

# 書 評

## 技術に生きる現代数学

若山正人 編, 岩波書店, 2008 年

金沢大学大学院自然科学研究科

松谷 茂樹

本書は今から 12 年前, 2008 年に出版された書籍である. その 3 年前には文部科学省から「忘れられた科学—数学」のレポートが提出され, また, 2011 年には九州大学にマス・フォア・インダストリ研究所が設立された. そうした潮流の中で, 九州大学大学院数理学研究院の数学者たちが執筆したのが本書である. マス・フォア・インダストリ研究所の初代所長の若山正人が編者と執筆者を務め, 前所長の福本康秀, 現所長の佐伯修も執筆者の中に名前を連ねている. マス・フォア・インダストリ研究所の設立に向けた思いが色濃く反映しているように感じる. 後で述べるように執筆者は錚々たる顔ぶれである. 本書は「先端技術開発のなかで現代数学がどのような役割を果たしているか」を, 実例を挙げ平易に説くものである.

一般的には「数学」という言葉は, 人によってその想定するものが大きく異なる. 情報数学, 物理数学, 工業数学, 応用数学, 純粋数学から, 中学・高校・大学の数学, 更には数独, 数学パズルに至るまで多様な様相を持っている. 同様に, 「数学が役に立つ」という言葉も, 世間一般では各自の数学観の違いにより様々な意味を持つ. 受験で数学を学んだお陰で論理的な考え方が身についたといった効用までも含まれる. こうした, 統一感の全くないイメージの上で「役に立つ数学」というムーブメントは起こり, その中で本書は編まれたのである.

ダ・ヴィンチが「技術は数学の楽園」と述べたように, 技術は本来数学という言葉で語られるべきものである. しかし書店に並ぶ, 技術を数学的見地から語る書物の中には, 数学観の多様性を基に中学・高校数学の有用性を説く復習本や, 素人向けに判りやすくするために, ある種の誤魔化しが書かれているものも見られる. 初等的な数学的準備ばかりに紙面が割かれ, 数学の本質について語られていないものや, 数学を専門としない研究者の書には数学的な解説に粗が目立つものも, 決して少なくはない. 更には, 基礎が本質であり応用は所詮やればできるとか, 応用と銘打てど市井の意味の応用とは全く異なるなどといった, 技術への尊厳が足りない書籍も見かける.

こうした中で, 本書は「現代数学が, 技術の中でどう生きそして活躍しているか」を, 凛とした姿勢で書き示した, 希少でかつ本格的な書である. 各技術に関わる数学の専門

家が執筆しただけあって、背景となる数学が平易で的確かつ簡潔に記述されている。更に技術についてきっちりとした調査がなされ、それぞれの技術が宿している数学的本質が明確に述べられている。その結果、発行から12年という年月を全く感じさせない存在感を保っているのである。

評者の力で評するのはいささかおこがましいが、各内容を少し概観することとする。

### 第1章 輪切りにしてもいいですか？ 若山正人

CT スキャンに関わる数理的技術とその技術を支える数学について、歴史的なことも含め概観したものである。数学的原理であるラドン変換、その基となるアーベルの積分公式、フーリエ変換に基づく畳み込み法などの数学と、天文観測、MRI、医療におけるCTなどの技術との関わりについて、ラドンの論文の出版前後から現在に至るまでの変遷が簡潔に述べられている。本来数学者が解決すべき問題が技術者の苦悩により解決されたなど、技術において数学者が活躍すべき場の可能性も描かれ興味深い。

### 第2章 幾何と統計が生む信号検出技術 二宮嘉行

推定や検定などの統計学の基本から始まり、正則モデルと信号モデル、尤度についての考えなどが紹介される。その後、PET(ポジトロン断層法)による脳の血流測定において活性化する脳の部位を例にとり、「ノイズ」による擾乱の中で推定を行うためには、尤度関数のパラメータ依存性が情報幾何学の意味で幾何学的に考察されることが重要である事が示される。正則モデルや信号モデルでの尤度比検定、また、そこでのチューブ法を例とする統計学における幾何学の活用が概観される。

### 第3章 顕微鏡をのぞくと株価が！ 谷口説男

植物学者ブラウンによる発見などによって人類がブラウン運動を認識し、アインシュタインの考察などを経てその確率解析による定式化に辿り着くまでの、背景や概念の変節など歴史が語られる。その中では19世紀末に既に株価の変動についての数学的考察を行った数学者がいたことなどが紹介される。伊藤の公式など確率解析の数学的な準備がなされた後、金融工学での確率解析が概観される。株価の決定における個々の数学的モデルの原理や、その確率微分方程式が示され、その性質などが紹介される。

### 第4章 秘密の鍵は素数にあり 金子昌信

初等整数論でのフェルマーの小定理、オイラーの定理について、予備知識のない読者でもわかるように平易かつ的確に解説された後にRSA暗号が紹介される。確率的素数の考え方や計算量についての補足などもあり、興味深いものとなっている。有限体、楕円曲線の群構造がそれぞれ簡潔に概説された後に、計算困難性に安全性の根拠を置くエルガマル暗号の例として、離散対数問題、楕円暗号が紹介される。

