

## ノーベル物理学賞受賞記念「展示と模擬実験」

林 正人・中西 章・中野 正浩・鳥居 隆・明 孝之・  
中村 正彦・原田 義之・藤元 章・松岡 和夫・  
小寺 正敏・西浦 宏幸・真貝 寿明・田中 東

(2009年9月30日受理)

“Exhibitions and Experiments”, in Celebration of Nobel Prize in Physics

by

Masahito HAYASHI, Akira NAKANISHI, Masahiro NAKANO,  
Takashi TORII, Takayuki MYO, Masahiko NAKAMURA,  
Yoshiyuki HARADA, Akira FUJIMOTO, Kazuo MATSUOKA  
Masatoshi KOTERA, Hiroyuki NISHIURA  
Hisaki SHINKAI, Azuma TANAKA

(Manuscript received September 30, 2009)

## ノーベル物理学賞受賞記念「展示と模擬実験」

林 正人\*・中西 章\*・中野 正浩\*・鳥居 隆\*・明 孝之\*・  
中村 正彦\*・原田 義之\*・藤元 章\*・松岡 和夫\*・  
小寺 正敏\*\*・西浦 宏幸\*\*\*・真貝 寿明\*\*\*\*・田中 東\*\*\*\*\*

(2009年9月30日受理)

“Exhibitions and Experiments”, in Celebration of Nobel Prize in Physics

by

Masahito HAYASHI, Akira NAKANISHI, Masahiro NAKANO,  
Takashi TORII, Takayuki MYO, Masahiko NAKAMURA,  
Yoshiyuki HARADA, Akira FUJIMOTO, Kazuo MATSUOKA

Masatoshi KOTERA, Hiroyuki NISHIURA

Hisaki SHINKAI, Azuma TANAKA

(Manuscript received September 30, 2009)

### Abstract

The Nobel Prize in Physics for 2008 was awarded to Professors Yoichiro Nambu, Makoto Kobayashi and Toshihide Maskawa. At this opportunity, we held an exhibition to introduce the achievements of the laureates for 10 days at the Omiya campus in May 2009. With the explanations of elementary particle physics, we prepared several experimental instruments with which visitors could play and learn the spontaneous symmetry breaking, cosmic rays, a circle path of an electron in a magnetic field and so on.

Our main purpose of the exhibition was, however, not just to explain the contents of the Nobel Prize in Physics, but also to attract students' interests to physics. More than 800 individual students attended during the period, and the survey of questionnaires shows positive contributions to raise the students' awareness of the excitement of physics.

キーワード： 物理教育, ノーベル物理学賞, 素粒子, 霧箱, 電子顕微鏡, 磁石, 自発的対称性の破れ

Keyword: Physics Education, Nobel Prize in Physics, Elementary Particle, Cloud Chamber, Electron Microscope, Magnet, Spontaneous Symmetry Breaking

\* 工学部 一般教育科 Department of General Education, Faculty of Engineering

\*\* 工学部 電子情報通信工学科 Department of Electronics, Information and Communication Engineering, Faculty of Engineering

\*\*\* 情報科学部 コンピューター科学科 Department of Computer Science, Faculty of Information Science and Technology

\*\*\*\* 情報科学部 情報システム学科 Department of Information Systems, Faculty of Information Science and Technology

\*\*\*\*\* 教育センター Education Center

## 1. 2008年ノーベル物理学賞

2008年10月7日、スウェーデン王立科学アカデミーは、2008年のノーベル物理学賞を、南部陽一郎氏、小林誠氏、益川敏英氏の3人に贈ると発表した。受賞者の数は一つの部門に対して3人までと決められており、日本出身者\*1が全てを占める快挙であると、新聞各紙でも大きく報道された。更に、翌日には下村脩氏にノーベル化学賞が授与され、日本中がノーベル賞受賞の喜びに沸いた。

世界的に見たとき、物理学は、日本人の最も得意とする分野の一つに挙げられる。実際、60年前の1949年に湯川秀樹氏が「核力を媒介する中間子の存在の予言」で日本人としてはじめてのノーベル賞(物理学賞)を受賞して以来、1965年には朝永振一郎氏が「量子電磁力学の構築」で、1973年には江崎玲於奈氏が「半導体のトンネル効果」(いわゆる江崎ダイオード)で、2002年には小柴昌俊氏が「ニュートリノ天文学の開拓」で、それぞれノーベル物理学賞を受賞している。このうち江崎氏を除く3人の研究分野は、全て素粒子物理学である。物理学とりわけ素粒子物理学は、まさに日本のお家芸であると言えよう。

今回の受賞の対象となった研究業績は、南部陽一郎氏は「原子内部の物理学(subatomic physics)における自発的対称性の破れのメカニズムの発見」、小林誠・益川敏英両氏は「少なくとも3世代のクォークの存在を予言する対称性の破れの起源の発見」となっている。

共通のキーワードは「対称性の破れ」である。南部氏の仕事は素粒子が質量を獲得する起源の説明につながる。欧州合同原子核研究機関(CERN)において2008年秋より、地中に埋められた1周約27kmの2個のリング内で加速された陽子を正面衝突させる装置(加速器という)を用いて、これを実証する実験が始まった。光の速さの99.9999991%まで加速された陽子は、1秒間にこの巨大なリングをおよそ1万1000回まわる計算になる。ただ残念なことに、試運転において、液体ヘリウムを用いて超電導磁石

