

理学博士小柴昌俊君の「大マゼラン雲超新星(SN1987A)からの  
ニュートリノの検出」に対する授賞審査要旨

一九八七年二月二三日、一五万光年の距離にある大マゼラン星雲のなかに、肉眼で見られるものとしては一六〇四年以来三三三年ぶりの超新星が現われ、SN1987Aと名付けられた。超新星の爆発は、星の中心部が重力崩壊を起し、その際開放された重力エネルギーが星の質量の大部分を吹き飛ばすことよって起こるのであるが、重力崩壊の際に開放されたエネルギーの九九%はニュートリノ(及び反ニュートリノ)の放出によつて持ち出され、あとの1%で超新星は明るく輝くことが理論から予測されていた。

SN1987Aからのニュートリノが岐阜県神岡町の地下一、〇〇〇メートルの深さにある神岡陽子崩壊実験装置により、二月二三日世界時七時三五分三秒から一三秒間にわたつて検出された。これから光で観測された三時間後までの間に、光での明るさは一万倍にもなった。

神岡陽子崩壊実験装置は、小柴昌俊君の発想により、同君の指導する研究グループによつて陽子崩壊の検出を主目的として建設されたものであり、一九八三年七月から実験が行なわれた。一九八五年には天体の放出する低エネルギーニュートリノ、特に太陽ニュートリノをも検出すべく測定器の改良やエレクトロニクスの増強が行なわれ、一九八六年初めからこの実験も行なわれるようになった。

この装置の主要部分は三、〇〇〇トンの水である。10MeV程度のエネルギーをもつニュートリノが水分子のなかの電子と弾性散乱を起こすと、これによって生じた反跳電子はチェレンコフ光を放出する。この光を観測すれば、その光量と方向から、ニュートリノのエネルギーと入射方向とを知ることができる。一方、反ニュートリノは水中の水素原子核と反応することにより、陽電子と中性子とをつくる。この陽電子もチェレンコフ光を放出するが、陽電子は等方的に放出されるので、これからも反ニュートリノのエネルギーは分かるが、その進入方向は決まらない。しかしその生成反応の断面積はニュートリノの弾性散乱の場合より一〇〇倍も大きい。神岡の施設では、このチェレンコフ光を観測するべく、二〇インチ直径の光電子増倍管を九四八個備え、有効体積二、一四〇トンの水中からの光をまわうけていた。

神岡で検出されたニュートリノは、時刻によって三つに分類される。すなわち、最初から〇・〇五一秒までの五個、一・五四〜一・七三秒の間の三個、そして九・二二〜一二・四四秒の間の三個である。また、初めの二個によって生じた電子の方向は、誤差の範囲内でマゼラン雲の方向と一致しており、これはニュートリノの水中電子との弾性衝突によるものであり、他は反ニュートリノの反応によるものであることが分かる。また、ニュートリノと反ニュートリノの平均のエネルギーは(17±1) MeVと計算された。

このデータから計算すると、超新星一九八七Aによって放出されたニュートリノのエネルギーの総量は $1\sim 3\times 10^{53}$  ergと見積もられる。また光の観測からは、光として放出されたエネルギーは $1\sim 3\times 10^{51}$  ergと見積もられ、全体のエネルギーの九九%がニュートリノによって持ち出されたことが確かめられ、しかも一五万年たってもこの比率が変

わからないことから、ニュートリノは半減期が一〇万年をこえる長い寿命をもち、いわゆるニュートリノ振動の仮説は成り立っていないことも示した。更に、このデータは、これまでの超新星爆発の理論では明確でなかった点を明らかにすることに貢献してきている。

なお、米国オハイオ州には、カリフォルニア大学 Irvine、ミシガン大学、ブルックヘブン研究所が共同して開発したIMBと呼ばれる装置があり、神岡での検出の情報をもとに、ニュートリノの到達時刻にあたる記録を調べ、解析の結果、四秒間に八個のニュートリノによると思われる光を見つけている。更に、ヨーロッパのモンブランの地下トンネルにあるイタリア、ソ連共同の装置も、ニュートリノを検出したとの報告があるが、その到達時刻、装置の性能から報告は疑問視されている。

