

『フレーク、蛇口、車、ヘリコプター』

菅野 道夫 (1940～)

車は適度な速度で走行していた。そこへ別の車が高速で後ろから激突し、30歳にも満たなかった1台目の車の運転手は、粉々になったフロントガラスから投げ出された<sup>(\*1)</sup>。その事故で彼は1年近くの入院を余儀なくされた。

その運転手は菅野道夫。1940年2月3日横浜に生まれ、1962年に東京大学物理学科を卒業した後、松下産業<sup>(\*2)</sup>の原子力部門で研究員として勤務し、職場の労組では政治過激主義が際立つ活動もした。1965年、東京大学<sup>(\*3)</sup>工学部の助手となり博士論文のための研究を始め、1974年<sup>(\*4)</sup>に工学博士号を取得した。その論文はどの雑誌にも掲載されることはなかったが、これが彼の名声の始まりとなった。彼の指導教官で工学者の寺野寿郎は、菅野の長期入院中、博士論文の研究が進むように科学論文や書籍を持参して彼を訪ねた。その1つが1965年に発表されたロトフィ・A・ザーデーの「Fuzzy Sets」と題された論文であり、菅野はこれに熱中した。彼はあいまいな情報をどのように計量するかという問題に特に興味を持ち、実際、博士論文はそのテーマに当てられていた。のちに菅野は冗談で、何ヶ月にも及んだ入院生活中に脳がファジィになったと言っている。

博士号を取得後、1976年から1977年にかけて、菅野は客員研究員としての在外研究を2か所で行った。最初はイギリス（ロンドンのクイーン・メリー・カレッジ）、続いてフランス（トゥールーズのオートメーション・システム解析研究所）で、そこで機械のファジィ制御という当時最新の分野に興味を持った。前述のクイーン・メリー・カレッジでは、1975年からE.マムダニがスチームエンジンのファジィ制御について研究を始めていた。1977年、彼は横浜のTIT（東京工業大学）大学院キャンパスの助教授となり、1987年<sup>(\*5)</sup>にシステム科学専攻の教授に昇進した。

= = = = = = = = = =

菅野の博士論文では、あいまいな情報の計量法として、今日「菅野積分」として知られる積分を導入し、また、不確実性の測定法として、特定のケースでは確率を含む、いわゆる「菅野  $\lambda$  測度」を導入している。彼の重要な理論的業績の多くは、この論文から派生したものである。その一方で、菅野道夫は間もなく実践的な問題に興味を持つようになった。

1980年から1983年にかけて彼が最初に取り組んだ課題の1つは、浄水場の自動化である。当時の浄水場では、貯水を複数回に亘って移し替えた後に底に残る沈殿物を観察した上で、水に投入すべき薬品の量を自己量で算出していた。より具体的には、水を濾過する前の最後の移送時に残った“汚れ”的“フレーク”的形状とサイズにより見積もっていたのだ。しかも、これらフレークの形状とサイズは常に一定ではなく、季節ごとに変化しており、土壌、雨の種類や、水に引きずられてくる物質に応じて、沈殿物はその都度異なっていた。浄水の自動化への一歩として、フレークの形状およびサイズの数学モデル確立の試みは行われていたものの、成功していなかった。にもかかわらず、プラントの技術者たちは、水が飲用可能となるまで十分な浄化を行っていた。菅野は、専門家の実践的な知識を不確実なルールのシステムに置き換え、マムダニのファジィ推論メソッドを用いてプロセスをコンピュータ処理することに成功した。のちに、菅野の研究成果に基づいて、日本の浄水プラントの70%以上が富士<sup>(\*6)</sup>によって自動化されることとなった。

菅野が挑んだもう1つの課題は「給湯ユニット」であった。1つの蛇口で冷水と温水を自動的に混合することで、例えばシャワーの際に火傷したり凍えたりしないよう、適切な温度の水を供給するものである。このプロジェクトは成功を収め、当時、松下<sup>(\*)7</sup>が製作した給水装置の派生品が今日普及している。

= = = = = = = = = =

20世紀は80年代後半、菅野は遠隔からの音声命令による車の無人運転に関心を持った。この課題は非常に複雑な様相を呈していた – 例えば、2車線が対向する道路を走行中に、最初の交差点で左折するという音声命令を受けた場合<sup>(\*)8</sup>、システムはその方向転換が法令上許可されているかを判断し（そうでなければ、許可されている交差点まで前進を続ける）、交差点に近づいたら、反対方向から車が来ないことを確認した上で、速度を落としてスムーズな動きで徐々に曲がり、直ちに次の道路の適切な車線を縁石と平行に進まなければならない。菅野は、音声指示に従って並列駐車や縦列駐車をしたり交差点で曲がる、小型の試作車を製作した。

これは、交通量の多い都市の路上では非常に難しい課題となる、自動運転の実現に向けた長い道のりの第一歩であった。菅野は、前述の「左折」の意味のような、常識的な概念を機械に組み込んだ。さらに菅野は、遠隔音声指示による制御に関する興味深い理論的研究を複数発表し、彼にとっておそらく最も困難で野心的なプロジェクトへの道を開いた。

