

## 大学における研究と教育について一次代を担う若者に夢を

大阪大学名誉教授 塩澤 俊之

最近、新しい問題点を自ら探求しようとする意欲的な若者が少なくなって来たと言われます。これは、大学以前の教育にも問題があるようですが、基本的には、戦後の高度経済成長期を終え、我が国が経済的に豊かになったことと無関係ではなさそうです。このように豊かな社会に生まれ育ち、必要な身の回りのものは最初からすべて揃っており、さらに必要な知識や情報については、手元にあるスマートフォンを使えば直ちに手に入る。これ以上のものを得るために、どうしてわざわざ苦労しなければならないのかと考えても不思議なことではないでしょう。筆者の生まれ育った環境を思い出すと隔世の感があります。このような次代を担うべき若者に、どのようにすれば、やる気を起こさせることができるのでしょうか。筆者の見解によれば、一つには、科学技術への夢をもたせることであり、いま一つには、極限的な状況を体験することによって、科学技術の重要性を認識させることが必要であると考えられます。以上の観点から、まず、筆者が最近感銘を受けた二つの話題、すなわち、「はやぶさ2」および「COVID-19（新型コロナウイルス）」についてご紹介したいと思います。

まず、最初の話題として、「はやぶさ2」について考えて見ましょう。これは、「はやぶさ」に続く後継のプロジェクトです。このプロジェクトの主たる目的は、太陽系がどのようにして生まれ、どのように進化して来たのか、また、私たち人間の生命の元になった材料がどのようなものであったかについての重要な手がかりを得ることにあります。具体的には、地球から約3億km離れた太陽系小惑星「リュウグウ」から持ち帰った物質のサンプルを解析して、地球における水・生命誕生の秘密に迫ろうとするものです。このプロジェクトの総事業費は約300億円であり、これは人工衛星を一基打ち上げるのに必要な経費と同規模の金額です。また、このプロジェクトチームは、約300名にも及ぶ国内外の科学者と多数の技術者から成る大規模な組織であり、広大な宇宙空間を実験場とした壮大な科学実験を実施します。「はやぶさ2」は、2014年12月3日に打ち上げられ、2020年12月6日予定通りに無事帰還し、貴重な物質のサンプルを含むカプセルを地球に

届けました。今後のサンプルの解析に期待したいと思います。この科学実験の過程では、「はやぶさ2」の探査機を往復で約50億km以上にも及ぶ長距離を安定航行させる無線操縦技術、ならびに、大量のデータを、マイクロ波帯の電波を使って、地球と「はやぶさ2」との間で安定した確実な方法でやり取りする情報通信技術と、これらの大量のデータをコンピュータによって高速処理する情報技術が必要となります。このプロジェクトの崇高な目的と壮大な宇宙実験は、現代の若者の興味をかき立てるのに十分ではないでしょうか。

次に感銘を受けた話題は、COVID-19（新型コロナウイルス）についてです。次々に形をかえながら、瞬く間に世界中に感染を拡大させ、いわゆるパンデミックの状態を引き起こしたCOVID-19（新型コロナウイルス）は、世界中の人々に深刻な不安と脅威を与えています。幸い、我が国では、公衆衛生の普及ならびに個人個人の清潔な生活習慣のお蔭で、ヨーロッパや米国に比べて、感染者、重症者および死者の数は、何れも、はるかに低く抑えられています。それでもなお、現状では、ワクチンはやっと配布されそうですが、有効な薬はまだ開発途上にあるため、今しばらくは油断は禁物です。このウイルスに感染して病状が進行すると、まず、気管支が侵され気管支肺炎を発症し、さらに進行すると、血液に酸素を供給する肺胞が次々に侵され間質性肺炎に進み重症化します。このとき、急速に増殖するウイルスに対抗して人体の免疫システムがフル稼働し、激増するウイルスに立ち向かいます。それに伴い、過剰な働きをするようになった免疫システムは暴走し、外敵であるウイルスのみならず、自分自身の正常な細胞までを攻撃するようになり、いわゆるサイトカインストームが発生するに至ります。そうになると、間質性肺炎がさらに悪化するばかりか、最悪の場合には、さらに過剰な炎症が起こり、多臓器不全という命にかかわる状態に陥ってしまう可能性も指摘されています。この状況に対応できる新薬はまだ開発されていないため、内外の医療機関では、既存の薬剤の中から有効なものがないかどうか検討がなされ、その結果、アクテムラという薬剤が有力な候補として挙がってきました

(注：直近の報道によると、英国政府はアクテムラをコロナ重症者への有効な治療薬として正式に承認したとのことです)。このアクテムラという名前を聞き、筆者は、大変感銘を受けました。と申しますのも、この薬は、もともと、関節リウマチなどの自己免疫疾患を対象として開発されたものであり、実は、筆者の妻も長年、関節リウマチを患っており、この薬に出会ったお蔭でやっと日常生活を普通に送れるようになったという事情があるからです。

