

Title	第15講：まとめ・あとがき
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.431- 445
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	慶應義塾大学工学部大学院講義ノート(Web版)
Genre	Book
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO52003002-0000000-0-0431">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO52003002-0000000-0-0431</a>

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 15 講

# まとめ・あとがき

### 15.1 思考の形式

著者は学生の頃から次を不思議に思っていた。

- (A) ニュートン運動方程式は、物の運動を解析するのに役に立つ物理法則である。物理法則とはこういうもので、世界がこのようにできているのだから、これは納得できる。しかし、なぜ確率・統計学が、医学や物理学や化学や経済学や心理学等の分野を横断して使えるのか？ は不思議に思った。

統計学の本を読んでもこのような疑問は解消されなかった。結局、自分でやるしかなくて、

- (B) 物理法則とは全く異質な原理の「思考の形式」が存在して、その「思考の形式」の一つの側面の現れが統計学なのだろう

と考へて、これを量子力学と関連付けて、二元論的言語である量子言語を提案して、「思考の形式」を定式化した。すなわち、

$$\bullet \quad \boxed{\text{測定理論}} \quad (= \text{量子言語}) \quad := \quad \underbrace{\boxed{\text{測定}} \quad + \quad \boxed{\text{因果関係}}}_{\text{一種の呪文 (ア・プリオリな認識)}} \quad + \quad \underbrace{\boxed{\text{言語的解釈}}}_{\text{呪文の使い方のマニュアル}}$$

[言語ルール 1] (cf. 2.7 節)      [言語ルール 2] (cf. 8.3 節)      [言語的コペンハーゲン解釈] (cf. 3.1 節)

である。「思考の形式」とは、突き詰めれば「ある種の言語」のことなのだと思う。

### 15.2 二元論

#### 15.2.1 二元論の復権

それにしても、「二元論」という妄想に人類が囚われたのはいつのころからだろうか？ 多分、「一元論」よりもはるか以前の何万年も昔に、発生した妄想なのだと思う。次を注意しよう。

(A<sub>1</sub>) 「二元論」はいつの時代においてもその当時の知的エリートの攻略すべき標的にされ続けて、西洋哲学の本流 [プラトン → デカルト → ロック → カント]、すなわち、



においても二元論 (認識論) が主要テーマであった。しかし、理系のセンスで言うならば何一つ成果がないにも関わらず一般大衆の心を動かしたのだから、彼らの二元論は文学のようなものなもので、いわゆる文学部哲学科の観点からの「二元論」であった。また、「南無阿弥陀仏」の「阿弥陀」は「測定できない」という意味なのだから、洋の東西を問わずに、「測定」とか「認識」とかは深遠な気分にかけてくれるマジックワードなのだと思う。

(A<sub>2</sub>) 「測定無くして、科学無し」という完全に正しい金言にも拘わらず、ニュートンが「測定 (≡ 二元論)」を排除して、一元論的ニュートン力学を提唱した。そして、これは大成功を収めた。ニュートンの慧眼には感嘆せざるを得ない。近代哲学 (デカルト、ロック、ライプニッツ、バークリー、カント) の隆盛の一因に「アンチ・ニュートン力学 (= アンチ・一元論) の気分」があったとしても、科学的な意味においてはニュートン力学の足元にも及ばなかった。

このような経緯の下に、「二元論」が科学的にはいかがわしいものという空気が蔓延してしまった。そして、

(A<sub>3</sub>) 現代統計学が二元論を隠蔽する形で、「数学の一分野としての統計学」という体裁のもとに形成されてしまった。

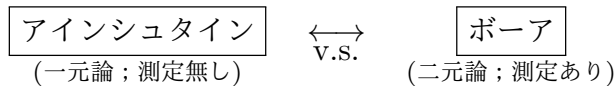
以上が我々の置かれている現状であり、「二元論の復権」が本講のテーマであった。

### 15.2.2 結局、頼りになるのは量子論

哲学の一般大衆への絶大な影響力、統計学の使い出の良さ等は認めるにしても、理論としては量子論に頼るのは当然だろう。哲学、統計学、量子論の中で、二元論に最も肉薄しているのは量子論だと考えた。というより、当然のことであるが、

