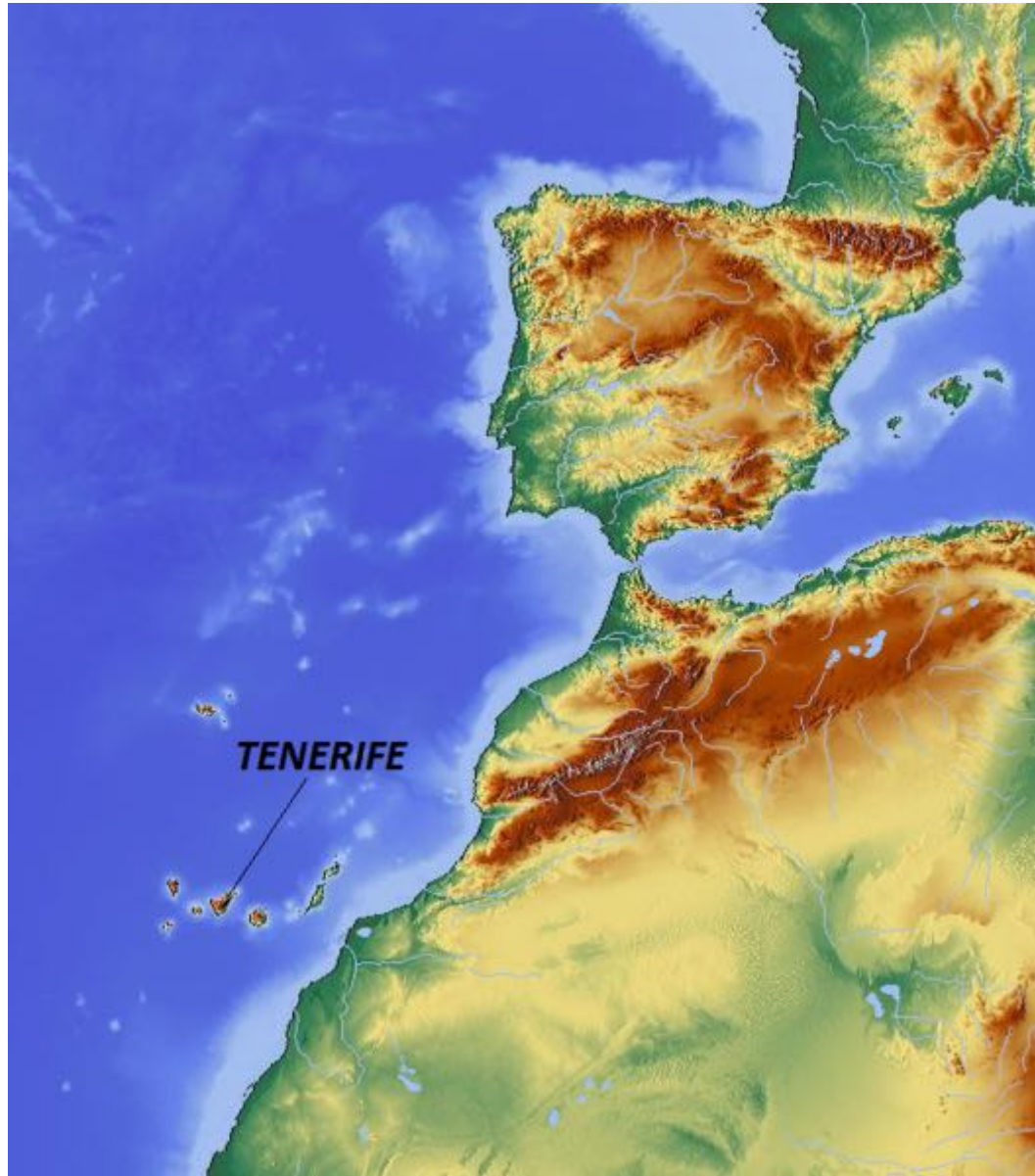
地上と月面に離してもEPR相関は維持されている

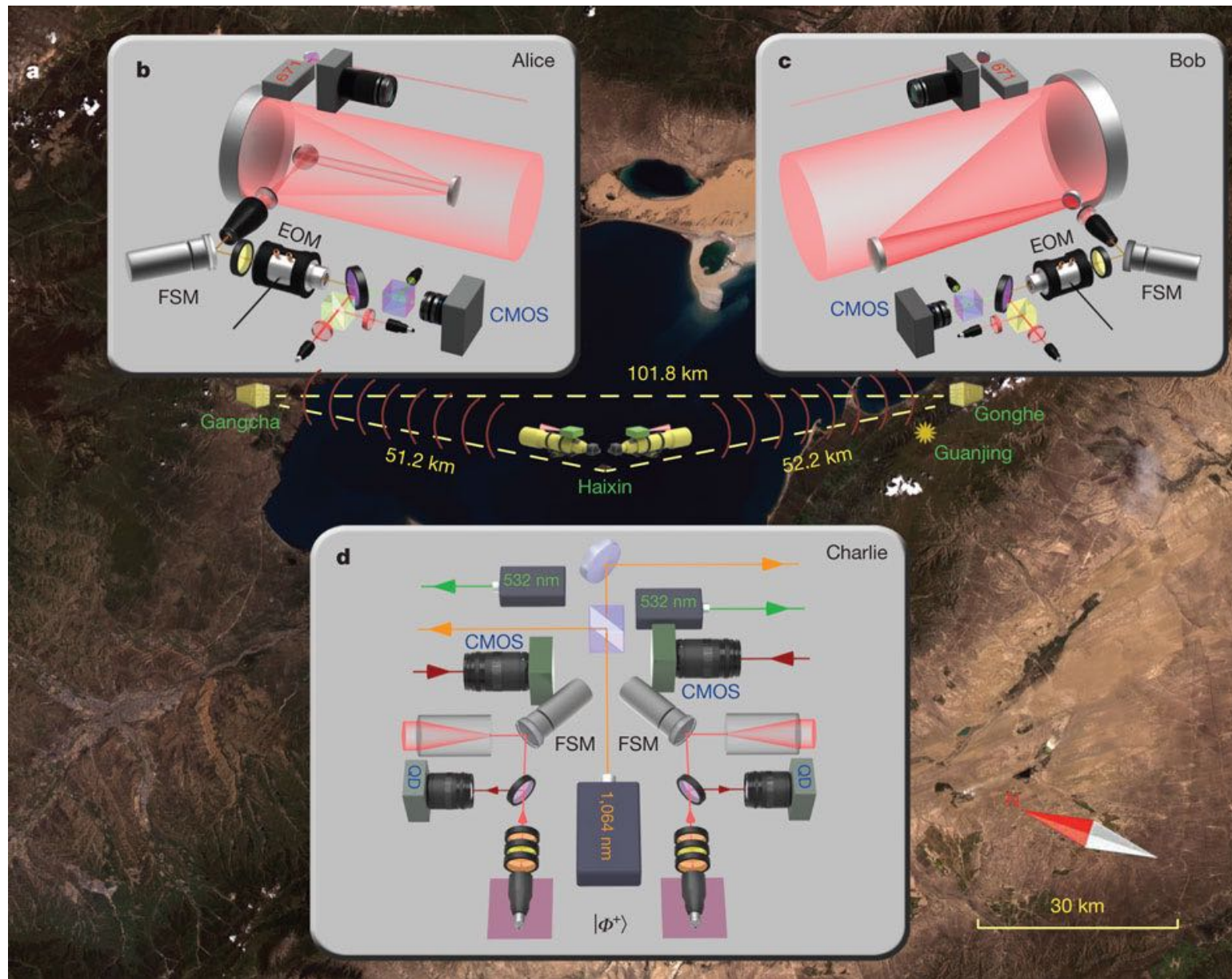
Quantum teleportation between the Canary Islands La Palma and Tenerife over both quantum and classical 143-km free-space channels.



X-S Ma *et al.* *Nature* **000**, 1-5 (2012) doi:10.1038/nature11472

nature





青海湖

nature

J Yin *et al.* *Nature* **488**, 185-188 (2012) doi:10.1038/nature11332

EPRが提起した問題とは？

核心はentanglement エンタングルメント 量子もつれ、量子からみ
遠隔作用ではなく、重なった状態＝多世界解釈
確率とは重なった世界の選択

- 1 観測のたびに、世界が分岐 SG実験
- 2 テレポテーション 量子通信、量子暗号
- 3 多世界での並列計算 量子コンピュータ

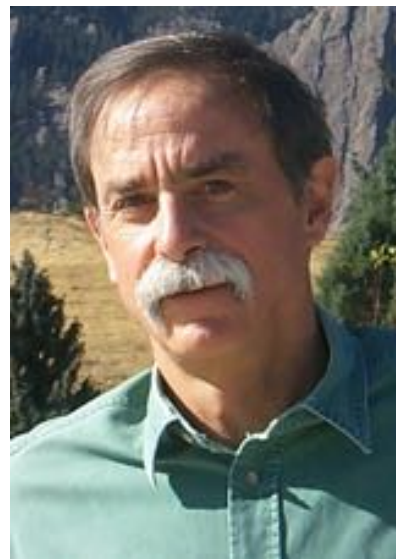
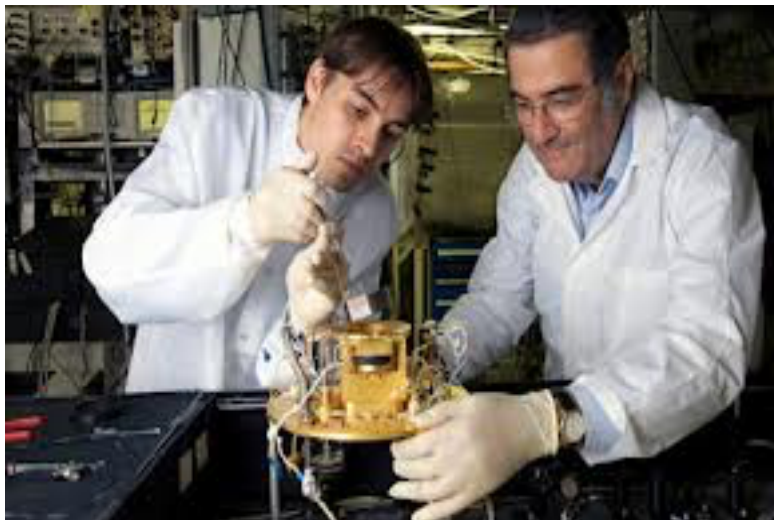
2012年度ノーベル賞物理学

