

図6 医療現場における病院情報システム，医療チーム，教育フレームワーク，患者の生活と環境の関係についての図示

(澤 智博. 医療におけるビッグデータ活用の最前線. Microsoft. https://www.microsoft.com/ja-jp/business/industry/healthcare/bigdata_wp.aspx より引用)

これにより fact table を中心に多次元のデータ構造を表現することが可能になる。図3の右は、病名データを解析する際のスタースキーマの例を示した。病名データ(表)を中心に据え，“月次”“診療科”“病名分類”といった dimension table を関連づける。これにより，月次の病名の推移，あるいは診療科ごとの病名のリスト，さらには診療科ごとの病名を月次で解析することが可能となる⁸⁾。

(b) JSAPIMS データベースとアナリティクス

JSAPIMS は，日本麻酔科学会における偶発症例調査事業を支援する目的で日本麻酔科学会が独自に製作し配布しているオープンソースソフトウェアである。JSAPIMS においてもデータの管理はリレーショナルデータベースにて実装されている。ここでは，JSAPIMS のデータベースに対しスタースキーマを適用することで偶発症例データを解析し，また BI を適用することでデータを可視

化する可能性を検討する。

JSAPIMS のデータベース構造は，オープンソースであるがゆえに誰しも入手可能である。各症例ごとのデータ項目は，年齢区分，性別，ASAPS，手術部位分類，体位，麻酔法などの症例の属性情報から構成されている(図4)。また，症例ごとに偶発症の有無や転帰に関する項目も存在する。このようなデータの表を“CASE”とする。例えば，“CASE”を，手術部位分類，ASAPS，麻酔法などの切り口で解析したいと考えた場合，“CASE”を fact table とし，解析の切り口である手術部位分類や ASA PS を dimension table として fact table に関連づけることでスタースキーマができあがる。このように構成したスタースキーマデータベースの解析結果について BI 製品を適用することでデータを可視化したのが図5である。図5から，特定の手術部位分類に関する ASAPS

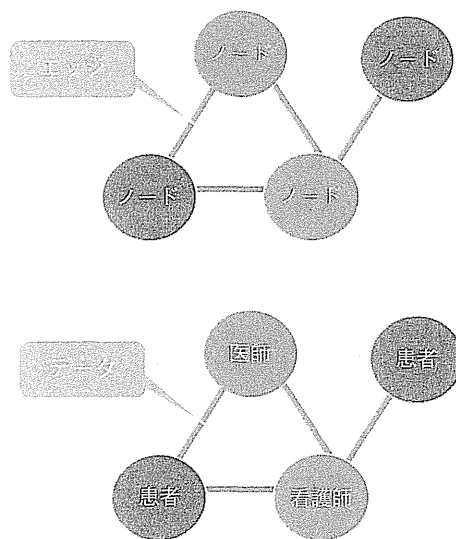


図7 グラフ (上段) とグラフの例 (下段)
 グラフは、ノードとそれらを接続するエッジより成る(上段)。オーダリングデータを分析すると、医師、看護師、患者をノードとしたグラフを構築することができる。

の分布が示されている。このようにアナリティクスや BI は、症例登録データベースや電子カルテにおいて構造化されたデータに適用することで解析内容を分かりやすく可視化することが期待されている。

3) サイエンス

図6は、2010年代の医療現場において、病院情報システム、医療チーム、教育フレームワーク、患者の生活と環境について図示したものである⁸⁾。各項目の関係のほかに、左下には医学・医療の知識体系が存在することを示した。医療者は、電子カルテシステムなどを通じて病院情報システムを活用する。医療者の思考や行為は、病院情報システムに記録され、ほかの医療者と共有される。一方で、それぞれの医療者は、医学知識を習得し、医療スキルを磨くために教育が必要である。今日では、個別の学習を支援するため、あるいは効率・効果を向上するためにシミュレーションをはじめとした教育フレームワークが存在する。患者は、その生活や環境において、例えば服薬記録や行動記録を電子的に管理することがあり、その代表が PHR (personal health records) で

ある。また、近年の健康機器は生成したデータをネットワークを介して PHR のようなデータ管理システムに送信することが可能になっている。臨床現場では、このような患者が管理するデータの活用も欠かせなくなっている。

このように医療現場には不可欠になっている病院情報システムであるが、システムをデータ記録装置としてのみ使用するのではなく、医療施設のアクティビティ、つまり活動状況をモニタリングする設備としてとらえることが可能である。例えば、従来の医療施設の統計資料は、先週、先月、去年といった過去に関する平均在院患者数であったり、病床稼働率などの静的で固定的な数値データであった。病院情報システムに記録されるオーダー状況やアクセス状況をリアルタイムに把握することにより、その医療施設の稼働状況を即時に把握することができる可能性がある。これは、麻酔科医が患者の状態を生体モニターを用いて観察し管理するのと同様の考え方で、医療施設の状態を病院情報システムをモニタリング装置に見立てて活用するのである。このような病院情報システムの活用法において、データ解析に役立つのがデータマイニング、特にクラスタリング解析である。クラスタリング解析とは、データを分類する際に用いる解析手法であり、分類に関する事前の情報を必要としない点に特徴がある。未知のデータをクラスタリング解析することで対象データの状況に応じてクラスタリングアルゴリズムが至適な数のグループにデータを分類するのである。筆者は、病院情報システムに毎時入力されるオーダー数、文字数、アクセス数の経時データをクラスタリング解析することにより、医療施設の活動状況について類似の状態、例えば、平日、休日、連休、土曜日、休日明け平日のように分類できることを示した⁹⁾。

病院情報システムのデータ解析において適用が試みられている方法の一つにグラフ理論やネットワーク解析がある。グラフとは、図7に示したように複数のノード間をエッジで結合したものを指す。この考え方を病院情報システムのデータに適用すると、患者、医師、看護師などをノードと見なし、患者と医療者は、オーダー、実施、カルテ

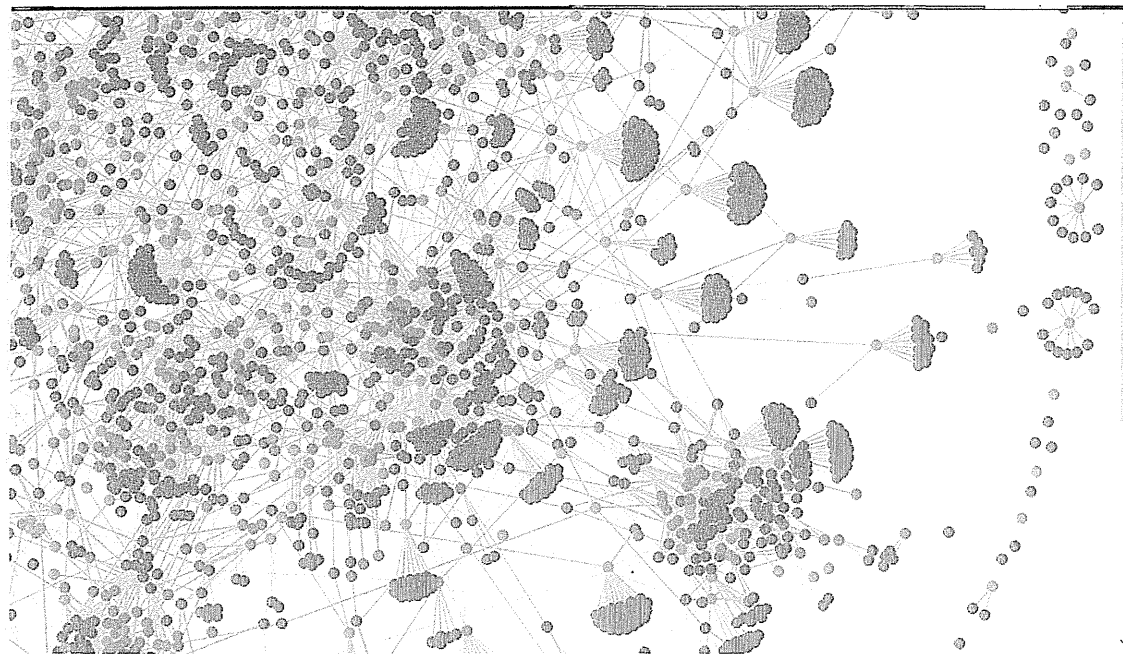


図8 ある一日の患者，医師，看護師のネットワークの状態を可視化したグラフ

記録などのデータというエッジによってつながっていると考えることができる。グラフ理論やネットワーク解析を活用することにより人的ネットワークを可視化し、負荷の集中やネットワークの状態を分析することが可能となる。図8は、ある一日の患者，医師，看護師のネットワークの状態を可視化したものである⁸⁾。

