

仁科記念講演

70年の素粒子、混沌からパラダイムへ

京都産業大学教授

益川 敏英

2009年12月

第 56 回定例 仁科記念講演会は、2008 年ノーベル物理学賞受賞者、益川敏英教授を招いて下記のように行われた。この小冊子はその講演会の記録である。

2010 年 9 月 仁科記念財団

仁科記念講演会

「70 年の素粒子、混沌からパラダイムへ」

日時 2009 年 12 月 4 日 午後 4 時—5 時半

場所 東京大学安田講堂

講師 益川敏英（京都産業大学教授）

主催 東京大学理学部物理学教室

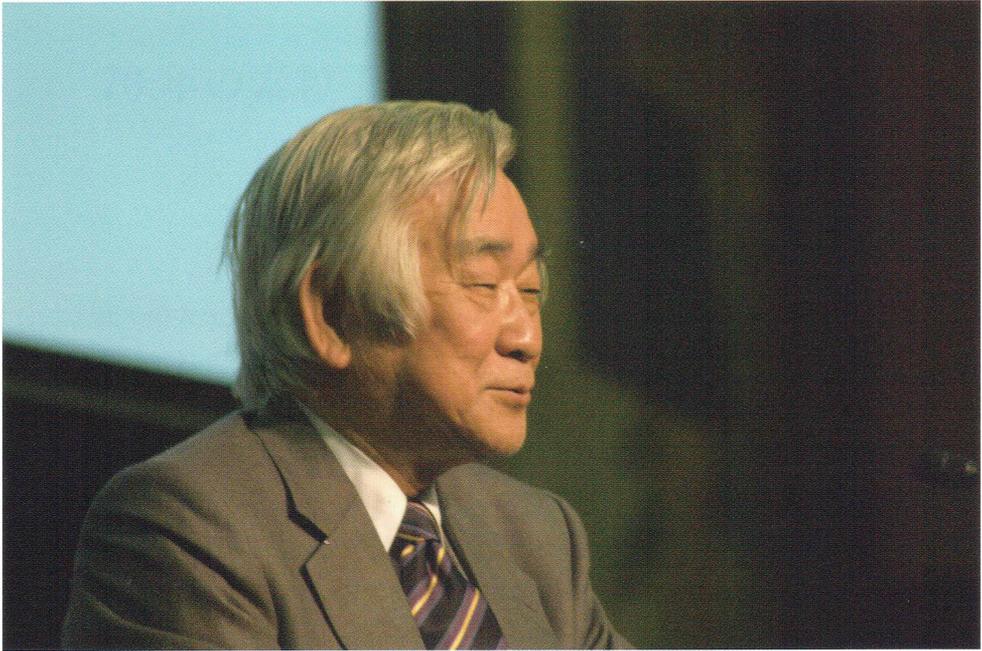
Nishina Memorial Lecture

Toshihide Masukawa

**70 years of elementary particles -
from chaos to a paradigm**

Tokyo, December 2009

© 2010 Nishina Memorial Foundation



70年の素粒子、混沌からパラダイムへ

京都産業大学教授 益川敏英

今日は、我々の大先達である仁科先生の名を冠した講演会においてお話しできることを大変光榮に思っております。

今日お話しする話ですが、『空想から科学へ』という有名な本がありますが、むしろ私の話は「科学から空想へ」です。ここ数年で多分我々の素粒子論という分野において、かなり大きな出来事が起こるのではないかと私は信じています。加速器実験において新しい動きがあるのではないかと私は信じています。素粒子論屋にもいろいろな人間がいますから、そういう議論をすると、おまえはそんなことを信じているのかという話が出てきますが、私は信じています。

それは何かといいますと、一つは、超対称性粒子が発見されるのではないかとという話と、もう一つはヒッグス粒子。これは今日（こんにち）のパラダイムをつくった立て役者の一つで、素粒子に質量を与えるメカニズムを担っている粒子なのですが、大変重要な役割を理論の中ではしているけれども、まだこの世の中に姿を見せていない。それが多分、近々顔を出してくれるのではないかとされています。思われていますというのは、だれも投票をしたことはないんですが、賛成派と反対派はそれぞれ相当数いるものと思います。私は賛成派です。どちらかといいますと、おっちょこちょいな性格ですから、新しがりなほうです。だから、何か変化があったほうがおもしろい。そういうことで、近々そういうことが起こるのではないかと期待しています。

