

となりから見た超新星ニュートリノ検出の現場

佐藤 勝彦 <東大理 e-mail: sato@phys.s.-tokyo.ac.jp>

私が超新星1987Aの出現を知ったのは、1987年2月24日(火)である。国際天文学連合サーキュラで報じられた発見のニュースが天文学コミュニティを駆け巡った。今でも超新星出現のニュースを聞いたとき、体中に電気が流れ身震いするような緊張感を感じたことを忘れない。それは私の大学院学生の頃からの大きな研究テーマが超新星ニュートリノだったからである。超新星爆発が我々の天の川銀河の中心で起これば、カミオカンデは200-300発のニュートリノを検出するはずだということは常に考えていたので、10発程度検出されるのではないかという予想はすぐだった。大マゼラン雲までの距離は銀河中心と比べて5倍ほど遠いからである。今日からの1,2週間でこれまでやってきた超新星ニュートリノの理論研究が支持されるのか潰されるのかがわかる。もし検出されたなら、この研究をやってきた理論家として、世界に先駆けてデータを解析しなければならない。決して他の理論家に遅れをとってはならない。

私は、このニュースを聞いて直ちにカミオカンデの番頭役である戸塚さんに電話した。彼はすでにアメリカの共同研究者からの連絡で超新星の出現を知っていた。私は戸塚さんに、まあ10発くらい見つかるのではないのでしょうかと話した。彼も同じような推定をしていたが超新星からのニュートリノが検出されるなど半信半疑で、ともかく神岡から磁気テープを取り寄せて調べることになりましたとのことだった。私は当然、神岡で観測している大学院生が磁気テープを抱えて今空港に向かってるものだと信じていた。しかし、後で実はテープは宅急便で送ったのだと聞いて、まったく仰天した。ニュートリノが検出できる装置は、カミオカンデほど大規模なものはアメリカの

IBMしかないが、イタリアのモンブランとか、ソ連のバクサンとかにもあり、世界中で一番乗りを目指して解析しているはずである。モンブランは90トンの液体シンチレータ、バクサンは200トンの同じく液体シンチレータでカミオカンデにははるかに及ばないがしかし先に見つける可能性はある。それなのに、カミオカンデはなんと、悠長なことかとまったくあきれてしまった。この週の27日金曜日は、小柴先生の東大物理教室での定年退官講演、最終講義の日である。物理の大講義室、1210号室はほぼ満席で、私も一番前の席で小柴先生のユーモアある講義を拝聴した。小柴先生の今もしばしばおっしゃる言葉、「税金を使って夢を見させて頂いているのだ。業者の言いなりで買う馬鹿がいるか。」「実験家は、常に時期が来れば孵すことのできる卵を抱えておけ。」などの名言はこの講義でもうかがった。小柴先生は、米国から帰国、原子核研究所の助教授から、本郷物理教室に研究室を構えてからの研究の歴史を詳しく話された。小さな研究室から、次第に予算を獲得し現在の素粒子物理学国際研究センターの前身である施設を立ち上げ、ソ連、ドイツ、CERNでの研究、カミオカンデの建設に至る経過、苦労話、成果など話された。この講義が終わりに近づくと、感極まって男泣きに泣きながらの講義となった。しかし、超新星1987Aの話は残念ながら小柴先生の最終講義には出てこなかった。

実際、磁気テープはこの日にやっと東大に到着し解析も始まっていなかったのだ。最終講義の後には、恒例に従って物理の会議室、1310号室でのパーティーである。折戸さんが小柴先生のお弟子さんを代表し挨拶された。パーティーに参加していた、院生の中畑雅行さん、平田慶子さんから今テープの解

析を始めるところだと、ビールを飲みながらその場で聞いた。とにかく泊まり込みで徹夜の覚悟でやるとのことだった。頑張っって早く見つけてくださいとお願いした。

翌日28日土曜日、ひょっとしてもう見ついているのではないかと考え、戸塚さんにお昼ころ電話した。まだ解析中ですという返事だったが、すごく機嫌の良い明るい声だった。戸塚さんはいつも歯切れの良い、明るい声で話す方だったので、素直にその返事を信じ、まだ見つけていないと言うのならどの時刻あたりを見ているのか聞いた。超新星爆発はコアの重力崩壊でニュートリノが放出されるが、そこで発生した衝撃波が表面まで達するのに、赤色巨星なら1日かかる。つまり可視光で見えだした時刻の一日前から解析しなければならない。私は、老婆心で見つからないならそこまで遡って見なければならぬとコメントしたのである。後で知ったことであるが、戸塚さんはすでに中畑さん、平田さんからその朝報告を受け、私が電話をしたときには、確かにカミオカンデが超新星からのニュートリノを検出していたことを知っていたのである。にやにや笑いながらの電話対応だったのである。そして小柴先生より、この検出は、きちんとした解析が終わり論文を投稿するまでグループ外には絶対漏らすなという箝口令が出されたのである。そんなことを知らない私は、まったくイライラする毎日だった。ただでさえ解析の開始が他のグループより遅れているのに、いったい何をモタモタしているのだろうと。実際、次の週になると予想されたとはいえ大ニュースが入ってきた。3月2日月曜日、なんとモンブランのイタリアグループが超新星からのニュートリノを5発検出したというニュースが入ってきたのだ。発表日は前の週の28日であった。私はこのニュースを、あわてて平田慶子さん伝えた。すると、半時もたたないうちに小柴先生から電話がかかってきた。ニュースはIAUサーキュラからのものだったと