このように情報学分野やコンピュータサイエンスにおける知見を医療データに適用することにより、質の改善や安全管理の方法について従来にはなかった方法を生み出すことができる可能性がある。

おわりに

本稿では、ビッグデータやデータサイエンスで議論されている事項を踏まえ、周術期医療におけるデータについて解説し、それらデータ処理についてテクノロジーとサイエンスの視点から検討を試みた。医学や医療の課題、あるいは周術期の課題を理解し、解決するのは麻酔科医の重要な役割であり、その手段の一つとしてビッグデータ分野で開発された手法や、データサイエンス分野で活用

されている手法を習得し、課題解決に取り組まれてはいかがであろうか。

引用文献

- 1) Schutt R, O'neil C. Doing data science. Sebastopol, CA, USA : Oreilly & Associates Inc ; 2013.
- 2) Davenport TH, Patil DJ. Data scientist : the sexiest Job of the 21st century. Harvard Business Review. <https://hbr.org/2012/10/data-scientist-the-sexiest-job-of-the-21st-century/2012;10>
- 3) 澤 智博. ビッグデータ活用の“特効薬”はあるのか? ITPro. 日経コンピュータ. <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20130704/489370/2013/07/09>.
- 4) Sawa T. Leveraging devices, data and discovery for smarter healthcare in Japan. Health Inform Res 2011 ; 17 (3) : 184-9.
- 5) Toward Precision Medicine. Institute of Medicine. Washington, DC, USA : The National Academies Press : 2011.
- 6) Patient-generated health data. HealthIT. gov. <http://www.healthit.gov/policy-researchers->

- implementers/patient-generated-health-data
- 7) Perioperative surgical home. American Society of Anesthesiologists.
<https://www.asahq.org/psh>
- 8) 澤 智博. 医療におけるビッグデータ活用の最前線. Microsoft.
https://www.microsoft.com/ja-jp/business/industry/healthcare/bigdata_wp.aspx
- 9) 水谷晃三, 阿部和弘, 桜沢公太, 澤 智博. 電子カルテシステムのアクセス数, 入力文字数, オーダー数を変数とした病院活動指標と可視化. 第33回医療情報学連合大会論文集. 2013.
-

2. 澤智博:

コンピュータはどこまで”医師”に近づいたか？,

The Next Technology,日経BP社, 146-151,2015.

ISBN978-4-8222-7975-2

コンピュータはどこまで“医師”に近づいたか？

人工知能と自動診断の現在

人工知能と医療分野の関係は深い。その試みは1950年代後半にまでさかのぼるが、これまで実用化への道は遠かった。それがシステムの知識獲得方法の変化で、再び実用への道を歩み始めた。

「情報科学の急速な発展により、また、健康医療分野への行政の後押しもあり、医療の構造に根本的な変革がもたらされることが期待される。コンピュータサイエンスは、医師の知的機能を強化したり、場合によっては、知的機能の大部分を置き換えることになるだろう」

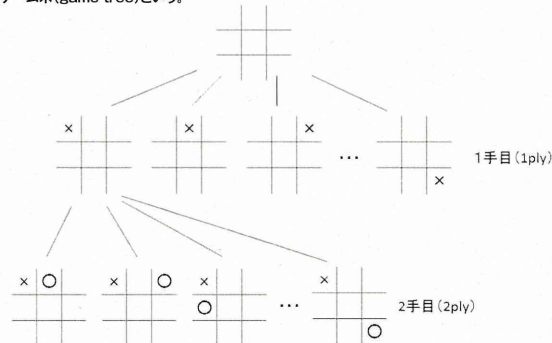
これは、さかのぼること40年以上前の1970年、世界的な医学雑誌であるNew England Journal of Medicineに、「Medicine and the Computer」という題名で掲載された論文の冒頭である。

コンピュータが人間のように思考する、そして医師などの知的労働を代行する、という発想は、コンピュータが発明されて以来、いや発明される前から、人類が抱えてきたことである。思考するコンピュータは、どこまで人間である医師に近づいたかについて考察したい。

ボードゲームで、どう思考するか？

「人工知能」あるいは「AI」と聞いて、何を連想するだろうか。ひところはAI家電というジャンルもあったが、一般的な連想では、将

図1 三目並べの盤面の探索。図では1手目と2手目の可能性のある盤面が示されている。盤面の可能性を図示したものをゲーム木(game tree)という。



棋、囲碁、チェス、オセロなどのボードゲームであろうか。

筆者も、時々これらのゲームを楽しんでおり、20年以上前からソフトウェアがどれほど強いのか、興味本位(?)で観察を続けている。以前は「まだまだだな」と余裕で対応できたソフトウェアも、今ではカミソリのような鋭い手を打たれて、思わず絶句してしまうほど強くなった。

読者の中には詳しい方もいると思うが、ボードゲームの思考エンジンについて簡単にまとめてみたい。概略を説明すると、ボードゲームでのコンピュータの振る舞いは、盤面の探索と盤面の評価の大きく二つの要素からなる。

まずは、盤面の探索である。図1に三目並べゲームの盤面を図示した。

1段目は、ゲームを開始されていない盤面である。2段目は、1手目(1ply)における可能性のある盤面を示している。1手目では9マスのどこに「×」を入れても良いので、9通りの可能性がある。

図の3段目は、1手目の盤面の一つについて、可能性のある2手目の盤面を示した。ここでは1つ「×」が入った盤面において、残り8マスから1つを選んで「○」を入れるので、1手目の盤面一つにつき8通りの可能性がある。

このように、可能性のある盤面を並べた図をゲーム木(game tree)と言い、図の1手目、2手目、のような「手目」を英語でply(プライ)と呼ぶ。三目並べでは、マスの数と打つ手(×か○)が限られているため、全ての盤面の可能性を容易に網羅できる。

盤面の可能性の数について、三目並べでは1000(=103)程度とされるが、オセロで1028、チェスで1050、将棋で1069(一説には10220とも)、囲碁(19路盤)では10170と推定されている(『コンピュータ囲碁』、松原仁編、共立出版)。

盤面の評価は、可能性のある盤面のうち、どの盤面を選択するのが最も有利かを計算することになる。どのような計算方法や値をも

って「有利」とするかは、ゲームの種類によって異なるし、当然ながらソフトウェアの「強さ」を決める要因となる。

さて、コンピュータが人間に勝利するためには、何手先まで読めばよいのだろうか。囲碁や将棋は、まだ人間に分があるようだが、人間がコンピュータにほぼ勝てなくなってしまったチェスを例に挙げよう。

IBMのスーパーコンピュータDeepBlueが、1997年にチェスの世界チャンピオンに勝利したことは、多くの人の記憶に残っているのではないだろうか(実際には2勝1敗3引き分け)。この対局においてDeepBlueは、平均で6~16ply、最高で40plyまで深く先を読んでいたと報告されている。

