



第三の波

静岡大学 工学部 工学部長
川田善正 KAWATA, Yoshimasa
(当協会 光応用技術研修会 講師)

私と同年代の方と先輩諸氏は、「第三の波」と聞くと懐かしく思われる方もおられると思う。1980年代に大ベストセラーとなった、アルビン・トフラーの著書のタイトルである。アルビン・トフラーが世の中の未来を予想した内容の本となっている。農耕社会、産業社会に続いて、今（1980年代当時）新しい情報化社会の大きな変革の波が到来しつつあることを指摘し、その後の未来社会の変化を予想している。

本書では、第一の波（農耕社会）から第二の波（産業社会）が生まれた背景をもとに、それらが社会、文化、政治、経済にどのように影響を与え、社会や文化をどう変革してきたかを事例をあげて説明している。産業の発展によって社会の「規格化」、「専門化」、「同時化」、「集中化」、「極大化」、「中央集権化」が促され、その結果として通勤のラッシュアワーが生まれ、音楽も交響曲が作られ、オーケストラによって大ホールで演奏されるようになり、家族構成も大家族から核家族が一般的になった。これらは全て無関係ではなく、産業化社会では必然であったと説く。このような変化がもたらされた最初の起点は、ものの生産者と消費者が分離されたことにありと指摘する。

さらには、生産者と消費者、または生産者同士の調整するまとめ役の存在が大きくなり、ホワイトカラーの労働者を生み出すとともに、会社の所有者ではなく、マネージャーが大きな力を持つようになったと述べている。生産工程が専門化、細分化されたため、多くの部品を一つにまとめるための調整役が必要になったことが要因である。これらの産業構造が、政治や文化などの社会構成にも影響を与え、現代が形成されてきたとされる。農耕社会から産業社会への変革の要因を紐解きながら、現状から未来の社会を予想したものとなっている。

これから訪れる情報化社会では、情報のやり取りに対するコストが大幅に削減されるため、これまでのようにみんなが一箇所に集まって、同じ規格品を、同時に作る必要性がなくなり、多様化が進むと予想している。まとめ役の比重が小さくなり、消費者がデザインした服や部品がネットワークで繋がった工場でそのまま作られる未来像が描かれている。つまり消費者と生産者が完全に分離してしまった産業社会から、消費者と生産者の融合がより密になると予想している。

今さらながら、読み返してみると、現在では、日常会話でも使われる「光ファイバー」が「繊維光学」と訳されていたり、まだまだ光技術が一般的でなかったその当時の状況を垣間見ることができて面白い。

その一方で、その未来社会の予想は非常に的確であり、示唆に富んでいる。著者が予想したこと多くがこれまでに実現されており、まだ実現されていないのは「クローン人間」のみであるという指摘がなされているぐらい、正確な予想がなされている。インターネット上で共通の趣味を語り合うSNSの登場を予言したり、世の中が多様化し、うつ病の人や孤立する人が増えることなども予言している。この本が40年近くも前に書かれたことには素直に驚かされる。

私が研究を進める光学顕微鏡の分野でも、高分解能化において「第三の波」が到来していると思う。光学顕微鏡の高分解能化の第一の波は、対物レンズ、光源、フィルターなどの要素技術の高品質化・高機能化である。対物レンズに用いるガラス材料の透過率が上がるとともに、収差の補正技術が進み、理想的なレンズが作製できるようになった。材料の加工技術、研磨技術などが飛躍的に向上した。光源の輝度が大きく向上し、検出器の感度も良くなり、明るい画像が観察できるようになった。干渉フィルターや色ガラスフィルターの設計技術、作製技術も向上し、不要な散乱光を効率よく除去できるようになり、さまざまな観察像を得ることができるようになった。合わせて、位相差光学系、微分干渉光学系などが提案され、それまではコントラストが低くて観察が難しかった、透明な試料でも観察できるようになった。

光学顕微鏡における第二の波は、レーザーの導入である。レーザーを顕微鏡に用いることで、走査型の光学顕微鏡が開発された。走査型光学顕微鏡では、レーザー光を試料の一点に集光し、その透過光や散乱光を検出する。2次元または3次元の観察像を得るために、レーザー光の照射位置を2次元または3次元的に走査しながら、各点のデータをコンピューターに蓄積し、コンピューター上で観察像を再構成する。走査型顕微鏡では、試料の1点ずつのデータを取得するため、検出器にカメラは必要ないものの、レーザーの集光位置を走査するための光学系が必要であり、またデータを蓄積し、再構成するためのコンピューターが必要である。

レーザーを光学顕微鏡に導入したことの一番大きなメリットは、非常に明るく、コヒーレントな光源を使用できるようになったため、簡単に非線形光学効果を誘起できるようになったとともに、共焦点光学系など、新しい光学系を使用できるようになったことである。現在、2光子励起顕微鏡をはじめとした非線形光学顕微鏡の開発が進められた。

第三の波は、これまでとは全く発想の異なる考え方に基づく高分解能化の動きである。例えば、蛍光分子の発光時間を制御して、近接した蛍光分子を別々の時間に発酵させることにより高分解能化を実現する手法（PALM）や、励起スポットの中心以外の蛍光分子を誘導放出によって先に発光させてしまう方法（STED）などが開発されている。これらの高分解能化技術は、光の持つ回折限界を超える分解能を実現できるため、その開発者に2014年のノーベル化学賞が授与されている。この他にも、蛍光分子の吸収飽和過程を利用したSAX顕微鏡、我々が開発を進めている電子線励起によるEXA顕微鏡などの開発が盛んに進められている。今後の展開が大きく期待される研究分野である。

このような変革の時代に遭遇し、変化を目の当たりにする大変幸運であるとともに楽しいものである。最近では、ソサイアティ 5.0 (Society 5.0) という言葉がいろいろなところで聞かれるようになってきている。情報化社会の次の変革である第四の波が訪れているということを意味している (Society 5.0では農耕社会の前の狩猟社会から数えるため5番目の社会となる)。これに伴って、将来的には、人工知能の普及によって、人間の仕事が奪われるとの懸念も生じている。産業革命の始まるの時代にも、機械に仕事が奪われることを心配して、産業機械を破壊したラッドライト運動が思い起こされる。

私自身は、情報化社会から次の時代への変革のさざしを身を以て感じたことはまだあまりなく、Society 5.0という言葉には少し懐疑的な部分を感じているところもあるものの、本紙の読者層である多くの産業界の方の中には、新しい波の到来を身近に感じておられる方も多いと思う。新しい時代の変革を体験できる幸せに感謝しつつ、時代に取り残されることのないように、より一層研鑽し、研究と教育を進めていきたいと思っている。

今回紹介した「第三の波」は、現代においても示唆に富む内容を多く含むので、興味を持たれた方はぜひ一読されることをお勧めする。