

人工知能 (AI) の基礎



- ▶ 人工知能・AI とは、知的な機械、特に、知的なコンピュータプログラムを作る科学と技術である。
- ▶ 医療用 AI で進化がめざましいのは、超人的に高性能な情報処理装置としての AI である。
- ▶ 第 3 次 AI ブームは画像認識分野を中心に始まり、超高速高精度の画像診断が可能になっている。
- ▶ 今後の課題には、画像だけでは診断が困難な疾病に対する対応や、患者の主観的な訴えに対応した診断推論技術がある。

1. 人工知能 (AI) とは



「人工知能・AI (Artificial Intelligence)」という言葉が初めて登場したのは、1956 年の夏にアメリカ東部のダートマスで開催された AI 研究者にとっては伝説的なワークショップである。ここで、人間の知能のような振る舞いをするコンピュータを「人工知能・AI」と呼ぶことにし、「人工知能・AI」という言葉がここで初めて提案された。しかし、人工知能・AI とは何か、人工知能・AI 研究の目標は何であるかについての考え方は、この分野の研究者の間でも異なる。そもそも、「人工知能」という言葉と、「AI」という言葉の使い方を区別しようとする人もいるほどである。本章では、厳密に区別せず、AI という言葉を主に使うことにする。AI とは何か、については、人工知能学会では、「知的な機械、特に、知的なコンピュータプログラムを作る科学と技術」としている。AI の研究者の中には、人間のような知能を人工的に実現すること自体を目標とする人もいるが、人間の知能を構成論的に解明するために研究

している人が多いのではないかとと思われる。知能を人工的に作ることによって、人間の知能を理解したい、ということである。しかし、人間の知能の原理が解明されていないにもかかわらず、知能を人工的に作ってみる、というのはなかなか難しい課題である。さらに、AI 研究には、人間のような知能の実現や人間の知能の解明といった科学的視点ではなく、人間には不可能なほど超人的に高性能な情報処理装置の開発を目標としているものもある。超人的に高性能な情報処理装置を作ることで、人類社会が抱えるさまざまな課題を解決しようとする工学的視点である。本章で注目する医療からみた AI においては、後者の工学的視点での AI が重要であろう。超人的に高性能な情報処理装置を作るという目標は、人間のような知能の実現を目指す場合より高度なことに思われるかもしれない。しかし、人間と同様に意識さえもち、本当に知能のある AI は「強い AI」と呼ばれるのに対し、知能があるようにも見える機械、つまり、人間の知的な活動の一部と同じようなことをする AI は「弱い AI」と呼ばれる。実は、AI 研究のほとんどは「弱い AI」を対象としている。医療分野に貢献が期待されるのも「弱い AI」であろう。「弱い AI」といっても、本書で紹介される医療分野での高度に専門的な領域で、人間より優れた能力を発揮し、人を強力に支援することができれば、医療に、そして人類に大きく貢献することができる。本章では、現在の医療分野における高度に発展してきた AI 技術についての基礎と今後の展望について述べる。

2. 医療における人工知能（AI）の歴史



第3次 AI ブームの花形であるディープラーニングも属するニューラルネットワーク^{*1}の基礎は、人工知能という言葉が生まれる以前に築かれた。1943

^{*1}▶ ニューラルネットワーク：人間の脳内にある神経細胞（ニューロン）とそのつながり、つまり神経回路網を人工ニューロンという数式的なモデルで表現したものである。ニューラルネットワークは、入力層、中間層、出力層から構成され、層と層の間には、ニューロン同士のつながりの強さを示す重みがある。人間の脳の中にあるニューロンは電気信号として情報伝達を行うが、その際にシナプスの結合強度（つながりの強さ）によって、情報の伝わりやすさが変わる。この結合強度を、人工ニューロンでは重みで表現する。