ここで念のため説明するが、ボードゲームにおいて「コンピュータが思考する」とは、可能性のある盤面を網羅的に並べ上げ(探索空間の生成)、それらを点数付け(評価)しながら、一番得点の高い盤面を選択(検索)していることを指す。

疾患の自動診断システムのベンチマーク

コンピュータを診断に活用しようという発想は、1950年代後半に既にあった。その後、人工知能やエキスパートシステムといった分野が発展。そして1970年代に米スタンフォード大学で開発されたのが、医療界に大きな影響を与えたソフトウェア「MYCIN」である。

1970年代のエキスパートシステムでは、「もし~ならば~である」という、IF THENの規則を使用したルールベースシステムが主流だった。MYCINは、このルールベースシステムを採用し、症状や年齢などから感染症の同定とそれに対応する抗生物質を提示した。MYCINは、医師が期待する診断結果を提示できたと評価され、人工知能の医療への応用に対する期待が高まった。

その後1980年代には、症状と疾患の関係性(例えば肺がん[疾患]には、咳[症状]、血痰[症状]が関連する)に着目したシステムや、ベイズ理論などの確率論(例えば肺がんで咳

が出る患者の割合は○%、血痰を呈する患者の割合は▽%など)を導入したシステムが開発された。

症状と疾患の関係性や確率といった概念は、医学上非常に重要だ。例えば「咳」という症状に着目した場合、肺がんにも急性上気道炎(かぜ)にも関連する。咳を訴える患者が、肺がんなのか急性上気道炎なのかを区別するためには、他の情報も必要となる。

このケースで、患者が18歳で他の症状に「発熱」があれば、急性上気道炎の確率が一気に高くなる。一方、その患者が60歳代の男性で、40年の喫煙歴があるヘビースモーカー、血痰も伴う、というのであれば、肺がんを疑うのが妥当である。

このように同じ症状でも、その他の情報と照らし合わせない限り正確な診断を下すことは難しい。このような診断における思考過程を、鑑別診断と呼ぶ。鑑別診断を支援するシステムとしては、1990年代までにDXplain、Iliad、Meditel、QMRなどが出揃った。1994年にNew England Journal of Medicineに、これら4システムの診断性能を比較検証した論文が掲載された。

この研究では、専門家も診断に悩むような困難症例105例を、各ソフトウェアに「診断」させた。いわゆる“ベンチマークテスト”をやったわけである。

結果を概説すると、各システムが正しいと「考えた」1診断名のみを提示する場合は、その診断名が正しかった確率は10~20%程度にとどまった。少し基準を緩めて、各システムに診断名の候補を20ずつ提示させたケースでは、その中に正しい診断名が一つでも含まれている確率は、50~60%まで高くなった。

ここでみなさんに質問がある。診断名を一つ提示させると正解率は10~20%程度。診断名を20まで許容すると、50~60%の確率で正しい診断名が含まれる。このようなシステムは役に立つのだろうか。それとも役に立たないのだろうか。

医師の診断過程を可視化

それは医師の診断過程をみれば分かる。

咳などの症状があっても、それは複数の疾患(診断名)と関連していることは前述したとおりだ。医師は診断の過程において、常に複数の疾患の可能性を考慮しながら、いくつが可能性の高い疾患を候補に絞り(仮説を立てる)、その仮説を支持する、あるいは否定する、のに必要な検査を行う。

この過程において、医師の頭にある仮説リストに正しい診断名が含まれていなければ、正しい診断は考慮されることがない。間違った診断名リストを念頭におきながら、診療(時には苦痛や危険が伴う検査を含む)を続けることになる。

このとき傍らのPCに、思いもよらなかった診断名が表示されていれば、人間に特有な「思い込み」を防ぎ、仮説が修正され、正しい診断へと導かれることがあるかもしれない。

医師が診断支援システムに求める機能として、診断過程の可視化がある。診断支援システムが提示した診断名は、どういう理由により提示されたのか「説明」が欲しいのだ。どの症状、どの検査結果が、診断名を支持するのにどのくらい影響を与えているのか。そのような「説明」は、自身の頭の中を整理するのにも役立つし、医学生や研修医の学習にも寄与する。先に紹介したソフトのDXplainの名称に、explain(説明する)が含まれているのもそのような理由がある。

パラダイムシフトが起こる

実は診断支援システムは、90年代から2000年までにその開発のピークを迎え、残念ながらあまり普及することなく今日に至っている。前述で紹介した中では、ハーバード大学マサチューセッツ総合病院で開発されたDXplainが実用化され、改良が続いている程度である。

システム開発の課題として、医学の知識データベースの維持の難しさが挙げられている。ちなみにDXplainは、2300の疾患名と

5000の症状が登録されている。毎年、いや、毎日のように莫大に生み出される医学知識を少数の人間が整理し、コンピュータが利用できる形態にするには相当な困難が伴うことが理解できるであろう。

ただし、この分野に新たな転機をもたらしたような存在が登場した。IBM Watsonである。Watsonは、2011年に米国のクイズ番組「Jeopardy!」に参加。人間のクイズチャンピオンと対戦し、総合成績で勝利したことで一躍有名となった。Watsonは、自然言語処理システムであり、言語の意味を理解することに特徴がある。

クイズ番組で勝利したWatsonは、すぐに医療界への転身を宣言した。2013年には、がん医療の領域での協業が報告されている。Watsonは、60万件以上の医学研究の結果や医学専門誌からの200万ページにおよぶテキスト、臨床試験データを学習したとされる。

この量は、もはや人間の学習能力及ぶレベルではない。エキスパートシステム時代の主流は、コンピュータに人間の知識技術を「伝授」するスタイルだった。Watsonの登場は、こうした旧時代からのパラダイムシフトと言える。

知識獲得の方法から見ると、Isabelというシステムも新興の診断システムである。Isabelは、医療とは無関係の投資ファイナンスの専門家が、娘が誤診の被害にあったことを契機に、そのような医療過誤を無くすべく開発を始めたというエピソードを持つ。10万におよぶ文書や関連知識を有すると報告されている。

一つの疾患には複数の医学文献がひもづいているし、よく研究されている疾患とさほど研究されていない疾患とでは文書量も異なる。このため、一概にDXplainの登録疾患数とこれら新たなシステムの登録文書量の数で単純に比較することはできない。それでも、システムの医学知識の獲得方法に変化が起こり、診断支援システムが再び実用への道を歩み始めたことは喜ばしいことである。

人間の「さじ加減」や「直感」は必要なのか

冒頭で紹介したボードゲームでコンピュータが「考える」ことと、診断支援でコンピュータが「考える」ことは、どこが違うのか。また、診断支援をコンピュータが行うことの困難はどこにあるだろうか。

違いの一つに、情報の完全性がある。ボードゲームでは、盤面で見えている情報が全ての情報である。一方、医療では、見えていない情報が必ずあり、ときには(いつも?)見えていない情報量は見えている情報より多いことがある。

例えば、問診の場面で、患者は意図的に重要な情報を提供しないことがある(薬物乱用の事実など)。あるいは、本人さえも忘れていた無意識の日常習慣もある。検査結果にしても、当たり前だが、検査しなければ(すなわち、その検査を実施しようという着想がなければ)存在しない。コンピュータの立場では、患者の観察情報(表情や動作)を定量化することは難しい。また「匂い」を測定しそれを処理することは、文字情報の処理とは別の困難が伴う。

次に、病気のメカニズムである。DNA解析やバイオテクノロジーが発達した今日でも、分かっていないことのほうが多いのではないかと思う。人間の身体を機械に見立てて、病気が故障部位を修理することで修復する、といった発想は、一部の病気では通用しても、全ての病気に適用できるわけではない。したがって、コンピュータが発症メカニズムを考慮しながら、ということも完全にできるわけではない。

さらに、生体の自己修復機能や治療に対する反応の個性がある。ボードゲームでは、相手が次の手を打たない限り、盤面は静止したままである。そして、次の手が打たれた際には、どこに何が打たれたか完全な情報を得ることができる。

しかし、人間の場合は、何もしなくても自然に病気が治ったり、逆にどんどん悪くなっ

ていたりする。また、薬には効果のほかに副作用があり、その副作用も人によって様々な「症状」として呈されるため、病状を一層複

雑にする。蛇足になるが、大量のカルテをデータベース化し、それを「統計処理」して得られる「エ

図2 「1」(エル)と「1」(イチ)。「1」(イチ)は何個?