個別の量子系を測定し操作することを可能にする
画期的な実験方法の開発

S. Haroshe
アロシュ(仏)

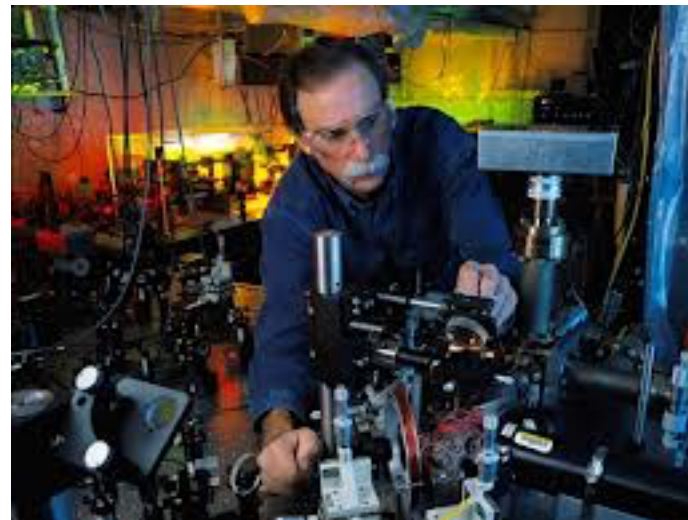


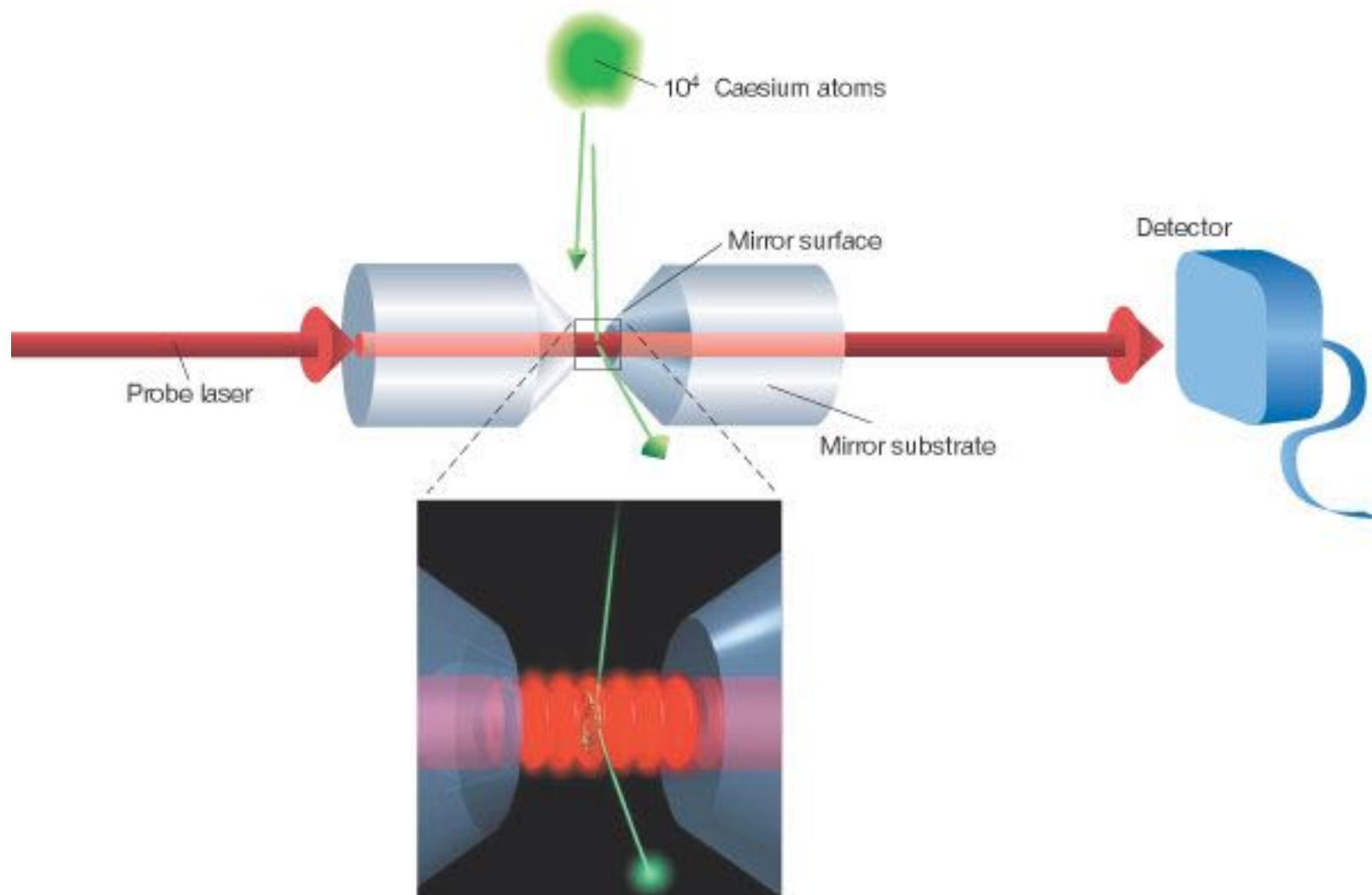
Cavity QED, Rydberg atom



D. Wineland
ワインランド(米)

Ion-trap、laser-cooling





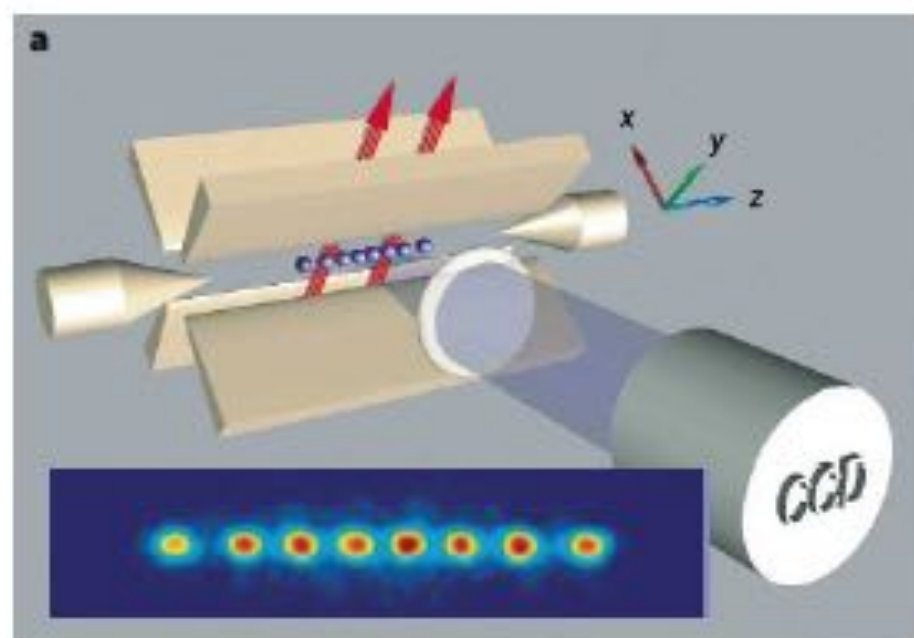
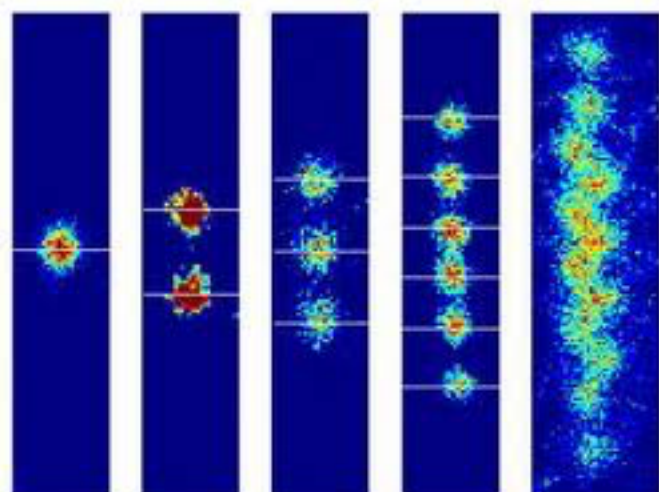
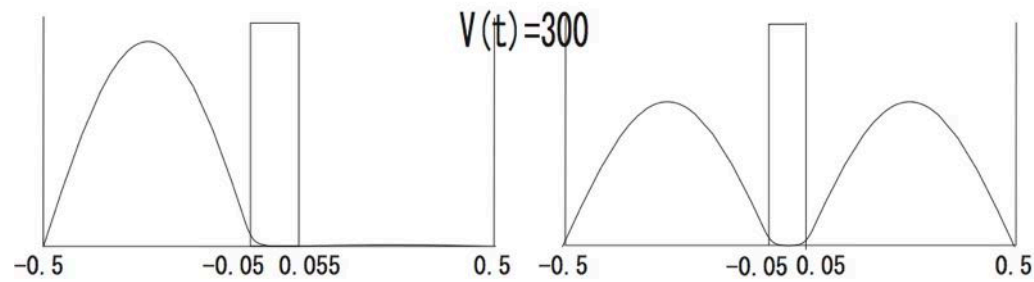
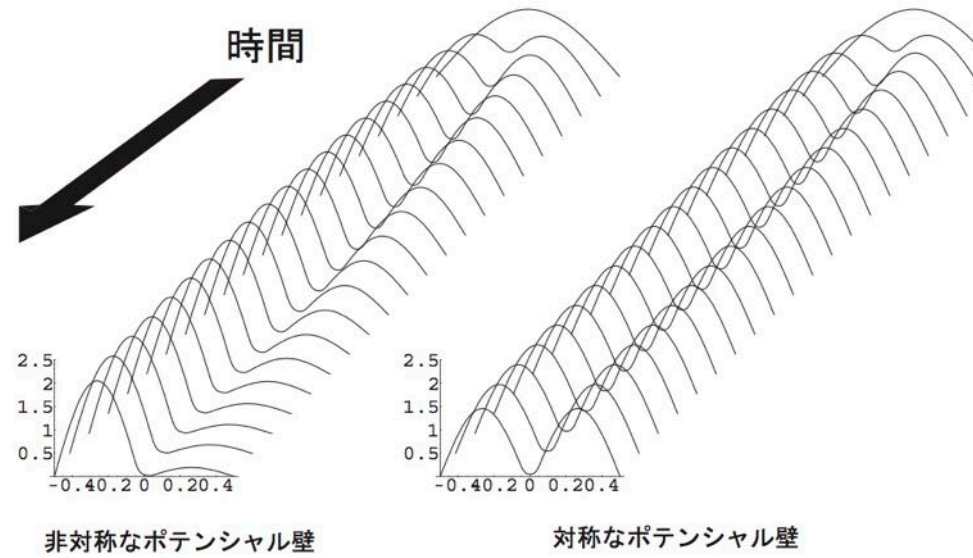
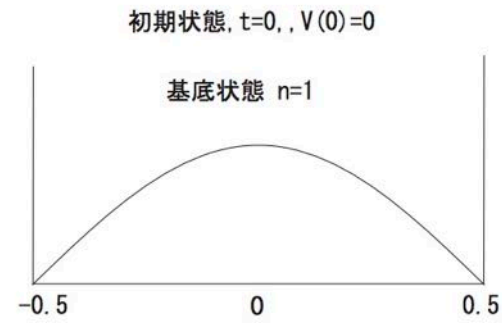
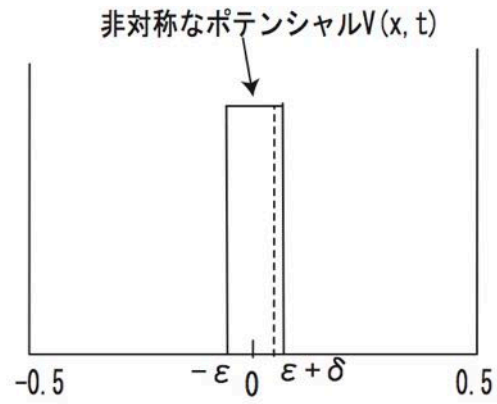