1989年から1995年にかけて菅野は共同研究者とともに、人工知能の分野でおそらく最も大胆なプロジェクトの1つに着手し、完了した。それは、無人ヘリコプターのすべての操作を遠隔から人間の声で無線制御するというもので、非常に単純な音声指示（「離陸」、「着陸」、「ホバリング」、「直線飛行」など）を、ファジイ論理で表現されるルールを用いた推論によって処理した。日本の運輸省<sup>(\*)9</sup>が主要なスポンサーとなったこのプロジェクトにおいては、命令への応答時間がデバイスの制御性能を決定づけることから、ファジイ技術とニューラルネットワーク技術の組み合わせが特に重要であった。全長4メートル超<sup>(\*)10</sup>の最終プロトタイプは、地上の目標物の追従や、地上移動物体の停止に合わせたホバリングなども含め、実際のヘリコプターのあらゆる操作を実現した。このヘリコプターのナビゲーションシステムは、人工衛星を介して3次元で位置を測定できるGPS（全地球測位システム）を利用している。すなわち、ヘリコプターはGPS信号を使って目的地まで誤差1メートルの精度で飛行し、カメラで着陸地点を探して自動で着陸する。

= = = = = = = = = =

このようなすべての応用研究を経て、菅野は音声指示による機械制御についての理論的研究を発表し続けている。それらを通じて理解できるのは、意味情報の不明確さや不確実性を扱うにはファジイ論理だけでは不十分であるものの、ヘリコプターのように、小型でなく単純でもなく、安定化が困難なシステムにおいて、効果的かつロバストに機能する結果を得るために、確率論的手法とニューラル手法を組み合わせたファジイ論理以上のものは今のところほとんど無いということである。ヘリコプターの操縦は非常に難しく、全く不安定で環境条件の影響を受けやすいため、パイロットは一瞬たりともコントロールを失わないよう懸命な作業を強いられるのだ。ファジイ技術とニューラル技術や確率論的技術、および遺伝的アルゴリズムのような他の技術との融合は、まさに、ソフトコンピューティングという新しい分野を生み出した。これは、常識的な推論に真正面から取り組み、機械が人間のように推論するというAIの目標の1つを達成し得る、高いポテンシャルを保証しているように思われる。

日本では1983年以降、菅野道夫の研究だけでなく他の日本人科学者や技術者の研究、そして当時台頭しつつあったファジイ技術に対する企業の関心と信頼もあり、ファジイ論理の本格的なブームが起こった。

菅野の業績は、洗練された数学研究と重要な実践的応用との融合という点で、実にユニークであり、世界的名声を博する現代の研究者である。ファジイ工学の原点は菅野にあると言えよう。1999年<sup>(\*11)</sup>、菅野道夫はマドリード工科大学から名誉博士号を授与された。

2000年、菅野はTITを離れ、理化学研究所（大規模な研究センター）に移り、コンピュータにおける自然言語の使用的向上を目指した5年間の開発プロジェクトというミッションのもと、彼のために特別に設置された言語ベースシステム研究チームを指揮した。このプロジェクトは2005年3月に終了したが、その成果の重要性はいまだ評価が待たれるところだ。菅野は同年4月、京都の同志社大学へ移っている。

### エンリック・トリラス

#### [出典]

Enric Trillas “COPOS, GRIFOS, COCHES Y HELICÓPTEROS: Michio Sugeno (1940-)”  
in: Algunos genios de la computación. Biografías breves, Adolfo R. de Soto and Enric Trillas (eds.),  
Publicaciones Universidad de León, pp.139-145, 2006 (SPAIN)

#### [訳注]

\*1：実際には菅野は運転手ではなく助手席に乗車しており、車から投げ出されてはいない。ただ、シートベルトを着用していなかったこともあり（当時は、助手席ではシートベルト着用が法的に義務づけられていなかった）、頭痛などの後遺症が長期間にわたって続いた。

\*2：1962年に入社したのは、松下産業ではなく三菱原子力工業。当時、三菱原子力工業の研究所は埼玉県大宮市（現在のさいたま市大宮区）に所在し、菅野は与野市（現在のさいたま市中央区）の社員寮に住んでいた。

\*3：実際に助手として着任したのは、東京大学ではなく東京工業大学。東京都目黒区の大岡山キャンパス。

\*4：実際には1974年に博士論文が完成し、1975年に学位を授与された。

\*5：実際には1987年ではなく1985年。

\*6：「富士電機株式会社」のことを指す。1923年に設立され、浄水場や発電プラント事業などを手がける。

\*7：「松下住設機器株式会社」のことを指す。のちに松下電器産業株式会社に合併された。

\*8：スペインでの車の運転を想定しており、現地では右側通行であるため、ここでの「左折」は日本での右折のように対向車線を横切ることになる。

\*9：実際には主なスポンサーは科学技術庁。ただし、ヘリコプター関連の研究の一部には運輸省の支援によるものもあった。

\*10：実際の全長は3.57m (YAMAHA R50)。

\*11：実際には1999年ではなく1997年1月。マドリード工科大学にて、本文著者のエンリック・トリラス博士の立ち合いのもと、授与式が行われた。