(B) 一元論のニュートン力学に対抗できるのは、量子論しかない。

事実、量子基礎論におけるボーア=アインシュタイン論争：



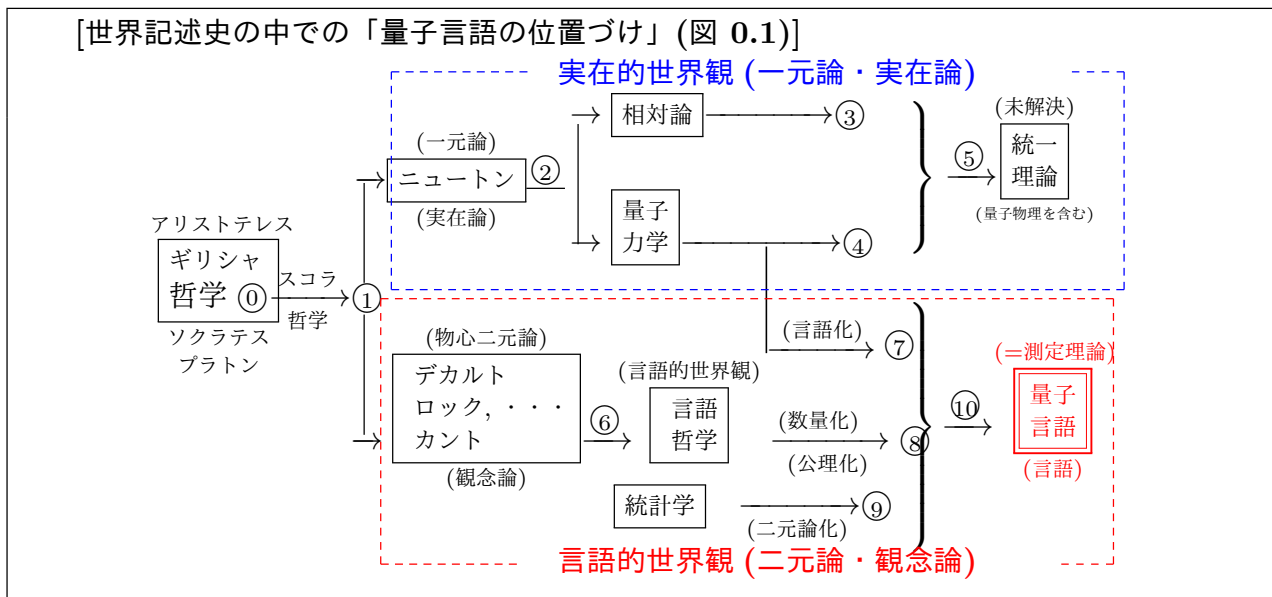
は 20 世紀における最大の科学論争であり、ギリシャ哲学 (プラトン、アリストテレス) 以来一元論に連戦連敗している二元論が一矢報いる可能性を示唆したのがベルの不等式 (4.5 節) である。

表 8.1 : 実在的科学観 vs. 言語的科学観

論争 \ [実] vs. [言]	実在的科学観 (一元論)	言語的科学観 (二元論)
ギリシャ哲学	アリストテレス	プラトン
普遍論争	唯名論 (オッカム)	実念論 (アンセルムス)
時空	ニュートン (クラーク)	ライプニッツ
量子力学	アインシュタイン (cf. [14])	ボーア (cf. [7])

(cf. 注釈 8.7 in 第 8 講 or 文献. [50]).

