

## 総説

## 人工知能と医療

獨協医科大学 放射線医学

石原 克俊

## 要旨

人工知能の発展はコンピュータの発展とともにあり、そのブームは過去に2回あり、現在は第3次ブームの最中である。現在の人工知能の発展はコンピュータの進歩によりビッグデータを扱えるようになったことや機械学習の広がり、ディープラーニングによるものである。発展する人工知能の技術は我々に比較的身近なところにまで浸透してきており、それは医療分野でも同様である。画像認識分野での人工知能の発展が先行しており、医療分野でも同様に画像を扱う分野にて研究開発が進んでいる。中にはすでに上市され、日常臨床でも使われているものがある。医療分野におけるAIの活用や研究に関してはいくつかの問題点がある。AIの精度を上げるために学習用データの量と質が必要なこと、AIの中はブラックボックスでどのような特徴を抽出しているかわからないこと、また研究分野では個人情報保護と多量のデータが必要なこととの関連性などが挙げられる。研究開発はデータへのアクセスの観点から医師主導で行うことが望ましいと考える。今後も発展を続けていく分野であり、注視していく必要があると考える。

**Key Words** : : 人工知能, 医療, 機械学習, ニューラルネットワーク, ディープラーニング

## 1. はじめに

医療分野のみならず一般の生活の中にも人工知能 (artificial intelligence, AI) が入り込んできている。技術の進化とともに急速に身近な存在となってきている。しかし、人工知能に関しては漠然とはわかっているつもりになってはいるものの、実際にどのようなものかはよくわからなかったりするのではないだろうか？ また「シンギュラリティー (singularity, 特異点, 大まかには人工知能が人間を超える点をさす)」などの言葉が独り歩きして恐怖心を抱かせたり、また人工知能に対し得体が知れないが故のある種の恐怖心を抱く者もいると思われる。そのため本稿ではAIとはどのようなものかある程度理解するのを目的に、初めにAIの定義や歴史、教師あり学習の大まかな様子について概説し、そのあとに医療とAIとの関わり合いに関して述べていく。AIの理解には本来は数学の知識などが必要となるが、本稿では数学的な話はほぼ割愛して概説を行っていく。

## 2. AI (artificial intelligence) とは？

人工知能 (artificial intelligence : AI) とは大まかな用

語であり、知的な振る舞いをする機械を作るための技術のことを指す。最近では機械学習やディープラーニング、ニューラルネットワークなどの用語を頻繁に耳にするようになったが、これらの用語を整理すると、AIのなかに機械学習、機械学習のなかにニューラルネットワーク、その中にディープラーニングがあるという入れ子のような関係となる (図1)。

機械学習とはコンピュータが自動で学習し、学習によりデータの背後にある数理構造や規則をデータから抽出するものをいう。ニューラルネットワークは機械学習のうちの1つで、脳の神経細胞を数理モデル化したもの (後述)、またディープラーニングはより複雑な問題に対処するために、ニューラルネットワークをより複雑な構造にし、より深い階層を持つようにしたものを指す。

AIはすでに身近なところで我々の役に立っている。例えば、電子メールでの迷惑メールの振り分け、お掃除ロボット、インターネットでの検索エンジンなどはAIの技術によるところが大きい。まず、次の章ではAIの歴史を簡単に述べていく。