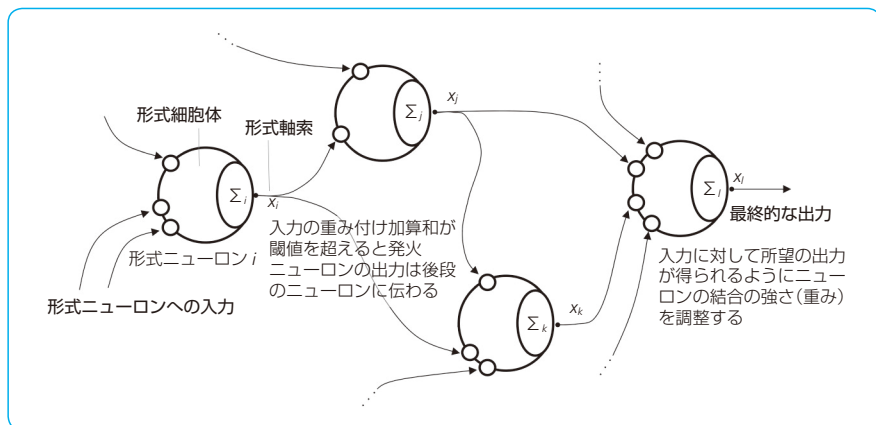


図 1 形式ニューロンモデルによる初期のニューラルネットワーク

年には、Warren S. McCulloch と Walter J. Pitts によって人工ニューロン^{*2}が発表¹⁾された 図 1。この用途として期待されたのは、まさに医療分野であった。人間の脳のニューロン（神経細胞）のネットワークを模して構築したニューラルネットワークの一部を破壊することで、脳損傷のシミュレーションが行われた。ニューラルネットワークは、初期から心身の障害のシミュレーションツールとして使われてきたが、1960 年代に迷路やチェスなどの探索的に問題を解くタイプの AI が盛んになった第 1 次 AI ブームの中で、病気の治療方法を見つけるような積極的な貢献が AI に求められるようになった。しかし、知識を活用することが必要な社会の現実問題は解けず、当時のアメリカ政府が AI 研究支援を打ち切ったことなどがきっかけとなり、第 1 次 AI ブームは終わった。

1980 年代に入ると、コンピュータの記憶容量が大きくなったことで、人では不可能なほど膨大な知識を蓄えることができるようになり、コンピュータに知識を入れて賢くしようとする第 2 次 AI ブームを迎えた。「エキスパートシステム」という、特定分野の専門的な知識を取り込むことで、その分野のエキ

*2▶ 人工ニューロン：人間の脳の神経回路網を模したニューラルネットワークを構成する基本単位である。樹状突起に相当する複数の入力系統をもち、入力信号に重みを乗じた値の総和がある一定の閾値（いきち）を超えると、他のニューロンに信号を出力する。

スパート（専門家）のように振る舞う AI が開発された。1970 年代初めにスタンフォード大学で開発されていたマイシン（MYCIN）が有名である。伝染性の血液疾患の患者を診断し、抗生物質を処方することができるシステムである。マイシンの精度は、69%の確率で正しい処方ができるという程度であり、感染症専門医の 80%には劣っていたため、診断支援システムの域は出なかった。知識を入れれば確実に賢くなっていくということで期待が高まったが、ひたすら手作業で知識を入れ続けることは困難であり、第 2 次 AI ブームは終わった。その後 1990 年代半ばに検索エンジンが誕生し、インターネットが爆発的に普及した。2000 年代に入ると、Web の広がりとともに大量のデータの取得が可能になり、知識をコンピュータに入れることが容易になった。さらに、コンピュータが自律的に学習できるようになったことにより、今の第 3 次 AI ブームへと突入した。

