

第1章

心の科学：来し方



パルテノン

人の心は幅広く、奥深い。次の文章で始まるのは、夏目漱石の草枕である：
山路を登りながらこう考えた。智に働けば角が立つ。情に棹させば流される。
意地を通せば窮屈だ。とにかくに人の世は住みにくい。-----

心の働きの特徴をそれぞれ知（性）、情（緒）および意（志）の観点から見事に表現している。これを参考にして、心の科学に関する歴史の流れと種々の分野の生い立ちを紐解こう。

1.1 歴史と分野

1.1.1 知

知は客観的で、普遍性のある心の働きである。哲学では、心はどのようなもので物理世界とどのように関わるかという心の本性や、心にはどのような能力がありどのようにして人はものごとを知るかを議論する。西洋哲学は、ギリシャ時代に幕を開けた。知に対する議論、とりわけものごとを筋道立てて考える論理学において、哲学者・論理学者のアリストテレスは紀元前4世紀に三段論法と呼ばれる演繹法を提唱した。演繹法は、例えば日ごろ母親から“お利口にしていれば、ごほうびをあげますよ”と言い聞かされている子供が、それを盾にとって“今日はお利口だったから、ごほうびちょうだい”と、おねだりするときに用いる論法である。演繹法は長い間論理学の主流であったが、17世紀初めに英国の哲学者・神学者、ベーコンが、対立的な帰納法の論理学を提唱した。帰納法は、最初白紙の状態であった子供がお利口にして母親からごほうびをもらうことを何度か経験して、ついにはお利口にしていれば、おほうびをもらえるという規則を見抜くときの論法である。このように演繹法は規則に基づいて個々の事例を説明するときに、一方帰納法は個々の事例から規則を発見するときに有効な論法と考え

られていた。ところが20世紀になって米国の論理学者・科学哲学者、パースがアブダクションを提唱した[2]。詳細は後に2.3節の推考で述べるとして、アブダクションはそれまでの演繹法と帰納法とを組み合わせ、さらに発展させたもので、新しい真理探求の道具立てとなっている。

19世紀中ごろまでの心の研究は思考や洞察に基づくもので、事実を拠り所にした証明、すなわち実証的手法を伴わないという点で科学と呼ぶには問題があった。19世紀後半になってドイツのヴントが、心理現象を厳密な測定に基づいて解明することに取り組んだ[3]。ヴントの研究の特徴は、

- (1) 意識できる経験を主に扱う、
- (2) 意識的経験をいくつかの要素的機能でとらえる、
- (3) 内観法で実験する、

と言われている。心の働きは、何を考え、感じているか自覚できるものとできないものがあり、(1)は前者を対象にする。(2)に関して、例えば文の意味は個々の単語の意味とそれらの結びつきで把握できる、という考え方がある。このように全体がいくつかの要素で構成されているばあい、全体の働きを個々の要素の働きとそれらの結びつきとしてとらえる考え方は還元論と呼ばれる。(2)は、心の働きを還元論でとらえるものである。また意識した内容は、他人が直接観察できない。(3)の内観法は、思っていることを自分自身が認識し第三者に伝える手法である。ヴントにより、ようやく科学としての心理学が誕生した。しかし学問の常として、一つの理論が提唱されると、その不備な点を解消し、より一般性のある理論が展開される。

ヴントの(3)に関し、米国の心理学者ワトソンは科学的な手法でないと痛烈な批判を加えた。内観法では本人の推察や主観の入り込む可能性があり、客観的な実証とは認めがたいというのである。人は外部から刺激を受けると、それに反応して表情の変化とかある行動を取る。刺激と反応は客観的に観測できるので、ワトソンは刺激に対しどのように行動するか注目する行動主義を提唱した[4]。行動主義では、心の内部が生理的あるいは心理的にどのような仕組みでどのように働くかは問わず、全体がまとまって機能するという、全体論の立場に立つ。全体論ではシステムの内部構成はブラックボックスである。ヴントに対する批判から始まった行動主義は、20世紀前半に米国の心理学に大きな影響を与えたが、後に、心理現象ではなく行動現象を扱わなければ科学ではないというドグマに陥った、と批判された。