を冷却するシステムの一部に異常が発見され、実験開始が1年ほど延びている。

一方、小林・益川両氏の仕事は、「CP対称性の破れ」に関係するものである。これは、ビッグバンによって宇宙が誕生した当初は物質と反物質が等量存在したはずなのに、なぜ現在の宇宙には反物質がほとんどないのか、との問題の解明につながる。こちらの方は2001年に、Bファクトリーと呼ばれる、電子・陽電子を用いた1周約3kmの加速器を使い、日本とアメリカの実験で同時に検証された。

受賞対象の論文が発表されたのは、南部氏の場合1961年、小林・益川両氏の場合1973年で、論文発表から受賞までの期間の長さも話題となった。理論の整合性だけではなく、実験で実証されなければならない物理学の宿命ともいえるが、その当時の実験技術を遙かに超えた領域においても、人間の豊かな思考能力が真実をとらえることができることに驚かされる。

## 2. 展示の企画と準備

### 2.1 物理学に対する興味の喚起

ところで、「対称性」が「破れる」というのは、説明することが難しく、新聞各紙でも、いろいろ苦心して解説してはいるが、一般の読者にはなかなか理解してもらえないようである。確かに、その内容をきちんと理解することは、一般の人には難しいことかもしれない。芸術やスポーツ等ならば、奥は深い、その入口の部分でも十分楽しむことは可能である。ところが、物理学となると、難しいものという先入観が定着しているようで、自分の住む世界とは全くかけ離れたところにあるような、ともすれば拒否反応に近いものを、一般の人からは感じることもある。

理科離れや物理離れ、更には工学離れがたびたび話題に上る。実際、高校理科の主流は化学・生物となっている。このままでは、科学技術創造立国を目指す我が国の国民の4分の3の人が、高校で教えら

れる物理の基本を知らないという状況になると危惧されている。日本人の得意分野であるはずの物理学が、ごく一部の専門家にゆだねられ、一般の人々から遠い存在になってしまっているのは、誠に残念なことである。「物理は難解」というイメージをなんとか払拭し、身近なもの・興味深いものという感覚を持ってもらう努力の積み重ねが教員の側にも必要である。

実は、多くの先進国においても、物理学を学ぶ学生数は、年々減少しているといわれており、これまで幾度となく、一般市民の物理学に対する認識を高める努力が行われてきた。例えば国連は、2005年を「世界物理年」(World Year of Physics)と指定し、世界規模で多くの物理関連のイベントが開催された。2005年は、若きアインシュタインが、その後の物理学の進展に大きな影響を及ぼした3大論文、すなわち「光量子の理論」、「ブラウン運動の理論」、「特殊相対性理論」を発表した1905年から100年、アインシュタインの没後50年にあたる節目の年である。

国連宣言では、

- 物理学は自然に対する理解を高める上で重要な基礎である
- 物理学とその応用は、今日における技術進歩の多くの基礎となっている

と謳われている。

日本国内においても、日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究との位置づけで、「21世紀の科学技術リテラシー像 豊かに生きるための智~プロジェクト」が2006年度にスタートした。その目的は、成人段階を念頭に置いて、全ての人々に身に付けてほしい科学・数学・技術に関係した知識・技能・物の見方を実際に作成することとしている。その成果は、7つの専門部会報告書と総合報告書として2008年6月に公表された。<sup>1)</sup>

このような取組が実を結び、一人でも多くの人が物理学を身近なものと感じ、更には興味を持ってくれるようになるために我々に何が出来るか、考えてゆかねばならないと痛感している。

## 2.2 工大におけるこれまでの取り組み

大阪工業大学工学部に入学してくる学生の多くもまた、物理学は難しい、という恐れに近い先入観を持っているように感じる。しかし、物理学は自然科学の基礎であり、工学の要である。物理の教育に携わるものとして、これを何とか払拭しなければならない。それができない限り、「理論に裏付けられた実践的技術をもつ専門職業人を育成する」という建学の精神を具現化する教育プログラムを構築することなどできない。

そこで、我々も世界物理年に参加し、2005年6月に、当時は整備前で使用されていなかった図書館4階第1閲覧室において、アインシュタイン「展示と模擬実験」と題した展示会（以下では2005年の展示会という）を2週間の会期で開催した。そのときの様子は以前紀要で発表した。<sup>2)</sup> 残念ながら、今の大学生は、実体験が極めて乏しい。先にも述べたが、物理は難しいというのは、多分に食わず嫌いのところがある。ほんの些細なことでも、自ら実験し体験することで、物理に対する見方が変わりうることを2005年の展示会で実感することができた。

それから4年が経過し、当時の1年生も多くは就職もしくは大学院へと進学している。そこで今回、日本人のノーベル物理学賞受賞を機に、模擬実験を中心とした展示会を再度開催することを計画した。その目的は、第一義的には、実体験を通して学生達の物理に対する認識を新たにさせ、物理に対する興味を引き出すことにある。

また、最近多くの大学で学生の帰属意識の低さが問題にされている。昔に比べて今の学生はまじめに授業に出席するが、終わるとすぐ帰宅してしまうなど、高校の延長という意識しかなく、何事にも指示されるのを待っているばかりで自主的に行動を起こすことがない、今の大学1年生は高校4年生だ、などといわれている。その上リメディアルと称して高校の復習をやらされていると、いつまでたっても受け身の学習者である「高校生(生徒)」から、主体的な学修者である「大学生(学生)」に変わるこ

