

E. Miyai, W. Kunishi, D. Ohnishi, and S. Noda: Nat. Photon. 4, 447 (2010).
 16) H. Matsubara, S. Yoshimoto, H. Saito, Y. Jianglin, Y. Tanaka, and S. Noda: Science 319, 445 (2008).
 17) M. De Zoysa, T. Asano, K. Mochizuki, A.

Oskooi, T. Inoue, and S. Noda: Nat. Photon. 6, 535 (2012).
 18) T. Inoue, M. De Zoysa, T. Asano, and S. Noda: Nat. Mater. 13, 928 (2014).
 19) Y. Tanaka, Y. Kawamoto, M. Fujita, and S. Noda: Opt. Express 21, 20111 (2013).

20) Y. Tanaka, K. Ishizaki, M. De Zoysa, T. Umeda, Y. Kawamoto, S. Fujita, and S. Noda: Progress in Photovoltaics: Research and Applications, published online, DOI: 10.1002/pip.2577 (Wiley, 2015).
 (2015年4月28日 受理)

インターネット時代の 応用物理コミュニケーション

佐藤 勝昭*

1. まえがき

私は、大学での授業の経験を通じて、双方向の科学コミュニケーションが人材育成に重要であるとの信念をもっていた。インターネットが普及し始めた20世紀末から、科学コミュニケーションの道具としてのインターネットの有効性を強く認識し、2000年から対話型の質問-回答のページ「物性なんでもQ&A」をWeb上に開設し、学生や企業の若手研究者の応用物性に関する疑問に答えるという活動を通じて、人材育成に努めてきた。15年にわたるこの取り組みは、多くの物性関係者の知るところとなり、アクセス数が64万を超える人気サイトになった。

このほど、「インターネット・書籍等を通じた応用物性分野の教育・普及活動への貢献」に対して栄えある「第15回応用物理学会業績賞（教育業績）」を受賞した。大変光栄でうれしく思うとともに、教育活動に対して業績賞を設けておられる応用物理学会の慧眼に敬意を表す次第である。

以下では、受賞理由となった私の教育・普及活動の一端をご紹介します。

2. 私のインターネット事始めは1996年

私は、東京農工大学工学部電子情報工学科に研究室をもち電気電子系学生を指導していた^{†1}。当時の大学のネットワーク環境は極めて貧弱で、対外接続が高速化したのは1995年12

月のことであった。高速といっても1.5 Mbpsであるが……。これを受けて、研究室の大学院生でITに詳しい秋田正憲君が「佐藤研究室のホームページ」のプロトタイプを作成して公開してくれた。

彼は修了にあたり、「学生は毎年研究室を去って行きますが、先生はずっとおられるのだからホームページのメンテナンスは先生がやるのがいいと思います。ホームページ作成ソフトを使うより、htmlタグを覚えると、何かと小回りが利くので便利です」と言ってホームページ作成の手ほどきをしてくれた。「わからなくなったら、ほかのよくできているホームページのソースコードを見て、それを参考にすればよいのです」とヒントをくれて、1996年3月研究室を後にした。それ以来、現在まで、htmlを使ってホームページをメンテナンスしているが、続けることができたのは、この大学院生のおかげだと感謝している。

3. インターネットを授業に導入

早速、1996年の4月から光物性工学、10月から電子物性工学の授業について、学生からの質問と回答をネットに公開し始めた。当時、私は授業の終了15分前にA4の裏紙を半分に切った質問用紙を学生に配布し、「よい質問には座布団（期末テストの加点）をあげます」と言って、質問を書いてもらい、その回答を次回の授業のはじめに紹介することにしていた。ネット公開したのは、普及し始めたインターネットに学生が慣れるきっかけになればという教育的配慮からであった。1999年4