Figure 1 | Ions confined in a trap. **a**, A linear quadrupole ion trap (known as a Paul trap; beige) containing individually addressed $^{40}\text{Ca}^+$ ions (blue) is depicted. After cooling by laser beams (red), the trapped ions form a string and are then imaged by using a charge-coupled device (CCD). In the CCD image shown, the spacing of the two centre ions is $\sim 8\ \mu\text{m}$. The electrode arrangement in the Paul trap provides an almost harmonic three-dimensional well. For a single ion, this is characterized by three frequencies¹⁷: ω_x , ω_y , and ω_z , where x , y and z denote the confining potential axes. In this case, z points along the trap axis and x , y in the transverse directions. Owing to the Coulomb coupling that occurs between ions, the motion is best described in terms of normal modes; a string of ions can therefore be viewed as a pseudo-molecule. In general, the normal-mode frequencies ω_m differ from each other, and a particular mode can be accessed by spectral selection. **b**, The energy levels of a two-level ion



量子計算

重なった状態を1操作で処理

「重なった状態」=多世界

並列処理

超高速化

$$2^n \sim 10^{[0.3 \cdot \dots \times n]}$$

$$n=100\text{体}$$

$$10^{30}$$

bit と q-bit

bit $|0\rangle$ または $|1\rangle$

q-bit
量子ビット

$$|\Psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle = \alpha \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} + \beta \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}$$
$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \gamma \\ \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha\gamma \\ \alpha\delta \\ \beta\gamma \\ \beta\delta \end{pmatrix}$$

$$|\Psi\rangle_j = \alpha_j|0\rangle_j + \beta_j|1\rangle_j$$

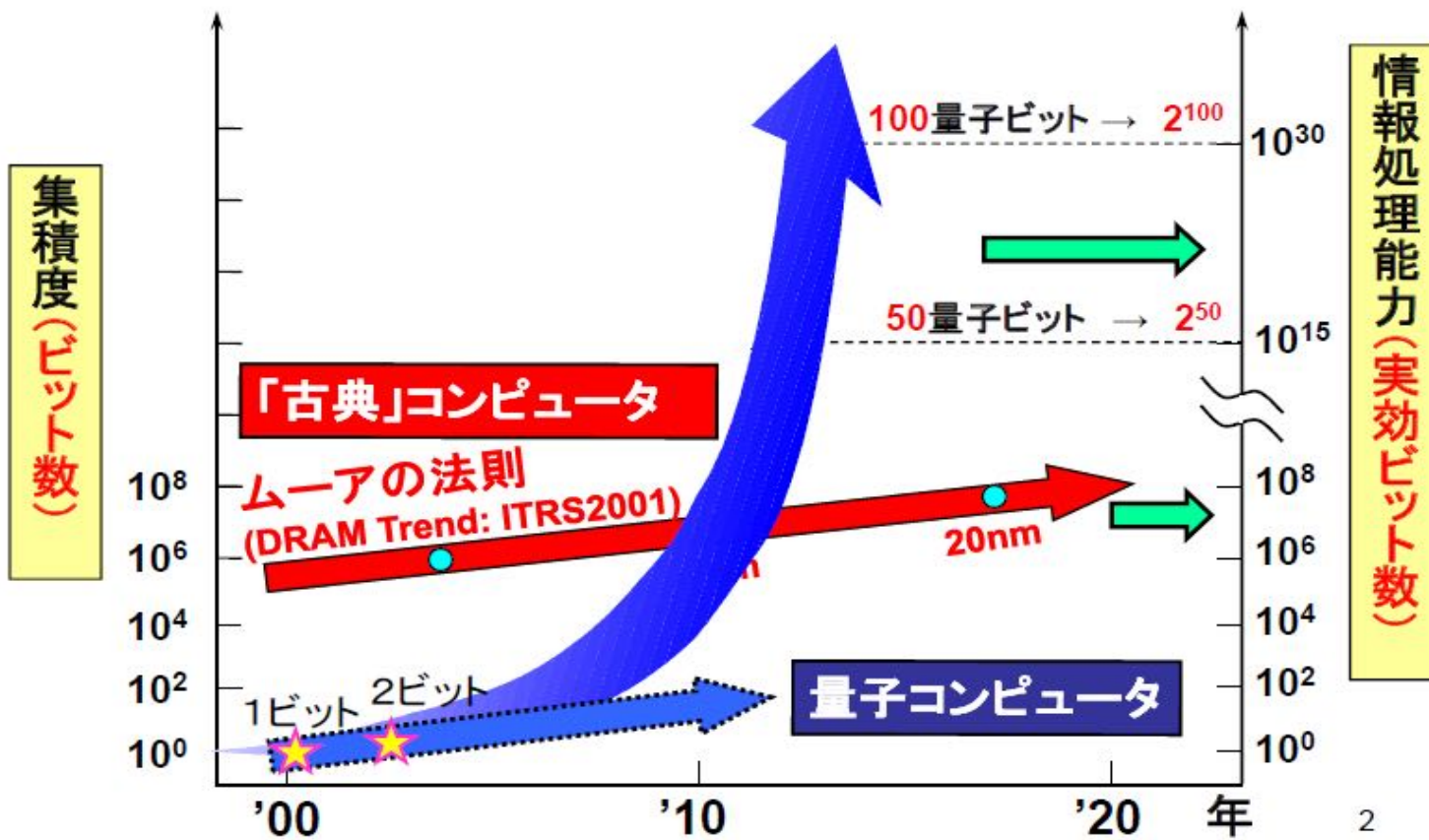
$$\begin{aligned} |\Psi\rangle_1 |\Psi\rangle_2 |\Psi\rangle_3 &= (\alpha_1|0\rangle_1 + \beta_1|1\rangle_1)(\alpha_2|0\rangle_2 + \beta_2|1\rangle_2)(\alpha_3|0\rangle_3 + \beta_3|1\rangle_3) \\ &= \alpha_1\alpha_2\alpha_3|0\rangle_1|0\rangle_2|0\rangle_3 + \alpha_1\alpha_2\beta_3|0\rangle_1|0\rangle_2|1\rangle_3 + \cdots + \beta_1\beta_2\beta_3|1\rangle_1|1\rangle_2|1\rangle_3 \end{aligned}$$

$$j = n, N = 2^n,$$

$$n = 3, N = 2^3 = 8$$

$$n = 100, N = 2^{100} \approx 10^{30}$$

コンピュータの新たなパラダイム



- 第一期 A 非決定論の背後の隠れた変数
EPR相関、ベルの不等式、
エンタングルメント 非時空的記述
B 時空上の実在的確率波
時空的「収縮」過程
- 第二期 無・理論の「収縮」過程を排す
多世界解釈 宇宙の波動関数
無矛盾歴史解釈
- 第三期 デコヒーレンス
マクロ世界の实在化
- 第四期 波動関数と情報論
確率のゲーム理論的解釈(合理的決定者)
情報としての波動関数 アンサンブル
様相論理学(必然と可能性)
多元宇宙(可能世界)
自由意思

h 有限作用量子

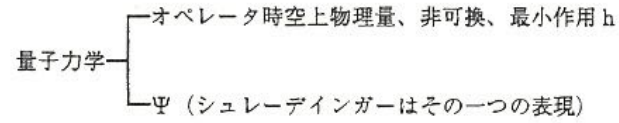
- 離散的、デジタル、 \dots
光子、角運動整数倍、離散的エネルギー
状態、エネルギー・ギャップ、 \dots
- 状態間の遷移？
途中なし、平均寿命、**確率**
1917年アインシュタインA, B
単一過程での確率
(集合に伴う確率でなく)

状態ベクトル hのない量子力学

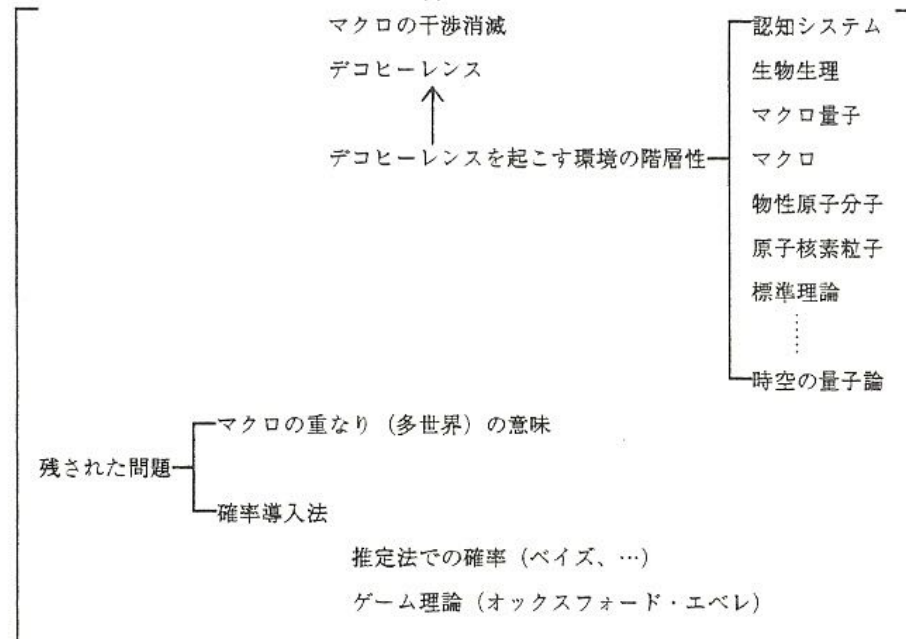
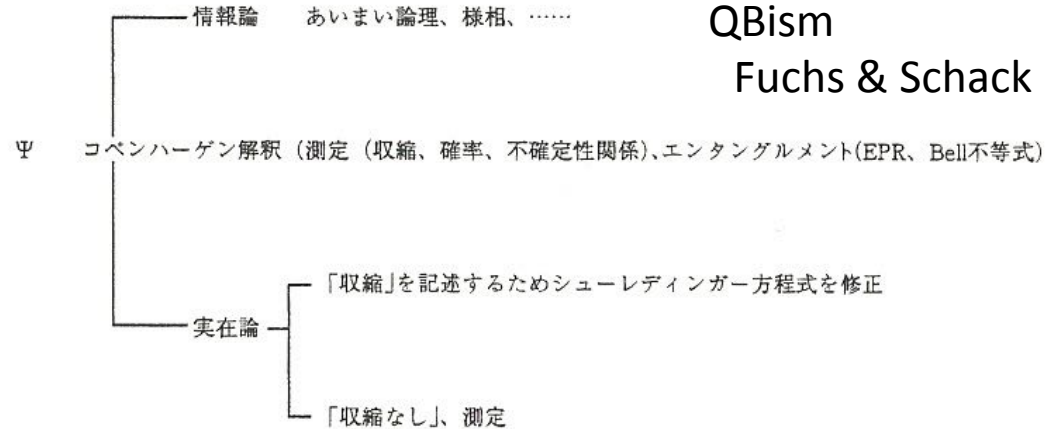
- 時空上のものではない
多体問題—多時間理論
場—超多時間理論
- 重ね合わせ 干渉 経路積分
- 表現の多様性：基底ベクトル
- 複合系 テンソル基底 ビット情報のストリング
- 作用素、変化はユニタリー変換
- 時空にあるとは時空と作用している