ができない。

1年次に対する初年時教育，さらには高校生から大学生への転換を意図した導入教育の必要性が強調されるようになって久しい。カリキュラムの中にこれらをどう位置づけるか，各大学は知恵を絞り，努力している。一方，大学教育の非常に重要なものが，実はカリキュラムとして位置づけられた正課だけではなく，それ以外の学生生活の中にも潜んでいる（隠れたカリキュラム）ともいわれる。アカデミズムとまではいかずとも，このような展示会を開催することが，「大学はちょっと違うぞ」という意識を学生に抱かせ，帰属意識を高め，かつ自主的な学びへと学生を誘う導入教育の一翼を担う効果があると考えている。

### 2.3 今回の企画と準備

2008年のノーベル物理学賞の発表を受け，一般教育科内の物理ブロックの教員を中心に，展示会の開催に向け議論を始めた。開催時期は，導入教育の一環としての役割を期待し，5月の連休明けの2週間に設定し，展示内容・展示場所等の検討を重ねた。それをまとめて展示会の企画案を作成し，2月5日に展示会開催を工学部長に提案，サポートをお願いした。

その後，物理実験グループの協力の下，「霧箱」や「磁石のテーブル」の試作，ポスター作成を行いつつ，展示会の詳細を詰めていった。3月下旬の時点で，会場を6号館16階にある淀ビスタの展示用スペースとし，ノーベル物理学賞受賞記念「展示と模擬実験」と題して体験型展示会を開催することを決定した。新入生に対する導入教育としての意味合いを強く意識し，会期は，2005年の展示会の時より3週間早い，5月11日（月）から22日（金）までの平日の10日間とした。また開催時間は，正午から午後5時30分まで，専任教員1名とアルバイトの学生1名が常駐し，展示物の説明と模擬実験を実施する体制とした。

また，この展示会に関するアンケート用紙を配布

し，感想・意見を求めた。アンケートだけではなかなか回答を得られないと考え，アンケート用紙の裏面に，展示パネルを読ませることも意図した簡単なクイズを用意し，報酬として「ノーベル」を社名に冠した会社の飴を用意した。

ところが，新型インフルエンザの影響により，5月18日（月）午後より24日（日）まで休学措置がとられ，展示会後半部分は実施できなくなった。そのため急遽5月29日（金）まで会期を延長した。

以下，展示内容，会場で行ったアンケート，及び授業の一環として提出させた感想文から分かること等を，2005年の展示会との比較を交えて報告する。

## 3. 展示と模擬実験の様子

### 3.1 展示内容

展示物の内容の主なものを以下に列挙する。これらの展示物の中には，今回のノーベル賞と直接結びつかないものも含まれているが，本学学生に対する物理教育の一環と考え，「素粒子」に関連するものを広く取り入れた。

- (1) 放射線（素粒子）観測用「霧箱」
- (2) 自発的対称性の破れを体感する「磁石のテーブル」
- (3) 電子顕微鏡
- (4) 磁場中の「電子」の円運動（サイクロトロン運動）の観測装置
- (5) カミオカンデで「ニュートリノ」観測に使われた20インチ光電子増倍管
- (6) 「CPの破れ」に関わるゲーム（パソコン）
- (7) ノーベル賞・素粒子等の解説，原論文，写真のパネル
- (8) 関連書籍

なお，電子顕微鏡の操作には専門知識とともに経験も必要で，誰でも簡単に操作できるわけではないため，昼休みと4時限目終了後の2回（曜日によってはどちらか1回），各1時間実際に動かして観察できるようにし，それ以外の時間帯は，電子顕微鏡

の仕組みの解説・電子顕微鏡で撮った写真のパネル展示とした。

また、会場に隣接するパソコン設置コーナーにおいて、益川氏によるノーベル賞記念講演ビデオ（ノーベル財団のHPより）を流し、日本語原稿のコピーを配布した。<sup>3)</sup>

### 3.2 展示会場の様子

入場者には入り口で、高エネルギー加速器研究機構から提供を受けたパンフレット「素粒子が解き明かす万物創成の謎」を配布した。このパンフレットの配布数から数えた入場者は800名あまり、繰り返し訪れるリピーターも多数に上ったため、のべ入場者数は1000名を超えた。

次に示す図-1, 2, 4は展示会場の様子である。図-1の中央、奥の部分が電子顕微鏡の展示スペースで、実際に小型の電子顕微鏡を操作しながら学生達に説明しているところである。手前左手は、大型の霧箱を設置したスペースである。放射線（主にヘリウム原子核である $\alpha$ 線）の飛跡を観測しやすくするため、暗幕で覆って暗室にしてある。

図-2は、中央に磁石のテーブル、右手にあるのが20インチ光電子増倍管、その周りにはカミオンデやスーパーカミオカンデの写真や説明等が置かれている。

向かって左手奥で壁に投影しているのが、CPの



図-1 展示会場の様子1  
Fig. 1 Picture of the Exhibition Hall 1



図-2 展示会場の様子2  
Fig. 2 Picture of the Exhibition Hall 2

破れに関わるゲームで、広島大学素粒子論研究室のホームページで公開されている。図-3にそのスクリーン・ショットを示した。3×3=9個の矢印を、ダイヤルを回して1行もしくは1列3個の矢印を同時に同じ角度回転させ、全て上向きにするゲームである。最初の矢印の向きは、完全にランダムではなく、ある制限（ユニタリー性といわれる）に従って配置される。