*国立研究開発法人科学技術振興機構

1966年京都大学大学院工学研究科修士課程修了 同年日本放送協会入局 (68年同放送科学基礎研究所) 78年工学博士 (京都大学) 84年東京農工大学工学部助教授。89年同教授 05年同理事・副学長 (教育担当) 07年同名普教授 07年科学技術振興機構 (JST) 戦略的創造研究推進事業さきかけ「革新的次世代デバイスを目指す材料とプロセス」研究総括 08年JST研究広報主監 10年 (兼務) JST研究開発戦略センターフェロー 12年 (兼務) サイエンスウィンドウアドバイザー 主な著書は、「光と磁気」(朝倉書店 1988 (改訂版・2001))、「応用電子物性工学」(コロナ社 1989)、「金色の石に魅せられて」(裳華房, 1990)、「応用物性」(オーム社, 1991)、「機能材料のための量子工学」(講談社 1995)、「新しい磁気と光の科学」(講談社サイエンスフィク, 2001)、「理科力をきたえるQ&A」(ソフトバンククリエイティブ, 2009)、「半導体物性なんでもQ&A-対話から生まれた半導体教本-」(講談社, 2010)、「太陽電池のキホン」(ソフトバンククリエイティブ 2011)、「磁気工学超入門」(共立出版, 2014) 主たる受賞は 97年日本磁気学会出版賞 01年日本磁気学会論文賞。02年応用物理学会 APEX/UJAP 編集賞受賞。03年日本磁気学会業績賞 07年応用物理学会フェロー表彰 14年日本結晶成長学会賞受賞。

月からは、質問の回答に加え前回の授業の復習コーナーを設け自習の便宜を図った。

2000年頃になると、国際会議や他大学での集中講義のパワーポイントをネットにアップしてほしいという要望を、学会や他大学関係者からいただくようになり、これに応える形で、招待講演、集中講義のコーナーを開設した。2003年4月からは物性工学概論の毎回の

^{†1} 1998年からは物理システム工学科の所属となる。

授業で使ったパワーポイントをネット配信するようになった。これは学生のみならず社会人の方からも好評であった。

4. 「物質のふしぎコーナー」に次いで「物性なんでも Q&A」のコーナーを開設

2000年6月23日にこれまでの講義 Q&A を項目別に整理し、「物質のふしぎコーナー」を Web 上に作った。内容は、材料一般、金属の物性と電子状態、物質の硬さと強さ、金属と光・色、合金・金属間化合物である。

「物質のふしぎコーナー」を Web 公開すると、東京農工大学の学生だけでなく、検索でたどりついた他大学の学生やテレビ局、K 研究所、T 社、TK 社、S 電機、I 技研、X 社、A 社、K 精鋼など、企業の研究者方からメールで質問が届くようになった。このころから、ネット検索が普及してきたことを痛感する。学生だけでなく一般の方からの物性関係の質問・回答の需要に応じるために、「物性なんでも Q&A」のページを開設した。2000年10月24日のことである。この際、遡って2000年1月7日以来の Q&A もアップした。

5. e ラーニングの立ち上げにも努力¹⁾

東京農工大学では、総合情報メディアセンターが中心となって文部科学省に申請した e ラーニング拡充のための予算が2005年度に認められたのを受けて、関係のインフラを整備し、2006年度から学部・大学院の科目の一部にオンデマンドの非同期の WBL (Web-Based Learning) システムを導入した。2006年度には14科目が e ラーニング配信された。大学院科目の一部は、工料系大学教育連携協議会に所属し単位互換協定を結んだ12大学に向け配信されたが、私は2006年度、2007年度に「磁気光学入門」(15週分)を担当し、東京農工大学の大学院生のほか、電気通信大学、九州工業大学など離れた大学の学生にも単位認定した。当時、私は教育担当の副学長

をしていたので、授業コンテンツは、パワーポイント資料をあらかじめ作成し、副学長室の Web カメラで撮影した自分の動画像との同期をとって、LMS (Learning Management System: 学習管理システム) を通じて配信した。

6. 「物性なんでも Q&A」を大学退職後も継続

私は、2007年5月に東京農工大学を退職、科学技術振興機構に勤めることになった。これに伴い、東京農工大学のサイトは閉鎖、ホームページをプロバイダに移設した²⁾。また、「物性なんでも Q&A」にアクセスカウンターを設置した。移設後も順調に閲覧数が増加、2015年には、64万アクセスに達した。累計質問数は1344(5月15日現在)。移設時には944だったので、大学退職後の8年で約400件も増えている。

