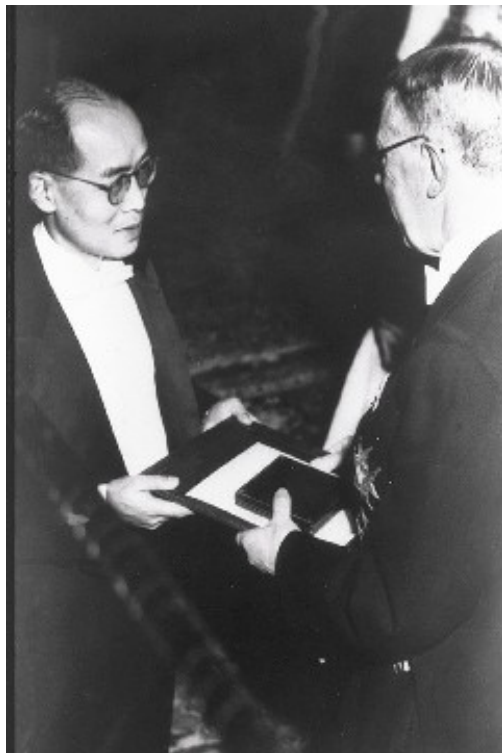


嫌われた新粒子
湯川理論誕生の背景で

湯川秀樹生誕 100 年を記念し、ユネスコが今年を湯川年としました。そして、さまざまな記念事業が開催されています。湯川は日本初のノーベル賞受賞者です。1947年に発見された中間子を 1934 年に予言していたことが受賞理由です。湯川が中間子論を構想し論文にまとめたのは阪大理学部の講師をしていたときで、科学館はその阪大理学部の跡地に建っています。科学館でも去る 3 月 4 日に記念イベントがありました。由緒ある地でその偉業を伝承しようと、友の会メンバーが中心となって「市民による湯川秀樹生誕 100 年シンポジウム」を開催しました。事あるごとに宣伝されましたので、ご存知の方も多いことと思います。さて、このシンポジウムの中で、「欧米の天才物理学者たちは新粒子を嫌っていたので、湯川に新粒子予言の機会が巡ってきた。」と



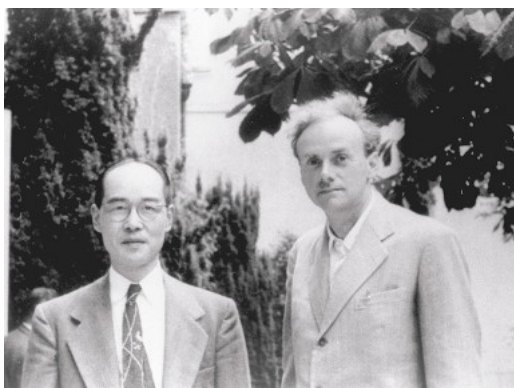
1949 年、ノーベル賞を授与される湯川

の言及がありました。湯川を運命付けた欧米物理学者の新粒子嫌いとはどのようなものだったのでしょう？以下で紹介することにします。

湯川理論誕生間近の 1930 年ごろは、自然界を構成する最も基本的な粒子として、電子、陽子、光子(光、 x 線、ガンマ線などの電磁波)の 3 種類が知られていました。当時の天才物理学者たちは、かたくなにこの 3 種類だけで自然現象を説明しようとしたのです。

ディラック

イギリスの理論物理学者で相対論的量子力学を 1928 年に完成させました。量子力学は、原子の世界など、極微の世界を扱う力学で、ニュートン力学や電磁気学では説明できない現象を見事に説明します。1926 年に完成したもので、現代の科学技術は量子力学なしでは成り立ちません。ディラックはこの量子力学をアインシュタインの特殊相対性理論と整合性のあるものに改良しました。これが相対論的量子力学で、それまでに知られていなかった新粒子、陽電子を予言するものでした。陽電子は電子とそっくりな粒子で、電荷だけが電子と逆



1952年、湯川(左)とディラック(右)でプラスの粒子です。ディラックは陽電子をどうにかして既知の粒子である陽子として解釈しようとした。しかし、どうしてもうまくいかないの、「新粒子・陽電子が自分の理論に内在する。」と、しぶしぶ認めたそうです。理論の提唱者ですらこのようでしたので、物理学者たちは「自然の真理は陽電子のような新粒子を絶対認めない！」というような強い信念を抱いていたに違いありません。ところが、1932年、陽電子が発見されたのです。その時のことが「物理学会は震撼させられた。」と表現されています。日本でも陽電子の飛跡を写真に捕らえていたのですが、それを陽電子が飛んだ向きと逆向きに飛ぶ電子と解釈してしまったそうです。陽電子の存在が明らかになった後にその写真を見て、陽電子の飛跡と確認したそうです。準備された目がないと、真理はなかなか見えないようです。

