

常設展示場「先端技術への招待」 ～スーパーカミオカンデ関連展示の更新をとおして～

* 生井敏昭

Toshiaki NAMAI

要旨： 開館して 20 年を過ぎた当館の常設展示場「先端技術への招待」。最先端の科学を紹介するために、展示更新を進める中、今年もノーベル物理学賞受賞という大きなニュースが入ってきた。当館で展示していた光電子増倍管に加えて、この度、スーパーカミオカンデで観測している情報をリアルタイムで表示できるイベントディスプレイを設置することができた。「毎日進化する科学館」を目標にしている当館の魅力をスーパーカミオカンデ関連展示の更新を中心に紹介する。

キーワード： スーパーカミオカンデ ニュートリノ イベントディスプレイ 光電子増倍管 ノーベル賞

1 はじめに

当館には 3 つの常設展示場がある。千葉県の主力産業である電力・石油・鉄鋼について展示している「現代産業の歴史」、体験的に学ぶことができ、子どもたちに人気の「創造の広場」、そして、最新の科学技術を学ぶことができる「先端技術への招待」がある。

常設展示場「先端技術への招待」は大きく 5 つのコーナーに分かれている。「先端技術を支える技術」のコーナーでは、超高真空、超低温、超高压、超高温、超微粒子の技術を展示し、実験シアターでは超低温と超電導の実験を毎日行っている。「エレクトロニクス」のコーナーでは、集積回路、光ファイバー、液晶ディスプレイ、センサ等を展示し、エレクトロニクス体験としてパソコンを数台設置している。「新素材」のコーナーでは、機能性合金、セラミックス等を展示し、その魅力を体験できる実験カウンターで毎日実験を行っている。「バイオテクノロジー」のコーナーでは、DNA、組織培養、バイオリクター等を展示している。「先端技術と地球環境」のコーナーでは、大きな地球模型、環境問題として注目されている地球の温暖化や酸性雨、燃料電池の技術などを展示している。

開館後 20 年、科学技術の進歩はめざましく、特に先端技術の分野は展示の更新が急務である。開館以来の当館の目標である「毎日進化する科学館」をめざし、スーパーカミオカンデの観測データをリアルタイムに表示するイベントディスプレ

イを東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設の協力をいただき、実現することができた。素粒子物理学について、広く県民に紹介すると同時に、少々難解と思われるこの分野の魅力をわかりやすく伝えるため、工夫した内容を報告する。

2 ガイドツアー用の解説について

ガイドツアー用の解説を考えるために、館内職員向けの解説会を計 3 回実施した。職員からの質問や意見を確認することで、より多くの方にわかりやすい解説ができるように準備した。以下がその内容である。

(1) ガイド内容

新しく設置されたモニターは、ニュートリノを観測するスーパーカミオカンデの情報がリアルタイムで見られるイベントディスプレイである。2002 年の小柴昌俊（こしばまさとし）氏に続き、2015 年に梶田隆章（かじたたかあき）氏がニュートリノ振動の発見でノーベル物理学賞を受賞された。

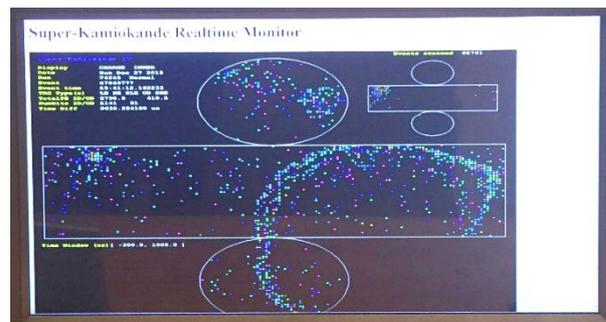


図 1 イベントディスプレイ

ア ニュートリノ

ニュートリノは、物質をつくる最も小さい粒子で素粒子の一種である。宇宙には非常にたくさんあり、光に近い速さで飛びかっている。私たちの身の回りにも目には見えないがたくさんあり、私たちの体を、1秒間に数百兆個も突き抜けている。しかし、全く気がつくことはない。このように見えないニュートリノを観測するために、スーパーカミオカンデがつけられた。

