

はしがき



こちょうらん
胡蝶蘭

読者は、いままで人の心に関して、次のような疑問を持ったことがおありだろうか？

- ・ “わかった”とは、心のどのような状態？
- ・ “考える”とは、心のどのような働き？
- ・ 目から鼻に抜ける人の頭は、凡人とどう違う？
- ・ 感情は、知的な思考に取って雑音に過ぎない？
- ・ 言葉ではない考えや気持ちが、どのようにして言葉になる？
- ・ 深層学習とは、なにをどう学ぶ？
- ・ 心は、どのようにして脳という物質に宿る？
- ・ 人工知能(Artificial Intelligence)は、心を持つ？
- ・ AIが進化すると、人と同様に生命を持つ？

本書は、これらの疑問に対する答えも含め、読者を心の科学という素晴らしい世界へ誘^{いざな}うことを意図している。フランスの哲学者パスカルは、人を考える葦に例えた。考える力を持つ人は、科学技術に関し、火を操^{あやつ}ることを学び、電気を学び、原子力を取り出し、コンピュータを発明し、宇宙に飛び出し、今や遺伝子を操っている。これらを含む多くの発明、発見は、すべて考えることの所産である。一方文化芸術は、パスカルにならえば感じる葦に例えることができる。絵画や音楽、さらに詩歌、小説、演劇などは、もちろん考える力が基盤にあるが、感じる力に卓越した発想や表現技能の加わる創作である。心の科学は、換言すると、“考えるあるいは感じることを考える”科学で、物質的にも精神的にも人間社会の礎^{いしずえ}なのである。アインシュタインの思考、ピカソの感覚あるいは鉄腕アトムの知能を含め、人の心の基本となる機能や構造を探るのは、ロマンのある魅力的な取り組みと言えるのではなかろうか。

本書では、心の個別的な振る舞いや部分的な仕組みではなく、心の総合的な機能

や構造すなわち全体像に焦点を当てる。この立場で心の科学の歴史的背景をとらえるときは、四つの流れに注目する必要がある：

第1は、知覚、認識、思考、情動、学習、記憶、言語、行動など心の諸機能を追究する心理学あるいは哲学の流れである。近年心理学は、実証面において次に述べる計算論の影響を受け、新たに認知科学へと発展した。第2は、機械による記憶やものごとの処理手順すなわちアルゴリズムを扱う計算論の流れである。人の知能を参照してコンピュータシステムを構築しようとするAIの、いわば本流と言えよう。いままで図形の認識、言語の翻訳、知識データの記号表現、定理の証明、知能ロボットなどを記号処理、換言するとプログラミングするための基礎理論を構築してきた。しかし実際に理論を応用しようとすると言語や図形のもつ意味理解という点で高い壁があり、その打開が課題となっている。第3は、生物学や生理学の流れで、特に神経生理学は多数の神経細胞の結びついた神経回路／ニューラルネット (Neural Net) で脳の働きをとらえる。NNは計算論に対しAIのもう一つの流れを構成する。近時、多数の事例データから類推して統計処理する深層学習の手法が脚光を浴び、多様な応用が期待されている。第4は、学問分野というより、人のもつ膨大な知識データを整理する作業で、辞書の編纂^{さん}や大規模な知識ベース構築の取り組みである。

以上の流れは、相互に結びつき、互いに影響を与えている。例えば認知科学とAIは知能の解明という点で強く結びついている。しかし認知科学においては、計算論の手法といえどもAIで重要なデータやアルゴリズムの側面があまり明確でない。また計算論の流れをくむAIにおいては、言語の処理や知識の表現など記号処理の面では明快であるが、それらが脳という神経生理にどのように宿るのかを解明する取り組みが少ない。逆に神経生理では、ミクロ的な細胞の集まりの振る舞い／信号処理は得意とするが、それらが言語や思考に抽象化される過程、特に高次の記号処理があまり明らかでない。知識データの蓄積は、コンピュータやインターネットの普及とともに急激に拡大している。しかし言語や図形のもたらす意味の体系、とりわけ常識ベースの開発は、現在の所センサーや部分的な概念ネットワーク程度にとどまり、常識全体を解き明かすには至っていない。

本書は、計算論とNN論に基づいて心の全体像の解明を目的とする。章の構成は次の通りである：

1. 心の科学：来し方
2. 心理機能：認識，推考および表出，
3. 心理機能：情緒，記憶および言語，
4. 生理機能：神経生理，知覚および動作
5. 心のデータ：常識の概念体系
6. 脳に宿る心：階層と主体性
7. 脳に宿る心：構成およびシミュレーション
8. 心の科学：将来に向けて

本書は，構成において旧版「脳に宿る心—認知科学・人工知能から神秘の世界に宿る」[1]に準じているが，各章とも練り直し，特に6. と8. は新しい議論である，全体としてNN論の比重が増している。

