

## 第2章 量子言語の概要

全体の目次

測定理論 (=量子言語) は, 日常的またはミクロ的スケールの世界を数量的に記述するための言語である. 測定理論は二つの言語ルール (「測定」と「因果関係」) と言語的コペンハーゲン解釈 (二つ言語ルールを使いこなすためのマニュアル) から構成されている. すなわち,

$$\boxed{\text{測定理論}} \text{ := } \underbrace{\boxed{\text{測定}} + \boxed{\text{因果関係}}}_{\text{一種の呪文 (=量子力学の言葉遣い)}} + \underbrace{\boxed{\text{量子言語解釈}}}_{\text{呪文の使い方のマニュアル}} \quad (2.1)$$

[言語ルール 1]      [言語ルール 2]      [言語的解釈コペンハーゲン]  
(=量子言語)      (cf. 3.8 節)      (cf. 11.3 節)      (cf. 2.3 節と 4.1 節)

本書の理解に量子力学の予備知識は不要である. この章では, 量子言語のアウトラインを説明する. 先を急ぐ読者は, 前章の『測定理論の概要』の概要』だけで十分で, この章をスキップしてもかまわない. また, 学部程度の量子力学と数学を修めているのならば, 次の拙論文:

A New Interpretation of Quantum Mechanics: JQIS: Vol.1(2), pp35-42, 2011

を先に読むのが, 早いだろう.

### 2.1 万能の呪文 (ほぼ「統計学 ≈ 量子言語」と思え)

#### 2.1.1 万能の呪文

森羅万象とか世の中にはいろいろな現象・出来事が起こるが, それらを個別に対応・考察していたのでは埒が開かない. もちろん, 試行錯誤を繰り返しつつ経験・知恵 (know-how) が蓄積されて, 対処法が上達するかもしれない. しかし, 「効率の良い一般性のある対処法」とか, もっとはっきり言ってしまうと,

#### 「万能の呪文」

を希求するのは当然のことで, これが哲学の起源なのだと思う.

定説を信じるならば, アリストテレスが「万学の祖」と呼ばれているように, 哲学が発展・進化していろいろな学問が生まれたらしい. その進化・発展の必然として, 細分化・難解化を甘受しなければならぬのかもしれないが, 初心「万能の呪文」からはどんどん遠ざかってしまった.

細分化・専門化が「時代の流れ」だとしても, みんなが同じ方向に向かって走っているのでは, 面白くない. そこで, この講義の目的を

(A) 「万能の呪文」の再考・構築

としたい.

## 2.1.2 物理学と統計学

人類史全体を通して、「万能の呪文」に関して我々は二つの大成功しか知らない。すなわち

- (B)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{(B1): ニュートン力学: 「物理の法則」 (=物理学): 実在的科学観} \\ \quad \text{(世界は単純な「物理の法則」に従っているという奇跡の発見)} \\ \text{(B2): 統計学: 「思考の形式」: 言語的科学観} \\ \quad \text{(あらゆる分野に適用可能な「思考の形式」が存在するという奇跡の発見)} \end{array} \right.$

である。

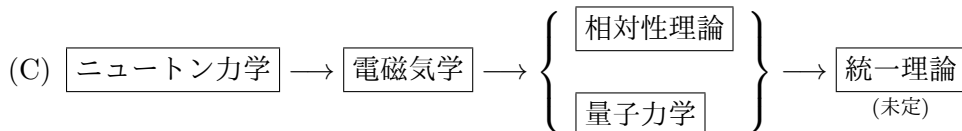
「(B1):物理学」については言うまでもないことなので省くが、統計学が経済学や医学など全く異なる学問に適用できるという事実を考えれば、[(B2):統計学]の発見は、物理学(B1)の発見と同等に驚嘆に値すると思う。

したがって、

### 物理学と統計学は、共に最強の学問である

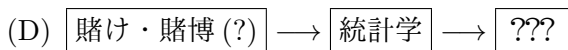
と考える。

ニュートン力学(B1)の系譜はわかりやすい。物理学発展の図式：



が常識化していて、全貌が掴まえやすいからである。

これと比べて、統計学はストーリー的には、弱い。確率・統計学の起源は「賭け・賭博」という説もあるが、よくわからないし、将来の展望もはっきりしないので、以下のように書かざるを得ない。



このこと((C)と(D)の比較)によって、「物理学と統計学は、共に最強の学問」であるにもかかわらず、

### 一般には、統計学よりも物理学の方が尊敬されている

という事実が生じてしまったのだと思うだろう。

♠ 注釈 2.1. 最強の学問ならば、それで十分で、統計学に「高尚さ・格調」を求める必要はないかもしれない。しかし、

(#1) 統計学の数学的基盤を確固たるものにしても、本質は変わらない。厚化粧をただけにすぎないからである。すなわち、(C)と(D)の中の「→」は、数学の厚化粧では越えられないハードルである。すなわち、ニュートンの運動方程式の解の存在についての数学的追究からでは、相対性理論は生まれないうわけで、(C)と(D)の「→」はパラダイム・シフトと呼ばれている。

と考える。この講義の目的は、物理学の発展(C)を見習って、

(註<sub>2</sub>) 統計学の系譜 (D) の ??? を本気で追究して、これを「量子言語」と主張すること、すなわち、

賭け・賭博(?) → 統計学 → 量子言語

を主張することである。したがって、数学的厳密さについては、あまりしつこいことは言わない。それは、その気になれば誰でもできることだからである。

♣ 注釈 2.2. 高度な文明を持っている宇宙人が存在していることは確実と信じる。そのような宇宙人も、数学、物理学と統計学を持っているに違いない。彼らから見れば、我々の数学、物理学と統計学は幼稚化もしれないが、それでも、「数学、物理学と統計学は宇宙共通言語」と考える。この意味で、

**数学、物理学と統計学は、「神の言語 (=宇宙共通言語)」である**

と考える。 そうだとすると、量子言語も「神の言語」であると主張したくなってしまう。

### 2.1.3 量子力学と統計学は、かなり似ている

ここで、念のために確認しておく、物理学に関しては、

#### 物理学の考え方

- (E1) 日常的な物の運動に関しては、ニュートン力学の考え方に従え
  - (E2) 電波や磁気に関しては、電気磁気学の考え方に従え
  - (E3) 宇宙の高速運動とか強力な重力に関しては、相対性理論の考え方に従え
  - (E4) 電子のようなミクロの物体に関しては、量子論の考え方に従え
- となる。

一方、統計学の主張は、

#### 統計学の考え方

- (F) 物理学以外 (たとえば、経済学、医学、環境等) は、統計学の考え方に従え
- である

上で当たり前のことを羅列したのは、この講義では、「[量子論の考え方] と [統計学の考え方] はほぼ同じである」ことを主張するからである。すなわち、俄かには信じられないことであるが、