CP対称性は、クォークが2世代4個の場合は破れないが、3世代6個になると破れる。破れる原因は、クォークの結合定数が複素数になる（複素位相が現れるという）ことにある、というのが小林・益川理論のエッセンスである。3世代のとき結合定数は3×3=9種類の組み合わせに対応して9個あり、それを3×3の行列で表現する。



図-3 パソコンゲーム画面  
Fig. 3 Screen Shot of PC Game

但し、クォーク自身も複素位相を持つので、見かけ上結合定数が複素位相を持って、クォークの複素位相をうまく調節して、結合定数の複素位相を全て消し去ることができる場合がある。実際、結合定数の行列が2行2列（クォークが2世代）なら、複素位相を全て消し去ることができる。しかし、3行3列（クォークが3世代）では消せないことを小林・益川両氏が証明した。

このゲームは、数学的な証明の代わりに、 $3 \times 3 = 9$ 個の矢印を全て上向きにそろえることはできないということからCP対称性が破れることを確認することが目的である。単純なゲームではあるが、学生達は結構楽しんでトライしていた。（矢印が正確に上を向かなくても許容する設定になっているので、たまたま揃ってしまうことがある。）

図-4で学生がのぞき込んでいるのは、磁場中の電子の円運動（サイクロトロン運動という）を観測する装置である。希薄な水素ガス（ $10^{-2}$ mmHg）の中で、磁場によるローレンツ力を向心力として円運動する電子が水素分子を励起し、その軌道に沿って青白い円が観察される。高校物理の教科書で必ず紹介されている実験であるが、ほとんどの学生は初めて見るといい、食い入るようにのぞき込んでいる姿が印象的であった。



図-4 展示会場の様子3  
Fig. 4 Picture of the Exhibition Hall 3

学生達の感想文からいくつか引用して以下に示す。

行く前は、どうせパソコンとかがおいてあって絶対おもしろくないだろうと思って、あんまり行く気にはなりませんでしたが、でも実際に行ってみると、まずパンフレットをわたされて、アンケートやクイズみたいなのもついて、固いイメージだったのがすぐなくなりました。そして中に入って模擬実験などを見学すると、意外とおもしろかったです。（C科1年）

…とても面白かったです。まず第1にこの展示では、ただ展示されている物を目で見るだけでなく、手で触れて実験などをすることができたからです。…第2に、ここに展示してある物について気軽に質問できたところです。ただ展示物に触れることができるだけでなく、さらに、その物について質問して理解することができると、よりいっそう楽しくなると思うからです。（C科1年）

今回の展示と物験（物理実験？）を見学することによって物理への興味と関心が更に高まり良かったと思います。またこれを活かして、物理はもちろん、他の勉強や、勉強だけでなく私生活全てにおいて向上心を持って一生懸命に頑張ろうという強い気持ちになり、見学して良かったと思いました。（M科1年）

僕はこのノーベル賞受賞記念展示をみるまで、取っつきにくい感じがして、素粒子物理学にそれほど興味はありませんでしたが、これらの展示を見てこの分野も興味深く、おもしろいところがあると感ずることができました。この分野についてもっと知るために本など読んでみたいと思いました。（K科1年）

物理は今まで公式や難しい文字が並んでいる印象しかなく、とにかく”難しい”という印象が強

かったです。しかし、今回物理は目に見えるものなのだということがわかり興味を持ちました。何でもそうだと思いますが、本当にその意味がわかるようになればすごく楽しいのだろう…と思います。少し物理を勉強してみようかなという気になりました。ただ覚えるのではなく、「本質を理解する」ことは難しいと思いますが、がんばりたいと思います。(K科3年)

この他にも多くの学生が、行ってみたら意外に面白く、興味をもてたと書いていた。ただ残念ながら、自ら積極的に会場へ足を運んだという学生は、あまり多くはなかった。物理教育の中で、いかに体験型の学習機会を設けるか、そしてそこに学生をどうコミットさせるか、今後の課題である。

### 3.3 展示・模擬実験の詳細

ここで、多くの人が興味を示した「霧箱」・「磁石のテーブル」・「電子顕微鏡」について、簡単に説明しておこう。

#### (1) 霧箱

図-5の写真で、暗幕で覆った暗室内の中央に写っているのが霧箱本体である。82cm四方、厚さ1mmの銅板に黒のゴムシートを貼り、その上に1辺80cm高さ20cmの亚克力板の枠を置き、更に亚克力板で蓋をする。装置全体はドライアイスの上に設置する。写真にある扇風機は霧箱の蓋が曇ることを防止するために風を当てるためのものである。

内部をアルコール蒸気で満たすと、底の部分で急激に冷やされ、アルコールの気体が過冷却状態になる。ここを放射線が通過すると、その軌跡に沿って過冷却状態のアルコールが液化し、図-6の写真に見られるように、飛行機雲のような飛跡を残す。

この写真に写っている6本の筒状の物体は、キャンプ用品店などで普通に売られている、ランタンの芯に使うマンツルの繊維をビニールチューブに詰めたものである。市販されているマンツルの中には放射性物質のトリウムを含むものがあり、ここから放



図-5 霧箱の外観  
Fig.5 Outside View of the Cloud Chamber



図-6 霧箱内部  
Fig.6 Inside View of the Cloud Chamber

射線(主に $\alpha$ 線)が出てくる。観測しやすくするために底を黒くし、全体を暗室に入れて周りからライトで照らしている。

#### (2) 磁石のテーブル

図-7が磁石のテーブルである。カーコンパス用の球形方位磁石919個を六角形の容器内に並べたものである。この容器は、ターンテーブルの上に置かれており、全体を回転させることで、地磁気の影響が無いことを確認出来るようになっている。大阪市科学館に円形の容器を用いたオリジナルの磁石のテーブルがある。