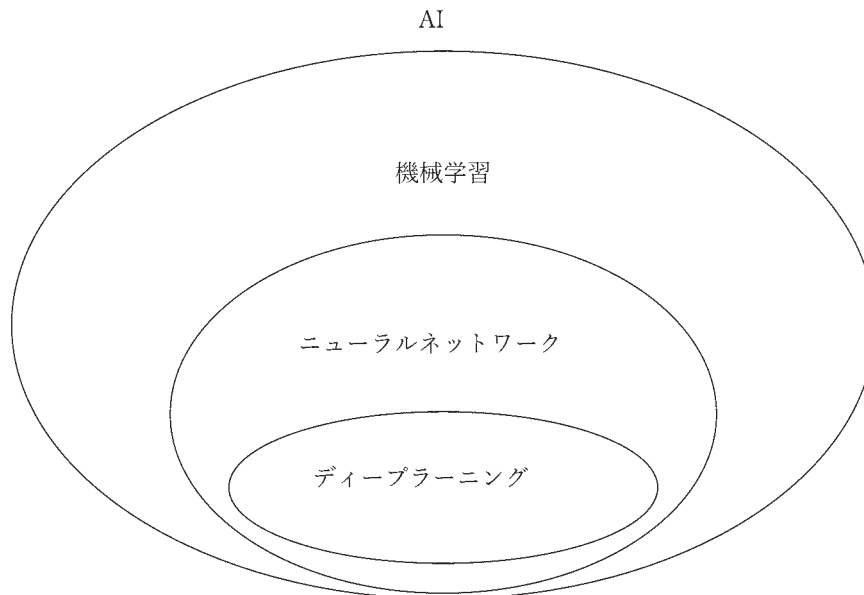


図1 AI, 機械学習, ニューラルネットワーク, ディープラーニングの関係

### 3. AIの歴史

AIの歴史はコンピュータの進化とともに歩んでいる。AIには過去に2回のブームがあった。

第1次のブームは1956年から1960年代。1956年に当時の計算機科学者たちが一同に介したダートマス会議が行われ、計算機の進化に関する言及だけでなく、ニューラルネットワークや知識の抽象化といった非常に広範な領域に対する言及が行われた。第1次のブームはコンピュータで「推論・探索」をすることで特定の問題を解く研究が進んだ。実際には複雑な現実の問題は解けないことがわかりブームは急速に冷め、冬の時代を迎えた。

2回目のブームは1980年代。コンピュータに「知識」を入れると賢くなるというアプローチが全盛を迎え、エキスパートシステムと呼ばれる実用的なシステムが作られた。例えば医学応用分野で有名なエキスパートシステム Mycin というものがあった<sup>1)</sup>。これは伝染性の血液疾患の患者を診断し、抗生物質を処方するようにデザインされたシステムで、500前後の規則を if-then ルール(もし A だったら、B と判断する)の形で構築されていた。Mycin は 69% の確率で正しい処方を行うことができた。ただし、専門家の知識を計算機のルールの落とし込むことの困難さ、つまり病原体のみに限定せずに他の原因も含めると非常に膨大なルールを作ることとなり、またルールに落とし込むこと自体が困難なもの(言語化が困難、表現があいまいなど)もあり、実用的とは言えなかった。もちろん if-then ルールで書かれているため未知の問題には対処はできない。またルールが膨大すぎ

ると当時のコンピュータでの処理が追い付かず、有限時間内に計算が不能となることもあった。以上から言えることとしてここでの AI は多くの知識をルールとしてプログラムされているだけで、コンピュータが意味を理解しているわけではない。多くの解決しなかった難問を抱え、再び AI は冬の時代を迎えた。

そして現在は AI の第3次のブームとなっている。これは1990年後半以降のインターネットの普及、2000年代でのウェブの広がりとともに大量のデータ(ビッグデータ)の発生とそれを生かした機械学習の広がり、その後の技術的なブレイクスルーであるディープラーニングによるものである。もちろん大量のデータを扱い、高速での計算処理が可能となったコンピュータ技術の発展も大きく寄与している。2012年に米国 Google 社がディープラーニングの手法を用いた猫が写っている画像を認識できるようになったことや2015年に Google DeepMind によって開発された囲碁プログラムでは Alpha Go が人間のプロ囲碁棋士をハンデなしで破ったなど、現在もつづく第3次ブームではセンセーショナルなことが起きている。

### 4. AIとはどのようなものか？

そこで、AIとはどのようなものかを見ていくことにする。

AIの中で、機械学習とは先述の如くデータの背後にある数理構造や規則をデータから抽出するものをいう。まずはモデルを先に立てて、モデルの中のパラメータを学習によって調整していく。機械学習の中の手法1つで

