

湯川秀樹  
物理講義



講談社サイエンティフィク

湯川秀樹

物理講義

原  
治・編



講談社サイエンティフィク



© 1975 Hideki Yukawa

物 理 講 義

昭和50年4月1日      第1刷発行  
昭和51年6月15日    第4刷発行

216p    19 cm

---

|     |                        |
|-----|------------------------|
| 著 者 | 湯 川 秀 樹                |
| 発行者 | 野 間 省 一                |
| 発行所 | 株式会社 講 談 社             |
|     | 文京区音羽2-12-21           |
|     | 電話 (03) 945-1111 (大代表) |
|     | 振替 東京 3930             |
| 印刷所 | 株 式 会 社 東 信            |
| 製本所 | 黒柳製本株式会社               |

---

落丁本・乱丁本はお取りかえいたします

編 集

講談社サイエンティフィク Printed in Japan

# 目次

|                 |    |
|-----------------|----|
| 開講にあたって         | 1  |
| 第一日             | 3  |
| はじめに            | 5  |
| 素粒子の世界の奇妙さ      | 6  |
| 歴史からなにを学ぶか      | 9  |
| 創造の原点に帰る        | 11 |
| 実在感のなかったニュートン像  | 14 |
| ニュートンの物質観       | 17 |
| 創造の内的動機         | 21 |
| ハイゼンベルグの“中心的秩序” | 23 |
| 質点と剛体           | 25 |

角運動量の問題.....28

ひずみと応力について.....32

物理学は「思惟の経済」か？.....35

遠隔力と近接力.....40

マクスウェルによる解決.....43

## 第二日.....47

科学者分類学——孤立型 対話型 集団型.....49

会議の効用.....53

ニュートン力学における空間.....56

ベクトルの歴史.....58

空間の点に名前をつける.....63

見かけの力とほんとうの力.....67

マッハの解釈.....71

ニュートンの偉大さ.....74

絶対空間をめぐって.....75

|                     |     |
|---------------------|-----|
| “場”とはなにか            | 77  |
| 相対論における場            | 80  |
| 特殊相対論による場の制約        | 84  |
| ニュートン力学的因果律——ラプラスの魔 | 86  |
| 余話——ラプラスとその時代       | 89  |
| 特殊相対論の因果律           | 92  |
| 第三日                 | 99  |
| 量子“論”と量子“力学”        | 101 |
| 波動ということ——エーテルから場へ   | 103 |
| 不確定性関係を導く二つの方式      | 106 |
| 物理学における認識           | 109 |
| 電子の拡散               | 113 |
| 古典的因果律からの転換         | 117 |
| シュレーディンガーの猫         | 120 |
| 量子力学の完成——場の量子論      | 124 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 量子力学と特殊相対論               | 128 |
| 孤高の理論、一般相対論——一般共変性をめぐって  | 129 |
| 物理量と幾何学的量とのアイデンティフィケーション | 132 |
| いれもの（時空）となかみ（物質）         | 134 |
| 一般相対論はミクロの世界と無関係か？       | 137 |
| 素粒子論——局所場と非局所場           | 141 |
| 差分的な考え方による可能性            | 144 |
| 余話——外界認識の連続性と不連続性        | 153 |
| 質疑応答                     | 158 |

|        |   |   |       |
|--------|---|---|-------|
| あとがき   | 原 | 治 | 166   |
| 補 注    |   |   | 卷末 I  |
| 外国人名一覧 |   |   | 卷末 37 |

## 開講にあたって

原 治

今日から三日間、湯川先生に物理学概論という標題で講義をお願いすることになりました。この講義が行なわれることになったいきさつは次のような次第です。

二、三年前のことですが、湯川先生にお目にかかる用事ができまして、ちょうど先生が名古屋大学に講義に行かれたところでしたので、私も名古屋大学にまいりました。私が着いたときに先生はまだ講義中でしたので、ただ待っているのもつまらないと思い、先生の講義を一時間ばかり拝聴させていただきましたが、それが非常におもしろく思えたわけです。どういうところがおもしろかったかと言いますと、物理学の発展の歴史というものはわれわれの先輩が演じた一つの壮大なドラマだったと思うのですが、そのドラマが非常に迫力をもって感じられたということ、それはもちろん、ご自身でそのドラマの一ページを書かれた湯川先生にしてはじめて可能であったということは、私が言うまでもないことです。

