

量子力学形成期に学生だった湯川秀樹・朝永振一郎の場合

小沼通二 慶應義塾大学 名誉教授
mkonuma@keio.jp

まえがき

2025年は、ユネスコと国連総会が決めた量子科学技術年であり、これを記念して各国でいろいろな行事が行われている。9月に広島大学で開催された日本物理学会年次大会では、18日に記念シンポジウムが開催された。次ページからはこの時の講演のスライドである。いくつもの仕事を抱えていて、すぐに文章化する時間が取れないので、「素粒子論研究」編集長のおすすめにより、そのまま投稿させていただくこととした。
この機会に、本文中に出てこない文献のリストを加えた。20250930

量子力学形成期に学生だった湯川秀樹・ 朝永振一郎の場合

小沼通二(こぬまみちじ) 慶應義塾大学

2

日本物理学会年次大会(広島大)
国際量子科学技術年記念シンポジウム:
日本における量子力学の受容と展開
2025年9月18日

歩み

3

- ➡ 朝永振一郎
- ➡ 1906-3-31誕生
- ➡ 1918 京都府立1中入学
- ➡ 1923 三高理乙入学
- ➡ 1926 京大理物理入学
- ➡ 1929 京大理副手
- ➡ 1932 理研研究生
- ➡ 1937 日独交換学生
- ➡ 1939 理研助手
- ➡ 1940 理研研究員
- ➡ 1940 東京文理大理講師
- ➡ 1941 東京文理大理教授
- ➡ 1979 永眠

- ➡ 湯川秀樹
- ➡ 1907-1-23誕生
- ➡ 1919 京都府立1中入学
- ➡ 1923 三高理甲入学
- ➡ 1926 京大理物理入学
- ➡ 1929 京大理副手
- ➡ 1932 京大理講師
- ➡ 1933 阪大理講師
- ➡ 1936 阪大助教授
- ➡ 1939 京大理教授
- ➡ 1981 永眠

物理への目覚め 朝永

4

- 幼少時代から、動植物の観察を好み、中学に入ってから**理系科目は好き**だった。
- 中学5年の夏(1922)、伊勢の山田で開かれた教員の夏期講習会に、哲学者の父三十郎や、物理の玉城嘉十郎(京大教授)たちが講師として招かれた。朝永は、父に同行して玉城に紹介してもらった。
- この秋、(2022年11月)アインシュタイン来日。神戸港までアインシュタインを見に行った。感想:バイオリンを抱えて気障だ。
- 刺激されて石原純の本などを手にした。
- 石原純 『アインシュタインと相対性理論』(改造社、2021)、『相対性原理』(科学叢第一編、岩波、1921)、『エーテルと相対性原理』(通俗科学叢書第一編、岩波、1921)、『アインシュタイン全集』共訳(改造社、1922～1924)...
- 1924年 第三高等学校理科乙類(第1外国語ドイツ語)3年 理甲(第1外国語英語)の湯川のクラスの「力学」を履修して、頭角を現した。
- 幼少時代から大学時代まで病弱で、長期欠席を繰り返した。

物理への目覚め 湯川

- 小学校に入る前から、母が子供のために購読して茶の間の母の机の上に置いた『子供の友』を手にとっていた。また祖父から、『大学』『論語』『孟子』など『四書』の素読を学んだ。
- 小学校時代から、国内外の童話 小説 を手当たり次第に読みふけた。父が全 120巻を予約していた日本の古典『有朋堂文庫』毎日のように読み漁った。算数はできたが文系。
- 中学に入って、儒教から老荘に興味を移す。特に『莊子』は生涯の座右の書。数学に特に興味。
- まだ物理には興味がなく、アインシュタイン来日にも関心がなかった。
- 中国の哲学から西洋の哲学に関心が広がる。
- 自然科学出身の哲学者田辺元『最近の自然科学』で物理にに出会う。

