

書 評

めくるめく数理の世界

—情報幾何学・人工知能・神経回路網理論

甘利俊一 著，サイエンス社，2024 年

関西大学システム理工学部

藤岡 敦

数理工学とは現代数学を用いて工学の諸問題を解明する学問であるが、甘利俊一氏は特に情報幾何学、数理脳科学を専門とし、それらの大きな分野の基礎を創始或いは確立した偉大な数理工学者である。本書では 65 年を超える甘利氏の研究生生活が 7 つの章に渡って時系列順に、その時々時代の背景と意気込みを中心にしつつ、独白的に語られている。

第 1 章「数理工学への入門—大学院時代」では、学部時代から大学院時代までのことが語られている。本章の冒頭で評者が驚いたことは、設立間もない当時の東京大学工学部応用物理学科数理工学コースは、進学を志望する学生がほとんどいなかった、という記述である。このコースはかなり前から計数工学科へと名前を変えているが、評者の知る計数工学科は物理も数学もとても良くできる秀才達が競って進学する花形学科である。そして、そのような花形学科へ進学するには、いわゆる「進振り」に向けて教養学部にも所属する 1 年から 2 年前期までの間に優れた成績を収めなければならない。最近の話題を 1 つ挙げれば、世界的な活躍で知られる数学者の山下真由子氏は計数工学科へ進学した後、飛び入学で数理科学研究科の修士課程へ入っている。それでは、当時の甘利氏の学業成績はどうだったのかというと、実は、反戦、平和運動のための「歌声運動」にのめり込み、成績はガタ落ちだった、とのことである。

数理工学コースへの進学後は代数やトポロジー、微分幾何に関する数学の専門書を読んだことが述べられている。個人的には、数学科の事務室で洋書の手に入った、との記述が興味深かった。これはややオフレコな内容かもしれないが、今となっては時効ということであろう。評者は大学院の途中で数学科の場所が本郷から駒場へ移るという経験をしているが、移転前に、「印刷室」の〇〇さんに言うと本がもらえるよ、と言われ、廃棄直前の海賊版を何冊か頂いたことを思い出した。さて、話を本書の内容に戻すと、甘利氏は博士課程に進学した際に研究した転位の連続体理論を通して、微分幾何に現れる接続の理論が直観的に理解できるようになり、後の情報幾何への研究へと繋がった、とのことである。更に、本章の後半では、修士 1 年のときに学部を超えたセミナーへ参加し、そのときに残された課題が後に情報幾何として結実することが述べられている。

第2章「AI研究と数理脳科学の原点—九州大学時代」では、博士課程を修了し、九州大学工学部通信工学科に勤めていた4年間のことが語られている。冒頭に「1963年、胸をときめかせながら私は博多駅に降り立った。」とある。当時、山陽新幹線はまだ開業しておらず、九州はかなり遠い地であったと思われるが、勝手気ままに自由な天地を謳歌した時代、とのことである。評者は学生時代に指導教官から、楽観的であれ、とよく言われたものの、なかなか実践できておらず、現在に至ってしまっているが、本書では様々な場面で甘利氏が何事も積極的に楽しむ姿を見ることができる。このことが数多くの優れた研究成果を生み出す元となっているのではなかろうか。また、組合の委員長を引き受け、mod 9の足し算である「九去法」を用いて、超過勤務手当の配分表の誤りを指摘するなど、闘う姿も見せている。研究面では、多層神経回路網の中間層の確率的勾配降下学習法を提案したものの黙殺されてしまった、とある。当時としては、かなり数学的かつ先駆的な研究成果だったようであり、同様のことは他にも多く紹介されている。

第3章「東京大学へ—激動の時代：神経回路網の数理」では、1967年に九州大学から改組後の東京大学工学部計数工学科へ戻ってから10年ほどのことが語られている。この時期には神経回路網の数理に関する研究に熱中する中、総長補佐も勤めている。また、研究の中で発見した距離の拡大法則がずっと後に独立に再発見され、「癪に障らないかと言えば、癪ではあるがいつものことで、これは仕方ない」とある。さらに、神経集団の力学において用いられたモデルについて、甘利氏よりも後に考えた研究者達の名が冠せられていることについても言及し、「どうしようもない」と続き、第2章の「こぼれ話3」の「深層学習の起源」で触れられていた連想記憶モデルに関する先駆的な貢献についても詳しく紹介されている。一方、神経回路網理論のメールグループにおいて、小脳テンソル理論に関して公開質問状が提出されたときには、しっかりと反論し、議論を解消させている。

