第IX次 学術推進会議 報告書

人工知能 (AI) と医療

平成 30 年 6 月

日本医師会 学術推進会議

日本医師会

会長横倉義武殿

学術推進会議 座 長 清 水 孝 雄

第IX次学術推進会議報告書

学術推進会議では、平成 29 年 1 月 19 日開催の第 1 回会議において、貴職より「人工知能(AI)と医療」との諮問を受けました。

これを受けて6回の会議を開催し、鋭意検討を続け、ここにその結果をとりまとめましたので、ご報告申しあげます。

第区次学術推進会議委員

座 長 清水 孝雄(前日本医学会副会長、国立国際医療研究センター理事)

副座長 森 洋一(前京都府医師会長、京都府医師会顧問)

委 員 門田 守人(日本医学会会長、堺市立病院機構理事長)

門脇 孝(日本医学会副会長、東京大学大学院医学系研究科特任教授)

飯野 正光(日本医学会副会長、日本大学医学部細胞分子薬理学部門

特任教授)

髙久 史麿(前日本医学会長、地域医療振興協会会長)

寺本 民生(前日本医学会副会長、帝京大学臨床研究センター長)

石川 育成(岩手県医師会長)

小村 明弘(前島根県医師会長、島根県医師会顧問)

河野 雅行(宮崎県医師会長)

近藤 邦夫 (石川県医師会長)

諸岡 信裕 (茨城県医師会長)

井上 悠輔 (東京大学医科学研究所公共政策研究分野准教授)

竹内史比古(国立国際医療研究センター研究所遺伝子診断治療開発研究部

室長)

中村 博幸 (東京医科大学茨城医療センター内科 (呼吸器) 科長/教授) 湯地晃一郎 (東京大学医科学研究所国際先端医療社会連携研究部門

特任准教授)

吉川 健啓(東京大学医学部附属病院 22 世紀医療センターコンピュータ 画像診断学/予防医学講座特任准教授)

目 次

I.はじめに	1
Ⅱ. 人工知能の基礎	
1. 人工知能とディープラーニングの基礎知識	2
2. 人工知能と医療 その歴史、現在、未来について ――――	5
3. 21 世紀になってからの AI 機械学習・データマイニングで	
何ができるようになったか? ―	8
Ⅲ. 人工知能と医療応用例	
1. 人工知能と医療―画像診断を中心に―	12
2. IBM Watson Health と医療の世界	16
3. 人工知能と医療—NEC の取組み	18
4. 人工知能と診療支援	23
IV. 人工知能―医療と倫理、法、そして患者	
1. 人工知能 (AI) の利用などデジタル医療を実現するための	
次世代医療基盤法の取組み	27
2. 医療 AI の展開と倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) ————	29
V. まとめと提言	34

I. はじめに

現在、人工知能(Artificial Intelligence: AI) は第3次ブームを迎えており、人工知能が人間の能力を越えたというニュースが大きく報じられている。特に Google 社傘下の DeepMind 社が開発した囲碁ソフトウェアの Alpha Go が、人間トップ棋士の棋力を遥かに凌駕したことは世界中に衝撃を与えた。昨年発表された進化版の Alpha Zero は、自己学習し短時間で、旧版の Alpha Go、さらにオセロや将棋などのゲームの最強ソフトを超える能力を獲得している。

人工知能の利活用はあらゆる分野に大きな影響を及ぼすと予想されている。 音声認識、画像認識、自動運転技術など、人工知能の利活用が様々な分野で進 み、IoT、ブロックチェーンなどの新技術と併せ、産業構造の大きな変化が期待 されている。

医療健康分野においても、人工知能の利活用が今後飛躍的に進むと予想されており、医師はその動向を把握し、適切に利活用すべきである。生命科学と情報工学の融合により、人工知能の医療利活用は、ゲノム医療、医療情報、画像診断、創薬、医療経済、看護、介護領域など多岐に広がると期待される。遺伝的素因と環境的要因、遺伝型と表現型の膨大な情報が併せて解釈されることで、治療から早期診断・予防へ、先制医療への移行が加速するであろう。

人工知能の利活用にあたっては、データの集積が重要である。実臨床の場において医療情報は生み出される。大量のデータを集積し、データを構造化し、学習し、実臨床への実装につなげていくことが、患者さんに役立つ医療に繋がる。医師の役割は引き続き重要であるが、医師患者関係に及ぼしうる影響に注意する必要がある。この観点から、本報告書では、人工知能が医療分野に与える影響についての、倫理的・法的・社会的課題(ELSI: Ethical, legal, and social issues)も併せて検討する。

Ⅱ. 人工知能の基礎

1. 人工知能とディープラーニングの基礎知識

人工知能について、身近でどのように使われているか、どのような特徴があって有用なのか、どのような仕組みでできているかを解説する。

(1) 身近にある人工知能

①ボードゲーム

2016年に囲碁世界チャンピオンのイ・セドルに人工知能 Alpha Go が勝って話題になった。チェスや将棋では既にコンピュータが人に勝っていたが、囲碁は局面の数が断然多いため、コンピュータが勝つのは相当先になると予想されていた。囲碁は1回に打てる手が約250通り、1ゲームに約150手あるとすると、局面の数は 10^{360} と膨大で、宇宙の原子の数より多く、コンピュータといえども全ては扱い切れない。しかし、全ての場合を網羅するのではなく、人工知能は賢く着手を選べていた。

②経路探索

カーナビや電車の乗り換え案内でも、人工知能は使われている。時間や交通 費について最適な経路を選び出すことが目的である。道路図や路線図、時刻表、 渋滞状況に基づき、多数ある経路の中から最適なものを探索する。

③ウェブ検索

ウェブ検索も人工知能が背後にある。検索単語から利用者が欲しがっている情報を推測し、膨大な数のウェブページの中から合いそうなものを挙げていく。 あるいは、検索単語なしでも、利用者のウェブ閲覧履歴から、お勧めの商品・ニュース記事・音楽・映画を選び出して提示する。

④自然言語処理+知識ベース

2011年にアメリカのクイズ番組「Jeopardy!」で、人間のクイズ王に人工知能 Watson が勝った。クイズは英語、つまり自然言語で出題された。自然言語とは、人間が読み書きする言語のことであり、コンピュータ用に作られたものではない。コンピュータには扱いづらいデータであるが、これを扱えるようにしているのが自然言語処理である。自然言語処理に知識ベースを組み合わせた人工知能が実現している。知識ベースは、知識をデジタル化してコンピュータで扱えるようにしたものであり、Wikipedia などはその一例である。

⑤会話するパーソナルアシスタント

自然言語処理+知識ベースの次の段階は、会話をすることである。必要になるのは、音声の認識と合成、つまり聞いて話すことである。音声と文章は、ど

ちらも無数にあるが、人工知能により両者を適切に対応付けられるようになってきた。身近な例では、スマートフォンに「きょうの天気は?」と訊ねると音声で返してくれる。

⑥画像認識

ディープラーニングにより、今、最も進歩しているのが画像認識である。画像認識では、写真のなかの顔・性別・年齢を認識したり、組織画像から癌を検出したりする。人工知能により画像と概念が対応づけられるようになってきた。

⑦環境に対応するロボット

人工知能は 3 次元の世界に対応するロボットにも搭載されている。身近な例は、お掃除ロボットである。自動車はまだ完全自動運転には到達していないものの、車間・車線を維持し、あるいは自動駐車もできるようになっている。これらのロボットでは、多数のセンサーにより外界の状況をリアルタイムに観測し、次の動作を判断するのに、人工知能が使われている。

(2) 人工知能とは

人工知能には二つの定義がある。一つは<u>弱い人工知能</u>と呼ばれるもので、<u>人間が知能を使ってする特定のことが代わりにできる機械</u>、<u>知的に振る舞える機械</u>であり、振る舞えさえすれば中の仕組みがどうなっているかにはこだわらない。それに対して<u>強い人工知能</u>は、人間の知能そのものを持つ機械で、これをあえて「人工汎用知能」と言うことがある。例えば、鉄腕アトムやドラえもんであり、まだ実現はしていない。前節で紹介したのはいずれも弱い人工知能であるが、日常生活で十分に役立っている。当面の間は実世界に影響するのは弱い人工知能なので、そちらのみを本章の残りでは議論する。

人工知能が有用なのは、<u>実世界を認識・学習して、問題解決できる機械</u>だからである。入力データとして膨大な数の場合を受け取り、出力の候補から目的に最適のものを賢く選ぶ。ボードゲームであれば今の局面に対して次の指し手を選び、ウェブ検索なら与えられた検索単語に対して最適なウェブページを選ぶ。画像認識であれば、写真を入力とし、その写真を説明するようなキーワードを返す。自動運転では周囲の交通状況をセンサーで入力しハンドル・アクセル・ブレーキ操作を行う。

(3) 人工知能の仕組み

これまでに開発された人工知能は、その仕組みおよび発展段階から、四つに分けられる。人が書いたプログラムのみで作動するのが<u>探索アルゴリズム</u>であり、それに人が書いた知識ベースを加えたのが<u>エキスパートシステム</u>である。これらは全てを人間が指示する必要があるのに対し、実世界のデータからコン

ピュータが自動的に学習してくれるのが、<u>機械学習とディープラーニング</u>である。機械学習が動作を調整するパラメータを学ぶのに対し、ディープラーニングはもっと抽象的なデータの表し方(特徴表現)を自動的に学習する。

四つの仕組みによる人工知能の分類は、本章第一節の用途による分類とは別観点になる。例えばボードゲームの人工知能の仕組みは、四段階で発展してきた。1997年にチェス世界チャンピオンのカスパロフに勝った Deep Blue はエキスパートシステムであり、2016年に囲碁世界チャンピオンのイ・セドルに勝ったAlpha Go はディープラーニングである。一方、音声認識と画像認識は、機械学習により初めて実用的になり、ディープラーニングによりさらに進歩している。以下、それぞれについて簡単に説明する。

①探索アルゴリズム

探索問題では、ある出発地から目的地に至る最適の経路を探索する。可能な 経路は指数的に多く、単純に全通り計算することはコンピュータといえどもで きない。そこで何らかの工夫をして最適経路を効率的に見つけるのが探索アル ゴリズムである。地図の経路探索に限らず、多様な問題が探索アルゴリズムで 解決できる。例えばボードゲームは、それぞれの局面を地図上の場所とみなし、 指し手を移動とみなせば、探索問題として扱える。

②エキスパートシステム

エキスパートシステムは、推論エンジンと知識ベースを組み合わせたものである。推論エンジンは、探索アルゴリズムと同じような仕組みであり、動作はあらかじめ人間がプログラムしておく。ここでの「推論」は、例えばキーワードからの統計的推定であり、実際に質問を理解しているわけではない。推論エンジンを補強するものとして、知識ベースを用意する。知識ベースには、知識を「ルール」としてあらかじめ入力しておく。

③機械学習

機械学習では実際のデータを利用して、コンピュータが少しずつ賢くなる。 入力と出力の関係づけ方のパラメータが、データを元に学習される。機械学習 に用いるデータを特徴量といい、これは人間がデザインする必要がある。たと えば性別・住所・身長・年齢・年収などの属性のどれを選んで特徴量にするか は、人間が考えなければならない。

④ディープラーニング (特徴表現学習)

機械学習では、特徴量を実際の問題ごとに人間が設計する必要があった。しかし、問題は世の中にたくさんあり、いちいち人間がやっていると切りがないので、機械に特徴量を設計させたい。特徴量の表現法もデータから学習させるのがディープラーニングである。ディープラーニングにより、機械が自ら特徴表現や概念を獲得できるようになった。

2. 人工知能と医療 その歴史、現在、未来について

近年、人工知能の技術進化が大きく話題となっている。臨床医の能力がいつ人工知能に並ばれるのか、震撼を持って見守っている医師は多いと思われる。興味深い 2015 年の論文、「いつ人工知能は人間を凌駕するのか」(When Will AI Exceed Human Performance? Evidence from AI Experts. https://arxiv.org/abs/1705.08807v1)がある。0xford未来研究所/Yale 政治学部の人工知能研究者 352 名に、機械が人間の手を借りずに全業務を人間労働者よりもうまく安価に行える(High-level machine intelligence: HLMI)ようになる時期についてアンケート調査を行ったものである。HLMI 到来まで9年以内と答えた研究者が10%、45年以内は50%であった。これによると、人間を超える人工知能の到来時期は、外科医2053年とされている。ちなみに、ベストセラー作家は2049年、販売員は2031年、トラック運転手は2027年、高校生レベルエッセイストは2026年、そして翻訳家は2024年である。

現在、人工知能は第3次ブームを迎えている。第1次ブームは推論・探査を、 第2次ブームはルールを、そして第3次ブームは深層学習を基盤としている。

人類の知能を人工知能が凌駕する、技術的特異点(シンギュラリティ)が到来する、という説が存在する。これは米国の発明家・未来学者であるレイ・カーツワイル博士(現 Google 社)により初めて提唱された。コンピュータの集積回路の細密化度が指数関数的に増加するムーアの法則に基づき、人工知能の進化・技術革新も加速するという収穫加速の法則に基づいている。カーツワイル博士は当初、技術的特異点到来の予測を2045年としていたものの、近年の講演では2029年に前倒しした。カーツワイル博士の1990年代以降の146件の未来予測は86%の的中率であり、前倒し予測が正しい可能性は高い。ひとたび技術的特異点に達し臨界点を突破すると、人工知能の進歩を予測することは困難となる。技術点特異点後の、人工知能が人類にもたらす脅威に対し、ビル・ゲイツ氏、イーロン・マスク氏などのIT企業者やホーキング博士などの科学者が強い警鐘を鳴らしており、現在議論が行われている。特に人工知能技術の悪用(dualuse)が懸念されている。

人工知能の利活用はあらゆる分野に大きな影響を及ぼすと予想される。音声認識、画像認識、自動運転など、人工知能の利活用が様々な分野で進み、IoT、ブロックチェーンなどの新技術と併せ、産業構造の革命的変化が期待されている。昨年、日本市場でも人工知能搭載スピーカーの日本語版が発売された。家電、自動車など様々な IoT 機器との連携が今後ますます進むであろう。

人工知能研究・利活用では、諸外国、特に米国 IT 企業、Google, Apple, Facebook,

Amazon (以上 GAFA), Microsoft、そして中国企業 Baidu, Alibaba, Tencent (以上 BAT)が研究費・産業化とも圧倒し先行している。前述の Alpha Go, Alpha Zero は、Google 子会社の DeepMind 社によって開発されているが、DeepMind 社は英国 NHS と提携し、眼底写真・CT/MRI 画像、臨床情報など、160 万人患者の医療ビッグデータの解析を実施しているのは特筆すべき事項である。

人工知能の医療分野の利活用は、今後ますます進むであろう。生命科学と情報工学の融合により、人工知能の医療利活用は、ゲノム医療、医療情報、画像診断、創薬、医療経済、看護、介護領域など多岐にわたるであろう。人工知能の技術革新の中心は、深層学習と構造化であるが、医療分野の様々な情報(臨床情報、各種検査値、画像、病理など)が構造化され、遺伝的要因と環境的素因、遺伝型(Genome)と表現型(Phenome)の膨大な情報と併せて解釈されることで、革命的変化が医療健康領域にもたらされると考えられる。

人工知能の利活用においては、データの集積が最も重要である。高速に大量に産生される生データを入手し、翻訳・解釈を実施する、デファクトスタンダードを握った企業・団体がすべての市場を占有する。今後 IT 企業による医療・健康分野領域への参入、人工知能による融合が益々進んだ場合、医療・健康分野領域は IT 企業に席捲される可能性がある。医療の専門家が存在しなくても、情報工学の専門家だけでデータの翻訳・解釈が可能となるためである。限りなく医療健康サービスの費用は、低減化される可能性がある一方、患者・利用者側の観点からは、利用者が進んで自らの医療健康データの提供を行うことで、データから得られるサービスを無料で、あるいは非常に安く享受できる可能性がある。これは既存の IT サービス利用と同様である。

さらには、米国 IT 企業が日本および世界の IT 市場を支配してしまったように、医療の人工知能利活用においても米中の IT 企業が日本市場を寡占化してしまうことが懸念される。医療健康情報は一度電子化されると容易に転送可能であり、国境は存在しない。国際的な動向を踏まえ、国策としての対応が急務である。

倫理的・法的・社会的課題 (ELSI: Ethical, legal, and social issues) の課題検討は急務である。規制当局における医療機器該当性、人工知能を利用した診断・治療の意思決定・責任分担、人工知能による未承認医療技術提示への対処、人工知能による意図せぬ結果が提示された際の取扱い、医療者を介さない健康医療サービス利用の是非、人工知能医療技術の利用者の範囲、既存診療情報の二次利用における配慮、患者の利益保護、個人情報保護、国際的な規制調和など、今後新しい枠組みの議論が必要であると考えられる。

未曽有の高齢化を迎える日本は、人工知能を利活用した最先端医療を先駆けて実施することで、世界に貢献できる可能性があると考える。医師と人工知能

の協調により、誤診率が 85%減ったとする報告がある。2016 年実施の転移性乳 癌の診断コンテスト (Camelyon Grand Challenge) において、人工知能の誤診 率は 7.5%、病理医の誤診率は 3.5%であったが、人工知能と医師の診断併用で、 誤診率は 0.5%にまで減少した。

医師の特定の能力を人工知能が凌駕した将来、人間と人工知能のどちらが優れているか?人間が淘汰されるか?の議論ではなく、<u>人間と人工知能が協調する、素晴らしい医療が、近未来に実現することを望みたい。</u>

3. 21 世紀になってからの AI 機械学習・データマイニングで何ができるようになったか?