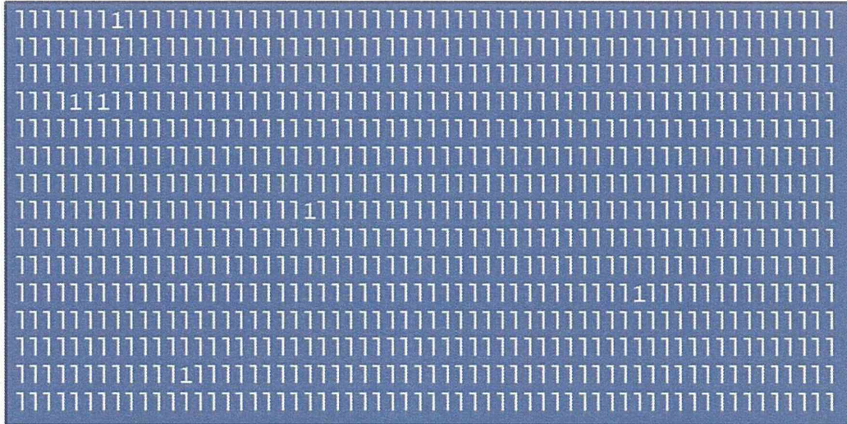
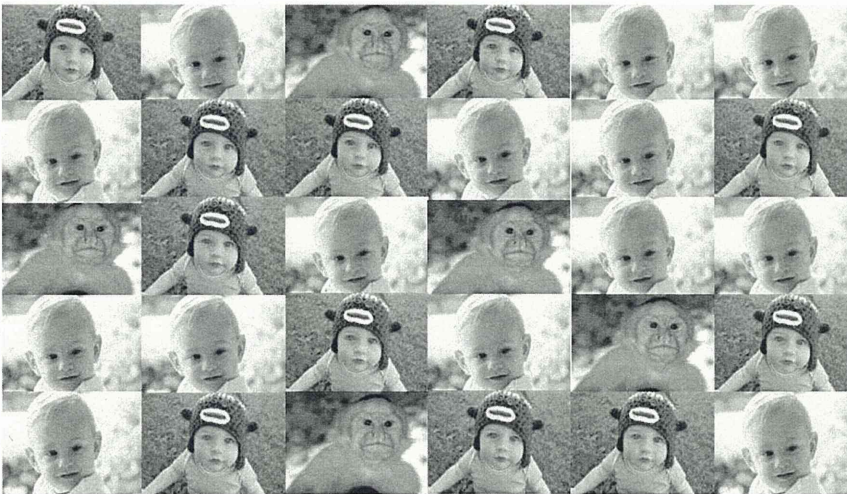


図3 サルとヒト。サルは何匹いる?



ビデンス」を重視する診療方針と、個々の患者は「固有」の存在であるのでその個人に特別に挑めた治療を施すといった個別医療の方針とは、どのようなさじ加減でバランスを取るべきなのか。

コンピュータ固有の得意分野

冒頭で紹介した医学論文に記述されていたような「人間の知的機能をコンピュータで置き換える」といった概念について、医療では考え直したほうが良いのかもしれない。

図2を見てほしい。「1 (小文字のエル)」と「1 (イチ)」が示されている。エルの数を数える場合、人間はコンピュータに勝てないのは明白である。

一方、図3はどうだろうか。写真を見ながらサルとヒトを区別する作業を、人間は特に学習の必要なく瞬時に行うことができる。

一方コンピュータは、この種の作業は苦手である。なぜならコンピュータがそのような作業をするためには、「サルは画像でどのように表現されるか」、「ヒトは画像でどのように表現されるか」、そして、「これら二者の違いは何か」を厳密に定義しなければならない。しかし、そのような定義を、データあるいはプログラムで記述することが困難だからだ。

このようにコンピュータにはコンピュータの、人間には人間の得意な分野がある。将来、センサー技術の発達によって、人間では「感じる」ことができない情報から病気の発見や治療の可能性があるだろう。そのときもコンピュータにはよきパートナーとなってもらい、人間が思いもよらなかった「一手」を示してほしいものである。

(澤 智博=帝京大学医療情報システム研究センター)

3. 澤智博:

HIS－既存システムの考察と今後あるべき姿を
考える, 月刊新医療. 42(11)67-70, 2015.

◆Summary

Healthcare Information System. Considerations on existing systems and on the systems in the future
Electronic health records have been widely adopted and they are implemented without special abilities and efforts. In the meantime, state of the art systems in the past have become nuisance in hospitals towards the end of the life cycle. In this article, changing environment and problems of hospital information systems over the past several years were examined. The future of the systems were discussed.

HIS—既存システムの考察と 今後あるべき姿を考える

真に役立つHIS像とは

澤 智博 ◆ 帝京大学医療情報システム研究センター教授

要旨…電子カルテシステムは普及期に入っており、特別な要件を必要とせず導入が可能となっている。一方で、過去に新技術・新システムとして導入されたものが、そのライフサイクルを終えるに際してさまざまな悩みの種となることは少なくない。本稿では、ここ数年間で変化してきた病院情報システムを取り巻く状況と課題に触れ、今後あるべき姿について考察する。

ひところは大病院の先端的取り組みであった電子カルテシステムの導入も、ここ数年のうち一般化してきた感がある。システム導入手法も院内の知恵を結集させた一大プロジェクトという位置づけから、ベンダーに代わってお任せするのが安心、との認識も増えてきている。「新技術」を使いこなして医療の質を向上させるのか、それとも「新技術」に翻弄され金食い虫として手を焼くのか、新しいものには2つの道が待っている。

本稿では、ここ数年間で変化してきた病院情報システムを取り巻く状況と課題に触れ、

今後あるべき姿について考えてみたい。
今、最も気になること

読者の皆さんが、病院情報システムについて最も気になることは何であろうか。医事会計は当然のこと、オーダリングシステムやPACSも、既に数年間は稼働している施設がかなり多いであろう。そのような施設の管理者や経営者が最も気になっているのは、PACSがデータで一杯になりそうだが、だが納得のいく次の手がない、ではないだろうか。

ベンダーの提案は、PACSの容量を現在の1.5倍、あるいは、2倍に増やすこと、ただし、価格も購入した当時の1.5倍である、などであろう。「この先、5年ごとに同様の出費をしなければならぬのだろうか?」「昔は不要なファイルを廃棄したり倉庫に預けていたのに、PACS内の全てのデータは本当に必要なのだろうか?」など、気になっている方が多いのではないだろうか。

まずは、PACSの価格について考察する。少々乱暴な議論になるが、PACSの購入費用を全データ量で割り算し、1TB当たりの費用を計算していただきたい。どのくらいになるであろうか。1TB当たり100万円程度であろうか。数年前ではそれ以上かもしれない。PACSには画像を管理しているデータベースや画像のビューワ機能があるとはいえ、大雑把な計算である程度の費用感が実感できるであろう。

一方で、市販のNAS (Network Attached Storage) であれば2〜3万円/TB、ハードディスク単品なら5000円/TBといったところであろうか。