金属の反射に関する同趣旨の質問が何度かあり、そのたびに以前の Q&A を参照するようにと回答したが、同趣旨の質問の繰り返しを避けるために、2007年10月「物性なんでも Q&A 五十音索引」を作成し、キーワードで検索できるように工夫した。これによって検索エンジンが探し出しやすくなったと思う。

7. 書籍「半導体物性なんでも Q&A」の執筆

2010年6月10日に、「物性なんでも Q&A」に寄せられた半導体関係の質問・回答をまとめて、「半導体物性なんでも Q&A—対話から生まれた半導体教本—」を講談社から発行し

た³⁾。わかりやすくするための工夫については「まえがき」に記載したので、以下にその一部を要約しておく。

半導体を理解するにはかなりの基礎知識が必要であるが、学生時代に半導体の教育を受けた経験のある電気電子系の人でも実際の問題解決に直面したとき、「授業で学んだことがあるが、身に付いていない」、「なんとなくわかってはいたつもりだったけど…」ということがよくある。また、異分野の出身者も「教科書を読んでもわからない…」、「どこから取りかかってよいか…」と困っている方も多い。

「物性なんでも Q&A」は、このようなお困り研究者の駆け込み寺だ。それゆえ、ホームページに読者が集まり、それぞれの置かれた立場でそのつど再勉強しているようである。この本では、ナマのホームページの雰囲気ができるだけ伝えるために、質問に対する回答を受けての再質問、それに対する回答……という対話型のやり取りも再録した。

ホームページでは、数式がわかりにくい、図が少ないなど、やや不親切な部分もあったので、この本では、数式の記述、適切な図の挿入などに手を加えた。また、質問者のレベルに合わせて専門用語の意味をわかっているとして答えている部分は、分野の離れた読者には不親切ではないかと考え、Follow up という項目を設け解説した。

8. 結晶工学分科会誌「Crystal Letters」への掲載

応用物理学会結晶工学分科会の依頼を受け、2007年から22回にわたって「物性なんでも Q&A」に寄せられ

表1 結晶工学分科会誌掲載タイトル

号	タイトル	号	タイトル
36	GaN	47	サファイアとアルミナ
37	金属の光学的性質(1)	48	ステンレス鋼の物性
38	金属の光学的性質(2)	49	バンドギャップと物性
39	ITrの物性	50	熱物性いろいろ
40	グラファイトとダイヤモンドの物性	51	固体中の遷移金属物性
41	ZnOの物性	52	ファンデルワールス
42	表面プラズモン	53	ルミネッセンス
43	誘電体物性	54	仕事関数
44	赤外光物性	55	薄膜の光学的評価
45	機械的性質	56	磁気物性
46	アモルファス	57	連載の終わりにあたって

た質問と回答の中から、結晶工学関係者の関心がありそうな項目をまとめてピックアップして分科会会誌にご紹介した(表1)。項目別にまとまっているので読みやすいと、読者から好評であった。

9. 「物性なんでも Q&A」があればなし

9.1 時には出張サービスも

2008年の暮れ、ある大学の大学院生から「先生の著書にならって PEM (Photoelastic Modulator: 光弾性変調器) を用いて薄膜の磁気光学効果の膜厚依存性を測定していますが、フェラデー回転は膜厚に比例するのに楕円率は比例しません。なぜでしょう」という質問が来た。回転角も楕円率も物理的には同じ起源から生じているので、一方が比例し、他方が比例しないことはありえない。そこで測定方法に問題があると考えアドバイスしたがらちが明かないので、質問者に年明けにオフィスに来てもらい、話を聞いた結果、装置の総点検が必要との結論になった。翌日、研究室にお邪魔して実験装置を調べてみると、ロックインアンプの使用法、PEMの制御方法、さらには光学系の調整方法にも問題があることがわかり、エレクトロニクス系、光学系を再調整した結果、回転角、楕円率ともに膜厚に比例するよいデータが取れた。学生が原理を知らずに、見よう見まねで実験装置を組み立てていると、実験のポイントが押さえられていないことがよくあるが、その典型例だった。指導教員から感謝されたことはいうまでもない。