特にスーパーシンメトリーのほうは、素粒子の中には大きく分けて、フェルミオンと呼ばれている素粒子とボゾンと呼ばれている素粒子に分かれます。フェルミオンというのは同じ状態の中に1個以上は入れない。だから、陽子とか電子というのはフェルミオン粒子の中に入っています。湯川中間子や光子は同じ状態の中に何個でも入れて、これをボゾンと呼んでいます。

このフェルミオンとボゾンの間に対称性があるのではないかと。そんなことを言っても、同じ質量を持ったフェルミオンとボゾンは存在しない。しかし、素粒子はうまくできているもので、南部先生の発見されたメカニズム、対称性の自発的破れというものがあります。これは我々素粒子論屋が飯を食っていく上で大変重要です。我々の世界の中に完全に質量が同じフェルミオンとボゾンはありませんけれども、それは対称性の破れによって違いが出てきたんだと説明しておけば済むわけです。ちょっと冗談めかして話しましたが、です

が、そういうことです。

しかし、この理論というのは空間の性質と大変絡んでいます。形式的にはそういうことと関係なしに、そういう対称性を記述することができますけれども、そこで行われている操作を深く考えていけばいくほど、空間と関係してくる。それは、先ほど言いましたフェルミオンとボゾンと呼ばれている全く性質の違う粒子の間の対称性ですから、それを説明するために、我々の空間の中に $x y z$ (座標)、 t (時間) というものがあるわけですが、それ以外にスーパー座標というものを導入する。そうすると、スーパー対称性というものが非常にコンパクトに表現できる。そういう形でスーパー座標を考えると、大変便利だということがわかっています。

ほとんどの物理屋は、それはただそういう理論をコンパクトに表現するための道具であると考えています。そもそもスーパー対称性などないという人もたくさんいます。だから、素粒子論屋の中の一部がスーパー対称性を信用していて、そしてその中のごく一部が、またそこにあらわれてくるスーパー座標に興味を持っている。それが現状です。

この益川さんはその先にさらに、スーパー座標は考えていくと非常に空間的な性質で、空間の各点に一種のとげみみたいなものが生えていて、ミクロの世界のことですから目には見えないけれども、点の周りにとげが見える、それがスーパー座標だという解釈もできます。そういうことを言うのは、あまりいません。しかし益川さんは、大分前からそんなことを言っています。

シータ (θ) 変数というものが無限次元のグラスマン空間上の点をあらわす座標だという解釈をとりますと、もしスーパー粒子が見つかるとするならば、我々の空間の認識に新しい視座を与えることになるのではないかという意味で、益川さんは大変興味を持っている。しかし、我々の業界筋で評決をとれば、非常に少数派です。それはちゃんと理解しておいてください。益川があんなことを言っていたから、きっと素粒子論屋は全員そういうことを考えていると思われるので、素粒子論屋さんが迷惑すると思いますので、お断りしておきます。

我々は1970年の少し後に、場の理論と呼ばれている量子力学と相対論を融合したような理論が、60年代のそういうものはだめなんだという大合唱のあらしの中から、そうではないんじゃないか、やはり場の理論は大変有用な理論だと。こういうことを言うと、場の理論とは何だということになると思いますが、光とか電子のようなものを取り扱う理論で、それは量子電磁力学とあって、朝永先生等が大変有用なきちんと使える理論なんだということを証明した理論です。

その後この理論は、朝永—シュウィンガーによって、計算可能な大変有用な理論であると。その後の研究によれば、その理論によって電子の性質、マグネチックモーメントを、今日 (こんにち) の精度でいうならば、実験と理論が8けたも一致するようなところまで来ています。第1原理から出発して、8けたも理論と実験が一致しているような理論はほ

かにはありません。だから、それほど成功した理論ですが、その理論を、ほかの理論、例えば湯川先生が最初に気づかれた強い相互作用と呼ばれている現象に使ってみると、計算ができない。摂動計算という処方が使えないという意味ですが、そういうことになっている。だからその後、朝永・シュウィンガーの電磁相互作用の繰り込み理論というのは大変成功し、非常に高い精度で理論と実験が一致している。しかし、その理論を湯川先生が最初に気がついた強い相互作用、すなわち陽子とか湯川中間子の間の相互作用に適用してみると、難しくアプローチできない。