状態ベクトルでの情報操作の理論
扱うもの 整数、ビット、 q ビット
絡み合い操作と検索（測定）

デジタルにするためのもの
もともとデジタルな情報なら不要



QBism Fuchs & Schack RMP



現象そのものというより解析方法

- 物理屋 「起こった、起こらない」に拘る
- 情報屋 「どうみるか」 うまい見方、うまいとは意味（秩序）・関心を引き出す
- 物理屋 「客観的でない！！」
- 情報屋 「捨てるべきものは捨てて・・・」
- 物理屋 「ありのまま・・・」
- 「ありのまま」とわ？ 人間とは？

Ψの数学

オペレータ → 変換 = 入れ替え = 置換群 → 既知のセットの入れ替え

佐藤「存在から関係へ」

「現代思想」 ガロア生誕200年 2011年5月号ガロア

「科学と人間」第五章

群論 構造主義 ポストモダン

「まだ見ぬものも、関係性の中に既にそこにある」

共時的、ワンセットの入れ替わり

「かつて存在しなかった状態に向かっている」

通時的、発展説

ヘーゲル・マルクス

熱力学、統計力学、 h のないQM

- 熱力学第一法則の d
- 相対論的
熱力、統計力学、波動関数

時間変化か、一操作か??

• • • • •

自律系

制御系

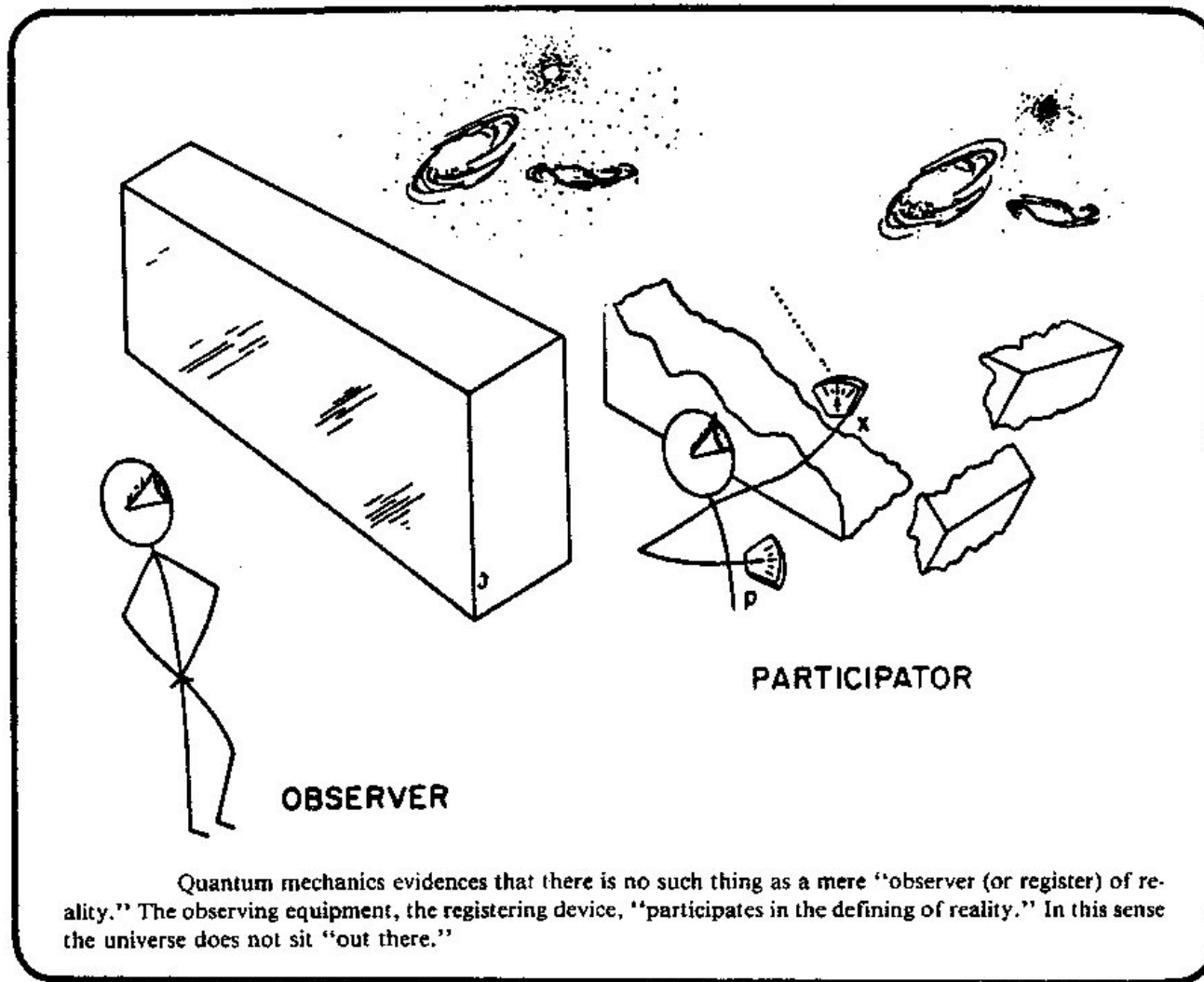
法則？

- 生体論的
- 機械論的
- 数学的 ヘルツ
- 人間精神の自由な創造 ポアンカレ
- オッカムのかみそり
- 有用、道具主義 マツハ
-

thea, theory theater

A. Leggett 2004-06

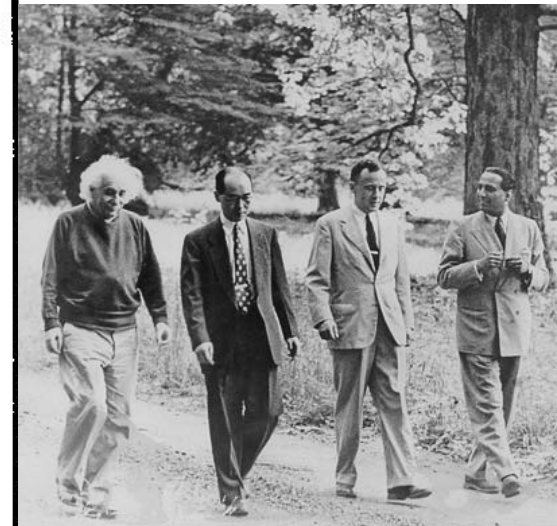
There must be literally thousands of papers in the physics literature which claim to resolve this paradox, but I have to say that the vast majority of the proposed "solutions" seem to me totally bogus. In fact, there seem to be only two obvious ways out. One, which I find is increasingly endorsed by the younger generation of physicists when they are "pushed up against the wall," is to admit that **quantum mechanics is nothing more than a calculational recipe and corresponds to nothing whatever in the real world**; its function is simply to predict correctly the probabilities of particular outcomes at the everyday level, for example the probability that I will see this particular cat to be alive, and beyond that it simply has no meaning. **This solution seems to me to be internally consistent but very depressing; if it is correct, it would apparently preclude us from ever getting any objective description of the physical world at all.**



傍観科学 vs
介入(参加)科学

参加して初めて実在が
立ち現れる。

thea, theory theater



Quantum mechanics evidences that there is no such thing as mere “observer(or register) of reality.” The observing equipment ,the registering device,”participates in defining reality.”In this sense the universe does not sit “out there.”

John A Wheeler(1911-2008) ブラックホール、宇宙の波動関数、遅延選択観測、
Feynman, Everett, Hartle, Thorne, Ruffini, Unruh, Deutsch, Zurek,

