

Title	第1講：ファインマン博士の問い掛けへの解答
Sub Title	
Author	石川, 史郎(Ishikawa, Shiro)
Publisher	
Publication year	2018
Jtitle	コペンハーゲン解釈; 量子哲学 (2018. 3) ,p.1- 25
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	慶應義塾大学理工学部大学院講義ノート(Web版)
Genre	Book
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO52003002-00000000-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

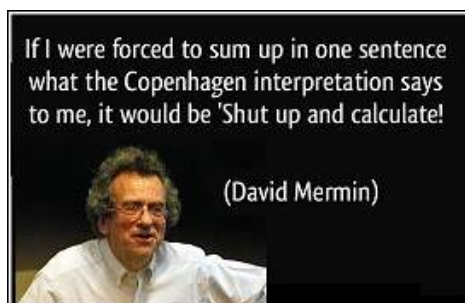
The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

第 1 講

ファインマン博士の問い掛けへの解答



Richard Feynman postage stamp



さて、リチャード・P. ファインマン (量子電磁気学の創立者の一人) の二つの思慮深い言葉 (#1) と (#2) から始めよう*¹

- (#1) 相対論を理解しているのは世界で 12 人だけだと新聞が書いてあったことがあった。そういうときがあったかもしれないが、今はその数は 12 人より格段に多い。しかし、量子力学に関しては、未だに誰も理解していないと言って間違いない。
- (#2) われわれは量子力学が表現する世界像を理解するのに非常に大きな困難を感じている。・・・私は本当の問題をはっきりと規定することができない。したがって、私は本当の問題は存在しないのではないかと疑うが、本当の問題が存在しないという確信はない。

もしファインマンとパーティーで一緒にできる僥倖に恵まれることがあったとして、ファインマンにこう言われたならば、言葉を濁すしかないかもしれない。しかし、それでも、ファインマンに何かを答えることを促されたならば、著者は次のように答えるだろう。

*¹ 偉い人は様々な場面でいろいろな言葉を残すもので、その多くの言葉の中から、いくつかの言葉を切り取る時は、当然ながら「切り取る側」が都合の良い言葉を意図的に切り取っているに違いない。しかし、そうだとすると、この二つ ((#1) と (#2)) は「量子力学のミステリー：(著) マーミン (訳：町田茂, 丸善) cf. [64]」で、マーミンが切り取った「ファインマンの言葉」であって、著者だけの都合ではない。

(b) 量子力学には、本当の問題は存在しないと確信できる。 したがって、理解すべき問題がないのだから、誰も理解していないのもうなずける。

と答えるだろう。 答えは一つとは限らないかもしれない。 二つあるかもしれないが、この (b) が一つの答えであることは確実と思う。

著者は、この答え (b) を説明するために本書を著した。

亡きファインマンへの回答とするならば、ぐだぐだとした長々しい説明では読んでももらえないだろう。 ファインマンの言葉 (#1) と (#2) の深さを鑑みるならば、

- 主張 (b) 「本当の問題は存在しない」からスタートすれば、「量子力学」の適用範囲が倍增される
- 量子言語と呼ばれる形而上学が、実は科学の中心に位置する、つまり、量子言語は科学を語る言語である

ことを示さなければ、ファインマンには読んでももらえないと考える。 したがって、本書ではこれを示す。



1.1 量子言語 (= 測定理論)

1.1.1 序：二元論は科学的に成功するか？

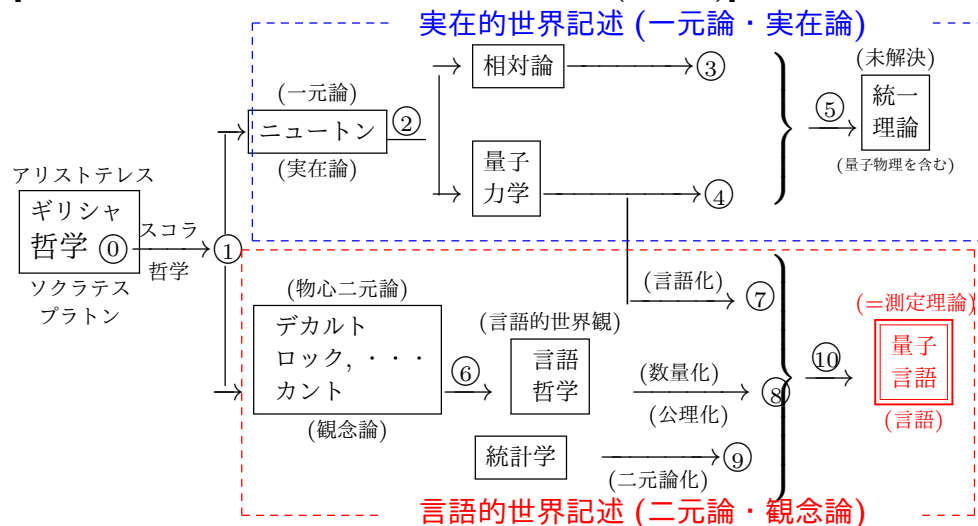
さて、この講義では、次の問題：

- 「二元論を究めること」は人類最古の最重要問題の一つとされていたにもかかわらず、数千年間、失敗の連続であった。 はたして、「(測定者と測定対象の) 二元論」は科学的に成功するのだろうか？

を考えたい。もちろん、本講の目的は、二元論の完成形を「量子言語」で実現して、その有効性を示すことになる。

本書のテーマである「量子言語」は 特殊なテーマではなくて、世界記述史の中での「量子言語の位置づけ」は下図のようになる。

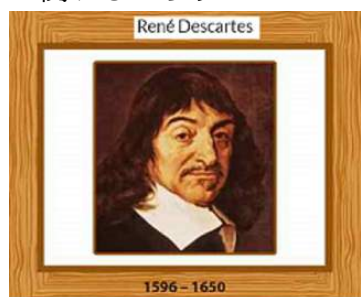
主張 1.1. [世界記述史の中での「量子言語の位置づけ」(図 1.1)]



すなわち、量子言語は次の三つの側面を持つ。すなわち、

- ⑦: 量子力学の標準解釈
(すなわち、コペンハーゲン解釈の真の姿)
- ⑧: 認識論哲学 (特に、デカルト＝カント哲学) の最終到達点
(すなわち、(測定者と測定対象の) 二元論の完成形)
- ⑨: 未来の理論統計学 (= 統計学の二元論的定式化)

本書では、主に⑦と⑨に集中する。また、「認識論⑧ ≈ 言語的コペンハーゲン解釈 (cf. 3.1 節)」なので、⑧は本書のいたるところで関わるだろう。



René Descartes was a highly influential French philosopher, scientist and mathematician. Descartes is widely considered to be the first discoverer of "I" (= "observer")