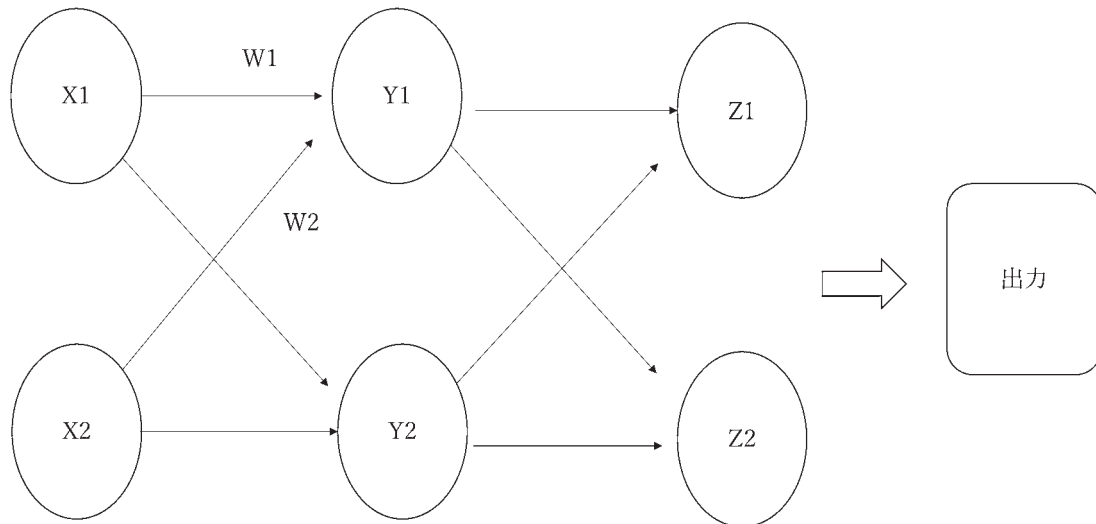


図2 ニューラルネットワークの模式図

2層目にあたるノードのY1はその前の層のノードからのデータ（ここではX1, X2）を重み（W1, W2）を掛け算し、その総和として計算される。つまり  $Y1 = X1 \times W1 + X2 \times W2$ 。この作業を入力側からすべてのノードに対して順次行っていく、出力を得る。そして、その出力と実際の正解との誤差によって、重みを更新していく。

あるニューラルネットワークでは脳内のニューロンを数理モデル化した構造を用いている。ニューラルネットワークでは神経細胞に相当するものとしてノードを複数設定し、これらが順次下層のノードと連結している（図2）。脳内の情報の伝達のしやすさはシナプスの結合強度によるものであるが、このニューラルネットワークでは結合強度を重みづけとして表現している。その重みづけがパラメータとなる。機械学習の種類としては「教師あり学習」、「教師なし学習」、「強化学習」があるが、本稿ではイメージのつかみやすい教師あり学習でのニューラルネットワークを例に概説する。

教師あり学習では入力とそれに対する正解がわかっているものを用いて学習を行う。手書き文字の認識を例にとる。図3にあげた手書きの数字のデータセットはMNISTデータベース（MNIST database, Modified National Institute of Standards and Technology database）といい、実際にAIを作成した際にその性能や動作の確認などを行う際の用いられるデータセットである。例えば手書きでの「3」の絵と正解である「3」のデータを1セットの教師データとして用いる。手書きの「3」を入力すると、出力ではいきなり正解が得られる可能性は低く、最初は大きな誤差（「3」とは程遠い結果）が得られる結果となってしまう。この誤差をニューラルネットワークの中に逆向きに伝播させて（逆誤差伝播法, back propagation）、ニューラルネットワーク内部のパラメータを変更していく（図4）。このような作業を多数の教師データ（違う種類の手書きの「3」をつかっ

