

【学術賞受賞者講演】

生産工学と素粒子実験

[日本物理学会第21回論文賞(一般社団法人 日本物理学会)「Observation of tau neutrino appearance in the CNGS beam with the OPERA experiment」平成28年3月20日]

日大生産工 ○三角 尚治

1 まえがき

私立大学の、しかも学部の専門学科ではない教養・基礎科学系の一教員が国際共同実験に参加するというのはどう意味をもつのであろうか？ 私が平成19年(2007年)から参加している実験グループは、OPERAという国際共同実験である。他大学は、予算的にも人員的にも貢献度があるなか、日本大学からはただひとり参加し、愚直に実験作業を続けてきた。また、実務校舎物理実験棟の3階で中古の測定器や自作の現像装置で研究を続けている。それらもあり、平成25年からは、OPERA実験グループで5人いる日本側代表者のひとりとして、また、平成28年からはグループ論文の内部審査員としても貢献できる状況となった。

本報告では、論文賞の対象となった研究の紹介と、生産工学と素粒子物理学実験とのつながり等を報告する。

2 2015年ノーベル物理学賞

平成27年秋、その年のノーベル物理学賞が東京大学教授 梶田隆章氏へ贈られるニュースが世界中を駆け巡った。素粒子ニュートリノが質量を持つことを発見し、新たな物理法則の構築を迫る大きな成果を挙げた。とらえた現象は、いわゆるニュートリノ振動と呼ばれているものだ。梶田氏は、それを日本にある検出器スーパーカミオカンデ(SK)で発見した。

実はOPERA実験もニュートリノ振動を研究している。実験名はOscillation Project with Emulsion-tRacking Apparatus を略してOPERAとしている。舞台芸術のオペラのことではない(意識はしているが)。本実験は、11ヶ国30機関が参加し、研究者は約150人いるため、論文の著者欄はアルファベット順に記載される。OPERA実験だけでなく、素粒子実験の分

野ではかなり昔からアルファベット順の記載が普通になっている。

SKでは、確かにニュートリノが振動していることをとらえ、そのことによりニュートリノに質量があることを実験的に証明してみせた。

しかし、3種類存在するニュートリノのうち、ある種のニュートリノ(ν_μ)の数が減少することを見たものの(ディスアピアランスモード)、その変化した先が何なのかまでは決定できていなかった。OPERA実験では、原子核乾板という位置分解能が約 $1\mu\text{m}$ と極めて優れた飛跡検出器を用い、短寿命である τ 粒子をとらえることにより μ タイプのニュートリノ ν_μ が τ タイプのニュートリノ ν_τ に陽に変化するアピアランスモードを世界で初めてとらえた[1]。その結果、ノーベル賞の公式ホームページNobelprize.orgで、Press Releaseのページにある「Scientific Background」において、このOPERA実験グループの成果が記載された[2]。このことは、生産工学部だより「SPRING」で報告させて頂いた[3]。

3 論文賞の受賞

日本物理学会は、物理学の進歩普及を図り、わが国の学術の発展に寄与することを目的にした学術団体で、会員数約17,000名が所属し、講演会には合計約5,000名の研究者が参加し、3,600件におよぶ講演と活発な討論が年2回行なわれる[4]。

平成28年春、いよいよ物理学会第21回論文賞(Outstanding Paper Award)の受賞である。受賞の対象となった論文[5]は2014年にOPERA Collaborationとして発表したもので、授賞式は第71回年次大会(2016年)(東北学院大)開催期間中に行われた。以下が論文賞受賞理由である。学会ホームページに掲載されているものを一部抜粋して記載する[6]。

Experimental Particle Physics and Industrial Technology

— A speech in commemoration of CIT Academic Award 2016 and 21st Outstanding Paper Award of the Physical Society of Japan —