そもそも放射線画像は、広く標準化が進んでいるDICOM規格であり、画像ファイルはNASにでもハードディスクにでも保存が可能はずである(電子保存の要件を満たす必要があるが)。画像ファイルを保存して置いておくだけなら、桁の違う費用を払う必要があるのだろうか。工夫の余地はないのだろうか。



うか。

この問題は、データ保存手段の決定権が病院にはない、と捉えることもできる。とすると、もう一つの課題である「PACS内の全てのデータは本当に必要なのか？」は、データの要・不要を決定する術が病院にない、と捉えることができる。厳密に言えば、画像ファイルごとの選別は可能であるが、一つひとつ手作業ではデジタル化した意味がない。かといって、ベンダーが「病院が望むように」画像を選別してくれるはずもなく、病院の側も画像データはファイルのような物理体ではないだけに、手を付け難い。

このようにPACSのような電子化の先鞭となったシステムであっても医療施設の意のままに管理、とはなっていないのが現状である。このことは、新技术を購入しただけでは期待する効果は得られないことを示している。この状況を打破するにはハードウェアを含むシステムのレベル、そして、データのレベルで深い知識と技術を持つ医療者の必要性と医療側の取り組みが必要であろう。

EOIという便利な口実

一番気になることが既存システムにおけるデータ増加への対応であるなら、一番の悩みの元はEOI (End Of Life : 販売終了、保守終了) ではないだろうか。EOIは、ハードウェアやソフトウェアといったIT製品であればどの製品にも関係するが、特に医療施設を悩ませるのは、ネットワークインフラやサーバー系のハードウェア・ミドルウェアでは

なからうか。

EOIを言い渡す立場は2種類ある。一つは対象の製品を製造している製造企業、もう一つはその製品を販売する、あるいは、その製品を組み込んだ自社製品を販売する企業である。

後者から検討しよう。特に部門システムベンダーが対象となるが、これら企業はサーバーハードウェアやデータベースソフトウェアを自社製造していることはまずない。したがってハードウェアやデータベースなど製品の基礎となるものがEOIを迎えると、自ずとそれを利用する部門システムもEOIとなる。

このような構造であるから、部門システムベンダーは病院にEOIを告げることになる。これは自社製品を更新してもらおうビジネスチャンスにもつながり、かつ、自分たちが原因ではないので、EOIは恰好の口実となっている。告げるベンダーもどことなく嬉しそうに見えるのだが、決まり文句が、「弊社も何とかしたいのですが、製造元のEOIですのうのでどうすることもできません」である。

もう一つのEOIの宣告者である製造企業はどうであろうか。一般的に企業規模が大きく(通常は世界規模)、EOIの宣告はメール等でやってくる。仮に、担当者がやってきたとしても、「EOIを告げる」以上の機能はないのが通常である。メールや問い合わせ窓口に連絡をしたとしても、EOIの内容を再確認するのみで、機械的に取り扱われるだけである。

さて、EOIへの対策はあるだろうか。我々ユーザーは製造企業ではないので直接のコン

トロール権はないが、短期的、長期的な対応がいくつか考えられる。短期的なものは部品の供給がある限り、製品の保守を請け負ってくれる企業の存在である。医療に限らずこの手の悩みは世界中にあるので、大小さまざまな企業がこれに参入している。長期的には、理想論になるかもしれないが、自らのシステムに対する理解の向上と部門ベンダーの協力も必要である。

デスクトップPCを例に挙げよう。デスクトップPCにもEOIはある。しかし、このEOIは怖くはない。なぜだろうか。PCに對する知識とその対応策が医療施設のスタッフでも思いつくからである。PCと同じとは言わないが、システムインフラもその延長線上にある。部門ベンダーも基盤製品のEOIを不可避な事項と扱うのではなく、IT・エンジニアリングの視点で代替策の検討や大規模なリプレイスの回避策などを顧客の立場で検討すべきであろう。

最後は、やはり医療施設でのシステムに對するライフサイクルの考え方である。システムの購入前の段階から製品には必ず終わりがあることを認識し、それに対して5年後、あるいは、それ以上後にどのような対応があるか十分に検討し、製品が終息時に診療記録資産、および、ワークフロー資産をどのように継続することができると、複数のプランを練った後に製品を購入すべきである。

「新技术」との付き合い方

IT市場に限らず、どの製品市場もそう

のかもしれないが、「最新」も「最良」の方式が崩れてきている。派手なセールスプロモーションや絵に描いたような事例紹介を鵜呑みにすると後で手痛い目に遭うことになる。ここでは、個別の製品に言及するよりも「新技术」を採用した製品に対する筆者の考え方を示したい。

まず第一に、システムに「一点豪華主義」はない。システムは定義からして複数の要素が複雑に相互作用する全体構成を指す。したがって、新技术を採用した製品をボンと既存システムに投入しても大きな効果は見込めないどころか、既存機能とのバランスを崩すことにもつながる。

次に、「既存技術との比較」は常に欠かさない。例えば、ハードウェアの仮想化技術はここ数年でかなり普及してきている。ひとつは及び腰だった部門ベンダーも、今では積極的に提案に盛り込んでいるようだ。一方で、VDI (Virtual Desktop Infrastructure) に代表される端末仮想化技術はサーバ仮想化技術に比較して医療施設に普及していないように見える。

ここで、VDIに対する既存技術は、物理体デスクトップPCであるので、両者を比較しよう。VDIの利点で強調されるのはセキュリティと管理効率だろうか。セキュリティについては、HISはインターネットに通じていない場合が多く、VDIでのセキュリティの発想とは根本が異なり過剰投資となりがちである。

一方の管理効率はどうか。VDIのサーバインフラによる一元管理は、必ずし

も正解とはなり得ない。なぜなら、PCは院内のスタッフにて故障個所の確認から交換や修理まで取り扱えるのに対し、VDIインフラの障害時には院内スタッフには手に負えない高度な技術や、場合により製造元までのエスケーションを必要とすることがある。

そして最後に価格である。PCの価格が10万円台前半、あるいはそれ以下で調達できるのに対し、VDIのライセンスやインフラ構築費用は端末1台当たりに換算すると、数台分のPCに相当してしまうのが現状である。このように新技术の検討では既存技術との比較を欠かすことができないのである。

その他にも、PACSの既存データの扱いで前述したように、自院にてどこまで対象技術や製品を理解し使いこなすことができるかは、運用中盤から後半にかけて影響が出てくる。そして、EOLにて例を挙げて述べたように、「新技术」のライフサイクルの検討なしに採用することは、後に悩みの種を作るだけである。

イノベーションを阻む善意の取り組み

10年ほど前には、オーダーリングシステム、あるいは、電子カルテシステムの院内導入を進める際に「抵抗勢力」が誇らしげに出してきた言葉に「キーボードアレギー」があった。パソコンを触つたことがない、キーボードの入力ができないので専属スタッフが診察室にて入力補助をしなければシステム導入には反対、といった具合である。今では滑稽な言い訳であるが、当時は理解できる論として

真剣に議論されていたものである。そうしたキーボードアレギーの人々も希少種となり（別な意味でキーボードに触れたことのない若者は増えているが）「抵抗勢力」という言葉も懐かしい響きを持つと同時に、そうしたエネルギーを費やせる人々も院内には少なくなっているのではなからうか。

ここ10年ほどでの医療の中心的な考え方、あるいは現代の医療を象徴する考え方に「医療安全」が挙げられる。筆者も医療安全が専門であり、ITと同じくらい、いやそれよりも長期に医療安全に取り組んできた立場なので医療安全を否定するつもりはない。危惧しているのは、過剰な、あるいは、誤った安全対策手法によってイノベーションあるいは「新しいこと」が阻害されている現状である。