田辺元『最近の自然科学』

- ➡ 「哲学叢書第貳編」として大正4年(1915)に初版。1922年に21版
- ➡ 田辺は東大の**数学科に入学、哲学科に転科**して1908年卒業
- ➡ 第4章 新力学 1 電磁的質量／2 ローレンツ仮説／3 運動の絶対相対に関する従来の理論／4 相対性原理／5 運動原則と万有引力の新しき理論
- ➡ 第5章 不連続的自然観 1 電気力学的自然観の不連続性／2 量子論
- ➡ 「量子論」の最後に「量子説に就いては長岡「量子論の梗概」『**東洋学芸雑誌**』405号(1915)、プランクの(ベルリン大学総長就任演説)「物理学的知識の新経路」『**東洋学芸雑誌**』397,398(1914)、ポアンカレなどを参照」するように注がつけてある。
- ➡ 三高図書館には『東洋学芸雑誌』があった。

『東洋学芸雑誌』

- 1895～1930年 日本で初めての月刊学術総合雑誌。1890年代中頃からは科学啓蒙誌
- 「量子(クワンテン)仮説」がこの雑誌に初めて登場するのは、360号(1911年9月号)の、プランクが4月21日にフランス物理学会で行った講演「エネルギーと温度」の長岡半太郎訳。
- 364号(1912年2月)には前年10～11月に行なわれたソルヴェイ会議の速報があり、出席者、エネルギーの等配、量子説の輻射に於ける応用」などの論文が提出されたこと、ブログリー(Maurice de Broglie)たちが書記だったことなどが紹介されている。
- 371号(1912年8月)には長岡半太郎の「将に来らんとする物理学の革新」

「量子」という日本語

- **長岡半太郎** 「クワンテン」仮説 (Quanten hypothesis) に就いて
- **(1911年)六月** 心理学会例会 **講演抄記**
- …「クワンテン」はそれ以上破壊せられざるもの、即ち元子的のものである。これを『**量子**』とでも訳して置こう。… <これがルーツ！！！！>
- 月刊『哲学雑誌』 294号 1911年(明治44年) pp.883～895 に掲載 (294号は創刊からの通し番号、p.883はこの年の最初からの通しページ。『東洋学芸雑誌』の番号も同じ方式。当時はこれが普通だったか?)
- 『哲学雑誌』 の創刊号は1887年(明治20年)2月 哲学会の機関誌
- 哲学会は 主に 東大哲学科に関係ある者の会。
- 「心理学会」は、現在の日本心理学会へのつながりが まったく見えない。講演の掲載雑誌から見て、東大の心理学科？関係の哲学会の下部組織だろうか？

日本で最初の量子論研究論文 石原純

- 石原純(1881~1947)1911 東北帝国大字助教授
- Jun Ishiwara: Beiträge zur Theorie Lichtquanten, Sci. Reports Tohoku Univ. 1 (1911-12) pp. 67-104 光量子論への寄与
- 石原純 『物理学の基礎的諸問題』第1輯 岩波 1923年(大正12年)4月 相対論関係が大部分 量子論など『思想』の「科学雑録」に載ったものも。 関東大震災で紙型が消失、重版不可能に。
- 石原純 『物理学の基礎的諸問題』第2輯 岩波 1926年(大正15年) 主として量子論、原子理論。湯川は 本書を生涯 手の届く書齋に置いた。朝永は『思想』を待ちわびて読んだ。

湯川の高校2年 Fritz Reihe: Quantum Theory (1922) との出会い 1924

- ➡ 丸善で偶然見つけ、わからないながら、面白かった。
- ➡ 私の今日(1957)までの50年を通じて、一冊の書物からこれほど大きな刺激、大きな激励を受けたことはなかった。
(最後の7行を翻訳して 新聞連載の自伝『旅人』に掲載)
- ➡ ライヘは 当時Breslau大学教授 理論物理学者