ところで、アクテムラ（これは製品名であり、一般名はトシリズマブ）は、多年にわたる大阪大学と中外製薬との共同研究<sup>(1)</sup>によって開発された日本初の抗体医薬品であり、世界に先駆けて発売が開始され、2013年時点で、100か国以上の国々で承認を受け、90か国以上で発売されています。ここで注目すべきことは、この薬の開発の決定的な方向づけをしたのは、元大阪大学総長の岸本忠三・平野俊夫<sup>(2)</sup>両先生によるインターロイキン6 (IL-6) の発見であったということです。ここで、インターロイキン6 (IL-6) というのは、免疫システムを担うサイトカインと呼ばれるタンパク質の一種であり、サイトカインは、さまざまな細胞から出され、細胞間の情報伝達を行います。関節リウマチでは、本来は人体を守る仕組みである免疫システムに何らかの異常が生じ、自分自身の正常な細胞をも攻撃してしまうために炎症が起こる病気の一つです。具体的には、関節液中や血液中に通常より多く存在するIL-6が自分自身の正常な細胞をも外敵と見なして攻撃するために、関節リウマチの種々の症状が現れるとされています。大阪大学と中外製薬との共同研究の過程では、過剰なIL-6を阻害するためには、これらに対する抗体を見つける以外にないということがわかり、この方向で共同研究が進み、最終的にアクテムラの開発につながりました。ここで驚くべきことは、IL-6というたった一種類の分子をブロックするだけで、難病と言われ治療が困難であった関節リウマチの病状が顕著に改善することが明らかになったことです。中外製薬においてトシリズマブ研究開発リーダーを務められた大杉義征氏が述懐されていますように、大阪大学と中外製薬との共同研究は理想的な形で進められ、将来の産学連携のお手本となるべきものだと考えられます。因みに、岸本・平野両先生は、インターロイキン6の発見とその特性解明ならびに炎症性疾患治療への応用への貢献により、2009年に、クラフォード賞を、また2011年には、日本国際賞を、それぞれ共同受賞されています。最後に、次世代を担う意欲ある若者には、是非とも、COVID-19 (新型コロナウイルス) との戦いに勇気をもって立ち向かって頂きたいと切に願います。

以上、研究面において、筆者が、最近、感銘を受けた話題をご紹介しましたが、教育面でも、筆者がかつて深い感銘とともに、大きな影響を受けたことがあります。それは、今から60年ほど前に遡りますが、元大阪大学総長の熊谷信昭先生（当時は新進気鋭の助教授）から「電気磁気学」の講義を聴いた時のことです。講義の最初に、先生からMITの教科書に沿って講義を進めるとの説明があり、いよいよ講義が始まりました。先生の講義は、まず、ベクトル解析の基本から始まって、次に、マクスウェルの電磁理論の体系を、その基本から一步一步わかり易く説明されました。筆者は、先生の講義を聴いて、大変感動し、やる気を頂き、電磁気学に大変興味を持つようになりました。学部および大学院在学中には、このMITの教科書を始めとして、世界的に名著とされている数々の電磁理論の教科書を原著で読破しました。この頃に、電磁理論を自らの研究の主要なテーマとし、自分もこれらの名著の仲間入りができるような一冊を書き上げることを人生の目標の一つに決めました。学部の卒業研究では、先生から、「反射係数が不均一なレーザー共振器の解析」のテーマを頂きましたが、大学院に入ってから、面白そうな研究テーマが見つからなかったため、1年後輩の研究室の仲間（大阪大学名誉教授 藤岡 弘先生のことです）と相談して、相対論的電磁理論のテーマに取り組むことにしました。当時、相対論といえば一般的には大変難解で、なかなか日常生活の中で具体的なイメージを描くのが難しそうでしたので、筆者らは、具体的なモデルを考えて、相対論的な効果によって実際どのような現象が起こるのかを調べて見ようと考えました。これはあくまでも知的好奇心によるものであり、何かの役に立つと考えたわけではありませんでした。代表的な例としては、運動する双極子アンテナからの電磁放射、運動する媒質の境界面による電磁波の反射と透過などがあります。後になって、筆者の書いた論文の一つ<sup>(3)</sup>が、米国の大学において、大学院の電磁波の教科書<sup>(4),(5)</sup>に取り入れられていることを知りました。この論文は、二つの互いに相対運動を行う媒質の境界面における全反射について論じたものです。この論文について論じた教科書の一つが、MITのJ. A. Kong教授の教科書<sup>(4)</sup>でした。同教授は、筆者とほぼ同じ世代で、大学院の学生時代には、論文を通じてお互いに名前はよく知っておりました。因みに、J. A. Kong教授は、後に、生まれ故郷中国の浙江大学に2003年国際電磁科学院を設立され、筆者は、2005年から2年間、同学院の特任教授として招聘されました。