医療安全の重要性が認識されるにつれ、安全の管理組織は人員を増してきた。人員が増えると質の維持が困難になる。残念ながら、医療・医学上の意味を考慮せず、あるいは理解できないスタッフが小役人のように「安全」を唱えながら院内を取り締まって歩くようになる。自ずと、医療スタッフは「今日と全く変わらぬ明日」を望むようになり、それが「安全」と信じる者すら出現する。しかもこれらは「善意の取り組み」である点が扱いを困難にする。

「イノベーション」や「新技术」には、必ず「変化」が伴う。そして「変化」は「リスク」を内在する。「リスク」は「管理」することが重要なのである。安全は医療の必要条件ではあるが十分条件でないこと、思考なき「医療安全」は医療の前進を阻害することを「新

医療安全」は医療の前進を阻害することを「新

技術」を議論する際には考えていただきたい。

病院情報システム・電子カルテシステムの本来の役割とは

さて、冒頭にも書いたが、電子カルテシステムの導入は先端的取り組みから、医療施設の一般的な設備としての普及をみせている。同時にシステム導入は、購買を担当する部署が調達し、システムベンダーがプロジェクト管理を主導することが多くなっている。これはこれで、システム導入・運用に関する一つのモデル形式であることには間違いない。しかし、本当にこれでよいのだろうか。そもそも「電子カルテシステム」への期待は何であっ

ただろうか。読者の皆さんにも考えていただきたい。

筆者は、電子カルテシステムの本来の役割は「医療や医学の課題を解決する」ことを支援することだと考えている。医療情報に関する、我が国での学会発表や事例紹介は、「業務の課題」を解決する取り組みが非常に多いように見える。このままで、電子カルテシステムに輝かしい未来はあるのだろうか。IT全般で見ると、昨今は「第3次人工知能ブーム」と言われ、自動運転から自然言語処理まで各領域で人工知能の活用が活発になっている。医療はいかがであろうか。仮に人工知能が医療の支援をするのであれば、その入り口は病院情報システムではなからう

か。病院情報システムは、コモディティ化し病院の事務機器の1つとして記録の保存を主役とするだけの存在で終わるのか、医療・医学の課題を医療者と共に解決するインテリジェントな存在となるのかは、医療者とその発展にどこまで参画できるかにかかっているのではないだろうか。

※

※

澤 智博(さわともひろ) ●68年北海道生まれ。93年札幌医科大学卒業。米国ハーバード大麻酔・集中治療科レジデントを経て、01年に米マサチューセッツ工科大学院修了。帝京大医学部麻酔科学講座講師などの後、10年から現職。日本麻酔科学会安全委員、JSAPIMS周術期情報システム専門部会会長、日本医療情報学会理事同術委員長。

4. 澤 智博:

人工知能時代を前に医師が考えるべきことは？, 大阪府保険医雑誌, 2016(2)20-25, 2016.

人工知能時代を前に 医師が考えるべき事は？



Tomohiro Sawa

澤 智博

帝京大学医療情報システム研究センター 教授

1993年、札幌医科大学卒業。米ハーバード大学麻酔・集中治療科レジデント、米マサチューセッツ工科大学大学院修了。帝京大学医学部麻酔科学講座講師等を経て、2010年から現職。日本麻酔科学会安全委員、JSAPIMS周術期情報システム専門部会長、日本医療情報学会理事。麻酔科学専門医（日・米）、医療情報学専門医（米国）。

人工知能は医師の敵か？味方か？

人工知能は第三のブームを迎えていると言われています。コンピュータが発明されてから今日までの約半世紀の間に、人間のように思考する人工知能には過去二回大きな期待が寄せられました。第一回目は、コンピュータが登場した1960年代です。当時はコンピュータ自体が世紀の発明であったため期待も大きかったのですが計算能力も記憶領域も乏しく、やがてブームは過ぎ去りました。二回目は、1980年代です。AI家電、ファジーロジック、といった言葉を覚えている方も多いでしょう。人工知能、AIという言葉が一般社会に広めることとなったこの時も大きな成果はないまま現在に至っています。本稿では、現在の人工知能は過去のものとは何が違うのか、そして、医療と人工知能のこれまでの関わりを解説しながら、医師にとってコンピュータの役割はどのようなものになりそうなのか、皆さんと一緒に考えて行きたいと思えます。

医療と人工知能の変遷

1970年のNew England Journal of Medicineの論文の中で、未来にはコンピュータが思考するよ

うになり、医師の知的機能の大部分を置き換えることになるだろう、という記述があります¹⁾。当時の人工知能は、「エキスパートシステム」と分類されるもので、ルールベース、つまり「もし～ならば～である」という、IF THENのルールでコンピュータに物事の判断をさせる仕組みでした。その当時の人工知能の応用分野の代表は、医療でした。その中でもスタンフォード大学で開発されたMYCINというシステムは、500程度のルールをもとに感染症を診断し、抗生剤の提示をしました。MYCINは、一定の成果を収めたため人工知能の医療への応用の期待は高まりました。しかし、医療者なら実感している通り、全ての診療がIF THENの形式で記述できる訳ではありません。ここにエキスパートシステムの限界があったのです。

1980年代には、症状と疾患の関係やそれらが出現する確率を考慮したシステムが開発されました。例えば、咳や熱と上気道炎、あるいは、咳や血痰と肺結核、のように同じ「咳」という症状でも文脈や出現する確率を考慮することでの的確な診断を目指すというシステムです。このようなシステムの代表例には、DXplain、Iliad、Meditel、QMRがありました。1994年のNew England Journal of Medicineには、これら4システムの診断性能を比較した論文

が掲載されました²⁾。これらシステムの性能は、ある症例に対し一つの診断名を提示させた場合にその診断が正しかったのは10~20%にとどまりました。しかし、視点を変えて、システムに診断の候補を20個提示させ、その中の一つに正しい診断が含まれる確率は50~60%でした。そして、症例が複雑であればあるほど正しく診断できたとされています。このようなシステムもDXplainを除き自然に姿を消して行きました。課題は、コンピュータに知識を教え込む難しさにありました。日々増大する医学の知見を、データとして、また、プログラムとして表現し、システムに実装するのは困難を極めたのです。

弱い人工知能と強い人工知能

聞き慣れない言葉ですが、人工知能には、弱い(Weak)と強い(Strong)という分類があります。ここで、コンピュータが「考える」とは一体どういうことを指すのかを考えてみましょう。「考える」例として、将棋や囲碁などのボードゲームを挙げてみます。将棋や囲碁を指す時に人間は「考える」でしょうか。もちろん、「考えて」いますね。では、コンピュータは「考えて」いるのでしょうか。人工知能の開発とボードゲームには長い歴史があります。チェスが代表例ですが、チェスを指す人工知能の開発は、コンピュータに人間のように思考させようとしたところから始まります。そして、1997年にIBMのスーパーコンピュータDeep Blueが当時のチェス世界チャンピオンに勝利する日を迎えました(2勝1敗3引き分け)。このときの人工知能学者やコンピュータサイエンティストの反応は、驚きと失望が混じり合うものでした。なぜなら、Deep Blueは、皆が期待していた方法では「思考」していなかったからでした。Deep Blueがしていたことは、盤面の全ての可能性を力任せに計算していたのです。Deep Blueは、平均で6~16手先、最高で40手先まで盤面の全ての可能性を計算していたと報告されています。このように特定の領域に特化した形で開発される人工知能は今日では弱い人工知能(Weak Artificial Intelligence)と呼ばれています。余談ですが、盤面の可能性の数