そういうわけで、私自身もぜひ先生のご講義を全部拝聴したいと思いましたが、また、東京地区の人はふだん湯川先生のお話をうかがう機会に恵まれないものですから、この機会にできるだけ広



い範囲の方にお聞きいただきたいと思ひまして、先生にお願いしましたところ、ご承諾いただきました。して、ご多忙中に時間をさいていただくこととなりました。たいへんありがたく思っております。それでは早速お願いしたいと思います。

第

一

日



## △はじめに▽

物理学概論をというお話なのですが、概論のような話をする用意ありませんし、皆さんはそういう講義はお聞きになったり、あるいは自分で勉強して知っておられるわけで、いわゆる概論をお話しても満足なさるとは思いません。それに私もずいぶんいろいろなことを忘れてしまっているのです。そんなわけで、物理学概論ということにはあたりませんし、まだまだ未完のものではありますが、私なりに自分で構成した物理学というものについてお話したいと思います。もちろん、それを完成させた人はだれもいないし、半分くらい仕上がったのか、あるいはもっと仕上がっているのかもわからない。そういうような、物理学というよりもむしろ物理的な世界というものを、昔からいろいろの人がこしらえてきたわけです。あとから出てきた人もまたその人なりに、それぞれの段階で前のものを手本にして、またなにかをこしらえていかなければならない。まだその建築は終わっていない。それをあちこちこわしてはまた建て直したりということを、物理学界全体としてもやっていますし、個人々々もやっている。私自身をふり返ってみても、そういうことを何度もやっている。材料は同じようなものではありませんが、そこに少しは新しい材料がつけ加わっている。新しい材料が加わると、再びもとに戻って考え直してみる。そういうことを何度かやってきたわけです。

今日からお話することは、原さんがお聞きになった二年くらい前の講義と、たぶん、だいぶ違っていると思います。そうぐらぐら変わってはおかしいではないかと思いいなるかもしれないけれども、それはこの全体像の基礎にあるものがなにかということが、今もまだはっきりしていないのです。

最近の一、二年について考えてみても、素粒子というものがなんであるかという問題について関心を持っている人にとっては、未知なものが相当著しく現われてきているということがあるわけです。つまり、加速器のエネルギーがどんどん上がってきて、コライディング・ビーム(注)などを使った高エネルギーの実験が行なわれるようになったのですが、そこから出てくる結果には、意外な、だれも考えてもみなかったことがいろいろ出てきています。しかし、意外性というのは今さら目新しいことではないのです。もともと、素粒子というような世界は、初めから今日までずっとおかしいことばかりです。そういう話をだんだんにしていきたいと思いますが、なにがおかしいかということをはじめに少しお話しておきたいと思います。

### △素粒子の世界の奇妙さ▽

私どもが素粒子としてよく知っているものは電子と光子、あるいは電子と電磁場です。そこにおける理論構成というものはほとんど完璧に近いまでにできています。まだ基本的な困難が残ってい

るにしても、一九世紀以来次第にきずきあげられて量子電気力学に到達したわけです。そこにまだ基本的な問題があるにしても、将来も残っていく理論であることはまちがいないことです。ニュートン力学なども、ある意味ではいつまでも残っていく。相対論の場合には、どういいう残りかたをするか問題がありますけれども、これもやはり残っていくでしょう。

そういうわけで、電子とか光子とかは非常に長い間慣れてきたものであるから、おかしいと思わなくなっているということもあります。しかしその後、見つかった素粒子あるいは素粒子らしきものもいっしょにしてみますと、それぞれがみなおかしいのです。たとえば、電子というものにはそれとよく似たものとしてミュー粒子<sup>(注二)</sup>というものがあるわけですが、たいへんよく似たものが二つあるということは、それ自身きわめておかしい。もっとたくさんあればかえっておかしくないのです。なぜ電子のほかにミュー粒子<sup>(注二)</sup>というのがあるのか？ もっとほかにもあるのか？——もっとあるのなら、それはそれで話はわかりますが、さしあたりは二つしかない。ところがまたそれぞれにニュートリノが付随している。それはまたふしぎなものです。それからそのほかに、中間子や陽子、中性子の同類もたくさんある。そういう中にはストレンジ粒子<sup>(注三)</sup>というのもある。ストレンジ粒子といいますが、ストレンジ粒子のほうがあたりまえで、普通のよく知られている粒子のほうがおかしいのかもしれない。なぜかと言いますと、ストレンジ粒子の種類がまたたくさんあります。それから、ストレンジであってもなくても、もっと質量が大きくて、きわめて寿命の短いもの

