

小島 英夫 (静岡大学) 訳

量子力学の最初の数年間(その1) R. パイエルス (クヴァント 1988, No. 10, 2-9pp)

パイエルス (Rudolf Ernest Paierls, 1907. 7. 5-) の名前は1960年代の学生たちの間では良く知られている。また、かれの著書「自然の法則」は彼らの多くを物理学に向かわせたといっても過言ではないだろう。

専門家の間では、ロンドン王認協会のパイエルス教授の名前は、固体物理学の理論、数理物理学、量子力学、核物理学の領域における確固たる古典的な業績と結びついている。ここで長い研究生活において彼が取り扱った全ての問題をこれ以上詳細に数え上げることはとてもできない。

ベルリン生まれではあるが、パイエルスはその長い人生の大部分をイギリスで過ごした。マンチェスター、ケンブリッジ、バーミンガム、オックスフォードの各大学で働いた。第二次世界大戦中にはロスアラモス(USA)で原子力の領域の研究に従事した。1987年の秋にはソ連邦科学アカデミーの招待でモスクワを訪れた。量子力学の形成過程と彼の仕事についてのパイエルスの講演は、科学界の多くの注目を集めた。物理学問題研究所のホールは種々の世代の物理学者—学生からパイエルスの同世代の研究者まで—によって埋められた。彼の長い人生で(当時彼は81歳だった)パイエルス卿は殆どすべての20世紀の代表的な科学者と会い、一緒に研究した経験があった。彼ら—自分の師と同僚について、かれは講演のなかで触れている。それは目撃者の証言、よどみのない、生き生きとした詳細に富んだ、的確で好意あふれる性格描写であり、繊細なユーモアに富んだ講演だった。その名がすでに教科書や百科事典に載っている学者が、それぞれ個性と独創性を持った同時代の人々を聴衆に紹介した。それは文字どおり現代物理学の基礎が形成された数年間という注目すべき時期の雰囲気を感じ取ることを可能とした。



パイエルスの講演はロシア語でなされたので、この記事では И. Н. Арутюнян (I. N. Arutyunyan) の速記した講義録をつかって、彼のスタイルの特徴をできるだけ保つよう試みた。

自分自身のことから話を始めることをお許し頂きたい。普通の話と違って、自分の個人的な印象について話すつもりなので、始めに自分について語らねばならないのです。私は1925年に大学に入学しました。今だから言えるのですが、私が物理学を選んだのはそれが

興味のある学科で、急激に発展していたからです。しかし、それだけでは正確ではありません。私をもっともなりたかったのは技術者でした。それは、飛行機、新しい自動車が発展した時期であり、子供が技術者になりたいと思うのは自然だったのです。しかし、私が

技術者には向かず、よい技術者にはなれないだろうと誰かが言いました。それで、自分の夢に最も近いと思った物理学を選んだのです。

私はベルリンにある大学に1925年に入学しました。ベルリンは私の家があった町でした。遠くへ行くには私が若すぎると両親は考えたのです。ベルリン大学で私はプランク<sup>1</sup>の講義を聴きました。それは私が聴いたなかでは最も退屈な講義でした。プランクは彼の書いた理論物理学の教科書を文字どおり読んだのです。あなたが教科書を持っていれば、一行毎にテキストを追うことができたでしょう。プランクはとても有名でしたが、私たちはそれを当時は全く知りませんでした。プランクの通常の講義が終わって、ボーア原子やそれに類する全ての事柄をボーテ (Walter Bote) の講義で初めて聞きました。(ボーテは後に原子核物理学者になりました。)そこで私には



ゾンマーフェルト(左)とパウリ。パウリはとても礼儀正しく、控え目に見える(いつもはそうでない)。彼はかつての自分の教授にたいしては、いつもこのような態度だった。パウリ自身それを「学生コンプレックス」と呼んでいた。

きりしたことは、物理学になにか新しい、真に興味有ることが起こっているということでした。

一年経って、私はベルリンを離れるのに充分丈夫になったと思いました。私は当時の最も優れた理論物理学の教授、ゾン

マーフェルト<sup>2</sup>がいたミュンヘンに移りました。それは理論物理学が華々しい時期でした。量子力学が創られ、あらゆる事柄がどんなに急激に起こるかは誰にも言えない時でした—実際には2年間だったのです。

ちょうどこの時に私は大学に入り、一年経つか経たないうちに量子力学の論文を読むことができたのです。しかし、その定式化をするには私は遅すぎたのです。人生をもう一度繰り返すことができるものならば、私は1年か2年早く生まれたいと思います。ブロッホ<sup>3</sup>は後に説明しました、全ての人が新しい理論を創る能力を持っているわけでないし、われわれはそれを応用する時期に生まれ合わせたのさ。私に関しては、その言葉は真理でした。古典物理学で解くと矛盾が生ずるような何かの問題を取り上げ、それを量子力学をつかって解くのにも最も適した時期でした。