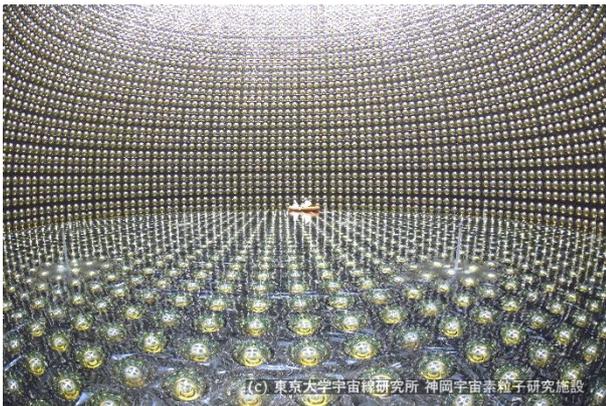


図2 スーパーカミオカンデ内部の様子

イ スーパーカミオカンデ

スーパーカミオカンデは、岐阜県飛騨市神岡にある。地下深くに、直径約40m、高さ約40mほどの円筒形の大きな水槽に5万トンのきれいな水を蓄えて、その内側の壁に「光電子増倍管」という光センサが1万個以上も取り付けられている。ニュートリノは何でも突き抜けてしまうのだが、ごくまれに水にぶつかるかすかな光を出す。その光をとらえるため、このような高性能な光センサが使われている。



図3 光電子増倍管

ウ イベントディスプレイ

光センサでとらえた情報は、イベントディスプレイに表示される。この形は、スーパーカミオカンデを切り開いた展開図(図1参照)である。この光の点一つ一つが光センサ(光電子増倍管)である。強い光を受けると赤い色となり、黄色、緑、青と弱くなっていく。これらは、ニュートリノによるものではなく、ほとんどが宇宙線によるものである。

エ ニュートリノイベント

ニュートリノを観測したときは、図4にあるように、輪のような模様が見られる。スーパーカミオカンデでは、1日に約30回ニュートリノを観測している。

このモニターは、スーパーカミオカンデの研究者が見ている画面と同じであり、モニターを見ている解説ツアーのお客様は最先端の科学研究に今、立ち会っている。このような基礎科学は、私たちの生活にすぐに役立つということにはつながらないが、宇宙の謎の解明が少しずつ進む。また、見えないニュートリノを観測できるという日本の科学技術のレベルが極めて高いことの証明でもあり、技術のさらなる進歩と新しい発見が今後も続くことが期待される。

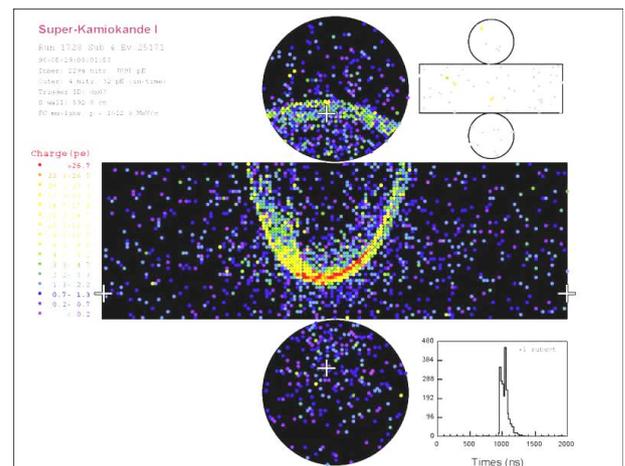


図4 ニュートリノイベント

(2) 魅力・感動を伝える

イベントディスプレイは約10秒おきに次々と画面が変わり、同じ形にはならない。その模様を見るだけでも、たいへん興味深く、あらゆる世代

に受け入れられると考えられる。ぜひ、多くの方々に見ていただいて、最先端の科学の魅力を感じていただき、感動を分かち合えれば幸いである。

3 解説会の実施

2015 年 12 月 10 日(木)にイベントディスプレイを設置後、最初の日曜日となる 12 月 13 日の午前と午後に関説会を実施した。事前に新聞やテレビ等でも報道されていたので、解説会を目的に来館されたお客様を含め、計 19 名の方が参加した。

(1) 解説の内容

宇宙から飛んできたニュートリノをカミオカンデでとらえたことにより小柴昌俊氏がノーベル賞を受賞してから 13 年が過ぎた。註(1)

より高性能になったスーパーカミオカンデで、ニュートリノに質量があることを示すニュートリノ振動の発見により、2015 年東京大学宇宙線研究所の梶田隆章氏が、ノーベル物理学賞を受賞された。註(2)

ア ニュートリノ 註(3)

ニュートリノは、私たちの身の回りにたくさんあるが、目で見ることにはできない。その大きさは、0.000 000 000 000 000 01cm (0 が 17 個) 以下と極めて小さい。1cm の 1 億分の 1 が水素原子の大きさだが、さらにその 10 億分の 1 よりも小さいことがわかっている。ニュートリノは、身のまわりの物質(原子)に、ぶつかったり、はねかえったりせず、何でも突き抜ける。また、上からだけでなく、地球を突き抜けて下からも、横からも、いろいろな方向から光速に近い速さで飛んできてくる。電氣的にも中性で物質となかなか反応しないため捉えることが難しい。

イ スーパーカミオカンデ 註(4)