記憶しているが、小柴先生はその検出の時刻などを聞いてなんだかホッとされた雰囲気を感じた。今広く知られているように、モンブランが検出したという時刻は、日本時間で23日の11時52分で、カミオカンデの検出した時刻、16時35分より4時間43分前ということになる。モンブランの結果は今では信用する人はほとんどいないが、モンブランの研究者や一部のヨーロッパの理論家は今もってこれも本当に検出したのだと言い続けている。爆発は2回起こったというのである。一度は通常の超新星爆発、2回目は作られた中性子星がクォーク星になったときであるというもっともらしい理屈もつけてである。しかしカミオカンデのその時刻には何も検出されていない。

私もカミオカンデのメンバーの動きや私への応答などから、うすうすカミオカンデは超新星ニュートリノを検出したに違いないと感じるようになった。また小柴先生や戸塚さんのイタリアグループの結果をまったく無視する言動からなどから、その時間にはカミオカンデは何もシグナルはないのだと考えるを得なくなった。

私は当時、大学院生であった鈴木英之君（現在、理科大）と、超新星の中でのニュートリノの伝播の研究を進めていた。その12年前、ポストドク時代に、CERNのガルガメールによって発見された弱い相互作用の中性流相互作用によって、電子型ニュートリノは超新星のコアにトラップされるという理論を出していた。もし中性流相互作用が存在するとニュートリノは原子核とコヒーレントな散乱を起こすためその散乱断面積が100倍も大きくなり、単にコアが不透明になるだけではなくニュートリノの拡散時間が長くなり、ニュートリノは超新星のコアにわずか10秒程度であるが、閉じ込められる、つま

りトラップされることを示したのである。実際超新星コアの中ではニュートリノはトラップされ、そのフェルミエネルギーは150 MeVを超えることも示していた。鈴木君はコンピュータシミュレーションでこの拡散を計算し、実際このようにニュートリノが逃げ出すのは長い時間がかかることを示しつつあったのである。

それでは、実際カミオカンデが捕らえたニュートリノバーストはどのくらいの時間持続しているのだろうか？ともかく早くニュートリノデータをいただき理論家の立場から解析したかった。そこで、2人で準備を始めることにした。どうせ10個前後の数のニュートリノが何MeVかのエネルギーで検出されたというデータが出るのはわかっているのだから、その数値をたたき込めば結果が出るようしておけばよい。3月2日からの週は、鈴木君と泊まり込み体制になった。眠くて頭がもうろうとしてどうしようもなくなったときは、毛布にくるまってソファーで眠った。6日金曜日ころ、カミオカンデのグループの論文が完成し投稿するあたりで小柴先生から直接データをいただいた。直ちに我々はプログラムに入力し、全放出エネルギー、平均エネルギーを計算し、ローレンスリバモアグループのコンピュータシミュレーションとも比較した。ニュートリノの質量の上限も、ニュートリノバーストの幅から制限を付けた。

小柴先生から、次の週の月曜日、3月9日に文部省で開催される記者会見に、理論家として同席するように言われた。出席するつもりでいたが、論文の作成に手間取り、結局完成し投稿したのは9日の朝となった。国際ビジネスメールでPhysical Review Lettersに投稿したときには、記者会見の時間になっていた。翌日の新聞の1面はもち

ろん、カミオカンデのニュートリノ検出の発表で飾られた。小柴先生が立てて図を指説明している写真がどの新聞にも載っていた。記者会見をすっぽかして、小柴先生には大変申し分ないことをしたけれど、我々の論文は、超新星ニュートリノの解析論文としては、1, 2番の速さだった。カミオカンデのニュートリノバーストの持続時間は13秒、統計は悪いが超新星からの全ニュートリノ放出エネルギーも 3×10^{53} erg、平均エネルギーも17 MeVと求められ、理論とよく合う。

その後、カミオカンデの検出時刻のあたりを調べることで、IMBグループが8発を見つけ、またバクサンも5発を見つけた。カミオカンデの検出は独立な2つのグループによって確認された。しかしモンブランのデータはどうしても矛盾する。それどころか、さらに驚くべきことに、ローマ郊外にある重力波検出装置が、まさにモンブランの検出時刻に重力波を検出したと発表したのである。常識的には、この感度の悪い装置で大マゼラン雲からの超新星重力波が観測されるためには、星の全質量を重力波に変えても及ばないほどの強い重力波が放出されなければならない。

1987年の10月以来、15年間、毎年ノーベル賞発表の頃になると必ず、新聞社から電話や訪問取材を受けた。ある新聞社からは、発表前に受賞お祝いの原稿を書くように求められ書いたこともある。そして、10月8日、今年のノーベル賞の発表となった。スーパーカミオカンデ、SNOの活躍で今や後押しも強い。今年こそ間違いない。そして、その日がまさに来た。小柴先生、おめでとうございます。

(2002年11月5日原稿受付)