

地中の内部から宇宙を観る。  
素粒子ニュートリノを捕らえる“カミオカンデ”は小柴氏オリジナルの発想である。  
独創的なアイデアはどのように生み出され実現されたのか、話を伺った。



## ノーベル賞受賞記念 特別インタビュー カミオカンデの 発想の源泉を探る 小柴昌俊 東京大学名誉教授 取材・文 横山広美 (サイエンスライター)

こしば・まさとし

1926年、愛知県豊橋市生まれ。51年、東京大学理学部物理学科卒。55年米ロチェスター大大学院博士課程修了。シカゴ大研究員、東京大学原子核研究所助教授、東京大学理学部教授。退官後、東京大学名誉教授。87年から97年、東海大学教授。ドイツ連邦共和国功労勲章大労十字章、仁科記念賞、朝日賞、ヨーロッパ物理学会特別賞、藤原賞、文化勲章、日本学士院賞、ウルフ賞、米国物理学会パノフスキー賞など多くの賞を受賞。素粒子物理学専攻。

一九八七年二月二三日、地球から一六万光年離れた星の大爆発が観測された。超新星爆発と呼ばれるこの現象は、肉眼で見えるものとしては三三三年ぶり。一六万年前に爆発した星から、光と素粒子ニュートリノがほぼ同時に地球に到達したのである。小柴氏が発案した観測装置カミオカンデは、世界で初めて超新星爆発のニュートリノを捕らえたのだ。

カミオカンデは岐阜県神岡鉱山内に設置されていた。現在はその技術を継承したさらに大型の検出器、スーパーカミオカンデが活躍している。カミオカンデは高さ、直径とも約一六メートルの円筒形水槽で、壁面には高感度センサ(光電子増倍管)が取り付けてある。素粒子が反応して出すすわずかな光を捕らえるのだ。

### 湯気の向こうの声が進路を決めた

——子どもの頃から理科好きでしたか？

小柴——特に理科好きだったわけではないな。僕は腕白坊主だったよ。旧制中学二年のとき、小児まひにかかって休養したのだけど、そのときに慕っていた理科の先生が本をもって来てくれてね。それが『物理学はいかに創られたか』(アインシュタイン著・岩波新書)という本だった。物理学ではこういうことを問題にするんだな、と思ったことを覚えてる。

僕は学問というのは、学問に興味をもって入っていくのではなくて、学問をする先生を慕って興味をもつことが多いのだと思う。どのような人間になるか決まるのは中学一、二年の時。だから中

中学の先生はとても大事だと思ふな。子供たちが「ああ、いい先生だな」と思う中学の先生が増えれば、「理科離れ」もなくなっていくのではないかな。

——よい先生にめぐり合えたことが、物理に興味をもたれたきっかけだったのでね。

小柴——そうだね。慕っていた先生だけでなく、反発した先生もいた。旧制中学四年の時の授業で、ボイル・シャルルの法則を証明しろ、という問題が出たのだけど、どう考えてみても実験法則でしょう。証明できない、といったらその先生は、変型した式と元の式、二つを書いて証明できた、と言ったんだ。そんなバカなことあるか、つてくつてかかったね。先生だろうが目上の人だろうが、間違いは間違いだね、と言えないといけない。

——物理学に進学を決めたのはなぜですか？

小柴——旧制高校時代、宿舍の風呂に入っている時に、湯気の間から物理教師と学生が話す声が聞こえてね。「小柴はどこに進学するでしょうか？」と聞く学生に対して、物理の教師が「物理はできないから、物理ではないだろうな」と言っただんだよ。くやしくてね。それから猛勉強して物理に進んだんだ。

——大学の成績表を公開されていますが、これはどのような意図からですか？

小柴——僕が悪い成績表を見せたのは、机に座って授業を受ける「受動的認識能力」と自主的に行動する「能動的認識能力」はまったく別の能力だ、ということを書いたからだよ。受動的認識能力を測る試験が悪くても、能動的能力で挽回するチャンスはある。それを伝えたかったんだ。

### ポケットの中で一九年間温めたアイデア

——「カミオカンデ」のアイデアはどのようにして生まれたのですか？

小柴——一九六〇年にシカゴのアパートで、オキヤリーニ（イタリア人物理学者）とビールを飲んでいた時に出たアイデアなんだ。実験で使う原子核乾板を岩塩鉱の中に保存していたのだけど、岩塩鉱の中にプールをつくったらどうなるだろう、という話をしたんだよ。飽和食塩水だからバクテリアは死ぬ、何日かすればほこりも全部沈むからとてもきれいな水になる。そこに下向きにセンサをつけたら、何が見えるだろう？ そういう話をしたんだ。

小柴氏の専攻は素粒子物理学。米ロチェスター大学で博士号を取得後、シカゴ大で研究を続けていた。素粒子の研究は、宇宙線や素粒子を人工的に加速する装置（加速器）を用いておこなわれる。原子核乾板は、その粒子の飛跡を捕らえるために用いられる。地上に降り注ぐ宇宙線も、岩塩鉱の中まで到達するのはわずかである。したがって実験で使う原子核乾板を保存するのによい場所なのである。