著者は、これを「雌雄を決する」論争ではなくて、「両者が共に勝利する」論争として、win-win で收拾させたいと考えた。これが何度も掲載している次図で、また再掲すると



である。

(C) 上図の⑦と⑨は的を射ていると信じる。二元論をテーマにした妄想的文学が科学に進歩するというストーリーの⑧は強引かもしれないが、やはり大衆の心をつかんだ哲学は捨てがたい。

そうならば、次の同値性を主張したくなる。

- (D<sub>1</sub>) 二元論を究める
- (D<sub>2</sub>) 「思考の形式」を究める
- (D<sub>3</sub>) 量子言語を提唱する

である。さて、「ボーア＝アインシュタン論争」のボーアはコペンハーゲン学派の元締めなのだから、

- (E) コペンハーゲン解釈とは、「アンチ・アインシュタイン」とか「アンチ・一元論」とか「アンチ・物理学」

ということなのだと思う。すなわち、上図 0.1 で言えば、

### コペンハーゲン解釈＝言語的世界観

なのだと思う。

---

## 15.3 量子言語

### 15.3.1 量子言語の特徴

(F<sub>1</sub>) **ノン・リアリティ (形而上学・道具主義)**: 量子言語は、「初めに言葉ありき」の精神の言語的世界観に準拠している形而上学である。したがって、量子言語のすべてが「計算の為の道具」である。道具主義としての量子力学を徹底すれば、「量子言語」になる。

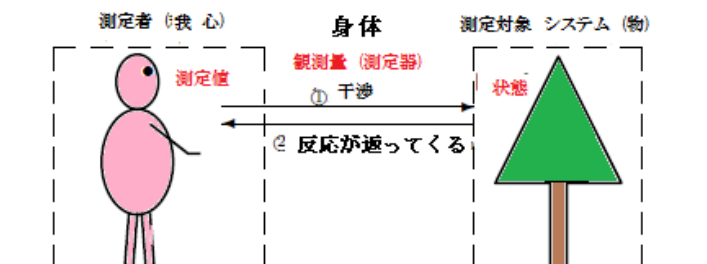
つまり、

- **実在的世界観 (物理学)** … 初めに世界があって、言葉を作ってその世界を語る  
(ニュートン力学、電磁気学、相対論…)
- **言語的世界観 (量子言語)** … 初めに言葉があって、その言葉でいろいろな世界を語る  
(統計学、量子言語)

(F<sub>2</sub>) **二元論**: 量子言語は、[測定者] と [測定されるもの] の二つで構成される二元論的言語である。したがって、

現象は一元的であるが、それを記述する言語は二元論的

となる。



[デカルト図式]測定 (=①+②) のイメージ (図3.1)

言語ということは、

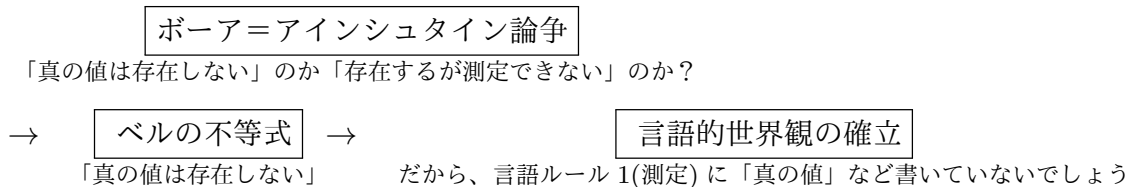
測定は形而上学的概念である

と言える。

(F<sub>3</sub>) **波動関数の収縮はない**: 「測定は一回だけ」なので、測定後の状況についての情報を得ることができない。したがって、測定後のことは一切何も言わない。測定は「(絵画・映画を観ているようなもので) 観客は舞台に上がらない」のだから、波動関数の収縮は意味を

もたない (ただし、9.2 節で述べたように射影仮説 9.7(=射影仮説もどき) を実現させる技法はある)

- (F<sub>4</sub>) **隠れた変数の非存在**: 「隠れた変数 (=真の値)」の定義が明確とは言えないので、Bell の不等式 (cf. 4.5 節) の論法を完全に納得しているわけではないが、隠れた変数の非存在というベルの理論は、二元論 (量子言語) への強力な援護射撃である。  
すなわち、