Professor H Sata

With much appreciation

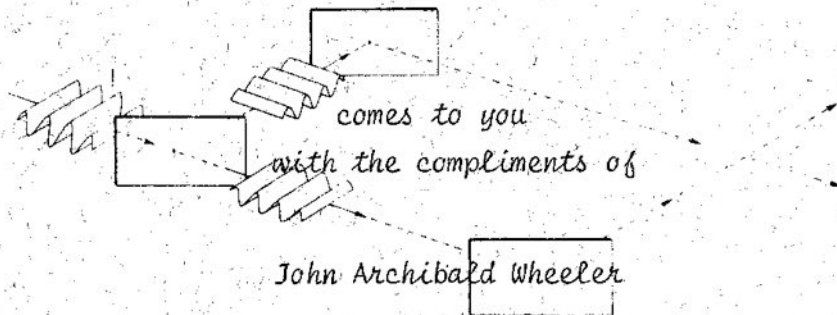
for our happy

discussions today

John Wheeler
11 Oct 1981

1981年10月
夫婦で京都訪問
湯川家の仏前に

QUANTUM THEORY AND MEASUREMENT



C: 量子力学をめぐる学問論

人間が求める世界像と現実の関係？

hのない量子力学、

確率とは慨然かランダムか、

傍観と操作、

科学とは何か、

学問するとは、

コンピュータは

電子が動かしている？

OSが動かしている？

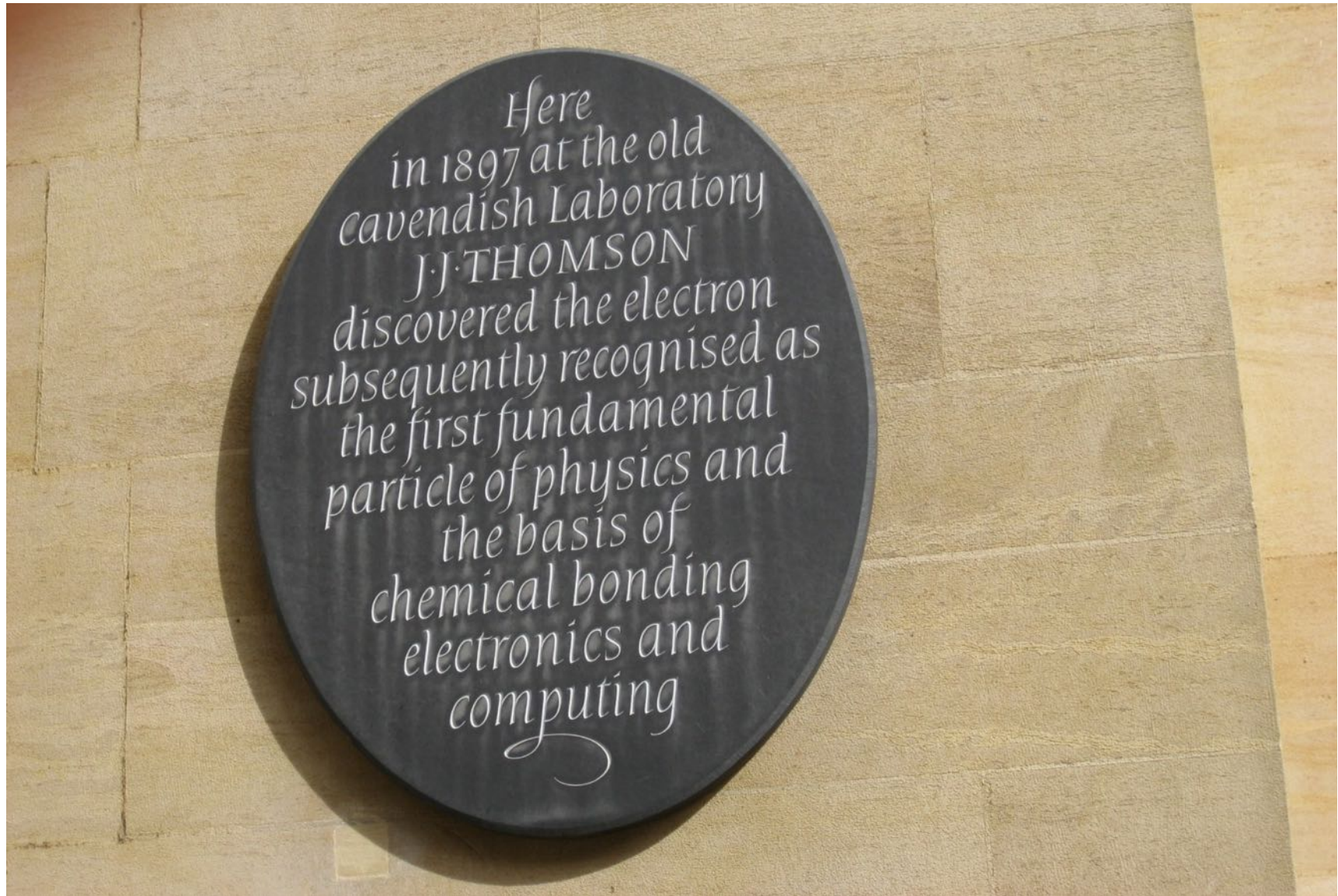
人間が動かしている

自動車は

ガソリンが動かしている？

エンジンが動かしている？

人間が動かしている？



Here in 1897 at the old Cavendish Laboratory, JJ Thomson discovered the electron
Subsequently recognised as the first fundamental particle of physics and the basis of
chemical bonding, electronics and computing

科学と芸術

- 「距離、質量、電気力、エントロピー、美、旋律」を二つに大別せよとなった場合、私はエントロピーを美と旋律の方に括る
- （クロード・シャノン、ワレン・ウイバー「通信の数学的理論」（ちくま学芸文庫）**56**頁）。

確率とは

現実/可能性(非現実)

量子力学の確率

客観的 vs 主観的

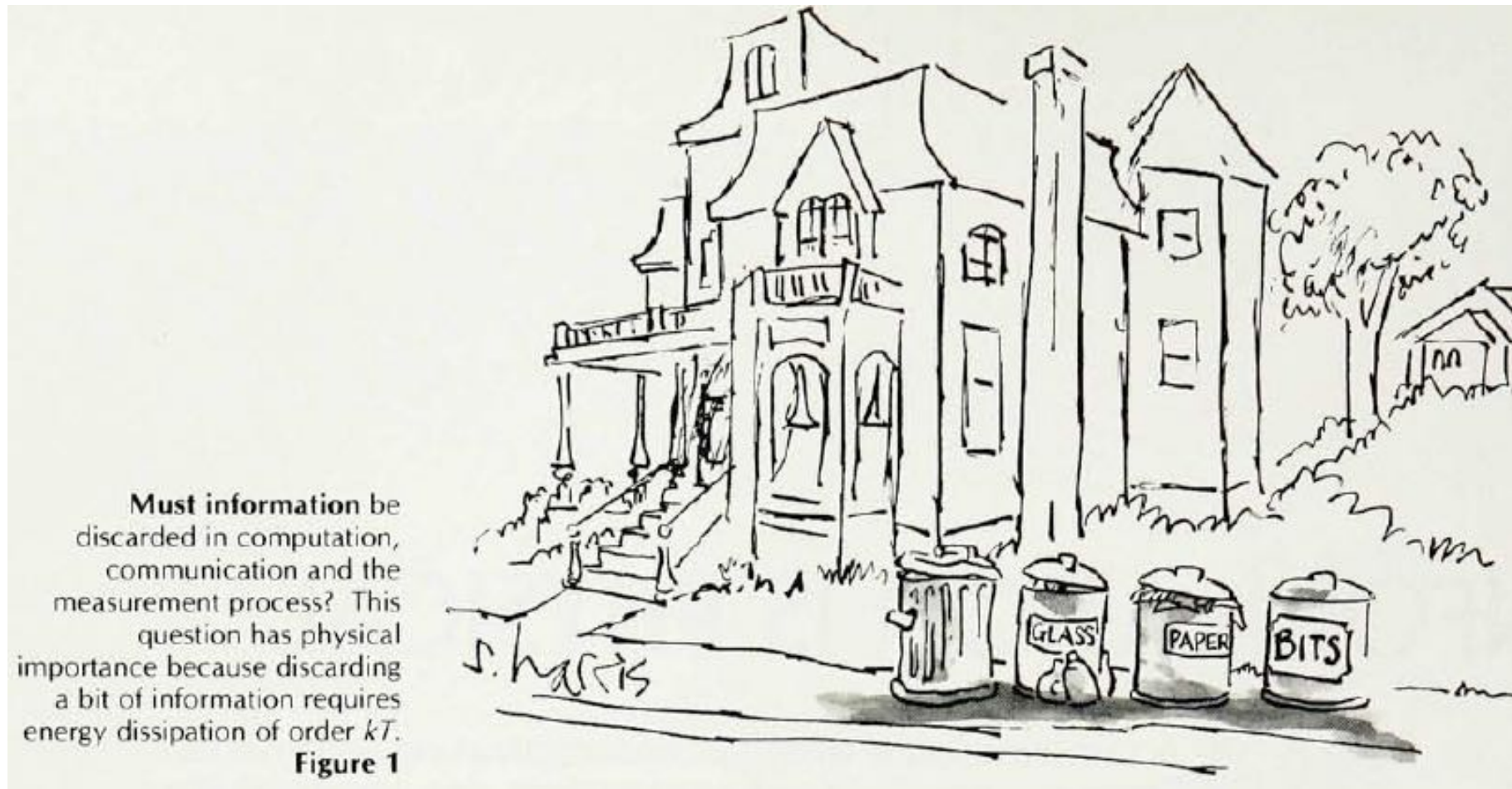
- ランダム 無秩序 等確率
集団 アンサンブル
未分類 混在 頻度分布
決まっているが混在
- 無知の度合い 賭け、行動、信念
ラプラス、ベイズ推論
幅をもつ推論論理

確率でも技術になる

- チェックして再チャレンジ可能
合うまでやる
 - 冗長度
redundacy
 - デジタル
有限状態
- コロムゴロフの公理

Rolf Landauer “Information is Physical”

vs “Physical existence is informational”