上の⑦,⑧,⑨では⑨が一番地味と思うかもしれないが、逆だと思っている。

- 「統計学は最強の学問である」と言われるが、この意味は一般には理解されているとはいえない。「統計学は科学の言語である」と言った方が正確である。つまり、
 - (b) 経済学とは、経済現象を統計学で記述する学問である。
 - (b) 心理学とは、心理現象を統計学で記述する学問である。
 - (b) ……
 である。そうならば、⑨の主張は、「量子言語は科学の言語である」となり、次を主張できる：
 - (b') 経済学とは、経済現象を量子言語で記述する学問である。
 - (b') 心理学とは、心理現象を量子言語で記述する学問である。
 - (b') 量子力学とは、量子現象を量子言語で記述する学問である
 - (b') ……
 である。新たに量子力学を付け加えることができる。

////

♠ 注釈 1.1. 「○○の哲学」というフレーズがよく使われるが、大抵は疑った方がよい。たとえば、「数学の哲学」、「相対性理論の哲学」、「心の哲学」、「経済学の哲学」等で、それなりの意義があるのかもしれない。しかし、「○○の哲学」に興味など持たずに、「○○そのもの」に興味を集中した方がよい場合が大部分と思う。特に、若い学生ならばなおさらと思う。ただし、我田引水と言われるかもしれないが

● 「量子力学の哲学 (= 量子哲学)」だけは、信用できる

と考える。というより、これが本書の主張で、すなわち、図 1.1 の主張は、「二つの量子力学」で、繰り返すと、

- 量子論
 - “ (実在的) 量子力学⑤
 - “ (形而上学的) 量子言語⑩ (= 「量子力学の哲学」)
 - (= 二元論の完成)

である。前者「(相対論的) 量子力学 (⑤ in 図 1.1)」は未完で、天才待ちの状態である。後者は、理系の学部・大学院で、普通に習う「(非相対論的) 量子力学」で、これが本書のテーマである。つまり、

- 普通の量子力学は物理学でない。経済学と同類の諸科学の一つである

また、量子力学には様々な解釈があって、しかもいろいろな “コペンハーゲン解釈” が存在するという現実には不可解で、「量子力学の弱点の一つ」であるが、これは、“コペンハーゲン解釈” が物理学 (i.e., ⑤) に属しているという先入観から生じた混乱であると考ええる。そもそも、「ニュートン力学の解釈」とか「電磁気学の解釈」なんて聞いたことがないわけで、

● 物理学に「解釈」は似合わない

非物理学的な⑩の方向の量子言語ならば、唯一に定まり、これが本書が提案する「言語的 (コペンハーゲン) 解釈」である。将来、天才が「解釈」無しの (相対論的) 量子力学 (⑤ in 図 1.1) を完成させたとしても、「言語的 (コペンハーゲン) 解釈」の価値が減ずることはないと主張する。

♠ 注釈 1.2. もし読者が、「学部程度の量子力学」を修めているならば、次の論文 (download free) を先に見て、それから本書を読んだ方が手取り早いかもしれない。

- Ref. [31]: S. Ishikawa, *A New Interpretation of Quantum Mechanics*: JQIS: Vol.1(2), pp.35-42, 2011
- Ref. [32]: S. Ishikawa, *Quantum Mechanics and the Philosophy of Language: Reconsideration of traditional philosophies*, JQIS, Vol. 2(1), pp.2-9, 2012
- Ref. [48]: S. Ishikawa, *Linguistic interpretation of quantum mechanics ; Projection Postulate*, JQIS, Vol. 5, No.4 , 150-155, 2015,
- Ref. [51]: S. Ishikawa, *A final solution to the mind-body problem by quantum language* JQIS, Vol. 7, No.2, 48-56, 2017,

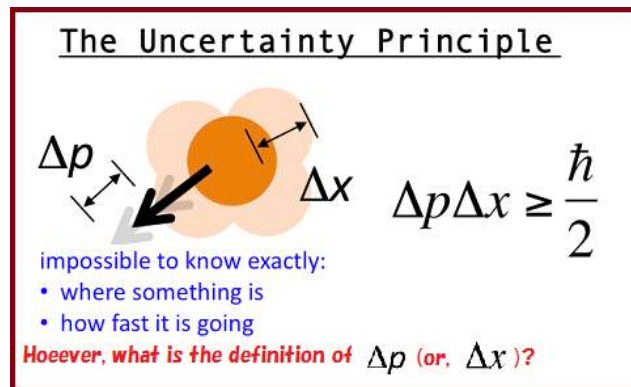
1.1.2 事の発端はハイゼンベルグの不確定性原理の発見

4.3 節で述べるように、

(A) 著者は、1991 年に、ハイゼンベルグの不確定性原理の数学的定式化 (i.e., $\Delta_x \cdot \Delta_p \geq \hbar/2$ in (4.35)) を発見した。すなわち、

• 「 Δ_x と Δ_p は何か？」に解答を与えた

これにより、「ハイゼンベルグの不確定性原理が如何なる条件の下に、成立するのか？」が明らかになり、ハイゼンベルグの不確定性原理が破られる例も発見できた。^{*2}



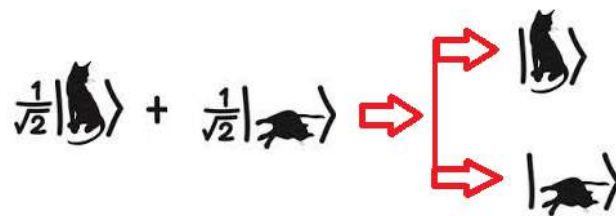
この結果は面白いと思ったが、この直後から「量子力学の解釈問題」が気になりだした。

^{*2} 文献 [22]: S. Ishikawa, Rep. Math. Phys. Vol.29(3), pp.257–273, 1991, (PDF)

1.1.3 量子力学の解釈へ

量子力学の標準解釈は、「コペンハーゲン解釈」であるが、他にも「多世界解釈」、「確率解釈」等いろいろある。しかも、「コペンハーゲン解釈」にもいろいろな流儀があるので、「量子力学の解釈」は諸子百家状態と言ってもよいだろう。

量子力学の応用の分野ならば、どの解釈を採用しても計算結果は同じになると期待できるので、「量子力学の解釈」が問題になることは滅多にない。「いわゆるコペンハーゲン解釈」で十分である。しかし、ハイゼンベルグの不確定性原理ともなると、量子力学の解釈問題が気になってくる。量子力学の解釈が変わってくると、別のハイゼンベルグの不確定性原理ができてしまうからである。たとえば、「いわゆるコペンハーゲン解釈」のなかにも、射影仮説 (とか、波動関数の収縮 (cf. 9.2 節)) を認める流儀と認めない流儀があるわけで、立場によって「誤差 (Δ_x と Δ_p)」の意味が違ってくる。



つまり、

- 「〇〇解釈の $\Delta\Delta$ 流儀のハイゼンベルグの不確定性原理」では困る

わけで、ハイゼンベルグの不確定性原理 (A) の仕事の次のステップは、「量子力学の解釈の確立 (すなわち、コペンハーゲン解釈を一意に確定すること)」であると考えた。