その後起こった話は、量子力学をつくったハイゼンベルグという男がいます。僕はこの人を天才だと思っています。どういう天才かということ、秀才の極限みたいな、どんな問題を課しても対処してしまうような種類の男で、量子力学と呼ばれているミクロの世界の理論をつくったときもそうなんです、おもしろいことに暗号解読のような手法を使います。いま自分が持っている手段からしたときに、ここはこういう結論ができる、外枠だけからそういうものを攻めていって、こういう性質がある、そうしたらそれでどうなるか、そういう推論の仕方をする。それは成功して、1925年にミクロの世界の理論である行列力学を完成しました。これは行列なんだけれども、いま高校や大学で最初に習うような行列ではなくて、とても大きく無限次元です。

しかし、世の中には恐ろしい人がいるもので、その無限次元行列を使って、水素原子の束縛エネルギーを計算してしまった人がいます。パウリ先生です。大変怖い先生なので、こういう逸話があります。弟子が「パウリ先生、今自分はこういう論文をつくりましたのを見てください」と言って持っていくと、ちらっと見て、「ん？ これは違っている」と言って、ぼんとくずかごに入れられてしまう。大概何を持っていってもそうです。こんな話の中に名前が出てくるのだから、当然いい仕事もしています。最初にハイゼンベルグが行列力学をつくったけれども、パウリはその理論を使ってミクロの世界の水素原子の結合エネルギーを計算してみせた。

そういうことがあったんですが、その翌年にシュレーディンガーという人がそれを全く違うアプローチなんです、ド・ブロイという人が主張していた、ミクロの世界においては粒子と同時に波という性質があるということに立脚して、それを発展させまして、ミクロの世界の理論である波動方程式を書き上げます。

そうすると、これは物理屋がよく知っている微分で書かれているものですから、その当時の理論屋さんに大変なじみやすい。いろいろなものが計算できた。そして最初は、ハイゼンベルグの理論とシュレーディンガーのつくった理論は全く表現形態が違うものですから、違う理論だと認識する人が多かったのですが、そこにディラックという若い青年が出てきて、その二つの理論は等価である、同じものだということをすぐに証明してしまいます。これは非常に早いです。ハイゼンベルグが行列力学をつくったのは1925年、シュレーディンガーの理論が出てきたのが翌年、それからディラックがその二つの理論が等し

いと言ったのが1926年ごろですから、3年ぐらいの間です。これが嫌なことに、みんな20代です。嫌ですね。もう少し年寄りにも仕事を残しておいてくれと。

しかし、革命期というのはこういうことなんです。ほかの時期でも、調べてみますと、革命期のときは若者が既存の因習にとらわれずに自由に羽ばたく。ある理論があって、それが成功し、しかし新しいより深いところの現象が出てくることによってその理論が塗りかえられなくてはいけないというような局面になる。だから、ニュートンがつくったマクロの世界の理論、ニュートン力学が、ミクロの分子、原子のような非常に狭いところの理論になると全く様相が違ような理論になっていく、そういうことが起こっています。そういう新しい局面に差しかかったときに活躍するのが若手であって、ニュートン力学をだんだんミクロの世界の現象に突き合わせていくと、法則を新しいものにしないといけないという局面に来て、どういうところを変えなければいけないかという過去の仕事の総合評価みたいなことをやり遂げる人は、やっぱりそれなりにそういう理論を十分熟視している成熟した人、十分いろいろな局面で活躍してきた人が活躍するんですね。これはおもしろいと思います。

ですから、その学問のフェーズと自分の能力のタイプみたいなものがうまくマッチングしないと、活躍できないんです。だから、言いわけにはなりません。おれは自分の能力から見て、あまりいいフェーズにめぐり会えなかった、だから大したいい仕事もしなかったんだと。それは冗談ですが。

湯川先生が強い相互作用の理論を提案されて、そしてそれが戦後に加速器や宇宙線で起こっている現象を使って検証されます。その少し後に、かなりドラスチックなことが起こってきます。

1950年を過ぎてから、そこら辺で湯川中間子も人工的につくれるようになりますが、加速器の実験、並びに宇宙線の実験の中で、次々とそれまでなかったような新しい素粒子が発見されることとなります。当然のことですが、やはり自然科学ですから、ある手段を持って見ていた世界から、より新しい観測手段を獲得すると、そういうもので見る世界がやっぱり違ってくるといえるか、豊富になってくる。そういう中で、1955年にドラスチックなことが起こります。それは宇宙線の中で、その当時シータと呼ばれている素粒子と、タウと呼ばれている素粒子が発見されます。これは、パリティと呼ばれている素粒子の非常に基本的な性質が違ってきます。違ってあるから、当時の常識からいえば、その二つのシータとタウという粒子は違う素粒子でなければいけない。しかし、その質量は全く等しいんです。実験で見ると、同じです。なぜ性質の違う素粒子の質量が全く同じなのかということが、タウ・シータパズル (τ - θ パズル) の内容です。