このようにして、私はゾンマーフェルトの所へ行ったのです。彼は背は低い、大きな口髭をたくわえていました。学生たちはときどき彼を「上半身プラスアルファ」と呼んでいました。ゾンマーフェルトはかなり勿体振った様子をしており、Geheimrat—枢密顧問官の肩書きを持っていました。それは現在のアカデミー会員の称号に相当し、彼はそう呼ばれるのを喜んでいました。一人のアメリカ人の学生が最初それを知らずにゾンマーフェルトに単なる「Herr Professor」(教授殿)を使いました。1、2週間経って彼は事情を呑み込み、次に会ったときゾンマーフェルトに「Herr Geheimrat」を使いました。ゾンマーフェルトはそれに気がついて、彼のドイツ語がこの前会ったときにくらべて随分うまくな

- 1) 訳注(以下同じ) Max Planck (1858-1947)。熱放射の研究で1918年にノーベル物理学賞を受賞。1900年にプランクが唱えた振動子のエネルギーの量子仮説が量子物理学を生む端緒となった。彼の書いた理論物理学教程は日本語に訳され、多くの読者をもった。
- 2) Arnold Sommerfeld (1868-1951)。1906-1946年、ミュンヘン大学教授。量子論の基礎を形成する多くの優れた研究をすると同時に、ハイゼンベルグ、パウリ、ディラックなどを育て、彼らはゾンマーフェルト学派と呼ばれる。物理学教程全6巻が邦訳されている。
- 3) Felix Bloch (1905-1983)。金属電子論、強磁性体論、磁気共鳴吸収法などで、優れた業績を残し、1952年ノーベル物理学賞を受賞した。

った、と言いました。

しかし、大学でのゾンマーフェルトはわれわれにとって全く Geheimrat (枢密顧問官風) ではなく、われわれは彼をそう呼んだことはありません。彼は学生にとっても、大学院生にとっても素晴らしい教師で、きわめて分かりやすい講義をしました。それらは出版され、いまでもその価値を失っていません；それは今でも読まれるべき本です。ゾンマーフェルトはいつもこう言っていました：科学としての理論物理学はいつでも実験事実に基づかなければならない。彼はわれわれに、あれこれの理論的法則がどのような実験事実に基づくのかを忘れないように注意しました。

ゾンマーフェルトは数学を非常によく理解しており、非常に有益な多くの純粋数学の論文を書いているくらいですが、あまりペダンチックではありませんでした。こんなこともありました。金属電子論の講義をしていたとき、黒板で計算しながら途中で因子2を落としてしまいました。われわれはそれに気がついていましたが、それはたいしたことではないと思っていました。最後に、彼はヴィーデ



山でスキーをするゾンマーフェルト。彼の外見のどこにも枢密顧問官の称号のかけらも見えない。

マン-フランツの法則を導き出しましたが、この法則の数係数はよく知られたものです。そこで彼は、結果が正しくないのに気付きました。われわれは彼がどうするかに興味を持って見て

いました。誤りに気がついたゾンマーフェルトは、ただちに、右から左に向かう電子に加えて、今度は左から右に向かう電子を考慮すると言って、必要な場所に落とした因子2を書き加えました。

ゾンマーフェルトは山の中に小さな別荘を持っており、ときどき大学院生や教授達を招待しました。そこで彼は、セミナーでの私の最初の発表を許可してくれました。ちょうど変換論に関するディラック-ヨルダンの論文が出たときでした。ゾンマーフェルトは言いました：「この論文を私はまだよく理解してないので、それを君がわれわれに説明してくれませんか？」大学に入学して未だ2年も経っていない学生にとって、それは難しい問題でした。しかし私は喜んで引き受けました。セミナーの他の参加者がそれを読んでいたのかどうかは知りませんでした。私自身にとってそれは非常に勉強になりました。

当時ミュンヘンには大学院生としてベータ<sup>4</sup>がいました。彼は私より1才年上でしたが、その年代ではそれは大きな違いでした。私にとってベータはなんでも教えてもらえる物知りに見えました。われわれはみんなベータと親しい友人になりました。彼は今でも私より1才年上です。もうそれは大した問題ではありませんが、いまでも私には彼から学ぶものがたくさんあります。

私はミュンヘンに1年半滞在しました。もっとそこにいたかったのですが、ゾンマーフェルトがアメリカへ半年から1年行くことになりました。私は彼の勧めに応じて、ライプツィヒでハイゼンベルグと一緒に研究することにしました。

