

ファインマンのこぼ

倉田 博基

京都大学化学研究所



顕微鏡の歴史はまことに古い。ロバート・フックの「ミクログラフィア」が出版されて350年以上になる。以後、科学機器として顕微鏡には多くの開発が加えられていき、20世紀には電子顕微鏡が登場し、現在では原子を直接観察し個々の原子を分析できるまでに発展してきた。このような歴史を

振り返るとき、著名な物理学者ファインマンが残した言葉が印象的である。少し長い以下に引用させていただく。

Perhaps some day someone will think of a new kind of electron lens that will overcome the inherent aberration of the simple electron lens. Then we will be able to photograph atoms directly. Perhaps one day chemical compounds will be analyzed by looking at the positions of the atoms rather than by looking at the color of some precipitate! (R. Feynman, “Feynman Lectures on Physics”, Vol. II, Chap. 29, (1964))

ファインマンは今日のナノテクノロジーを予言した言葉を残していることでも有名であるが、電子顕微鏡の技術に対しても、彼の物理学のテキストの中に簡潔に将来の姿を描き出している。電子レンズの収差を克服して原子を直接観察できる日が来ることを予測しているだけでなく、原子分解能の元素マッピングまで視野に入れた発想の飛躍は驚きである。これらの予測が実現された現在から改めて振り返ってみると、球面収差補正装置の開発はもちろん大変重要な進歩であったが、それを支える周辺技術としてカメラやコンピュータの性能向上が不可欠であったことには異論がないであろう。そのような周辺技術の発展まで見越して、ファインマンは球面収差を補正した電子レンズを搭載した将来の電子顕微鏡の姿を思い描いていたのかもしれないが、電顕の像コントラストへの非弾性散乱の効果が議論されていた当時において、元素の識別の可能性まで想像し得たのは、やはり天才たるゆえんであろう。そのような予測が長い年月をかけて達成されたことは、これまでの60年間は電子顕微鏡の研究に携わる多くの人々にとって良い時代であったとも言える。

翻って、これから30年後の電子顕微鏡はどのような姿になっているだろうか？ 現在も電子顕微鏡法や様々な周辺技術の開発が進展しているため、30年後にどのような技術が電子顕微鏡を様変わりさせているかを想像することは難しい。しかし、あえて拙い予測をさせていただくと、今後も継続す

るであろうコンピュータや検出器の性能向上を考慮すれば、現在すでに単粒子解析などで進められているビッグデータの取得と解析が様々な材料に対しても適用され、多次元のデータ取得と材料に特化した固有のデータ解析がなされるようになるのではないだろうか。最近、データ駆動型の研究の重要性をよく耳にするようになった。ちょうど30年後くらいはシンギュラリティと呼ばれる新たな技術革新の時代に直面するとも言われている。その時代には、現在でもすでに様々な分野で活用されている人工知能が電子顕微鏡にも実装されているかもしれない。自動計測によって蓄積されたビッグデータを、機械学習により抽出・分類し、シミュレーションによりモデル構築し、他の実験で得られたデータベースと比較解析することにより、物質の構造や電子構造に関する知見を出力する、そのような電子顕微鏡が登場しているかもしれない。そうすると、化学反応における原子の動きや結合状態の変化のダイナミクスも“観える”ようになっているかもしれない。そのような電子顕微鏡は装置としては完成域に達しているかもしれないが、ブラックボックス化してしまい、像コントラストやスペクトルデータの解釈に研究者が関与する必要もなくなり、ひょっとすると結像原理や逆格子などを知らないユーザーでも道具として電子顕微鏡を利用し、必要な解析結果を得て満足する、そんな時代になっているのかもしれない。これは電子顕微鏡に携わるものとして幸せな状態であろうか。顕微鏡学会の存在も危ぶまれるかもしれない。これまで原子を見て分析するという大きな目標があったが、それが達成された今、新たな夢を掲げて電子顕微鏡本来の性能を革新するアディアと努力が必要になってくると思う。

本稿を執筆中に、真鍋博士の2021年度ノーベル物理学賞受賞のニュースが報じられた。誠に喜ばしい。会見で述べられていた真鍋博士の言葉に「最近の日本の研究は、以前に比べて好奇心をもって研究することが少なくなっているように思います。」という発言があり、共感された方も多かったのではないだろうか。時代が変わったと言えればそれまでだが、やはり科学の研究を駆動するのは研究者の好奇心が一番であってほしい。私が学生の時EELSの研究を始めたころは、スペクトルはペンレコーダーで記録紙に書かれていた(数年でコンピュータに取り込まれるようになったが…)。バックグラウンド除去も手計算で行い、記録紙を切り取り天秤で重量を量ってスペクトルの定量化を行っていた。今では瞬きする間に出てくる定量結果も、その当時は半日仕事であった。しかし、未知のスペクトルが記録紙にゆっくりと描き出されるときワクワク感は確かに楽しいものであった。

倉田博基 (Hiroki Kurata)

1986年京都大学大学院理学研究科博士後期課程単位取得退学、化学研究所教務職員、1987年同助手、1988年理学博士(京都大学)、1991年フランス国立科学研究センター固体物理学研究所客員研究員、1996年日本原子力研究所入所、1997年同副主任研究員、2000年同主任研究員、2002年京都大学化学研究所助教授(のち准教授)2012年同教授、現在に至る。この間、2003年日本顕微鏡学会賞(瀬藤賞)、2000年～2005年日本顕微鏡学会理事、2011年～2013年顕微鏡誌編集委員長、2015年第71回日本顕微鏡学会学術講演会実行委員長、2015年～2017年関西支部長