[量子論の考え方] ≈ [統計学の考え方]

で、これを説明することが、本講の目的になる。

## 2.1.4 「考え方 (=思考の形式)」では漠然すぎるから「言語」としよう

「考え方」とか「思考の形式」と言っても、漠然としていて、主張がボヤけてしまう。もっと明確に言おう。

(G) 「考える」とは、「言葉で考える」ことで、同じ意味で「ある言語で語る」ことである。したがって、

## [ある思考の形式] の提案 = [ある言語] の提案

と考える。

上記した物理学 (E<sub>1</sub>)–(E<sub>4</sub>) が大成功した理由は、これらのどれもが「[ある言語] を提案した」ことにある。

たとえば、「ニュートンが提唱した考え方」とは、「ニュートン力学という言語」のことである。しつこいかもしれないが、物理系列の (E<sub>1</sub>)–(E<sub>4</sub>) をもう一度書き直すと、

- (H)  $\left\{ \begin{array}{l} \text{(H1): 「ニュートン力学」という言語} \\ \text{(H2): 「電磁気学」という言語} \\ \text{(H3): 「相対性理論」という言語} \\ \text{(H4): 「量子力学」という言語} \end{array} \right.$

となる。これらの言語はどれも「数個の呪文 (=法則)」から構成されている極めて単純な言語であることを注意しておこう。

さて、ここで、(H<sub>1</sub>)–(H<sub>4</sub>) を精査・検討すると、

(I) 「(H<sub>1</sub>)–(H<sub>4</sub>) の中で、(H<sub>4</sub>) だけが異質である」という不可思議なことが発見できる。<sup>1</sup>

すなわち、

「量子力学」という言語 (H<sub>4</sub>) だけは大幅に拡張可能で、記述力が倍増して、量子現象だけではなくて日常的な現象までも記述できるようになる。

である。

以上で、「量子言語 (=測定理論) とは？」に答えることができる。すなわち、

(J) 「量子言語」とは、「量子力学」という言語 (H<sub>4</sub>) の拡張言語である。同じ意味で、「量子力学の言語化」、すなわち、「量子力学の道具主義化」である

となる。

前節でも述べたことであるが、確認のため、量子言語の様々な側面を羅列しておく。量子言語は次の (F) のような様々な側面をもつことを知っておけば、次章以降が読みやすいだろう。

<sup>1</sup>量子力学だけは、ヒルベルト空間という「複素無限次元空間」を使って定式化される。単純に考えて、「複素無限次元空間 (虚数とか無限次元)」が物理学のはずがない。また、前にも述べたように、量子力学だけは、「法則」だけでなく、「法則+解釈」という形で提示されているのだから、「量子力学は、物理学か？」を疑うことは、一理ある。また、量子力学だけは、「確率」という言葉が使われている。

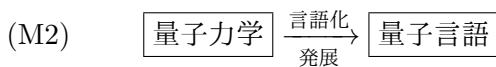
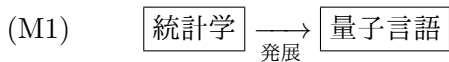
量子言語の様々な側面

- (K1) : 諸科学を記述するための言語 (諸科学とは、現象を量子言語で記述することである)
  - (K2) : 量子力学の言語化・量子力学の言葉遣い (=道具主義化)
  - (K3) : 未来の統計学. (「統計学は最強の学問」に、異存はない。しかし、「手法の羅列」感が否めない。もうすこし、スッキリしたい。と考えるのは著者だけではないだろう。)
  - (K4) : 量子力学のコペンハーゲン解釈の統一形態
  - (K5) : 二元論的観念論哲学の数量化理論
  - (K6) : (ウィトゲンシュタインの) 言語ゲームの具体的モデル
  - (K7) : 数学者でもわかる統計学
- 等である。

この講義では、

(L) 初めは、「量子力学の言葉遣い」を強調して、そのうちに、「未来の統計学」に興味を集中することになるだろう。

この理由は、次の二つの発展形態：



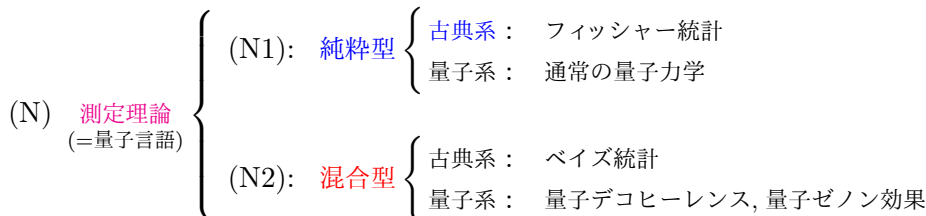
を比較すると、(M1) よりも (M2) の方が圧倒的に分かりやすい。(M1) は容易でないので、

もし、(M1) の流れの中で、量子言語を発見できたら、天才だ

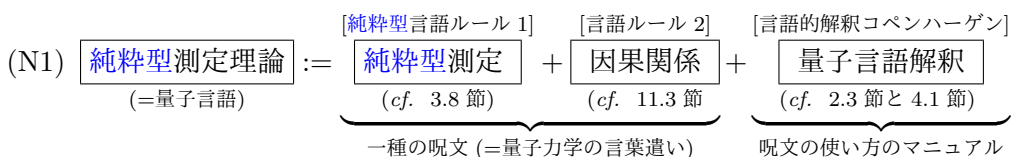
と思う。

### 2.1.5 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：



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。



と**混合型**測定理論, すなわち,

$$(N2) \quad \boxed{\text{混合型測定理論}} \quad (= \text{量子言語}) \quad := \quad \underbrace{\boxed{\text{混合型測定}} \quad (cf. \text{ 11.1 節})}_{\text{一種の呪文 (=量子力学の言葉遣い)}} + \underbrace{\boxed{\text{因果関係}} \quad (cf. \text{ 11.3 節})}_{\text{呪文の使い方のマニュアル}} + \underbrace{\boxed{\text{量子言語解釈}} \quad (cf. \text{ 2.3 節と 4.1 節})}_{\text{言語的解釈コペンハーゲン}}$$

[混合型言語ルール 1]
[言語ルール 2]
[言語的解釈コペンハーゲン]

である.

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.

このように書いてみたものの, この講義で約 8 割は, (N1) で, しかも, その大部分は,

### 純粋型古典系の測定理論

に集中する. したがって, 当分の間は, (N1) に集中する.