そのころと私が研究生生活に入りかけた時期は、10年弱違います。それぐらいの差はリアルタイムで伝わってきます。だから、先輩諸氏が「益川君、あのタウ・シータパズルは、パリティが非保存であればいいということは自分としても気がついていただけだね」と

いう先輩も世界じゅうにたくさんいました。だから、焦点はそこにあるということがわかっているけれども、これだったらうまくいかなぐらいなんです。

タウ・シータという性質が違う粒子の質量がなぜ全く同じなのかというパズルは、パズルの名前がついていることからわかるように、これを世界じゅうの人がやっぱりみんな注目している。論文もたくさん出ている。その中でリーとヤンという中国の研究者は、理性的に過去の仕事を分析して、このタウ・シータパズルに対する解答として、こういうタイプの仕事があるという、六つほどに分類してあります。

それを一つ一つ検討して行って、検討しているといいますか、論文自身は4～5ページの短い論文ですが、分析して、これはかくかくしかじかのことで採用できない、これはこうであるという、最後に残る可能性は、我々の世界は左右を入れかえると違って見える。我々のマクロの世界ではそんなことは起こらないんですが、ミクロの現象の中では左右対称でない現象があるという可能性だけが残る。それを調べるにはどうしたらいいかということ、コバルト60という原子核——これはスピンの5で、非常に大きなスピンのくるくる原子核が回っていると、大きなマグネチックモーメントを持つものですから、外から磁場をかけてやると、当時の技術でもきちんと整列してくれた。それを使ってベータ崩壊と呼ばれている現象がどういうぐあいに起こるかということ調べた。

そうすると、パリティが保存していれば、上のほうに電子が飛び出してくる数と下のほうに飛び出してくる数が等しくなければいけない。しかし、パリティが非保存であれば違いがあってもいい。そういう形でパリティが保存してあるかどうか検証できるということを目指しました。そしてその現象を、原子核の実験家として大変能力のあったウーさん——私も大変小柄ですが、こうやってみたら（背を比べるジェスチャー）彼女のほうが少し低かった。大変チャーミングな女性ですが、その方が、リー、ヤンが言うようにパリティは非保存だということを実験的に確かめました。

この実験をやる少し前に、その当時のヨーロッパ大陸の大御所であるパウリ先生に、「リー、ヤンがこんなことを言っていますが、先生のご意見は」と聞いた人がいるそうです。前にも言ったけれどパウリ先生は大変理論に厳格な方で、下手な論文を書くとすぐにバツにされて、恐れられていた。だから、こういう逸話が残っています。アメリカで湯川中間子をつくれるほどの加速器が完成した。その完成記念パーティーに、素粒子研究の大御所であるパウリ先生に出席していただくということで招待した。招待したら、行くぞと。当時は1950年ごろなので、飛行機といったときはアメリカの軍用機なんです。軍用機に乗ってパウリ先生は来るようになっていた。しかし、式典を催そうとしても、パウリ先生は待てど暮らせど来ない。どうしたのかと思ったら電報が来まして、飛行機が故障したから行けないと。加速器をつくった人は、パウリ先生が来ると、パウリ先生に恐れをなして加速器が壊れてしまうのではないかと心配していた。その前に飛行機が故障した。(笑) それで加速器は無事だった。そういう冗談めかした話が残っています。残って

いるというのは、僕は立ち会ったわけではないので、私が60年代に研究者になり始めたころにもそういう話が伝わってくるぐらい、流布された話だった。

そのパウリ先生に、リー、ヤンという人がパリティ非保存ということを主張していますが、どう思われますかということインタビューした。そうしたらパウリ先生は言下に、「神様が左ききだとは思わない」と言ったそうです。どうしてか知らないけれど、左右対称でないというときに、神様が右ききだとは思わないとは言わないんですね。どうしてか左ききと。しかし、ウーさんによって確かにリー、ヤンが説明したように、パリティ非保存が起こって、それも最大破れで起こっているということが発見されます。このリー、ヤンの仕事がなぜ重要かという、神様が左ききだということが証明されたからではない。そのパリティ非保存という現象を通じて、それまでよくわからなかった弱い相互作用の実態、構造が克明にわかっていったんです。その結果として、パリティは非保存だということがわかりましたが、それが最大破れ、一番大きな破れになるような形になっている。