——そのアイデアが実現したのはいつですか？

小柴——一九年後だよ。当時、高エネルギー物理学研究所の物理研究部主幹をしていた菅原寛孝さん（現・高エネルギー加速器研究機構構長）から自宅に電話があつてね。日本でも「陽子崩壊」を見つけ

る実験がしたいが、何かアイデアはあるでしょうか、と聞かれたことがきっかけなんだ。

素粒子に働く力は四つあり、このうち三つをまとめる理論が「大統一理論」である。素粒子物理学の最終目標は、この四つの力を一つの理論で説明することである。

大統一理論は陽子が崩壊することを示唆している。陽子が崩壊するということは、私たち自身も含め、世界を作っている物質がいずれは崩壊することを示している。

陽子が崩壊する信号を捕らえるには、大量の陽子を観測できる装置でなければならない。カミオカンデが巨大な装置であるのは、なるべく多くの陽子（水）を観測するためである。

——一九年間というのはすごいですね。

小柴——研究者になろうと思つたら、いずれやってみたいと思うアイデアの卵を、三つか四つポケットに入れておきなさい、僕は若い人たちにいつもそう言っているんだ。機会があるごとにポケットに手をいれて、そろそろ孵している頃かな、まだ時期じゃないかな、と考えながらチャンスを待つんだよ。

——カミオカンデの結果は、大統一理論のもつとも単純なモデルを否定する結果になりましたね。

小柴——陽子崩壊の信号が見つからなかったことは、理論が間違っていることを示していて、見つからないこと自体が意味ある結果。けれども、血税を使って実験をさせてもらっているのだから、なんとかして信号を捕る実験にしたかった。低い

エネルギーの信号まで検出できるようにすれば、太陽が放出しているニュートリノを捕らえることができるはずだ。そう考えて装置を改造して、実験を再開したのが八七年の一月だったんだよ。超新星爆発からニュートリノが到来したのはその二カ月後。一七万年分の二カ月というすごい運だった。

準備あつてこそ活きた運である。カミオカンデで観測された超新星からの二個のニュートリノ。ここからわかったことは、超新星爆発で放射されるエネルギーの値と時間である。理論モデルは爆



発のエネルギーのうち、九パーセントが約一秒の間にニュートリノによつてもち去られると予想していた。観測されたニュートリノの個数と時間はこの予測にぴったりと合ったのである。

またカミオカンデは、装置を改造したもともとの理由である太陽ニュートリノ観測でも重要な成果を上げている。太陽から放射されたニュートリノが、理論から予測される値の約半分しかないことを示したのだ。

このように小柴氏が自ら発案し結果を出したカミオカンデは、ニュートリノという素粒子を使って宇宙を観る“ニュートリノ天文学”を築いたのである。

#### カミオカンデからスーパーカミオカンデへ

小柴氏の退官に際して、リーダーのバトンは戸塚洋二元東京大学教授（現・高エネルギー加速器研究機構教授）に渡された。カミオカンデから鉱山内を歩いて数分の場所には、高さ四メートル、直径三九メートルのスーパーカミオカンデが建設され、九五年から観測が始まった。

スーパーカミオカンデでも世界が注目する大きな成果が得られている。特に国際会議 neutrino '98で発表された“ニュートリノに質量があることを確認したこと”は、日本、アメリカの各紙の一面を飾った。質量があること自体は予想されていたが、これまでのすべての素粒子実験、観測結果は、理論から予測されていたことだったのに対し、ニュートリノに質量があることは、理論から導くことのできない初めての実験結果

だったのだ。

素粒子の「標準理論」はまだ発展途上の理論にも関わらず、非常によくできている。しかし発展するためには、実験と合わないところを見つけて、修正を加えていかなければならない。このためニュートリノの質量を確認したことは、非常に大きな前進だった。梶田隆章東京大学助教授現教授の発表が終わったときには、拍手が鳴り止まなかったという。

しかし二〇〇一年一月二日、スーパーカミオカンデで事故が発生した。ゴゴン、ゴゴンという鈍い音と共に、約二万二〇〇〇本あるセンサの六〇パーセントが連続的に破壊したのである。当時スーパーカミオカンデは、センサの取替え作業を済ませて注水中であった。取り替え作業中に、何らかの原因でセンサにひびが入り、その内部が真空であることから衝撃波が発生して連続破壊につながったことが、その後の調査で明らかになった（事故の詳細は本誌7号にて掲載）。