しかし、(A) はすぐ出来たが、「新しい量子力学の確立 (= 量子言語の記述力の絶大さへの信頼)」にはかなり手間取ってしまった。というよりも、今でも「量子言語」よりも強力な言語が存在する可能性が皆無とは考えていない。



- ♠ サプリ 1.1. 上述のように言うと、「量子力学の解釈問題」について詳しい専門家のように思われるかもしれないが、そうでもない。たとえば、著者は「多世界解釈」については、それを使いこなすほどの上級者ではない。もっとはっきり言ってしまうと、多世界解釈もコペンハーゲン解釈も理解し

ているわけではない。と言うより、本当は誰も分かっていないのではないかと疑っている*3。事実、マーミン (cf. 文献 [64]) も

- コペンハーゲン解釈を一言で言えば、

『ツベコベ言わずに黙って、計算せよ』

である

と言ってるぐらいだから、コペンハーゲン解釈など誰もわかっていないのだと思う。そうならば、当然、

- 量子基礎論 (とか、量子情報理論とか量子力学の哲学という分野) において、

一番大きな仕事はコペンハーゲン解釈の確立

であるはず

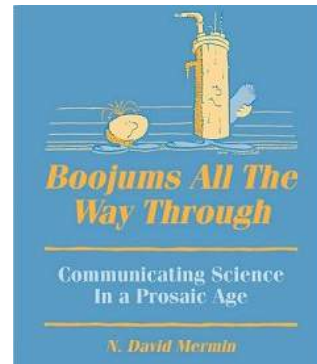
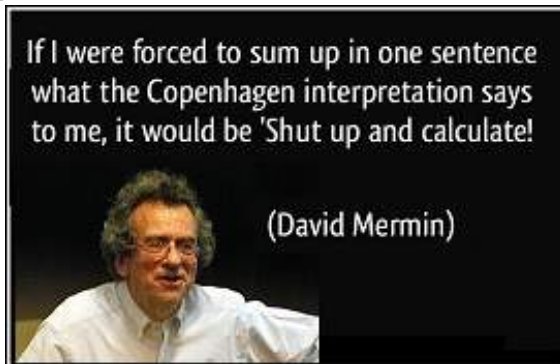
と思うが、多くの研究者は、「コペンハーゲン解釈の確立」を追究しないで、他の解釈に移りしているというのが現状である。このように、量子基礎論の分野は不思議な分野で、たとえば、

- 量子基礎論の世界の専門家の研究集会で「あなたはコペンハーゲン派ですか？ 多世界派ですか？」というアンケートを採ったら、多世界派が多数派だった

などという話を聞くが、だれも分かってなくて気分だけのアンケートを楽しんでいるだけなのだと思う。著者が分かったつもりでいるのは「(本書の) 言語的コペンハーゲン解釈」だけで、しかも

コペンハーゲン解釈=言語的コペンハーゲン解釈

と思っている。



1.1.4 大雑把に言うと、量子言語は量子と古典を統合する

「量子力学の解釈問題 (=新しい量子力学の確立)」と言っても漠然としていて、

具体的には何をすればよいのだろうか？

と問うのは当然と思う。この講義では、以下のように考える。

量子力学が提唱された当時 (1926 年前後)、量子力学は「行列力学」と呼ばれていたことでもわ

*3 「『コペンハーゲン解釈』なんてない。あるのはコペンハーゲン学派 (ボーアやハイゼンベルグ等) だけで、コペンハーゲン学派のみんなの意見が一致していたわけではない。(文献 [20] D.Howard, Philosophy of Science, 71, 2004, 669-682)」という説に同意する

かるように

(B₁) 量子力学は、 数学的には (正方) 行列の理論である。たとえば、

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

そして

(B₂) 古典力学は、対角行列の理論である

たとえば、

$$\begin{bmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{bmatrix}$$

である。そうならば、

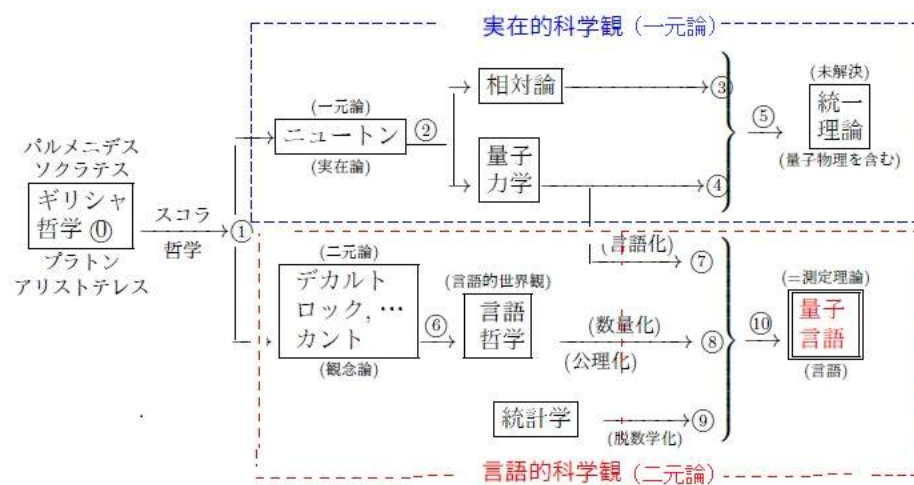
(C) 上の量子系 (B₁) と古典系 (B₂) の両方に通用する流儀 (= 解釈) は何か？

を追究したくなる。この (C) の解答ならば、いろいろな流儀が生じてしまうという事態を回避できると思った。すなわち、

(D) 「問い掛け (C)」からスタートすれば、後は全行程が一本道で、誰がやっても、この講義で紹介する「量子言語」に行き着く

と考える。

「量子言語」は、物理学でなくて言語なのだから、他のいろいろな解釈とは大きく異なる。主張 1.1 の図、すなわち、



の実在的科学観の方向⑤で、将来的にある天才が量子力学の最終的な解釈を提案したとしても、それが形而上学である量子言語に影響を与えることはないだろう。つまり、

(E₁) **量子言語は永遠,**

と信じる。

量子言語は、量子システムを記述できるだけでなくて、古典システムも記述できるわけで、結局すべてのシステムが記述可能なのだから、

(E₂) [量子言語で語る] $\xleftrightarrow[\text{同値}]{} [科学的思考をする]$

すなわち、

主張 1.2. ザックリ言えば、

$$\begin{array}{ccc} & \text{[諸現象を量子言語で記述する]} & \\ \xleftrightarrow[\text{同値}]{} & & \\ & \text{[諸科学を作る]} & \end{array} \quad (1.1)$$