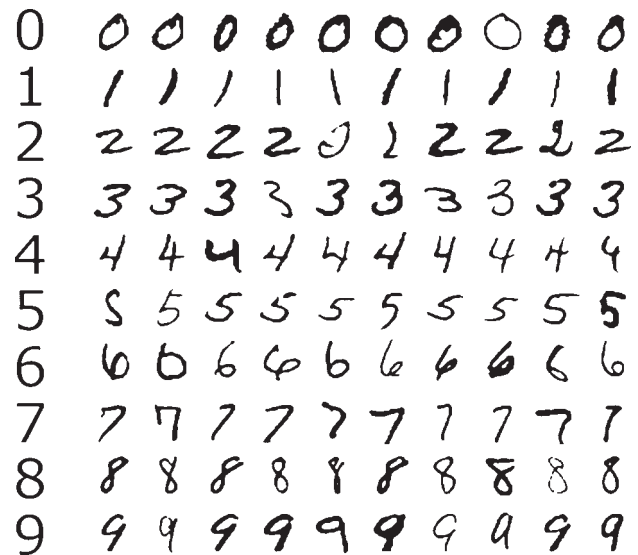


図3 教師あり学習でのデータセットの例（MNIST）

一番左の列が正解ラベルで、右側の手書き文字が入力データ。図2のような学習機械にこのようなデータを入力し、パラメータ更新を行い学習させていく。

たり、他の数字を使ったりしていく）を用い非常に多数の繰り返し計算を行い、内部のパラメータをその都度修正し、出力と正解との差がなくなるように調整していく。

ディープラーニングでも大まかには同じようなことを行い学習を行うが、ディープラーニングではより複雑な問題に対処するために学習機械の内部構造がより複雑（ノード数が増え、また層もより多数になる）になり、

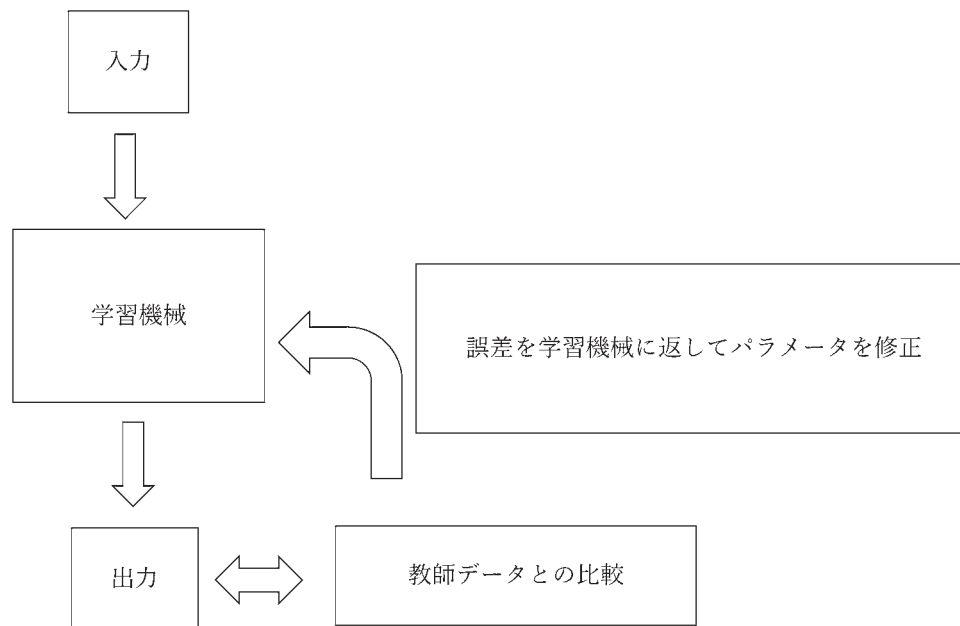


図4 教師あり学習の模式図

そのため学習の際に修正していくパラメータの数も非常に膨大なものとなる。このためパラメータ更新に係る計算も非常に膨大なものとなり、大きな計算資源が必要となる。このため一般にディープラーニングの学習では計算能力の高いコンピュータ、例えばある種のGPUを搭載しているものや、AWS (Amazon web services) や Google などのクラウドサーバー上の計算能力の高いコンピュータを用いて行うことが多い。