人工知能(AI) (1)、(2) が注目されるようになったが、チェス、将棋、囲碁、クイズ番組(IBM の Watson)といった従来人間が得意とした分野に対等、それ以上の能力を発揮したコンピューターが登場したということによる。しかし、このような能力を獲得するまでに、おおよそ50年以上の年月と研究者の努力があったということはあまり語られていない。本稿では、現在のAI がどういう背景に登場したかをふまえて、最近のAI の動向について概説し、今後の医療分野の応用を議論する。

(1) 初期:1960年代の人工知能

人工知能(AI) は 1956 年 7 月に当時ダートマス大学に在籍していた John McCarthy が Marvin Minsky ら 10 名の研究者を集めて、ダートマス会議を開催、McCarthy がコンピューターのプログラムによって人間の知能と同程度の知能を実現する研究を Artificial Intelligence と定義したことに由来する ⁽³⁾。当時、McCarthy は計算機上で AI を実現するためにプログラム言語 (LISP: List Processing Language ⁽⁴⁾)を開発した。

人間の知能を最も感じさせるものがパズル、チェスであったことから、パズルやチェスを解かせるプログラムが開発されるようになった。これらは最終ゴールが用意されていて、そのゴールに向けての解の探索ということが重要である。しかし、解を探すという処理は考えなければならない状態数が増えると、そのままでは手に負えず、とても人間の専門家がこのような情報処理を行っていないことが予想できた。そこで、ちょっとした知識を使って、解を効率的に探す方法(発見的探索; heuristic search)に活路を求めようとしたが、1980年代までは、アマチュアのレベルを越えることがなかった。

(2) 中期: 1970-80 年代の人工知能

発見的探索の有効性が認められるなか、チェスの専門家の知識が実は重要である、人間の専門家の知識をコンピューター上で表現することが重要でないかと考えられるようになり、エキスパートシステムが開発されるようになった。最初に登場したのは1965年のE.A. Feigenbaumらによる質量分析法などの実験データと化学に関する知識ベースを使って、データに適合すると考えられる化学構造を割り出すDendralというシステムであった。E.H. Shortliffeが医療応用として感染症の診断を行うMYCINを1972年に開発するようになり、実際の症

例での診断精度が 65%と良かったことから、ルールをより洗練化すれば、精度が上がる、またルールの範囲を広げれば、より大きな領域での診断が行えるのではないかと考えられ、精力的に医療エキスパートシステムの研究開発がなされた (5)。このブームの中で、一階述語論理を用いて、人工知能を実現しようとする第五世代コンピュータープロジェクト (6) として、1982 年に立ち上がった。ここでは、Prolog (7) がその開発言語として採用された。

(3) AI 冬の時代: 1990 年代

さまざまなエキスパートが開発される中、次の問題点が明らかになってきた。 ①計算資源が小さく、一つ一つのコンピューターの能力が貧弱なため、問題 解決能力が低かった。

- ②大量の知識の妥当性を見るためには、知識を構造化するか、あるいはその知識のための質問を大量に用意しなければならない。1980 年代当時は複雑な知識で推論できるコンピューターはなく、また、キーボード以外には入力インターフェイスがないため、入力の手間もかかった。
- ③一度、専門家から獲得した知識は完全に固定されてしまう。学習機能はないため、ユーザーがエキスパートシステムを使っているうちに、その知識のパターンを学習してしまい、エキスパートシステムを利用する価値が薄れていく。以上のような問題点がすぐには解決しなかったため、エキスパートシステムの限界が語られ、ブームが過ぎ去った。

(4) 今世紀に入っての AI

上記3つの問題点をふまえると、今、再興している人工知能の研究がどうして生まれたかが容易に分かる。まず、①に関しては、1つ1つのコンピューターが非力でも、協調的あるいは分担して計算させることによって、計算能力が増大する。このような考え方を元に発展したのが、エージェント⁽⁸⁾ あるいは、マルチエージェント^{(9)、(10)} という考え方である。②については、2つの流れがある。計算機と人間がスムーズにやりとりできるようなためのインターフェイスの研究(Human-Agent Interaction)⁽¹¹⁾、知識の精度をより高くするオントロジー工学、そして③については、計算機に学習させようとする機械学習⁽¹²⁾、およびそれから派生したデータからの知識発見(データマイニング)⁽¹³⁾ である。

この中で、1990年以降急速に発展したのが、機械学習およびその応用として のデータマイニングであり、次々と新しい手法が提案・実用化されている。

まず、相関ルールを始めたとしたルール型知識の生成で、与えられたデータから、ルールのような知識を取り出すもので、これは現在では、Amazon や Google をはじめとして E-コマースの分野での Web インターフェイスに組み込まれてお

り、各顧客の購入履歴・閲覧履歴から、顧客が購入する可能性の高い商品の候補を自動的に呈示するようになっている。次に、出現したのが、サポートベクターマシン (14) で、2000 年代に入って登場、顔の認識等で高い認識率を上げて、そのスピードから、デジタルカメラや監視カメラ等の顔認識の部分で実装されるようになった。2010 年代になって、深層学習 (Deep Learning) (15) が登場、囲碁の世界チャンピオンを破ったこと (16) は記憶に新しい。

コンピューター将棋が強くなったのも、実はエージェントの元となった分散協調型並列計算と機械学習を活用したことによる。特に、過去の棋譜を電子化し、その電子化されたデータから機械学習的手法によって、次の手の読みについての知識を獲得する方法の導入がブレークスルーとなった。囲碁については、少し経緯が異なり、電子化された棋譜の解析において、画像処理の方法をふんだんに取り込むことで画像認識率を上げた深層学習の手法を取り入れることがブレークスルーとなった。これらは、将棋が駒の動き・指し手の順番が重要であるのに対し、囲碁がその碁面での位置関係の認識が重要であることによる違いと考えられる。しかし、いずれにしても、過去の膨大な棋譜を電子化し、その膨大なデータに機械学習的手法を適用することが重要である。

(5) 医療応用に向けて

現在では、必要とするパターンの形式を指定し、それを評価するような基準が設定できれば、最も基準を満たすパターンを取り出すことが可能となってきた。となると、パターンの導出が問題ではなく、与えるべきデータを十分用意することが重要であり、電子的に蓄積されたデータが不可欠である。もし、蓄積された情報が実体の情報を反映しているとすれば、実体に関係するような知識・パターンを抽出し、抽出されたパターンを使って、思考過程を補強することが可能となる。結局のところ、Amazon等のサイトがやっていることも、膨大な顧客の購入履歴データから規則性を発見しているので、いわゆる膨大なデータの集積いわゆるビッグデータの利活用ということに尽きる。1980年代後半より、この利活用の研究が始まった機械学習の分野、30年近くを経て、計算資源の充実、電子化情報の増加によって、実世界の道具として活躍しはじめたと言える。

参考資料

- (1) . 馬場口登 , 山田誠二. 人工知能の基礎. 第2版: オーム社, 2015.
- (2). 人工知能学会. 人工知能学会大事典. : 共立出版, 2017.

- (3) . McCarthyJ., ほか. A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE. 1955.
- (4). McCarthyJ. RECURSIVE FUNCTIONS OF SYMBOLIC EXPRESSIONS AND THEIR COMPUTATION BY MACHINE (Part I). 出版地不明: Communications of ACM, 1960.
- (5). 田中博, (編). パソコンエキスパートシステム 医療診断プログラミングの基礎と実例. 出版地不明: 海文堂, 1987.
- (6). 電子計算機基礎技術開発推進委員会. 第五世代コンピュータ・プロジェクト. 1994.
 - (7). 安部憲弘. Prolog プログラミング入門.: 共立出版, 1985.
 - (8). 西田豊明, ほか. エージェント工学. : オーム社, 2002.
- (9). 生天目章. マルチエージェントと複雑系. 出版地不明: 森北出版, 1998.
- (10). 大内東,川村秀憲,山本雅人.マルチエージェントシステムの基礎と応用―複雑系工学の計算パラダイム.:コロナ社,2002.
- (11). 大澤博隆. ヒューマンエージェントインタラクションから見る人工物・人工システムのエージェンシー. 出版地不明: 日本ロボット学会誌, 2013. ページ: 31(9) 868-873.
- (12). BishopC.M. パターン認識と機械学習 上・下. (訳) 元田浩 他. 出版 地不明: 丸善出版, 2012.
 - (13) . 元田浩, ほか. データマイニングの基礎. : オーム社, 2006.
 - (14) . 竹内一郎 , 烏山昌幸. サポートベクトルマシン. : 講談社, 2015.
 - (15) . 麻生英樹 他. 深層学習 (Deep Learning). : 近代科学社, 2015.
- (16). 斉藤康己. アルファ碁はなぜ人間に勝てたのか (ベスト新書). 出版地 不明: ベストセラーズ, 2016.

Ⅲ. 人工知能と医療応用例

1. 人工知能と医療-画像診断を中心に-

画像診断は、人工知能の実用化が最も早いと考えられている医療分野の 1 つである。医用画像の大部分はデジタル化されており、また画像認識などのすでに確立した人工知能関連技術が応用しやすいためである。

本項は、CAD (computer aided/assisted detection/diagnosis:コンピュータ支援検出/診断)を軸に話を進める。CAD は一言で言うと画像診断の弱い AI であり、単純写真、CT (computed tomography:コンピュータ断層撮影)、MRI (magnetic resonance imaging:磁気共鳴画像) などの医用画像をコンピュータで解析し、病変候補の検出や病変の質的診断を行うものである。

筆者の研究チームで研究、開発している CAD ソフトウェアの具体例をいくつか紹介する。

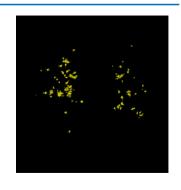
(1) 肺結節検出 CAD

エキスパートシステムを用いて、胸部 CT 画像を入力して肺結節候補を提示するソフトウェアである。まず胸部 CT 画像から肺野領域を抽出し、3 次元形状解析で球状に近い形状を選ぶことで病変候補領域を抽出する(図1)。各病変候補の特徴量を計算することで、陽性と偽陽性を識別する。得られた病変候補の上位 5 個を web 上で提示する。

(図1)

CAD: エキスパートシステム 肺結節(胸部CT)

3次元形状解析で 病変候補領域抽出 (球状に近い形状 を抽出)

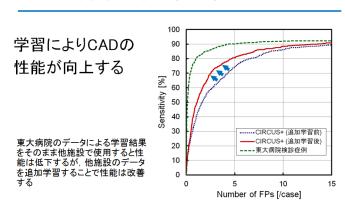


このソフトウェアは機械学習を行うことができる。症例とその正解をセット

で学習することにより、陽性と偽陽性を識別する識別境界が最適化され、CAD の性能が向上する。例えば、東大病院のデータによる学習結果をそのまま他施設で使用すると性能は低下するが、他施設のデータを追加学習することで性能は改善する(図 2)。

(図2)

CAD:機械学習 肺結節(胸部CT)

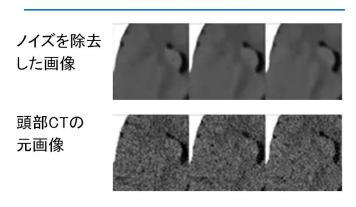


(2)頭部 CT のノイズ除去

オートエンコーダを用いた頭部 CT のノイズ除去である。ニューラルネットワークの入力層と出力層に同じ頭部 CT データを入れ中間層でノイズをのせる、という学習を繰り返すと、ノイズ除去の方法を学習する。このニューラルネットワークに頭部 CT を入力すると、ノイズを除去した画像を出力するようになる。ノイズを除去した画像では、頭部 CT の元画像と比較して白質と灰白質の境界が明瞭となっている(図3)。

(図3)

CAD:オートエンコーダ ノイズ除去(頭部CT)



(3) 脳動脈瘤検出 CAD

頭部 MRA (magnetic resonance angiography: 磁気共鳴血管画像) 画像の局所の MIP (maximum intensity projection: 最大値投影法) 画像を入力として脳動脈瘤を検出する (図4、Nakao T, et al. Deep neural network-based computer assisted detection of cerebral aneurysm in MR angiography. J Magn Reson Imaging 2017)。図5に示すディープニューラルネットワークによるディープラーニングを行っている。

(図4)

(図5)

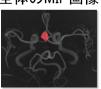
CAD: ディープラーニング 脳動脈瘤(頭部MRA)

MIP画像を入力として脳動脈瘤を検出する

入力画像: 脳動脈瘤局所の 3方向のMIP画像

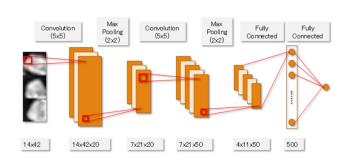


全体のMIP画像



MIP(Maximum Intensity Projection): 最大信号値を投影した画像

CAD: ディープラーニング 脳動脈瘤(頭部MRA)



Nakao T, et al. Deep neural network-based computer assisted detection of cerebral aneurysm in MR angiography.

CAD は、現状では見逃し防止の参考意見程度の位置付けである。ほぼ1つの臓器の1つの疾患にしか対応していない。ほとんどの画像診断医は使用しておらず、米国でのマンモグラフィー用 CAD ソフトウェアを除き普及していない。

CAD の研究と利用がなぜ広まらないのか? 3 つの大きな理由がある。①データが少ないこと、②薬機法とお金、③ソフトウェア本体以外の準備が必要であること、である。順に説明する。

ディープラーニングには大量のデータが必要であるが、症例数は限られている。正解入力できるのは専門家のみであるが、質の高い詳細な正解を作成するには時間と手間がかかる。個人情報保護法の関係で研究者までデータが渡りにくいという問題もある。

CAD ソフトウェアは日本では法律上、医療機器に準じる。そのため、現状のCAD ソフトウェアは非常に高価となっている。また、ソフトウェアを開発しても、医療機器メーカーしか販売できない。一方、病院や診療所には CAD を導入する経済的インセンティブがない。

CAD ソフトウェアができても、ソフトウェア本体以外の準備が必要であるため、 画像診断医が日常的に CAD ソフトウェアを使うまでのハードルは非常に高い。 医用画像専用の通信のプログラミングが必要であるし、医療機器との接続の費 用が発生する。リアルタイムに運用するには、機器の整備や画像の転送、プロ グラムの実行などのルーチン化に加え、メンテナンスも必要となる。

これらの問題は共通プラットフォームを整備すれば解決、緩和できる。その ために筆者の研究チームは CIRCUS を開発した。

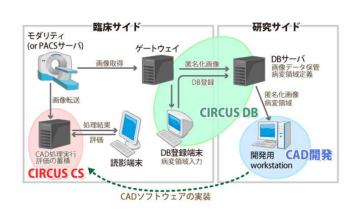
CIRCUS (http://www.ut-radiology.umin.jp/ical/CIRCUS/about.html) は、 CAD の開発、臨床応用の促進を目指すプラットフォームである。CIRCUS の構成 を図6に示す。CIRCUS DB (database) は学習データの収集と正解作成を行う。 CIRCUS CS (clinical server) は日常診療で CAD を使うための web プラットフ ォームである。フリーソフトとして公開中である。CIRCUS CS の結果表示画面の 例を図7に示す。提示された病変候補画像の下にフィードバック用のボタンが あり、フィードバックが正解作成となってさらに学習データが蓄積される仕組 みになっている。

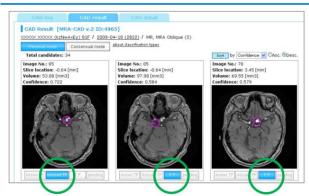
(図6)

(図7)

CIRCUSの構成

CIRCUS CSの結果表示画面





フィードバック:正解作成になる

画像診断の領域で、人工知能の応用は急速に進展している。2017 年にはディ ープラーニングの論文が急増し、米国では数々の CAD ソフトウェアが市場に出 てきている。胸部単純写真や頭部単純CTについては、今後数年のうちに報告書 半自動作成ソフトウェアが実用化されてくるのではないだろうか。日本でも、 質の高い医用画像データの収集体制の確立、薬事審査の迅速化が望まれる。

2. IBM Watson Healthと医療の世界

(1) IBMと人工知能・医療研究

IBMの研究者が医療・ライフサイエンスの研究を開始するきっかけとなったのは2003年のヒトゲノム計画の完了である。膨大な遺伝子データが読み解かれ、高度なIT技術が医療研究の推進に欠かせなくなった歴史的な出来事であった。その一方で人工知能研究も並行して進み、人間のように文章を理解し、音声を認識し、風景を見ることができるコンピュータの開発は、IT研究者の長年の夢であった。IBMの研究グループにもそうした研究者がいて、2007年頃に上級副社長に対してクイズ番組で勝つコンピュータへの投資を求め認められ、4年間かけてクイズ番組に出場し勝てるコンピュータを作った。これがクイズ番組Jeopardy!で起きたことである。その後、人間の脳の回路に着想を得て作られたニューラルネットワークのアルゴリズムによって碁の世界でも人間を打ち負かすようなコンピュータが作られた。最先端の医療研究とAI、それは今後切っても切り離せない関係にあるといえる。

(2) Watsonの医療分野への貢献

Memorial Sloan Ketteringがんセンターの医師により訓練されたWatson for Oncology (WfO) は、最先端のがん診断の領域におけるAI技術の最初の具体的成果である。WfOは患者さんの電子カルテの情報の入力を元に、推奨される治療をエビデンスとともに導き出す。がん研究の論文や、遺伝子のデータベース、NSAが持っている診療情報を基にトレーニングを実施し、乳がんや大腸がん、肺がん、2018年1月時点で13の臓器別がん種を網羅し、癌腫の幅を広げていっている状況である。

続いてNew York Genome Centerと一緒に開発したのがWatson for Genomics (WfG)というゲノム医療・臨床シークエンスの基盤としてのシステムである。がんに関連する研究成果の情報を保有し、電子カルテではなく、がん細胞のゲノム変異情報を解釈し、適切な薬剤に繋げていくものである。ゲノム研究の最先端研究で知られる東京大学医科学研究所の臨床シークエンス研究で使っていただいており、2年前に新聞やニュースで報道された。臨床研究に参加された患者さんから検体を採取し、ゲノム情報をシーケンサーで解読、スーパーコンピューターを使って変異解析をし、その結果をWatsonで解釈する。全ゲノムシーケンスによって得られるがん細胞の変異情報は千、万、10万の規模に達することがあり、その変異の一つ一つについて、どれがdriver mutation(がんを引き起こす変異)で、対応する薬剤は何か、ということを網羅的に解析するには膨大

な労力を要するが、そこをAIの技術を使って網羅性を高め、高速化する。

また、日本で使用された例は無いが、Watson for Clinical Trial Matching(WCTM)という、がん患者の臨床試験へのリクルーティング支援をするAIもMayo Clinicという米国の病院を舞台に開発されている。世界的な臨床試験のレジストリサービスであるClinicalTrials.govの情報と、がん患者の電子カルテ情報の両方を読み込み、Inclusion/Exclusion Criteriaに照らし合わせてマッチングを高速に処理するもので、Mayo Clinicの全てのがん患者に適用され、業務効率を大幅に高めたと言われている。

