

緒言

生命科学・臨床医学のこれから：データ科学の胎動

上席フェロー 永井良三

わが国の科学研究力低下が著しい。少子高齢化、社会保障費の増加、経済の停滞などが重なり、政府一般会計における科学研究費が伸びていないことは、研究振興を困難としている。しかし大学等のアカデミアへの研究開発費は、米国、中国、ドイツに次ぐ世界4位、企業は米国、中国に次ぐ世界第3位である。したがって日本の低迷が研究開発費の伸び悩みだけによるとはいえない。

科学の重要な要素は、理解、予測、制御である。とくに革新的な科学 (Disruptive Science) が生まれると、典型例として、生命と疾病の理解、予測、制御が大きく進歩する。20世紀後半では、分子生物学がその代表である。遺伝子工学、発生工学、蛋白質工学等は、ここから派生して発展した。しかし生命科学に限らないが、20世紀末以来、科学論文数は増加していても、革新的科学は生まれていないという。こうした革新的科学は突然生まれるわけではなく、地道な基礎研究の積み重ねから誕生することは歴史が物語っている。このことから基礎研究の重要性は明らかであり、常に科学者の好奇心に基づく研究を支援する必要がある。

一方で、科学の変革の中にとると、意外と変化に気づきにくい。これまで科学の開始点は、反証可能な仮説の設定といわれてきた。これは厳しい反証テストを経て、信頼性の高い仮説となる (反証主義)。科学研究の枠組みを大きく変更する仮説やモデルは、パラダイムシフトをもたらしてきた。その一方で、近年のデータ科学は、反証主義やパラダイムシフトの考えに当てはまらない。AIやビッグデータを用いる研究の多くは、仮説を設定しない。またAIによって必ずしも新規なメカニズムが解明されるわけではない。すなわち、こうしたデータ科学が重視されるのは、従来の科学の進め方に大きな変革がもたらされているためであり、その背景を考える必要がある。

従来、科学が現象のメカニズム的理解や予測を可能とし、技術が現象の制御を可能と考えられてきた。しかし生命体の恒常性や疾患のように多因子がフィードバックする複雑系では、要素還元的手法には限界がある。一方、そのときにAIによって仮説を形成して、先へ進むことは可能である。例えば、脳科学における意識の問題は、単なる刺激の受容と神経細胞の活性化だけではない。脳が意識や行動を決定するためには、脳内に高次のネットワークが構築されることが重要であり、脳がベイズ推計様の反応を示すという。ゲノム科学では、ビッグデータを解析したうえで、重要な遺伝子に絞り込んでから仮説先導型の研究を進めている。データを優先する手法は、朝永振一郎博士らが、計算上、電荷が無限大に発散してしまう問題に直面したときに、実測データを繰り返すことによって、場の量子論の構築を進めたことを思い起こさせる。

AIやデータ科学は、現実問題に対するソリューションを提示するうえでも大きな威力を発揮している。現実社会には、予測と制御を急がなければならない現象が溢れている。これを単なる技術の世界として科学者が傍観することは、今や許されない時代となった。例えば、臨床医学は個人差の大きい人間の病気に介入する。病気の発症や治療に対する反応性は、個人差が大きく、原因をゲノムの多様性に還元できる疾患は限られている。とくに高齢者の疾患や、生活習慣病は環境因子や生活習慣の影響が極めて大きい。膨大な数の因子を揃えて治療効果を比較するために、無作為化介入試験が行われるようになったが、時間、コスト、外的妥当性に問題がある。そこで次善の策として、リアルワールドデータが注目されている。予測や原因の推測を行おうとすれば、層別解析が必要なためデータ量は膨大となる。

医療行為で重要なのは、単なる検査値の改善ではなく、真のエンドポイント、すなわち生存率や重大な発作の回避などである。診療も、データによって医療行為の意味が問われる時代となった。これは創薬や再生医療、遺伝子治療も同様である。First in Humanや薬事承認が開発のゴールではなく、有効性が認められ

て初めて意味を持つことを忘れてはならない。

研究や医療の意味が重視される一つの理由は、人間活動に必要な資源が有限であり、地球の環境を維持しながら、研究開発を進めなければならないことに、人間が気づき始めたことに起因する。臨床現場ではすでに1回1億円を超える治療法が登場した。この状況のなかで、限られた医療資源を有効に活用し、持続性のある地域社会を維持すること、さらに格差の少ない共生社会を作るためには、できるだけ意味のある医療を行うこと、そのためには効率も考えて医療を行わなければならない。すでに米国では、医療の有効性や医療の質に応じて、保険償還においてボーナスが与えられたり、あるいはペナルティが課せられたりするようになった。しかし日本ではいまだに出来高払い制度であり、行われた医療行為に応じて保険償還され、有効性は問われない。少子高齢化と低経済成長のなかで、財政と社会保障システムを維持することは、国家レベルの最重要課題の一つである。そのためにも「意味の測定」が必要であり、そのデータに基づいてシステムを制御しなければならない。

いうまでもなく、データ科学の重要性に加え、現象理解のために科学がなすべきことは限りがない。また基礎研究では、データ科学を活かしながらも、あくまでも好奇心駆動で進めながら新たなブレークスルーを希求しなければならない。このような観点からすれば、研究対象が生命科学・医学では高次元、複雑系を特徴とする以上、日本のアカデミアの特徴とも言われる閉鎖系な研究環境が改善されなければ、画期的な研究の進展は望めない。いうまでもなく、SDGs、プラネタリーヘルスといった観点からも動物学、植物学、農学等にデータ科学を含めて分野横断的な新たな学体系を構築していくことが重要である。また、共同研究やデータシェアリング、そのうえでオープンイノベーションをどのように進めるか、アカデミアと産業界は、イノベーションエコシステムなどの知恵を絞り、それを実行していかなければならない。

有効な資源活用は、エネルギー・食糧・気候温暖化問題でも同様である。地球環境とライフサイエンス・臨床医学は、スケールこそ大きく異なるが、複雑系や有限閉鎖系であり、常に倫理を考えなければならないという意味では共通する。単純な物心二元論ではなく、自然の階層や人間の営みまでを意識したライフ・臨床医学のあり方が、現在、強く求められている。

日本には、「一即多、多即一」、あるいは「重々帝網」という、生態系だけでなく、万物の相互依存関係を教える思想がある。このことを考えると、SDGsやプラネタリーヘルスが重視される時代において、日本が生命科学・臨床医学で強みを発揮できる可能性がある。そのためにも我々を取り巻く状況や我々自身の活動の全体像を把握するうえで、データ収集とシミュレーションを欠かせない。

ライフサイエンス・臨床医学の俯瞰は、21世紀の科学技術のあり方や社会との連携についても問いかけることになる。こうした変化が静かに起こっていることが、実は足元にある Disruptive Science なのかもしれない。今回の俯瞰報告書ではまだ十分に議論が深まっているわけではないが、ライフサイエンス・臨床医学における分化と統合の胎動を感じていただければ幸いである。