磁石のテーブルの詳細については、開発者自身の報告を参照していただきたい。<sup>4)</sup>



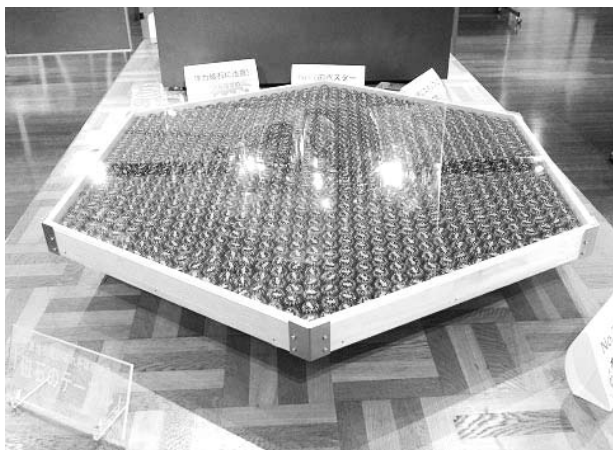


図-7 磁石のテーブル  
Fig.7 Magnet Table



図-8 安定な2個の磁石  
Fig.8 Stable Configuration of 2 Magnets

方位磁石2個だけの場合、図-8のように、N極とS極が引き合い一直線に並ぶのが最も安定な配置となる。ちなみに、図-8の方位磁石は図-7の磁石のテーブル内にあるのと同じ物である。

一般に、座標の原点にある磁気モーメント $m_1$ が、点 $r$ につくる磁束密度 $B$ は、

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi r^3} \left\{ \frac{3(m_1 \cdot r)}{r^2} r - m_1 \right\}$$

となる。但し、 $\mu_0$ は真空の透磁率、 $r=|r|$ である。

ここで、磁気モーメントを(S極からN極へ向かう)矢印で表すこととし、真空中の同一平面上にある2つの磁気モーメント $m_1, m_2$ が、図-9のような配置にあるときを考える。このとき、位置エネルギー(2個の磁気モーメントを無限に離れた状態から図-9の配置にするために必要な仕事) $U$ は、次のようにして求められる。

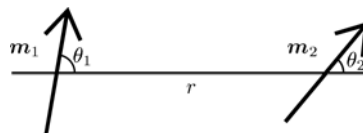


図-9 2個の磁石の配置  
Fig.9 General Configuration of Two Magnets

$$U = -B \cdot m_2 = \frac{\mu_0 |m_1| |m_2|}{4\pi r^3} \{-3 \cos \theta_1 \cos \theta_2 + \cos(\theta_1 - \theta_2)\}$$

この式から、同一平面上にある2個の磁石の、任意の配置に対する位置エネルギーが計算できるが、磁石のテーブルのように多数の磁石を集めると、図-10に見られるように、部分的に磁石の向きが揃った特殊なパターンが現れる。この場合、局所的に2個の磁石のエネルギーが高い配置であっても、磁力線が閉じるようなループを形成し、磁石のテーブルから外部に漏れ出さないような配置のほうが、全体としてエネルギーが低くなるからである。磁石のテーブルに出現するこのパターンは、強磁性体の磁区構造を視覚化したモデルと見なすことができる。

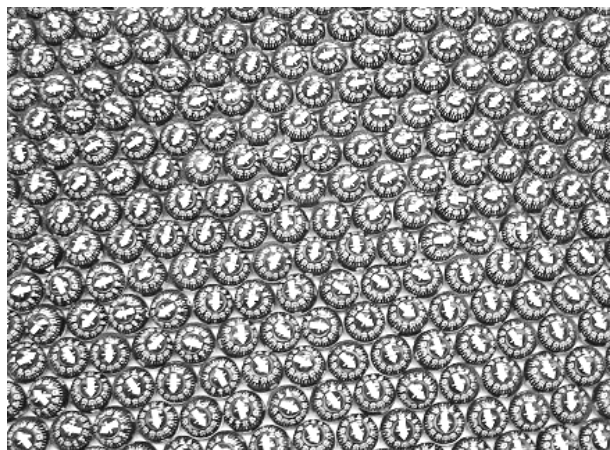


図-10 磁石の集まりが示すパターン  
Fig.10 Some Pattern of Many Magnets

このように、個々の磁石は、全くランダムな向きになるわけではない。部分的に揃った方がエネルギーが低くなることは、外部から磁場をかけて強制的にランダムな状態を一時的に作っても、すぐに部分的に揃ったパターンを示す状態に落ち着くことか

ら、容易に確かめることができる。このことが、自発的対称性の破れを表している。「対称」というと、揃った状態、規則的な状態をイメージしやすいが、実は全くランダムな状態が最も対称性の高い状態である。なぜなら、このときには特別な向きがなく、あらゆる向きが同等となるからである。

### (3) 電子顕微鏡

図-11は、電子顕微鏡を設置したコーナーの写真である。原子1個を直視できる最先端の顕微鏡は縦・横・高さそれぞれ2メートル程度の大きさがあるが、展示したものは最近市販されるようになった、テーブル上1/3程度のスペースに収まる、持ち運びが可能なコンパクトな装置である。電源も普通の家庭用でまかなえる。このような小型の物でも、ナノス