CONTENTS	
CHAP.	PAGE
INTRODUCTION	1
I. THE ORIGIN OF THE QUANTUM HYPOTHESIS	2
II. THE FAILURE OF CLASSICAL STATISTICS	13
III. THE DEVELOPMENT AND THE RAMIFICATIONS OF THE QUANTUM THEORY	16
IV. THE EXTENSION OF THE DOCTRINE OF QUANTA TO THE MOLECULAR THEORY OF SOLID BODIES	29
V. THE INTRUSION OF QUANTA INTO THE THEORY OF GASES	68
VI. THE QUANTUM THEORY OF THE OPTICAL SERIES. THE DEVELOPMENT OF THE QUANTUM THEORY FOR SEVERAL DEGREES OF FREEDOM	84
VII. THE QUANTUM THEORY OF RÖNTGEN SPECTRA	109
VIII. PHENOMENA OF MOLECULAR MODELS	117
IX. THE FUTURE	125
MATHEMATICAL NOTES AND REFERENCES	127
INDEX	181

ライへの本の最後の文の湯川訳

- これ等の問題のすべての上には、今のところ神秘的な朦朧（もうろう）がとびまわっている。私どもの前には、巨大な経験的及び理論的材料が置かれているが、**この朦朧を照らすべき思想の焰（ほのお）は、まだ燃え上がっていない。私どもの世代の大きな努力が成功をもたらす日の遠くないことを、期待しようではないか。**

高校3年 堀健夫の力学

- ➡ 堀健夫(1899-1994) 京大物理卒業
- ➡ 25歳の時1925年に第三高等学校講師として、湯川のクラスの力学を担当。理乙の朝永と小堀憲が、選択して参加。
- ➡ **毎回問題を解かせた。**
- ➡ 北大文書館にその時の閻魔帳が 残されている。朝永は常時高成績、湯川は、習っていない方法で取り組み、成績上下。
- ➡ この年、朝永三十郎の長女志づと結婚。朝永と「振ちゃん」「健兄さん」の関係になった。1925～1928年 ヨーロッパに留学。
- ➡ **朝永(大学2年)の手紙: 病気だったため人の2倍試験を受けなければならない。実験もやりたいが、体力がなく理論に行かなければならない。成功できるかどうかわからないが。筆不精なのに、長文のユーモラス。(月刊『みすず』に公開)**

大学時代

13

- ➡ 湯川: 大学に入って間もなく **長岡** 半太郎 (東大教授) の講演「物理学の今昔」を聞いて感銘を受けた。
- ➡ 湯川 1年生 それから間もなく刊行されたばかりの **M. Born** の *Probleme der Atomdynamik* を丸善で買った。新しい量子論の概要。難解だが魅力的。
- ➡ 朝永 長期病気欠席 2年生の学期末に受けなければならない試験が ほかの人の2倍
- ➡ 湯川 2年生 専門雑誌のバラバラに出ている **E. Schrödinger** の論文を、順に読んでいたら、それらをまとめた波動力学論文集が出たので入手。



大学 3年生

14

- ➡ 雑誌会での論文発表 (⇒ 卒業論文)
- ➡ 湯川 O. Klein, Elektrodynamik und Wellenmechanik des Korrespondenzprinzips, *Zeitschrift für Physik*, 41, pp.38, 407—442 1927
- ➡ 朝永 W. Heisenberg, Mehrkörperproblem und Resonanz in der Quantenmechanik, *Zeitschrift für Physik*, 38, pp.411–426 1926; II 41, 239–267 1927
- ➡ 朝永は卒論には触れずこの雑誌会のことを繰り返し語っている