は、三目ならべで 10^3 、オセロで 10^{28} 、チェスで 10^{60} 、将棋で 10^{69} (一説には 10^{200} とも)、囲碁(19路盤)では 10^{170} と推定されています³⁾。オセロとチェスについては人類はコンピュータにはもはや勝てないと言われていますが、将棋と、特に囲碁は、人類が勝っています。話を戻しますが、弱い人工知能に対して、汎用的に推論し問題解決する能力がある人工知能は強い人工知能(Strong Artificial Intelligence)と呼ばれます。

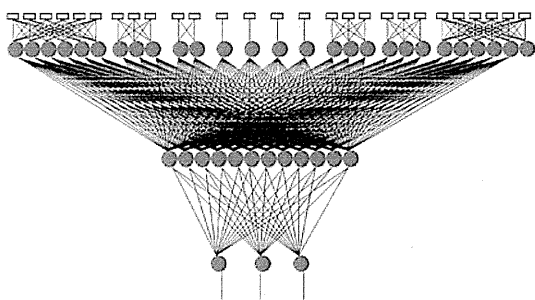
第三次ブームの火付け役、Watsonの登場

第二次AIブームで世界が学んだことは、コンピュータを思考させるに必要な「知識」や「考え方」を人間が整理してコンピュータに実装し、更には整合性を取りながら維持発展させるのは極めて困難であるということでした。第三次AIブームを迎えている今日、注目されている技術には、自然言語処理とDeep Learningがあります。自然言語処理システムの代表例としてIBMのWatsonがあります⁴⁾。Watsonは前述のチェス世界チャンピオンを負かしたDeep Blueの後継機です。Watsonを一躍有名にしたのは2011年に米国のテレビクイズ番組Jeopardy!に登場し、番組内で二人のクイズ王に勝利し賞金100万ドルを得たことです。Watsonは、人間の言語(=自然言語)を処理し、文脈を解釈することにより幅広い分野の問題で正解することができました。クイズを制したWatsonは、その後に医療界への転身を宣言しました⁵⁾。例えば、がん領域では、60万件以上の医学研究の結果や医学専門誌からの200万ページにおよぶテキスト、臨床試験データを学習したとされています。成果はこれからと言えるかもしれませんが、一つのシステムがこのようなボリュームの情報を獲得した、という点では医療への人工知能応用での大きな飛躍と言えるでしょう。

「猫」を識別したDeep Learning

WatsonがJeopardy!で勝利した翌年の2012年、人工知能研究において衝撃の論文が発表されました⁶⁾。GoogleとStanford大学による、この研究で

図1 ニューラルネットワークの例



は、コンピュータに事前に何も教えることをしなくても、自ら学習して、雑多な画像の中から「猫」を分類できる能力を獲得した、というものです。Deep Learningは、汎用的な問題解決する強い人工知能を目指していると言われていています。その仕組みは、ニューラルネットワークを発展させたものです。ニューラルネットワークとは、図1にあるように、ニューロンに見立てた関数(図中の●)を相互に接続し、階層化させてコンピュータ上に表現したものです。生物のニューロンと同様に、関数のニューロンも入力値に応じてオン・オフの状態になります。そしてニューロンの数を増やし複雑に結合することで複雑なデータ処理ができるようになります。ニューラルネットワークは1980年代の第二次AIブームの際に大変注目されました。しかし、当時のコンピュータでは数十のニューロンを3層程度結合するだけが限界で、期待されたほどに複雑なデータ処理はできませんでした。今日のDeep Learningでは、Deepという名が示す通り、層を「深く」、複数結合した構造のニューラルネットワークが使用されます。前述の「猫」を自動識別する研究では、16,000コアのCPU(中央演算子)を使用して、10億以上のニューロン結合を実現したと報告されています。

遂に、ゲームをプレイする人工知能が出現

ゲームは人間が遊ぶためにコンピュータが提供するものですが、発想を逆転させて、コンピュータ(人工知能)はゲームをプレイできるか、という課題に挑戦した研究が発表されました。発表先は、

なんと学術誌Natureです。Googleに買収されたDeepMindという企業に属する人々による研究ですが、注目すべきは、人工知能にはゲームのやり方を予め教えることはせず、人工知能にゲームで試行錯誤させ、試行錯誤の末に人工知能は人間よりも上手にゲームをプレイするようになった点です。前述したチェスをプレイするDeep Blueは、チェスの駒の動かし方、盤面の形勢の評価の仕方、等々を予め教えられています。その点でDeep Blueは人間が鍛えたチェスマシンです。しかし、DeepMindの研究では、人工知能にはゲームを与えるだけで、そのプレイ方法は教えていないのです。また、ゲームの種類を問わない、という点でDeepMindは「強い人工知能」に近づいたとも言えます。例えば、「ブロック崩し」では、人工知能がプレイを開始してから最初の1時間では34%程度しかボールを打ち返せませんでした。2時間後には一般人の技量を上回り始め、4時間後には、ブロックの「端」を攻め、ボールを裏側に通し得点を稼ぐ、という「技」を自ら獲得しました。興味のある方のためにYouTubeの動画を参考文献にリストします⁹⁾¹⁰⁾。

Singularityは近いのか

近年の人工知能の成長と発達を見ていると、いろいろな懸念も浮かんでくるのではないのでしょうか。例えば、90年代の湾岸戦争ではミサイルによる攻撃をまるでテレビゲームのようだと表現しました。当時は、兵器をゲームのように操っていたのは人間ですが、近い将来に人工知能の方が人間よりゲームを上手に操れるのであれば、兵器の操作は人工知能が担当するようになるでしょう。銃を備えたドローンが突然上空から現れて、一発で人間を仕留める光景を想像するのは難しくないと思います。人工知能の脅威については、ホーキング博士、イーロンマスク、ビルゲイツなどの著名人がいち早く懸念を示し、その安全利用のための共同声明も出しているくらいです¹¹⁾。

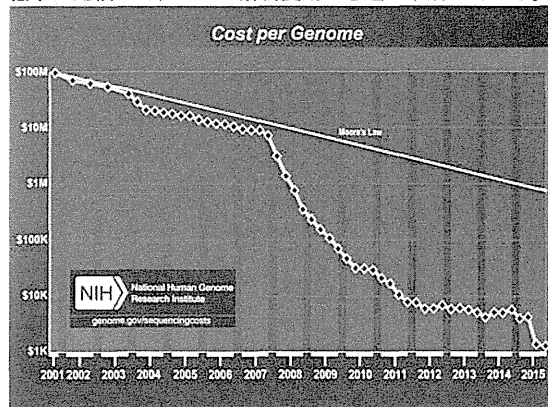
皆さんは、Singularityという言葉をご存知でしょうか。直訳は「特異点」、あるいは「技術的特異点」と訳されますが、人間が発明の主体であっ

た科学技術の進歩は、そのうち、ある時点 (Singularity) をもって人工知能や人間以外のものにその座を譲ることになり、Singularity以降の科学技術の予測は人間にはできなくなる、という概念です。この分野で有名な著者であるレイ・カーツワイルは、Singularityが2045年頃であると10年以上前に記しました¹²⁾。