すでに有名ではあるが、第 3 次 AI ブームは画像認識分野を中心に始まった。Web 上の大量の画像が入手しやすくなったこと、収集した画像サンプルを世界中で共有して画像認識技術の精度向上を競い合う環境が整いやすかったことなどによる。世界的な画像認識のコンペティション ILSVRC（Imagenet Large Scale Visual Recognition Challenge）では、1,400 万枚以上ある ImageNet という画像データベースから 1,000 万枚の画像を機械学習で学習し、15 万枚の画像を使って正解率を競い合う。元となる画像は既存のテキストベース画像検索エンジンを用いて収集し、クラウドソーシングによってアノテーション（p.43）を行うことにより、大規模で質の高い教師付きデータセットを構築したものである。2010 年から、ImageNet のデータの一部（1,000 クラス）を用いたコンペティション ILSVRC が毎年開催され、2000 年代の研究の数百倍から数千倍もの規模のデータを自由に利用し、共通の土俵で競い合うことが可能になったことは、この分野の進歩に大きく貢献した。2012 年 9 月開催のコンペティションで、Krizhevsky²⁾らの多層ニューラルネットワーク、いわゆる畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional Neural Network: CNN）**図 2** が圧倒的に高い精度で優勝したことで、この手法は画像認識の標準手法となった。

超高速高精度で自律的に情報処理を行えるようになった AI は、医師の診断

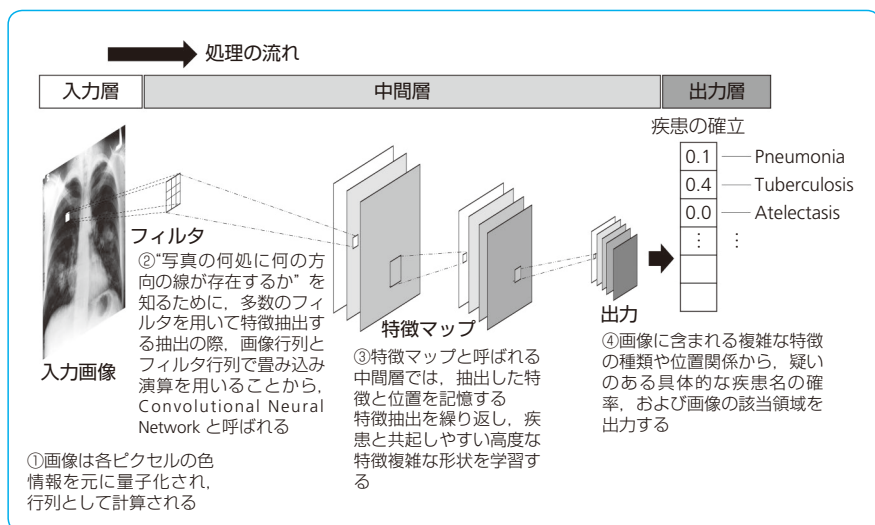


図2 畳み込みニューラルネットワーク（CNN）による画像識別の原理

の高速化と精度向上を支援する道具として期待されている。音声認識や自然言語処理などでもAIは使われているが、最もめざましい成果を上げているのは画像認識の分野である。検査装置が高性能化し、高解像度の写真が日々大量に取得されるようになり、人間の放射線科医が処理するのが困難なほどの量の画像が医療現場にはある。階層型ニューラルネットワークの学習は、教師あり学習と教師なし学習に大きく分けることができる。教師あり学習は、入力 x とそれに対する正解出力 t のペアの集合 $\{(x_j, t_j)\} (j=1, \dots, M)$ を学習用データとして、ニューラルネットワークに x_j を入力したときの出力が t_j に近づくように結合の重み W を修正する。一方、教師なし学習では、入力信号の集合 $\{x_j\}$ だけから学習を行う。画像処理で標準となっているCNNは教師あり学習が基本であり、画像診断の精度を高めるには大量の学習データが必要であるが、データ量についての心配はないうえに、画像に医師による診断が付与された教師データが豊富にある。

2018年1月のがん研究会有明病院の発表で、6mm以上の胃がんを熟練の内視鏡医と同等の精度で、1画像あたり0.02秒という人間を超越した速度で