と考える

- (F<sub>5</sub>) **非決定的**: 決定的因果作用素だけでなく、マルコフ因果作用素も考える。したがって、シュレーディンガー方程式とかニュートン方程式だけでなく量子デコヒーレンスとか拡散方程式も含む。これにより、量子言語で「シュレーディンガーの猫」の記述も可能になる。そうだとすると、これは真の解決 (というものがあるとして) からは程遠い。量子言語は道具主義にすぎないからである。
- (F<sub>6</sub>) **非局所性・超光速**: 遠隔作用を認める。これが、唯一の (天才待ちの) パラドックスである。

### 15.3.2 いくつかの成果と反省点

本書では、すべてのページで新成果を述べたつもりであるが、特に強調したいものを反省点と共に述べておく。

[1]:ハイゼンベルグの不確定性原理 ( $\gamma$ -線顕微鏡による思考実験) の定式化の発見 (1991 年: cf. 4.3 節) は、量子言語に突入するきっかけになったこともあって、思い出深い。「測定は一回だけ」という構想で量子論 ( $\approx$  量子言語) のすべてをまとめ上げるというアイデアは当時からであるが、具体的に始動するには数年かかってしまった。それにしても、補足 4.2 でも書いたことであるが、「なぜハイゼンベルグの不確定性原理 (定理 4.15) が科学として (期待しているほど) 役に立たないのか?」は未だにわからない。

[2]:言語ルール 1 と 2 で、「測定、確率、因果関係とは何か?」に答えた。(cf. 注釈 1.3)。また、「時空とは、何か?」にも答えた (cf. 8.6 節: ライプニッツ=クラーク往復書簡)。測定、確率、因果関係、時空という言葉の使い方を量子言語で定めたのだから、「測定、確率、因果関係、時空とは何か?」に答えたことになる。言語的科学観 ( $\approx$  [言葉が先で、現象は後] の精神) を哲学と呼

ぶならば、この解答が「測定、確率、因果関係、時空とは何か？」の唯一の哲学的解答であると考える。

---

[3]: 量子言語を意図した初期の仕事は、「実践論理 (=ファジィ論理) 1997 年 cf. 文献 [25]」である。この論文で、「古典系においては、三段論法が成立 (cf. 6.6 節) が成立」を示した。量子言語 (=測定理論) の一応の形になったものとしては、2006 年の著書 :

- S. Ishikawa, *Mathematical Foundations of Measurement Theory*, Keio University Press Inc. 335pages, 2006, (<http://www.keio-up.co.jp/kup/mfont/>)

がある。コルモゴロフの拡張定理の量子言語版 (cf. 4.1 節) は量子言語の一つの到達点であると思つた。今から思うと、この拡張定理は、確率論・統計学がコペンハーゲン解釈の影響下にある証拠と考える。

---

[4]: しかし、「測定は一回だけ」という言語的コペンハーゲン解釈で一番急ぐべきは、射影公準 (cf. 9.2 節) で :

- 文献 [48] : S. Ishikawa, *Linguistic interpretation of quantum mechanics ; Projection Postulate*, JQIS, Vol. 5, No.4 , 150-155, 2015,

であった。「コペンハーゲン解釈」を名乗るならば、射影公準を初めに発表すべきであったが遅れてしまった。これは、研究当初の問題意識が「統計学の二元論的定式化」とか「二元論の復権」であり、「コペンハーゲン解釈の定式化」という意識が希薄であったことに起因するが、著者の力量不足と言われればそうかもしれない。

---

[5]: 著者にとって、統計学が一番手間取ってしまった。本書では割愛してしまったが、次の (G) で書いた統計学の諸問題 (最尤法, ベイズの方法, 半距離の導入 (信頼区間, 仮説検定, ANOVA), 回帰分析, カルマンフィルタ, 心理統計) の量子言語的アプローチは、今後も推し進めるべきと思う。