湯川の卒業論文関係史料(s03-15) 河辺六男整理 1/2

15

Z10 U07 京都帝國大学理学部物理学科卒業論文	
Fragment A	「卒業論文」 [目次(鉛筆書き)] 第一章 Schrödinger ノ理論ノ概要 § § § Kepler Problem § Two Center Problem § Non-conservative System, Dispersion 理論 § 第二章 第三章 Dirac ノ磁性電子論 § § § 第四章 Dirac ノ電子論ノ拡張 第一章 Dirac ノ磁性電子論 §1 点的 / 序文
Fragment B	§ Broglie ノ波ニツイテ
Fragment C	[現象の物理学的認識の三構成要素(時空・実体・因果律), 等]
Fragment D	[Eq.(1)–Eq.(15') の部分欠] [Eq.(16)–Eq.(18'')] § 水素原子ノ問題ヘノ応用 [Eq.(19)–Eq.(25)]
Fragment E	§ 其ノ他ノ応用例 [Eq.(26)–Eq.(28)]
Fragment F	[二中心問題.] § Solution of the wave equation
Fragment G	§ Extension to nonconservative system § [同種粒子波動関数(未完)]
Fragment H	「論文原稿」 §1 Three dimensional representation of many body problem §2 Deduction of many dimensional equation §3 Interpretation of symmetric and antisymmetric eigenfunction of the system with similar particles

- ➡ 全頁PDF 公開
- ➡ 未完成 Fragments
- ➡ 目次
- ➡ De Broglie の波
- ➡ 時空・実体・因果律
- ➡ 題「論文原稿」

湯川の卒業論文関係史料(s03-15) 河辺六男整理 2/2

16

	Helium Spectra and Broglie wave		p.10
	[多体問題].	ins(13,[14])	藁半紙 3
	§4 Angeregte Zustand des Atoms		p.[14]
	Two Body Problem (Hydrogen atom)		p.[17]
	[計算: Hydrogen ノ問題].	ins([17],[18])	藁半紙 4
	§ Dirac ノ理論ノ拡張		p.[19]
	[計算].	ins([31],[32])-1	藁半紙 3
	[計算].	ins([31],[32])-2	藁半紙 2
Fragment I	[Radiation と物質との相互作用の取扱]		2(+1)
Fragment J	[輻射と物質の相互作用の量子論]		藁半紙 5
Fragment K	[Dirac, the Quantum Theory of the Emission and Absorption of Radiation, PRS 114 243 抄録]		藁半紙 5
Fragment L	On the Polarization of Light-Quanta		3(+2)
	§ Introduction		
	§1. Wave equations for a light-quantum in free space		
	§2. Light-quanta in the electromagnetic field		
Fragment M	[ME] Schrödinger Wellenmechanik		藁半紙 10
Fragment N	[ME] Methoden der Math. Physik		藁半紙 12
Fragment O	[論文筆写]		37(+36)
	Dirac, The Quantum Theory of the Electron, PRS 117 610(1928)		p.1
	Dirac, The Quantum Theory of the Electron. Part II, PRS 118 351(1928)		p.18.
	P.Jordan und O.Klein, Zum Mehrkörperproblem des Quantentheorie, ZSP 45 751		p.31.
	C.G.Darwin, The Wave Equations of the Electron, PRS 118 654(1928)		p.49.
Fragment P	[論文筆写]		12(+12)
	W.Gordon, Die Energieniveau des Wasserstoffatoms nach Diracschen Quantentheorie des Elektrons, ZSP 48 11.		p.1.
	W.Gordon, Über den Stoss zweier Punktladungen nach der Wellenmechanik, ZSP 48 180(1928)		p.5.
	W.Elsasser, Zur Theorie der Stossprozesse bei Wasserstoff ZSP 44 522(1928)		p.18.
	R.Oppenheimer, On the Quantum Theory of the Problem of the Two Bodies, PCPS 23 422(1926)		p.22.

