

## 小柴昌俊先生の文化勲章受章

東京大学名誉教授、日本天文学会会員小柴昌俊先生は、平成9年11月3日文化勲章を受章されました。先生のご業績などをここに紹介したいと思います。

平成10年2月6日、文化勲章受章を記念して小柴昌俊先生の先輩、同僚、そして我々教え子どもが集まってパーティーを開きました。また、平成9年11月24日に一足はやく、昔のカミオカンデそして今のスーパーカミオカンデに参加している研究者が神岡に集まってささやかなお祝いをしました。神岡では、お世話になっている神岡町長、神岡教育長、高山市助役など地方自治体の関係者もお祝いに駆けつけてくださいました。小柴先生は同じ平成9年に藤原賞も受賞されましたので、いささかパーティー疲れのきらいもありましたが、先生のご功績を改めて確認することができました。

大マゼラン星雲で16万年前に大爆発を起こした超新星1987Aは莫大な数のニュートリノを宇宙空間にばらまきました。ちょうど11年前になりますが、1987年2月23日、まき散らされたニュートリノの一部が地球に到着しました。ご存じのように大マゼラン星雲は地球の南側にあり、日本から見ることはできません。しかし、ニュートリノは大変貫通力が強いですから、地球など易々と突き抜けてしまいます。そこで、地球にきた超新星ニュートリノの一部は、ボルネオあたりで地球に突入し、そのまま地球内部を光速で走って、日本に裏側から到達しました。そして、再び地球を飛び出し、宇宙空間に飛び去っていったのです。

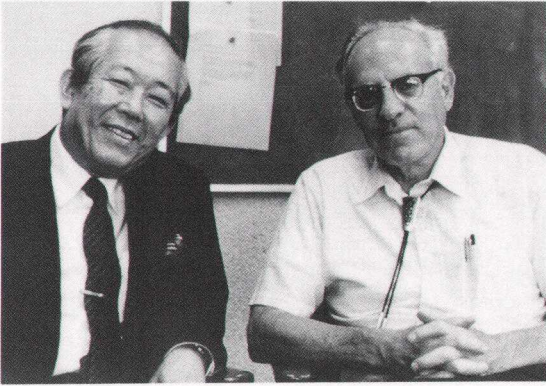
ニュートリノの巨大な貫通力は、すなわち物質と反応する力が大変弱いということです。だから、そのとき我々の体を約100兆個のニュートリノが突き抜けていったのですが、体の分子と全く反応し

なかったのです。痛くもかゆくもありませんでした。つまり、全く気づかなかったわけです。

小柴先生は、1980年代、素粒子の大統一理論を何とか検証しようと考えていました。それには陽子崩壊の証拠を捕らえるのが一番ということで、岐阜県神岡鉱山の地下1000mに3000トンの純水を使った陽子崩壊観測用装置「カミオカンデ」を作り、1983年来運転していました。1985年からは、陽子崩壊探索に加えて太陽ニュートリノも観測すべく装置の改造作業をやっておりました。1987年1月は、それがほとんど終わって太陽ニュートリノの観測に入ったところでした。超新星ニュートリノのエネルギー領域は、太陽ニュートリノのうち、ホウ素8のベータ崩壊から出てくるニュートリノのエネルギー領域よりちょっと高いくらいで、カミオカンデ装置は超新星ニュートリノの観測にまさにぴったりの装置でした。2月23日に飛来した大量のニュートリノはカミオカンデも無論通り抜けていきました（約1兆5000億個の10000倍）。そして、そのうちの11個が水と反応し、データとして記録されていたのです。

この観測は、太陽系外さらには天の川銀河外から飛来したニュートリノという素粒子を観測した史上初の快挙でした。しかし、それだけではありません。たった11個の観測ですが、重力崩壊型超新星爆発の基礎理論が正しいことを証明し、爆発の瞬間に中性子星が生まれたことも証明したのです。つまり、学問的に大変重要な研究成果でありました。

だいぶ長くなりましたが、この超新星ニュートリノの観測を指揮されたのが小柴先生でした。今回の文化勲章の受章理由もこの史上初の快挙によるものです。私も教え子の一人としてこの研究に参加しておりましたので、この大発見の喜びをちょっと味わうことができました。



小柴先生と1995年ノーベル物理学賞受賞者のFred Reines氏

この観測にはいろいろ思い出があります。実は、装置改造作業の一部がまだ残っていて、その工事が1987年2月に行われる予定でした。しかし、使用する鉄板の納入が遅れたため、工事を4月以降に延期したのです。もし、予定通り工事が進んでいたら、超新星ニュートリノが発見されたかどうか定かではありません。また、当時使っていた電子回路の較正のため、1時間に2分観測をストップしていました。データを見ると、超新星ニュートリノ発見の3分前に回路較正が入っていて、観測が止まっていました。危ないところでしたが、マーフィーの法則を逃れることができました。さらにもう一つ、当時研究の主力は陽子崩壊探索でしたので、時間の記録は全くいい加減なものでした。コンピューターのクロックを腕時計で合わせていたのです。しかし、アメリカのIMBグループが8個の超新星ニュートリノを観測していたので、両方のデータを比較するのが大変重要になってきました。残念ながらカミオカンデの観測時間はそんなわけで1分くらいの精度しかありませんでした。事後になりますが、直ちにコンピュータクロックの時間を正確に較正しようとしたのですが、残念ながら前日の大雪で停電があり、コンピュータのクロックの情報が消えていました。そんなわけで、カミオカンデとIMBのデータを重ねることは不可能になったのです。ご存じのように超新星ニュートリノは約

10秒しか続きませんから、データの重ね合わせには1秒の精度が必要です。もしこれができていたら、もう少し超新星爆発の情報が増えていたかもしれません。

ニュートリノのデータ解析の後、小柴先生は直ちに論文の作成に取りかかりましたが、論文投稿までいっさい口外無用というご命令で、こんなにおもしろい結果を人にしゃべれないということがいかに苦痛かということを知られました。

小柴先生が蒔かれたエキサイティングな宇宙ニュートリノ観測はこのようにして始まりました。その後、カミオカンデは念願の太陽ニュートリノ観測に成功し、その観測数が理論予測よりも少ないという「太陽ニュートリノ問題」を、水チェレンコフ法という新しい技術で確認することができました。さらに、宇宙線が大気中で作る大気ニュートリノについて、その成分のミューニュートリノと電子ニュートリノの比が理論予想の2にならず、むしろ1に近いという「大気ニュートリノ異常」の発見が続きました。その後、カミオカンデよりも10倍以上大きな規模を持つスーパーカミオカンデが完成し、現在太陽ニュートリノ問題と大気ニュートリノ異常を解決すべく、小柴先生の教え子達が努力を続けているところです。これらの問題は、どうやらニュートリノの有限質量に起因するらしく、今年中には確たる証拠が得られそうな気がします。

ニュートリノの質量は、もしそれが有限だということがわかっただけで、素粒子物理学に大きなインパクトを与えます。小柴先生は、素粒子物理学を探究すべくカミオカンデを作り、予想外の超新星ニュートリノ観測によって、天体物理学に偉大な貢献をなさいました。小柴先生が最初に目指しておられた素粒子物理学の探求は、今度はニュートリノ質量の解明によって改めて行われているところです。

戸塚洋二（東大宇宙線研）