上の分類 (N) の補足をする,

(O1) 「純粋型 vs. 混合型」は, 「フィッシャー統計 vs. ベイズ統計」という切り口と思えば良いだろう. ただし,

純粋型測定が基本で, 混合型測定はその中の一つテクニック

と見ることも可能なので, 「分類」は言い過ぎかもしれないが, 全体を見やすくする言葉として, 「分類」とした.

(O2) また, 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

となる.

## 2.2 量子言語の構造 (測定と因果関係)

### 2.2.1 言語的科学観 (「初めに, 言葉ありき」)

「呪文」について, 議論する. 呪文には二種類ある. すなわち,

- (A) 呪文  $\left\{ \begin{array}{l} (A_1) : \text{実験検証可能な呪文 (物理学的呪文)} : \text{「世界が先で, 言葉が後」} \\ \quad \text{実在的科学観 (= 実在論)} \\ (A_2) : \text{実験検証不可能な呪文 (統計学等の呪文)} : \text{「言葉が先で, 世界が後」} \\ \quad \text{言語的科学観 (= 観念論)} \\ \quad \text{The limits of my language mean the limits of my world}^2 \end{array} \right.$

である. 本書の興味は, 言語的科学観 ( $A_2$ ) に集中する.

「実験検証可能な呪文」は, 「物理法則」をイメージすればよい. もちろん, これは十分に認知・尊敬されている. しかし, 「実験検証不可能な呪文」から始める方法 (すなわち, 「初めに, 言葉ありき」の方法) も, 科学のもう一つのスタンダードである. たとえば, 確率・統計学は, 次の呪文からスタートする.

(B) **確率呪文** :  $(X, \mathcal{F}, P)$  を確率空間とする. 事象  $\Xi (\in \mathcal{F})$  が起こる確率は  $P(\Xi)$  で与えられる

この呪文 (B) の威力 (= 「統計学の威力」) は誰もが周知のことと思う.

また, 非数量的な呪文も有効で,

( $C_1$ ) **因果呪文①** : 運動・変化の根源には因果関係がある. すなわち,

「火の無いところには, 煙は立たない」

である.

この呪文 ( $C_1$ ) は, 約 1500 年の長きに渡って, 主流であり続けたアリストテレスの主張: 目的因「運動・変化の根源は目的である」を打破したわけで, 呪文 ( $C_1$ ) は今日的には最大限に評価されている. すなわち,

(D) 目的因  $\xrightarrow{1500 \text{ 年間}}$  因果呪文 ( $C_1$ ) の発見  
(アリストテレス) (ベーコン, ガリレオ, ニュートン, ヒューム)

なのだから,

**因果呪文 ( $C_1$ ) の発見によって, 近代科学の幕が開けられた**

とか

**因果呪文 ( $C_1$ ) は科学史上最大のパラダイムシフト**

という定説を大袈裟とは思わない.

また, 因果呪文①を数量化した呪文:

<sup>2</sup>この「**言語の限界が, 世界の限界**」は, 言語的科学観の根幹をなす名言で, ウィトゲンシュタインによる. 著者は, 「量子言語のために, ウィトゲンシュタインはこの名言を用意しておいてくれた」と思っている. 彼の名著とされている「論理哲学論考」の論理はメチャクチャであるが, 「論理的にしっかりしている哲学」など無いわけで, これは特に非難されることではない. 重要なことは,

ウィトゲンシュタインの言葉には, 力がある

ことで, これは最大級に称賛されるべきことで, 事実, 最高の評価を得ている.

(C<sub>2</sub>) **因果呪文②** : 運動・変化は, 因果関係の連鎖の数学表現の「微分方程式」(動的システム理論では, 「状態方程式」と言う) で記述せよ.

も重要で, 実質的には

$$\text{統計学 (=動的システム理論)} = (B) + (C_2)$$

である.

さらに,

(C<sub>3</sub>) **因果呪文③** : 運動・変化は, ニュートンの運動方程式で記述せよ.

となると, 物理学になって, 「実験検証可能な呪文 (すなわち, 法則)」になる.

量子言語には, 「量子力学という物理言語の拡張言語」という側面もあるが, また,

(E) 上の確率呪文 (B) と因果呪文 (C<sub>2</sub>) をそれぞれ精査して, まとめて作り上げたのが, 量子言語である. すなわち,

$$\boxed{\text{統計学 (=動的システム理論)}} \xrightarrow{\text{発展}} \boxed{\text{量子言語}}$$

(B)+(C<sub>2</sub>)

である.

とも言える. したがって, 量子言語は, 独創的理論ではなくて, 伝統的方法 (=統計学) を踏襲して作り上げられたものと見たい.

## 2.2.2 量子言語の構造

測定理論は次のような構造を持つ :

$$(F) \quad \boxed{\text{測定理論}} \quad (= \text{量子言語}) \quad := \quad \underbrace{\boxed{\text{測定}} + \boxed{\text{因果関係}}}_{\text{一種の呪文 (=量子力学の言葉遣い)}} + \underbrace{\boxed{\text{量子言語解釈}}}_{\text{呪文の使い方のマニュアル}}$$

[言語ルール 1] (cf. 3.8 節)
[言語ルール 2] (cf. 11.3 節)
[言語的解釈コペンハーゲン] (cf. 2.3 節と 4.1 節)

ここで, 「言語ルール 1」と「言語ルール 2」は, 「実験検証不可能な呪文」である. 量子言語を習得するということは, 「この二つの呪文を使いこなせるようになる」ということで, これがこの講義の目的である.

「言語ルール 1」と「言語ルール 2」を正確に書けば, 次のようになるが, これらは「実験検証不可能な呪文 (=意味不明な呪文)」なので, この意味を真摯に考えることはムダである.



## (G): 言語ルール 1 (測定) 純粋型 (cf. 3.8 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  $\rho \in \mathfrak{S}^p(A^*)$  : 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  $\rho$  で本質的連続ならば)  $\rho(F(\Xi))$  ( $\equiv A^*(\rho, F(\Xi))_{\bar{A}}$ ) で与えられる.

## (H): 言語ルール 2 (因果関係) (cf. 11.3 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  $[A_t \subseteq \bar{A}_t]_{B(H_t)}$  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  $\{\Phi_{t_1, t_2} : \bar{A}_{t_2} \rightarrow \bar{A}_{t_1}\}_{(t_1, t_2) \in T_{\leq}^2}$  (または、 $C^*$ -因果作用素列  $\{\Phi_{t_1, t_2} : A_{t_2} \rightarrow A_{t_1}\}_{(t_1, t_2) \in T_{\leq}^2}$ ) により表現される.