医療にコンピュータは必要か？

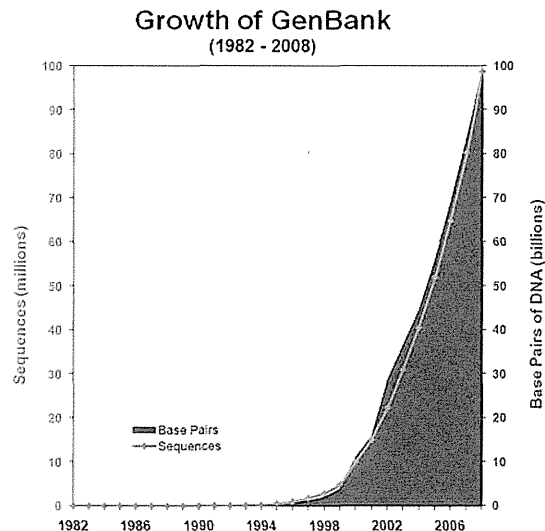
さて、未来予測はこれくらいにしまして、医療に話を戻します。果たして、医療にコンピュータは必要なのでしょうか。私たちは、現在の「電子カルテ」製品など無くても医療を実践できることは分かっています。しかし、それは市販されている「電子カルテ」ソフトウェアの機能の大部分は、紙伝票のやり取りを電子化したに過ぎないからです¹³⁾¹⁴⁾。カルテだって、私たち人間が記述している訳ですから、それをデータにしたところで量は知れています。それでは、医療分野で人間が扱えないほどのデータ量を生み出す領域はあるのでしょうか。それはゲノム関連領域です。図2は、ゲノム解析費用の変遷を示したグラフです。Mooreの法則(白線)で示されるコンピュータの価格低下に比較して、ゲノム解析費用は急速に下落しているのがわかります。2015年時点でヒトゲノムの解析費用は10万円程度であると示されています。図3は、ゲノムデータベースであるGenBankに登録さ

図2 ゲノム解析費用の変遷。縦軸は費用(対数)、横軸は年。Mooreの法則(白線)で示されるコンピュータの価格低下に比較して、ゲノム解析費用は急速に下落している。



参考文献15より引用

図3 GenBankのゲノム登録の変遷



<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/genbankstats-2008/>
より引用

れたゲノム量の変遷を示しています。こちらも幾何級数的に増加し10億をかなり以前に突破しています。このようなゲノムデータを活用する医療ではコンピュータの支援なしに医療は成り立たないと考えられています。実際に、米国では、このような分野をPrecision Medicineと呼び、大統領自らその重要性を説きました¹⁶⁾。

ゲノムの視点からは、私たちが日常の診療で診る患者さんの状態を「表現型 (Phenotype)」と呼びます。この「表現型」、つまり、症状や徴候のデータベースは各国で急速に整備されています。ゲノムと表現型の関係がデータベース化されると、人間である医師がまず患者さんを診察する、という現在の診療スタイルから、事前にゲノムデータを取得してから診察の方が効率的ではないかと論ずる人も出てきています。

人工知能にとって 医療現場の課題とは

幸いにして(?)、自然言語処理にしても、Deep Learningにしても医療における華々しい応用例はまだ示されていません。これについて筆者は、医療の根本的な性質から来ると想像しています。それは数値化の難しさと情報の不完全性です。患

者さんの表情や話し方などの様子は現時点ではコンピュータで意味ある形で数値化できません。また、現在、コンピュータが入手できる医学知識は教科書や学術誌に記述された、あるいは、カルテに記述された範囲です。人間の医師だって、これらだけを頼りに診療はできないと思います。過去を振り返って抽出された事象の記述ではなく、患者さんから得られるものすべてをリアルタイムにデータとすることができないとコンピュータの臨床参加には大きな壁があると考えています。また、私たち臨床医は患者さんから得られる情報が常に不完全であり時と共に変化するものだという事を知っています。この不完全性は、どんなにコンピュータが発達しても臨床の現実として変わることはないでしょう。

人工知能時代の医師の役割は？

前述の課題はさておき、役に立つ人工知能が医療現場にやってきたとします。さて、その人工知能はどのような形で医師の前に現れるのでしょうか。人工知能は、ゲノムデータから生活データまで全てを網羅的に解析し、診断名をズバリと提示する、でしょうか。筆者はそうではないと考えています。人工知能は、項目と確率を対にして医師に提示すると想像しています。例えば、診断支援の場合には、診断名について、A 87%、B 8%、C 5%といった具合です。確率から逃れられない理由は前述の臨床の不確実性からきています。私たち医師に必要な能力の一つは、コンピュータが提示してきた確率付きのリストを読みこなし患者さんに最適なものを判断することだと考えます。もう一つ欠かせないのは「価値観」を理解する能力です。簡単な例を考えてみましょう。ここに80回に1回当たるくじがあるとします。くじに当たると10万円がもらえます。外れると何ももらえません。また、くじを引かないという選択肢もあり、その場合は1,000円もらえます。皆さんは、くじを引くでしょうか、引かないでしょうか。これを確率統計の立場で議論すると、「期待値」を計算するのが一つの方法です。この場合の期待値は、 $100,000 \times (1/80) + 0 \times (79/80) = 1,250$ 円と計算され

ますので、「理論上」は、くじを引くべきです。しかし、これを決定するのは本人の価値観です。くじに外れるリスクを取らず、今すぐに1,000円を手にした場面はいくらでもあります。このことから、診療場面において「価値観」は大きな意味をもつと考えています。ただし、人工知能が提示することだけを信じたいと考える患者さんもいるでしょうし、信頼している医師とコンピュータを見ながらの相談で決めることを好む患者さんもいるでしょう。いずれも本人の価値観次第です。

人工知能の発達を目の当たりにしながら医療はどのような方向に向かっていっているのでしょうか。2000年頃から医療は安全を極度に重視するようになり、様々な診療内容が手順化、マニュアル化、ガイドライン化されてきました。このこと自体は悪くはありませんが、これを医療の全てと捉える次の世代の医師が出てくることには危惧を感じます。自動車の運転や単純な販売業務など、将来において手順化できるものはことごとく人工知能とロボットに置き換えられていくと考えられています。医療は、単純な手順化ばかりを目指していいのでしょうか。将来、コンピュータは益々気が利くようになり、一方の人間は融通の利かない手順化業務をこなすことで大丈夫でしょうか。人工知能と共存する医療の在り方を考えるのは未来学者でもコンピュータサイエンティストでもなく、医師なのではないでしょうか。医療の現実を最も身近に見ている職業なのですから。

【参考文献】

- 1) William B. Schwartz, M.D. *Medicine and the Computer - The Promise and Problems of Change*. N Engl J Med 1970; 283:1257-1264
- 2) Eta S. Berner, George D. Webster, et al. *Performance of Four Computer-Based Diagnostic Systems*. N Engl J Med 1994; 330:1792-1796
- 3) 松原仁編. *コンピュータ囲碁*. 共立出版. 2012.
- 4) IBM Watson (ワトソン) - Japan.
<http://www.ibm.com/smarterplanet/jp/ja/ibmwatson/>
- 5) IBM Watson Health.
<http://www.ibm.com/smarterplanet/us/en/ibmwatson/health/>
- 6) Le, Q. et al. *Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning*. International Conference in Machine Learning (2012)

7) Using large-scale brain simulations for machine learning and A.I.

<https://googleblog.blogspot.jp/2012/06/using-large-scale-brain-simulations-for.html>

8) Mnih, V., et.al. Human-level control through deep reinforcement learning. Nature 518, 529–533.

9) Google DeepMind's Deep Q-learning playing Atari Breakout.

<https://www.youtube.com/watch?v=V1eYniJ0Rnk>

10) Deepmind artificial intelligence @ FDOT14.

<https://www.youtube.com/watch?v=EfGD2qveGdQ>

11) 人工知能の軍事利用に警鐘、E・マスク氏ら著名人が公開書簡. <http://www.cnn.co.jp/tech/35068128.html>

12) レイ・カーツワイル. ポスト・ヒューマン誕生—コンピュータが人類の知性を超えるとき. 日本放送出版協会 (2007/01)

13) 澤智博. IT= 迷惑なもの? 発展途上の医療IT化. <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20130524/479482/>

14) 澤智博. ビッグデータを診ない医師、読めない機械. <http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/feature/15/327442/111500025/>

15) DNA Sequencing Costs.

<http://www.genome.gov/sequencingcosts/>

16) The Precision Medicine Initiative.

<https://www.whitehouse.gov/precision-medicine>