## 5. 医療 AI の現状

その昔は紙のカルテを用い、X線の画像はフィルムに焼きシャーカステンにかけて観察していた。それが今ではいずれもコンピュータ化され、フィルムの代わりにCT装置やMRI装置などと接続されたサーバーの中の画像データをモニター上に映し出して観察する。現在ではCT装置では非常に多量の画像データを短時間で取得できる。データ量が膨大であり、それをフィルムに焼いて観察するという以前のようなスタイルは少なくとも現在のCT診断ではありえない。このようにして日々着々とビッグデータが生み出されていることとなる。つまりところ医療分野にもAIに用いることのできる大量のデータが存在し、日々作り出されていることになる。

このため医療分野へのAI技術の研究や開発・応用も進んでいる。先述の如く2012年に米国Google社がディープラーニングの手法を用い猫が写っている画像を認識できるようになったことなど、AIの画像認識分野への応用は自然言語処理や音声認識の分野よりも進んでい

る。理由はおそらく画像に関してはインターネット経由でのデータ収集が他分野に比し容易であるためと思われる。先行する画像認識の研究があるため、医療画像に関してもAIの研究開発は進んでいる感がある。

医療分野においてAIが実装され製品化がなされているものもある。2018年にはX線画像から手首の骨折の位置を検出し遠位骨折の徴候についての診断支援を行うAIソフトウェアがアメリカFDAの認可を得ている (OsteoDetect, Imagen Technologies社)。また同年には乳房トモグラフィの病巣検出・悪性度のスケール化を行うAIがFDAの認可を得ている (ProFound AI, iCAD社)。また糖尿病網膜症の診断支援を行うIDx-DRというAI検査機器も同年にFDAの認可を得ている (IDx社)。身近なところでは、胸部CT画像の診断支援ソフトウェアとして、肺の血管影の除去を行うRiverain Technologies社のClearRead CT-VSは本邦にて医療機器として承認されており、また本学大学病院の読影システムに搭載されている。そのほか、台湾のDeep01社は脳出血を検出するAIアプリケーションであるDeepCTを開発し、本邦にて薬事承認がなされ、上市されている (図5)。同社では脳梗塞の検出への応用も検討されている。そのほかでは内視鏡分野でもAIアプリケーションの応用がみられる。

皮膚腫瘍の領域では2017年1月、インターネットから約13万件の皮膚病変の画像を収集し、“メラノーマ”、“良性腫瘍”などをディープラーニングで学習させたところ、皮膚科医と同等の制度で皮膚癌を診断できたとい

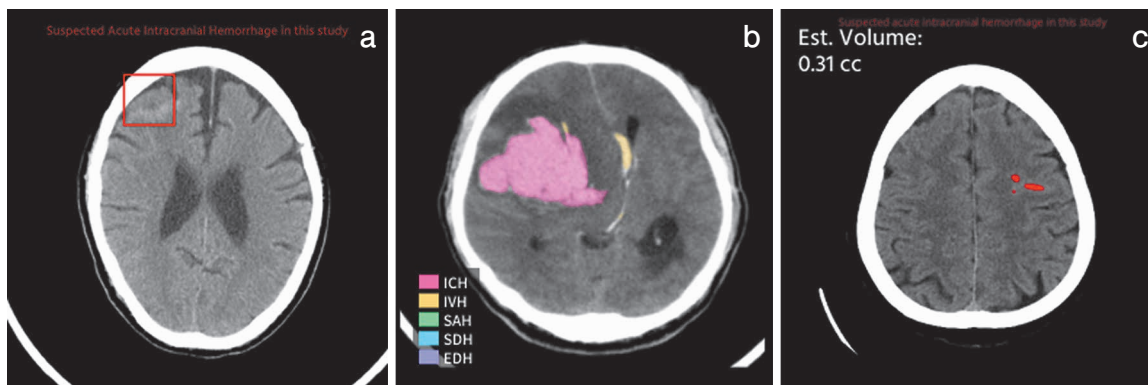


図5 脳出血の検出する AI アプリケーションでの解析例

台湾 Deep01 社の DeepCT. このアプリケーションは脳出血の部位の同定のほか (a), 出血の種類 (b), 量の推定 (c), 正中偏位の有無などを判定する能力を有する.