- (G) S. Ishikawa, *Linguistic interpretation of quantum mechanics: Quantum language Version 3*, Research Report (Department of mathematics, Keio university), KSTS-RR-17/007, 2017, 431 pages ([http://www.math.keio.ac.jp/academic/research\\_pdf/report/2017/17007.pdf](http://www.math.keio.ac.jp/academic/research_pdf/report/2017/17007.pdf)) 量子言語入門 (紫峰出版)

理論的根拠が明確でなくても有用な統計的手法は多々あるわけで、これらを量子言語の言葉で書いて理論的根拠を明らかにする仕事は早急にされるべきと思う。しかし、大学初年級程度の学力で使いこなすことができる統計学の手軽さは量子言語では及びもつかないわけで、



実際面・応用面で量子言語が統計学の地位を脅かすことはない

と考える。ただし、(G) で示したように、統計学の分かり切った初等的な結果でも、それを量子言語で記述してみればそのたびに新たな発見があるわけで、統計学を理論的に考えたい向きには興味をもってもらえるかもしれない。

やはり、量子言語の統計学への貢献で一番重要なのは、

「統計学とは何か？」に答えたこと

もっと端的かつ具体的に言うと

「母集団とは何か？」に答えたこと

だと思う。本書での「統計学へのアプローチの仕方」が将来的には理論統計学の標準になると信じる。

[6]: 統計学の専門家は統計力学を知らないし、その逆に統計力学の専門家は統計学を知らないわけで、統計学と統計力学の交流は皆無という現実があるが、両者ともに量子言語で記述できたわけで、今後、統計学と統計力学の関係は整理されていくと期待している (第 13 講参照)。

(H) [35] S. Ishikawa, “Ergodic Hypothesis and Equilibrium Statistical Mechanics in the Quantum Mechanical World View,” *World Journal of Mechanics*, Vol. 2, No. 2, 2012, pp. 125-130. doi: 10.4236/wim.2012.22014.

([http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=18861#.U9-VQP1\\_vw8](http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=18861#.U9-VQP1_vw8))

「エルゴード」の意味は、これが決定的だろう。ニュートン力学から統計力学を構成するときに、確率の出所がいつも問題になるが、量子言語による定式化はこの問題をクリアしている。結局、平衡統計力学は、言語的記述法によって構築された諸科学の一つと主張する。つまり、

• {	<span style="color: blue;">実在的世界観</span> <span style="color: blue;">(物理学)</span>	…ニュートン力学、電磁気学、相対論…
	<span style="color: red;">言語的世界観</span> <span style="color: red;">(量子言語; コペンハーゲン解釈)</span>	…(平衡) 統計力学、量子力学、経済学…

となる。

[7]: 著者は、文学部哲学科サイドからの「論理」に感心したことが一度もない。世界記述法を最初に宣言して議論をしていないからである。そこで、量子言語の立場からの議論として、第 6 講

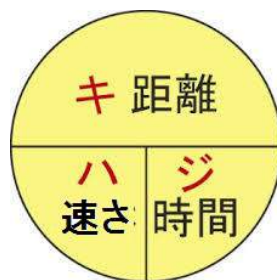
[実践論理] を追加した。挑発的に言えば、記号論理は数学を作るためにある。したがって、数学ができてしまえば、記号論理は不要になる。哲学者が「論理」に過剰に入れ込んでいるのは、「論理」を思考の形式の一種と考えているからだと思う。しかし、思考の形式としては、量子言語と「論理」の有用性は月とスッポンと思う。記号論理が精密な議論をする上で不可欠などと思っているのは、哲学者だけだと思う。理系は(さらに数学科ですら)論理学など勉強しない。哲学者以外はの大部分は、精密な議論をする上で不可欠なのは統計学と思っているはずである。真偽 [0 と 1] の 2 値論理より実数値を扱う統計学の方が精密な議論ができるのは当然で、

## 統計学 (≈ 量子言語) = 現代の論理学

と考える。文系・理系を問わず、統計学が(ニュートン力学以上に)大学での必須科目になっているという現実があるということは、「何となくみんなわかっている」のだと思う。

