

書 評

インフィニティ・パワー —宇宙の謎を解き明かす微積分—

S. ストロガッツ 著，徳田功 訳，丸善出版，2020 年

熊本大学大学院先端科学研究部

原岡 喜重

序章に、本書の趣旨を伝える印象的なエピソードが書かれている。ある文学者が第二次世界大戦の調査の一環としてマンハッタン計画（原子爆弾の製造計画）に携わった物理学者たちにインタビューしていた。そのうちの一人リチャード・ファインマンが、その文学者にこう語ったという。「微分積分を勉強した方がよい。神の話す言語だ」文学者はこのことばが気になって、微分積分について書かれたいろいろな本を読んだり、家庭教師を雇ったり、高校のクラスを聴講したりしたのだが、微分積分を理解することはできなかつたそうである。この本はそのような人のための本である、と著者は述べている。ここを読んで、私はこの本の評者にはふさわしくないと考えた。恐らく数学通信の読者の方々はどなたも評者にはふさわしくないとだろう。私は微分積分について、いくらか知ってしまった。それゆえ、まだ知らない状態の人がこの本を読んだらどのように感じるだろうか、ということがうまく想像できない。つまりこの本の最も強く目指すところについて判断することができないのである。さらに訳者の徳田功氏によるあとがきも評者に追い打ちをかける。たった4ページの中に、著者について、この本のテーマについて、この本の魅力について、簡にして要を得た見事な解説がある。これをそのまま持ってくれば、数学通信に載せる完璧な書評になるではないか。しかしそういうわけにもいかない（書店で現物を手にすることができる方は是非あとがきをご覧ください）、何とか私なりにこの本についてお伝えしたいと思う。

著者のストロガッツ氏は高名な応用数学者で、生物に見られる同期現象（蔵本 model など）やネットワークの研究をテーマとしている。また本書もその一環であるが、一般の人々に数学を伝えるいわゆるアウトリーチ活動にも熱心に取り組んでいる。本書もさすがの筆運びで、微分と積分についての歴史的事実・エピソードや微分積分を応用する事例にあふれ、また随所になるほどと思う例えが用いられる。

話は歴史の順序通り積分から始まる。アルキメデスが無限小の図形を積み上げて面積や体積を求めた方法が説明されるのだが、無限の説明ではアキレスと亀などの古代ギリシア時代に考案されたパラドックスがあると思うと量子力学のトンネル効果まで筆が及び、アルキメデスは曲面の多面体による近似をしたのだがその技法の延長線上に映画『シュ

レック』『アバター』などで使われたコンピュータ・グラフィクスが来る、といった説明がなされ、話は時間・空間を縦横に駆け巡る。なんとしてでも積分をわからせるのだ、という著者の気迫に圧倒される。

微分積分学を発見し作り上げたニュートンの話のところは、その前後や周辺で微分積分の建設に関わった人々の物語も含めて、かなり読み応えがある。ニュートンについては、彼の残したノートや手紙なども手懸かりに、どうやって微分法を発見したのか、どうやって微分積分学の基本定理に到達したのか、ということが生き生きと描かれる。同時期にやはり微分積分学を作り上げたライプニッツについても、彼がどのように考えて理論を見つけ出したのか、発見のきっかけは何だったのか、ということが説明される。現代の我々は、ニュートン・ライプニッツの作り上げた微分積分学を完成された理論として享受するばかりで、その発見の物語に思いを馳せる機会は多くないが、まだ微分積分学がなかったときにニュートンとライプニッツはどのように考えたのであろうかと想像してみるの楽しい。答は本書をご覧くださいことにして、意外と具体的なものを扱うことで見つけたのだな、というのが印象であった。

後半では、微分積分がいかに宇宙（自然）を解き明かすのか、ということが説明される。ここでも実に多くの具体的な事例が炸裂する。著者の守備範囲の広さには驚嘆するほかない。微分積分を知らず、知りたいと思って本書を読み進めた読者は、ここでどんな顔をするのであろうか。何もかも微分積分で解明されるのではないかと感嘆するか、あるいは呆然と佇むか。微分積分をすでに「知って」いる読者にとっては、その様々な使われ方を学ぶよい教材となる。

微分積分が宇宙（自然）を解き明かすのだ、ということ筆を尽くして説明する一方で、著者はそれはなぜかという問を問い続ける。著者のことばを借りると、「微積分が不気味なくらいに有効である」のはなぜだろうか。この問には熟慮する価値があるが、著者は答を持たないという。おそらく著者なりの答は用意できるのだと思うが、この問は人の答・説明を聞いて理解するという性質ものではなく、微分積分を学びそれを用いていろいろなことを調べた一人一人が、自らに問いかけてその人なりの答を見つけて下さい、というのが著者の真意ではないかと思う。

最後の章は「微積分の未来」という挑戦的なタイトルで、今後微分積分がどのような物事に取り組んでそれを解明していくのか、という夢物語がたくさん語られる。ここでもまた著者の守備範囲の広さに圧倒されることになる。その多くの話題の中から一つだけ取り上げたいと思う。機械学習をするAI（人工知能）の出現で世界が変わった、あるいは変わりつつある、という話題である。この話題を述べた節ではなぜか微分積分は表に現れず、AIが宇宙を解き明かすかもしれないということが述べられる。ここでも豊かな事例やエピソードを用いた説明がなされて、本書の他の部分と同じ味わいなのだが、私はこの節だけ著者の筆先が鈍っているように感じた。書かれていることを冷静に捉える

と、宇宙を解き明かすという役割を、AIが微分積分に取って代わる、ということになるのではないか。微分積分が宇宙を解き明かすというときは、宇宙の法則があってそれが微分積分のことばで書かれている、それを読み解けばよいというストーリーになる。その場合に我々が行う作業は、微分積分法のルールに則った演繹である。微分積分が不気味なほど有効なのは、微分積分のことばで書かれた宇宙の精密な法則が存在していることで、我々人間が生物として感得できるデータを基にした帰納では認識できない事象が把握できるからである。微分積分は演繹によって（生理的な）帰納を圧倒したのである。ところがAIは帰納の化け物で、そこには演繹はない。そのすさまじい帰納の力で、微分積分（演繹）も及ばない領域を解明する、というのがAIに寄せられている期待である。つまり、AIの出現により微分積分の時代は終焉を告げる、というのが一つの自然な予想となるのではないか。そうなるのか、あるいは微分積分はそれでも新たな価値を獲得して、今後も宇宙を解き明かす重要な存在であり続けるのか。この問に対する著者の答は知りたかった。