血税で夢を追わせて頂いているのに申し訳ないことになった、小柴氏はまずそう思ったという。

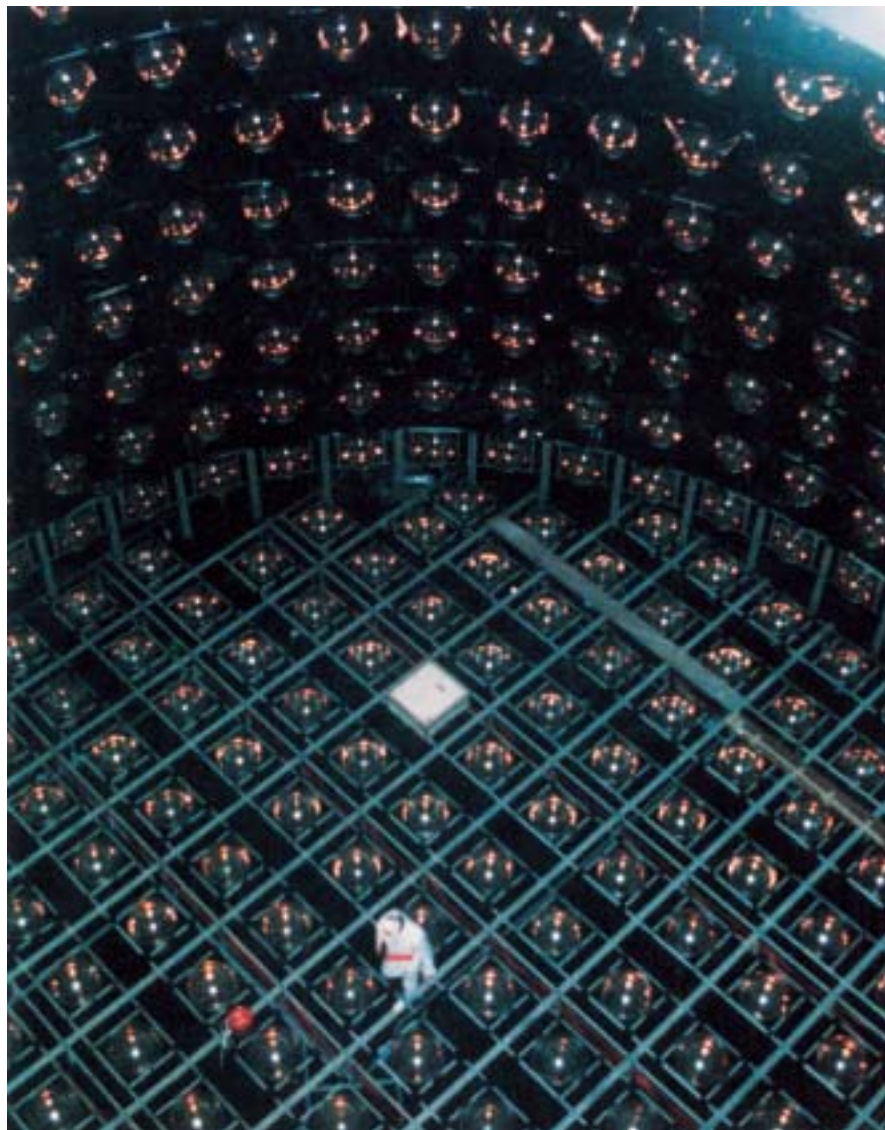
戸塚氏は一日で再建へのストラテジーを決定し、メンバー全員にメールで連絡した。“We will rebuild the detector. There is no question.”

この力強いリーダーシップに、スタッフ、学生一丸となった、再建への快進撃が始まる。二度と同じことを繰り返さないために、アクリルのカバーをつけて、たとえセンサが破壊しても衝撃波が発生しないようにした。

作業には大学生のボランティアも募った。応募人数を超える希望者は、神岡のメンバーをよ

カミオカンデ内部。  
壁面には直径約50cmの  
センサが配置されている。  
(東京大学宇宙線研究所提供)

Masatoshi KOSHIBA



り活気づけた。小柴氏ノーベル賞受賞の発表は、再建作業がほぼ完了し、スーパーカミオカンデに注水が始まった時に届いた。一二月から実験を再開する弟子や孫弟子にとって、非常にうれしい出来事になった。

戸塚氏の退官に伴い、リーダーのバトンはさらに次に渡された。現在は太陽ニュートリノ観測に取り組む、鈴木洋一郎東京大学教授がグループを率いている。

カミオカンデの跡地には、太陽と原子炉から到来するニュートリノを捕らえる装置「KamLAND」(カムランド)が建設され、二〇〇一年一月から実験がスタートしている。リーダーは小柴氏の弟子の一人、鈴木厚人東北大学教授。小柴氏の弟子たちは、それぞれの場でリーダーとして活躍している。

ネイチャーに挑むインタフェイス、カミオカンデ”を創始した小柴氏。その言葉の端々には弟子たちへの、厳しくも暖かい目があることに気づかされる。

——最後になりましたが、ノーベル賞を受賞されたの感想は？

小柴——「うれしいとしか言いようがない。しかし一番うれしいことは、よい弟子達に恵まれたこと。次の夢？ 弟子がノーベル賞をとることかな。」

注 カミオカンデは“Kamioka Neutron Decay Experiment” (神岡核子崩壊実験) の略。現在のスーパーカミオカンデは、“Super Kamioka Neutrino Detection Experiment” (スーパー神岡ニュートリノ検出実験) の略。