相対性理論は量子言語で記述できないので、上は完全に正しいわけではないが、ザックリ言って、こう言いたい。

と主張する。これらの主張の検討・吟味を促すのが、この講義の目的である。次は当然だろう。

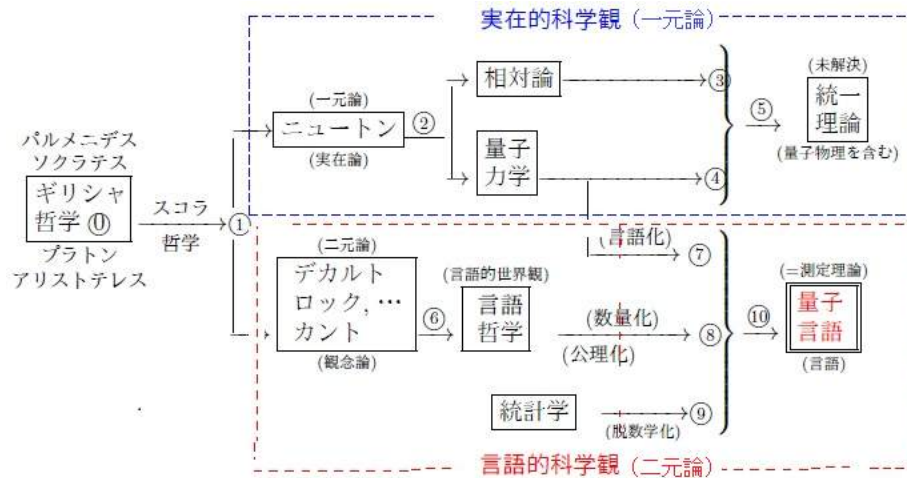
- 西洋哲学の二元論の系譜 [プラトン → デカルト → ロック → カント]、つまり、



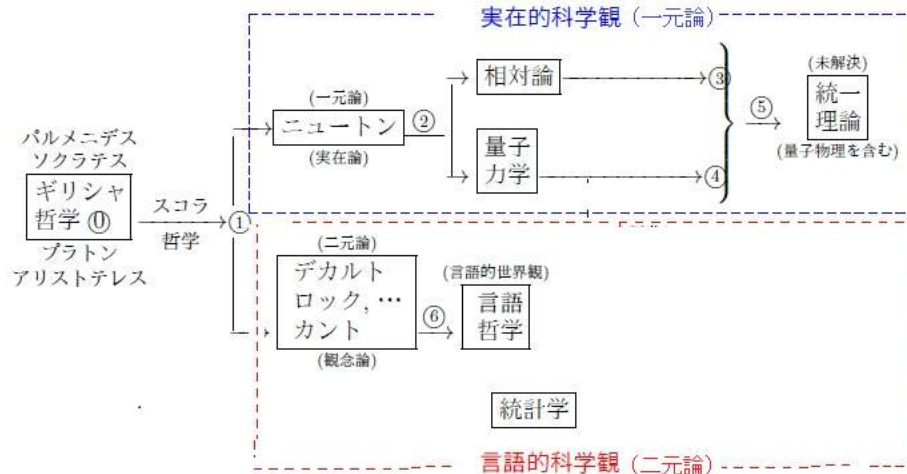
の最終到達点が量子言語であると主張したとしても (⑧)、それが [⑦:量子力学] と [⑨:統計学] のような側面 (すなわち、同値性 (E₂) という宣言) を持たなければ、誰も⑧に賛同しないだろう。

したがって、本講では⑧よりも、⑦と⑨に集中する。

♠ サプリ 1.2. たとえば、次図で量子言語がなかった場合を想像してほしい。



この図で、量子言語が書かれていなかったとしたら、二元論の歴史は (文芸的成功をしたかもしれないが) 科学的失敗の歴史と誰もが思うだろう。つまり、



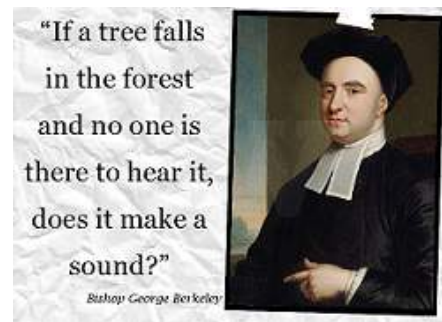
で、西洋哲学の本流 [プラトン → デカルト → ロック → カント] における「二元論」の考察は、「二元論」をキーワードとする文学作品の分野に限定されてしまった。

- いわゆる文学部哲学の観点からの「二元論」であった。

このような経緯の下で、「二元論」と「科学」は相容れないという風潮が一般化してしまった。このため、統計学は (本来の姿である) 二元論であることをなるべく表に出さないようにして、数学の一分野であると装って今に至っている。結局、本講義の目的は、(プラトン・デカルト・カントと 2500 年以上続いた哲学の本流において失敗し続けた文学的アプローチとは別の方法で)

- 二元論を究めること

とも言える。



♠ サプリ 1.3. 世界的または歴史的にみると、一元論より二元論の方が圧倒的に多くの興味を集めて、考察され続けてきたと考える。ただ、一元論にはニュートンの特大ホームランがあるが、二元論にはそれに該当するものがない。二元論 (または測定) に関して、次の禅問答は有名と思う。

- 誰もいないところで一本の木が倒れた。さて、この木は倒れるときに音を立てたか？

これと同じ意味で、バークリーの言葉「To be is to be perceived」

西洋では「哲学」、東洋では「言葉遊び」(禅問答；落語の小話) というように、同じようなことに対する西洋と東洋のスタンスの違いは興味深い。世界的にみると、

- 二元論が普通の考えで、一元論はニュートンの天才による特殊な考えであると思う。

1.2 量子言語の概要

1.2.1 量子言語の分類

本書で、順次説明することであるが、測定理論 (= 量子言語) のカテゴリーは、次のように分類される:

$$(A) \quad \text{測定理論} \quad (= \text{量子言語}) \quad \left\{ \begin{array}{l} (A1): \text{純粋型} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{古典系: フィッシャー統計} \\ \text{量子系: 通常の量子力学} \end{array} \right. \\ (A2): \text{混合型} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{古典系: ベイズ統計を含む} \\ \text{量子系: 量子デコヒーレンス, 量子ゼノン効果} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

したがって、次の二つの量子言語の流儀があることになる。

$$(A1) \quad \boxed{\text{純粋型測定理論}} \quad (= \text{量子言語}) \quad := \quad \underbrace{\boxed{\text{純粋型測定}} \quad (cf. \text{ 2.7 節}) + \boxed{\text{因果関係}} \quad (cf. \text{ 8.3 節})}_{\text{一種の呪文 (＝量子力学の言葉遣い)}} + \underbrace{\boxed{\text{言語的解釈}} \quad (cf. \text{ 3.1 節})}_{\text{呪文の使い方のマニュアル}}$$

[純粋型言語ルール 1] [言語ルール 2] [言語的コペンハーゲン解釈]

と **混合型** 測定理論, すなわち,

$$(A2) \quad \boxed{\text{混合型測定理論}} \quad (= \text{量子言語}) \quad := \quad \underbrace{\boxed{\text{混合型測定}} \quad (cf. \text{ 7.1 節}) + \boxed{\text{因果関係}} \quad (cf. \text{ 8.3 節})}_{\text{一種の呪文 (＝量子力学の言葉遣い)}} + \underbrace{\boxed{\text{言語的解釈}} \quad (cf. \text{ 3.1 節})}_{\text{呪文の使い方のマニュアル}}$$