それはなぜかという、ファインマン、ゲルマンという人がそれを整理するんですが、カレント-カレント型と呼ばれている相互作用になって4つのフェルミオン粒子の積で書ける。それは、ベクトルカレント、軸性カレント (axial current)、パリティの性質が全く正反対なカレント流の引き算の積になっているということ、ファインマン、ゲルマンという人たちが見つけたというよりは、そういう形で説明した。

素粒子論屋さんというのは対称性が大好きです。だから、パリティが最大に破れているということになったんだけど、ファインマン、ゲルマンの理論をよく見てみると、パリティは非保存だけど、パリティ変換と同時に粒子と反粒子を入れかえてみなさい。粒子と反粒子を入れかえる変換を Charge conjugate といって、Cであらわします。そうすると、破れているのが復活したんです。CPに対しては保存しているということが、ファインマン、ゲルマンの理論によって明確になった。理論的には、この時点でもっと話すことがいっぱいあるんですけど、カレント-カレント型になったことによって、いろいろなことがわかって、おもしろいドラマがあるんですけど、今日はそれがメインではないので、外しておきます。

CP対称性はあるということに気がついた。しかし、それから5年たった後に、フィッチ、クローニンという人たちが、そのCPの対称性もさらに弱い形で、300分の1ぐらいの強さで破れている、弱い相互作用よりもさらに300分の1ぐらい小さい破れだけど、あるということを見つける。

これは多少因縁話のように聞こえますが、我々のその当時の素粒子論研究者の生活として、日本だけじゃなくて、全世界的にこういうことが行われていました。今は新しい論文という、論文を書いてインターネットでくりくりとやると、プレプリントサーバーと呼ばれる装置にインターネットで送られます。そうすると、来たものをすべて受け付けていたら、ジャンクメールみたいなもので何が来るかわからない。だから、それから素

粒子の論文だけを選び出して、数日後に公開されます。ですから、今日（こんにち）においては世界じゅうのどこにしようと、情報に関しては同時です。地方のへんぴなところにいるから情報がおくれているということはありません。

そういう研究環境に今日（こんにち）なっているわけですがけれども、当時はそういう科学論文が載った、集めてある雑誌がありました。これは結構高い。週刊誌を買うようには買えない。基本的には何かといたら、読む人の人口の問題です。つくるのには大変費用がかかるけれども、売れる冊数が少ないから高い。だから、各研究室では1種類1冊しかとっていない。そうすると、全研究者が早く読みたいわけで、競争になる。それを避けるために、こういうことが行われていました。

それは何かというと、当番を決めて、研究者の順番を決めて、今週はあなたが読んで紹介しなさい、来週はあなたですと。これは若手にとっては大変しんどい。何かといたら、雑誌に載っている論文を全部読んで、理解して、紹介しなければいけない。若手にとっては理解できないような論文もあるわけです。それを人前で紹介する。だから、試験をされているみたい。下手な説明の仕方をすると「益川、何だ、それは。間違っているぞ」とか言われてしまう。そういう速報会、英語ではジャーナルクラブといいますけれども、それに当たった論文を数冊渡されて、それを読んで理解して、報告しなければいけないという中に、そのCPの破れ、フィッチ、クローニンたちの論文が入っていました。

読んでわかりませんでした。当たり前です。駆け出しの人間にそう簡単にわかるわけじゃない。だから一瞬、これは大した論文じゃないから、スキップしようと思いました。しかし、何か後ろめたい気持ちが出て、比較的エネルギーを注いで紹介しました。けれども、そのCP対称性の破れというのが、素粒子論的な学問においてどういう役割を果たすかということはわかりませんでした。私だけではなくて、世界の大人の研究者もそうだったと思います。それを説明する理論としてすぐあらわれたのは、第5の力という今までにない力が観測にかかって、それは大変弱かったので今まで実験で見つからなかったけれども、新しい力があるんだ、それがCP対称性の破れを持っているんだという説明がありました。しかし、これはあまり素粒子論屋全員に広がっていきませんでした。当たり前です。こういう現象が起こっている。ではそういう現象が起こっているという力を導入しようというのですから、仮定イコール結論みたいなものです。