心の科学でもう一つ大切なアプローチは、生理学からの解明である。本書では、心は脳すなわち生理機構の上に宿る、という前提に立っている。

心と身体の関係の議論は、心身問題と呼ばれている。この問題の起源はギリシャやインドの古い歴史にまで遡るようであるが、哲学において今日的な議論のなされるようになったのは、17世紀のデカルト的二元論が端緒とされている。二元論では、身体と心が互いに独立していると考えた。それに対し、20世紀になって盛んになった一元論、とりわけ唯物論は身体の上に心が宿ると見なす。“身体は滅びても魂は永遠のもの”というような宗教的な思想は二元論に立つ。しかしながら、ワトソンも批判するように、身体から離して心だけを実証的にとらえるのは容易でなく、二元論はややもすれば神秘的な議論になりがちである。したがって心を実証的にとらえようとする科学的な立場において、二元論には無理がある。

生命現象を扱う生理学において、特に大脳生理学は大脳の機能を扱う。大脳は、大脳皮質と呼ばれる皮膜で覆われており、感覚野、運動野、それに連合野の三つの領域に分かれている。感覚野と運動野は文字通り感覚と運動を処理するが、連合野は記憶や言語などいくつもの機能を含む。19世紀中頃になって脳を損傷したり精神神経を患ったりしている患者を対象として、主に医療的見地から脳の各部分の担っている機能を調べる神経心理学が萌芽した。例えば生理学者・解剖学者のブローカは、言語に問題のある失語症を調査して、脳の左半球の前頭葉のある部分に傷を受けた人が失語症になっていることを発見し、その付近に言語の中核的機能のあることを解明した。またブロードマンは大脳皮質を50余りに区分する脳地図を作成した。

類似の名称で紛らわしいが、神経の科学としてもう一つ神経生理学と呼ばれるアプローチもある。脳は神経細胞／ニューロンと呼ばれる細胞の集まりであるが、その数は100億以上と言われている。神経細胞は互いに結合し、1ミリ秒程度の電気信号／インパルスを発火して情報を伝える。心理活動の種類に応じて異なるインパルスの列が生じるので、これを調べると、脳の働きの解明につながる。

1.1.2 情と意

情は主観的で、個々で異なる心理・生理機能である。情に関する研究は、知と比べてかなり立ち遅れて出発した。一つには、情が知に対する雑音のように見られてきた事情がある。確かに、感情的になって理性を失うことはしばしば経験す

る。もう一つには、機能面で比較したばあい知の方が多岐にわたっているため、情の方は研究の幅が狭まる。しかし情には、後に 3.1 節で述べるように重要な機能があり、近年になって研究が活性化してきた。1850 年代に生物学者のダーウィンは、生物の進化に関して、生存と繁殖に有利な性質をもったものが生存競争に打ち勝って生き延び、より多くの子孫を残すという自然淘汰説を唱えた[5]。そして情緒は、環境に適応するために進化の過程を通して形成されたものであり、動物にも人間にも共通していると考えた。

人は有害な刺激にさらされるとストレスすなわち精神的な緊張状態に陥る。これが継続すると、イライラ、不安などが生じ身体的にも胃や十二指腸に潰瘍^{かいよう}ができる。1960 年代に生理学者のラザルスは、このような不安やイライラなどが起るまえに、刺激を評価する過程があると考えた[6]。この評価は無意識のうちに、今何が起っているか、自分にどういう意味合いをもつか、さらには自分の気に留めている問題にどう関わるのかをチェックする。状況をあまり深刻に受け止めない患者はまともに受け止めてしまう患者より軽いストレスですむ、という。またホームズらは有害な刺激およそ 5,000 について調べ、例えば配偶者の死は最高値の 100、というようにストレスの度合いを数値化した。情報の価値評価は情報処理の立場から重要である。

次に意は、目標を遂げるように自己を駆り立てる推進力のことである。意志は同義語であり、他にも動機づけや衝動、欲求、願望などの類義語がある。意の機能は情緒と深く関わっており、研究の幅がさらに狭くなる。1940 年代にマズローは欲求に関し五つのレベルからなる階層を提唱した[7]。マズローの階層と呼ばれているが、これについては 3.1 節の情緒で述べる。1980 年代にわが国の認知科学者・戸田は、動機、情緒の生起、それに伴う行動という一連の振る舞いに関し、アージ理論を提唱した。例えば、“恐れ”という情緒は、身に危険が迫ったとき逃亡という行動を引き起こすための動機づけであると見なす。すなわち、情緒は与えられた状況において適切な動機が働くような、先天的な動機づけプログラムと考えるのである。そしてアージと呼ばれるそのようなプログラムとして、緊急の事態に対処する緊急事態アージ、生物としての個体や種の保存に関わる維持アージ、状況に応じて次に何を考えるべきかを考える認知アージ、そして社会との相互作用に関する社会性アージの四つを示した。