[混合型言語ルール 1] [言語ルール 2] [言語的コペンハーゲン解釈]

で、違いは、「**純粋型** 言語ルール 1」と「**混合型** 言語ルール 1」の違いだけである。

また、

(A3) 量子言語 (= 測定理論) の特徴は、「古典系と量子系を同時に議論する」ことであるが、やはり「古典系と量子系」という分類もあった方が考え易い

と考える。

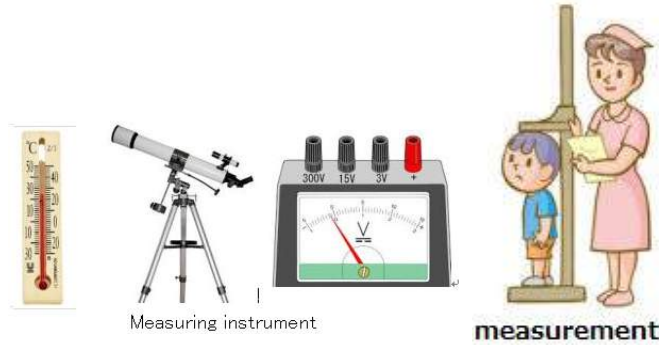
1.2.2 言語ルール 1 (測定) と 言語ルール 2 (因果関係)

測定理論の枠組みは簡単で、測定に関する言語ルール 1 と因果関係に関する言語ルール 2 から成り立っている。図式で書けば

$$\begin{array}{c} \text{(量子言語)} \\ \boxed{\text{測定理論}} \end{array} = \begin{array}{c} \text{[言語ルール 1]} \\ \boxed{\text{測定}} \\ \text{(cf. 2.7 節)} \end{array} + \begin{array}{c} \text{[言語ルール 2]} \\ \boxed{\text{因果関係}} \\ \text{(cf. 8.3 節)} \end{array} + \alpha (= \text{言語的解釈}) \quad (1.2)$$

である．ここで，言語ルール 1 と 2(量子力学の言葉遣い) は，次の文言である．とは言え，まだ

「読むための準備」がされていないので，目を通して「この程度の事」と納得してもらえばよい．



(B): 言語ルール 1(測定) 純粋型 (cf. 2.7 節で読めるようになる)

あらゆるシステムはある基本構造 $[A \subseteq \overline{A}]_{B(H)}$ 内で定式化できる． $[A \subseteq \overline{A}]_{B(H)}$ 内で定式化された W^* -測定 $M_{\overline{A}}(O=(X, \mathcal{F}, F), S_{[\rho]})$ (または， C^* -測定 $M_A(O=(X, \mathcal{F}, F), S_{[\rho]})$) を考えよう．すなわち，

- ある状態 $\rho(\in \mathfrak{G}^p(A^*) : \text{状態空間})$ を持つシステムに対する観測量 $O=(X, \mathcal{F}, F)$ の W^* -測定 $M_{\overline{A}}(O, S_{[\rho]})$ (または， C^* -測定 $M_A(O=(X, \mathcal{F}, F), S_{[\rho]})$)

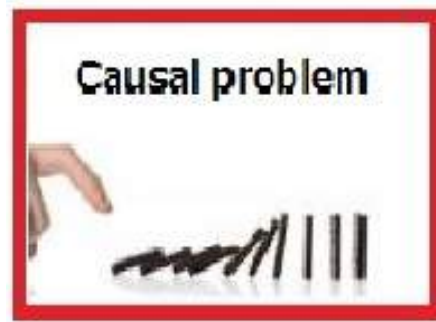
を考える．このとき， W^* -測定 $M_{\overline{A}}(O, S_{[\rho]})$ (または， C^* -測定 $M_A(O=(X, \mathcal{F}, F), S_{[\rho]})$) により得られる測定値 $x (\in X)$ が， $\Xi (\in \mathcal{F})$ に属する確率は，(もし $F(\Xi)$ が ρ で本質的連続ならば)

$$\rho(F(\Xi))(\equiv {}_{A^*}(\rho, F(\Xi))_{\overline{A}}) \quad (1.3)$$

で与えられる．

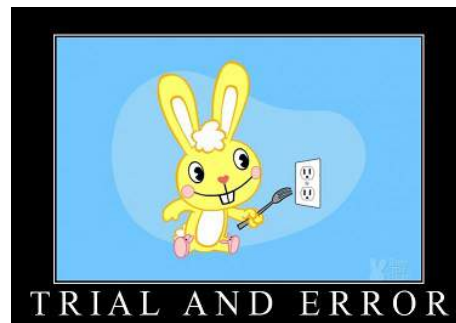
(C): 言語ルール 2 (因果関係) (cf. 8.3 節で読めるようになる)

T を木半順序構造として, 各 $t(\in T)$ に対して, 基本構造 $[\mathcal{A}_t \subseteq \overline{\mathcal{A}}_t]_{B(H_t)}$ が定まっているとする. このとき, 因果関係の連鎖は **W^* -因果作用素列** $\{\Phi_{t_1, t_2} : \overline{\mathcal{A}}_{t_2} \rightarrow \overline{\mathcal{A}}_{t_1}\}_{(t_1, t_2) \in T_{\leq}^2}$ (または, **C^* -因果作用素列** $\{\Phi_{t_1, t_2} : \mathcal{A}_{t_2} \rightarrow \mathcal{A}_{t_1}\}_{(t_1, t_2) \in T_{\leq}^2}$) により表現される.



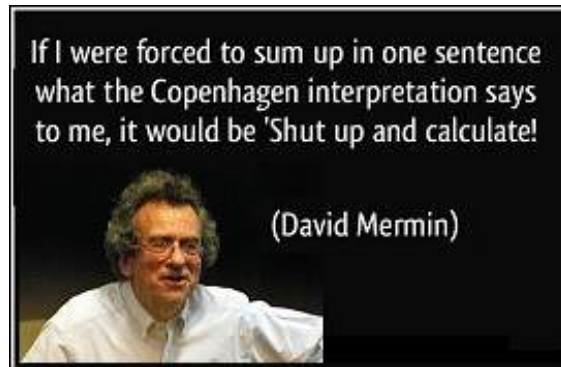
この二つは呪文なので, 意味を追究しても無駄で, とりあえず,

二つの呪文 (=言語ルール 1 と 2) を丸暗記しよう



丸暗記したならば,

(D) あとは, 街に出て, **この呪文を試行錯誤しながら使い続ければよい**. 最初は, 意味不明に思うかもしれないが, そのうち上達して, 量子言語を使いこなせるようになる. 要するに, **「ツベコベ言わずに、慣れよ」**