大学院の博士課程を修了した頃から、新たに加速系の代表例である回転系の電磁理論に取り組むことにしました。回転系の電磁理論は、発電機やモーターなどの回転

機、レーダ、レーザジャイロやファイバジャイロなどの光学式回転センサ、静止衛星による時間の精密測定、GPS衛星と地上管制センターとの間の時刻の同期あるいは地球上の離れた地点間における時間の精密比較などの広範な分野で利用することができます。回転系の電磁理論を厳密に取り扱うためには、一般相対性理論の知識が必要になりますが、上に示したような応用例を扱う場合には、一般相対性理論における一般共変性という原理とニュートン力学で用いられる回転系への座標変換を用いることによって近似的に取り扱うことができます。例えば、地球は代表的な回転系ですが、地球の回転による地球表面の速度は光速に比べて十分小さくなるため、上記の取り扱いが正当化されます。筆者は、上記の方法を用いて、現象論ならびに古典電子論の立場から、回転系における電磁界基礎方程式を求めました<sup>(6)</sup>。この論文は、ヨーロッパおよび米国で出版された、J. Van Bladel教授の相対論・電磁波関係の教科書・参考書<sup>(7),(8)</sup>に取り入れられています。J. Van Bladel先生は、ベルギーのアントワープ（オランダ語ではヘント）大学の教授で、ヨーロッパおよび米国で影響力のある先生でした。1978年、ヘルシンキで国際電波科学連合（URSI）の総会が開催されましたが、筆者は、当時、同連合の事務局長を務めておられた先生からお招きを受け、同総会において回転系の電磁理論について講演を行いました。

大阪大学を退官する間際の2004年の1月、ようやくライフワークとして長年温めて来ました英文著書『*Classical Relativistic Electrodynamics*』をドイツの学術出版社シュプリンガーから出版することができました<sup>(9),(10)</sup>。本書は、物理学上級コースのシリーズの1冊として書かれたもので、現代物理学の基礎理論である、マクスウェルの電磁理論とアインシュタインの特殊相対性理論の基本から出発して、一步一步着実に議論を積み重ねることにより、光の速度に近い高速度で走行する電子と光の相互作用、ならびに、このような超高速度で走行する電子から、高輝度の光が発生するメカニズムを体系的に論じています。本書は、内容的にも、英文の表現についても、できる限り分かり易くなるように努め、何度も推敲を重ね、精魂込めて書き上げたものです。その甲斐あってか、シュプリンガーの編集者からは、内容的にも、英文の表現についても、修正を求められることは全くありませんでした。因みに、本書は、大学院レベルの教科書として、世界の多くの国々の著名な大学、研究所の図書館、ならびに広く公共図書館に収蔵されています。

最後に、以上の考察を踏まえて、今後の我が国の大学のあり方について、若干私見を述べて見たいと思います。大学の研究と教育の活動を維持するためには、外部から

の継続的な資金の導入および常に意欲のある学生を迎え入れることが必要です。大学を運営するための資金については、国庫からの資金は、今後の更なる少子高齢化の進展により、医療および介護などの社会保障に必要な費用が増大するため、現在のレベルを維持するのは大変困難であると考えられます。従って、民間からの資金の導入がさらに必要となり、スタートアップを立ち上げるなどにより、自ら稼ぐことも必要になるでしょう。一方、意欲のある大勢の学生を迎え入れるためには、どうすればいいでしょうか。筆者は、広報活動を一層強化すべきであると考えます。すなわち、大学はもっと社会に開かれるべきであると考えられます。具体的には、大学で得られた代表的な研究成果を、高校生や一般社会人にも理解できるように、やさしく解説するような啓蒙活動が必要であると思います。できれば多言語で世界中に発信すれば、意欲のある多数の留学生が大学に集まってくることを期待できます。また、大勢の意欲のある留学生が集まれば、我が国の学生との切磋琢磨により、我が国の学生のやる気も出て来るでしょう。大学の活動を維持発展させるためにはお金と人が必要です。しかしながら、いくらお金を集めても、やる気のある次代を担うべき人を育てなければ、新たな価値は生まれません。

## 参考文献

- (1) 大杉義征：国産初の抗体医薬トシリズマブの開発，産学官連携ジャーナル，科学技術振興機構，4(2013)。
- (2) 平野俊夫：新総長インタビュー，阪大 NEWS LETTER，53，2011 (Autumn)。
- (3) T. Shiozawa and N. Kumagai: Total reflection at the interface between relatively moving media, Proc. IEEE **55**, 7, 1243(1967)。
- (4) J. A. Kong: *Theory of Electromagnetic Waves* (John Wiley, 1975)。
- (5) H. C. Chen: *Theory of Electromagnetic Waves* (McGraw-Hill, 1985)。
- (6) T. Shiozawa: Phenomenological and electron-theoretical study of the electrodynamics of rotating systems, Proc. IEEE **61**, 12, 1694 (1973)。
- (7) J. Van Bladel: *Relativity and Engineering* (Springer, Berlin, 1984)。
- (8) J. Van Bladel: *Electromagnetic Fields* (John Wiley, IEEE Press, 2007)。
- (9) T. Shiozawa: *Classical Relativistic Electrodynamics* (Springer, Berlin, 2004)。
- (10) 塩澤俊之：名誉教授リレー随想（電子と光），阪大 NOW，88，2 (2006)。

（通信 昭和39年卒 41年修士 44年博士）