[8]: 12.5 節のゼノンのパラドックスはおまけの意味もある。ただし、著者は無限等比級数とか時空の分割のような一般に言われているゼノンのパラドックスについての議論には辟易としている。この節では、注意 D12.15 注意で述べたように、ハジキの公式:

$$\text{速さ} \times \text{時間} = \text{距離}$$



ハジキの公式

が形而上学的命題であることを喚起したかっただけである。

- それにしても、形而上学(とか哲学)の権威が失墜して、「いかがわしい」とか「非科学的」と見なされるようになったのはいつからなのだろうか?

本書ではこの風潮に憂いて、

科学の中心に、量子言語という形而上学が居座っている

ことを強調した。

[9]: 量子言語という枠組みを信じてしまえば、本書で示したように、「パラドックス」は一つも

ない。たとえば、

- シュレーディンガーの猫，ウィグナーの友人，遅延選択実験、

等もパラドックスではない。とは言っても、パラドックスを語れないように、言葉の使い方を制限したのが量子言語なのだから、「本質的な解決ではない」と言われればそうかもしれない。結局は、「超光速の問題 (≈ 非局所性、遠隔作用)」の意味が明確化されなければ、本質的な解決などないわけで、「臭いものに蓋」にすぎない。しかし、超光速の問題は、物理の天才の仕事で、著者の出番はない。

[10]: 第 14 講 : 「信念の確率解釈」は、量子言語の精神 :

- 言語ルールと 2 以外は一切頼らない

わけで、「初めに言葉がありきで、世界をその言葉で表現する」、すなわち、「足を靴に合わせる」という言語的世界観の方法の典型なので書きたくなった。「信念」と「確率」など異なる概念であることは明白であるが、それでも頼れるのは、量子言語しかない。

[11]: 本講では、本筋から脱線する話題として、西洋哲学の本流 [プラトン → デカルト → ロック → カント]、すなわち、



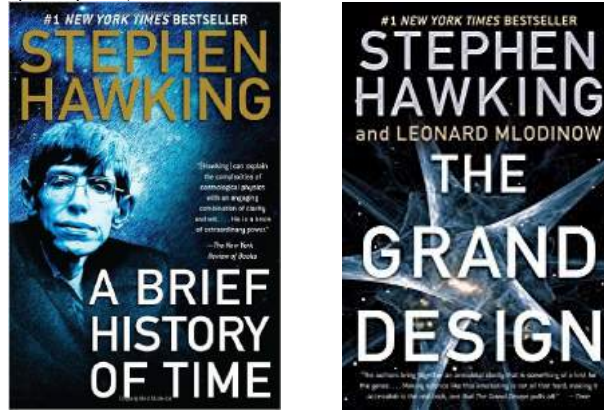
等の二元論的観念論にたびたび触れたが、中途半端だったかもしれない。次の「量子言語から見た西洋哲学史」は、量子言語から鳥瞰した西洋哲学史であり、数式を一切使わずに文芸的に楽しむように著した。副読本として、本書の理解を助けるだろう。

- ??: S. Ishikawa, *History of Western Philosophy from the quantum theoretical point of view (Ver. 2)*, Research Report (Dept. Math. Keio Univ.) KSTS-RR-17/004, 2017, 131 pages  
([http://www.math.keio.ac.jp/academic/research\\_pdf/report/2017/17004.pdf](http://www.math.keio.ac.jp/academic/research_pdf/report/2017/17004.pdf)) 量子論から見た西洋哲学史 (紫峰出版)



## 15.4 量子言語： 二元論の最終到達点

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、



(G<sub>1</sub>) 19世紀と20世紀には、科学は哲学者、いや少数の専門家以外の誰にとっても、あまりに技術的、数学的になりすぎた。哲学者は探求範囲を大幅に縮小し、今世紀のもっとも有名な哲学者のひとりであるヴィトゲンシュタインが、「哲学に残された唯一の任務は言語の分析である」と言うほどになった。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の、これはなんという凋落ぶりだろう！

