

実感をもって理解する

早稲田大学 先進理工学部 電気・情報生命工学科 教授 ^{わかお しんじ} 若尾 真治さん

仕事の性質上、多くの時間を学生達と過ごしている。私学理工系の研究室には多数の学生が所属しており、私の研究室でも学部生・大学院生合わせて毎年30名を超えるメンバーが在籍している。二十歳前後の活力に満ち溢れた若者に囲まれて、気持ちだけは若さを保っていられるのと同時に、いろいろなことも学ばされる。その1つに、「実感に勝る教育はない」というものがあり、最近それをあらためて感じている。これは研究の色合いが強くなる大学院のみならず、学部低学年の基礎科目でも全く同様である。

私の所属する学科は、電気・電子・情報・生命科学といった複数の学術分野の融合も視野に入れた教育プログラムを提供している [1]。これは、時代を支えるキーサイエンス、キーテクノロジーは、いくつもの科学技術分野が密接に絡みあい、相互に高めあって発展していることを踏まえたものである。そのようなカリキュラムにおいて私は、高校時代に物理未履修の新生入生を対象に電磁気学の講義を担当している。聴講生は生物、化学を柱に受験を経てきた者ばかりで、物理現象にはもともと興味が薄い。彼らにとって、目に見えない電磁現象を明確に数式で記述することを学ぶ講義は、初めのころは無味乾燥に思えて当然である。そこで、全員を教室から連れ出して実験室に行き、電磁エネルギー変換機器の代表的な一例である誘導モーターの実機を動かしながら、自由にディスカッションする機会を設けるようにしている。はじめは、いとも簡単に回り続ける回転子を見て何も驚く様子は見せない彼らも、分解した機器の回転子に触れさせると表情が一変する。持ち上げるのがやっとで想像よりはるかに重いことを「実感」したとたんに、目に見えない電磁エネルギーの密度の高さや、それだけ重い回転子を駆動させるだけのエネルギー量が空間（エアギャップ）をまたいで伝達できること、力や熱などさまざまなエ

ネルギー形態に容易に変換できることなど、電磁現象の魅力を一瞬に理解する。こうなると、授業中にブーン音を立てる携帯電話のバイブレーションも然り、現代社会のいたるところで応用されている電磁現象は、我々の生活を支える基盤要素の1つであることも立て続けに「実感」できる。履修してきた理科の科目にかかわらず、数学に関しては全員が学んできており、興味をもった電磁現象を明確に数式で記述することにも熱心となる。学期が終わるころには、物理履修者向けのクラスと比較しても、遜色のない成績を多数の者が修めるようになる。

同様の経験をもう1つ。2011年3月11日に起きた東日本大震災により、計画停電が首都圏でも行われたことは当時全国的に報道され、未だに強く記憶に残っている。世界でもトップクラスの供給安定性と品質の高さを誇る日本の電力システム環境を当たり前として暮らしてきただけに、電気のない不自由な生活を目の当りにして、特に若い世代では大きな衝撃を受けた人も多いはずである。そして、利便性を追求してきた現代社会が電気エネルギーに極めて大きく依存していることをあらためて認識したのではないかと思う。このような「実感」が影響したのか、以来、大学でのオープンキャンパスなどに全国各地から訪れる高校生と話をすると、将来はエネルギーに関連した電気工学分野について学びたいという若者が明らかに年々増えている。電源の多様化が求められるエネルギーセキュリティの問題に加え、地球温暖化などの環境問題も背景に、再生可能エネルギー由来の分散電源に対する高校生の関心は特に高いと感じる。以前ドコモと共同で、蓄電池併設型太陽光発電設備を活用して、耐災害性や経済性に優れた無線基地局用の電力供給システムの開発に取り組んだことがあり [2]、オープンキャンパスの模擬講義でこのグリーン基地局を紹介したところ、多くの