1.2 AI と認知科学

1946 年に出現したコンピュータは，人間社会に情報革命を引き起こした．当然，心の科学も大きな影響を受けた．特に影響の大きい AI と認知科学に注目しよう．

1.2.1 AI

AI は心の機能や構造を解明し，その成果を人に役立つ装置やシステムに応用しようとする分野である．もちろん装置やシステムの核心にコンピュータを置いている．英国の数学者チューリングは，コンピュータの出現より前の 1936 年に計算論を展開した[8]．その基本にあるのは，仮想的なチューリング機械である．この機械は，コンピュータの原型と言えるが，その構造は極めて単純である．入出力として左右に無限に伸びたテープと，内部に状態と呼ばれる有限個のメモリーをもち，1 列に書き連ねた命令に従って動作する．命令には，例えば次のようなものがある：

- ・ テープの記号が 0 で機械の内部状態が 5 なら，テープに 1 を書きなさい．
- ・ テープの記号が 1 なら，テープを右に 1 コマ動かし，内部状態を 7 に変えなさい．

命令の列はアルゴリズムと呼ばれる．アルゴリズムはチューリング機械が仕事をこなすための処理手順を示しており，コンピュータのプログラムの原型である．チューリングは，アルゴリズムに基づいて計算可能性について議論した．例えば，ある種の処理はアルゴリズムの長さが有限であるにもかかわらず，永久に動き続けて停止しないものもある．チューリングの計算論は，単に情報処理の発展に理論的な支えとなるだけでなく，心の科学における実証的手法にも画期的な変化をもたらすことになる．

計算論を展開したチューリング，ゲームの理論(後にコンピュータの原型)を提案したフォンノイマン，NN の数理モデルを提案したマッカーローとピッツなどの研究を経て，1956 年に米国のダートマス大学で人の知能をどのようにコンピュータで模倣するかというダートマス会議が開かれた．マッカーシー，ミンスキー，サイモン，ニューエル，さらにはシャノンなど著名な研究者が参加し，ここに AI という分野が誕生した．

社会的応用という面で，当初開発された AI は玩具のシステムとやゆされ，実

用化からは程遠い状況であった。しかし AI は、主に電子、通信、情報、そして最近ではネットワークなどの分野で着実に発展してきた。わが国では例えば、文書処理を手助けするワードプロセッサ、科学技術文献等を翻訳する自動翻訳機、郵便番号を読み取り郵便物を区分する郵便物区分機、あるいは子供やお年寄り向きのペットロボットなどが逐次実用化され、社会に根付いた。これらは、自然言語処理、パターン認識、知能ロボットなどの研究成果によるものである。1997 年には、画期的なシステムが開発された。チェスをするシステム、ディープブルーである。ディープブルーは人間の世界チャンピオン、カスパロフを打ち負かした。知能の一部の機能とは言え、人間より AI の方が優れている、というのはやはり画期的と言えよう。

チューリング機械に基づく計算論が比較的高次の認知に関する記号処理を扱うのに対し、NN は生理レベルでの信号処理を扱う。NN はコネクショニストとも呼ばれ、従前は高次の知的処理があまり得意でなかった。近年、プログラム技術や機械学習の発達と相まって、深層学習と呼ばれる手法が脚光を浴びている。2015 年に α 碁と呼ばれる囲碁システムが人間の世界チャンピオン、イ・セドルに圧勝した。単純に盤面のみでチェスと囲碁を比べると、追求すべき可能性はチェスの 10^{120} 通りに対し囲碁は 10^{360} 通りあると言われている。天文学的数字であるが、機械の学習がどれほど進化したかを示す、一つのデータである。

初期の AI において計算論と NN は、あたかも対立する研究手法のようにとらえる向きがあった。確かに計算論は記号処理中心であり、NN は信号処理中心である。今でもそのような考え方の違いは根強い。しかし高次の記号処理といえども、それが人の知能を対象としている限り脳の信号処理として具現されている。また一方で NN のみ、さらに言うなら深層学習のみでは取り扱うことの困難な論理的推考や言語処理の世界がある(8.3 節今後の課題参照)。したがって計算論と NN は研究手法の違いこそあれ、互いに協力して知能の解明に当たるのが適切であろう。