(3) Watsonと医療ビッグデータ活用

医療情報システムにおけるAI活用のためには、電子カルテ等の診療情報を大量に使ってAIをトレーニングすることが考えられる。電子カルテを人間が読むように、AIが読んで必要に応じて重要な情報を抽出するという技術の性能をあげるために、とにかく質の高い臨床情報を手にいれることが重要である。米国IBMでは、Explorysという企業の買収によって、約6,000万人規模の大量な電子カルテ情報を、400を超える医療機関からクラウド基盤に転送し、匿名化された「リアルワールドデータ」という形で二次利用に活用できるようにしている。アメリカのオバマケアでは医療制度が成功報酬型に変わったと言われており、治療したはずの患者が、90日以内に再入院してくるとペナルティが課されるということが、リアルワールドデータ活用の必然性が高まった要因の一つでだと言われている。

創薬に関しては、<u>Watson for Drug Discovery (WDD)</u> というAI基盤を提供している。これはIBMがWatsonを開始する以前から、製薬企業と共同で構築してきた医療文献や特許情報のデータベースがベースとなって開発された。MedlineのAbstract 2,600万件・IBMが購入した医療文献情報、ゲノム情報、1,600万件(米・欧・その他国際特許)を超える特許情報が含まれており、創薬における実績が出てきている。

WDDでは、普通人間が読める量を遥かに超える膨大な文献データを俯瞰することで、人間が気付かない物事の関係性を仮説として提示する。例えば既存薬と、思っても見なかったような疾患との関連性など。ベイラー医科大学ではp53のリン酸化酵素、Barrow Neurological Instituteでは神経性疾患ALSに関わりのあるRNA Binding Proteinが、WDDにより仮説として提示され、実験によって正しいことが確認された。新薬創出の実現を目指して努力を継続している。

3. 人工知能と医療-NEC の取組み

(1) はじめに

2013年に公開されたFrey and Osborne報告 (1) を皮切りに人工知能 (AI) が人の仕事を奪う特集をよく目にするようになった。教師なし機械学習

(Unsupervised learning) の進歩や、オープンソースの深層学習ツールも普及し、AI関連サービスも増えてきた。医療分野においても、AIが引き起こすデジタルトランスフォーメーションが始まる。本報告では日本のAI分野で先端を走るNECグループの事例を紹介し、医療の将来像にむけたAIの社会実装や課題について考察してみたい。

(2) NEC の人工知能

NECは、50年以上AIの研究開発に取り組んできている。機械認識、データマイニング、自然言語理解などの世界最先端技術を「NEC the WISE」として開発してきた。"the WISE"は「賢者たち」という意味で、「見える化」「分析」「対処」に、多様なAIを適切に組み合わせ、人の能力を補完し、豊かな社会づくり



図1 NECが取り組んでいるAIの考え方

に貢献する(参考、図1)。

NECの最初のAI社会実装は、1960年代にさかのぼる。郵便番号を高速で読み取ることに機械学習を活用し「OCR (Optical Character Recognition/Reader)」を開発した。北米研究所のVladimir N. Vapnik氏は、当時から世界のAI、機械

学習技術をリードする重鎮の一人であり、NECは米国国立標準技術研究所が実施した4度の顔画像認識関連のベンダーテスト(静止画顔照合、画像認識、年齢性別推定技術、動画対応顔認証技術)で圧倒的首位の成績を収めている。現在、指紋認証や顔認証は世界一の評価を獲得し、各国の警察や出入国管理などで数多く採用されるまでになっている。一つ強調しておきたいのは、NECの顔画像関連AIの社会実装によって、防犯や犯罪捜査の分野で警察官の雇用が奪われていない点だ。NECでは、医療分野においても、AIは人の能力を補完拡張し、業務を支える道具として、医療従事者の雇用を脅かさない事を想定している。

(3) 不穏予兆とリアルタイム画像解析

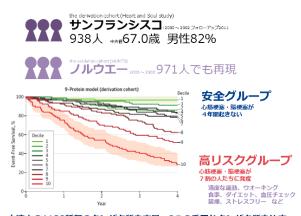
最近、医療分野でNECは2つのプレス発表をした。1つは、患者のバイタルデータから40分前に不穏行動(正答率)がわかるAI開発成果の報告である。このAI活用により、医療スタッフは、予兆段階で患者の不穏行動に備える対応が可能となることが想定された⁽²⁾。また、大腸内視鏡の分野では、内視鏡画像の深層学習(AI)を活用した独自の高速処理アルゴリズムと、画像処理に適したGPUを活用し、動画各フレームにおける検知と結果表示を約33ミリ秒以内(30 フレーム/秒)で行うリアルタイム化に成功したことを報告した⁽³⁾。人間の視野の限界を補いポリープの見逃し率が減少することが期待される。

(4) 血液ビッグデータ解析

NEC が出資している SomaLogic 社と UCSF の Peter Ganz 教授から、循環器系の血液中のタンパク質ビッグデータの解析結果が報告された (4)。1130 種類の血中タンパク質定量プラットフォームを活用して、サンフランシスコとノルウェー

の慢性心疾患コホート約 2000 人を 10 年以上フォローアップ した研究から、今後 4 年間で循 環器系疾患の発症予測が可能 となること、また、この予測が、 フラミンガムスコアよりも予 測成績が良好であることが示 された (4)。

循環器系の疾患では、多数の 患者の中から、ハイリスクの患 者を正確に特定し集中的にケ アすることが望まれていると



血液中の1130種類のタンパク質を定量、9<u>つの</u>重要なタンパク質を決定

図2 心疾患の人血液ビッグデータ解析例

Ganz 教授は指摘している。リスクのある人々に、生活習慣の改善を奨めることも、今後可能となってくる。

このように血液ビッグデータと AI の利活用からは、各種疾患の予兆を見いだし、人の健康や幸福につながるサポート方法を生み出す可能性が示唆されてきた。今後は心疾患のみならず、複数の疾患において、この技術の社会実装を進めていきたい。

(5) 患者側の環境変化

米国では、5ケタの郵便番号を入力すると平均寿命が簡単にスマートフォンで

調べられる (5)。図3には、ニューオリンズ地区のデータを掲載した。わずか3km離れたところに住むだけで寿命が25歳も異なる。これは極端な例であるが、偏在するデジタルテクノロジーが、今日ほど潜在的に、人々の生活、健康、心にも影響力をもった時代はない。近い将来、スマートフォンの中の遺伝情報や生活習慣などと、場合によっては、郵便番号データが活用され、人工知能が



図3 郵便番号と寿命から見える課題

計算した寿命情報を携えて、患者が病院を訪れる日が来ることが予想される。 AIは、医療提供側を変えるのみならず、患者側をも大きく変える。医療従事者 にとっては、乱立するAIサービスから生み出される情報に対する対応力を強化 することが、今後の大きな課題になるかもしれない。

(6) 医療応用 AI とホワイトボックス化(見える化)

個人や社会のウエルビーイング(well-being)を向上させることのないテクノロジーは存在する価値はない。最先端のAIの医療実装も例外ではない。医療に導入されるコンピューティング技術には、心理学者や精神科医の知識活用もとりこまれ、単なる疾患ケアとどまらず、患者の心理的回復力(resilience)、幸福感も視野に入れて発展すべきと考えている。

そのような文脈から、数理最適化分野で近年注目されているホワイトボックスという考え方を重要視したい。社会の維持に重要な役割を果たすクリティカルシステムでは、単に適切な未来予測や処方提示がされるだけでは十分ではなく、その結論に至った根拠を示すことが求められると考える。NECは、ディープ

ラーニングなどブラックボックスアプローチ (結論に至った論拠が分からない) と同等の精度を、世界で初めてホワイトボックスアプローチ (結論に至った論 拠が分かる)で実現している。

昨今、テクノロジーは、私たちの生活に多大な影響を及ぼす存在である。ストレスや苦痛を増やす種になることもあれば、個人や集団の生活を豊かにする力にもなる事を、私たちは共有している。NECグループの一員として、幸福感や人間の潜在力といった人間中心主義的な価値観を見失わずに、ホワイトボックス化したAIを、人の能力を補完して助け、未来の医療を支える道具として提供していきたい。



人と協調して問題を解くために、ロジックを説明できる技術に こだわりと強みを見出し、人工知能技術に取り組んでいる。

図4 NECグループの強み

参考資料

(1) Frey, C and Osborne, M., THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION. Sept, 2013.

https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/

- (2) 医療法人社団 KNI と NEC、AI を活用した医療・社会改革に向けた共創を開始 http://jpn.nec.com/press/201710/20171023_01.html
- (3) AI を活用したリアルタイム内視鏡診断サポートシステム開発 http://jpn.nec.com/press/201707/20170710_01.html
 - (4) Ganz P et al, Development and Validation of a Protein-Based Risk Score

for Cardiovascular Outcomes Among Patients With Stable Coronary Heart Disease. JAMA. 2016 Jun 21;315(23):2532-41. doi: 10.1001/jama.2016.5951.

(5) Life Expectancy By ZIP Code: Where You Live Affects How Long You live https://www.rwjf.org/en/library/interactives/whereyouliveaffectshowlon gyoulive.html

4. 人工知能と診療支援

(1) 情報革命

• 情報革命は、様々な発明を繰り返しながら進展してきた。まずは文字の発明により、情報を時空を超えて伝えることができるようになった。次に印刷機の発明により、安価な情報の伝達が可能になった。そして、近年、インターネットの普及が進み、誰でも情報を発信できるようになった。しかし、誰でも情報を発信できるようになると、情報が氾濫し、どの情報が有用なのか判断することが必要になる。今後、AI により適切な情報が適切に届くような時代になると想定される。

(2) AI に関する誤解

- 医学の世界では、知能は「各個人が目的的に行動し、合理的に行動し、自分の環境を能率的に処理する総合的な能力」とされ、IQで評価される。人工知能は知能と呼ばれているが、現状では総合的な能力は手に入れていず、IQは評価できない。また、今後も総合的な能力を手に入れるメドは立っていない。
- 人工知能は大きく、「オラクル(天啓)型」「ジニー(精霊)型」「ソブリン(自立)型)」の3種類に分かれる。オラクル型は、問いに答える知能であり、検索エンジンや一定の指標を得る business intelligence がこちらに属す。また、ジニー型は、指定されたタスクを実行する知能であり、エクセルの化け物で計算し、次の1手を示唆することができる。そして、最後のソブリン型は、自ら意思を持ち、継続的に作業を行っていく知能である。このうち、オラクル型とジニー型は総合的な能力を持たないため本来は「知能」と呼ばれてよいものではない。

(3) A I の医療応用の期待値は高い

• 総務省の調査によると、AI の利活用が望ましい分野として、高度な診断、 自動運転、救急車等の緊急車両の配備などが上位に挙がっており、市民の AI の医療応用の期待値は非常に高いと報告されている。また、日経メディ カルの調査では、医師の方も、もし AI によって診断が補助される時代が来 た場合は 3/4 以上の医師がそれを用いたいと返答している。同時に確定診断 の責務を AI に負わせることはできないという現実的な意見も出てきている。

(4) 確定診断は無理である

- 上記の期待や予想に反して、現状の人工知能の延長では確定診断を行うこと はできない。
- その理由として、医学特有の事情がある。特に、1:人間の持つ情報量が多すぎること、2:正解診断が確実に明確でないこと、3:膨大な知識が医学の履行には必要なこと、4:多くの意思決定を基に初めて治療方針が決まることの4つは医学の本質でもあり解決が現実的には不可能となっている。

(5) 医療の質の課題

- 実は、医学、人間は情報量が多すぎて、すでに一人の人間の扱えるものではない。そのような問題として医療の質の問題があり、その根本に医療の複雑さがある。
- 2003年のNEJMに掲載された米国のカルテの分析による医療の質の評価では、正しい臨床を行ったというカルテ記載は全体の50~80%にのみに留まるとされる[New England Journal of Medicine 2003; 348:2635-2645 June]。別の2016年の論文ではこのような医療の質の問題が米国の3番目の死亡原因とされ約1割の死亡がそれに基づくとされる[Makary MA, Daniel M. Medical error-the third leading cause of death in the US. BMJ. 2016 May 3;353:i2139]。

(6) 臨床支援と AI

- 前述のように、医師の代わりに確定診断をすることは不可能であるが、分かりにくい医療を分かりやすくするために"人工知能"(≠汎用知能)は、役立つ。
- その典型的な例として、Clinical Decision Support がある。新しい Clinical Decision Support は、古典的な紙?の教科書と異なり、"自動的に患者情報を取り込み"、"複雑な計算をすることで"、"電子的なデジタルコンテンツを適切に表示"をすることで診療を支援する。
- 現在容易に想定される AI のユースケースとして、下記の 6 つある。そのどれもがすでにある程度"人力"で行われているものだが、今後、自動で低コストで行われる時代になる。
 - ▶ 1:薬剤相互作用の検索
 - ▶ 2:検査の必要性の評価
 - ▶ 3:入院期間の予想
 - ▶ 4: 手技の合併症の予想
 - ▶ 5:死亡率の予想

▶ 6:診断支援

新しい試みClinical decision support

Clinical Decision Support

従来の方法

- デジタル情報
- ・ 患者情報(2つ以上)を基に ・ 患者情報を医師が選択して(個別の情報を提示
- 自動入力
- ・ 場合により式が複雑であり自 動で計算される。精度がよい がブラックボックスになると きもある
- 紙情報
- 主に予想診断)情報を探索
- 式が単純で計算を自分でする

(7) AI のリスク

- AI の現場応用には下記のようなリスクが存在する。実は医療現場は、今ま でも同じようなリスクを経験している。特にプロフェッショナリズムの変化 については医師の働き方の変化が起きる可能性がある。
 - ▶ 1:過度の信頼
 - ▶ 2:二つの異なる推奨
 - ▶ 3:プライバシーのリスク
 - ▶ 4:プロフェッショナリズムの変化

AIのリスク

	過剰な信頼	二つの異なる 推奨	プライバシー のリスク	プロフェッ ショナリズム
AIのリスク	AIがこの検査 といっている ので、この検 査を送ってお こう	このシステム はAという薬剤 を推奨するテム でのシステム ではを担いする がたが ではを推り ではを がい では が い うる。 が い うる。 が い うる。 で は を は い うる。 の ら る に り る り る り る に り る り る ら る ら ら ら ら い し い と い り な い り な い と い と い と い と い と い と い と い ら い と い と		医療の一部の 仕事が代替さ れてしまうの ではないのか 医師という職 業の本質の変 化
現在の似た事例	CRP上昇しているので抗菌薬を出そうサチュレーションが低いので低酸素血症と考えた	添付文書には書かれてドラスを入禁していません。 がれていまではいがではいるインではない。 エコインではないではない。 エコイン型ではない。 ではないではない。 はないではない。 ではないではない。 ではないではない。 ではないではない。 ではないではない。 ではないではない。 ではないではないできません。 ではないではないできません。 ではないではないできません。 ではないではないできません。 ではないできません。 ではないできません。 ではないできまません。 ではないできままないできません。 ではないできまないできません。 ではないできまないできまないできまないできまない。 ではないできまないできまないできまないできまない。 ではないできまないできまないできまないできまないできまないできまない。 ではないできまないできまないできまないできまないできまないできまないできまないできま	ウェブにある 学会の1例報 告は自分の患 者の報告だ	タイプライ ターの仕事は 激減した

- 医療の一部分が自動化されるようになり、より正確な医療を行うことができるようになると、医療の国民の人生に与える影響がより大きくなる。また、その結果として、社会により大きな訴求をしていくことが可能になる。
- メジャーリーグのケース(選手の成績予測)では、統計的な評価方法は人間 の直感能力を超えることはなかった。しかし、人間の直観による評価と統計 的な評価を足した場合はそのどちらの単体よりも優れた結果を出していた。

(8) AI によって変わる医療の未来(結語)

- AIによって、分かりにくい医療がより分かりやすく安心で安全に可能になる。その結果として、医療の国民の人生に与える影響がより大きくできると考えている。
- 医学や人間は情報量が多すぎて、すでに一人の人間の扱えるものではない。 また、薬剤情報も検査情報もガイドラインも本当に現場で使いやすいものと して現場に降りてきていない。したがって、まずは AI の利活用の前に、こ れらの情報の整理とインフラの整備が急務と考えられる。
- その整備の後に AI を適切に用いることで、医療の価値と影響力を増やし、 国民に訴求をしていくことが可能になると考えている。

Ⅳ. 人工知能一医療と倫理、法、そして患者

1. 人工知能 (AI) の利用などデジタル医療を実現するための次世代医療基盤 法の取組み

(1) 医療基盤整備の現況

内閣官房健康医療戦略室は、健康医療戦略に基づき、医療の国際展開、次世代医療 ICT 基盤の構築等を担っている。医療の国際展開と医療 ICT の推進、ICT 基盤の構築は、一見、強い繋がりがないように思われる。しかしながら、医療の国際展開の対象国が多くの場合、新興国であり、そうした国々では必ずしも十分な数の医療者がいないため、医療における様々な場面で AI や ICT 技術による支援や自動化への期待が大きい。そのため、AI 支援を実装した医療システムは新興国でこそ普及する可能性がある。健康医療戦略に基づく、相手国と相互互恵的なビジネスベースでの日本の医療圏の拡大は、日本発のこうした技術の実践的な場を求める意味合いが強い。

例えば、日本政府の支援の下、日揮と北原国際病院がカンボジアのプノンペンで設立し、カンボジアの人々から好評のうちに開院一周年を迎えたサンライズジャパンホスピタルでは、NECが構築した診断支援システムが稼働している。クメール語での問診、診療支援、データの蓄積・分析を行っている。プロトタイプであり、現時点でNECが本格的な製品展開を図っているわけではないが、こうした新しいシステムが国外で行われ始めているのは注目に値する。同じように、AIを組み込み、入院患者の夜間の不穏の発生を予知し、夜勤看護師の負担を軽くするシステムや、大腸内視鏡の動画像をリアルタイムで解析し、陥凹がん等を含めた病変を発見する診断支援のシステムも実用化が近い。

こうした臨床現場での AI の活躍には、ディープラーニングの段階では、教師データを含むデータ、そして機械学習の段階では、品質のよいデータが大量に必要になる。そのため、こうした AI による診療支援システムの開発と、品質のよいデータを出来るだけ沢山集め、学術のみならず、企業の研究開発にも使うことのできる社会的な仕組みは、車の両輪である。この二つの課題に取組むため健康医療戦略本部の下に次世代医療 ICT 基盤協議会が設けられ、約2年間の検討を経て、次世代医療基盤法が成立した。法律では、国が認定する認定機関が、医療、介護の現場から医療情報を患者との関係ではオプトアウトで記名で収集し、二次利活用者の求めに応じ、医療情報を名寄せし、用途や利活用者の情報管理能力を見た上で、リスクベースの匿名加工を行い、対価を得ることの出来る枠組みを規定している。当法律は、平成30年5月の施行に向けて基本方