である。

♠ 注釈 1.3. 大抵の哲学が失敗した理由は、

(#1) 「〇〇とは、何か？」を (日常言語で) 真摯に答えようとしてしまったことである。

(#2) 「測定とは、何か？」, 「確率とは、何か？」, 「因果関係とは、何か？」等は、一般論としてはナンセンスな問いかけである

すなわち、重要なのは、

(#3) ある言語体系を提案して、その言語体系のなかで「(#2) の言葉を如何に使うか？」である。

本書では、量子言語を提案するわけで、

(#4) 「測定」「確率」「因果関係」等の言葉を、量子言語の中で、如何に使うか？

に答えればよい。哲学分野では「(#2) は最大の未解決問題である」と言われているとしたら、これは、

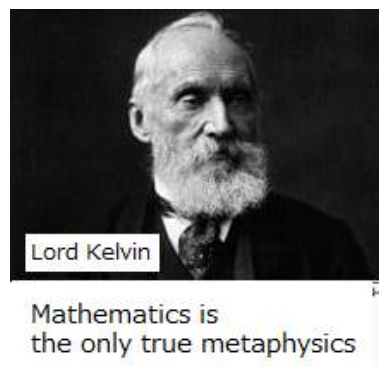
(#4) によって解決されたと考える。道具主義を徹すれば、結局、「道具＝言語」になるわけで、哲学の敗因は、

(#5) 言語という道具を作らなかったこと

と考える。ニュートンの成功は、「ニュートン力学という一元論的言語」を作ったことである。そうならば、

(#6) 「量子言語という二元論的言語」によって、どのようなことが記述できるのだろうか？ 量子言語の記述力は如何？

これが我々の最初からの動機で、この答えを本書全編に書く。



♠ 注釈 1.4. 形而上学とは、実験によって白黒がつけられない命題に関する学問のことである (形而下学は形而上学の対語)。絶対温度の単位 $^{\circ}K$ で知られているケルヴィン卿 (1824 年–1907 年) の有名な言葉：

唯一のよい形而上学は数学である

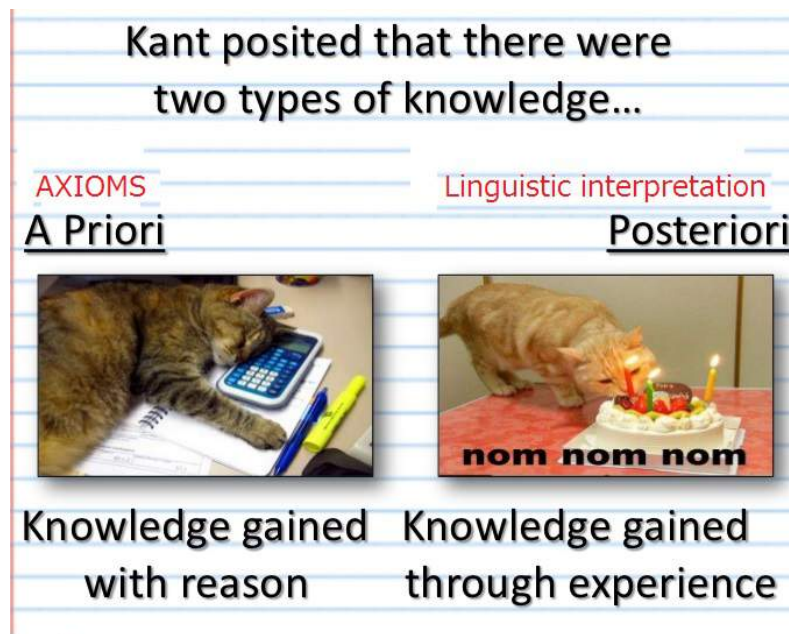
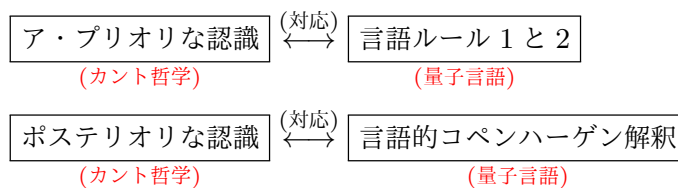
は非常に説得力を持つ言葉である。しかし、この講義の主張は、

量子言語は、(数学とは異なる) よい形而上学である

なのだから、ケルヴィン卿の「唯一の」は訂正されなければならないと考える。また、ケルヴィン卿は当然、「カント哲学 (純粋理性批判 [56]) は悪い形而上学」と考えたに違いない。しかし、カント哲学の

ア・プリオリな認識

(すなわち、実験検証できないにもかかわらず、すべての経験の対象に無条件にあてはまる命題) を、測定理論の [言語ルール 1 (測定;2.7 節) と言語ルール 2 (因果関係;8.3 節)] と対応させたい。つまり、



カント哲学と量子言語は、共に形而上学的世界記述法の確立を目指しているのだから、ある種の対応があってもよいだろう。カント哲学も量子言語も共に二元論の確立を目指したのだから、しかも

量子言語の二元論は誰でもわかるのだから、量子言語がわかれば、カント哲学（純粋理性批判）がわかったような気分になることができる。しかしながら、文芸的側面を無視する立場から言うと、量子言語を知っていればカント哲学は不要である。

文献 [32]: S. Ishikawa, Quantum Mechanics and the Philosophy of Language: Reconsideration of Traditional Philosophies, *JQIS*, Vol. 2, No. 1, 2012, pp.2-9. (doi: 10.4236/jqis.2012.21002)

1.2.3 言語的解釈 (=言語的コペンハーゲン解釈)

言語ルール 1 と 2 は、ヒルベルト空間という数学を使って記述されている。言語的コペンハーゲン解釈 (=コペンハーゲン解釈) とは、量子力学をヒルベルト空間という数学で記述することであるから、原理的にはこれ (言語ルール 1 と 2) ですべてで、もうこれ以上述べることはないはずである。

将棋で、「駒の動きの決まり」だけを知っていれば、最初は連戦連敗だとしても、そのうち上達して、勝率が上がるだろう。しかし、「定跡」とか「手筋」とかのマニュアルのようなものを習えば、もっと上達が早いはずで、量子言語も、

呪文の使い方のマニュアル

のようなものがあつたほうがよい。これが、「言語的コペンハーゲン解釈 (=コペンハーゲン解釈)」で、すなわち、

言語的解釈 = 二つ呪文の使い方のマニュアル

である。言語ルール 1 と 2 だけを言語的コペンハーゲン解釈と言ってもよいが、これでは味も素っ気もないわけで、通常はマニュアルを込めて言語的コペンハーゲン解釈と呼ぶ。

言語的コペンハーゲン解釈の内訳は、いろいろあるとしても、特に重要なのは、

(E): 言語的解釈 (=言語的コペンハーゲン解釈) (cf. 2.3 節と 3.1 節で再論する)

いろいろあるが、特に重要なのは

測定は一回しかできない

である。意外と思うかもしれないが、下で述べるように、コルモゴロフとかパルメニデスはこれを直感していたと信じる。

と思えばよい。念を押すと、

(E_1) 言語的解釈は、マニュアルなので絶対的に不可欠というものではない。無くても、試行錯誤の末に会得できるはずのものである

しかし、

(E_2) 量子言語の習得・上達の速度をなるべく速くしたい

と思うのは人情で、 そうならば、

言語的解釈 (呪文 1 と 2 の使い方のマニュアル)