がいくらでもある。全体の中で見ますと、われわれの昔から知っていたものはごく少数の一部分にすぎない。むしろ、そちらのほうが非常に特別なものであります。

また、この「特別」だということの意味が、それぞれみな違うのですね。電子というのは、やはり非常に特別です。なぜかと言うと、一口にハドロン(注二)と言われているものはたくさんありますが、それらは質量がずっと大きいのです。電磁場というものはいったい変わっていないのかという

と、それはいろいろ特殊な性質を持っているわけです。もしもこの世界が光と電子だけで話が終わっているなら、それはそれでもないと言いうことはありません。しかし実際はそうではなくて、素粒子と称するもの全体があつて、全体とはなにかがよくわからないのです。その中にぼつりぼつりとありふれたもの、われわれが昔から知っているものがある。それは全体から見れば非常に少数派でもあり、非常に奇妙な存在であるわけです。その全体というものがよくわからないから、その中にあるものがみなそれぞれ非常に奇妙に見えます。

ということは、ある意味で、われわれはまだ素粒子というものの全体の理解、つまり物理的世界というものの全体的理解からほど遠いところにいることを示しているように見えます。遠いようには見えませんが、しかし実際にほんとうに遠いのかどうか、それもわからない。なにかがわかつたときには、ものごとは一挙にわかつてしまうかもしれない。素粒子の世界というのは非常に内容豊富なものであり、非常にバラエティがある。初めに奇妙だと思われていたものにはたくさん仲

間がありました、仲間がたくさんあるということはあまり奇妙でないということです。逆に、初めにあたりまえだと思っていたものがかえって奇妙に見える。そういう世界です。そういうものをわれわれは理解していかなければならない。だれもまだこれならばというところにはいていないし、そういうところに近づいていく道は一つだともわかっていない。地図がそこにありまして、その地図に道がちゃんと書いてあり、そこを走ってゆけば目的地に到着するというのとは全然違う状況です。私たちがいろいろ研究しているということは、そういう世界を探り歩いているということです。そのほうがおもしろいのに決まっています。

## △歴史からなにを学ぶか▽

しかし、うしろのほうをふり返ってみますと、そこに長い歴史というものがありません。この歴史というものは、すでに決まったものとして、だれがどうしてどういう理論ができてきたかを学校で習う。そういう見かたをしますと、それはみな決まっている、みな教科書に書いてあるじゃないかということになる。どの教科書を見ましても、ちよっと表現のしかたが違っているだけで、本質的には何も違わんじやないかということになる。早い話が、私たちも皆さんも、物理を勉強する手始めはニュートン力学であつたわけです。その点、昔も今も変わらないですね。これは一八世紀のいつごろから今日まで、あまり変わっていないだろうと思います。



そういうふうに見ますと、べつに出発点は変わりないし、それから先もいろんな学問はちゃんと生きておりまして、なんとか学、なんとか学となっております。熱力学があったり、統計力学があったり、あるいは電磁気学があり、相対論もあれば量子力学もある。すべてこと決まっているように見えます。しかし、それらを創りだしてきた人々について見ると、後人がそれからなにを、どのように学びとってきたか、なにをくみ出してきたかということ、創り出した人がどういうふうに考えたかということとは違うんです。これを全く同じだと思う人は試験勉強だけをしてきた人です。〔笑〕あるいはまた就職のために勉強してきた人です。ほんとうに物理屋としてやっている人にとっては、それぞれが違うはずですよ。

私はこれから、私がどういうふうに、なにを学びとっているかをお話するつもりですが、昔学びとったこと、考えてきたこと、その同じことを現在になって考え直してみますと、また非常に違うわけです。そこにはもはや既成の事実しかないんだというふうに見るのは非常に表面的な見かたですね。

そこでニュートンという人について考えてみると、彼は電磁気学は知らなかったし、電磁気現象そのものについてもほとんどなにも知らなかった。光学については非常にこまかい実験をしておりますし、また彼自身の考え方もちゃんとまとめておりますが、そのほかの分野についてはほとんどなにも知らない。ところが私たちは、それからあとの発見についてすべて知っているわけです。に