針の検討を行っており、法律に基づく所要の政省令の整備を進めている。

(2) 今後の医療基盤整備

次世代医療基盤法の制度下での匿名加工情報の利活用は、日本の医療の研究開発に資することが前提であり、当初は、検体検査結果や画像データ等の利活用が見込まれる。法律による認定を受ける事業者として日本医師会が関わる事業者も準備中と認識しており、期待が高い。健康医療戦略室としても、社会的信頼があり能力の高い認定事業者の育成とデータ指向の研究開発の促進、医療現場のデジタル化の一層の推進は喫緊の課題と認識している。

こうした新しい制度を通じ、最初に主流になると考えられる AI の診療支援は、人間の判断を機械が学び、適切に応用したり、進歩させていくというものである。他方、その後の AI は、人間の判断を通さず、機械が関知し得る様々なデータに基づき、人間の判断に頼らず、何が疾病状態であるかを判断するようになるのではないかと言われている。理化学研究所の桜田氏の研究によるが、身体状態を測定する種々のマーカーを適切に次元圧縮の上、観察すると、健康状態では、各々のマーカーが各々揺らいでいる中にもそれなりの調和を保っていることが観察されるが、疾病状態と思われる段階では、その調和が乱れ始めるという。これは、機械が人間の疾病を調和が乱れるという定義の下、独自に観察、判断を行える可能性を示唆している。自動車の自動運転が、人間の視覚や聴力に相当する情報だけでなく、赤外線、レーダ等、人間には関知出来ないデータを使い、機械なりの情報統合を行って判断することと同様である。こうした、機械独自の人間の診察、診療も近い将来、研究の対象、臨床現場での実践投入も考えられるのではないか。

2. 医療 AI の展開と倫理的・法的・社会的課題 (ELSI)

(1) はじめに

医療現場での人工知能(以下、医療 AI)の導入および展開が、医療のあり方や医師患者関係に及ぼしうる倫理・法・社会面での影響について検討する。他の報告者が言及しているように、医療 AI の展開には、多くの期待がある。今後、急成長して人類に大きな恩恵をもたらしうる可能性がある分野について、些少な揚げ足取りをすることは、角を矯めて牛を殺すことになる。

それでも、医療が人々の生活にとって不可欠な基盤であるからこそ、こうした新しい技術や概念、プロセスが今後の医療や医師患者関係に何をもたらすか、その変化や問題の兆しに我々は敏感でなければならない(1)。以下、直近・近い将来において検討されるべき課題(2)、中長期的な観点からの検討を要する課題(3)を示す。その際、特に次の二点に留意した。一点は、医療 AI が力を発揮するためには、多くの環境整備が必要となることである。とりわけ、AI の発展には、学習データの確保が不可欠である。もう一点は、医療 AI と既存の医療関連規制との関係である。医療は、それらの供給計画や診療報酬、供給者(医療者)の資格制度や機器の市販承認に至るまで、様々な規制があることが特徴である。過剰な期待に陥ることなく、「何のための医療か」、そしてその中に医療 AI をどう位置付けるのか、この視点に立った継続的な議論が今後欠かせない。

(2) 現在直面している課題

以下、現在および近い将来に検討が必要と思われる課題を例示する。これらは医療 AI が、発展途上であり技術的に不完全な段階ゆえにこそ、特に先鋭化する課題といえるだろう。

①診療情報の保護と活用

いかに優れたアルゴリズムを備えていようとも、極論すれば AI は学習に用いるデータの量と質に依存する。しかるに、厚生労働省の有識者懇談会報告(以下、厚労懇談会報告)は、現状を「AI の研究や開発を進めるに当たって必要となる教師付データへのアクセスが困難」「医療機関等との個別の研究協力等によってデータへようやくアクセスしている状況」と問題視する⁽²⁾。医療 AI の研究開発が、多様な人口集団の健康ニーズを射程に収め、また高品質なものであるためにも、質の高い診療記録への包括的で安定したアクセスの確保が不可欠である。一方、世界医師会が繰り返し表明してきたように、患者の秘密保護は、医師患者関係の信頼の土台である⁽³⁾。他国では、ある企業が医療 AI の開発に用いる診療情報を確保するべく、医療機関の保有する情報を丸ごと活用しようと計画したところ、一部の大きな懸念を誘発した事例が生じている⁽⁴⁾。わが国では、医療機関の情報の利活用を目指す「次世代医療基盤法」(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)の施行が迫るが、診療情報を活用する仕組みづくりは、市民の懸念に配慮して、またこうした秘密をあずかる医師・医療機関からも信頼される形で展開することが絶対条件である。

②医療 AI が提示した結果と医療上の意思決定

医療 AI を診断支援の目的で使用する際、本来検討していた症状以外にも、患 者が有する多様なリスクが判明する可能性がある。これは医療の他の文脈でも 指摘されてきた問題であり、例えばゲノム医療では近年、ゲノム解析時におけ る「副次的所見」「偶発的初見」に関する議論が注目されている(5)。 医療 AI が、 これまで人間の力では労力や時間の面から見出すことが困難であったような診 断や予兆の把握を前進させることができるならば、個々人の健康管理にとって は多大な恩恵が期待されるだろう。一方、どの段階でどこまでの情報を精査し、 そのうちのどの結果を患者に示すべきか。上記のゲノム医療などの議論の蓄積 を参考にしつつ、医療 AI の使用判断と患者への情報共有のための一定の判断基 準を急ぐ必要があるだろう。関連して、医療 AI には、既存の学術文献や海外の 臨床試験の結果など、国際的な知見を基にして、治療に利用できる可能性のあ る医薬品(あるいは臨床試験の情報など)の候補を広く探索し、提示する機能 を期待されているものがある(6)。こうしたツールが発展すれば、治療候補の探索 が一層充実することが期待される一方、日本国内で承認されていない医薬品へ のアクセスの問題が一層顕在化する可能性もある。この点は、医薬品の人道的 使用 (compassionate use) の議論が参考になるだろう。

③学習機能に支援された医療と責任をめぐる議論

現在、人工知能の使用に伴うリスクや事故について、「自動運転」を主に想定しての責任分配(例えばドライバーとメーカー間)が提案されている⁽⁷⁾。分配する主体や想定される事故の性格など、医療特有の構図を踏まえた議論は別途必要である。また、個々の治療で要求される医療水準は、例えばその医療機関の性格や地域の医療環境の特性による影響を受ける可能性があり、医療 AI が示す一般解との間にずれが生じるかもしれない。その他、回避することができなかった過誤が生じた場合の補償のあり方、そして外なる学習機能を利用する医師の責任「意識」の変容など、使い手や利用環境をめぐる検討が求められる。

④その他の課題

1) 主治医や医療機関を介さない使用形態

遺伝子や画像診断をめぐる議論に似て、主治医や医療機関を介さない医療 AI の使用形態は論点になりうる。民間の診断支援サービスと患者の権利、ウェブベースでの越境サービスの活用をどう考えるべきだろうか。

2) 診断支援に関する質の評価や規格の設計

学習機能を有するソフトウェアの有効性をどのように評価するべきだろうか。 薬機法における位置づけ、および PMDA (医薬品医療機器総合機構) における市 場販売前の審査・評価作業、および市販後の継続調査のあり方を考える必要が ある。この点、PMDA における議論が注目される。

3) 報道のあり方

過去の人工知能ブームが期待と落胆に翻弄されてきたことも踏まえ、成功・ 失敗事例に関する冷静で無理のない報道、「人工知能」をめぐる研究開発の展開 に関する専門家と社会の間でのコミュニケーションのあり方を検討する必要がある。

(3) 長期的な課題

続いて、より長期的な課題について検討する。医療 AI がそれ自体で一定の評価を得たとして、医療、とりわけ医師患者関係と良好な関係を作れるだろうか。またそれは持続的なものとなりえるだろうか。



「新しい安心」「新しい不安」の誕生?

サーカスは、東京大学医学部附属病院が開発を進める、 検査画像から病変(病気の場所)を自動的に見つけ出 すシステムだ。「機械学習」という技術によって、過去の症 例データにもとづいて病変を学習する。現在、16の施設 で臨床研究が行われ、肺の結節や脳動脈瘤を見つけるた めの画像診断の支援に利用されている。

「医師が自分で画像を見て診断をして、確認としてサーカスを使うケースが多い。 見落としたものを、サーカスで検出されると、『助けてもらった』と感じる先生が増えているようです」(サーカスの開発を進める同病院の野村行弘・特任研究員)、「これがないと不安でたまらなくなりますね。精度はかなりよくなっていますよ」(北村医師)。

週間アエラ「お手上げの医師、助ける人工知能」2016年10月3日

①医師の判断、患者の意向への配慮

上記の厚労懇談会報告によれば、医療 AI は「あくまで収集されたデータに基づく学習によって結果を予測している」のであって、データにないような新規の事象には「AI による予測の精度は著しく低下する」こと、結局は「AI による予測を含めた各種の状況を踏まえて人間が最終判断を下す必要性」がある。本来、医行為は、特定の訓練を受け一定の知識と技能を有している者としての医師によってこそ、その実践が許されている。医療にコンピュータが本格的に導入され始めた時期(70・80 年代)にも指摘されたことであるが、支援装置が機械的に提示した結果のみを見て、患者の声に耳を傾けない医師、判断の外部化としてしかとらえない医師の存在は許されない。同様に、医療には容易にデータ化されない部分があること、人間の生物学的な非均質さを認識し、謙虚さと慎重さをもって理解する姿勢が、医師には求められる。

「保健医療分野における「A I 」の 限界とあるべき姿」(厚労報告より)

- 「AIは、<u>あくまで収集されたデータに基づく学習によって結果を予測しているに過ぎない</u>。それまでに収集されたデータが全く当てはまらない新規の事象に対しては、AIによる予測の精度は著しく低下するおそれ」
- 「A I による予測をそのまま受け入れるのではなく、<u>A I による予測を含めた各種の状況を踏まえて人間が最終判断を下す必要性は、引き続き残る</u>はず」
- 将来の保健医療関係者には、「AI(人工知能)」
 を「AI(<u>保健医療の質の向上を増幅させるもの)」</u>
 としてうまく使いこなしていく知識・技術が求められる。

「保健医療分野における「AI」の限界とあるべき姿」 (厚労「保健医療分野におけるAI活用推進懇談会報告」)

- 「個別のAI技術の開発が進んだ場合であっても、 AIの有効性・安全性の確保が十分でなければ、 実用化されるべきではない。特に、保健医療分野は 人の生命に関わる分野であり、有効性・安全性の 確保は極めて重要」
 - 「さまざまな業務がAIに置き換えられていくなどといった記事」に率直な疑問
 - 「保健医療分野では、個人的な感情等の客観的 データでは捉えきれない事情や意向を患者・国民や その家族が抱えている場合も多い。客観的なデータ に基づいてAIが提案する保健医療サービスだけ では患者・国民が得る満足感にも限界」

②研究開発による恩恵と公平さ

世界医師会のヘルシンキ宣言には、公平な研究の推進についての規定がある (規定 13) ⁽⁸⁾。研究の対象から外されると、こうした集団の健康問題の解明と 是正が遠のくからである。医療 AI の研究開発においては、アルゴリズムやデータセットをめぐる権利、および研究開発による恩恵の偏在について懸念する声がある ⁽⁹⁾。どの集団の、どの困難を解消しようとするか、由来する人々はその技術によってどのようなものが得られるのか。研究開発が新たな偏在や不平等を 生み出す可能性を監視し、この解消に取り組む必要がある。

③経験の蓄積・継承

一定程度の学習を経た医療 AI が導き出した結果が、ユーザーとなる医師に理解しにくい結果であったとする。誤判断やエラーの場合もあるだろうが、人智を超えた究極の真理を示している可能性もある。本学術推進会議に招聘された有識者からも、医療 AI が「なぜその答えが出たのかわからない」「ブラックボックス」となる懸念も指摘された。こうした不透明さが、従来の医学教育や医師間の経験・知識の伝達に及ぼす影響(例えば、教科書はだれがどのように書くべきだろうか)、および対策(例えば、医療 AI が得た結果のロジックの早期解明と共有)を検討するべきだろう。世界医師会がジュネーブ宣言改訂で示した、「知識の教示・共有」に関する責任・期待に応えつつ(10)、医療 AI と共に人間医師も共成長できるよう、個々の医師が意識的に取り組むことが必要になるだろう。

(4) おわりに

「医療 AI」に関する待望論や期待は、医療者の感覚とは別のところで過熱している観がある。これまでも「人工知能ブーム」が現れては、期待される水準と実現可能な水準との乖離が認識されることでブームが終焉してきたことを忘れてはいけない(11)。

上記の厚労懇談会報告は、「個別の AI 技術の開発が進んだ場合であっても、 AI の有効性・安全性の確保が十分でなければ、実用化されるべきではない」「人の生命に関わる分野であり、有効性・安全性の確保は極めて重要」と、安易な 実践にもくぎを刺している。今後は、医療界において、より詳細な実践場面を イメージしながら、よりよき利用のあり方を検討することが必要である。

参考資料

- (1) Editorial. Artificial intelligence in health care: within touching distance. Lancet. 2018; 390(10114): 2739.
- (2)厚生労働省. 保健医療分野における AI 活用推進懇談会報告書. 2017 年 (http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-kousei.html?tid=408914、2018 年 2 月 1 日 確認)
- (3)井上悠輔. 医学研究におけるバイオバンク・データベース構築に関する世界

- 医師会の新宣言をめぐる議論. 臨床病理レビュー 2015: 154; 79-88.
- (4)Hal Hodson. Revealed: Google AI has access to huge haul of NHS patient data, 2014. (https://www.newscientist.com/article/2086454-revealed-google-ai-has-access-to-huge-haul-of-nhs-patient-data/、2018年2月1日確認)
- (5)Kalia SS, Adelman K, Bale SJ et al. Recommendations for reporting of secondary findings in clinical exome and genome sequencing, 2016 update (ACMG SF v2.0): a policy statement of the American College of Medical Genetics and Genomics. Genet Med. 2017;19(2):249-255.
- (6)宮野悟氏の指摘。AI 活用でゲノム医療・精密医療の実現へ. Nature ダイジェスト、 13(12). doi:10.1038/ndigest.2016.161220
- (7)例えば、内閣官房 IT 総合戦略室. 自動運転レベルの定義を巡る動きと今後の対応(案). 2016年。
 - (http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/detakatsuyokiban/dorokotsu_d ai1/siryou3.pdf、2018 年 2 月 1 日確認)
- (8) World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. JAMA. 2013; 310(20):2191-2194.
- (9)例えば、FAT/ML(Fairness, Accountability, and Transparency in Machine Learning) の活動(https://www.fatml.org/、2018年2月1日確認)
- (10)Parsa-Parsi RW The Revised Declaration of Geneva: A Modern-Day Physician's Pledge. JAMA. 2017; 318(20): 1971-1972.
- (11)総務省. ICT の進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究報告書. 2016. (http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h28_03_houkoku.pdf、2018年2月1日確認)

V. まとめと提言

人工知能の医療領域利活用は、今後数年で、私共の予想を上回り、飛躍的に進むであろう。医学に与える影響は、医学史上では、ワクチン(1798)、麻酔(1801)、殺菌(1863)、X線(1895)、血液型(1897)、抗生物質(1928)、DNA発見(1953)に匹敵し、日本医学史上では、江戸時代の蘭方医学の到来に匹敵すると想像される。

実は、人工知能の一部は医療領域で既に導入されている。心電計・尿血液分析装置での自動診断がその一例である。心電図の自動診断は 1970 年代に実用化され、自動診断なしでの検診は考えられないほど普及した。自動診断システムに加え、IC などの周辺機器技術の進歩により、より安価に、迅速で、精度の高い診断が可能となった。自動診断により心電図診断の医師業務は大きく低減され、医師は診断の解釈、患者への説明により時間を割くことができるようになった。人工知能の医療領域利活用は、この数年で劇的に進むであろう。専門領域にもよるが、医療における医師の役割は大きく変わる可能性がある。

大量のビッグデータが人工知能により統合的に利用・解釈・学習されることで、医療・健康領域の新たな特徴量が抽出されるかもしれない。Alpha Go においても、人間が説明できないものの、先を見越した素晴らしい一手というものが存在した。説明可能な「ホワイトボックス」を中心に据えた利活用を優先して進める一方、「ブラックボックス」から得られた診断・治療に対して、その判断根拠を明らかにできるか?そこから新たな研究が産まれるはずである。しかし、AI のリスクさらには限界とあるべき姿については十分に認識しておかねばならない。このため、結果の解釈、そして患者・ご家族への説明にこそ、人間が介在する余地があるかもしれない。様々に示唆されたデータを元に診断は最終的には医師の責任で行うべきであり、従前にも増して、患者や家族の経済、社会的背景、思想、宗教、心理などを加味して、患者に寄り添い治療方針を提示するのもまた人間としての医師の仕事である。

医療 AI の開発には、医療健康情報の利活用が不可欠である。こうした情報は、容易に国境を超えることができ、人工知能を利活用した医療に、国境は存在しない。国際的観点からみると、人工知能研究・利活用では、米国そして中国が論文数・研究費とも圧倒しており、医療利活用においても米国・中国の寡占化が危惧される。国の支援でデータの収集や AI 医療を加速する必要があることは言うまでもない。同時に、研究開発による恩恵の偏在や不平等が生じない様にすることは、医の倫理や患者への負の影響を抑止し、また我が国の国民皆保険を守るため、重要な視点である。医学と人文社会系の諸科学との学際的研究による倫理的・法的・社会的課題(ELSI: Ethical, legal, and social issues)の

課題検討が急務である。

未曽有の高齢化を迎え、益々医療需要が高まる日本では、人工知能を利活用し、医療従事者と AI が協調して、最先端医療や予防、介護を効率良く実施することで、世界に貢献できる可能性があると考える。人間と人工知能が協調する、素晴らしい医療が、近未来に実現することを望みたい。

※本報告書の執筆分担は以下の通りである。

I.はじめに(湯地晃一郎委員)

Ⅱ. 人工知能の基礎

- 1. 人工知能とディープラーニングの基礎知識(竹内史比古委員)
- 2. 人工知能と医療 その歴史、現在、未来について (湯地晃一郎委員)
- 3.21 世紀になってからの AI 機械学習・データマイニングで何が できるようになったか? (津本周作:島根大学医学部医療情報学講座教授)

