©2022 YHAL, YITP, Kyoto University
京都大学基礎物理学研究所　湯川記念館史料室

日本人として最初のノーベル物理学賞に輝いた湯川秀樹博士の業績（核力の理論による中間子存在の予言）が、はじめて学会に発表されてから、この十一月でちょうど三十年になる。この間、原子の世界をめぐる研究は、数多くの素粒子の登場につれ、いよいよ複雑多様なものになってきた。そこで、最近再び新しい構想のもとに、独創的な理論を展開しようとしている湯川博士に、素粒子論研究のこれまでの発展の流れと、今後について、上、中、下三回にわたり寄稿をお願いした。

中間子以後三十年〈上〉

《素粒子論の発展》

自然認識の新しい仕方

湯川秀樹

底知れぬ自然界

ちょうど今から三十年前、日本数学物理学会の十一月の例会で、私は素粒子の相互作用について、という講演を行なった。翌一九三三年二月に、それが論文として公表された。当時の私は、あとから考えると不思議なくらい強い自信をもっていた。核力の場に伴う、素粒子中間子の存在を認めれば、原子核および宇宙線に関係する、もろもろの現象が一挙に理解できて、物理世界には本質的に不可解な現象は残らなくなるだろうとまで考えた。

当時まだ中間子の存在の直接的証拠が全然なかったのに、こういう自信を持てたのであるからいよいよ奇妙である。その後の一、二年の間に、私の自信は何度も動揺したが、これまた奇妙である。二年あまりたってアメリカのアンダーソンらが宇宙線中に中間子を発見したことは、確かに私を勇気づけ、坂田昌一、小林稔、武谷三男の三氏との協同研究は急速に進展した。このころから、イギリスの理論物理学者数人が同様な研究を開始していた。そして一九四一年には、中間子論の第一期の計画は一応完遂されたように見えた。

ところが、実はこのころにはすでに新しい問題がいくつか発生しており、中間子論は次の段階へ移りつつあったのである。問題の第一は宇宙線中で見出された中間子の諸性質の研究が進むにつれて、それを核力の場に伴う中間子と同定するのが、だんだんとむずかしくなってきたことであった。この問題は、しかし間もなく坂田、谷川安孝両氏の二中間子仮説によって解決されていたのである。それから数年後の一九四七年にイギリスのパウエルらが宇宙線中に二種の中間子を発見した時、私は坂田、谷川両氏の先見の明に感心した。しかしそれと同時に私は、自然界が当初に予想していた以上に複雑多様で、奥底が知れないと痛感せざるを得なかったのである。

人工粒子の登場

果して、この年から始る数年間に、予想外の新粒子が次々と宇宙線中に発見された。同じ一九四七年にはアメリカで中間子を人工的に発生し得る最初の大加速器が完成した。それ以後、今日までの十数年間に、加速器はますます大型となり、それによって通常の二種の中間子はもちろんのこと、宇宙線中で発見された新粒子のすべてを人工的につくりだし、それらの振舞を詳細に調べることができるようになった。特に最近二、三年来、共鳴単位と呼ばれる、極度に寿命の短い粒子が何十種類もあることがわかり、素粒子の存在することが恐るべき多種多様性を認めざるを得なくなったのである。三十年前に一種の中間子によって極微の世界の謎（なぞ）がいっぺんに解けると思った私は、何と単純素朴であったろう。

十八世紀から十九世紀にかけて新しい化学元素が次々と発見されたが、それは原子の種類の増加を意味していた。古代の地水火風の四元素説はメンデレーエフの周期律でおきかえられねばならなかった。今日の物理学者たちは多種多様な素粒子に対する、周期律に似た分類表の作製に成功しかけている。すでに一九五〇年代の間に西島和彦・ゲルマンの分類法が定説となっていたが、これは周期律の一部分と対比さるべきものであった。この成功の次に来たるべきものは何であろうか。この問いに対する答えは現在のところ、いくつかに分れている。