があった方がよい。マニュアルなのだから、丁寧に書けばキリがないわけで、

(E_3) この本に書くすべては、言語的コペンハーゲン解釈の一部である

とも言える。したがって、本書は「料理本」のようなものと思えばよい。
これが、量子言語のすべてである。

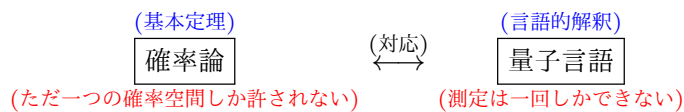
♠ 注釈 1.5. コルモゴロフの確率論 (cf. [57]) は次の呪文からスタートする:

(♯) 確率空間 $(X, \mathcal{F}, P)$ を考える。このとき、事象 $\Xi (\in \mathcal{F})$ が起こる確率は、 $P(\Xi)$ で与えられる。

これからスタートして、試行錯誤の末、コルモゴロフは、「コルモゴロフの拡張定理」を発見した。ここで、「コルモゴロフの拡張定理」の精神とは、

(♯) **ただ一つの確率空間しか許されない**

であることを思い出そう。したがって、次の対応を考えたい。



こうなると、

(♯) コルモゴロフは、言語的解釈の発見者の一人である。

と考えたい。コルモゴロフならば試行錯誤をあまりしなくても会得出来たことかもしれないが、再掲すると、

(E_1) 言語的解釈は、マニュアルなので絶対的に不可欠というものではない。無くても、試行錯誤の末に会得できるはずのものである



Kolmogorov (1903-1987)
One of founders of probability theory

♠ サプリ 1.4. ソクラテス以前のギリッシャの哲学者パルメニデス (BC.500-不明) は、

- あるものはある．ないものはない．一しかない．他はない．時間はない．変化もない

と主張した．パルメニデスの真意は知らないが、言語的コペンハーゲン解釈の主張と非常によく似ている（このことは第 3 講で、議論する）．パルメニデスもコルモゴロフも言語的コペンハーゲン解釈の発見者と思いたい．



1.2.4 まとめ

(F): まとめ

量子言語は次の構造を持つ：

$$(F1) \quad \boxed{\text{測定理論}} \quad (= \text{量子言語}) \quad := \quad \underbrace{\boxed{\text{測定}} \quad (cf. \text{ 2.7 節})}_{\text{[言語ルール 1]}} + \underbrace{\boxed{\text{因果関係}} \quad (cf. \text{ 8.3 節})}_{\text{[言語ルール 2]}} + \underbrace{\boxed{\text{言語的解釈}} \quad (cf. \text{ 3.1 節})}_{\text{[言語的コペンハーゲン解釈]}}$$

一種の呪文 (= 量子力学の言葉遣い) 呪文の使い方のマニュアル

言語ルールは実験検証不可であって、カントの「アприオリな認識」に対応している。すなわち、

$$\boxed{\text{アприオリな認識}} \quad (\text{カント}) \quad \xrightarrow{\text{数量化}} \quad \boxed{\text{言語ルール 1 と 2}} \quad (\text{量子言語})$$

そして、量子言語の主張は、

(F₂) 言語的解釈 (「測定は一回だけ」等) を指針にして、文言ルール 1 と 2 の言葉づかいをお手本にして、諸現象を記述せよ

である。言語的解釈はマニュアルなのだから、試行錯誤を繰り返して習得するしかない。この意味で、次のように考えたい。

$$\boxed{\text{デカルト}} \quad [\text{二元論的観念論}] \quad \longrightarrow \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{大陸合理主義} \\ \quad [\text{言語ルール}] \\ \text{イギリス経験論} \\ \quad [\text{言語的解釈}] \end{array} \right\} \quad \longrightarrow \quad \boxed{\text{カント哲学}} \quad [\text{量子言語}]$$

そうだとすると、

「(意味不明な) 呪文から始まる」とは、いかがわしいと思うかもしれない

しかし、これが「スタンダードな科学の方法」であることは、本書を読み進めていけば了解できることと思う。

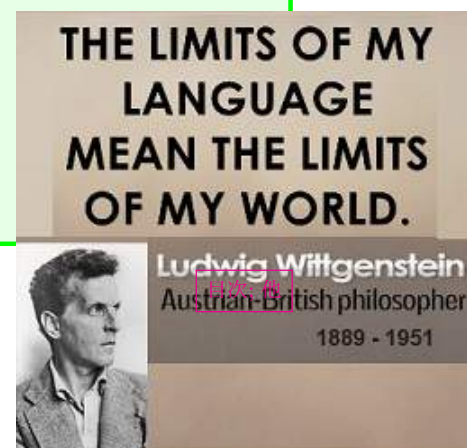
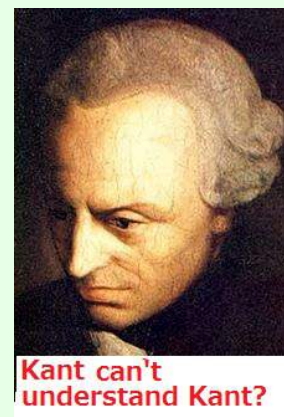
量子言語の精神 (= 言語的世界観の精神) は、

初めに言葉 (= 呪文) ありき

であり、ウイトゲンシュタインの言葉を借りるならば、

私の言語の限界が、私の世界の限界

であり、和風に言うならば、「言霊信仰」である。



将棋で言えば、「駒の動かし方のルール」と多少の「手筋と定跡を覚えた」ことになる。「初めに、言葉ありき」で、言葉はもう丸暗記した。そうならば次のステップは当然、

さて、いよいよ実戦だ。

量子力学でも経済学でも何でも来い

である。

注意 1.3. ここで書いたことはすべて著者の我流のストーリーである。言語ルール 1 と 2 からスタートして、本書とはまったく別のマニュアル (解釈) を作れる可能性も皆無とは言えないかもしれない。読者の誰かが別のマニュアルを作ったら、著者はビックリするだろう。もしそのようなことができれば、直ちに教えてもらいたい。

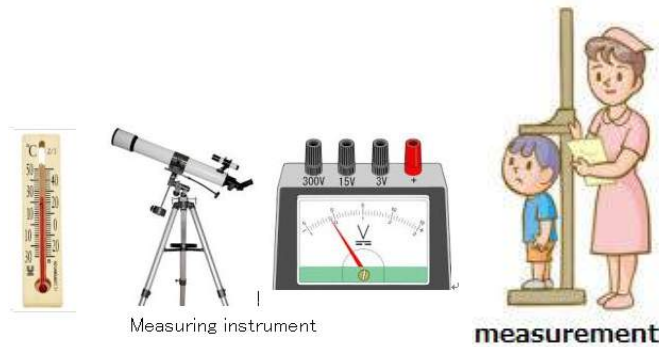
1.3 例：熱いか冷たいか

言語ルール 1 の気分を感じるために、簡単な例 [コップの水は熱いか冷たいか] を示す。

「量子言語なんて、この程度のことなんだ!!!」

と思ってもらえばよい。

一応、言語ルール 1 を再掲しておく



(B): 言語ルール 1(測定) 純粋型 (cf. 2.7 節で読めるようになる)