ハイゼンベルグ<sup>5</sup>は、ゾンマーフェルトとはまるで違っていました。ゾンマーフェルトがいくらか Geheimrat であったとすると、彼は

4) Hans A. Bethe (1906-), 金属電子論, 原子核論, 素粒子論などで優れた研究をし, 1967年ノーベル物理学賞を受賞した。

5) Werner K. Heisenberg (1901-1976), シュレーディンガーと独立に量子力学を創り上げる, 不確定性原理, 強磁性体論, 場の量子論, 原子核論, 素粒子論に優れた業績をあげる, 1932年にノーベル物理学賞を受賞。

まったくそうではありませんでした。一見して分るように、いつでも彼は非常に謙虚でした。大抵、毎週セミナーがあり、その前にティータイムがありました。教授自らお菓子屋へ行って、適当なケーキを買ってきました。こんなことがあったのも思い出します。たしか当時ハイゼンベルグの助手だった一人の同僚が、教授ともあろうものがお菓子屋へなど行くべきでない私を説得しました。それは、彼がウィーンの出身で、それが何を意味するかを知っていたということです。どうやら、それはハイゼンベルグがライブツィッヒに居ないときのことだったようです。

ハイゼンベルグは卓球がとても好きで、また上手でした。われわれもみな暇なときには卓球をしました。あるとき中国の物理学者がやってきましたが、彼はハイゼンベルグより上手でした。それはセンセーションを巻き起こしました。私がおのち聞いたところでは、船でアメリカから日本へ行ったとき、ハイゼンベルグは二度とそんな目に会わないように毎日練習していたということです。

ハイゼンベルグは純粋数学が好きでなく、必要な道具としか考えていませんでした。彼の方法は次のようなものです。問題を熟考してから、解を推量し、それからその解を与える数学的方法を選ぶのです。ハイゼンベルグのような優れた直感があれば、これは良い方法です。そうでないと、これは少々危険な方法です。

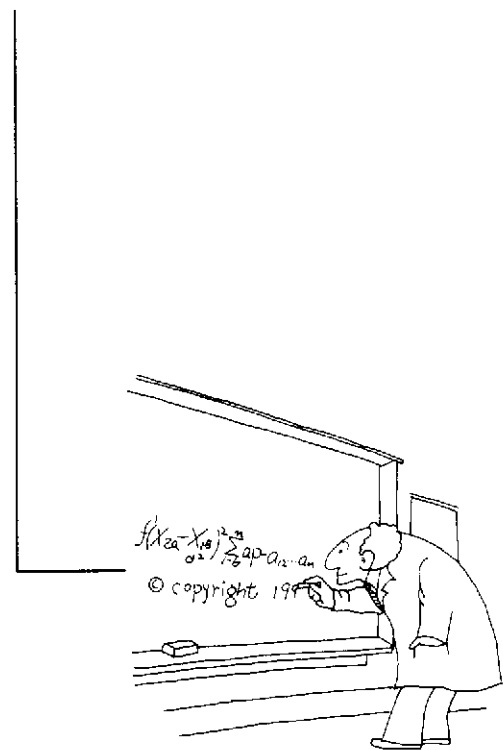
ライブツィッヒで私は自分の最初の論文を書きました。それは異常ホール効果と呼ばれる現象に関するものです。

金属片を磁場中におき、電流を流すと、電流と磁場に垂直な方向に電位差が生じます。これは磁場によって電子がずらされるからです。ところが、金属によってはこの効果は符

号が逆転します。現在われわれはそれを説明するのに、そのような物質では電流が電子ではなく正孔によって運ばれるといいます。しかし当時はこの問題については説明がついていず、ハイゼンベルグは単にこう言いました：プロッホが金属の電子論を創り上げたが、君はそれをつかってこの問題を取り扱ってみないかね。うれしいことに、それは実際に可能で、私はこの問題を解きました。

私はライブツィッヒに数年間いました。ハイゼンベルグはアメリカへ招かれ、彼は休暇をとって出掛けました。彼の要請で、私はチューリッヒへ行き、パウリ<sup>6)</sup>と一緒に仕事をすることにしました。彼のところで私は博士論文を書きました。一言述べておきたいことは、休暇とアメリカへの招待が私には非常に恩恵を与えてくれたことです。そのために私はこのような先生方とのすばらしい出会いを持つことができたのです。(次号へつづく)

(訳 こじま ひでお)



6) Wolfgang Pauli (1900-1958). 相対性理論、パウリの原理を含む量子論、場の量子論、素粒子論で優れた業績をあげる。1945年にノーベル物理学賞を受賞した。