三種類の基本粒子

第一の答えは周期律に対して二十世紀の初期に物理学者のあたえた解釈と、一番よく似ている。原子は単純な微粒子ではなく、それ自身が一個の原子核と何個かの電子の複合体である。何個の電子がどのような原子核のまわりで、どのような運動をしているかによって、原子の性格、従ってそういう原子の集合としての化学元素の性質がきまってくる。ところが一九三〇年代にはいると間もなく、さらに原子核自身がまた何個かの陽子と中性子の複合体であることが明らかとなった。かくして、あらゆる物質は電子と陽子と中性子という三種類の素粒子からできているという考えが、動かすべからざるものとなった。今日、私たちが知っているのは、しかし電子も陽子も中性子も、百種類を越えるさまざまな素粒子の仲間の中の三つを取出したものにすぎないことである。すると今度は素粒子自身をさらに、より基本的な何種類かの粒子の複合体と考えたくなってくる。坂田氏は八、九年前、素粒子の仲間の中から基本的な粒子として陽子、中性子、ラムダ粒子の三つを取出し、他の素粒子の大多数をそれらの複合体として説明しようとした。

この考えは、その後、いろいろと変更されてきた。たとえば、基本粒子は陽子などのような現実の素粒子そのものではないとか、あるいはまた電子やニュートリノのような軽い粒子の方が基本粒子なのではないかなどの説が出てきた。しかしそういう発展、変更にもかかわらず、何か三種類の基本粒子から出発しようという考えは保持されてきた。

三分説と八道説

第二の答えは、いわば一部分しか知られていなかった周期律の全貌（ぜんぼう）を明らかにするという形であたえられた。素粒子の場合には、周期性の代りに、ある種の対称性が分類のための指導原理となった。そういう対称性としてさまざまなものが考えられてきたが、目下のところゲルマンの提唱した八道説（エイトフォルド・ウェイ）が一番多くの学者の関心の的になっている。ところが八道説を単なる抽象的な対称性の問題としてとらえるのではなく、一歩進んでそういう対称性を生み出す実体を考察すると、坂田氏等の三種の基本粒子から出発する三分説と非常に似てくる。元来八道説は三分説の深い影響のもとに発生したのであるから、当然といえば当然である。しかし、ここに私は自然認識の新しい仕方が見られるように思う。

というのは、長い歴史を通じて、自然を合理的に理解するための考え方は、せんじつめると二つしかないと、ほとんど無意識に信じられてきた。一つは二分説で、イエス、ノー、あるいはプラス・マイナス、あるいは零と一という、相反する二つの中のどちらを取るかという判断の積みかさねで、できあがる。もう一つは連続的に変化する数の間の関係を追求する仕方である。二十世紀になって量子力学が完成し、そこでは確率という概念が基本的な意味を持つことになったが、それはいわば、ゼロと一の間を連続的につなぐことであった。ところが素粒子の世界の多様性の分析の途上で、新しく三分説が登場してきたのである。

これは電気素量の場合のように、ゼロと一のほかにマイナス一を考えるとか、あるいは確率的な考え方の原型としてイエス・ノーのほかに「わからない」という判断を加えることとかに当っている。私のように始終「まだわからない」とか「むずかしい」とか口くせのように言っているものには、三分説はそれほど異様に感じられないが、西洋の合理的思考の典型の中にはなかったものである。東洋でも中国の最も古い合理的思想は、易経に見られるような、陰陽の二分説であったらしい。天地人とか雪月花というような三分説的な考え方を、日本人が愛好するようになったのは、いつからであろうか。こんなことを考え出すと、わき道へそれてゆく一方だから、本筋に戻って、素粒子に関するもっと適った考え方を次に取りあげたいと思う。

（京大基礎物理学研究所長）

【注】八道説＝三つの粒子を三倍すると九個になるが、理屈をつけてそのなかから一個をひき、八個の粒子として、それらの粒子を公平に取扱えるような対称の理論をゲルマンが考案した。これを八道説というが、重粒子、中間子、ベクトル中間子など八個のグループにまとめてみると、このゲルマンの対称の理論がよく当てはまるものもあるので注目されている。

c073-001-014