Shoji MIKADO

『2015年のノーベル物理学賞の対象は大気ニュートリノや太陽ニュートリノなど自然界からのニュートリノであったが、本研究では加速器で生成したミュオンニュートリノが使用された。欧州ジュネーブにあるCERNのCNGSビームラインを用いてミュオンニュートリノのビームを生成し、それらを732km離れたイタリアのGran Sasso研究所で検出する。それらのデータの中に、過去に発表されたデータを含め、タウニュートリノの存在を示す合計4事象を観測した。これにより、ミュオンニュートリノからタウニュートリノへの振動現象を4.2シグマの統計的信頼度で初めて確立した。(中略) 以上のように、本論文は、ミュオンニュートリノからタウニュートリノへの振動現象が4.2シグマの信頼度で確立したものであり、素粒子物理学における重要な課題であるニュートリノ質量やニュートリノ振動の解明を進めたものとして、日本物理学会論文賞にふさわしい業績であると認められる。』

この論文賞受賞についても、SPRINGで紹介して頂いた[7]。

OPERA実験グループは、この論文の後も研究を継続し新たな事象を含めて信頼度5シグマとし、その結果が前述したノーベル物理学賞のScientific Backgroundへとつながっていったのである。

4 生産工学と素粒子実験

生産工学部の中では、素粒子実験というのは、専門学科から離れた位置にあると思われがちである。しかし、それはまったくの誤解である。

素粒子実験のような大型実験では、さまざまな学問領域の知識と経験が必要となってくる。そして、それは特に生産工学と深く関係がある。例えば、検出器(原子核乾板)を支える実験器具を開発しようとするれば、機械工学が必要となってくるし、原子核乾板の現像作業・膨潤作業には化学薬品の調液作業があり、当然のごとく化学の知識が必要となってくる。荷電粒子の飛跡検出には、顕微鏡ステージを稼働させるだけの電気電子回路の知識や機械的知識が必要である。飛跡の処理には、画像処理、その画像処理後の飛跡情報の活用には、統計計算や空間的なつながりを検証するために数学の知識が必要となり、そのためのプログラミング、ネットワーク、コンピュータ全般の数理情報工学も重要となる。そして、当然のことながら、研究予算やその執行計画、精算も考慮しながら、開発日程の管理、作業ラインの効率化も必要とな

り、限られた予算と時間をマネジメントする能力が要求される。また、この研究分野では、研究活動を他国の研究者と協力して海外で遂行することが多く、グローバル化が叫ばれているなか、生産工学部としても、まさにうってつけの研究分野になり得るのではないだろうか。これらのことは、物理学 I / IIの授業内に小話として挿入し、また、連携科目である物理工学での授業内容に活かしている。学生にとっても、最先端の物理学の話や海外で働く苦労話を聞けることは良い刺激になっているのではないだろうか。今後は、専門学科との共同研究(卒研)も視野に入れ、更に教育に活かしたいとも考えている。

5 謝辞

このたびは、学術賞をいただきまして、誠にありがとうございます。生産工学部の教職員の皆様には、日頃より暖かいご支援を頂き深く感謝しております。特に物理系列の方々には物心ともにご協力をいただきましたこと、ここに厚く御礼申し上げます。

「参考文献」

- [1] OPERA collaboration, N. Agafonova, et al. "Discovery of τ Neutrino Appearance in the CNGS Neutrino Beam with the OPERA Experiment", Phys.Rev.Lett. 115 (2015) 12, 121802.
- [2] Nobelprize.org http://www.nobelprize.org/nobel_prize_s/physics/laureates/2015/advanced-physicsprize2015.pdf, 平成28年10月参照
- [3] SPRING No.106, CAMPUS NEWS (平成28年3月22日) p. 22.
- [4] 一般社団法人 日本物理学会 年次大会・秋季(春季)大会 <http://www.jps.or.jp/activities/meetings/index.php>, 平成28年10月参照
- [5] OPERA collaboration, N. Agafonova, et al. "Observation of ν_{τ} appearance in the CNGS beam with the OPERA experiment", Prog. Theor. Exp. Phys. (2014)10, 101C01.
- [6] 一般社団法人 日本物理学会 論文賞・若手奨励賞・物理教育功労賞 <http://www.jps.or.jp/activities/awards/ronbunsyo/ronbun21-2016.php>, 平成28年10月参照
- [7] SPRING No.107, 学科ニュース教養・基礎科学系(平成28年8月2日) p. 15.