➡ 論文筆写

仁科芳雄との出会い

- ➡ 1928年にヨーロッパから帰国
- ➡ 1931年に京都で集中講義
- ➡ この時 湯川と朝永は、仁科と血縁の坂田昌一の紹介で、宿舎の仁科を訪問し、認められる。2人は、仁科がなくなるまで 親のように慕い、仁科も目をかけ続けた。
- ➡ この年に湯川と朝永が日本数学物理学学会に入会

Heisenberg と Dirac の来日

18

- **1929年9月**に財団法人啓明会が理研の協力の下で招聘
- 2～7日に東大と理研で講演。仁科が翻訳編集して 啓明会紀要第11号（1932年4月20日、80銭）に160ページの報告
- 翌年**1930年発行の** W. Heisenberg: Die Physikalischen Prinzipien der Quantentheorie と P. A. M. Dirac: The Principles of Quantum Mechanics の**内容を含む**
- 朝永・湯川は、京都から聴きに行った。
- **朝永の感想:これまでの理解でよかった**

目次

本會常務理事序文.....	1
仁科芳雄氏緒言.....	3
ハイゼンベルク教授講演	
I. 不定關係と量子論の物理的原理.....	5
II. 強磁性論.....	14
III. 電氣傳導論(プロツホ著).....	36
IV. 量子論に於ける遅延ポテンシャル(パウリ共著).....	58
ディラック博士講演	
I. 重疊原理と二次元の調和振動體.....	81
II. 統計量子力學の基礎.....	96
III. 多くの電子を有する體系の量子力學.....	105
IV. 相對性電子論.....	127
附錄 本會寄附行爲及職員並出版物表	

研究発表と講義の開始 1/2

- 仁科芳雄、梅田魁、朝永「中性子の散乱及び吸収」、理化学研究所第22回講演会 1932年秋 原子核と中性子のポテンシャルを3つの仮定の下で計算。その一つが $Ze^2 \cdot e^{-\lambda r} / r$ (H.S.W.Masseyが多電子原子に初めてこのポテンシャルを仮定)。1933年の日本数学物理学会年会(仙台)でも仁科・朝永が講演。湯川が後で質問し、朝永が丁寧な書簡。湯川中間子論に貢献。(逆に、朝永のくりこみ理論の出発点の超多時間理論は、湯川のマルの理論が引き金)
- 湯川:「核内電子について」1933年の日本数学物理学会年会(仙台)。仁科がBose 粒子を示唆。

研究発表と講義の開始 2/2

- Y. Nishina and S. Tomonaga: On the creation of positive and negative electrons, *Proc. Phys.-Math. Soc. Japan* 3 (1933) ?
- H. Yukawa: On the Interaction of Elementary Particles I, *Proc. Phys.-Math. Soc. Japan* 17, 48-57 (1935)
- 湯川 1932年 京大理 講師 量子力学を講義(学生の中に、坂田昌一と小林稔がいた。翌年の学生の中に 武谷三男) 1942年 東大教授を兼ね 空襲下でも集中講義(1946年1月まで)
- 朝永 1940年 東京文理科大学講師 (翌年 教授) 戦後は東大でも講義 戦後の文理大大久保分室での金曜ゼミには、東京中から参加 (私も 最後のころ参加)

マグネトロン研究 前期量子論の応用 朝永・小谷 正雄の日本学士院賞

- 戦時下のマグネトロン(磁電管)の軍事研究。目標の強力なマイクロ波の発振が困難だったので、仁科が相談された。仁科は、1941年に東京文理科大学に移り、電磁気学の講義をしていた宮島龍興を協力者に選んだ。
- 宮島から、工学系の人との理解のギャップを繰り返し聞いた朝永は、**古典量子論でよく使われた「周期をもつ系に対する摂動論」を応用**して困難を原理的に解決。小谷正雄が、朝永理論の本質を初等的に扱う可能性を指摘。これが戦後の日本学士院賞の対象になった。
- これに続いて、立体回路の問題に、素粒子・原子核分野のS 行列理論を応用。