Physics Today 1991

科学とは？

二つの組織だった人間の営み

◎新技術による新世界の探索

◎発見された新世界現象の秩序化

經驗、実証

実存

合理的実在

形而上原理、統一原理

発明vs発見
唯名論vs唯物論
個物vs普遍物
実在vs実存
意味論vs關係論
発展vs構造

P, Eを含め独系物理学者の教師



木田:「マッハとニーチェ」

世紀転換期思想史

感性要素の関数関係

思考経済説

原子は特殊関数である

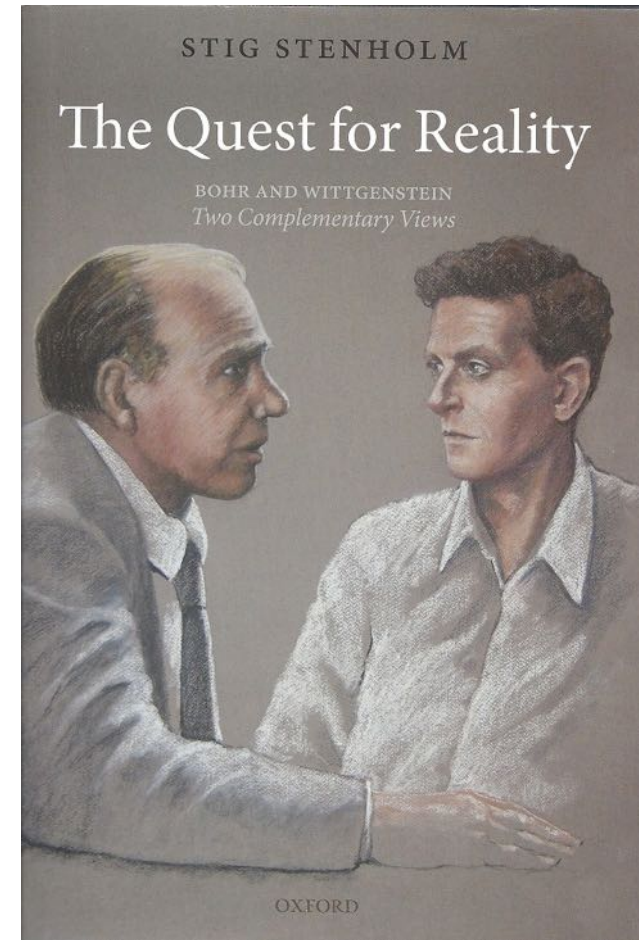
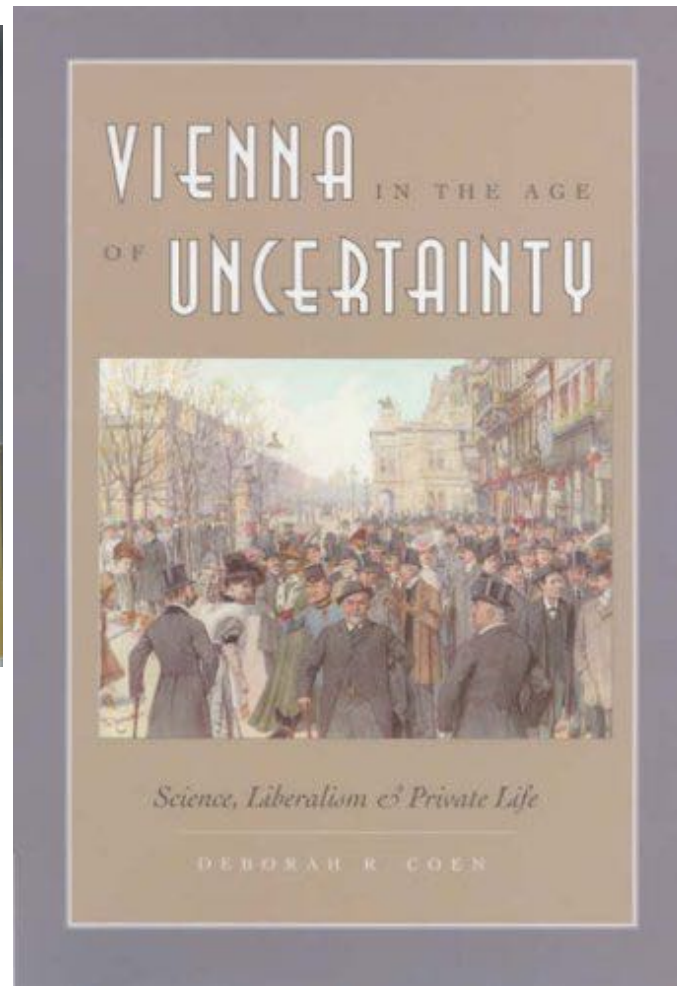
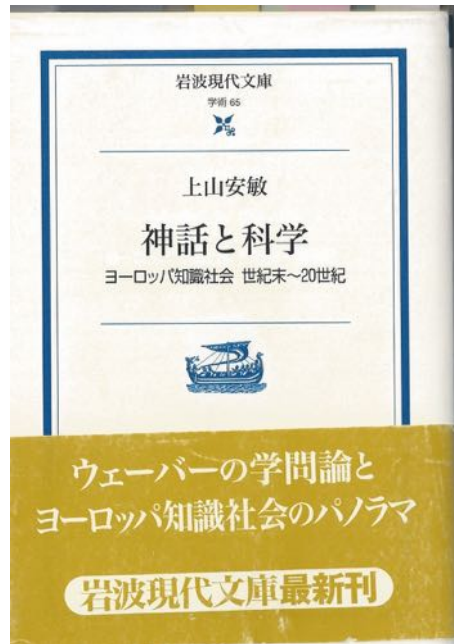
現象学も、ゲシュタルト心理学も、アインシュタインの相対性理論も、ウィーン学団の論理実証主義も、ウイトゲンシュタインの後期思想も、ハンス・ケルゼンの実証法学も、どれもこれもマッハの思想のなんらかの影響下に生まれた。遺稿のうちに残されたニーチェの最後期の思想、いっさいの「ヒンターヴェルト背後世界」を否定する「ヘルスヘクテイヴィスムス遠近法的展望」もマッハの「現象」の世界とほとんど重なり合う。一方は物理学者、一方は古典文献学者くずれの在野の哲学者。まったく交流のなかった二人の思想家が、同じ時期に同じような世界像を描いていた。これはけっして偶然の暗合ではない。
レーニン「唯物論と経験批判論」1908

マッハの「科学は思惟経済」「感覚要素の関数関係」といったテーゼは十九世紀末の知的世界の流行思想の一つであった。対抗軸の二つの科学観は「気がかりなもの」が「あっちにあるか」（実在）、「こっちにあるか」（秩序）の差と言ってもいい。マッハは「こっち」過激派である。

ところがマッハは世紀転換期に当時の焦点であった原子を形而上学的産物であると言明した。自己の哲学の応用問題で間違った答えをだしたことで、彼の哲学もろとも頓馬な男に成り下がる。何しろ20世紀は原子の時代だったのである。

原子は特殊関数である

普仏戦争、ベルエポック、世紀転換期
ウイーン文化
マッハ、ボルツマン、エクスナー、
スモルコフスキー、シュレーディングー



今年は原子モデル100年
ボーアvsヴィトゲンシュタイン
アメリカ・プラグマティズム
パース・ジェームス・デューイ
言語論的転回、実存主義、構造主義

In our description of nature the purpose is not to disclose the real essence of the phenomena but only to track down, so far as it is possible, relations between the manifold aspects of our experience.

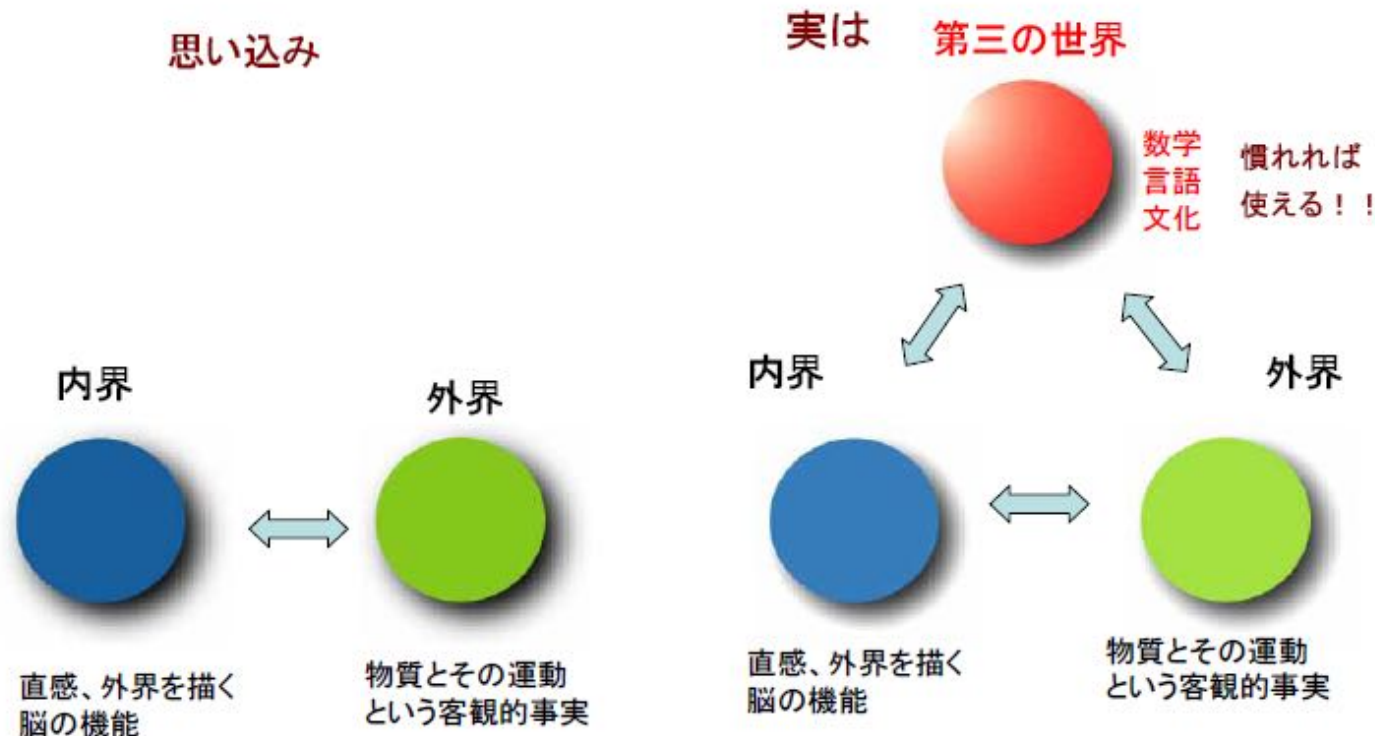
— Niels Bohr, 1929

Physics is to be regarded not so much as the study of something a priori given, but as the development of methods for ordering and surveying human experience.

— Niels Bohr, 1961

科学理論(物理学)による 世界像の変更を示唆

ものを理解するには、「内界」、「外界」と「第三の世界」が必要
わからなくても使える！



<http://www.hitachi-hitec.com/about/library/sapiens/018/pre2.html>

佐藤文隆氏の講演より

Although it differs in many important ways from what has come to be called “the Copenhagen interpretation”, QBism— Quantum Bayesianism — agrees with Bohr that the primitive concept of experience is fundamental to an understanding of science.