これらは「実験検証不可能な呪文 (=意味不明な呪文)」なので, 極端な言い方をすれば,

## 呪文を丸暗記すればよい.

もちろん, 「数学込みの丸暗記」で, たとえば, 「基本構造  $[A \subseteq \bar{A}]_{B(H)}$ », 「状態空間  $\mathfrak{S}^p(A^*)$ », 「観測量  $O=(X, \mathcal{F}, F)$ », 「因果作用素列  $\{\Phi_{t_1, t_2}\}$ 」等の数学的定義も暗記しなければならない.

したがって, 「丸暗記」するのもかなりの準備が必要で, 言語ルール 1 は 3.8 節で, 言語ルール 2 は 11.3 節で, 一応読めるようになる.

♠ 注釈 2.3. 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) 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・プリオリな総合判断

(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 と言語ルール 2] と対応させたい. 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. もしそうならば, 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.

♠ 注釈 2.4. 大抵の哲学が失敗した理由は、

(#1) 「○○とは、何か？」を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、

(#3) 「○○とは何か？」  $\left\{ \begin{array}{l} \text{具体論の答え方} \text{ --- } \text{○○の実物を見せること} \\ \text{一般論の答え方} \text{ --- } \text{○○という言葉の使い方を指定すること} \end{array} \right.$

である。我々の興味は一般論なのだから、重要なのは、「(#2) の言葉を如何に使うか？」であって、量子言語の主張は、

(#3) 「測定」「確率」「因果関係」等は、呪文 (= 言語ルール 1 と 2) の文脈の中だけで使え。それ以外の使い方をするな。

である。哲学分野では「(#2) のいずれも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、(#3) によって解決されたと考える。

## 2.3 量子言語解釈 (=言語的コペンハーゲン解釈)

### 2.3.1 量子言語解釈

さて、二つの呪文 (=言語ルール 1 と 2) を丸暗記したとしよう。 そうならば、

(A1) あとは、街に出て実践すればよい。 試行錯誤しながら呪文の使い方を上達すればよい  
と考えるのは、原理的には正しい。

しかし、あくまでも「原理的」であって、実は、

(A2)  $\boxed{\text{測定理論}} := \boxed{\text{言語ルール 1 と 2}} + \boxed{\alpha}$   
(=量子言語)

と考えたい。 この「+  $\alpha$ (アルファ)」が量子言語解釈である。 すなわち、

「量子言語解釈 (=  $\alpha$ )」 = 「言語ルール 1 と 2 の使い方のマニュアル」

である。

♠ 注釈 2.5. 量子言語 (=測定理論) は言語である。 そうならば、他の言語と比較したくなる。 また、哲学の認識論のアイデアは、いつも「言語」に応用できることも注意しておいたほうよい。 すなわち



で、認識論という哲学は常識人ではわからないが、言語ならば誰もがわかる。 たとえば、

### 「イギリス経験論 vs. 大陸合理主義」のカントの総括

は近代哲学の華であるが、認識論としての理解は無理としても、言語としてならば、以下のように理解できる。 すなわち、

(i): 日常言語は、人類最大の発明である。

(#1) 「オギャー」と生まれたときは、白紙状態 (タブラ・サラ (=「ルール無し状態」)) であるが、日常言語は、経験を積んで上達する (イギリス経験論的考え方)

(ii): 数学も言語の一種で、これも人類の最大級の発明である。

(#2) 公理系 (集合論) だけを知っていれば、数学のすべての定理は原理的には演繹できる。 この意味では、公理系 (集合論) は重要である (大陸合理主義的考え方)

(iii): 例えば、将棋というゲームも一つの言語体系である。

(#3) 将棋の駒の動かし方のルールを暗記したらば、あとは、実戦を繰り返して、試行錯誤しながら上達すればよい

これも原理的には正しいかもしれない。 しかし、定跡も習っておいた方が上達は速い (カントの折衷案的考え方)。

このように、



は重要である。 哲学者の「(観念論的) 二元論」を理解できる常識人はいないが、言語論的転回後の「(言語論的) 二元論」ならば誰でも理解できて、これが「量子言語」である。

## 2.3.2 デカルト図式 (量子言語解釈の基本図式)

二つの呪文 (=言語ルール 1 と 2) を「数学込みの丸暗記」をして、これを、15 年ぐらい試行錯誤して使い続けていけば、自然と「使い方のテクニック」を会得できるかもしれない。

- (B) **事実、著者はこのような試行錯誤を 20 年間ぐらい続けて、量子言語の使い方を上達して、「二つの呪文の使い方のマニュアル」を作った<sup>3</sup>**

したがって、カントの折衷案を採用するならば、「呪文」だけでは済ますことをしないで、「解釈」を添付して、量子言語は、

$$(C) \quad \boxed{\text{測定理論}} \quad := \quad \underbrace{\boxed{\text{測定}} + \boxed{\text{因果関係}}}_{\text{一種の呪文 (アプリアリな総合判断)}} + \underbrace{\boxed{\text{量子言語解釈}}}_{\text{呪文の使い方のマニュアル}}$$

[言語ルール 1] (cf. 3.8 節)
[言語ルール 2] (cf. 11.3 節)
[言語的解釈コペンハーゲン] (cf. 2.3 節と 4.1 節)

(=量子言語)
[測定]
[因果関係]
[量子言語解釈]

となる。

すなわち、

「二つの呪文の使い方のマニュアル」が、「量子言語解釈」である。

以下に、これ (=量子言語解釈) を説明しよう。

「言語ルール 1」の文章中に、「測定」という言葉が出てくるのだから、

(D<sub>1</sub>) 「測定者」と「測定対象」からなる二元論

を考えたい。しかしながら、「測定者」と「測定対象」だけでは、不十分で、「測定器」がなければ、「測定」は成立しない。したがって、測定のイメージは、図 2.1[デカルト図式]の通りである。

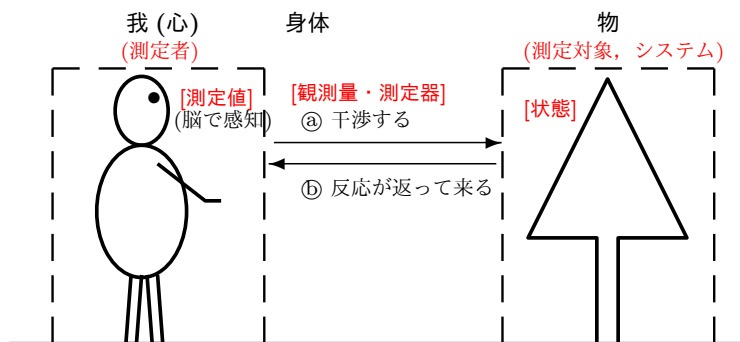


図 2.1: デカルト図式：測定のイメージ図

すなわち、

<sup>3</sup> これは、「半分本場で、半分ウソ」である。実際は、「量子力学のコペンハーゲン解釈」の中から、使い出のよい方法を選び出したに過ぎないが、それでもかなり「試行錯誤」をして選び出した。たとえば、波束の収縮 (シュレーディンガーの猫) 等は、却下した。

(D<sub>2</sub>) 測定のイメージとしては,

- Ⓐ 測定者が測定対象に干渉する
- Ⓑ 反応を測定器 (電流計, 温度計, 望遠鏡, メガネ等だけでなく感覚器 (目, 耳, 手のひら等の身体) も含む) を通して, 脳で感知すること (脳で感知したものを「測定値」と呼ぶ). すなわち,

脳なくして, 測定値なし

と思えばよいだろう.