神岡での観測結果の報告は Physical Review Letters に発表されたが、その著者としては別紙のように二三名が名前を連ねている。このなかで、研究の推進者であり中心的役割りを果たしたのは小柴昌俊君であり、更に戸塚洋二、須田英博両君も共同研究者として特に大きな貢献をしている。

この研究は、天体から放出されたニュートリノを非常に明確な形で最初に検出したものであり、ニュートリノ相互間の転移に関する性質を明らかにするとともに、星の進化の最終段階に起こる超新星の爆発過程の解明とその理論の発展に大きな貢献をした。

この研究は世界的に大きな反響を呼び、このデータの解釈などについて二〇〇を超える論文が発表され、ニュートリノの質量、電荷、磁気能率の上限などが求められており、小柴昌俊君もヨーロッパを中心に五〇回にわたって招待

講演を行ないつゝある。

小柴昌俊君はその共同研究者とともに、一九八七年度の仁科記念賞、朝日賞を受賞し、今年、文化功勞者として顕彰された。

神岡実験論文リスト

- Search for Nucleon Decay into Charged Lepton + Mesons, KAMIOKANDÉ Collaboration, J. Phys. Soc. Japan, **54**, 3213 (1985).
- Search for Nucleon Decays Catalyzed by Magnetic Monopoles, KAMIOKANDÉ Collaboration, J. Phys. Soc. Japan, **54**, 4065 (1985).
- Search for Nucleon Decays into Anti-Neutrino + Mesons, KAMIOKANDÉ Collaboration, J. Phys. Soc. Japan, **55**, 711 (1986).
- Search for High-Energy Muons from Cygnus X-3, KAMIOKANDÉ Collaboration, Phys. Rev. Lett., **56**, 991 (1986).
- A Search for Neutron-Antineutron Oscillation in  $^{16}\text{O}$  Nuclei, KAMIOKANDÉ Collaboration, Phys. Rev., **D34**, 902 (1986).
- On the Oscillations of Solar  $\text{B}^0$  Neutrinos, M. Koshiba, K. Kubodera, M. Nakahata and S. Nozawa, Prog. Theor. Phys. Suppl., (1986).
- Atmospheric Neutrino Background and Pion Nuclear Effect for KAMIOKANDÉ Nucleon Decay Experiment, KAMIOKANDÉ Collaboration, J. Phys. Soc. Japan, **55**, 3786 (1986).

- KAMIOKANDE Nucleon Decay Experiment, *M. Koshiba, Nuovo Cimento, 9C, 141 (1985).*
- Observation of a Neutrino Burst from the Supernova SN1987A, KAMIOKANDE-II Collaboration, *Phys. Rev. Lett., 58, 1490 (1987).*
- Search for High Energy Muons from Cygnus X-3 During the Radio Outbursts in 1983 and 1985, KAMIOKANDE Collaboration, *Phys. Review, D36, 3537 (1987).*
- Search for High Energy Neutrinos from SN1987A—First Six Months—, KAMIOKANDE-II Collaboration, *Phys. Rev. Letters, 59, 2604 (1987).*
- Experimental Study of the Atmospheric Neutrino Flux, KAMIOKANDE Collaboration, *Physics Letters, B205, 416 (1988).*
- Observation in the Kamiokande-II Detector of the Neutrino Burst of Supernova SN1987A, KAMIOKANDE Collaboration, *Phys. Rev., D38, 448 (1988).*
- KAMIOKANDE Collaboration; M. Koshiba, Y. Oyama, K. Arisaka, T. Kajita, M. Nakahata, A. Suzuki, M. Takita, Y. Totsuka, T. Kifune, T. Suda, N. Sato, K. Takahashi, K. Miyano.
- KAMIOKANDE-II Collaboration; M. Koshiba, K. Hirata, T. Kajita, M. Nakahata, Y. Oyama, N. Sato, A. Suzuki, M. Takita, Y. Totsuka, T. Kifune, T. Suda, K. Takahashi, T. Tanimori, K. Miyano, M. Yamada, E. W. Beier, L. R. Feldscher, S. B. Kim, A. K. Mann, F. M. Newcomer, R. Van Berg, W. Zhang, B. G. Cortez.