ディラックは1933年にノーベル賞を受賞しています。受賞理由には陽電子の予言が含まれています。

パウリ

ウィーン生まれの理論物理学者で、「パウリの排他律」と呼ばれる電子などの基本法則を見出したことでノーベル賞を受賞しています。パウリは人間性を疑わせるような辛らつな言動が常だったそうです。たとえば、研究会でのこと。最初は黙って目を閉じて聞いている、そのうちに頭が揺れだし、突然、「ナンセンス、もうその話は止めろ！」と怒鳴るなどしたそうです。しかし、彼の卓越した知見や推論と物理学に対する完全主義は、同業者の信奉を余儀なくするもので、パウリは「物理学の良心」として君臨しました。パウリに批評された物理学者は、それに対して応える義務が生じたそうです。そして、パウリに認めってもらうことを、「パウリのご裁可を得る。」と表現したそうです。

さて、ステュケツベルクという若い理論物理学者が湯川と同時期に中間子を予言しました。しかし、パウリに酷評されたため、論文発表をあきらめたそうです。つまり、ヨーロッパでは、パウリに新粒子・中間子は叩き潰されていたのです。このようなパウリですが、しかたがなく新粒子を仮定したことがあります。このことを説明しましょう。

ベータ崩壊は、原子核が電子を放出して他の原子核に崩壊する現象です。例えば、考古学の年代測定で使われる炭素の同位体測定は $C_{14} \rightarrow N_{14} + e$ というベータ崩壊に基礎を置いています。このように、ベータ崩壊で放出される電子(ベータ線)のエネルギーを計測すると、理論的に予想されるエネルギーに達しま

せん。量子力学の父と称されるボーアなどは、原子核内部ではエネルギーの保存則が成り立たないと考えました。ボーアについては後で触れることにします。パウリは 1930 年に次のようなことを考えました。「ニュートリノという未知の粒子が存在していて、これがベータ崩壊のときにエネルギーを持ち去る。ニュートリノはほとんど他の物質と相



1956 年、左からパウリ、湯川、一人おいてハイゼンベルク

互作用しないので、通常の計測にはかからない。この仮説は、ベータ崩壊のエネルギーのなぞを説明する。」しかし、ニュートリノのことを嫌って、辛らつな表現をしていたそうです。パウリは新粒子を導入したのですが、本望ではなかったのです。しかし、パウリのニュートリノ仮説はフェルミに応用され、大きな花を咲かすこととなります。このことは後に書きます。

ニュートリノは 1959 年に、原子力発電所で発生するものが最初に観測されました。今では、電子と並んで最も基本的な素粒子のひとつになっています。超新星爆発によるニュートリノは 1987 年に始めて捕らえられました。このことで、小柴博士がノーベル賞を受賞されました。この観測に使用された光電子増倍管が科学館に展示されています。ぜひご覧ください。

キュリーの娘夫婦

イレーヌ・キュリーは、キュリー夫人で知られるマリー・キュリーの娘で、フレデリック・キュリーはその夫です。彼らは人工放射性元素の研究により、ノーベル化学賞を受賞しています。

さて、1932 年、彼らは新粒子を捕らえながら、大発見を逃すこととなります。その数年前、ベリリウムにポロニウムから出るアルファ線をぶつけると、透過力の強い粒子(以降、 n 粒子と記します。)が発生することが知られていました。この透過力は陽子よりもはるかに強かったので、電気的な性質を持たない粒子と考えられました。陽子と電子はそれぞれプラスとマイナスの電荷を持ちますので、 n 粒子ではありえません。当時、その他の粒子といえば光子だけで、これは電気的性質を持ちません。ですから n 粒子はしばらく光子と考えられていました。イレーヌとフレデリックは n 粒子をパラフィンに当てると陽子がたたき出されるのを発見しました。パラフィンは多くの水素原子を含み、その水素の原子核は陽子です。ですから、パラフィンにたくさん含まれる陽子が n 粒子

に衝突され、飛び出したのです。イレーヌたちは、 n 粒子が光子であると信じて、 n 粒子のエネルギーを計算しました。その結果、ベリリウムから n 粒子を発生させたアルファ線のエネルギーの10倍になったそうです。 n 粒子を質量が陽子と同程度で電氣的に中性な新粒子、すなわち中性子と解釈すれば、玉突きのように陽子がたたき出されたという自然な理解ができたのですが、彼らは道理のある新粒子解釈よりもエネルギー的に矛盾することを選んだのでした。

チャドウィック

イギリスの実験物理学者。中性子を発見したことで、1935年にノーベル賞を受賞しています。チャドウィックは、イレーヌらの実験に興味を持ち、イレーヌらの発見の同じ年の1932年に、 n 粒子をさまざまな原子核に衝突させ、 n 粒子の質量が陽子の質量とほぼ同じであることを証明しました。しかし、チャドウィックは n 粒子を新粒子とは解釈せずに、陽子と電子でできた粒子と解釈したそうです。電子の質量は陽子の2000分の1ですので、新粒子嫌いにとっては理にかなった考え方です。 n 粒子を水素原子のようなものとしたのです。

ハイゼンベルク

量子力学を完成させたドイツの理論物理学者で1932年にノーベル賞を受賞しています。ハイゼンベルクは、チャドウィックの中性子発見により、「原子核は陽子と中性子できている。」という現代的な解釈を与えました。陽子と中性子が固く結びついて原子核