う<sup>2)</sup>. またその後, AI と皮膚科医がメラノーマの鑑別の対決を行ったところ AI が勝利したとの報告<sup>3)</sup> や, 良悪性の鑑別に関して, 1842 人の患者から取得した 4867 の臨床画像のデータセットを用いて学習させた畳み込みニューラルネットワークは皮膚科専門医との対比にて畳み込みニューラルネットワークのほうが精度が高かった ( $85.3\% \pm 3.7\%$  vs  $92.4\% \pm 2.1\%$  ( $P < 0.001$ )) との報告がある<sup>4)</sup>.

また診断でなく, 医療画像撮影の際の画質改善に AI が用いられる例もある. キヤノンメディカル社の CT 画像の再構成に用いられる AiCE (Advanced intelligent clear IQ engine) がそれにあたる. これは deep learning を用いて教師データに高分解能・低ノイズの画像を用いて学習させ, 空間分解能を維持したままノイズを除去するものである. もちろん同アプリケーションは上市されている CT 装置に搭載されているものであり, すでに AI 技術は身近なものとなっている.

## 6. 医療 AI の問題点と今後

医療分野における AI の活用や研究に関してはいくつかの問題点が挙げられる.

まず大きなところでは, AI の学習には多量のデータが必要であるということが挙げられる. 一般には画像認識の分野では AI の学習に万単位のデータが必要とされている. さらにまれな疾患ではそもそもの教師データが少なく, 十分な学習を行うことが困難であり, このような疾患の AI 診断は困難が予想される. AI の精度はデータの質や量に依存することが多く, 教師データの量も重要であるが質を高めることも肝要とされる.

また人間が事象を学習するときはその事象の特徴を理解し学習していくものであるが, ニューラルネットワークやディープラーニングでは図 2 や図 4 のように学習は

パラメータ更新という形で行われていく. このパラメータ更新に関してニューラルネットワークやディープラーニングがどのような特徴を認識して行っているのかはわからない. このため AI の学習過程の不明瞭さを「ブラックボックス問題」と呼んでいる. このブラックボックス問題に関しては, 現在どのような特徴を認識しているのかを可視化するような研究も行われている.

そのほかの問題点としては AI の診断が間違っていた時, そのリスクを誰が負うか, という問題も挙げられる. AI の診断機器はセカンダリー型 (医師はまず AI なしで診断し, その後に AI の診断支援をもとに再度診断), 同時リーダー型 (最初から AI の診断支援を参照しながら診断を行う), ファーストリーダー型 (AI が最初に診断し, 医師のチェックの必要のないものとあるものを選別) に大別される. このうち特にファーストリーダー型では選別の段階にて医師の目に触れない症例が発生することになり, セカンダリー型や同時リーダー型の診断機器よりもより責任の問題が起きやすい可能性がある. そのため, ファーストリーダー型の AI 診断機器は薬事承認の難易度が上がることが考えられ, 現段階では実現は難と考えられる. また, 最終判断は医師によるものでなければならない点である. 2018 年 12 月, 厚生労働省医政局医事課長からの通達「人工知能 (AI) を用いた診断, 治療等の支援を行うプログラムの利用と医師法第 17 条の規程との関係について」では, 「診断, 治療等を行う主体は医師であり, 医師はその最終的な判断の責任を負うこと」と注意を喚起している. この点からも現時点でのファーストリーダー型の AI 診断機器の実現は難と考える.

医療 AI の研究を行おうとするときには, 個人情報の保護に関する配慮が必要となる. 2017 年に改正された個人情報保護法では, 医療情報の多くが「要配慮個人情

報」とされ、医療機関以外に持ち出す場合には目的を明確化し患者本人の同意（オプトイン）が必要となった。研究などで多量の医療情報を収集して分析するためのハードルが高くなったと言える。そこで「医療分野の研究開発に資するための匿名加工医療情報に関する法律（以下では次世代医療基盤法と略す）」が2018年に施行された。次世代医療基盤法では匿名加工された情報は患者本人の反対がなければ同意したものとみなし（オプトアウト）、医療情報を第三者への提供を可能とした。AIの研究では前述のように数学やコンピュータの知識を必要とするものではあるが、医療AIの研究では我々医師がデータを持っており、他分野の研究者ではそのデータには簡単にはアクセスできない。医療AIの研究に関しては医師主導での研究開発の推進が望ましいと考える。