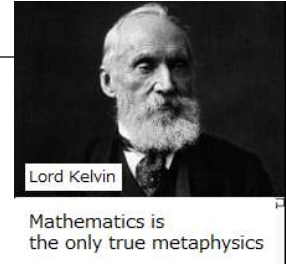
と、「哲学と科学との乖離」に苛立ちを隠さずに、率直に述べている。ホーキング博士には全面的に同意するが、凋落した原因は、テーマ選びの失敗だと思う。最先端科学の最新の成果を一般大衆に伝える語り部・伝道師はもちろん重要であるが、それは哲学者の仕事でないと著者は考える。最新科学の成果と過去の偉大な哲学者の主張の類似部分を楽しむ文化を尊重するにしても、これも哲学者のメインの仕事ではない。

そうならば、

(G<sub>1</sub>) 「アイデア」や「神」や「心」や「論理」や「時空」や「生命」や「脳」や「認識」や「宇宙」というテーマで、「哲学と科学との乖離」が解消される可能性は皆無と思う。成功する可能性があるのは、西洋哲学の本流 [プラトン、デカルト、ロック、カント等] が常に追究し続けてきた「二元論」であると確信する。

また、ケルヴィン卿 (1824年–1907年) の有名な言葉：

**数学は唯一のよい形而上学である**



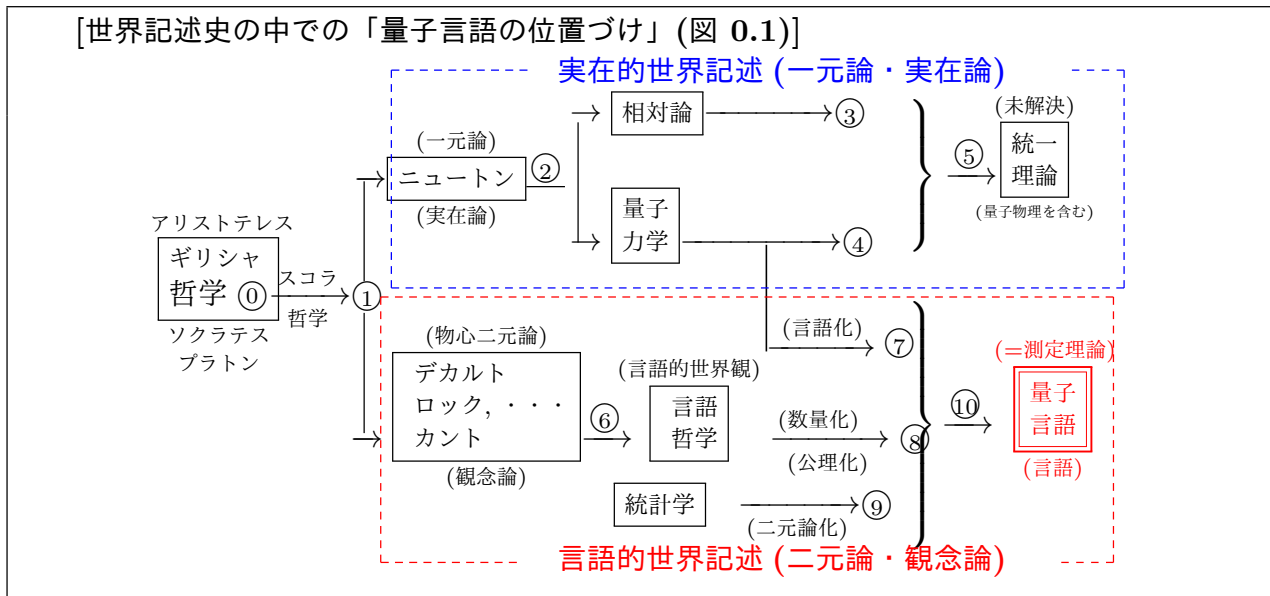
は非常に説得力を持つ言葉で、(数学以外の) 形而上学が非科学的であるような空気が蔓延している。