第4章「情報幾何の始まりと展開」では、東京大学へ戻ってから10年ほどが経ち、今日、情報幾何とよばれるに至った統計の微分幾何学の研究を始めてからのことが語られている。研究を始めて2年ほどして得られた成果をきっかけに日本数学会へ入会したとあるが、学会発表では統計の専門家からは、素人が何を偉そうなことを言うかと意地の悪い質問が続出した、とのことである。また、「こぼれ話7」の「秘書列伝」では、TeXができず、本書の原稿も優秀な秘書によって仕上げられていることが明かされている。

第5章「世界への進出—ニューロブーム、バブル期とその崩壊」では、1980年代半ば以降のことが語られている。国際神経回路学会の会長や通商産業省と科学技術庁によるヒューマン・フロンティア・サイエンス・プログラムの委員などの重責を務めつつ、文部省の重点領域研究にも採択され、理論と実験が一体となった脳科学の研究を推進している。また、0, 1変数の再帰結号確率的動作の神経回路の確率モデルである Boltzmann 機械と情報幾何を結びつけた研究や、関数をパラメータとして含むセミパラメトリックモデルの情報幾何に

ついて紹介されている。「こぼれ話 10」の「白タク事件」では、海外で白タクに引っかかったものの1円も払わず、ぎりぎりまで駆け引きをしなければ勝負にはならない、とあり、評者も本書から少しでも学びを得たいと思うものの、これはちょっと真似ができない。

第6章「理化学研究所—研究者の天国」では、理化学研究所において国際フロンティア研究システム情報処理研究グループディレクターを務めた1990年代半ば以降のことが語られている。なお、甘利氏は東京大学を1996年の3月に退官し、1997年からは理化学研究所の脳科学総合研究センターグループディレクター、2003年からは同センター長を務めており、センター長としての仕事に関する話にも1節を割いている。また、理化学研究所へ移ってからしばらくは、神経回路の学習理論と並んで、独立成分分析が主な研究領域となり、特に、前章でも述べられていたセミパラメトリックモデルの情報幾何を用いた研究が解説されている。なお、主成分分析についても情報幾何を用いたさまざまな理論を展開できることが紹介されているが、それが神経回路網の学習で実現できることは甘利氏が最初であったにも関わらず、今では他の研究者の名前が冠せられていることが述べられている。また、神経発火パターンの高次相関に関する研究では、一旦は、昔から議論され、明らかにされている、と不採択となったものを、査読者から紹介された文献をあたって反論し、採録に至ったエピソードが紹介されている。

第7章「研究は私の趣味—退官後の研究」では、81歳で理化学研究所を退官した以降のことが語られている。甘利氏の研究生活はとどまるところを知らず、引き続き理化学研究所に居室を持ち、新たに統計神経力学の研究を始め、他にもWasserstein幾何と情報幾何を統合させたWasserstein情報幾何に関する研究が紹介されている。「こぼれ話」の最後は「甘利一族」であり、土地の購入を巡って弁護士と交渉し、話をうまくまとめるなど、ご自身のご家族に関することが紹介されている。個人的には、ドラゴンクエストにはまった、という記述に一番親しみを感じただろうか。もっとも、評者の場合、学生時代にゲームや麻雀にはまったことが、今でも尾を引いているような気がしないでもない。

本書は非専門家から専門家に至るまで、また、研究者の卵から現役の研究者に至るまで、読者の学問的背景に関わらず、様々な楽しみ方をすることができる。巻末の文献一覧には、甘利氏自身による329本に及ぶ論文と14冊の著書が掲載されている。副題にあるような情報幾何学、人工知能、神経回路網理論を専門とする研究者であれば、興味に応じて関連する原論文にあたることが可能となっている。また、研究内容についてもある程度は簡単に解説されているが、原論文を読むのが難しそうであれば、関連する著書から入るのも良いであろう。そして、本書の大きな魅力は、何ととっても、超一流の研究者の生き様や人となりに触れられることである。