スーパーカミオカンデは岐阜県飛騨市の神岡鉱山につくられた。観測の妨げとなる宇宙線の影響を 10 万分の 1 程度に小さくするために地下 1,000m に巨大な空間をつくり、直径 39.3m、高さ 41.4m の円筒形の水槽に 50,000 トンの超純水を蓄え、その内側に光電子増倍管という光センサ

を 11,129 本取り付けられている。このセンサは、月面で懐中電灯をつけた光を地球で観測できるほど高性能である。

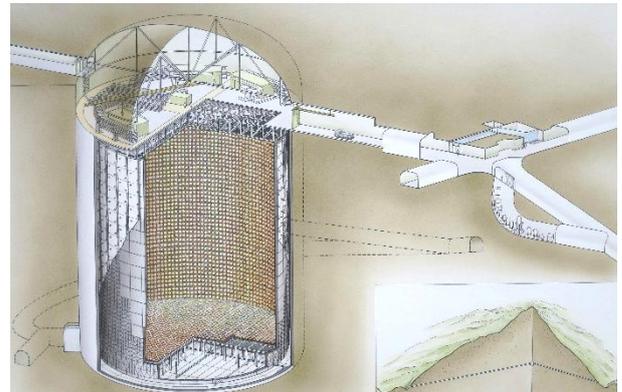


図 5 スーパーカミオカンデ イメージ図

ニュートリノは、水の中を通過するときにごくまれに円錐形の光(チェレンコフ光)を放つ。この光をとらえ、ニュートリノの観測を行っている。註(5)

ウ イベントディスプレイ

内側の水槽に取り付けられた光電子増倍管の展開図がイベントディスプレイには表示されている。光の点の一つ一つが光電子増倍管の一つずつに当たる。光センサが反応して、強い光が当たると赤く表示される。身の回りにはたくさんの宇宙線が飛びかっているため、目的のニュートリノを探すために、装置にはさらに工夫がなされている。

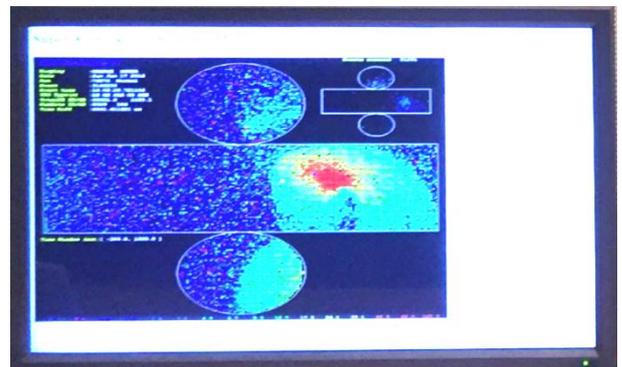


図 6 イベントディスプレイ(宇宙線ミューオンイベント)

エ ニュートリノイベント

図 6 をよく見ると、右上の部分にも小さい展開図が表示されている。これは水槽の外側に取り付け

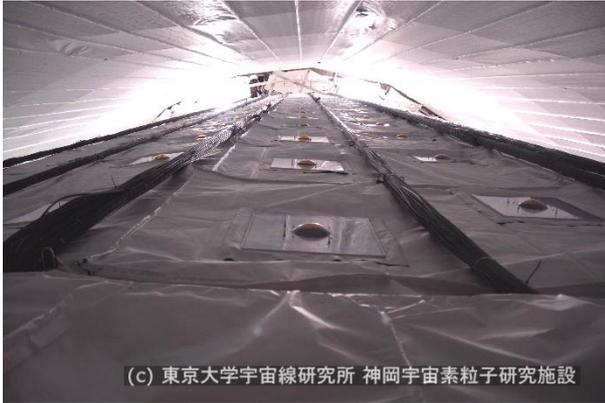


図7 外水槽（光電子増倍管の直径は約20cmと小さい）

けられた光電子増倍管の情報を示している。スーパーカミオカンデの水槽は2槽式になっており、もともと電荷をもつ宇宙線は、外側の水槽で反応するため、ほとんど反応しないニュートリノと見分けるために使われている。つまり、右上の外側にある光センサが全く反応せず、中央の内側の光センサが反応して輪が現れた時がニュートリノイベントということになる。スーパーカミオカンデではニュートリノを1日に30回程度とらえている。観測データは2008年に更新されたシステムにより1秒間に約4,500回の信号をサーバーに記録して解析している。

オ ニュートリノ観測の意義

ニュートリノを観測することで、例えば、太陽の中心部でエネルギーをつくり出している様子を調べることができる。また、宇宙の始まりビッグバンのときのニュートリノを調べることができれば、宇宙の謎を解き明かすことができることが期待される。このような基礎科学は、私たちの生活にすぐに役立つことにはつながらないが、目に見えないニュートリノを観測できるということは、日本の科学技術レベルを高めることに大きく貢献している。地下に大きな空間をつくること、巨大水槽を設置すること、超純水をつくること、空気中から放射性物質を除去することなど各分野で世界最高レベルの技術が作り出されている。

