

ころです。東京ではすでにそのころそういうかなりシステマティックな講義ないし講演が行なわれていたわけです。

* このとき杉浦先生はヨーロッパ留学から帰国されてまもないころだった。先生はゲッティンゲンでダイラックやオッペンハイマー(Oppenheimer)と一緒に研究されたのですが、私は先生からそのころの思い出はなしをうかがったことがあります。

ゾンファルトの講義の方はどういうのかといいますが、数物学会誌の記事では、大體、かれの著者の一つ、『原子構造とスペクトル線』(Atombau und Spektrallinien)の波動力学的追加篇(Wellenmechanischer Ergänzungsband)にもとづいた内容らしい。それを四日間にならしてしゃべっている。またそのほかに通俗講演を二つばかり行ったようです。一方京都大学でもゾンファルトはこの二つの通俗講演を行ったのを私も記憶しております。

これもまた少し脱線ですが、京都大学の講演でゾンファルトは水素原子のレベルをスライドでうつして、竹の棒でそれを指しながら、電子が上のレベルから下のレベルに落ちると、そのときに光がでるのだという話をしていました。そしてそう説明しながら、彼は教壇をあるいていたんですが、うしろ向きにあるいていたものだから教壇のふちが

ハイゼンベルクとダイラックのほうほうで講義をして、その帰途昭和四年の九月に日本に立ち寄り、理研と東京大学で六日にわたって連続の講義をしたわけです。この二人を招聘したのはやはり理化学研究所だったんですが、お金はほかから、財団法人の啓明会というのがある、そこからでたということで、仁科さんが中心になってこの講義の催しはこなされました。そしてそのときの講義が、啓明会で出した紀要第十

見えずに、そこから下に落っこちたわけです。最前列に座っていた私の先生、玉城嘉十郎先生があわてて抱きとめた。そんなことがありました。そのときゾンファルト少しも騒がず、いま自分が落ちたように電子もここからここへ落ちる、そんなことをいって聴衆を笑わせたことを憶えております。

ハイゼンベルクとダイラックの来日

もう一つお話ししておかねばならぬことは、一九二九年、すなわち昭和四年私が大学を出た年に、ハイゼンベルクとダイラックが日本へやってきたことです。かれらは東京でそれぞれ四つづつの講義をしましたが、これは本格的な講義でして、内容もひじょうに専門的な、当時としてはもっとも先端的な講義でした。

ところでこれから三つずつの講義は東京大学でありましたが、やや通俗的な講演が、その前に理研でおこなわれました。ハイゼンベルクが「不確定性関係と量子論の物理的原

けになつたように思っています。

にもかかわらず、それでは、それほど難解だとは思わず、だいたいわかつたような気がしました。とにかく直接話されるのを聞いて、それでわかつたものですからむしろ自信を得るきつ

いしたので、それほど難解だとは思わず、だいたいわかつたような気がしました。と

しくのべられるあの論法です。これらの講義内容は、すでに雑誌にでていたのを読んで

を一つのオブザーバブルな、力学的な量であると考ええる。のちにダイラックの本でくわ

ダイラックはかれ一流のやり方で導きだしている。つまり、電子のパーミューション

アイデアで議論しています。この事実はいろんな人がすでに知っていたんですけど、

力を、見かけ上スピン・スピンの相互作用のようにあつかえることを、ひじょうに面白

と。もうひとつは多体問題、「多くの電子を有する体系の量子力学」。これは電子の交換

の位相空間の確率密度に相当するものが、量子力学では密度行列になるというようなこ

「統計量子力学の基礎」というので、これは密度行列の話です。つまり、古典統計力学

他方、ダイラックの方は、第一に有名なダイラックの方程式について。そのつぎは、

九二九一—一九三〇年発表)。

一号というのに、仁科芳雄訳述という形でのつています。『量子論諸問題』と題する小冊子がそれです。

私はこの講演会に京都から東京へわざわざかけていったんです。こういう催し物がありますからおいでくださいという通知が理化学研究所から日本中の大学に伝えられ、その通知を見て私もいつてみようという気になりかけていったわけですが、この講義の内容をちよつとお話しますと、まず、東大でやった講義、これはひじょうに程度の高い講義でした。ハイゼンベルクがまず「強磁性体の理論」という題で話していますが、それまで基礎がどうもハッキリしなかつた強磁性体の理論を、量子力学であつかうことによつてひじょうに明確に説明したという、画期的な論文として知られている話です。もうひとつは電気伝導論(Theory of Conduction)です。これは、彼自身がやった仕事じゃないんですけれど、ブロッホ(Bloch)という学者が、ハイゼンベルクのところでやった仕事です。金属結晶のなかに電子がどういふふうに動くかということを量子力学的に調べたもので、その後の物性論の発展に基本的な役割をした論文です。もうひとつは「量子論における遅延ポテンシャル」という妙な題がついているんですけども、有名なハイゼンベルク・パウリの論文として発表される、場の量子化を論じたものです(一)