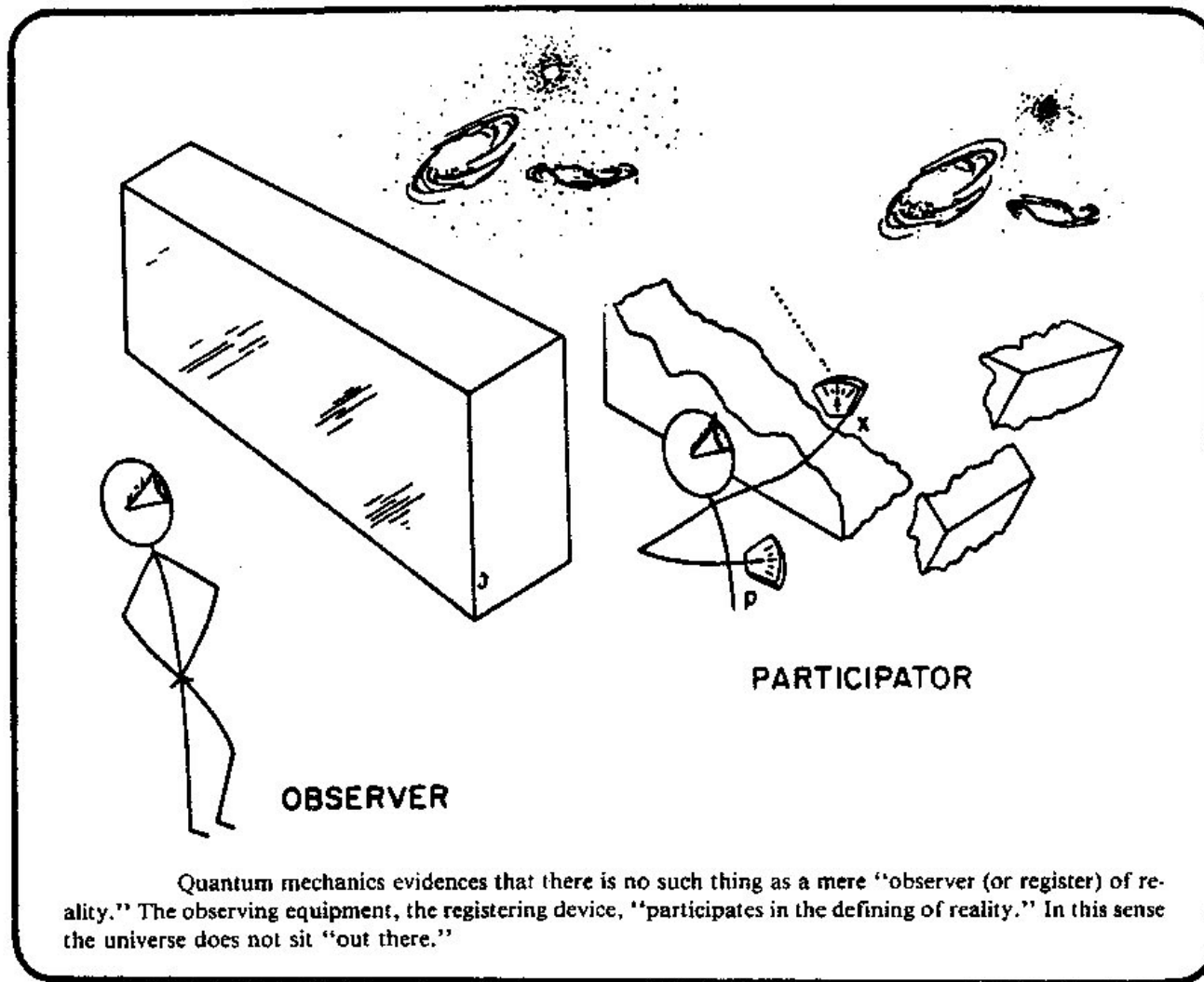
According to QBism, quantum mechanics is a tool anyone can use to evaluate, on the basis of one’s past experience, one’s probabilistic expectations for one’s subsequent experience.

Unlike Copenhagen, QBism explicitly takes the “subjective” or “judgmental” or “personalist” view of probability, which, though common among contemporary statisticians and economists, is still rare among physicists: probabilities are assigned to an event by an agent¹ and are particular to that agent. The agent’s probability assignments express her own personal degrees of belief about the event. The personal character of probability includes cases in which the agent is certain about the event: even probabilities 0 and 1 are measures of an agent’s (very strongly held) belief.

Fuchs, C. A. & Schack, R. Quantum-Bayesian Coherence. Rev. Mod. Phys.,
85,1693-1715(2013)
arXiv:1301.3274.

“Agent” in the sense of one who acts (and not in the sense of one who represents another). We follow the widespread practice in the quantum-information community of calling the agent Alice, and a second agent she might have dealings with, Bob.

arXiv:1311.5253v1 [quant-ph] 20 Nov 2013



傍観科学 から
介入(参加)科学へ

参加して初めて実在が
立ち現れる。

Observer から
participatorへ

Quantum mechanics evidences that there is no such thing as mere “observer(or register) of reality.” The observing equipment ,the registering device,“participates in defining reality.”In this sense the universe does not sit “out there.”

John A Wheeler(1911-2008) ブラックホール、宇宙の波動関数、遅延選択観測、
Feynman, Everett, Hartle, Thorne, Ruffini, Unruh, Deutsch, Zurek,

「physically impossible！」

- ◎「現実というものを固定した、でき上がったものとして見ないで、その中にあるいろいろな可能性のうち、どの可能性を伸ばしていくか、あるいはどの可能性を矯めていくか、そういうことを政治の理想なり、目標なりに、関係づけていく考え方、これが政治的な思考法の一つの重要なモメントとみられる。つまり、そこに方向判断が生れます。現実というものはいろいろな**可能性の束**です。」丸山真男

(2013年3月11日 読売新聞 書評)

『「科学にすぎるな！」—宇宙と死をめぐる特別授業』

佐藤文隆／艸場よしみ著

評・須藤 靖(宇宙物理学者・東京大教授)

根源なんてないんだよ

寺田寅彦、朝永振一郎、佐藤文隆は、私が大好きな文章を書く物理学者トップ3。

特に、東海林さだお風に意図された「当たり前のことと言わんケンネ」的軽い表現とは裏腹に、深い思索の宝庫たる佐藤の著作にはしびれっぱなし。

フリー編集者である艸場よしみが「死と生の意味」を教えてもらおうとなぜか宇宙物理学者佐藤に手紙を出す。それをきっかけとした京都の喫茶店での対話7回をまとめたのが本書。

科学者は危ない連中、根源なんてないんだよそんなもの、宇宙が出来前なんてレベルの高い話は帰りに平安神宮にでも寄って考えろ、宇宙はロマンだなんてねぼけたこというな、自然をありのままに見ない修行をせよ、科学とは権威がこけていく物語、人間を問いたければ比叡山に行ったほうが良い。次々と飛び出す佐藤語録には、痛快さを通り越してただただあつけにとられるのみ。しまいには「僕はあなたから見ていちばん嫌いな男。ヤバイのつかまえちまったと思ってるかもしれんね」とまで言い放つ(冷静な自覚は立派)。御愁傷様です、艸場さん。

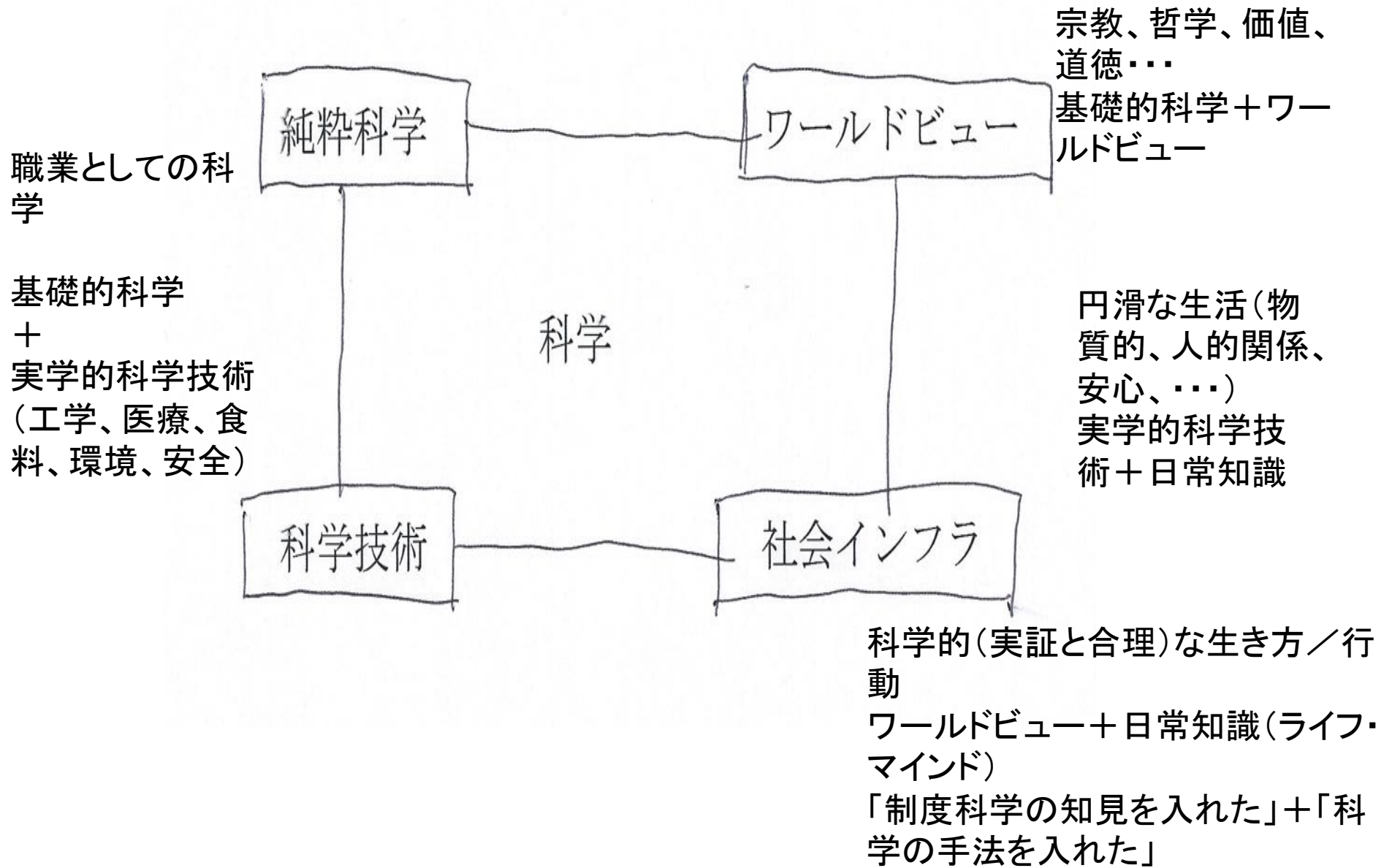
「生死」の意味は別として、天衣無縫な名発言の数々から、通常は語られない「宇宙はビッグバンからはじまったという知識は二束三文の値打ちもない。値打ちがあるのはなぜそう考えられるかだ」に代表される真の科学観が浮かび上がる。きれい事だけですませがちな職業的専門家ではなく、今や絶滅に瀕ひんした本物の学者の姿を目の当たりにすればしびれるしかない。

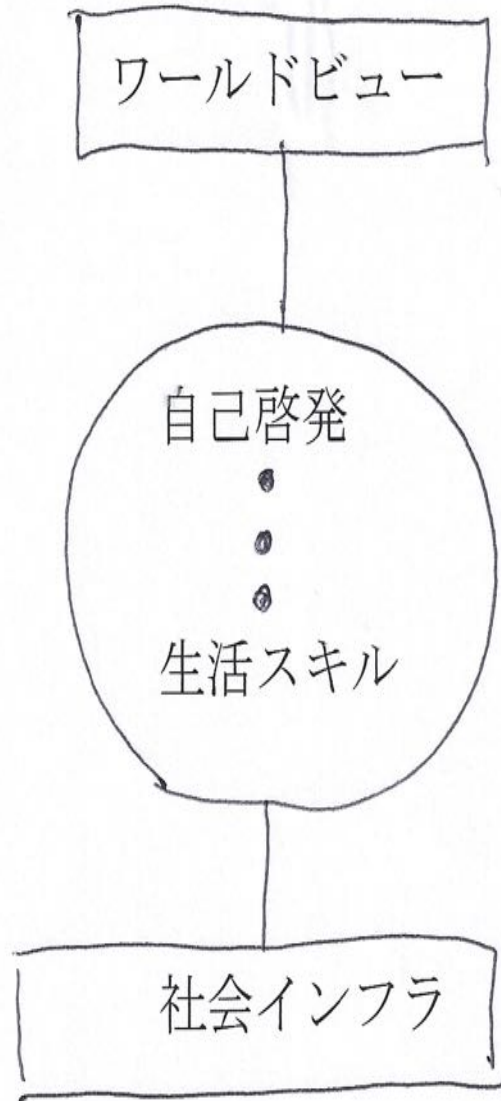
我々に成り代わり、「感動しない」熱血頑固学者に叱られつつもめげずに質問をぶつける役をかってでくれた艸場さんの勇気と無謀さに敬意を表したい。おかげで彼の従来著作より、広い読者層にもわかりやすい記述となった。お礼にこっそり暴露しておく、根っからの愛妻家である佐藤先生は奥様には全く頭が上がらないらしい。自宅では逆に「また変なことばかり言って！」と叱られているに違いない、きっと。