著作 1/2

22

- **Dirac 量子力学第2版** 1935 仁科芳雄、朝永、玉木英彦、小林稔訳、**岩波 1936**。物理を最前線に出し、数学的、理論的厳密さは第二義。訳語の存在しない語が現れることが少なくなかった。(原著初版は1930年。1929年と1935年に来日。)御殿場の東山荘に合宿して翻訳。
- **湯川の量子力学序説** 戦時下の1944年8月に(最後?の)原稿渡し、10月に序文を書く。(1943年8月に政府は「科学研究は戦争遂行が唯一絶対の目標」と閣議決定。)校正が相当進捗している最中に、印刷所の強制疎開で組版が壊されてしまった。戦後の1945年12月京都の印刷所で最初から組み始めた。刊行は**1947年2月**。2021年に大阪大学出版会が、現代語版を刊行。
- 湯川は、1944年の序文に、「物理学のみならず化学に於いても、最も基礎的な地位を占める理論体系である。更にそれは工学の諸分科や、生物学・生理学・心理学乃至は哲学にまで重大な影響を及ぼしつつある。」と記述。今日までの発展を予想。

著作 2/2

- **朝永：量子力学 1、東西出版社 1948 ⇒ 学芸社 1951 ⇒ みすず書房 1952**
- 量子力学はいかにして作られたか。出来上がる経過は教訓的。科学史の書物ではない。物理的な核心を抉り出すように努力して、数学的厳密さ、一般性は犠牲。
- I はエネルギー量子の発見から物質の波動論まで。学芸社版で物質の波動論は II に譲ると予告。II はみすず書房から1953年に刊行。物質の波動論から、波動と粒子の矛盾の調和まで。実際の物理的応用は III に譲らねばならぬと予告。(1951年の仁科の没後、仁科の役割の多くを継がざるを得なかった。)生前 III が出ることはなかった。

まとめ

- ➡ 前期量子論の時代から 量子力学の誕生時代に物理を学んだ湯川・朝永は、講義もなく、指導者もない中で、努力を重ね、短期間に量子力学を身に着け、業績をあげた。
- ➡ 量子力学ができてから学んだ後の世代と異なり、前期量子論も深く理解していた。
- ➡ 講義・著作・翻訳は、あいまいさを許さないので、その機会に本人の理解を深めたと思われる。
- ➡ この時代の中にいた人物を中心に置き、周辺を見ていくことによって、相互の関係、見えていなかった事柄が見えることがあると思う。

追加と本文で記述しなかった文献 1/2

- 追加：理化学研究所を中心とした東京の動きは京都での動きより早かったが、そこまで話題を広げる余裕はなかった。
- 1 松井巻之助編『回想の朝永振一郎』みすず書房 1980年
- 2 湯川秀樹 旅人』角川ソフィア文庫 1960年 初出は朝日新聞夕刊連載 1958年3月18日から7月8日まで
- 3 『朝永振一郎著作集 11 量子力学と私』みすず書房 1983年
- 4 小沼通二・杉山滋郎「若い日の朝永振一郎」『みすず』2009年4月号 p.8 みすず書房
- 5 池上四郎「日本で最初の財団法人「啓明会」—その設立と推移」『MEDICHEM NEWS』1996年11月 p.9

本文で記述しなかった文献 2/2

- 6 物理学史資料委員会 学会150年史連載編集グループ「学会の歩み150年 Part 1 通史記事 全国組織への発展と戦時統制の影響:1928—1940」『日本物理学会誌』80巻4号 2025 p.193
- 7 朝永振一郎「第12話 最終講義 一付け足しと思えばなし」『スピンはめぐる』中央公論社 1974年
- 8 西尾成子『科学ジャーナリズムの先駆者 評伝石原純』岩波書店 2011年
- 9 宮島龍興「あのころのこと—先生とマグネトロン研究」『朝永振一郎著作集 別巻3 朝永振一郎 人と業績』みすず書房 1985年 初出は『自然』1965年12月号 中央公論社
- 10 Sin-itiro Tomonaga, *Scientific Papers of Tomonaga, Vol.1* 1971; *Vol.2* 1976 Misuzu Shobo
- 11 筒井泉「量子の自然観:日本での事始め」『科学』2025年8月号 岩波書店