あらゆるシステムはある基本構造 $[A \subseteq \bar{A}]_{B(H)}$ 内で定式化できる. $[A \subseteq \bar{A}]_{B(H)}$ 内で定式化された W^* -測定 $M_{\bar{A}}(O=(X, \mathcal{F}, F), S_{[\rho]})$ (または, C^* -測定 $M_A(O=(X, \mathcal{F}, F), S_{[\rho]})$) を考えよう. すなわち,

- ある状態 $\rho(\in \mathfrak{G}^p(A^*) : \text{状態空間})$ を持つシステムに対する観測量 $O=(X, \mathcal{F}, F)$ の W^* -測定 $M_{\bar{A}}(O, S_{[\rho]})$ (または, C^* -測定 $M_A(O=(X, \mathcal{F}, F), S_{[\rho]})$)

を考える. このとき, W^* -測定 $M_{\bar{A}}(O, S_{[\rho]})$ (または, C^* -測定 $M_A(O=(X, \mathcal{F}, F), S_{[\rho]})$) により得られる測定値 $x (\in X)$ が, $\Xi (\in \mathcal{F})$ に属する確率は, (もし $F(\Xi)$ が ρ で本質的連続ならば)

$$\rho(F(\Xi))(\equiv {}_{A^*}(\rho, F(\Xi))_{\bar{A}}) \quad (1.4)$$

で与えられる.

であることに注意して, 以下を読んでもらいたい.

この呪文を使いこなせるようになるのが、この講義の目的なので、今の時点で、「意味不明」でよいが、次の例を読めば、気分は伝わると思う．．

例 1.4. [コップの水の温度]

いろいろな温度 ω °C ($0 \leq \omega \leq 100$) のコップの水 (お湯) を、多くの被験者に飲んでもらって、「熱いか? 冷たいか?」を二者択一のアンケート形式で質問する．そして、得られたデータ (たとえば、 $g_{\text{冷}}(\omega)$ 人が「冷たい」、 $g_{\text{熱}}(\omega)$ 人が「熱い」と答えたとする) を正規化と、折れ線化により、以下の $f_{\text{冷}}(\omega) = g_{\text{冷}}(\omega)/\text{被験者数}$ と $f_{\text{熱}}(\omega) = g_{\text{熱}}(\omega)/\text{被験者数}$ を得たとしよう．



$$f_{\text{冷}}(\omega) = \begin{cases} 1 & (0 \leq \omega \leq 10) \\ (70 - \omega)/60 & (10 \leq \omega \leq 70) \\ 0 & (70 \leq \omega \leq 100) \end{cases}$$

$$f_{\text{熱}}(\omega) = 1 - f_{\text{冷}}(\omega)$$

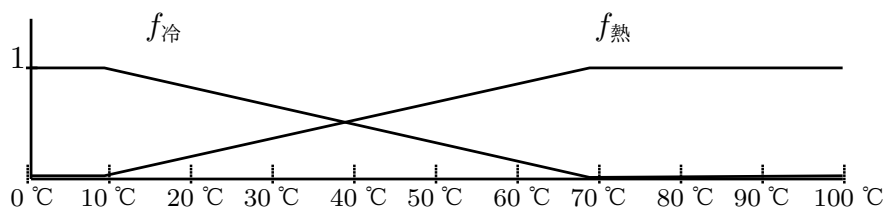


図 1.2: 冷たいか? 熱いか?

したがって、たとえば、

(A₁) 多くの被験者の中から一人を選んで、55 °C のコップの水が「熱いか? 冷たいか?」を二者択一で質問すれば、その被験者が $\begin{bmatrix} \text{冷たい} \\ \text{熱い} \end{bmatrix}$ と答える確率は $\begin{bmatrix} f_{\text{冷}}(55) = 0.25 \\ f_{\text{熱}}(55) = 0.75 \end{bmatrix}$ である。

この事実・現象を、二元論的記述法 (=測定理論的記述法) で書くことを以下に考える。

状態空間を $\Omega = \text{区間 } [0, 100]$ として、測定値空間を $X = \{ \text{冷}, \text{熱} \}$ とする．ここで、次のような「冷熱-測定器」を考えよう:



(A₂) 温度 ω °C の水 (お湯) に, その測定器を入れると, 表示板に $\begin{bmatrix} \text{冷} \\ \text{熱} \end{bmatrix}$ が表示される割合 (すなわち, 「比」) が, $\begin{bmatrix} f_{\text{冷}}(\omega) \\ f_{\text{熱}}(\omega) \end{bmatrix}$ であるような冷熱-測定器を考える. この冷熱-測定器を $O = (f_{\text{冷}}, f_{\text{熱}})$ と記す.

もちろん, このような「冷熱-測定器」を工学的に作ることは, 乱数発生回路を用いれば, 容易である. ここで,

(A₃) 「多くの被験者の中から一人を選んで, 55 °C のコップの水が『熱いか? 冷たいか?』を質問すること」を測定と見なせば, 「冷熱-測定器 O による測定」と同じである. すなわち, この「多くの被験者の中から・・・質問すること」が長い文言なので, それを略して, 「冷熱-測定器 O による測定」と書いただけのことと思えばよい.

したがって, 日常言語の文言 (A₁) を測定理論の言葉で表現すれば,

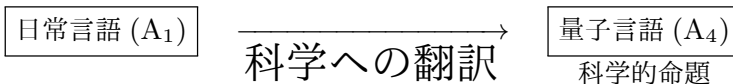
(A₄) 測定者が, $[55\text{ }^{\circ}\text{C}]$ の $[\text{コップの水}]$ に対して, $[\text{冷熱-測定器}]$ で, $[\text{調べた}]$ ら
(状態 $(= \omega \in \Omega)$) (システム (測定対象)) 測定器 $O = (f_{\text{冷}}, f_{\text{熱}})$ (測定)
 , 測定値 $\begin{bmatrix} \text{冷} \\ \text{熱} \end{bmatrix}$ を得る確率は $\begin{bmatrix} f_{\text{冷}}(55) = 0.25 \\ f_{\text{熱}}(55) = 0.75 \end{bmatrix}$ である

となる.



////

♠ サプリ 1.5. 上で,



と見なす. 「というほど大袈裟なことではない」と思うかもしれないが, 大袈裟に言いたくなる理由は, 量子言語の最大の主張は

科学的命題 $\Leftrightarrow$ 量子言語で記述されている命題
 (cf. 主張 1.2)

だからである. 統計学も初めは, 小学生レベルのことからスタートするわけで, 量子言語も同じで

ある.