また, 「干渉する」は, 例えば, 「光を当てる」と思えばよい. すなわち, 「測定者」と「測定対象」との相互作用が測定である. ただし,

(D<sub>3</sub>) 測定理論では, この相互作用のことは, 表立っては言わない

なぜならば, 「相互作用」と言ってしまうと, 「相互作用とは, 何か?」とか「相互作用を記述する方程式は何か?」などを問われてしまって, 答えに窮してしまうからである. もしこれに答えることができたら, デカルト図式すべてが明確になってしまって, つまり, 「そうならば, 二元論は不要で, 一元論だろう」と言われてしまうからである. 相互作用を記述する方程式を知らないから, 苦肉の策として,

(D<sub>3</sub>) 「相互作用 [Ⓐ, Ⓑ]」と言わずに, 「観測量 (測定器)」という言葉でお茶を濁す

のが, 二元論である.

したがって, 混乱を避けるためには, デカルト図式 2.1 で, 相互作用ⒶとⒷ は書かない方がよかったかもしれないが, 「表立っては言わない」を強調するために, 敢えて書いた.

結局,

(D<sub>4</sub>) 測定理論は,

「測定値」, 「観測量 (= 測定器)」, 「状態」の  
(測定者, 脳, 心)      (温度計, 目, 耳, 身体)      (物)

三元論

である.

と言った方が正確かもしれないが, デカルト=カント哲学の伝統の下に, 三つから二つを取り出して, 「心身二元論」, 「物心二元論」として, 「二元論」という言葉が流布している.

### 2.3.3 量子言語解釈 [(E<sub>1</sub>)-(E<sub>8</sub>)]

量子言語解釈は, 「言語ルール 1 と 2」の使い方のマニュアル (=注意事項) なのだから, 丁寧に書けば切りがない. 一応, 羅列しておけば, 以下の (E<sub>1</sub>)-(E<sub>8</sub>) ぐらいと思えばよい. 特に, 重要かつ意外なのは,

「測定は一回だけ」

である.

(E):量子言語解釈 (=言語的コペンハーゲン解釈)

デカルト図式 2.1 を念頭にして、次を注意して、  
言語ルール 1 と 2 を言葉遣いで、諸現象を記述せよ。

- (E<sub>1</sub>) 「我 (=測定者)」と「物 (=測定対象)」の 2 つから成る二元論で、当然、「我 (=測定者)」と「物 (=測定対象)」を混同してはならない。喩えて言うならば、「観客は舞台上に上がらない」である。
- (E<sub>2</sub>) 「物 (=測定対象)」の方には、時間・空間を想定するが、「我 (=測定者)」には、時間・空間を想定しない。したがって、測定理論には、「測定時刻、測定後、測定した瞬間」、「時制」の概念がないので、測定理論で記述される諸科学にも「時制」の概念はない。
- (E<sub>3</sub>) 測定は、「我 (=測定者)」と「物 (=測定対象)」の相互作用とイメージしてもよいが、相互作用のことを陽には言わない。
- (E<sub>4</sub>) 測定は一回だけしかできない。しかも、測定後の状態は考えない。
- (E<sub>5</sub>) 測定なくして、確率なし。
- (E<sub>6</sub>) 観測量が先で、状態が後、すなわち、観測量は状態より優先する。
- (E<sub>7</sub>) 状態は変化しない。

等である。いろいろとあって雑多な感じがするかもしれないが、それは「公理・ルール」というより「言語ルールの使い方の指示 (マニュアル)」であるためで、細かいことを言えば、切りがない。極端な (正確な) 言い方をすれば、「本書で述べることすべてが、言語的コペンハーゲン解釈」である。

また、本書の主張は

二元論的観念論の最終到達点が、量子言語

なのだから、

(E<sub>8</sub>) ギリシャ以来の哲学者たちの金言の多くは、言語的コペンハーゲン解釈になる  
と思ってもよいだろう<sup>4</sup>。

♠ 注釈 2.6. コペンハーゲンのボーア研究所で一ボーア (1885 年-1962 年) と彼の下に集まったハイゼンベルグらの俊英たちによって一徐々に形成され、最終的にはフォン・ノイマンが「量子力学の数学的基礎 (1932

<sup>4</sup>本書の主張を明快化するために、次のようなザックリとした言い方をしておく

● 「言語ルール 1 と 2」を知らずに、その使い方を考察するという無謀な試みが、哲学の本流 (=二元論的観念論) である  
と考える。

年)」で仕上げたとされている量子力学の解釈の仕方が

### コペンハーゲン解釈

である。コペンハーゲン解釈は物理学の主張であるが、量子言語解釈は言語 (言語ルール 1 と言語ルール 2) の使い方の指針であって全くの別物も思ってもよい。しかし、両者は密接な関係があると考えてるのが我々の立場で、この立場の行き着く先は、

「(大学で普通に習う) 量子力学は物理学でなくて、(経済学のような) 諸科学の一つである」

という結論になる。もちろん、この結論の是非を議論するのが、この講義の目的である。

上記の「量子言語解釈」は、「コペンハーゲン解釈」をヒントにして生み出されたものであるが、コペンハーゲン解釈には、いろいろな流儀があって、明快でない。たとえば、

(F) 量子言語解釈のキモである「測定は一回だけ」が、コペンハーゲン解釈の標準見解なのか？  
も知らない。

#### 2.3.4 念のために、繰り返す—言霊信仰—

繰り返しになるが、量子言語、すなわち、

$$(G) \quad \boxed{\text{測定理論}} \quad := \quad \underbrace{\boxed{\text{測定}} + \boxed{\text{因果関係}}}_{\substack{\text{一種の呪文 (アプリアリな総合判断)}}} + \underbrace{\boxed{\text{量子言語解釈}}}_{\substack{\text{呪文の使い方のマニュアル}}} \\ \begin{array}{l} \text{[言語ルール 1]} \quad \text{[言語ルール 2]} \quad \text{[言語的解釈コペンハーゲン]} \\ \text{(=量子言語)} \quad \text{(cf. 3.8 節)} \quad \text{(cf. 11.3 節)} \quad \text{(cf. 2.3 節と 4.1 節)} \end{array}$$