そうなのですが、私としては頭の隅にひっかかっているような問題で気持ちが悪かった。そのころの60年代というのは大変混乱していた時期で、加速器実験が進むことによって、我々の湯川先生が提唱された力に関係している強い相互作用に関係した現象が、うわっと山のごとくあらわれました。しかし現象論的に、実験にかかった現象の間のルールを説明するとか、整理するような理論は進んだんですけれども、それがどうしてそんなことになっているかということを説明する本質論的な議論はありませんでした。むしろ戦争放棄のような形で、世界じゅうの人たちが、今起こっている現象は、朝永先生たちがつくら

れた場の理論と呼ばれている理論では記述できないんだという考え方が世界じゅうで起こっている。ボスが1人いれば、その数だけ新しい理論があるぐらいの形である。当然我が国のボスである湯川先生も、そういう珍奇理論、場の理論では理論はあらかわせないという派でした。

私の先生である坂田先生も、坂田モデルと呼ばれているクォークモデルの前身であるような大変重要な理論を発表されているんだけど、そういう基本粒子を記述する力学はというと、正月明けに研究室会議があると、必ず坂田先生は研究室で新年のあいさつのようなことをされます。そのときに、その当時は、今年は革命は必至である。今年はハイゼンベルグのあの理論から見ると、ちょうど10年ごとの何回目当たる。その各節目ごとにこういういい仕事があるじゃないか。来年になると、今年はハイゼンベルグのあの理論から見ると、7年周期で見て何回目当たる。革命は必至であると。(笑)これは多分先生からいうと、若者を励ましていたんだと思います。革命は必至の年なんだから、いい仕事をせよという激励だと思うんですが、ある意味でいうとどうも「へ理屈の坂田」と。

我々の研究室は、私ぐらいで最後になって小林君には二つ名がついていないんですけども、みんな何々の何々という二つ名がついているんですね。だから、この人は「いちやもんの益川」、大貫先生なんかは「そつなしの大貫」、どんな仕事でもそつなくこなす。坂田先生は「へ理屈の坂田」。物理においては、権威を認めて権威のある人が書いた論文だから重要だという言い方をすると、間違っていると言っておしかりを受ける。権威主義はいけないと言っておきながら、その坂田先生が学術会議かなんかのお仕事で東京に行かれて、帰ってみえて、研究室のみんながお土産をちょうだいした。そのとき「これは何々屋のようかんだから、おいしいですよ」と言うんです。そうすると、研究室の若者は間髪入れず「先生、この論文はハイゼンベルグの論文ですから、いい論文ですよ」とやるわけです。そうすると、その後にもまたそれを繰り返すようなへ理屈がついてくる。

例えばあるコロキウムがあって、やっている最中に電気がぱっと消えたんです。だれかが「停電だ」と言った。そうしたら運悪く坂田先生は、研究室にかかっている当時の電池時計を見てしまったんです。見てしまったものだから、それが動いている。だから、「あ、動いていますよ」と言ってしまった。その後で電力線と電池の違いに気がついたわけです。何と言うかと思ったら、「今の状態は送電が停止されていると言うべきである。停電であるということは、電氣的な作用が全世界からなくなることを言うのである」というような調子です。(笑)だから、この先生のどこが偉いのかしらと思うんだけど、何か研究集会があって、そこでサマリートークなんかをされるとびしっと決める。いや、おもしろい先生です。その後にも逸話があるのですけれども、ちょっとはしよります。

その坂田先生も、先ほど言いました複合粒子モデル、だから素粒子がいっぱいあるのだけれども、そこの中にも基礎になる素粒子と複合的につくられている素粒子があるんだという説を唱えられて、最終的にはゲルマンのクォークモデルに行きますが、そのダイナミ

ックス、力学は、場の理論みたいなものでは記述されないだろうと思っているんです。何か新しいことが起こっている。だから、毎年革命は必至になる、そういう時代だった。

もっと極端なのは、アメリカのジェフリー・チューという学者がいるんですけども、素粒子の中に基本粒子なんていうものはない。素粒子はお互いにつくり合っているんだ。この3番目の粒子は、これとこれからつくられて、1番目のはこれとこれからつくられている。だから、基本粒子なんていう考え方はないんだという主張をしている。そういう時代だった。

だから、我が国のボスである湯川先生も当然、素領域なんていうとんでもないことを。素粒子は時間的に広がっていると。時間的にも広がっているなんていう概念は、SFのタイムトラベルみたいなもので、矛盾概念なんです。

湯川先生というのは、ご機嫌が悪くなると怖い、雷が落ちる。あんな偉い先生から雷を落とされたら、たまったもんじゃない。だけど私は恐る恐る、湯川先生の時間方向にも広がっているという考え方は間違っているんじゃないですかということ、雷を覚悟で申し上げてみた。95%ぐらいまで話して、最後に「よって、湯川先生の考え方も間違っているんじゃないでしょうか」と言おうと思いかけたときに、「先生、会議が始まります」と中座された。それで無事今日（こんにち）まで生存して、ここでお話をしている。（笑）