Ⅲ. 人工知能と医療応用例

- 1. 人工知能と医療一画像診断を中心に一(吉川健啓委員)
- 2. IBM Watson Health と医療の世界(溝上敏文:日本 IBM Watson 事業部 Watson Healthcare 事業開発部長)
- 3. 人工知能と医療—NEC の取組み (和賀巌: NEC ソリューションイノベータ 株式会社プロフェッショナルフェロー)
- 4. 人工知能と診療支援(佐藤寿彦:プレシジョン CEO、代表取締役社長)

IV. 人工知能医療と倫理、法、そして患者

- 1. 人工知能 (AI) の利用などデジタル医療を実現するための次世代医療基盤法の 取組み (藤本康二:内閣官房健康・医療戦略室内閣審議官)
- 2. 医療 AI の展開と倫理的・法的・社会的課題 (井上悠輔委員)
- V. まとめと提言(清水孝雄座長)

※執筆にあたっては、島根大学医学部医学科医療情報学 平野章二氏、附属病院医療情報部河村敏彦氏、附属病院医療サービス課 岩田春子氏、木村知広氏、東芝メディカルシステムズ吉本則夫氏、田中陽一郎氏にお世話になった。また、日本経済新聞社の村山恵一氏には市民目線からの AI 医療への期待とリスクについてご助言をたまわった。この場を借りて御礼申しあげたい。

人工知能とディープ ラーニングの基礎知識

竹内史比古・国立国際医療研究センター http://www.fumihiko.takeuchi.name

日本医師会・学術推進会議「人工知能と医療」 2017年1月19日 @日本医師会館 人工知能 Artificial Intelligence (AI)

- 1. 身近な実例
- 2. AIの仕組み
 - 探索
 - エキスパートシステム
 - 機械学習
 - ディープラーニング

ボードゲーム

- チェス
 - 1997年にDeep Blue (IBM)が世界チャンピオンのカスパロフに勝つ
- 将棋
 - ・2013年に団体戦でソフトがプロ棋士に勝つ
- 囲碁
 - 2016年にAlphaGo (Google DeepMind)が世界 チャンピオンのイ・セドルに勝つ
 - ・場合の数は約 250150≒10360 通り







経路探索

- カーナビ、電車乗り換え案内
 - 時間、交通費などについて最適な経路を探索
 - 道路図・路線図・時刻表を利用し、渋滞も勘案

2

https://commons.wikimedia.org/wiki/File: Anim ECHECS-Le-coup-du-Berger.gif?uselang=jacc0

ウェブ情報検索

- ウェブ検索エンジン
 - Google検索
- (検索される前に)予測して提示
 - Amazonのお薦め商品
 - ・お薦めのニュース記事
 - ・お薦めの音楽、映画

自然言語処理+知識ベース

- 自然言語とは
 - 人間が読み書きする言語(日本語・英語など)
 - ・コンピュータ用に作られた言語(Javaなど)ではない
- クイズ番組
 - 2011年にWatson (IBM)が人間のクイズ王にJeopardy!で勝つ
- 大学入試
 - 2015年に東ロボくん(国立情報学研究所)が模擬試験5教 科で偏差値57.8。私立441大学、国公立33大学で合格可能 性80%以上
- コールセンターのオペレータ支援
 - 2015年にみずほ銀行がWatsonを利用し始め正答率85%

5

会話するパーソナルアシスタント

- 音声認識・合成 + 自然言語処理 + 知識ベース
- スマートフォン内蔵
 - Siri (Apple)
 - OK Google
- 卓上機
 - Echo (Amazon)
 - Google Home



画像認識

- 顔認識、性別・年齢・表情認識
 - [デモ] Cognitive Services, Emotion API (Microsoft)
- 人物分類
 - Googleフォト、iPhone/mac (Apple)
- 物体認識
 - [デモ] Cognitive Services, Computer Vision API (Microsoft)
- 画像診断
 - 肺癌の検出率でEnlitic社のAIが放射線技師を上回る

7

環境に対応するロボット

- お掃除ロボット
- 自動車
 - 車間維持、車線維持、自動駐車
 - 完全自動運転は未だ
- ・ドローン
 - Amazon Prime Airの自動宅配
- 感情応答するロボット
 - 感情エンジンを搭載したPepper (Softbank)



人工知能 Artificial Intelligence (AI)

- 1. 身近な実例
- 2. AIの仕組み
 - •探索アルゴリズム
 - •エキスパートシステム
 - 機械学習
 - ディープラーニング

人工知能とは

- 二つのとらえかた
 - 弱いAI
 - 人間が知能を使ってすることが、代わりにできる機械

 $https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3A\%D0\%A0\%D0\%BE\%D0\%B1\%D0\%BE\%D1\%82_\%D0\%BF\%D1\%8B\%D0\%BB\%D0\%B5\%D1\%81\%D0\%BE\%D1\%81_Roomba_780.jpg$

- 知的に振る舞える機械
- 実世界を認識・学習して問題解決できる機械
- 強いAI
 - 人間の知能そのものをもつ機械
 - 人工汎用知能 Artificial General Intelligence (AGI) と言う

探索アルゴリズム

- 探索問題
 - 出発点から目的地に至る最適の経路を探す
 - 可能な経路は指数的に多く、全通りは計算できない
- 探索アルゴリズム
 - 最適経路を効率的に見つける
 - 入力(=問題)と出力(=最適経路)を結びつける方法が、洗練されてプログラムされている
- 多様な実問題が探索アルゴリズムにより解ける
 - 経路探索
 - ゲームの手順探索
 - ・機械を作るときの、部品の組み立て順探索
 - ・2つの文章の共通部分の探索

A*探索アルゴリズム

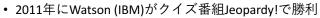
- 最短経路が通りそうな経由地を優先的に検討
 - 出発地から経由地への最短距離と
 - 経由地から目的地への直線距離(経路長ではない)を勘案
- ワシントンDCからロサンゼルスへの最短の貨物列車経路
 - 東に迂回する経路を検討しないことで、高速化



https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AA* Search Example on North American Freight Train Network.gif

エキスパートシステム

- 推論エンジン+知識ベース
 - 推論エンジンの動作は予め人間がプログラムしておく
 - キーワードから統計的に推論
 - 質問を「理解」しているわけではない
- 知識ベース
 - ・知識を予め入力しておく
 - 特定分野においては成功
 - 1970年代のMycin (スタンフォード大学) の感染性血液疾患診断



- 一般常識を記述するのが困難
 - 「胃のあたりがムカムカする」
 - 「胃のあたり」はどの部分?
 - 「ムカムカする」はどういう状態?

14

MYCIN (1/3)

- 感染性血液疾患を診断し、 病原細菌を推測して抗生 剤を推奨
- 正答率(65%)は非専門医よ り優れていたが、専門医 (80%)には及ばず
- 法律・倫理が未整備で使 われず
- 500のルールが用意され、 質問に順番に答える

PREMISE: (\$AND (SAME CNTXT GRAM GRAMNEG)

(SAME CNTXT MORPH ROD) (SAME CNTXT AIR ANAEROBIC))

ACTION: (CONCLUDE CNTXT IDENTITY BACTEROIDES TALLY .6)

- IF: 1) The gram stain of the organism is gramneg, and
 - 2) The morphology of the organism is rod, and
 - 3) The aerobicity of the organism is anaerobic

THEN: There is suggestive evidence (.6) that the identity

of the organism is bacteroides

MYCIN (2/3)

• MYCINとの問答

(Questions 1-3 request background patient data.) Are there any cultures for Fred Braun which may be related to the present illness, and from which organisms have been grown 5) From what site was the specimen for CULTURE-1 taken? = BLOOD (System corrects typing error.) " JUN 20, 1977 The first organism isolated from the blood culture of 20-JUN-77 (CULTURE-1) will be referred to as: 7) Enter the laboratory-reported identity of ORGANISM-1: (Typically identity is not yet known.) (Preliminary lab results give some clues.) 9) Is ORGANISM-1 rod or coccus (etc.) 10) What is the form of the individual organisms (e.g. lance) shaped for cocci, fusiform for rods, etc.)? (. . . more questions follow in order to gather sufficient information to infer the identity and significance of the infecting organisms . . .)

23) What is the suspected portal of entry of the gramneg rod from the

(User indicates the uncertainty of his response

MYCIN (3/3)

• MYCINの推奨診断

(. . . after about 50–60 questions, MYCIN prints the diagnostic hypotheses on which therapy will be based . . .)

My therapy recommendations will be designed to treat for organisms that are either very likely or, although less likely, would have a significant effect on therapy selection if they were present. It is important to cover for the following probable infection(s) and associated organism(s):

INFECTION-1 is BACTEREMIA

<ITEM-1> E.COLI [ORGANISM-1]

<ITEM-2> KLEBSIELLA [ORGANISM-1]

<ITEM-3> ENTEROBACTER [ORGANISM-1]

<ITEM-4> KLEBSIELLA-PNEUMONIAE [ORGANISM-1]

(... questions follow to evaluate possible therapy choices, and finally MYCIN prints its therapy recommendations...)

[REC-1] My preferred therapy recommendation is as follows:

In order to cover for items <1 2 3 4>:

Give: GENTAMICIN

(One drug covers 4 possible identities.)

Dose: 119 mg (6.0 ml) q8h IV for 10 days [calculated on basis of 1.7 mg/kg]

Comments: Modify dose in renal failure.

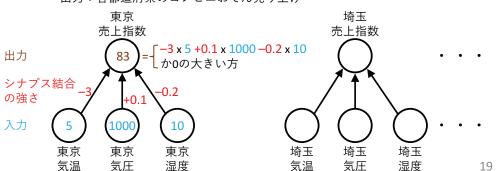
17

機械学習

- 入力と出力を関係づける方法が、データをもとに 学習される
 - ・ウェブの貢献でデータ量が増え、正確・有用になった
- 実用例では、機械学習に適した入力データ・中間 処理データ (=特徴量) は、人間がデザインする
- 様々な手法
 - クラスタリング
 - 決定木学習
 - ニューラルネットワーク
 - 脳の神経ネットワークの構造と機能を模倣する

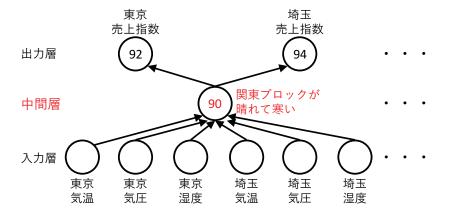
ニューラルネットワーク (1/3)

- 脳の神経ネットワークの構造と機能を模倣する
 - あるニューロンの状態は、シナプス結合した下流ニューロンに影響する
 - データを学習して、シナプス結合の強さが適切になるよう調節する
 - 予想と正解の誤差を反映していく
- 全国おでん売り上げ予想ニューラルネットワーク(※仮想的な例です)
 - 入力:各都道府県の気温・気圧・湿度
 - 出力:各都道府県のコンビニおでん売り上げ



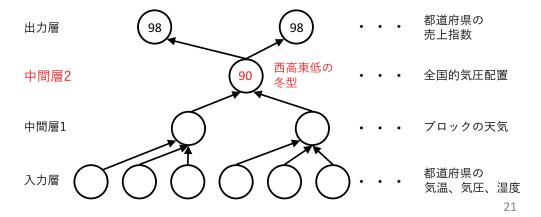
ニューラルネットワーク (2/3)

- ニューラルネットワークを多層にして精度を上げよう!
- 全国おでん売り上げ予想ニューラルネットワーク 改善1
 - ・ 都道府県ではなく「あるブロック (関東、関西など) が晴れて寒い」を表す特徴量を導入する



ニューラルネットワーク (3/3)

- ニューラルネットワークをさらに多層にして精度を上げよう!
- ・ 全国おでん売り上げ予想ニューラルネットワーク -- 改善2
 - 「西高東低の冬型」など全国的気圧配置を表す特徴量を導入する



特徴量

- 各ニューロンが計量する特徴
 - 例えば、

・都道府県の気温、気圧、湿度:「東京の気温」・ブロックの天気:「関東ブロックが晴れて寒い」

• 全国的気圧配置:「西高東低の冬型」

• 人:性別、住所、身長、年収

• 画像:ピクセル値、丸、三角、顔

- データを表すために使われる変数
- 実問題ごとに人間が特徴量(= 概念)を設計する 必要がある
 - 機械に特徴量を生成させたいディープラーニング

22

ディープラーニング (特徴表現学習)

- ニューラルネットワークを多層化したもの
- •特徴量の表現法をも、データから学習する
 - ・機械が自ら特徴量や概念を獲得する
 - 機械が作り出した「概念」が、人間が持っている「概念」とは違うケースが起こりうる
 - 自己符号化器を使う
- 現在は大量の学習データとコンピュータが必要だが、その効率化が目指されている

自己符号化器 (1/2)

- 特徴量を発見させる仕組み
 - 入力を「伝言ゲーム」で出力させる
 - 隠れた中間層が情報を圧縮する
 - これを多段階に行う(ディープにする)

 東京
 東京
 東京
 埼玉
 埼玉

 東京
 東京
 東京
 東京
 埼玉

 東京
 東京
 東京
 埼玉
 埼玉

 東京
 東京
 東京
 京正
 湿度

おでん売り上げは気にしない。

まずは入力情報(気温・ 気圧・湿度)を圧縮でき る特徴量を発見する。

都道府県の

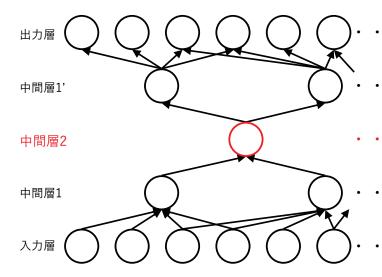
・ 気温、気圧、湿度 ・ ニューロン47x3=151個

9ニューロンでなるべ く正確にデータを表す →9ブロックの天気を 発見

都道府県の ・気温、気圧、湿度 ニューロン47x3=151個

自己符号化器 (2/2)

2段階まで深くした



都道府県の 気温、気圧、湿度

ニューロン47x3=151個

ブロックの天気 ニューロン9個

4ニューロンでなるべ

く正確にデータを表す →四季の天気を発見

ブロックの天気 ニューロン9個

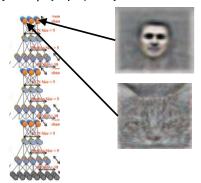
都道府県の

気温、気圧、湿度 ニューロン47x3=151個 25

• 2012年のGoogleの研究

Googleのネコ

- YouTube動画から取り出した1000万枚の画像が入力
- 10億個のつながりがある9層ニューラルネットワーク
- 1000台のコンピュータで3日間計算
- 機械が自動的に特徴量を発見
 - 点や線などの模様
 - 丸や三角
 - 丸(顔)の中に2個の点(目) と縦線(鼻)
 - 人の顔、ネコの顔



https://googleblog.blogspot.jp/2012/06/using-large-scale-brain-simulations-for.html Le他, Building high-level features using large scale unsupervised learning, ICML 2012

ディープラーニングの問題点

- 人間が理解できるか問題
 - 解析過程はブラックボックスだけど、根拠は示せるなら
 - 例: Watson (IBM)が判断根拠に論文を挙げる
 - 根拠を読めばよい
 - 解析過程も根拠もブラックボックスなら
 - 例: AlphaGo (Google DeepMind)の良手も悪手も囲碁解説者に理解
 - 多数の実例による検証(ランダム化管理下試験のように)はで
- 責任は誰がとるか問題
 - 自動運転車の利用者、製造者、社会全体?
 - ・総務省はAIの公的認証と賠償責任保険を導入予定

さらに知るためには

- 松尾豊「人工知能は人間を超えるか」 KADOKAWA
- •神崎洋治「人工知能がよ~くわかる本」秀和システ Δ

まとめ

- ・人工知能は日常生活・産業・研究で様々に利用されている。
- 人工知能の仕組み
 - 1. 探索アルゴリズム
 - 人間が、計算法を指定。
 - 2. エキスパートシステム
 - 人間が、計算法を指定し、知識を入力。
 - 3. 機械学習
 - 機械が、計算法を調整。
 - 4. ディープラーニング
 - 機械が、自ら特徴量や概念を獲得し、計算法を工夫。
 - 動作結果の検証はできても、判断根拠の理解は難しいことがある。
- 人間か?機械か?ではなく、協調が重要。

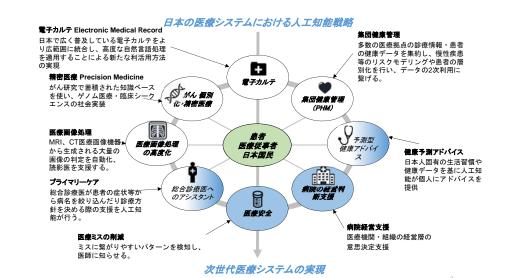
人工知能と医療 その歴史、現在、未来について

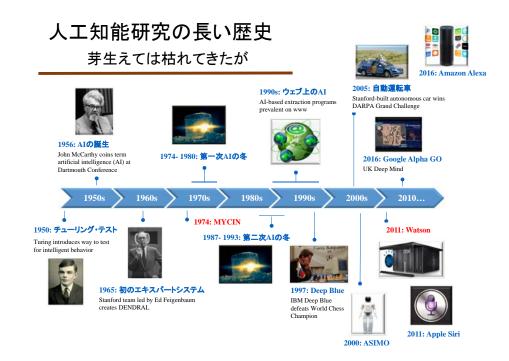
湯地晃一郎•東京大学医科学研究所

日本医師会・学術推進会議「人工知能と医療」 2017年1月19日 @日本医師会館

- 1. 人工知能の利活用の歴史
- 2. 人工知能の利活用の現在
- 3. 人工知能の利活用の未来

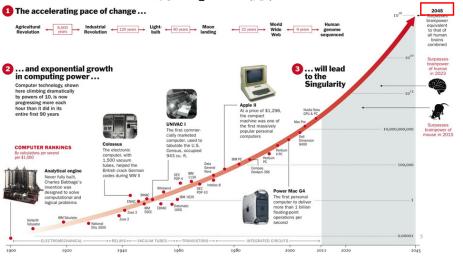
医療分野への人工知能応用





シンギュラリティ(技術的特異点)

- ・人類の進化曲線が、無限大になる点を指す
- ・現在、人工知能が人間の知性を超える点(2045年)とも称される
- ・レイ・カーツワイル(現Google)らが提唱



1. 人工知能の利活用の歴史

- 2. 人工知能の利活用の現在
- 3. 人工知能の利活用の未来

人工知能の利活用:海外の動き

- Amazon
- Facebook
- •Google
- Microsoft
- •ベンチャー企業
- •IBM Watson
 - Watson Genomic Analytics (WGA)