の主張は、

量子言語解釈 [(E<sub>1</sub>)–(E<sub>7</sub>)] の指示のもとに、文言ルール 1 と 2 の言葉づかいをお手本にして、諸科学を記述せよ。要するに、言霊信仰—量子言語という言葉の力を信じる—である。

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。次のステップは当然、

「初めに、言葉ありき」で、言葉はもう丸暗記した。そうならば  
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。

♠ 注釈 2.7. コペンハーゲン解釈は、量子力学の標準的解釈である。しかし、コペンハーゲン解釈には、いろいろな流儀があって、物理学者たちの一致したコンセンサスがあるわけではない。この事実は、「物理学では絶対にあってはならないこと」であるが、事実としては、「いろいろなコペンハーゲン解釈たち」が存在する。量子言語の元々の動機付けは、

(#1) いろいろなコペンハーゲン解釈たちを統一したい

であった。そのためには、「何故、いろいろなコペンハーゲン解釈があるのだろうか？」とい問い掛けから始めなければならない。ここで、次のように考えた：

(#2) 量子力学という狭い範囲に適用すればよいということならば、いろいろな流儀があるかもしれない。しかし、古典系までも含むように適用範囲を広げれば、通用しなくなる流儀が大部分で、それでも生き残れる流儀は、「量子言語解釈」だけである。

と主張したい。したがって、

[コペンハーゲン解釈の中の正統な流儀]  
 = [「量子言語解釈」の適用範囲を量子力学に限定したもの]

と主張したい。たとえば、

(#3) 「射影仮説」とか「波動関数の収縮」を仮定する「コペンハーゲン解釈」もあるが、この流儀は、上の (#2) の規範のもとに、却下される。

そうならば、

(#4) 「コペンハーゲン解釈」を量子力学 (とか、物理学) とは別のところで決めていいのか？

と反論されるかもしれないが、我々の主張は、

(#5) 「コペンハーゲン解釈」は、量子系だけでなく古典系にも適用可能であるべきである。

#### ♠ 注釈 2.8. 次は常識だろう。

(#1) コペンハーゲン解釈にいろいろな流儀があるにしても、量子力学を作り上げた天才たち (ボーア、ハイゼンベルグ、フォン・ノイマン等) の叡智の結晶である。しかも、もう一人の天才アインシュタインが、これを打破しようと試みたにも拘らず微動だにできなかったのがコペンハーゲン解釈である。

この事実にも拘らず、我々の主張は以下の通りである。

(#2) 物理学などまったく知らなくてもよい。意味不明な文言である「言語ルール 1 と 2」を丸暗記して、これを試行錯誤しながら使っていれば、その使い方を自然と会得できて、これが「正統なコペンハーゲン解釈」である。結局、言語的コペンハーゲン解釈の奥義は、物理だとか真理だとか理屈だとか つべこべ言わずに、

### 黙って、計算せよ ( Shut up and calculate )

If I were forced to sum up in one sentence what the Copenhagen interpretation says to me, it would be "Shut up and calculate"

であった。「[常識 (#1)] vs. [非常識 (#2)]」なのだから、すなわち、

(#3) 天才たちがしのぎを削って作り上げた 20 世紀最大の叡智であるコペンハーゲン解釈、しかも、今日まで 90 年間無敗のコペンハーゲン解釈に、本講では異を唱える

のだから、

(#4) この講義で、(#2) が主張されているからといって、これを疑いもせずに真に受ける者がいるとしたら、素直過ぎる

と思う。したがって、

(#5) 懐疑的な視点をもって、受講する

ことは当然だろう。本書では、幾つかの勘違いを含んでいる可能性が皆無とはいえないわけで、そのような勘違いを指摘を受けるチャンスを増やす意図のもとに、歯切れよく断定調に書いたつもりである。



♠ 注釈 2.9. この辺りでもう一度、第一章の冒頭にのべたファインマンの言葉を引用しておこう。

- (#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。

そして、本書の主張は、

- (#3) 本当の問題が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。

であった。すなわち、

- (#4) 量子言語は呪文なのだから、理屈などない。ただ、丸暗記して、後は、つべこべ言わずに

**どんどん、使いこなせ**

であった。

## 2.4 デカルト＝カントの二元論的観念論 (哲学者もちゃんと考えていた)

詳細は以降の章で議論することであるが、確認のため、量子言語の様々な側面を羅列しておく。

### 量子言語の様々な側面

- (H1) : 諸科学を記述するための言語 (諸科学とは、現象を量子言語で記述することである)
- (H2) : **量子力学の言語化・量子力学の言葉遣い (=道具主義化)**
- (H3) : **未来の統計学**. (「統計学は最強の学問」には、同感する。しかし、「手法の羅列」感が否めない。もうすこし、スッキリしたい。と考えるのは著者だけではないだろう。)
- (H4) : 量子力学のコペンハーゲン解釈の統一形態
- (H5) : **二元論的観念論哲学 (デカルト＝カント哲学) の最終到達点である数量化理論**
- (H6) : (ウィトゲンシュタインの) 言語ゲームの具体的モデル
- (H7) : 数学者でもわかる統計学

等である。

この中で、「デカルト問題 (H5)」は予備知識なしに理解できるので、この場で説明しておこう。デカルトは、「方法序説」において、哲学史上最も有名な命題：

「我思う。故に我在り」

を発見した。この命題を「疑う余地のない命題」と断言して、議論を進めるのは、「デカルトの方便」に過ぎない。挙句の果ては、これから、「神の存在」まで証明してしまうのだから、「デカルトが何を言いたかった？」は明快ではないかもしれない。しかし、結論としては、デカルトの業績は、三つのキーワード：

「我(心)」、「身体」、「物」

の発見にたどり着いたことなのだと思う。

この三つのキーワードに関する議論が、近代哲学 (デカルトからカントまで) そのものと言っても良いだろう。すなわち、デカルトの最大の業績は、次の「問題提起」だと考える。