そういう時代だった。しかし、底流においては新しい流れがある。それは、ワインバーグ—サラムの電磁相互作用と弱い相互作用を統一したようなゲージ理論が提唱された。もっと底流で言うならば、場の理論に対する、どうしてこれはいまうまくいかないのか、どこまでうまくいくのかという分析も地道につくられていた。そういうものが結実して、1971年、1972年にト・フーフトとベルトマン——ト・フーフトというのはおもしろい。オランダ語ですが、小文字のtの前にカンマがついて、フーフト。これは何の意味かとオランダ語がわかる人に聞いてみたら、theとはちょっと違うらしいんですが、定冠詞だといいます。フーフトというのは頭。だから、私が無理やり訳すとお頭（かしら）。会ったときに「お頭という意味か」と聞いてみたら、笑ってまして答えなかった。

25歳前後の段階で、難解なゲージ理論の繰り込み可能ということを証明してしまいました。朝永先生の繰り込み理論でも大変数式がいっぱい出てくるような理論なんだけど、それに輪をかけて複雑な理論を数式を使わずに絵を書いて、丸を書いたり、丸の中に点が通り過ぎているやつなどそんなものをいっぱい書いて、それはどういう数式をあらわしているかと記号化するんです。こちらの3倍とこちらの2倍を引いて、こちらの1倍を引くとゼロになるとか、そんなことだけをやっている、繰り込み可能らしいということ全世界の人に印象づけた。だから当然、そんなことでは本当に証明になっていないといって、正当的なやり方で研究された人もいらっしゃいます。しかし、それはト・フーフトたちのやり方が間違っているというのではなくて、厳密に後づけをするような仕事になっている。

その段階で、私自身はCP対称性の破れを取り上げる時期が来たと感じました。私は京

都にいたんですが、小林君は名古屋にいて、CP対称性の破れは重要なことなんだと。だから、研究する価値があるということは考えていたようです。

それで彼が1972年に京大に就職してきました。4月は、彼は自分の生活基盤を確立するためにごちゃごちゃしていました。連休明けに顔を合わせたときに、名古屋でも一緒に研究をしていたことがありますから、論文を少しですが書いたことがありますので、一緒になったんだから取り上げてみようか、何かやろうかということに、どちらからということなくなりました。

それで取り上げたんですが、CP対称性の破れがいいだろうと。だから、ト・フーフトたちのゲージ理論がきちんと計算できる理論になったので、あれを使ったらCP対称性の破れについて何らかの発言ができる。非常に縛りがきついというか、自由度があまりない理論なので、何々の小林—益川のリレーションとか、そういう関係式みたいなものが出せるのではないかと思ったんです。それで2人で考えた。確かにきついことはきつい、きつ過ぎる。CP対称性の破れを起こさせることができない。困りました。それは基本的には何かというと、当時はクォークは3種類見つかっていて、4種類あるとおもしろい理論ができるということはみんな言っていた。数学だったら一遍に $2n$ 個のクォークを考えて、一般論をつくりましょうということで終わりになるんです。だけど、素粒子はそうではない。なぜかというと、100個考えておもしろい理論がつくれても、現実の世界で説明しないとだめなんです。

当時としては、クォークはせいぜいあっても4種類だという考えです。実際に我々が6元クォークモデルの論文を書いたときに、先輩諸氏からからかわれました。「益川君、本当にクォークが6種類あると思っているの?」と言われました。そういう時代だった。その段階で、当然のことながら我々も人の世に住んでいる人間ですから、4元クォークモデルでやろうと思った。でも、うまくいかない。どちらかが4元クォークモデルをあきらめるという作業がいったんです。たまたま今回のときは、私がおふろの中に入っているときに、どうもうまくいかないからだめだという論文を書こうと決心した。もう一回、人生をやり直していたら、小林君が同じようなことを考えていたかもわからない。そんな種類の問題で、4をあきらめた途端に、だめだという論文は格好悪いから、では6にふやして考えてみよう。