Amazon の人工知能 Alexa

- AWS(Amazon Web Service)上に機械学習アプリ開発環境を提供
- 自らもデータサイエンティストを多く雇い、ML技術を駆使して売上 予測や不正検知
- ML技術についての研究所をシアトル、パロアルト、バンガロール、 ベルリンに設置
- 人工知能ベンチャーの1996年4月創業Alexaを1999年に Amazon.comが買収
- 蓄積したデータをWebサービスを通じて公開し、これを利用したアプリケーションを開発できるようにするためのAlexa Web Information Service (AWIS)を2005年Alexaが正式公開
- Alexa Voice Service(AVS)という音声認識機能も公開
- Alexa Skills Kit(開発キット)のプログラミングにより、音声認識機能に新しい指示を覚えさせることができる

Alexaを実装したamazon echo

- 2015年 人工知能スピーカー Echo を発売
- 音声認識機器、英語版と独語版あり、日本版開発中
- •2016年クリスマスずっと売り切れ、累計販売台数1000万台
- AlexaはAmazon自社製品以外のサードパーティの家電・自動車などに多数インストールされている
- 2017年1月の世界最大の家電見本市CES2017で、700ものAmazon Alexa対応端末が発表
- ◆ IoTコマースのハブとなる製品

IoT: Internet of Things

·「家電から車まで、何もかもが Amazon Alexaに蹂躙された」 (Cerevo岩佐琢磨氏)

http://scrum.vc/ja/2017/01/09/ces-2017/



Google の人工知能

- 検索エンジンを使った広告収入で得られた利益を、独自の戦略に基づき人工知能の研究開発に投資。
- Google Brain と呼ばれる研究プロジェクトはGoogle Fellow Jeff Dean、スタンフォード大学 Andrew Ng, Deep Learning技術で有名なGeoffrey Hintonが主導
- 高度なモバイルアプリケーションの提供、自動運転の研究開発







音声認識の 品質を向上 させる

Android Voice Recognition







Google Translate



Google Now



自動運転車(開発中)

Facebook の人工知能 Deep Text

- Facebook AI Research (FAIR)と呼ばれる研究所を要し、自然言語処理、画像認識の研究開発に力を入れている
- Deep Textは、2016年6月の開発者会議 F8 で発表されたクラウド上で稼働する人工知能エンジン
- ●20ヶ国語以上の言語に対応
- ●スラングや慣用表現の混じった 利用者のリアルな声に加え、生 まれたばかりの「新しい言葉」も 学習・理解
- ●スパムコンテンツを判断・除去
- ●質の高いコメントやコンテンツの表示優先順位をあげる
- 将来的には、テキストに加え画像や動画などの視覚コンテンツを理解し、最適化対応で利用者の好なコンテンツを推薦



出典: Facebook

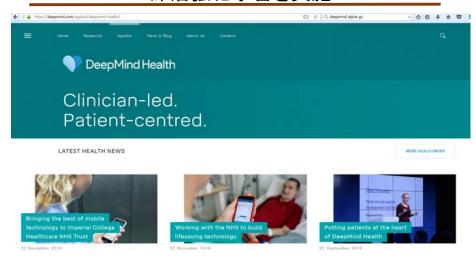
今現在、生命科学系の分野では大きくはないが、消費者のライフスタイルを把握できるため、ヘルスケアアプリケーションの基盤になる潜在的な可能性が高い

Google DeepMind: ネット上覆面最強棋士は Alpha Go改良版だった(2017/1/4)

- ・2016年末にネット上にMasterと称する棋士出現
- ・井山六冠、朴廷桓、柯潔(世界ランク1位)、古力他に60連勝



Google DeepMind Health: 深層強化学習を実施



https://deepmind.com/applied/deepmind-health/

ゲノム情報保管サービス Google Genomics

- 2014年、人の遺伝情報のデータベースを作成する計画を発表 (年間 \$25 / 1人)
- 2015年ゲノム解析研究機関 Broad Institute との提携を発表し、GATKソフトウエアをサービスの一部として提供開始





23andMe - Direct to Consumer 遺伝子検査サービス

- 2007年11月にサービス開始、世界展開へ。
- 2015年6月に100万人の遺伝子検査実績を達成したと発表。
- 欧米の製薬企業研究にデータ提供するビジネスモデル



英ロンドン3病院160万人患者過去5年データを利用しAI研究開発実施(2016/4/29)



Microsoft の人工知能

- "Project Adam"
 - ≥ 2014年に発表、Deep Learning 技術を使った機械学習と人工知能(AI)の研究プロジェクトで、その目的はあらゆる物体を視覚的に認識すること。
 - ▶他社の画像認識と比べ2倍の正確性、計算機資源は30分の1を謳う。

https://youtu.be/zOPIvC0MIA4

- 人工知能 Tay
 - ▶アメリカ人の19歳の女の子という設定、ツイッター経由で稼働する会話ボット▶「悪い言葉を覚えて休眠中」
- マイクロソフトりんな
 - ▶LINEで稼働、女子高生のように会話できる人工知能
- Microsoft Azure Machine Learning
 →機械学習アプリケーションのクラウド開発環境
- Microsoft Cognitive Service
 ▶言語(音声、テキスト)、画像、知識、検索等のAPI サービス基盤
- Microsoft Cortana
 - ▶人工知能アシスタント、Windows 10 で日本語化対応

https://voutu.be/zi55Hr9TqXY?t=43



医療特化型人工知能システムベンチャー企業

- •米国で医療特化型人工知能システムベンチャー企業群が勃 園
 - Enilitic
 - 医師による診断支援のためにdeep learningおよび画像認識解析技術
 - Ginger.ic
 - 鬱病に対する個別化医療を提供。MITの研究者が予測モデルを作成。
 - Wellframe
 - 人工知能を活用した、新型ヘルスケアプラットフォームの提供。モバイル機器によるケア。
 - MedAware
 - 処方の誤りを発見・抑制することで、患者へのベネフィット。また医療費の無駄の抑制。大量のEMRデータを機械学習アルゴリズムで解析。
 - Lumiata
 - メディカルグラフという人工知能エンジンを開発。患者の症状、診断、治療法を予測

http://blog.ventureradar.com/2015/09/30/top-5-companies-revolutionizing-healthcare-with-machine-learning/

知識を活用しビジネス課題を解決 Engagement (顧客接点変革) Watsonの 提供する機能

• 日本でソフトバンクと提携し、日本語対応のAPIを2015年2月より提供開始

IBM Watson

• 2011年、米国のクイズ番組で人間に勝利したあと、2014年に事業化 • クラウド上のAPI サービスとして開発者コミュニティを全世界で開拓。

 Watsonコグニティブ・サービス

 質問応答
 テキスト解析
 探索
 判断支援
 …
 音声認識合成
 画像認識

個別領域文献

企業内データ

自然言語処理·知識表現·機械学習·Deep Learning

話す

概念体系·辞書
文脈情報

専門家の 知見

18

IBM Watson Health

• 米国の最先端医療研究機関との共同研究、 Watsonの適用範囲を拡大、ソリューションの開発

クリーブランドクリニック



最新の医学文献、雑誌から有効なエビデンスを提供し、医学生が早期に実践的な治療法を学ぶための環境を提供

MDアンダーソン



年間10万人以上の患者や数千におよぶ臨床検査、膨大な量の論文・ジャーナルの情報を分析し、白血病の効果的な治療方法を検討

メモリアル・スローン・ケタリング



がん治療において医師個人の技量によって左右されていた患者ケアの質と速度を、証拠ベースの医療へと改善

ニューヨーク・ゲノム・センター



臨床医が患者に有効なゲノム治療を早期に取得し、脳腫瘍患者に対し最適な個別化医療を提供することを目指す

メイヨー・クリニック



治験に必要となる関連する臨床属性を特定し、迅速に患者の適格性を判断。まずがん治療を対象に実証

ベイラー医科大学





7万件の関連論文を分析し、がん抑制遺伝子P53の活性化 /不活性化を導く研究対象となるタンパク質を数週間で特定

人工知能を用いたがんの精密医療

なぜがんの研究や医療に 人工知能が必要になるのか

人智を超えたデータの世界であるため

Watsonを

構成する技術

知識ペース

膨大な量の電子化知識(文献)の激増 人智・人力を超えた世界

• PubMed上には2016年までに2600万件の論文が登録されており、がん及びゲノム関連の論文は約1/6を占めている。印刷物の厚さは富士山の高さを超える(高度4km)。間違ったものもたくさんある。



• 論文数は指数関数的に増えており、 2050年には大気圏外(高度100km)に 達する高さになる。がんだけでも、 2015年だけで20万報を超えている。

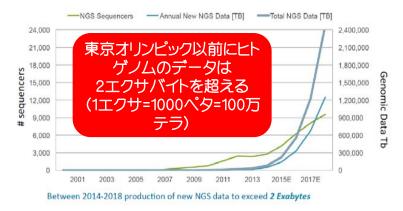


生命科学が遭遇したことのない量の シークエンスデータの出現

- 2015年、米国UCSCのシークエンス・レポジトリーは毎月 1PBペースでシークエンスデータが増加。
- 2016年、Human Longevity Inc (1民間企業)は、10万人全 ゲノムシークエンス/年のファシリティを設置。2020年まで に100万人全ゲノムシークエンスをする。2016年4月、 \$220Mの投資を受ける。
- 中国北京 (China Oxford Centre for International Health Research) のバイオバンクはオックスフォード大学が介入 し、2016年7月現在で600万検体を既に収集。2017年には 900万検体。施設は1800万検体のキャパシティー。約1万 の病院から収集するシステムが動いている。

ヒトゲノムシークエンス

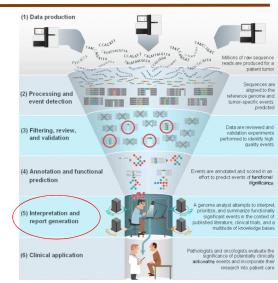
- ●現在1000ドル
- シークエンスデータの急激な増加



NGS: Next Generation Sequencing
NGS sequences include machine from Binaring, Life Technologies, and Platfic Rosciences. Harman genome data based on estimates of whole harman genomes sequenced Sources: Hisrarchi genome from Binaring, Life Technologies, a Roscielli, Stociences, Preventing addresser, Platforges Hospitals.

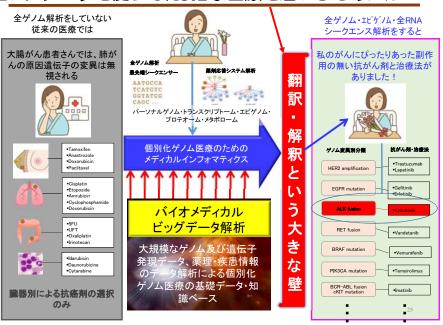
臨床シークエンスのボトルネックも世界の常識

ゲノムの変異はぞろぞろ(数百〜数百万)見つかるが、その解釈と翻訳がボトルネック



Good BM et al. Organizing knowledge to enable personalization of medicine in cancer. Genome Biol. 2014 Aug 27:15(8):438. doi: 10.1186/s13059-014-0438-7.

ビッグデータを使って、的確な医療を届けるためには



100米ドル以下全ゲノムシークエンス機器を発表

- 米国イルミナ社は1日以内、100ドル以下の全ゲノムシークエンスを実現する機器を2017/1/9に発表
- NovaSeq 5000 (85万ドル), NovaSeq 6000 (98.5万ドル)



人知を超えたデータの解釈は人工 知能でないと行えない

一方

データがないと人工知能は役立たない

- 1. 人工知能の利活用の歴史
- 2. 人工知能の利活用の現在
- 3. 人工知能の利活用の未来

1|5

人工知能と医療の将来像

- ●爆発的に増加する医療データを深層学習し構造化することで、人工知能は技術的特異点を超える
- 人間が扱いきれない医療データを人工知能が解析することで、現在の医療は革命的に変化する
- 人工知能なしの医療行為は考えられなくなる
 - インパクトはワクチン(1798)、麻酔(1801)、殺菌(1863)、X線(1895)、 血液型(1897)、抗生物質(1928)、DNAの発見(1953)に匹敵
- 人工知能の精度管理、法制度整備などの倫理的法的社会的問題 (ELSI)の対応が求められる
- 本会議出席の委員先生方は影響を逃れられないだろう
- 人間か?機械か?ではなく、協調が重要

=

米国政府主導 医療イニシアチブ AIを活用した医療の未来像

ホワイトハウスBlog (2016.5.13): AI未来に備えよ
 Preparing for the Future of Artificial Intelligence

use.gov/blog/2016/05/03/preparing-future-artificial-intelligenc



• 米国政府主導医療イニシアチブ

"Precision Medicine Initiative" & "The Cancer Moonshot"にで期待される医療の未来像

- 医療におけるAIの活用は当然の前提として議論
- 医学データのパターン分析と、診断治療の支援を通じて患者ケアと健康アウトカムを改善することがヘルスケア領域のAIの役割
- In healthcare, the President's Precision Medicine Initiative and the Cancer Moonshot
 will rely on AI to find patterns in medical data and, ultimately, to help doctors diagnose
 diseases and suggest treatments to improve patient care and health outcomes.

日経メディカル2017年1月号 人工知能は敵か味方か



http://medical.nikkeibp.co.jp/inc/all/info/mag/nm



保健医療分野におけるAI活用推進懇談会(2017/1/12)

保健医療分野におけるAI活用推進懇談会の開催について

資料

開催の趣旨等

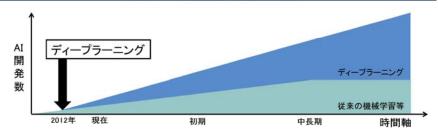
- 現在、医療等の現場においては、世界中から報告される膨大な科学的知見を評価・分析するとともに、患者等に係る大量の生体情報を把握して、患者に最適な医療や安全な医療を提供することが求められており、医療従事者等の負担は増大している。将来にわたって、国民に質の高い保健医療サービスを提供していくためには、科学技術の進歩を適切に活用し、医療等従事者を支援していくことが求められている。
- 人工知能(AI)は、ディープラーニングの登場により新たな局面を迎えた。保健医療分野におけるAI活用推進懇談会においては、AIの特性を踏まえ、その活用が患者・国民にもたらす効果を明らかにするとともに、保健医療等においてAIの導入が見込まれる領域を見据えながら、開発推進のために必要な対応およびAIを用いたサービス等の質・安全性確保のために必要な対応等を検討する。

構成員

◎: 座長 自治医科大学医学教育センター教授 石川 鎮清 大江 和彦 東京大学大学院医学系研究科教授 奥野 恭史 京都大学大学院医学研究科教授 岸本 泰士郎 慶應義塾大学医学部専任講師 中田 典生 東京慈恵医科大学准教授 松尾 豊 東京大学大学院工学系研究科特任准教授 国立がん研究センター研究所長 間野 博行 宮田 裕章 慶応義塾大学医学部教授 宮野 悟 東京大学医科学研究所ヒトゲノム解析センター長 村垣 善浩 東京女子医科大学先端生命医科学研究所教授

AIの活用が想定される領域とメリット①

資料4-2



	【初期】	【中長期】
従来の機械学習等	 がんのゲノム医療 疾病のバイオマーカー探索(疾病診断、予後予測等) 公衆衛生対策 診療支援 	※ 計測・収集が可能となったデータを順次活用
ディープラーニング	 画像診断系(X線/CT/MRI、内視鏡、眼底、皮膚病、病理診断等) 薬剤業務系(鑑査等) 見守り系(医療機関内・居宅等での認知症の見守り・転倒防止) 業務効率系(音声認識による医療従事者の負担軽減(看護記録、電子カルテへの入力等)、創薬等) 対面診療支援系(患者の表情・音声・体動に基づく精神症状の評価、言語解析による精神疾患の診断支援等) 	ロボット系(手術支援ロボット、介護ロボット)

AIの活用が想定される領域とメリット②

- AIを用いた高精度な予測により、発症前に疾患を探知することのほか、予防的に治療することが 可能になるのではないか。
- 健診等で生じる膨大な画像データを高い精度で読影することが可能になるのではないか。

治療

- ゲノム解析等にAIを応用することによって個々人の状態に応じた治療が可能となるのではない か。
- 画期的な医薬品を効率的に開発することが可能になるのではないか。

日常

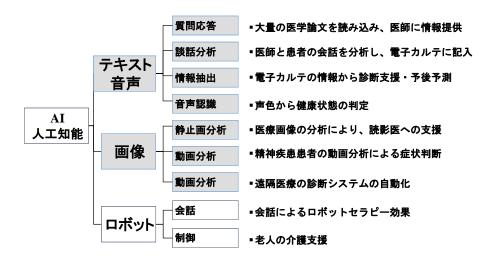
- AIによって将来の予測可能性が向上し、患者・国民が病気へ備えやすくなるのではないか。
- ウェアラブル端末等で得られたデータにAIを応用すれば、在宅でのモニタリングや見守りが可能 になるほか、必要なタイミングで医療機関の受診が可能になるのではないか。

AIの活用が想定される領域とメリット③

その他

- 時間・場所による制約が少なくて、低コストで高品質・均質な医療や介護がAIによって実現するで はないか。
- 感染症拡大などの予測がAIによって精緻化し、早期の公衆衛生対策が可能となるのではないか。
- 医療従事者・介護従事者は、AIの支援を受ければ、業務負担の軽減や生産性の向上が見込め るのではないか。また、医療従事者や介護従事者の不足の解消にも貢献できるのではないか。
- 国民皆保険制度を持つ日本には保健医療データが蓄積しており、それらを活用すれば日本が世 界をリードすることが可能になるのではないか。
- 怪しい情報が氾濫する中で、ビッグデータを学習したAIに患者・国民がアクセスできれば適正な 情報を入手できるようになるのではないか。

人工知能の医療応用について



医学論文版クイズ王Watson

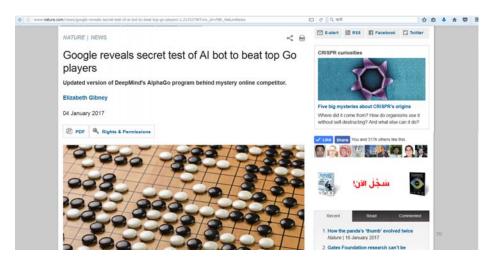
- •全ての医学論文を読み込み構造化し、医師質問 に応じて情報提供が可能な人工知能が誕生する
- ●かつて米国テレビ番組Jeopardy!でIBM Watsonが 人間のクイズ王を凌駕したような、医学論文版クイ ズ王が誕生するのではないか?