1. は，先に述べた四つの流れとは異なる，夏目漱石が草枕で示した知・情・意の観点からギリシャ時代以降の心の科学の歴史を紐解く。

2. と3. では，心の全体像を計算論に沿って認識，推考（推察と考案），表出，情緒，記憶，および言語の六つの基本機能でとらえ，各機能の要点をわかり易く述べる。2. の認識では，従来の認知科学やAIにおける認識論がともすれば物理的特徴の抽出過程に重点を置いたのに対し，常識に基づく高次の内容理解に注目する。またアナログ／デジタルあるいは画像／記号など，データの種類にはとらわれないフレーム表現と呼ばれるデータ形式を示し，終始一貫これを用いて心のデータを記述する。推考では，従来曖昧^{あいまい}に扱われてきた思考と呼ばれる機能を推察と考案に絞り込み，明確化している。3. の情緒は，客観的な知識を扱う推考に対し主観的な価値評価の役割を果たす。ただし，データと処理手順という点では情緒も推考と同様の形式で扱える。記憶では，学習の原則や種々の記憶形式を示す。言語では，非言語的な事象や属性を背景にもつ，文の格構造について述べる。その上で一連の文章が個々の文の格構造とそれらの結びつきとして理解される過程とともに，逆に一連の状況やできごとから文脈をもった文章の生成される過程も示す。

4. では，NN論に沿って生理機構について述べる。NNは，多くの神経細胞が網目状に結びつき，互いに電気信号をやりとりする。特に神経細胞の可塑性^{かそ}と呼ばれる特性(4.1節の神経生理参照)が回路に学習機能をもたらす。神経回路の基礎を示したうえで，深層学習を含む2, 3の拡張理論にもふれる。次に生理機構として知覚と動作について述べる。2. と3. における一元的な記号処理とは異なり，知覚

器や効果器が並列的な信号処理を行う点に注目してその機構を明らかにする。

5. では、心のデータ、特に一般常識について述べる。意味理解に必要な常識の体系を計算論に沿って正面から追求する。具体的には、名前のついた概念すなわち語彙概念を通して、基本概念から次第に抽象度の高い概念ネットワークの形成される過程を示す。常識の概念体系を網羅するカテゴリーならびに統計的数量も明らかにしている。

6. では、抽象的な心が脳という有機物質に宿る過程を心理データの抽象度に沿って述べる。抽象度の階層は五つのレベルからなるが、大きく記号レベルと信号レベルに分かれる。単語や概念など抽象的な記号が生理機構の信号を通じて一方では外部世界の、また他方では身体内部の対象／オブジェクトに結びつく仕組みを明らかにする。これらにより情緒面の性質、さらには人の意志や価値観など主体性の根源も明らかになる。

7. では、心と脳をシステムと見なして、その構成を述べる。小さな NN を処理単位に取り、自律分散方式と呼ばれる手法で心全体をとらえる。機能としては 2. と 3. で述べた六つに 4. で述べた知覚と動作を加え、八つに注目する。また抽象化過程としては 6. で述べた五つのレベルに注目する。これらの機能とレベルで心のシステムを構成し、シミュレーションで妥当性を確認する。

8. では、心の科学の将来について、まず関連研究と比較の上本書の理論を位置づける。次に半世紀以上にわたる計算論の成果と現在注目されている深層学習の手法について、それぞれの応用を考察する。さらに AI における今後の課題として常識ベースの構築が遅滞していることや NN/深層学習の原理的あるいは技術的に抱えている問題点を指摘したうえで、それぞれの解決に向けての指針を示す。最後に、本書の副題である、AI が心を持つかについて議論したうえで、人間社会と AI との近未来に向けた協調関係について展望する。

以上の目的と章構成に沿って、心の全体像を簡潔にまとめ、この分野の将来を担う理工系、生命系、さらには人文系の学生、若手研究者／技術者、その他の皆さんの参考に供することが本書の使命と考える。

ここで一つ、読者のみなさんに強調しておきたいことがある。理工系の図書では、しばしば複雑な数式や難解な論理の展開が見受けられる。学問としての性質上、やむを得ないという側面もある。しかし本書では、複雑な数式や記号を余り用いずに、できる限りやさしい文章や直感に訴える図表で説明することを心がけている。その

際、抽象的な理論でなく、具体例を通じて一般則を推察、理解できる形式にしている。また、上述の“アルゴリズム”や“可塑性”にも見られるように、AI、計算論、NNなどの専門用語は避けて通れないが、これについても実例に沿って事柄を分かり易く述べている。このような努力により人文系の研究者や、さらには一般市民の方々にも理解を得られるものと期待しており、あまり臆することなく本書に接していただきたい。

なお、やや難しく感じられるかもしれない箇所は小さな文字で記述している。それらの箇所は読み飛ばしても後の理解にあまり支障をきたさない。一通り読み終えてから理解を深めるために振り返るなど、臨機応変に対応願いたい。

2017年4月

岡田 直之