図-11 電子顕微鏡のコーナー  
Fig. 11 Booth of Electron Microscope

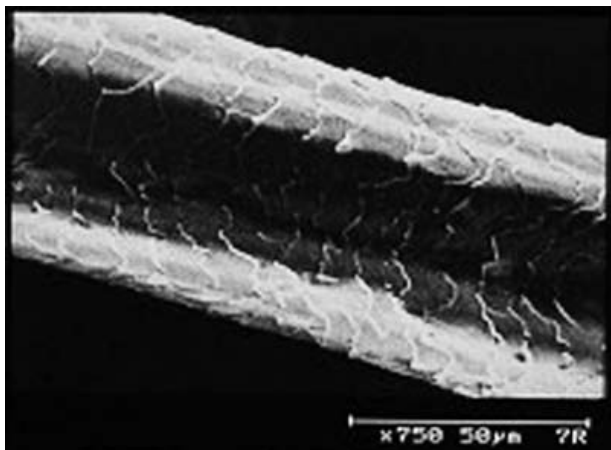


図-12 電子顕微鏡画像  
Fig. 12 Electron Microscope image

ケール ( $10^{-9}\text{m}$ ) の観測が可能である。図-12は、毛髪を観察したときの画像である。

電子顕微鏡はナノメートルサイズの表面構造を観察できることから、ものづくりの現場では検査・計測装置として必ず使われる。今回の展示会では放散虫の化石、アリ、蚊を観察したが、そんな小さい虫でも骨格、複眼、羽などに  $1\mu\text{m}$  以下のサイズで美しい規則性があり、そのおかげでそれぞれの環境の中でうまく生きていくことが出来る。

## 4. アンケート調査と分析

展示会場の入り口で簡単なアンケート用紙を配布し、参加者800名のおよそ32%にあたる260名から回答を得た。質問内容と回答は以下の通りであった。

### 4.1 所属

表-1にあるように、全体の95%にあたる247名が学生で、教員・事務職員は僅かであった。(図-13) 奇しくもこの割合は、2005年の展示会の時と全く同じである。忙しい中、アンケートに回答する時間的余裕がなかったとも考えられるが、それにしても教員・職員の参加数が少ないのは残念であった。特に近年、大学における事務職員の役割に関して、SD (スタッフ・ディベロップメント) の議論が盛り上がりを見せている。なかでも、教員と連携して教育の一翼を担うという意識を事務職員がもつことの重要性が、強く叫ばれている。その意味でも、より多くの事務職員の方々に参加していただく工夫が必要であると感じている。今後の検討課題の一つである。

表-1 参加者の所属  
Table 1 Belongings

所 属	人 数	割 合
学 生	247	95.0%
教 員	5	1.9%
事務職員	6	2.3%
そ の 他	2	0.8%

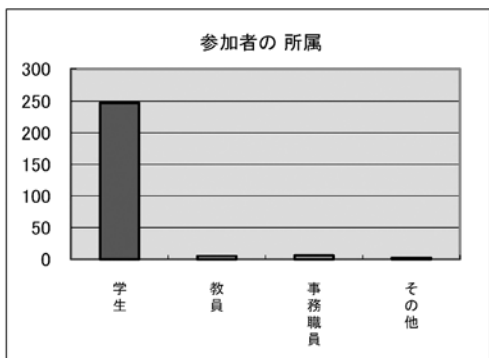


図-13 アンケート結果：所属  
Fig. 13 Belongings

次に、参加学生を学年別に見たのが表-2である。更に図-14では、学科別にして示した。アンケートに回答した学生247名中の内訳は、1年生が72%と大半を占めており、2年生は16%、3年生以上の参加が極めて少なかったことは残念である。

2005年の展示会では、1年生59%、2年生29%であったのと比較すると、2年生が大きく減少している。1年生に対しては、授業に関連させて感想文の提出を求める等、教員側から積極的に参加を促したが、2年生になると、物理系の共通科目を履修する

表-2 参加学生の学年  
Table 2 Number of Participants by Academic Year

学 年	人 数	割 合
1 年 生	177	71.7%
2 年 生	39	15.8%
3 年 生	22	8.9%
4 年 生	9	3.6%

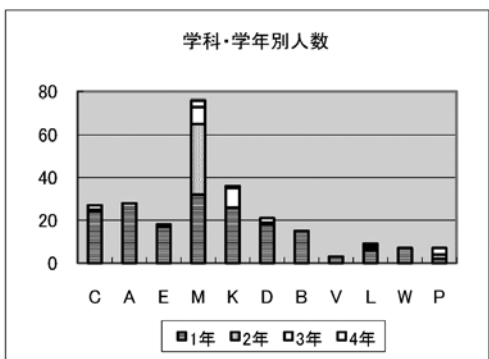


図-14 アンケート結果：学科別人数  
Fig. 14 Number of Participants by Departments

学生数が著しく減少するため、展示会への参加を促す圧力が働かなかった可能性が高い。

学部別に見ると、247名中240名が工学部で、知的財産学部の学生は7名であった。最先端の物理学の成果が直接我々の生活に応用されるまでには、長い年月が必要であるのは確かではあるが、知的財産に関わる勉学に勤しむ学生には、広く科学技術に対する興味・関心を持ってもらいたいものである。