(G<sub>2</sub>) 事実, 統計学は, 「自身が (数学以外の) 形而上学である」ことをあまり強調せずに, あたかも, 「自身が, 数学の一部である」であるような自己アピールをしている。

いろいろと書きすぎてしまったかもしれない。第 1 章にも書いたように、ファインマン博士に

「グダグダ言わないで、言いたいことを一つだけ  
言え」

と言わたとしたら、結局は次図だけだろう。



本講では、ファインマン博士の問い掛け (第 1 章) に、

- 「量子力学には何も問題がない」という立場から

「量子論とは、何か？」

に答えた。

様々な感想があると思うが、一番予想される感想は、

(H<sub>1</sub>) 量子力学を形而上学化 (言語化) して、臭いものに蓋をただけではないか？

さらに

(H<sub>2</sub>) 「量子力学に問題がある」という立場からも解答してもらいたい。

だろう。

(H<sub>1</sub>) に関してはその通りだろう。臭いものに蓋をすれば、まえがきにも書いたように次のような世界が開ける

コペンハーゲン解釈 = 量子力学の言語的 (コペンハーゲン) 解釈 = 量子言語 (=測定理論)  
 =(コルモゴロフの) 確率論 = 統計学 = (動的) システム理論 = 量子情報基礎理論  
 =二元論的観念論

で、世界記述史を図 1.1 のように提示できるという主張だった。

(H<sub>2</sub>) に関しては、著者はお手上げである。アインシュタイン級になって、アインシュタイン級の人たちと議論してもらいたい。

### 「思考の形式」とは何なんだ

物理の法則は神が作った。すなわち、人間がいなくても確実に存在する。人類より高度な文明を持つであろう宇宙人がいたとして、かれらも物理の法則を発見しているだろう。「神の方程式」も発見しているかもしれない。同じ意味で、数学も神が作ったのだと思う。

そうだとすると、

(I<sub>1</sub>) それでは「思考の形式 (=統計学、量子言語)」はどうだろう？ 人間の知能に丁度フィットする程度の「(人間の) 思考の形式」なのだろうか？ 宇宙人には「(宇宙人の) 思考の形式」があるのだろうか？ 人智を超える AI の出現が目の今、「(AI の) 思考の形式」を人類が理解できるのだろうか？

(I<sub>2</sub>) 世界記述史 (図 0.1) の⑤の先の「神の方程式」を発見して、しかもスーパー量子コンピュータを人類が獲得したときにも、森羅万象のすべてがわかるわけではない。宇宙誕生の神話が多少正確に書き換えられるだけだと思う。したがって、我々の実生活に関わることにあいては、今後とも言語的世界観の価値は減じることはないと確信するが、そうなんだろうか？

である。最後に、著者は読者に次の問題を提示する。

**問題 15.1.** 「思考の形式」とは何なんだ？ 量子言語は奇跡の言語なのか？ 量子言語とは別の (すなわち、量子言語の対抗馬となるような) 思考の形式は存在するのだろうか？\*1

\*1 たとえば、ゲームの理論はその候補かもしれないが、マイナーすぎて、対抗馬と言えるほどのものではない。

著者はこれこそ (言語) 哲学の最大の問題であると信じる。著者よりも読者の誰かが先にこの解答に到達してほしいと願っている。

量子言語を外から見れば上述のようになるが、量子言語ありきで、使う立場からならば次のように言いたくなる。

- 本講の結論は、「量子力学は工学・実学である」であった。工学ならば、理屈や数学などに必要以上に拘ることは無くて結果オーライでどんどん前に進んで、役に立つ手法・装置・機械を提案したり、作ったりしてもらいたい。

30 年近くの講義で、多くの学生との合作として「コペンハーゲン解釈」を作り上げたと思っている。この Web-site でこのバトンがさらに次の世代につながることを期待する。