また、神岡には世界的な実験観測施設が作られている。XMASS（エクスマス）実験は、液体キセノン（約-100℃）を用いてダークマター（暗黒

物質）の正体を明らかにすることを目的に観測している。註(6)

KAGRA（カグラ）という重力波望遠鏡は、まもなく試験運用を開始し、2017年より稼働を予定している。アインシュタインの一般相対性理論による時空のゆがみが光速で伝わる重力波の観測を進めていく。註(7)

また、2025年には、ニュートリノのさらなる研究のためハイパーカミオカンデが稼働予定である。100万トンの超純水を蓄える水槽の内側には約10万個もの光電子増倍管を設置する予定である。

(2) 参加者の様子

解説会の参加者は、テレビや新聞の報道を見て、ある程度の知識を持っている方がほとんどだったので、解説にうなづくなどよく理解している様子がうかがわれた。比較的年配の方の参加が多かったが、学生がよく話を聞いている様子も見られた。

説明が終わった後も、参加者はイベントディスプレイに見入って立ち去ろうとしない状況となった。最先端の研究に高い関心を持っていただくことができたと考えている。

4 おわりに

今年度の常設展示場「先端技術への招待」における更新としては、昨年度企画展で取り上げた、バイオミメティクスの「先端技術と地球環境」のコーナーへの設置がある。今後、iPS細胞の展示を「バイオテクノロジー」のコーナーに設置する予定である。また、エレクトロニクスのコーナーにあるセンサのパネルの更新、光マップや元素周期表のパネルの設置、地球環境の変化のデータ更新、体験展示の子ども向けキャプションの更新、解説シートの新規作成、ワークシートの問題更新等も実施できた。

113番目の元素の命名権を日本の研究機関が取得したこと、重力波を世界で初めて観測したこと、新素材として注目されるカーボンナノチューブやセルロースナノファイバーなど、科学の話題は豊富である。今後も調査を継続し、最先端の科学をより魅力的・感動的に伝える展示を増やすことができるように努力していきたい。

註(1) 超新星 1987A からきたニュートリノ信号 11 個を、スーパーカミオカンデの前身であるカミオカンデで世界で初めて観測した。

註(2) ニュートリノは全部で 3 種類(電子ニュートリノ、ミューニュートリノ、タウニュートリノ) がある。ニュートリノ振動は、それらが飛行中に姿を変えてしまう現象である。ニュートリノが振動することは時間が進むことを意味している。特殊相対性理論によると光の速さに近い運動をする物体の時間はゆっくり進むようになり、光の速さで進むと時計は進まず、質量はない。観測結果からニュートリノ振動が起こるので、光の速さよりもゆっくりニュートリノは進むことになり、質量があるということになる。

註(3) 1930 年オーストリアの物理学者ヴォルフガング・パウリはベータ崩壊に関わる中性粒子の存在を提唱した。1934 年イタリアの物理学者エリニコ・フェルミが中性粒子をニュートラル(中性 neutral) に小さいを表すイタリア語のイノ(-ino) をつなげてニュートリノと名付けた。

註(4) Super-KAMIOKA Nucleon Decay Experiment -陽子(核子)崩壊を観測する実験-または Neutrino Detection Experiment-ニュートリノ検出実験-の頭文字の NDE がカミオカンデの「ンデ」である。カミオカンデがつくられた当初の目的は陽子崩壊の観測のためであったが、後に改造してニュートリノ観測をできるようにした。なお、陽子崩壊は現在まで観測できていない。

註(5) チェレンコフ光とは、ニュートリノによってたたき出された電気を持つ粒子が水中を進む光の速さより速くなる時に光が生じる現象である。

註(6) ダークマターとは、宇宙空間で観測されている通常の物質の 5~6 倍を占めると考えられている未知の物質。宇宙はこの他に、その多くをダークエネルギーが占める。

註(7) 2015 年 9 月 14 日アメリカの研究施設 LIGO (ライゴ) が 13 億年前のブラックホールの合体によって発生した重力波を世界で初めて検出した。

資料提供 図 1,2,4,5,6,7 東京大学宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設

参考文献

梶田隆章「ニュートリノで探る宇宙と素粒子」平凡社(2015 年 11 月 20 日)

小柴昌俊「物理屋になりたかったんだよーノーベル物理学賞への奇跡ー」朝日選書(2002 年 12 月 25 日)

田賀井篤平「ニュートリノー小柴昌俊先生ノーベル賞受賞記念」東京大学総合研究博物館(2003 年 1 月 17 日)

パンフレット「5 分で分かる! ニュートリノのひみつ」東京大学宇宙線研究所 (2015 年 10 月)

スーパーカミオカンデ公式ホームページ