#### 4.2 興味深かった展示物

興味深かった展示物を、複数回答を許す形で下記の8項目から選んでもらった結果を、表-3 (図-15) に示した。

1. 放射線（素粒子）観測用「霧箱」
2. 自発的対称性の破れを体感する「磁石のテーブル」
3. 電子顕微鏡
4. 磁場中の「電子」の円運動(サイクロトロン運動)
5. カミオカンデで「ニュートリノ」観測に使われた20インチ光電子増倍管
6. 「CPの破れ」に関わるゲーム（パソコン）
7. ノーベル賞・素粒子等の解説、写真のパネル
8. 関連書籍の展示

表-3 興味深かった展示物  
Table 3 Interesting Exhibits

展示物	人 数	割 合
1	144	55.4%
2	149	57.3%
3	41	15.8%
4	37	14.2%
5	48	18.5%
6	45	17.3%
7	45	17.3%
8	8	3.1%

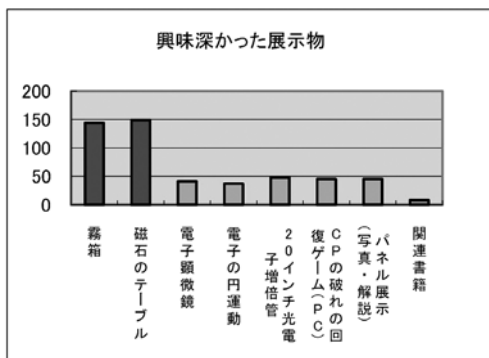


図-15 アンケート結果：興味深かった展示物  
Fig. 15 Interesting Exhibits

「霧箱」を挙げた人が55%、「磁石のテーブル」を挙げた人が57%であったのはこちらの予想通りであったが、その他の展示物についても関連書籍を除いてまんべんなく15%程度の支持がある。このことは、必ずしも同じ物に同じような興味を抱くわけではない多様な学生達に対し、それぞれ興味を持てる物が見つかるよう、様々な展示物を用意することが大切であることを示している。

今回の展示会で提供した個々の内容は、そのいずれもが、多様な興味を持った学生達に対して、物理学に対する興味・関心を引き出す効果をもつ物であったと考えられる。特に、解説や写真のパネル展示に対する興味・関心は低くなるのが通例であるが、今回は他の展示物と同等の高い関心が示されたことは、簡単なクイズを用意して解答を展示に埋め込む等の工夫が功を奏したとも考えられる。

また、電子顕微鏡は数値としては16%であるが、実際に稼働させて学生に見せた時間は毎日1～2時間だけであったことや、稼働中には終始学生が集まって熱心に説明を聞いていたことなどを考慮すれば、霧箱や磁石のテーブルと同等の支持があったと考えるべきであろう。

### 4.3 「展示と模擬実験」についての感想

今回の展示会が興味深い物であったかどうかを尋ねた間に対する答えを表-4 (図-16) に示した。興味深かったと答えた人が84%であったのに対し、不満であるとした人は1%で、我々が期待した以上

表-4 展示会の内容について  
Table 4 Interesting or Not ?

項目	人数	割合
興味深かった	217	83.5%
不満である	3	1.1%
どちらともいえない	40	15.4%

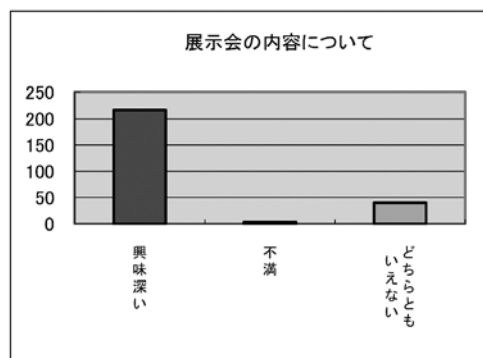


図-16 アンケート結果：展示会の内容について  
Fig. 16 Interesting or Not ?

に、好意的にを受け入れられた。ちなみに、2005年の展示会の時には、興味深かったと答えた人が62%、不満であるとした人は5%であり、興味深いと感じる学生の割合が増加している。

単純に比較すれば良くなっている。しかし、2005年の展示会の時には、不満の理由として、一般相対論や宇宙論関係の展示が無いことをあげる学生がいたことを考えると、満足度のレベルに差があるかもしれない。興味付けはもちろん必要なことではあるが、これをきっかけに大学における学びにつなげ、さらに発展・進化させていく手立てを考えてゆかなければならない。

いずれにしても、先に引用した感想文にも見られるように、既に物理離れや物理嫌いに近い状況にある学生達に対しても、このような展示会を体験させることが、その認識を改めさせ、物理への興味を引き出すことに大いに役立つことは、実証されたと考えている。

今後は、いかにこのような機会を設けて学生に提供するか、また、ある程度の強制力を持って学生を参加させるか、を考える必要があるだろう。また、全学

規模の展示会だけに頼るのではなく、通常の講義の中にも体験を取り入れる工夫も必要だと考えている。

更に、教育基本法の中で、教育・研究とともに社会への貢献が大学の役割として明記されたことを考えれば、これからは、大学入学以前の人たちに物理を体験する機会を提供することも、我々の使命の一つとして考えてゆかねばならない。

#### 4.4 模擬実験装置の展示

今回模擬実験に使用した装置は、展示会に向けて作成したもののほか、通常は学生の目に触れることのない場所に保管されていたものである。これらの装置は、展示会が終われば、またどこかにしまい込まれることになる。そこでこれらの実験装置の日常的な展示を望むかどうか尋ねてみた。その結果を示したのが表-5 (図-17) である。常設と時々を合わせて、95%の人が展示されることを希望していることが分かった。この値は2005年の展示会の時のアンケートと比較して、4ポイント上昇している。学内の適当な場所に展示場を設け、身近に感じてもらうとともに、授業の中で利用することも考えるべきであろう。