## 第5章 渦を破壊せよ 福本康秀

製造業を支えるいわゆる科学技術と数学の関わりを示す章である。「飛行機は翼で渦を作ることによって揚力を生み出す」ことを主軸に、旅客機の大型化や効率化、安全性の向上における渦の重要性を示す。その解説の中で流体力学の様々な数学定理が丁寧かつ簡潔に紹介され、循環と揚力・抗力との関係、渦の制御という観点から反平行渦対の安定性などが概説される。近年の実験技術と計算機技術の発展により、新たな渦対の観測結果や計算結果が生まれ、数学に影響を及ぼしている様子が述べられる。

## 第6章 DNA 結び目のメカニズム 佐伯修

DNA の構造が高校化学の知識を前提に解説された後に、環状の DNA 組み換えがおきるメカニズムが概説される。結び目理論の背景と、結び目理論におけるタングルモデルが紹介され、タングルモデルによる DNA の組み換えのモデル化がなされると、結び目に関わる DNA の位相幾何的配位がタングル方程式に帰着することが示される。そのタングル方程式を解くために、有理タングル、2重分岐被覆空間、レンズ空間、デーモン手術の概念が取り上げられ、Tn3 という酵素による組み換えに関してタングル方程式を解き、Tn3 で生成される結び目が定まることが示される。

本書の発行から12年、技術の発達により、求められる数学は大きく変貌しつつある。評者が知る範囲に限っても、例えば、第1章で述べられた医療におけるX線のCT技術では被爆の問題のために第2章の最尤法が活用され、数学技術の融合が進んでいる。推定における幾何学活用も日本が牽引してより深く発展している。耐量子暗号という立場では、暗号理論も従来の整数論のみならず、より高度な数学と関係してくるようだ。リーマン・ショックを経験し金融工学で求められる数学モデルも高度化し、他方、情報技術の発展に伴い、計算機のクロック数や通信時間を考慮した、膨大な金融データ量を取り扱う枠組みが必要となっている。更には現在のコロナ禍の影響で、今後航空産業や医療技術が大きく変貌してゆくことは間違いない。

こうした技術革新が加速している現代においてこそ、本書で存分に論じられている数学と技術の関わり合いの基礎が重要性を増していると考える。

評者が本書に出合ったのは、評者が企業（キヤノン（株））に在職中であつた。社内の医療関連事業に携わる話が持ち上がり、第1章のCT技術の背景と第2章の最尤法を数学的に概観する目的で購入した。結局その業務に直接携わることはなかったのだが、本書は数学の素養を持った者が短期間に技術を概観するには非常に有用な一冊だと感じた。数学的本質がきっちりと述べられているからである。

著名な数学者が、自らの専門に近い技術を、その専門の豊富な知識を基に手加減なく著している本書は、ある程度の数学的素養のある研究者・学生が数学と技術の関係を学ぶうえで極めて貴重である。このような贅沢な本は、今後生まれることは難しいかもし

れない。本書の価値は出版当時に比べてさらに高まっていると言える。

本書のまえがきで、若山は「技術に生きる数学というときには、本書で述べるような、数学が直接技術のなかに生かされているということのほかにも忘れてならないことがある。それは、数学を大学や大学院で学んだ若い人たちが技術開発の世界に身を投じ活躍することで生まれる真の数学の拡がりである。」と記している。多くの若い数学者が技術開発の分野に携わることがもたらす数学の拡がりに、大きな期待が寄せられている。本書の精神の高さが感じられる記述である。

技術の現場において必要とされる「数学」は、実際にはある特定の数学の狭い意味の専門分野よりも、数学の専門分野を極めた数学者が対象とする技術を理解した上で示す、数学的発想と洞察にあることが多い。第1章の非数学者が技術の数学を築いていった歴史などを考えれば、現場に数学者が居ればよりスムーズに科学が発展するであろうと容易に想像できる。欧米に比較して遥かに数学者の社会進出が遅れている日本において、数学者の活躍の場をイメージする際に本書はその足掛かりとなる。

また、本書で「数学の研究内容を判断する際に、不確定な将来の応用ばかりを考えるのは不自然である。」と述べられているのも興味深い。応用が約束された分野の数学は別として、数学が技術の中で活躍できる局面は、偶然起こるものでありその予測は難しい。あとがきにも述べられているが、本書はそれら偶然の不可思議を列挙することによって、数学のあらゆる分野が、将来なんらかの技術に対し有効になるポテンシャルを常に持っているというメッセージを伝えている。

技術は年月の経過にともない大きく発展するが、本書にはその技術を支える基礎となる数学の精神が述べられている。それは将来劇的に技術が変化しても普遍的な価値を持つものである。それぞれの技術に生きる現代数学の在り方を学ぶ際の現代の古典として、本書は今後も長く読まれるべき良著である<sup>1</sup>。

---

<sup>1</sup>This work was supported by KAKENHI (19K02871)