AIの今後の医療での応用に関しては発想次第で様々なものが考えられる。医療画像での診断補助以外にも例えば自然言語処理によるカルテの自動解析、センサーカメラなども用いた患者の異常検出などが考えられ、研究が行われている。また放射線科領域では画像情報から大きさや形状、濃度のほかにテクスチャ、多重解像分解などに関する数百次元の高次元画像特徴量を用いる、Radiomicsという手法の研究も進められている。Radiomics研究では脳腫瘍であるグリオーマの画像から遺伝子変異を推定する研究<sup>5)</sup>や術前化学放射線療法が奏功する患者を予測する研究<sup>6)</sup>などが行われている。

## 7. 終わりに

AI研究の歴史や現在地、医療とAIについての概説を行った。すでに医療分野でも比較的身近なところにまでAIの技術が入り込んできている。現段階ではAIが医師の代わりをなすには至ってはいないが、今後の発展は注視していく必要がある。前述の如くAIはすでに臨床の現場にも少しずつ入り込んできている。そのためこれからはAIの使い方、AIとの付き合い方をよく検討

していくとともに医療AI分野の研究の推進の必要があると思われる。

**謝 辞** DeepCTでの脳出血の解析画像の本稿での使用を快諾してくださったDeep01社ならびにDeep01社のAdonis Changさんにこの場を借りて御礼を申し上げます。

## 文 献

- 1) Wraith SM, Aikins JS, Buchanan BG, et al : Computerized consultation system for selection of antimicrobial therapy. *Am J Hosp Pharm* **33** : 1304-1308, 1976.
- 2) Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, et al : Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* **542** : 115-118, 2017.
- 3) Haenssle HA, Fink C, Schneiderbauer R, et al : Man against machine : Diagnostic performance of a deep learning convolutional neural network for dermoscopic melanoma recognition in comparison to 58 dermatologists. *Ann Oncol* **29** : 1836-1842, 2018.
- 4) Otomo Y, Ogata Y, Nakamura Y, et al : Deep-learning-based, computer-aided classifier development with a small dataset of clinical images surpasses board-certified dermatologists in skin tumor diagnosis. *Br J Dermatol* **180** : 373-381, 2019.
- 5) Li Z, Wang Y, Yu J, et al : Deep learning based radiomics (DLR) and its usage in noninvasive IDH1 prediction for low grade glioma. *Sci Rep* **7** : 5467, 2017.
- 6) Bibault JE, Giraud P, Housset M, et al : Deep learning and radiomics predict complete response after neo-adjuvant chemoradiation for locally advanced rectal cancer. *Sci Rep* **8** : 12611, 2018.

## Artificial Intelligence and Medicine

Katsutoshi Ishihara

*Department of radiology, Dokkyo medical university, Tochigi, Japan*

The development of artificial intelligence has been accompanied by the development of computers, which has experienced two booms in the past and is currently in the midst of its third boom. The current development of artificial intelligence is the result of advances in computers that have made it possible to handle big data, the spread of machine learning, and deep learning. The growing technology of artificial intelligence has penetrated in our actual daily lives, and also in the field of medicine. The development of artificial intelligence in the field of image recognition is leading the way, and research and development in the medical field is also progressing in the field of medical imaging. Some of AI-using products are already on the market and being used in daily clinical practice. There are several issues related to the use and research of AI in the

medical field : the quantity and quality of training data are necessary to improve the accuracy of AI, the inside of AI is a black box, and it is difficult to know what features are extracted. In the research field, there is a need for protection of personal information and the need for large amounts of data to improve the accuracy of AI. We believe that research and development should be physician-led because physicians can access to medical data easier than other researchers. We believe that this is a field that will continue to develop in the future and that it is necessary to keep a close eye on it.

**Key Words** : artificial intelligence, medicine, machine learning, neural network, deep learning