表-5 模擬実験装置の展示

Table 5 Request for Exhibition of Experimental Devices

項目	人数	割合
常時展示を希望する	42	16.1%
時々展示してほしい	204	78.5%
展示を希望しない	8	3.1%
無回答	6	2.3%

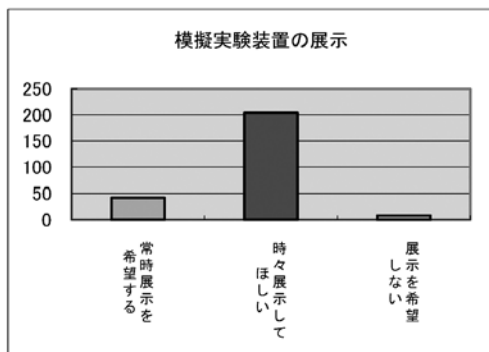


図-17 アンケート結果：模擬実験装置の展示

Fig. 17 Request for Exhibition of Experimental Devices

#### 4.5 素粒子物理学について

「素粒子物理学」の認知度についても調査してみた。その結果を表-6 (図-18)に示す。さすがに「よく知っていた」との回答は少数であったが、「知らなかった」が過半数の55%に達しているのは残念である。

高等学校の物理の教科書では、湯川の間粒子論やクォークの話なども説明されてはいるが、入試の出題範囲からは事実上除外されているため、教わっていないのであろう。始めに述べたように、素粒子物理学は日本人の得意分野である。その一部でも一般市民が共有できるような仕組み作りが望まれる。その中で、大学としての役割も考えていかなければならない。

表-6 素粒子物理学について

Table 6 About Elementary Particle Physics

項目	人数	割合
よく知っていた	12	4.6%
知らなかった	142	54.6%
名前を聞いたことがある	106	40.8%

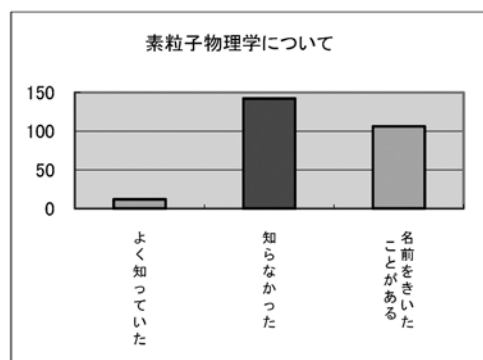


図-18 アンケート結果：素粒子物理学について

Fig. 18 About Elementary Particle Physics

#### 5. 今回の展示会を振り返って

10日間の会期中、のべ1000名を超える学生が訪れた。しかしながら、2005年の展示会では、のべ1500名だったことと比較すると、今回は宣伝、参加への勧誘等に問題があったといえる。実際、展示会のパンフレットに用いた写真の使用許諾をノーベル財団からとるのに予想以上の時間がかかり、学内向けの

案内のスタートが前回に比べて大幅に遅れたことは、こちらの不手際であった。また、2年次以上の学生の参加が非常に少なく、このあたりの対応にも課題が残った。

ただ、アンケートや感想文を読んでいると“物理は難しい”という固定観念というか呪縛にとらわれている学生が、増加しているのも事実である。自然に対する知的好奇心は、誰もが幼い頃には、程度の差はあれ持っていたはずである。物理の出発点はそこにある。ところが、高等学校までの教育の過程でそれが失われるだけでなく、場合によっては物理に対する拒否反応と言うべき感情を、少なからぬ学生がもつまでになっているとすれば大問題である。

今回の展示会で、実物に触れさせ、体験させることによって、そのような反応を和らげ、物理は面白そうだという認識を持たせることは、少なくとも工学部の学生に対しては、可能であることが実証された。実際、このような展示会の開催を望む声も多く聞かれた。但し、教員の側から学生達に積極的に声を掛け、実験装置に触るよう仕向けてやらないと、ただ一通り見て回るだけに終わってしまい、効果が薄い。そのためには複数の教員が常駐する体制が望ましいが、マンパワーの関係で難しい。今後の課題である。

**謝辞** 今回展示会を開催するに当たり、高エネルギー加速器研究機構から素粒子論に関わるパンフレットの提供を受け、来場者に配布した。また、資金面も含めて工学部事務室から支援を受けた。衝立、暗幕等の資材は庶務課ならびに学生課から提供を受けた。更に、会期延長にあたっては、図書館および都市デザイン工学科事務室より、衝立等、展示用資材の提供を受けた。この紙面を借りて感謝の意を表します。

## 注

- \* 1 南部陽一郎氏の国籍は米国で、日本人受賞者には含めない

## 参考文献

- 1) 北原和夫 (研究代表者), available from <http://www.science-for-all.jp/minutes/>.
- 2) 林正人他, 大阪工業大学紀要理工編第50巻2号, 121, (2005).
- 3) 益川敏英, 粒子論研究116巻5号, 151, (2008), available from <http://www2.yukawa.kyoto-u.ac.jp/sokened/sokendenshi/2009.htm>.
- 4) 斎藤吉彦, 物理教育第53巻2号, 103, (2005), available from [http://www.sci-museum.kita-osaka.jp/~saito/job/paper/SBS\\_2.pdf](http://www.sci-museum.kita-osaka.jp/~saito/job/paper/SBS_2.pdf).