ここはひじょうに大学の閉鎖性を打破する役をはした。いろんな大学に理化学研究所の職員の方がおられて、そこへ理研から人もつけてよろしい、予算もつけてあげましょうという形でした。例えば、京都大学にも木村正路先生という方が理研の主任研究員になっておられた。それから東北にはおなじような形で本多光太郎先生がおられたというわけで、いろいろな大学に理研の出店があつたといえます。大学の講座と理研の出店と、二枚看板みたいなものをはかかけた先生があちこちの大学におられて、その方々がいわゆる学閥というような考え方を破るという点で、とても大きな役割をしておられた。したがって、この催しも、東京大学と理研でやったわけですが、東京大学の人だけが聞くんじゃない、理研の人だけが聞くんじゃない、だれでもいつてそれを聞かせてもらえるという、今でいえば当り前のことなんですけれども、その当時は、なかなかそういうことを大学でやることがむずかしかった。あるいは、やろうという気もなかった。そういうわけで、ソニアフェルトが京都で講演をしたり、また後に杉浦さんや仁科さんが京都にきて講義をしたというようなのも、みんな理化学研究所の出店が京都大学にあつたということが、役に立っているんです。一九二九年のディラックとハイゼンベルクの講義が、こうした理研の働きによつて、ひじょうにオープンな形で催されたとい

理」という題の話をしました。内容は、その翌年一九三〇年にでた『量子論の物理的基礎』(Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie)の中心部分のいわば予告編でした。ディラックの半通俗講演は、「重畳原理と二次元の調和振動子」という話で、一体なんのためにそんな話をするのか、その話の意義はそととき私にはよくわからなかつたんですけれども、後になつて一九三〇年にでたディラックの本『量子力学』(The Principles of Quantum Mechanics, 第1版)を見ますと、このとき彼の話した重ね合わせの原理というものが、そもそも量子力学を構成するときの重要な原理として使われていたわけですね。量子力学の状態がベクトルであらわされる、という量子力学の基本的考え方がこの重畳原理からごく自然な形で導入されているのを、この本を読んでなるほどと納得させられたものです。

これらの講演について、この当時としてはひじょうに画期的だと思つたのは、内容の充実してゐた点もそうなんですけれど、この講義を東京で独占しなかつたということですね。講演会に日本中の大学の大学を招待したこと、これは理化学研究所という機関が、大学のような閉鎖的なやり方をしていなかった顕著な例だと思ふんです。

理化学研究所の話をちよつとしますと、これは、第一次大戦の後でできた研究所ですが、

といえますのは、私たちにとって子供のときから頭に入っている粒子とか波動とかいう、そういう概念にどうしても私はとらわれてしまふ。不確定性原理というんですれば、その名前からして「不確定性」という以上は確定すべきものが背後にあるはずで、はなからうかと考えたくなる。そしてその背後にあるものとして、私たちに粒子そのものが、波動そのもの以外のものは、どうしても考えられないように思えた。またハイゼンベルクの論文には、観測をやる *unkontrollierbar* が影響がその対象に働く、その結果、不確定性が起るといふんですが、*unkontrollierbar* というのは、字引で引きま

か。例えば、粒子と波動の矛盾をどう考えるか、といったような問題です。この問題の答は御承知のようにハイゼンベルクの「不確定性原理」と、波動関数の「統計的解釈」によって与えられたわけですが、それが本当に解説されたのは、いまいつたハイゼンベルクの本とディラックの本がはじめてで、それまでいろんな人がいつた書きだりするものはどうもよく理解できなかった。たとえば、ハイゼンベルクが不確定性原理をいいたしたのは一九二七年という早い時期にでた論文で、そのなかに例のガング線顕微鏡の話などがあるんですが、あれを読んでもなかなか本当のことはわからな

な。例えば、粒子と波動の矛盾をどう考えるか、といったような問題です。この問題の答は御承知のようにハイゼンベルクの「不確定性原理」と、波動関数の「統計的解釈」によって与えられたわけですが、それが本当に解説されたのは、いまいつたハイゼンベルクの本とディラックの本がはじめてで、それまでいろんな人がいつた書きだりするものはどうもよく理解できなかった。たとえば、ハイゼンベルクが不確定性原理をいいたのは一九二七年という早い時期にでた論文で、そのなかに例のガング線顕微鏡の話などがあるんですが、あれを読んでもなかなか本当のことはわからな

せねばならなかった。しかしなににも増して困難であつたのは新量子力学の解釈の問題

つまでも、それまではみな原論文で勉強しなければならず、しかも、数学的困難を克服したり、まだボーア流の古い量子論の困難と、それに関連する実験知識を吸収したり

つまり一九三〇年まで待てばこれらのたいへん教育的に書かれた教科書がでたわけ

ベルクの本と、ディラックの本とが出版されたことです。

と実感させられたのは、やはりなんといつても、一九三〇年に、さきにのべたハイゼン

い面がいくつか残っていたわけですが、そうした点もふくめて、私たちが本当に救われた

の意味で、量子力学の根本的な考え方を十分理解するといふ点では、なお納得しきれな

講義を直接きいて、大体わかつたような気がしたといいますが、それとはまたちがつ

困つたかといつた話にもふれてみましょう。さきほど、ハイゼンベルク、ディラックの

少し話題をかえて、私たちが量子力学を勉強しながら、どんな点でそのおずかしさに

量子力学のおずかしさ

うことは、その恩恵を直接うけて講演をきくことができただけに、当時としては画期的なことだつたと私は思っています。

すと、監督しがたい、あるいは制御しがたいと書いてある。監督しがたいという以上は監督される何物かの行動があり、制御しがたいというのは制御される何物かの行動があるはずで、その何物かがなにであるかということはハイゼンベルクの論文にもよく書いてないです。ですから、不確定というのは、何物かが監督の目をのがれているから起るので、実際にはそれは確定した行動をしているのではないかとといったような疑問がでてくる。そういうふうにしてどうしても考えがゆきづまってしまうんです。