### (I): デカルトの問題提起

三つの言葉：

「我(心)」、「身体」、「物」

をキーワードに持つ理論を構築せよ

この問題に参戦したのが、

ジョン・ロック、ライプニッツ、バークリー、ヒューム、カント

等であるが、今から思えば、

「脳科学」のような方向に進んでしまって、  
結局、不毛な議論だった<sup>5</sup>

が常識的な世論だと思う。「脳科学」という科学の分野が魅力的なことは言うまでもないが、デカルト＝カントの時代には早すぎたし、そもそも、「脳科学」は哲学ではない。

今、再チャレンジするとしたら、「近代哲学の轍を踏む」ことを避けるために、「デカルト問題」を次のように限定したい。

(J): デカルト問題の再提起

(J1) 三つの言葉：

「我 (心)」、「身体」、「物」

(の対応概念) を含む呪文 (=形而上学的命題) を宣言せよ。ただし、その呪文には数学構造が添付されていて、数量的議論が可能でなければならない。

(J2) この呪文の評価基準は、「真偽」ではなくて、

「計算がドンドン進んで、役に立つこと」

を、唯一の評価基準とする。

である。

これならば、評価基準が明確に定まっているので、「ゲーム」が成立する。もちろん、

このゲームに参加して、量子言語を提案して、これを世に問う

のが我々の目的である。

デカルト＝カント哲学と測定理論 (量子言語解釈) のキーワードの対応は、表 2.1 のようになる。

表 2.1: デカルト＝カント哲学と測定理論の対応表<sup>6</sup>

デカルト＝カント哲学 (認識論バージョン)	①: 心 (脳・我)	②: 身体 (感覚器官, 第二次性質)	③: 物 (第一次性質)
測定理論 (量子言語解釈) (言語論バージョン)	①: 測定値 (脳で感知)	②: 観測量 (測定器)	③: 測定対象 (状態=測定対象の性質)

「言語ルール 1 と 2」とこの対応表で、条件 (J1) はクリアしている。後は、(J2) の「計算がドンドン進んで、役に立つ」をチェックすることであるが、これは次章以降に行うことである。

「③: 物 ↔ 測定対象」は自明だろう。

<sup>5</sup> 「一生懸命やったことならば、無駄なことなどない」という考えもある。「心身二元論」とか「物心二元論」に興味を集中していれば、「神にかかわる過大な時間」を少なくできたという理屈を付ければ、近代哲学も無駄では無かったとも言えるかもしれない。しかし、我々はそれ以上のことを主張したい (つまり、「哲学者もちゃんと考えていた (すなわち、量子言語を目指して走っていた)」である)。

<sup>6</sup> 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)

ただし、デカルトの当初から議論されていたことであるが、「②:『身体』とはなにか?」は非常に難問で、量子言語によれば、

(K1):  $\boxed{\text{身体}} \rightarrow \boxed{\text{感覚器}} \rightarrow \boxed{\text{眼}} \rightarrow \boxed{\text{メガネ}} \rightarrow \boxed{\text{望遠鏡}} \rightarrow \boxed{\text{北極星}}$   
(測定器) (測定器) (方位の測定)

のように、想像をはかるかに超えるものまで、「身体 (測定器)」となる。

また、「①:心 (我・測定者)↔測定値」も気になるかもしれないが、

(K2): 電流計の針が振れたとしても、それは単なる物理現象で、「測定者」がそれを見て、その信号が測定者の脳 (心) に到達して、初めて「測定値」になる。

すなわち、

**脳なくして、測定値なし**

とあって、「①:心 (我・測定者)↔測定値」を納得してもらいたい。

前節で述べたことであるが、次の二つの発展形態:

(L1)  $\boxed{\text{統計学}} \xrightarrow[\text{発展}]{\text{非数学化}} \boxed{\text{量子言語}}$

(L2)  $\boxed{\text{量子力学}} \xrightarrow[\text{発展}]{\text{言語化}} \boxed{\text{量子言語}}$

を比較すると、(L1) よりも (L2) の方が理解しやすい。しかし、次の流れ (L3) の中で、

(L3)  $\boxed{\text{デカルト=カント哲学}} \xrightarrow[\text{発展}]{\text{数量化}} \boxed{\text{量子言語}}$

量子言語を発見するのは、最も難しい。

しかし、**逆方向**:

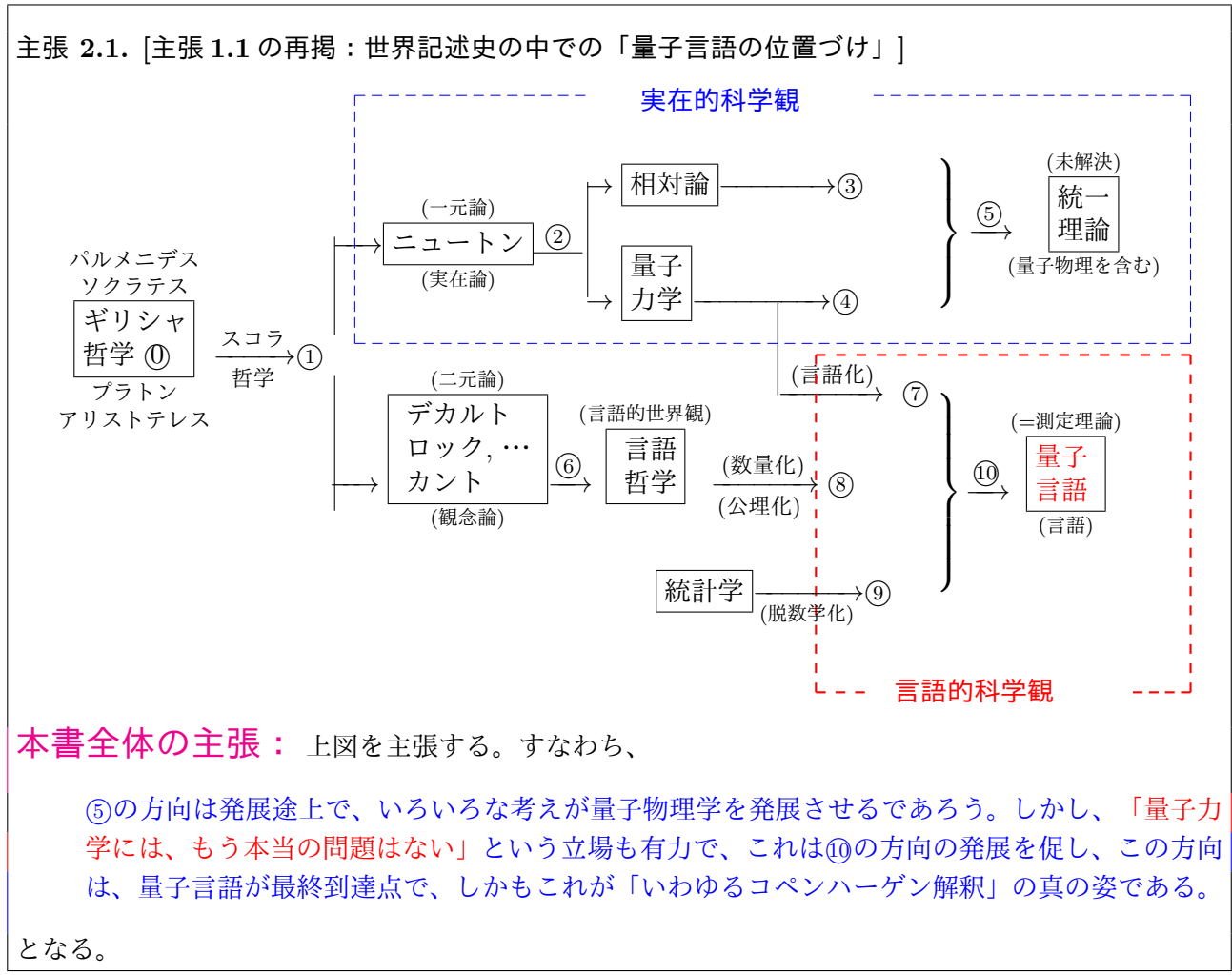
(L4)  $\boxed{\text{量子言語}} \xrightarrow[\text{一つの側面と見る}]{\text{量子言語の}} \left\{ \begin{array}{l} \boxed{\text{統計学}} \\ \boxed{\text{量子力学}} \\ \boxed{\text{デカルト=カント哲学}} \end{array} \right.$