https://www.youtube.com/watch?v=P18EdAKuC1U

最強臨床医の出現

- ・202x年末にネット上にMasterと称する臨床医出現
- ・人知を超越した診断能力を発揮する



最強臨床医ドクターZの誕生

- •電子カルテ情報・患者との会話・IoT(Internet of Things)技術により得られたデータにより鑑別診断支援・治療支援・予後予測を行う、最強臨床医ドクターZが誕生する
- 誤診率が減り、総合診療医、各種専門医は凌駕されてしまうかもしれない
- •勤務医・開業医の役割が大きく変わる可能性がある

http://www4.nhk.or.jp/doctorg/

画像診断医の業務激減、集約化

- •画像分析を人工知能が代替することにより、放射線診 断医・病理医の業務量が大きく激減する
- ●画像データの転送技術の高速化により、画像診断の 集約化・遠隔医療化が進む
- 病院・診療所内、検査会社で診断する必然性がなくなり、データをクラウドサービスに転送し、人工知能が診断し、結果が返却されるようになる
- •画像診断は遠隔医療でどこでも可能になる(次項)

遠隔医療の実現

- ●医師不在でも、医療・健康データを収集できるように なり、データがクラウドサービスで拠点に送信され、人 工知能が解釈し、その結果が利用者に返却される
- •ウェラブルデバイス等の非侵襲的装置を用いて、IoT 技術によりデータが24時間365日モニタリングされる
- 病院・診療所に通院・入院しなくとも多くのデータが得 られ、自宅医療・遠隔医療が発展する
- ●Amazon Alexaなどの音声認識技術が入力の鍵となる
- ●医療・介護の将来像が大きく変わる可能性がある

まとめ

- •人工知能の利活用の歴史
 - 医療領域での利活用はこれから
- •人工知能の利活用の現在
 - ●日常生活・産業・研究での利活用が進んでいる
 - •癌の精密医療で人工知能が実用化されている
 - ●米国勢が主導
- 人工知能の医療領域での利活用の未来
 - 人工知能なしの医療は行えなくなる
 - 医療の革命的変化が起きるだろう
 - 人間か?機械か?ではなく、協調が重要

人工知能やロボット等による代替可能性が低い100種の職業(50音順、並びは代替可能性確率とは

※職業名は、労働政策研究・研修機構「職務構造に関する研究」に対応

児童厚牛自

シナリオライター

アートディレクター アウトドアインストラクター アナウンサー アロマセラピスト

犬訓練士 医療ソーシャルワーカー インテリアコーディネータ-

インテリアデザイナー 映画力メラマン 映画監督 エコノミスト 音楽教室講師 学兰目 学校カウンセラー 観光バスガイド 教育カウンセラ-クラシック油基家

グラフィックデザイナー ケアマネージャ-経営コンサルタント 芸能マネージャー ゲートクリエーター

外科医 言語聴覚士 丁業デザイ-

広告ディレクター 国際協力重門家 コピーライター 作業療法士 作詞家

雑誌編集者 産業カウンセラ-産婦人科医

社会学研究者 社会教育主事 社会福祉施設介護職員 社会福祉施設指導目 柔道整復師 ジュエリーデザイナー 小学校教員 商業力メラマ 小児科医 西島関発部員 助産師 心理学研究者 人類学者 スタイリスト スポーツインストラクター スポーツライター

青神科医 大学·短期大学教員 中学校教目 中小企業診断士 ツアーコンダクター ディスクジョッキー ディスプレイデザイナー デスク テレビカメラマン テレビタレント

力利库

日本語教師

ネイル・アーティスト

軍論家 ファッションデザイナー フードコーディネーター 舞台演出家 舞台美術家 フラワーデザイナー フリーライター プロデューサー ペンション経営者 保育十 放送ディレクター 報道カメラマン 法務教官 マーケティング・リサーチャー 家窓書 マンガ家 ミュージシャン メイクアップアーティスト 盲・ろう・養護学校教員 幼稚園教員 理学培法士 料理研究家 旅行会社力ウンター係 レコードプロデューサー レストラン支配人 録音エンジニア 図書編集者

バーテンダー

はり師・きゅう師

俳優

美容師

人工知能やロボット等による代替可能性が高い100種の職業(50音順、並びは代替可能性確率とは

※職業名は、労働政策研究・研修機構「職務構造に関する研究」に対応

IC生産オペレーター 一般事務員

医療事務員 AV·通信機器組立·修理工

NC研削盤工 NC旋盤工 会計監査係員 加丁紙製造工 貸付係事務目 学校事務目 カメラ組立工 機械木丁

寄宿舎・寮・マンション管理人 CADオペレーター 給食調理人 教育・研修事務員 行政事務員(国)

行政事務目(退市町村) 銀行窓口係 金属加工・金属製品検査工 全屋研磨工

金属材料製造検査工 全属熱処理工 金属プレスエ クリーニング取次店員 計器組立工

警備目 経理事務目 検収・検品係員 検針貝

建設作業目 ゴム製品成形工(タイヤ成形を除 こん包工 電子計算機保守目 (IT保守目) サッシエ 電子部品製造工 産業廃棄物収集運搬作業員 雷車運転十

紙器製造工 自動車組立T 自動車塗装工 出荷・発送係員 じんかい収集作業員 人事区事務目

新開配達自 診療情報管理士 水産ねり製品製造工 スーパー店員 生産現場事務目 製パンエ 製粉工

製太作業員 清涼飲料ルートヤールス目 石油精製オペレーター セメント生産オペレータ-繊維制品給香丁

合庙作業目 惣菜製造工 測量十 宝くじ販売人 タクシー運転者 宅配便配達員 鍛造工 駐車場管理人 通期十 通信販売受付事務目 積卸作業員 データ入力係

雷德通信技術者

電算写植オペレーター

道路パトロール隊員 日用品修理ショップ店員 バイク便配達員 非破壊検査員 ビル施設管理技術者 ビル港福昌 物品購買事務員 プラスチック製品成形工 プロヤス製版オペレーター ボイラーオペレーター 貿易事務員 匀装作举目 保管·管理係目 保险事整目 ホテル客室係 マシニングセンター・オペレーター ミシン縫製工 めっきT

めん類製造工 郵便外務目 郵便事務員 有料道路料全収受目 レジ係 列車清掃員 レンタカー営業所員

路線バス運転者

謝辞

- 東京大学医科学研究所
 - 宮野悟教授、山口類准教授、(ヒトゲノム解析センター)
 - •井元清哉教授(ヘルスインテリジェンスセンター)
 - ●東條有伸教授、横山和明特任助教、小林真之先生(分子療法分野)
 - 古川洋一教授、山口貴世志特任講師(臨床ゲノム腫瘍学分野)

21世紀になってからのAI

機械学習・データマイニングで 何ができるようになったか?

津本周作

島根大学医学部医療情報学tsumoto@med.shimane-u.ac.jp

自己紹介

昭和58年 4月(1983)大阪大学医学部医学科入学平成元年 3月(1989)大阪大学医学部医学科卒業

平成元年 6月 千葉大学医学部附属病院医員(研修医)

平成 2年10月 松戸市立病院救急部医員

平成 3年10月 千葉大学医学部附属病院医員(医療情報部)

平成 5年 5月 東京医科歯科大学助手

(難治疾患研究所医薬情報)

平成11年 5月(1999) 島根医科大学助教授

(医学部医学科医療情報学講座)

平成12年 7月 島根医科大学教授 平成15年10月 島根大学教授

平成19年10月 統計数理研究所 教授 (客員)

現在に至る

学位: 平成9年 3月 博士(工学) 東工大

概要

- ·自己紹介
- ・エキスパートシステム
- ・データマイニング
 - 手法の紹介
 - 医療応用の例

人工知能とは?

- 計算機上に人間の知能を実装することを目的とした研究
- 計算機の登場(1950年代)と共に研究され はじめ、他の情報工学の分野に多大な 影響を及ぼした。

AIの応用: 診断

- 患者の症状・所見から、罹患している疾患を推測する。
 - 「頭が痛い」、「熱がある」、「体がだるい」
 - 経験からの推測,対症療法が使われて...
 - うまくいかない時に、受診する。
- 診察
 - 所見をとる。
 - 所見から、病気の可能性を絞り込む。
 - 血液検査, レントゲン, 心電図,....
- 医師の診察プロセスをどのように計算機にさせるか?

エキスパートシステム

- ルール推論のシステムとして
 - 故障診断、疾患の診断を行なうシステムが開発された。
- 例えば、
- If (扁桃腺の腫脹) Then (溶連菌感染症が疑われる。)
- というルールがあった場合、症状として扁桃腺の腫脹があれば、
- 溶連菌感染症を診断の候補とする。
- 特に、感染症診断のシステムMYCINが登場、診断精度(65%) がよかったことから、その後エキスパートシステムの開発が 爆発的なブームに。

診断のプロセス

- 診断のプロセスは、医師の知能による
 - 計算機に医師の診断のプロセスを実装する。
- 診断
 - 患者の症状・所見から、罹患している疾患を推論。
 - 推論をどのように実現しているか?
 - 「知識表現」
- 「所見⇒病名」というルール型知識はどうか?
 - 「頭が痛い、熱がある」⇒感冒の疑い

MYCIN

- Shortliffe, BuchnanらStanford大学のグループ
- 感染症診断のシステム
- 500ルールからなる。
- 実際の症例で65%の精度 (専門家が80%程度)

(defrule 165

if (gram organism is pos)
(morphology organism is coccus)

(growth-conformation organism is chains)

then .7

(identity organism is streptococcus))

Medical Expert Systems

MYCIN: 感染症の診断システム

• INTERNIST: 内科疾患の診断システム

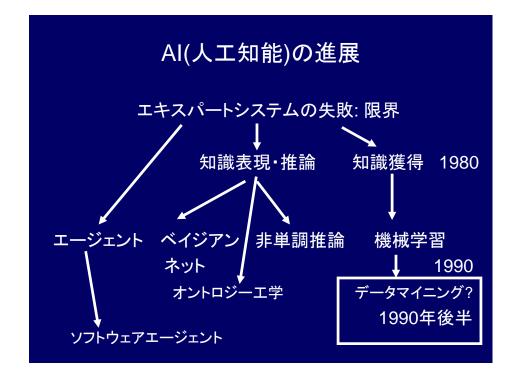
VM: 呼吸器の管理システム

ONCOSIN: 白血病の治療管理システム

1970-1980年台、Stanford大学を中心に研究された。

Expert Systemの限界

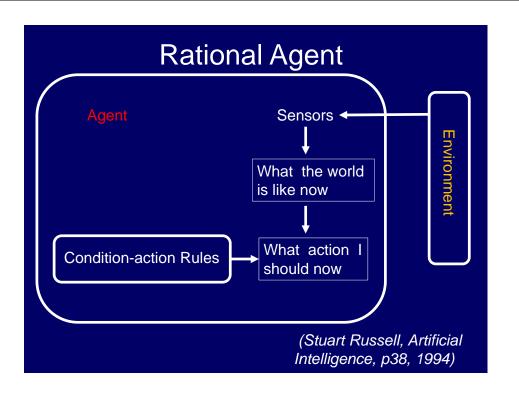
- 入力に手間がかかる。
- 典型的な症例の診療支援しかできない。
- 合併症の診断は困難。
- 時間と共に変化する患者の診療を支援できない。
 - 適用分野が限定的、計算に時間がかかる
 - 1980年代後半には低調に。



Rational Agent

 For each possible sequence, a rational agent should select an action that is expected to maximize its performance measure, given the evidence provided by the percept sequence and whatever built-in-knowledge the agent has.

(Stuart Russell, Artificial Intelligence, p38,1994)



ここ20年で変わったこと

- 医療の側
 - EBMの浸透
 - 診療ガイドライン: 診療のアルゴリズム化
 - 診療情報の電子化
- 情報の側
 - -計算機の速度の向上、並列処理の深化
 - 記憶容量の爆発的増加
 - インターネットの進展
 - →電子化された情報の利活用の技術の深化

Intelligent Agent

- インターネットの出現によって様変わり
 - 複数の計算機がネットワークで接続
 - ここの計算機がAgentとすれば、複数の Agentが情報交換をしている世界がインター ネットの世界
 - 情報・知識の共有
- ネット上でAgentが振る舞う
- それぞれのAgentの振る舞いの総合の先に「知性」があるのでは?

現在のAI

- インターネット環境: Knowledge-base
- Agentを実現するための基礎の研究
 - 個々のAgentの持っているfunctionの研究
 - 探索, 推論, 学習,
 - 複数のAgentが実現するfunctionに関する研究
 - マルチエージェント, 複雑系ネットワーク
- 特に、インターネットをはじめとして電子化された情報を用いてパターンを抽出する方法が幅広く応用されるようになった。
 - Amazon, Google

医療現場においても...

- 入力の手間
 - 電子カルテの普及
 - 検査機器のネットワーク対応, IoT,
- 診療支援
 - インターネット資源の充実
 - DBとしての電子カルテ
- 2000年代からのAI技術の導入環境は整って いる。

データマイニングとは?

- 電子化された情報(データ)からパターンを見 つける。
 - パターン: もし... ならば... である。
 - パターン: 木, ネットワーク
- 方法
 - 教師あり学習: 診断等が与えられていて, それを 満たすためのパターンを見つける。
 - 教師なし学習: 例が似ているかどうかを調べて、 似ているものをグループにまとめる。

データマイニングとは?

表形式のデータ

	発熱	咳	痰	頭痛	吐気	悪寒	インフ ルエン ザ
а	あり	あり	あり	あり	あり	あり	+
b	あり	あり	あり	あり	なし	あり	+
С	あり	あり	あり	なし	あり	あり	+
d	あり	あり	なし	なし	なし	あり	-
е	あり	あり	なし	なし	なし	あり	-
f	あり	なし	なし	なし	なし	なし	-
g	なし	あり	あり	あり	あり	なし	-
h	なし	あり	あり	あり	あり	なし	-

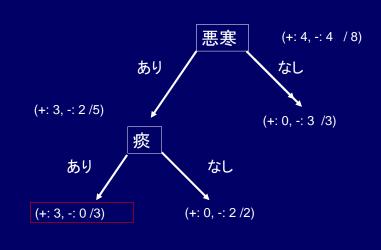
ルール

	発熱	咳	悪寒	インフ ルエン ザ
а	あり	あり	あり	+
b	あり	あり	あり	+
С	あり	あり	あり	+
d	あり	あり	あり	_
е	あり	あり	あり	-
f	あり	なし	なし	-
g	なし	あり	なし	-
h	なし	あり	なし	-

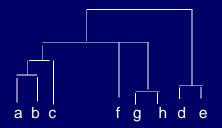
発熱あり かつ 咳あり かつ 悪寒あり ならば インフルエンザ

確信度: 3/5 カバー率: 3/3

決定木 (教師有り)



樹状図 (教師無し)



類似度によってグループ化

{a,b,c} {f} {g,h}, {d,e}という グループがありそう

データマイニングの医療応用例

決定木(Breiman, 1984) 入院24時間以内の血圧最低値 患者数:195 生存 6 死亡 14 ≤62.5 >62.5 患者数:91 生存 102 頻脈 死亡 Yes No UCSD病院に入院した心疾患 (30日以内に死亡例のリスク) 生存 56 生存 14 死亡 14 死亡

髄膜炎データベース(1995)

(Tsumoto and Ziarko, 1995)

髄膜炎データベース:

昭和54年から平成4年までの約14年間に 千葉県東北部の施設で入院治療した121人

入院時の病歴、検査所見、専門医の鑑別診断、 治療内容、治療後の経過、転帰

標本数: 121, 属性数: 34. クラス数: 2

専門家に予想されなかったルール

1. [白血球数≦12000] & [性別=女性] & [CSF細胞数 ≦ 1000] => ウィルス性髄膜炎

(Accuracy: 0.97, Coverage: 0.55)

- 2. <u>[年齡>40]</u> & [白血球数>8000] => 細菌性髄膜炎 (Accuracy: 0.80, Coverage: 0.58)
- 3. [白血球数>8000] & [性別=男性] => 細菌性髄膜炎 (Accuracy: 0.78, Coverage: 0.58)
- 4. [性別=男性] & [CSF細胞数>1000] => 細菌性髄膜炎 (Accuracy: 0.77, Coverage: 0.73)

男性, 年齡>40?: 細菌性髄膜炎

一般的な知識とは一致しない



何らかのシナリオが必要



男性,年齡>40?→ 糖尿病等,生活習慣病

→ 細菌性髄膜炎

この時点での教訓

- 出てくるパターンは非常に圧縮されたもの
 - 指標に最適なコンパクトなパターン
- 圧縮されたものから知識を得るには、 それを解釈するための「専門的」知識が必要。
 - 指標の微妙な低さから情報が隠れてしまう
- 解釈するには、症例に立ち返って、症例に関する 追加の情報を反省してみる必要もある
 - 症例・実例と結びついた時空間的情報が必要

データマイニングの応用例

インシデントレポートの解析

医療事故防止のためのデータマイニング

<u>看護師の内服薬事故</u>: 2001年4月~2002年3月 (とある救急部)

・前半6ヶ月: 従来フォーマットでの内服薬事故データ

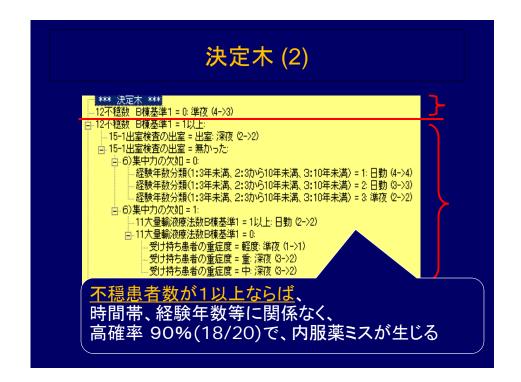
要因の検知

後半6ヶ月:「環境因子」=年数、勤務人員、多忙度、 患者数等の追加データの収集

詳細な分析

Tsumoto S and Hirano S (2010)Fundamenta Informaticae 98: 107-121

リスク回避 (内服薬ミスの激減)



シナリオ

内服薬ミス要因の決定木による「環境因子の解析」から、

- 1)不穏患者数が1以上ならば、高確率90%で、 内服薬ミス。
- 2)経験年数、時間帯、などに関わり無く発生。

現状分析: 内服薬の準備(種類,数量等)は、勤務時間帯の担当者が実施していた。

勤務の引継ぎ等で、勤務時間開始前の準備時間が30 下の場合もあり、事前の薬の仕分けができず、勤務 時間中に行うので、<mark>不穏患者に注意</mark>る チェックができず、ミスが起きやすい。

(シナリオ: 仮説)

データマイニングの応用例

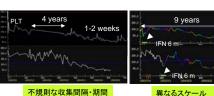
検査データの解析

シナリオからの改善

内服薬ミスの対策には、何を改善すればよいのか。

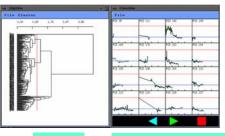
- 経験年数、時間帯等に関係の無いことが判明。
- 業務への割り込みが重要.
- 勤務が終わった者が次の時間帯の投薬準備を2名で 実施(ダブルチェック)。
- ・投薬実施者は、数量、種類などをチェック。
- ●実施後、内服薬ミスが激減した。(10分の1に減少) 245例 → 24例

長期時系列データの類型化



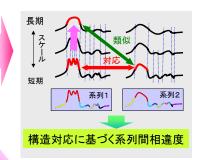
異なるスケール

不均質時系列データ



類型化

時系列クラスタ表示



多重スケール比較

不均質医療時系列データ クラスタ分析システム

多次元軌跡データの類型化

- 各変量に関する時系列データ (1次元×1次元)
 - 時系列解析, Temporal Data Mining
 - 系列の類型化→変量に関する知識
- 多変量に関する時系列データ (n次元×1次元)
 - いくつかの変量の相互作用を時系列的に表現
 - 系列の類型化→変量間の相互作用に関する知識

Tsumoto S and Hirano S (2011)
J Intell Inf Syst .