Profile

1989年早稲田大学理工学部電気工学科卒業。1993年同大学院博士後期課程修了，博士（工学）。2006年同大学理工学術院教授，2016年9月より同大学先進理工学部長・研究科長，現在に至る。主として，電磁エネルギー機器を対象とする数値解析技術，太陽光発電システムの設計・運用最適化技術に関する研究に従事。経済産業省産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会委員など歴任。IEEEおよび電気学会会員，日本太陽エネルギー学会理事。

高校生に好評であった。

日本では，再生可能エネルギーの中でも特に太陽光発電が注目され，固定価格買取制度に代表される国レベルでの導入支援策が継続的に行われてきた結果，これまでの累積導入量（2016年11月末時点）は36GWを超える実績となっている（国内電力会社10社の2015年度末の発電設備容量が約209GW）[3] [4]。今後も電力ネットワークへの太陽光発電のさらなる大量導入が想定される。その一方で，供給電力と消費電力を瞬時々々で合わせなければならない厳しい制約が課される電力ネットワークにおいて，気象の影響を受ける太陽光発電の出力変動が，電力品質や系統の保護・保安面に及ぼす影響も懸念されている。このような背景の下，スマートメーターによる電力情報収集などのIoTシステム技術も活用しつつ，電力ネットワークにつながるさまざまなものを総動員してシステム全体で需給バランスを取り安定化を図るエネルギーマネジメントの重要性が，急速に高まっている。

このエネルギーマネジメントは，評価関数，設計変数がいずれも数多く含まれるため，非常に複雑となりその最適化が難しいという問題がある。すなわち，インフラとしての公共性から多様な目的意識が共存する上に，近年，エネルギー需要において電化が一段と進み，電気自動車の蓄電池を用いたV2H（Vehicle to Home）など，今までなかった新たな制御要素も頻出している。ある対策（設計変数値の変化）が複数の目的（評価関数値）に対して改善効果をもたらす可能性があると同時に，評価項目数が増えるにつれてそれらの間でトレードオフが生じることも考えられ，これらの相関の把握は容易ではない。さらに，情報通信技術の進展と電力インフラの移行とでは要する時間軸のスケールにも大きな差異があり，ある時間的な断面だけで限定的な検討をするの

ではなく，インフラの移行プロセスも考慮した，より実効性のある解を探索していくことが求められる。また技術開発面以外に，固定価格買取制度に依存し続けることなく太陽光発電のコスト低減を促す導入支援や，長期信頼性を促進するための適切な保安規制，新たなビジネスモデルの創出につながる制度設計など，社会的な枠組みの整備も重要となる [5]。最適化問題の視点でいえば，適切な制約条件の設定ということになろう。バランスを欠いた制約条件では，どのような対策を講じても有効な解を見出せないほど探索空間を狭める結果に陥ってしまう。

先に教育現場での「実感」の大切さについて述べたが，電力ネットワークと情報ネットワークとが融合したエネルギーシステムの将来像の「実感」がわくまでは，もう少し時間を要しそうである。しかし，電力ネットワーク上に多数存在する分散電源の状況を時々刻々と把握しつつ，自律分散制御と集中制御を協調させていくうえで，情報通信技術の役割が今後も重要性を一層増すことに疑いの余地はない。このエネルギー分野の新たな展開においても，ドコモの技術開発が大きな牽引力となることを期待している。

文献

- [1] 早稲田大学先進理工学部電気・情報生命工学科ホームページ。
<http://www.eb.waseda.ac.jp/>
- [2] 額田，ほか：“コスト削減と災害対策を両立するグリーン基地局向け電力制御技術，”本誌，Vol.23，No.2，pp.80-85，Jul. 2015。
- [3] 固定価格買取制度情報公開用ウェブサイト。
http://www.fit.go.jp/statistics/public_sp.html
- [4] 電気事業連合会：“電気事業のデータベース（INFOBASE）－電力データ。”
<http://www.fepec.or.jp/library/data/infobase/index.html>
- [5] 経済産業省：“太陽光発電競争力強化研究会報告書。”
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy_environment/taiyoukou/report_01.html