はいずれも簡単で、これがこの講義で行うことである。

♠ 注釈 2.10. 「哲学には近づくな」とか「量子言語が、デカルト=カント哲学の尻拭いまでする必要はない」というご忠告ももらっているが、やはりこれにもこだわりたい。ケンブリッジ大学の物理学者ホーキング博士は、「ホーキング博士、宇宙を語る」(世界で 1000 万部のベストセラー)の中で、

(M) アリストテレスからカントに至る哲学の偉大な伝統から見て、現代哲学の、なんという凋落ぶりだろうと、「哲学と科学との乖離」に苛立ちを隠さずに、率直に述べている。ホーキング博士のこの言葉 (M) を知って、(L3) を書きたくなった。すなわち、哲学の本流 (二元論的観念論) の次の系譜 (cf. 脚注 6 の文献参照):

(N) パルメニデス → プラトン → アリストテレス → スコラ哲学 → デカルト → カント  
 → ウィトゲンシュタイン → 量子言語  
 すなわち、主張 1.1 で、



の「二元論的観念論の系譜」:

[① → ② → ③ → ④ → ⑤ → ⑥ → ⑦ → ⑧ → ⑨ → ⑩]

の部分も書きたくなった。なぜならば、本書を読めば、誰もが

(O) 「言語ルール 1 と 2」を自覚せずに、その使い方を「ああだ。こうだ」と議論するという無謀な試みが、哲学の本流 (=二元論的観念論) である

と読み取るに違いないからである。こう考えれば、哲学の「栄光の過去と絶滅危惧種状態の現状」を納得できる。もちろん、哲学が嫌いならば、「二元論的観念論の系譜」や「主張 (O)」など無視して、最終結果の「言語的コペンハーゲン解釈」だけを読めばよい。

注釈 2.8 で述べたように、量子力学は、天才たちを混乱に陥らせた。そして、種々の「解釈」の乱立という意味では、今もその混乱は続いている。その混乱の最大の原因は、

(P) 上図の「⑤の先の量子物理学」と「⑩の量子言語」の混同

であるとする。現在、量子力学に携わる 99 パーセントの研究者は後者との関わりであることに注意しよう。前者 (すなわち、「量子力学を物理学と信じる」見方) への挑戦は、「過去の天才たち」を魅了し、しかも混乱に陥れたが、これは「(混同 (P) から解放された) 未来の天才」のためである。念の為に再度言うと、

(Q) (量子) 物理学には、「解釈」などあってはならない。もしあるとしたら (すなわち、「解釈付の物理理論」があるとしたら)、それは「不完全な物理理論」と同義である。「解釈」が意味を持つのは、言語的科学観の中だけである。

と考える。「物理学の哲学」とか「数学の哲学」とかいう言葉を直に使えないのは、著者だけではないと思う。

## 2.5 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。

「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

言語ルール 1(測定) 純粋型 (cf. 3.8 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  $\rho \in \mathfrak{S}^p(A^*)$  : 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  $\rho$  で本質的連続ならば)  $\rho(F(\Xi))$  ( $\equiv {}_{A^*}(\rho, F(\Xi))_{\bar{A}}$ ) 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 2.2.** [コップの水の温度] いろいろな温度  $\omega^\circ\text{C}$  ( $0 \leq \omega \leq 100$ ) 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。

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

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

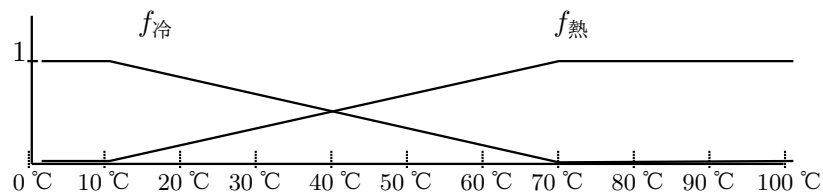


図 2.2: 冷たいか? 熱いか?

したがって、たとえば、

(A<sub>1</sub>) 多くの被験者の中から一人を選んで、55℃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:

(A<sub>2</sub>) 温度  $\omega$ ℃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、

(A<sub>3</sub>) 「多くの被験者の中から一人を選んで、55℃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 (A<sub>1</sub>) を測定理論の言葉で表現すれば、

(A<sub>4</sub>) 測定者が、 $\begin{bmatrix} 55^\circ\text{C} \end{bmatrix}$  の  $\begin{bmatrix} \text{コップの水} \end{bmatrix}$  に対して、 $\begin{bmatrix} \text{冷熱-測定器} \end{bmatrix}$  で、 $\begin{bmatrix} \text{調べた} \end{bmatrix}$  ら、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。

これだけのことであるが、言語ルール 1 との対応を書くと、

言語ルール 1  $\longleftrightarrow$  文言 (A<sub>4</sub>)

基本構造  $[A \subseteq \bar{A} \subseteq B(H)] \longleftrightarrow C(\Omega) : \text{区間 } \Omega \text{ 上の連続関数全体}$

純粋状態空間  $\mathfrak{S}^p(A^*) \ni \rho \longleftrightarrow \omega \in \Omega$

観測量  $O = (X(\equiv \{\text{冷}, \text{熱}\}), \mathcal{F}, F) \longleftrightarrow \text{測定器 } O = (f_{\text{冷}}, f_{\text{熱}})$

である。もちろん、この説明だけでは不十分で、この例は、次章でもう一度議論する。