9.2 卑弥呼の青銅鏡に取り組み高校生を指導

2013年1月、ある高校の女子学生から「部活で青銅の研究(卑弥呼の青銅鏡を作る)をしています。錫と銅の割合を変えて反射度などの測定をしているのですが、うまく結論にもっていくことができずに悩んでいます」という質問が来た。何度かメールのやり取りの後、その高校に出向き「金属の色の起源」について講義をするともに、

青銅の研究をしている東京藝術大学大学院美術研究科文化財保存学専攻の桐野文良教授を紹介し、電子顕微鏡を使った元素分析、分光器による反射スペクトルの測定をしてもらうようにアドバイスした。

2013年10月、その女子高校生が青銅鏡の合金についての論文を書いて私の自宅へ送ってくれた。神奈川大学が主催する全国高校生理科・科学論文大賞に応募するというのである。そして、2014年1月、その論文「最古の合金～青銅～の新たな道」が努力賞に輝いた。

10. 「物性なんでも Q&A」に思うこと

「物性なんでも Q&A」の質問は、大手メーカーの研究職、中小企業の技術職、大学の教員、大学院学生など、研究・開発に関連したものが主流である。回答しながら感じることは、企業の技術者や大学の研究者の周りには非常に多くの「わからないこと」があるということだ。昔は、職場に必ず知恵袋みたいな物知りがいって教えてくれたものがあるが、最近ではそういう方がいなくなり、疑問をもったときに質問しようにも、周辺に教えてもらえる人がいなくなっているのが実情のようだ。

このほか、小学生の「ニッケル、コバルト、鉄はなぜ磁石の材料になるの」、中学生の「夕日の色の変化の仕組み」、高校生の「トンボの紫外線視感度」、今回紹介した「青銅の相と光学的性質」、建築関係者の「鉄、アルミ、ステンレスの熱膨張係数」、印刷業界新入社員からの「なぜ、リングは赤く見えるのか」など幅広い層に及び、ネット検索が日常的になっていることを痛感する。

本来なら図書館に行っているいろいろな文献を調べるべきであるが、ハンドブック代わりに安易にネットで検索して、このサイトにたどりついて質問される方もいる。私は、ネットで情報を得ることを否定しているわけではないし、上手に

利用すれば、得られる情報の幅が広がると思っている。英語で検索すると日本語の何百倍もの情報が見つかる。特に、欧米の大学の先生方は、授業内容をオープンにしている方が少なくない。授業用サイトは信頼性があり、日本ではほとんど研究されていないマイナーなテーマでも世界中探せば見つかるので、世界にはいろんな人がいるものだと感心する。

最近、STAP問題に関して、論文の図や文章のコピーアンドペーストが研究倫理上の問題になっている。科学者倫理教育の必要性を痛感する。また、ネットで得られる情報の危うさをいつも認識して、情報の真がんを見抜く能力を磨くことも必要だ。このためには、受け手に確かな基礎的知識と、情報をフォローする努力が必要であろう。

質問内容が専門外で私が答えられない場合は、できるだけ専門家に問い合わせ、正確な情報をお伝えするように努めているが、知っているつもりで答えた内容が古くなっていたり、私の知識不足であったりすると、読者からご指摘があり、すぐに訂正することがある。Facebookもそうだが、いまや、ネットによる集合知の時代だと痛感する。

11. むすび

以上、私が20年にわたって取り組んできたインターネットを通じた応用物理学関係の教育・普及活動の一端をご紹介した。インターネットを使うことによって、背景の異なる多くの方々と双方向のコミュニケーションが可能になり、新しいネットワークが広がってきていることがわかる。今後とも、可能な限り、このような活動を継続する所存なので、あたたかいご支援をお願いしたい。

文献

- 1) http://home.sato-gallery.com/research/OHM_eLearning.pdf
- 2) <http://home.sato-gallery.com/>
- 3) 佐藤勝昭：半導体物性なんでも Q&A 対話から生まれた半導体教本一 (講談社, 2010)。