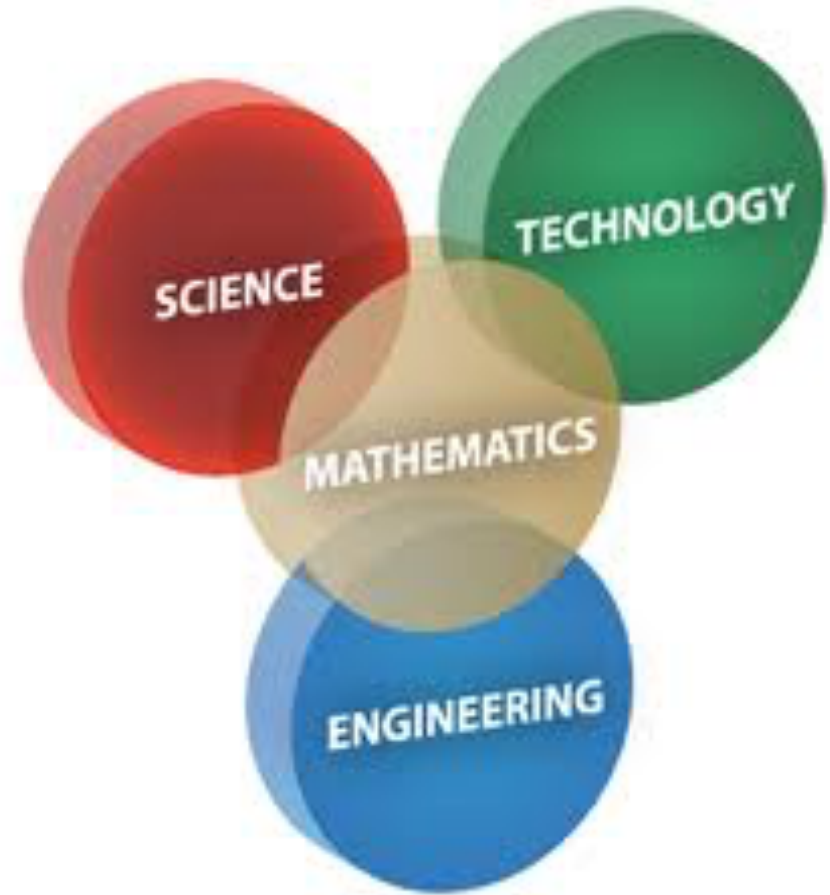
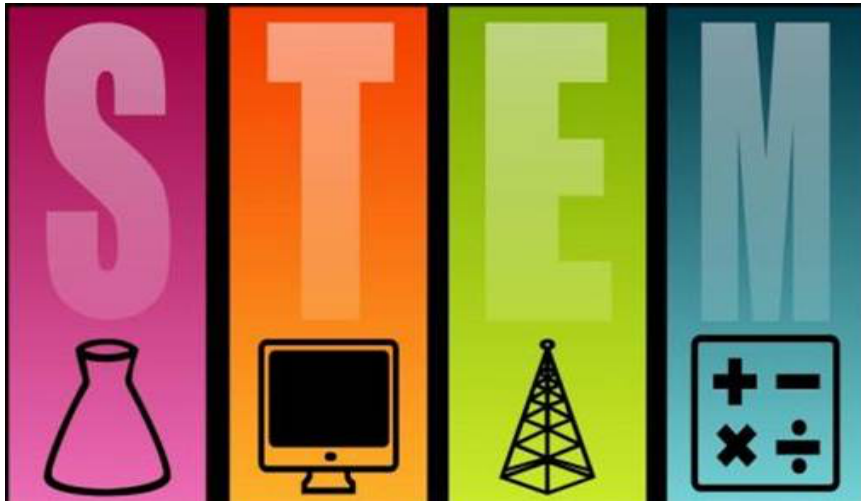
前列左、須藤、佐々木、須田、木舟
中、佐藤、小玉、中村
後、小林誠、富士山を背景に





知識に対する啓蒙主義の三条件
ばれない、
問題には答えがある
みんなが理解出来る
知識の内容が互いに矛盾しない





**STATE OF
EMERGENCY**

米 英 での学校教育改革

- (イ) 自然もロゴスで語れることを子供に教える。
- (ロ) ロゴスでは表せない自然のすばらしさを感じ取れる子供を育てる。
- (ハ) ロゴス化さる人間の営みのすばらしさを教える。

理科とサイエンス
は同じ？

「科学と人間」



山川草木悉皆成仏
伝統的生業と自然観
“科学的”自然観

自然

記号, 言語化
実証 + 合理

$E = Mc^2$, , 

自然

合

ワールド

ビズ

言語, 根元念

サイエンス
テクノロジー

STEM

芸術

言語
文化

パースの科学

疑念から信念への四つの方法

パースは科学を次のように位置づける。一般に疑念から信念に到達する努力には古来四つの方法がある。

**固執の方法、
権威の方法、
先天的方法、
科学の方法、**

である。

固執の方法とは自分の気に入るものだけで自分の中で信念を固める方法であり、日常よく陥りやすい道である。

権威の方法とは固執の方法を組織化された集団に拡大して、それに靡かない異物を攻撃して排除する。これは一時的に確信に向かうが、後に意図的に何かを排除した歪んだものであることに気づく。

先天的方法とは $1+1=2$ の様な、理の方法で信念を固めるものだが、具体物と理の結び付け方に個人の嗜好が入り、理は当然であっても、それを適用する場面が恣意的にならざるを得ない。

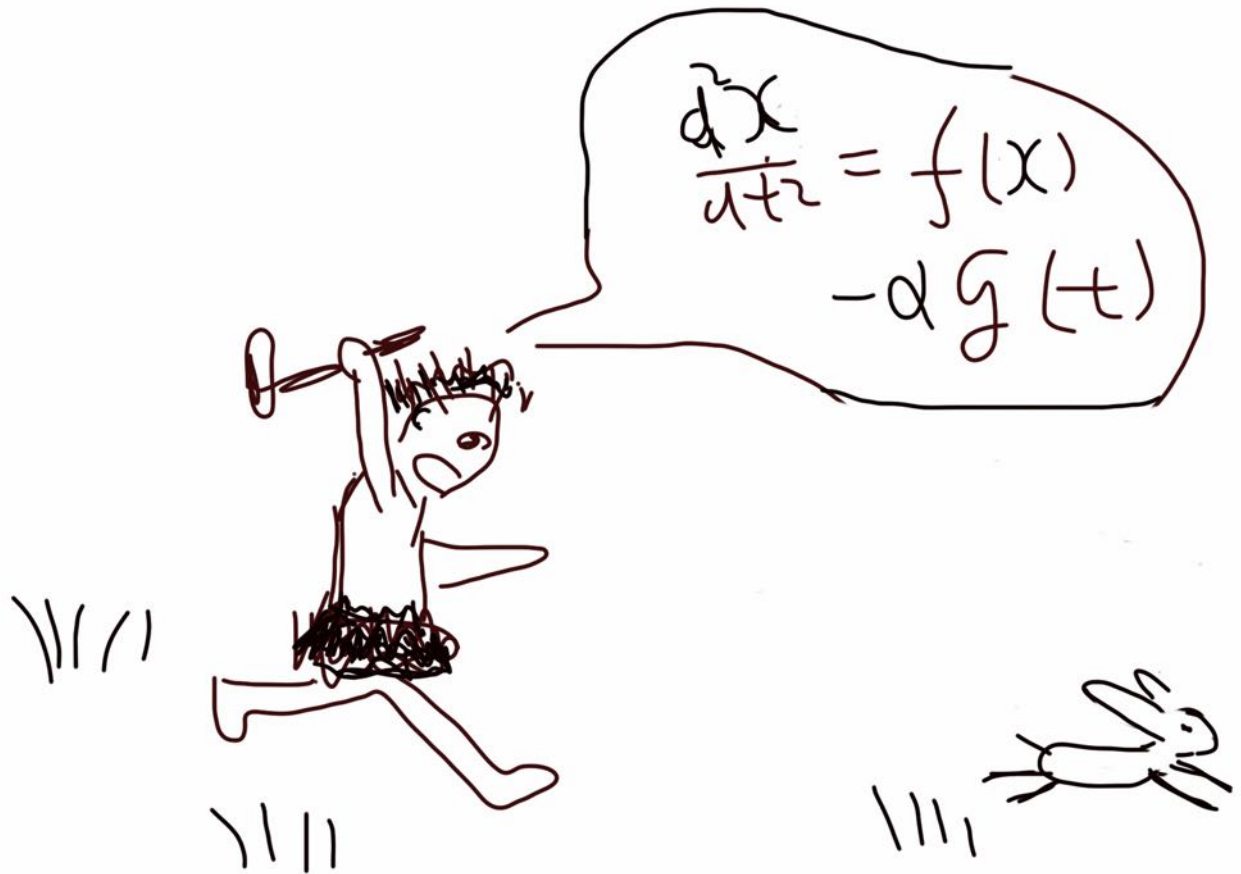
この様な個人の偶然的な気分や、社会の集団ヒステリーの影響や、理の恣意的操作のトリックなどの陥穽を避けるには、チェック機能を人間界の外側に求める必要があり、それが四番目の科学の方法である。

(魚津郁夫「プラグマティズムの思想」(ちくま学芸文庫)を参照した)

量子力学が炙り出す

- 科学 傍観者でなく介入者、踏み込んでいく
意図の成功を高める対処法、
自然に呑み込まれないagent
四つの科学
理科とサイエンス、中村桂子と違う
- 学問 人間の科学、落とし物探しでない、
マツハ的、実存的、プラグマティズム
未知に乗り出す実存
可能性の束
- 民主主義 アインシュタインを蹴落とせるサイエンス、
世襲の危機、人に頼らず実証と論理、
パトロンはいない健気に行こう

おわり



「量子力学で炙り出された科学者」とは