AI 辞典[9]によると、現在の AI には次のような諸部門が見受けられる：

- ・ 知識をどのような形式で表現しどのような手順で処理するのか、という知識の表現やモデル化あるいは推論方式などの基礎理論
- ・ 人の学習、言語、視聴覚、行動の機能を参考にする、それぞれ機械学習、自然言語処理、画像・音声処理、知能ロボットの部門、それに生物の進化の過程を参考にする進化・創発の部門など

- ・ 人とコンピュータとの接触に関するヒューマンインタフェース，自ら判断し行動する自律エージェント，インターネット上の Web に関する Web インテリジェンス，多少精密さや確実さを欠いても動作するソフトコンピューティングなどの部門
- ・ そして応用については，専門的な知識やノウハウなどの知識管理，ヒトゲノム配列の遺伝子解析，教育を支援するシステム，チェスなどのゲーム，といった部門

1.2.2 認知科学

先に述べた行動主義の心理学は，AI 関係の初期の研究者や言語学者チョムスキーから批判を浴びた．刺激と反応の関係だけに注目して心の内部構造をブラックボックスにしたのでは，推論，記憶，言語などの諸機能を適切に説明できない．（特にこの点は，NN さらには今脚光を浴びている深層学習にも関わる重要な論点なので，8.3 節の今後の課題でもう一度議論する．）全体論に沿った行動主義への反省は，心の働きや仕組みを明示的に議論する認知心理学に発展した．ミラーは，人の判断，注意および記憶の限界について議論した[10]．彼がまず注目したのは一次元の刺激を判断できる範囲である．音の高さをいろいろ変える実験で，被験者は4種類までなら間違えずに聞き分けられるが，5あるいは6種類になると頻繁に間違える．次に注目したのは二次元刺激の注意の範囲である．画面に表示された点集合のパターンを見分ける実験で，点の数が5か6までなら間違えないが，7を越すと間違える．最後に注目したのは直接記憶（3.2 節の短期記憶参照）の範囲である．これについては連続した項目（チャンクと呼んだ）の場合，長さにして7であることが既に知られている．彼は項目の中身を数字，アルファベット，単語などに代える実験データを観察して，7項目という限界は変わらないが，項目自体の情報量を増すことによって一時的に記憶できる全体量を増やせることを示した．このように，ミラーは判断，注意ならびに記憶という認知能力の範囲が 7 ± 2 という共通する数字であることを発見し，魔法の数字と名付けた．1958 年のこの研究が認知心理学の幕開けとされている．

認知科学は，認知心理学を母体としてそれに AI，NN，哲学，言語学，人類学などが加わった，心の総合科学である．AI の創始者達やチョムスキーは，同時に認知科学の創始者とも言えよう．認知科学では，心の働きや仕組みを実証する手法としてチューリングの計算論が重視される．推論や学習，情緒などの心理過

程をデータとアルゴリズムによって表現すれば、行動主義ではブラックボックスであった心がホワイトボックスとなる。ジョンソン-レアードは、1988年に認知科学の立場を次のように明快に述べている[11]：

プログラム可能なデジタル・コンピュータの開発、さらに重要なことには、そのさきがけとなった計算可能性についての議論が登場したおかげで人々が心について新しい方法で考えざるをえなくなった。計算という概念が生まれる以前は、脳と心は峻別されていた。一方は、身体器官であり、他方は、幽霊のように実体のないものであり、心は研究に値するトピックとは言えないものであった。コンピュータの出現後は、そのような懐疑主義は影をひそめた。機械は、シンボリックな指示である“プログラム”によって制御される。そこには神秘的なものは何もない。心と脳との関係は、プログラムとコンピュータとの関係とまったく同じである。かくして心の科学が可能となる。

そして彼自身は、次の項目を認知科学の課題と考え、取り組んだ：

- ・ 外界を知覚する。
- ・ 学習する，思い出す，行為を制御する。
- ・ 考えて新しいアイデアを創造する。
- ・ 他人とのコミュニケーションを制御する。
- ・ 感情，意図，自覚について経験する。