そう決心したときに、そこから先はもう瞬間的にわかりました。どうしてかということ、4元モデルでいろいろなことを研究し尽くしてあるものだから、6にしたらどういうことが起こるかなんていうことは、指折り数えるだけで済んだ。確かにCP対称性の破れを起こさせることができるとわかって、翌日小林君に会ったときに、こういうストーリーでどうだと言ったら、彼もそんなに考えることはなかった。ちょっとうつむきかげんに考えて、「そうですね」と言った。それで我々の作業としては終わりです。

しかし、理論屋としてはほかのバージョン、いろいろなバージョンを考えて検討した結

果、やはり6元クォークモデルが一番いいだろうということになって、1978年東京コンファレンス——素粒子の分野では一番大きい国際会議がたまたま日本でやられる番になっていて、その最後にサマリートークというか、シンポジウムのまとめをされるのが南部先生だった。南部先生がいろいろなセッションでやった結論をサマリーされて、CP対称性の破れの話に及んで、いろいろ検討があったが、小林—益川でいいだろうとおっしゃった。

その晩は、新宿の百貨店の屋上にビアガーデンがあったので、そこへ仲間に入れて行かれて、お祝いだとか言って、お祝いだったかよくわからない、お祝いだからこの2リットル入りのジョッキを全部あけると、強制的に飲まされた。本人は喜んでいたので強制的ではないかな。その当時、私は東京に住んでいたの東京の自宅に帰ったんですが、その後どうやって帰ったか覚えていません。

しかし、その後には大変なことが起こりました。何かというと、有望だから、CP対称性の破れを益川、小林のところではいけるかどうかということを検証しようというプロジェクトが立ち上がりました。しかし、トップクォークが予想外に重かったために、つくる加速器のエネルギーが足りなくて、失敗に終わります。そして1994年に、トップクォークは何はともあれ見つかった。2002年に、トップクォークとクォークの振る舞いまで含めて、確かにCP対称性の破れは我々の理論でいいということになりました。

本来の筋書きと違うことを話していますが、言いたかったことは、60年代に大変な混乱があって、それはその混乱の時期に準備されてきたワインバーグ—サラムの統一理論で、ト・フーフト—ベルトマンの繰り込み理論を使って、混乱していたものがそういう枠組み、パラダイムで説明できる。また、私がしゃべったものですから、たまたまCP対称性の破れの話だけしましたけれども、いろいろな分野の現象をそういうパラダイムの中で理解できることが確立していきました。

言いたいことは、混乱の時期はいろいろな考え方で勝手なことを言います。本当に一家一言みたいな形で、60年代はボスが1人いれば一つの理論が必ずある。そういう理論は、社会科学のほうに『空想から科学へ』という本がありますが、そうではなくて科学から空想への時代だと僕は言っています。本当にいろいろなことを言う。しかし、そういう研究の中で着実に次の芽が育って行って、若き天才ト・フーフトたちが出てきて、次のパラダイムを準備した。その後の30年間は、淡々とそのパラダイムを実験的に検証してきた時代である。だから、理論屋としてはおもしろくない。実験屋さんは確かにこういう理論でうまくいっている、うまくいっているという成果は出せますが、理論屋としてはあまり活躍の場所がない。

しかし2002年に、基本的にはCP対称性の破れは、最後まで含めて我々の理論でいいだろうという結論に達したんだけど、その過程の中で、そういう枠組みの中では起こらないだろう現象が見え始めていると感じられている。まだ断定してないですが、そういうものを検証する準備ができてきて、ヨーロッパ連合がつくった大きな加速器も、この間

故障したとかなんとかいって止まっていたんですが、再開して動き出した。そういう中から新しい息吹が、初めのほうに言いましたように、スーパーシンメトリーにかかわる問題とヒッグスにかかわる現象が出てきて、過去においてもそうであったように、理論屋が言ったとおりのことが実験で起こっているかを検証しようとしている。しかし、詳細には違う。自然のほうがより多様なんです。理論屋は本当にスケルトンだけを考えて、そこでの議論をつくっている。だけど、自然はそれよりももっと豊富なことが多い。その中で新しいものが見つかる。そういう入り口に今日（こんにち）我々は立っているのではないかと、胸を躍らせて処女のごとく思っています。

そういうことが多分そのうち新聞の一面に出てくると思いますので、そういうものが出てきたら、あのときのあの話に対応している話だなと、ちょっと違うところがあるぞと。ちょっと違うところが大事で、それを私なんかは期待している。想像どおりだったらおもしろくない。そこが違ったときに、違ったことがあれば、飯の種、考える種がふえるわけです。ですので、この年になっても翌日目をあけて、新聞を早くとりに行って、第1面を見るという習慣がついています。