これと無関係ではないことですが、例のボルン(Born)が言い出したこと、すなわち* ψ が確率だという説ですね。ここでまた話がわからなくなる。監督にかららないから不確定が起るというなら、量子力学によつて記述されるものはなにか統計力学的なフンクショナルのようなものではないか、というふうにしてどうしても考えがいつてしまう。統計力学では、分子一つ一つの運動は知ることができないが、統計的な確率ならば計算できる。これは、かくれたパラメータがあるという考え方で、そのかくれたパラメータを知ればむしろ決定論になります。量子力学の確率などというのも、かくれたパラメータがわかつていないからそんなものを考えるのではないかと、どうしても考えなくなるわけです。その辺がなかなかわからないので、どうしても私は量子力学なんてい

うこんなわけのわからないものをやろうと思っただんだらうかと、たいへん後悔したこと*が何回かあります。かくれたパラメータがあるとかないとかいう議論は、実はその頃からできてきて、その後、有名なアインシュタイン(Einstein)とボアの論争というものがあつたくらいですから、大学出たての青二才がわからないのは当り前の話なんですけど、ともかくたいへん困つたわけです。

けれども、これも一九三〇年近くになりますと、どうやらだんだんわかつてきたような気がしてきました。後悔するのはまだちょっと早過ぎるという気持ちになってきた。ハイゼンベルクの本でこの辺のところをみますと、確率が干渉するケースと干渉しないケースが、どういう事情のちがいであらわれるのかというような点が、ひじょうにくわしく書いてあり、なるほどという感じがしてきたわけです。

もう一つ私たちにとつてわからなかつたのは、アトリックス力学でいろいろなるものがアトリックスになつてしまふことですね。それじゃ一体、ワイルソン-チャエンバーのな*かの電子の飛跡はどうなんだろう。あれはどうしたつてアトリックスには見えないわけ*です。ちゃんと飛跡がすじになっている。そういうところがとてもわかりにくいことでした。また、アトリックス力学では、遷移の確率、電子が量子的遷移をする確率が計算

できる。そのときに光がでるといふことから光の強さも計算できるわけだ。遷移するときに光がでるといふのなら、ここでも光の波動論と粒子論の関係になってくる。でもその辺がこんがらがってよくわからない。しかしそういうことも、一九三〇年ごろになって光の出し入れに関する、ディラックの有名な論文がでてきたりして、ようやくわかるようになってきたわけです。

そういうわけで、いくらかずつはわかつてはきたんですけども、少なくとも、私がかつたと思うことが、本当に間違っているという自信みたいなものができてきましたのは、仁科さんが京都へこられて講義をやられた頃からです。仁科さんは七年にわたるヨーロッパ滞在から一九二八年に帰国され、一九三一年に京都で集中講義をやられたのですが、このときの講義の種本がきいていましたハイゼンベルクの本“Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie”〔量子論の物理的基礎〕であつたわけです。これを種本にしてコペンハーゲン流のオーストリアな考え方を紹介された。

私たちも、その頃、コペンハーゲン流の解釈をすでに読んで知っており、波動と粒子との矛盾はどういうふうに考えるか、不確定性原理というものはどのように考えるかといったことが、ある程度わかつてきたような気になつていたので、仁科さん

日本における量子力学のあけぼの

の口からじかにそれを講義してもらふということが、とても印象深かつたんです。私たちが、自分ではわかつたつもりでいても、はたして本当にわかつているのかどうか、最終的な自信をうるにはもうあと一歩というところにいた。仁科さんの講義をきいて、やはりあれでよかつたんだという、最後の裏付けが得られたような感じがしました。特に集中講義のあとでディラックシヨウンがありまして、これがまたひじょうに面白かつた。といひますのは、分光学の実験をやつていた先生から、実験物理学者らしい質問がでたんですね。電子がジヤンプするときに光がでるといふだけでは、どうも光のでるメカニズムがきつぱりわからんじやないかという批判があつたりして。ですから、私などがわからずに困つていたことを先生がたもわからずに困つておられたのです。それやこれやでこのディラックシヨウンが、またひじょうに印象的でした。

ここで、もう少し広い視野にたつて、量子力学というものがどういふふうに入つてきたか、日本の物理学者たちが、こういう新しい学問の体系にどういふふうに対応したかというように、私のしらべてみた範囲で、補つておきたいと思ひます。