ハイゼンベルク（左）と湯川（右）1958年になる力の源を水素分子の共有結合のように考えました。つまり、中性子は陽子と電子できている、この電子が結合力の源となると。すなわち、原子核は、陽子と中性子できているとしたものの、根源的には陽子と電子とできているとしたのでした。当時、2原子分子のスペクトル研究から、窒素核（窒素の原子核）は偶数個の粒子できていることが分かっていました。窒素核は陽子7個と中性子7個できているので、中性子を陽子のような基本粒子と考えると矛盾はありません。しかし、ハイゼンベルクの理論では中性子が陽子と電子できているので、窒素核は陽子14個、電子7個で合計21個の奇数個の粒子からできていることになり、2原子分子スペクトルの考察と矛盾してしまいます。しかし、ハイゼンベルクは、中性子を新粒子とせず、この矛盾を受け入れようとしたようです。

フェルミ

フェルミが新粒子嫌いというのではなく、フェルミが新粒子嫌いに迷惑をこうむったというトピックスです。フェルミは理論実験双方に超一流のイタリアの物理学者で、1938年にノーベル賞を受賞しています。フェルミは、パウリのニュートリノ仮説を使って、「原子核内で中性子が崩壊して陽子になり、同時に電子とニュートリノを放出する。」というベータ崩壊の理論を1933年に完成させました。この理論は弱い相互作用の理論として現代でも通用する理論です。しかし、フェルミの論文はネイチャー誌に掲載を拒否されたそうです。ネイチャー誌は世界で最も権威のある学術雑誌のひとつです。ネイチャー誌の審査員は中性子や得体の知れないニュートリノという新粒子を嫌い、自然現象をうまい具合に説明する理論を葬ろうとしたのかもしれませんが。



フェルミ（左端）と湯川（右から2人目）1948年バークレーにて

ボーア



湯川（左端）とボーア（右から2人目）1958年

量子力学の父といわれ、アインシュタインと並んで20世紀物理の2大巨頭と称せられます。原子構造を明らかにしたことで1922年にノーベル賞を受賞しています。湯川が中間子論を発表した1934年ごろは、原子核は陽子と中性子でできていることが明らかになりつつあったころです。ハイゼンベルクは、陽子と中性子が固く結びつく役目を電子に担わせようとして、自然現象との矛盾に苦しんでいました。フェルミ理論を応用し、原子核を構成す

る力を電子とニュートリノに担わせようとする試みもありましたが、失敗に終わっていました。そこで、湯川は新粒子で核力を説明することを提唱したのです。既知の粒子で核力を説明しなければならないという信念への挑戦です。当時、既知の粒子での説明はことごとくうまくいきませんでしたので、新粒子にその役割を担わせるのが自然な発想だったのかもしれませんが。しかし、1937年に来日したボーアは湯川を「新粒子が好きなのですね。」と揶揄したそうです。

このように欧米の天才物理学者たちは新粒子に抵抗したのです。その背景にはオッカムのカミソリという信念が根付いていたと言われます。オッカムは14世紀の哲学者・神学者で、「物事を説明するのに、無駄なものは可能な限り削ぎ落として、できるだけ単純なことで説明せよ、余計な仮説は使えな。」という指針を多用したそうです。この指針をオッカムのカミソリと言います。欧米の天才物理学者たちは、オッカムのカミソリを使って、余計な新粒子を削り落とそうとしたそうです。オッカムのカミソリに根拠はなく、あくまで考えを進める上での指針にしか過ぎません。人が集団となつてある事を信じ込み、そこから抜け出せないというのは、社会現象としてよくあることです。天才集団もオッカムのカミソリを信じ込んで身動きできなかつたのです。湯川はオッカムのカミソリの影響が少ない日本にいました。そして、新粒子仮説の機会が巡ってきたのでしょう。しかし、その湯川も次のように新粒子を嫌つたのです。

湯川秀樹

1937年に湯川粒子と思われる新粒子を米国のアンダーソンが発見しました。これで湯川は一躍脚光を浴び、世界の湯川として飛び立ったのです。ただし、この粒子は湯川粒子とは異質のもので、湯川粒子が実際に発見されるのはさらに10年を待つこととなります。この間、アンダーソン粒子と湯川粒子とが明確に区別されなかつたので、物理の世界は混沌としていました。そこで、湯川の最初の弟子である坂田昌一は「アンダーソン粒子と湯川粒子は異種のものであり、湯川粒子が崩壊してアンダーソン粒子が生成される。」と2中間子論を唱えました。これに対して湯川は「2中間子論は素人的発想」として受け入れませんでした。さて、1947年に湯川粒子が発見され湯川はノーベル賞に輝きました。ただし、発見された湯川粒子は坂田の予想どおりのものでした。新粒子を提唱した湯川自身もアンダーソン粒子という新粒子を受け入れなかつたのです。

その後、続々と新粒子が発見され、新粒子発見は珍しいことではなくなりました。天才の信念でも、自然現象に淘汰されるのです。

学芸員：斎藤吉彦



1942年、坂田（左）と湯川（右）