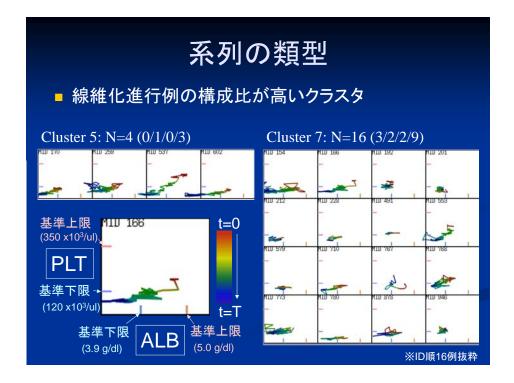
実験:2次元時系列のクラスタ分析

- 使用データ 230属性 → 23属性 (>40000レコード)
 - 慢性ウイルス性肝炎検査データ() 488例 (B型193例, C型IFN治療無99例, C型IFN治療有196例) (千葉大学医学部肝臓内科)
- 実験方法
 - 提案法により系列間相違度行列を作成
 - 階層型クラスタリング法(結合基準:群間平均)により 樹状図を生成し、クラスタ分析
- 長期時系列としての共変的な変化を認められたもの
 - ALB(アルブミン), PLT(血小板), ChE(コリンエステラーゼ)

各クラスタの線維化度別例数構成

■ C型IFN無 (ALB-PLT) ※N>1のクラスタのみ抜粋

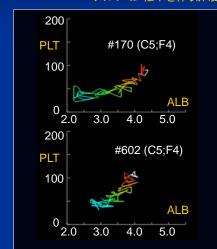
h= 7 h	Number of Cases/Fibrotic Stage				= 1.	
ソフスダ	F0,F1	F2	F3	F4	計	
5	0	1	0	3	4	人
7	3	2	2	9	16	進行例多数
9	6	2	0	0	8	
11	7	0	0	0	7	1
14	2	1	0	0	3	[\] 未進行例
15	17	2	7	1	27	多数
16	1	0	1	0	2	
17	20	2	1	0	23	

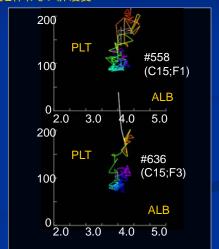


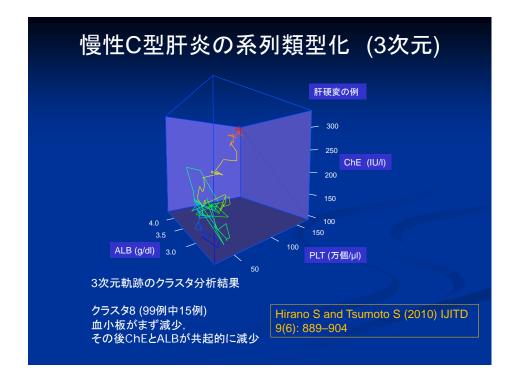
系列の類型 - 線維化未進行例の構成比が高いクラスタ Cluster 17: N=23 (20/2/1/0) Cluster 11: N=7 (7/0/0/0/) - スター Cluster 11: N=7 (7/0/0/0/) - スター Cluster 14: N=3 (2/1/0/0/) - スター Cluster 14: N=3 (2/1/0/0/) - スター Cluster 14: N=3 (2/1/0/0/) - スター - スター



アルブミン低下を伴う肝硬変と伴わない肝硬変







医療現場において

- 診療情報の電子化の進展
 - 電子カルテ
 - 検査機器のネットワーク対応, loT,
 - データは日々蓄積できる状況
- データマイニング・機械学習の応用は可能
 - 得られたパターンから電子カルテでの診療支援へ
 - ただし、データがそろっていればの話しだが...

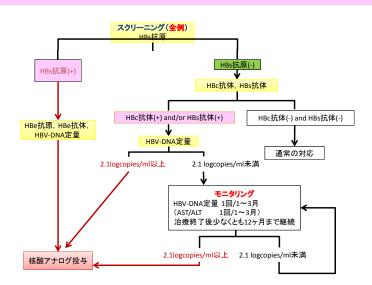
診療支援としてのAI

- 入力に手間がかかる。
 - 診療録の電子化
- 典型的な症例の診療支援しかできない。
- 合併症の診断は困難。
 - 情報検索の高速化、パターンからの学習である程度は可能
- 時間と共に変化する患者の診療を支援できない。
 - 逐次的には可能になりつつあるが、俯瞰的な 判断はできそうにない。

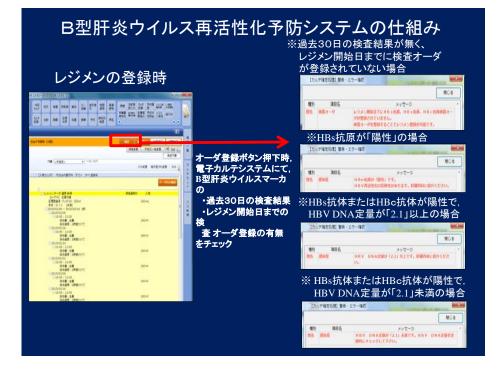
これからの方向性

- 電子カルテのソフトウェアエージェント化
 - これまで開発されてきた技術のインテグレーションによる診療支援から
 - 診療ガイドラインの実装
 - 検査値等の見落としの防止を含めた診療支援
 - ガイドラインによる治療の評価の蓄積
 - 慢性疾患の管理
 - 類似症例の検索
 - クリニカルパスを含めたスケジューリング

免疫抑制・化学療法により発症するB型肝炎対策ガイドライン(2014.6改訂版)



(補足)血液悪性疾患に対する強力な免疫抑制・化学療法中あるいは終了後にHBs抗原陽性あるいはHBs抗原陰性例の一部にHBV再活性化によりB 型肝炎が療症し、その中には動産化する症例があり、注意が必要である。その他の疾患においてお治療によるHBV再活性化のリスクを考慮 して対応する必要がある。また、ここで推奨する性酸デナロケーが応与ってピースはなく、創金化予防炎機を発金に保証するのではない。



B型肝炎ウイルス再活性化予防システム

チェック機能の条件

チェック条件	種別	項目名	メッセージ内容
HBs-抗原が「陽性」の場合	警告	感染症	HBs-抗原が「陽性」です。 HBV再活性化の危険性があります。 肝臓内科に紹介ください。
HBs-抗原が「陰性」且つ HBs-抗体が「陽性」且つ HBV DNA定量が「2.1」以上	警告	感染症	HBV DNA定量が「2.1」以上です。 肝臓内科に紹介ください。
HBs-抗原が「陰性」且つ HBs-抗体が「陽性」且つ HBV DNA定量が「2.1」未満	警告	感染症	HBV DNA定量が「2.1」未満です。D NA定量を定期的にチェックして下さ い。
HBs-抗原が「陰性」且つ HBc-抗体が「陽性」且つ HBV DNA定量が「2.1」以上	警告	感染症	HBV DNA定量が「2.1」以上です。 肝臓内科に紹介ください。
HBs-抗原が「陰性」且つ HBc-抗体が「陽性」且つ HBV DNA定量が「2.1」未満	警告	感染症	HBV DNA定量が「2.1」未満です。D NA定量を定期的にチェックして下さ い。

B型肝炎ウイルス再活性化予防システム

チェック機能の条件

->> 100110 ->>1-11			
チェック条件	種別	項目名	メッセージ内容
HBs-抗原が「陰性」且つ HBc-抗体が「陽性」且つ HBV DNA定量の検査結果 がない場合	警告	感染症	DNA定量を定期的にチェックして下さい。
HBs-抗原が「陰性」且つ HBs-抗体が「陽性」且つ HBV DNA定量の結果がな い場合	警告	感染症	DNA定量を定期的にチェックして下さい。

システム

レジメンの登録時



オーダ登録ボタン押下時、 電子カルテシステムにて、 B型肝炎ウイルスマーカの

・過去30日の検査結果
・レジメン開始日までの検査 オーダ登録の有無
をチェック

※過去30日の検査結果が無く、 レジメン開始日までに検査オーダ が登録されていない場合



БУХУММЕТЕНОЗКИ, НОЗКИ, НОСИМИЙЯ-

HBs抗体またはHBe抗体が陽性で, HBV DNA定量が「2.1」以上の場合



※ HBs抗体またはHBc抗体が陽性で、 HBV DNA定量が「2.1」未満の場合



謝辞

- · 島根大学医学部医学科医療情報学
 - 平野章二
- · 医学部附属病院医療情報部
 - 河村敏彦
- ・医学部附属病院入退院管理センター
 - 岩田春子
- ・東芝メディカルシステムズ
 - 田中陽一郎. 木村知広

人工知能と医療 -画像診断を中心に一

東京大学医学部附属病院 コンピュータ画像診断学/予防医学講座

吉川健啓

人工知能と医療 -画像診断を中心に-

- 人工知能関連技術の確認
- •CADとその具体例
- -CADの現状と問題点
- -CIRCUSの紹介
- *未来予測

人工知能と医療 -画像診断を中心に-

- •人工知能関連技術の確認
- •CADとその具体例
- ・CADの現状と問題点
- ・CIRCUSの紹介
- •未来予測

人工知能関連技術

- 探索
- ・エキスパートシステム
- •機械学習
- ・ディープラーニング
- •自然言語処理
- •画像認識
- •音声認識

. . .

エキスパートシステム

- 人間の専門家の意思決定をまねたもの
- 推論エンジン(論理を使った推論のプログラム) 知識ベース(専門家の知識,経験則)

AI効果

- ・かつては人工知能と呼ばれていたが、実用化され、 ひとつの分野を構成すると、人工知能と呼ばれなく なること
- 多くの人はその原理がわかってしまうと. 「これは知能ではない」と思う
- 「音声認識」「文字認識」「検索エンジン」など

エキスパートシステム: 心電図自動解析

心室レート PR間隔 QRS幅 QT/QTC P-QRS-T軸

176ms 136ms $480/483 \, \text{ms}$ $-17/-43/85^{\circ}$

61BPM

RR/PP間隔 982/980ms

自動解析所見: 正常洞調律 、洞性不整脈を伴う

左脚ブロック 異常心雷図



機械学習

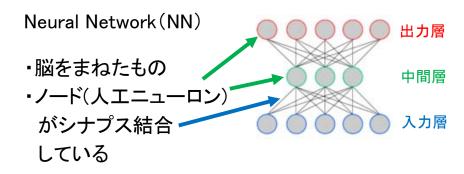
Machine Learning (ML)

・機械がデータをもとに. 特徴量の重み付けを学習する

(どの特徴が大事でどの特徴は大事でないか を学習する)

> 特徴量:データの特徴を数値化したもの 大きさ、丸さ、色・・・

ニューラルネットワーク

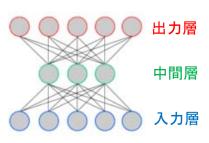


これを多層にしたものがDeep Neural Network(DNN)

オートエンコーダ

Autoencoder(自己符号化器)

・入力層と出力層に同じ データを用いて 教師あり学習させたもの

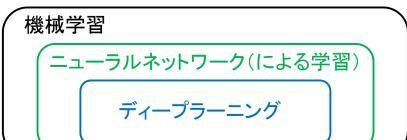


・特徴を絞り込む

ディープラーニング

Deep Learning (DL): 深層学習

・DNNによる機械学習



人工知能と医療 -画像診断を中心に-

- 人工知能関連技術の確認
- •CADとその具体例
- -CADの現状と問題点
- CIRCUSの紹介
- 未来予測

CAD

Computer Aided/Assisted Detection (CADe)

Diagnosis (CADx)

コンピュータ支援検出/診断

・画像診断の弱いAI

弱いAI:特定の課題を解決する知能. 汎用性はない 学習や推論. 認識などを行う

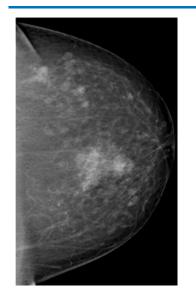
一般には、"CAD"はcomputer aided design (コンピュータ支援設計)の略語として使われている

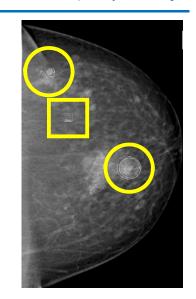
CAD:エキスパートシステム 肺結節(胸部CT)

肺野領域の抽出



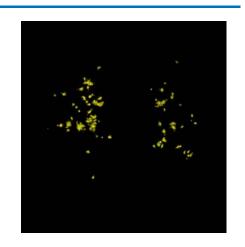
市販のCAD:マンモグラフィ





CAD: エキスパートシステム 肺結節(胸部CT)

3次元形状解析で 病変候補領域抽出 (球状に近い形状 を抽出)



CAD: エキスパートシステム 肺結節(胸部CT)

を計算

大きさ 各病変候補の特徴量 →陽性と偽陽性を識別

丸さ

CAD: エキスパートシステム 肺結節(胸部CT)

結果出力



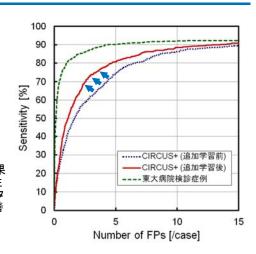
CAD:機械学習 肺結節(胸部CT)

大きさ 学習 →最適な識別境界を みつける 丸さ

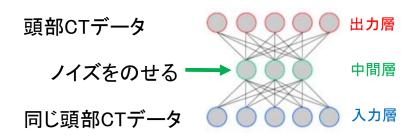
CAD:機械学習 肺結節(胸部CT)

学習によりCADの 性能が向上する

東大病院のデータによる学習結果 をそのまま他施設で使用すると性 能は低下するが、他施設のデータ を追加学習することで性能は改善



CAD:オートエンコーダ ノイズ除去(頭部CT)



これを繰り返すとノイズ除去の方法を学習する

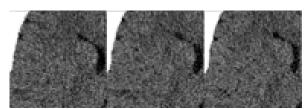
実際はディープニューラルネットワークを用いている

CAD:オートエンコーダ ノイズ除去(頭部CT)

ノイズを除去 した画像

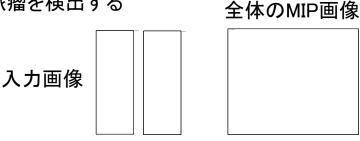


頭部CTの 元画像



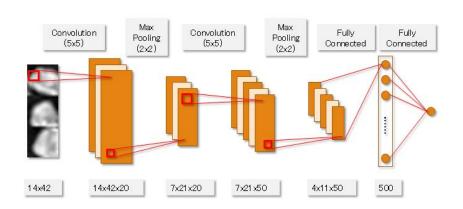
CAD: ディープラーニング 脳動脈瘤(頭部MRA)

(局所の)MIP画像を入力として 脳動脈瘤を検出する

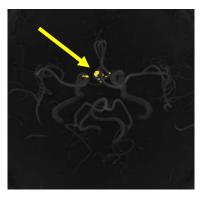


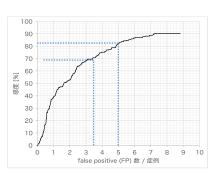
MIP(Maximum Intensity Projection): 最大信号値を投影した画像

CAD: ディープラーニング 脳動脈瘤(頭部MRA)



CAD: ディープラーニング 脳動脈瘤(頭部MRA)



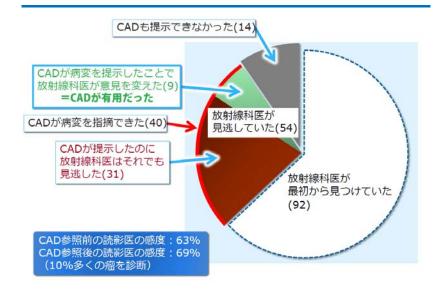


検出結果

人工知能と医療 -画像診断を中心に-

- 人工知能関連技術の確認
- •CADとその具体例
- ・CADの現状と問題点
- CIRCUSの紹介
- 未来予測

脳動脈瘤CADの性能



CAD利用者の実感

- ・CADは「見逃しは少ないが、偽陽性も多い」 ように調整される
- →「検出率」は高いがハズレも多すぎる
- →CADのみでの診断はできない CADで見逃しが完全に防げるわけでもない
- CADはなくても困らないが、あるととても安心

CAD利用者の実感

いま使っているCADを、今後も使い続けたいですか?

有料でも使いたい	7人
無料なら使いたい	6人
タダでも使いたくない	ゼロ

50円 100円 100円 100-200円 200円 200円 500円

CADへの人間の依存度は高い

CADの研究と利用はなぜ広まらないのか?

- ・データがない
- -薬機法とお金
- -ソフト本体以外の準備が必要

CADの現状

- ・見逃し防止の参考意見
- ・ほぼ1つの臓器の1つの疾患にしか対応していない
- ・ほとんどの放射線科医は使っていない マンモグラフィ(@米国)を除き普及していない

CADの研究と利用はなぜ広まらないのか?

データがない

- ディープラーニングには 大量のデータが必要
- ・しかし症例数は限られている
- ・正解入力できるのは専門家のみ
- ・個人情報保護法の関係で 研究者までデータが渡らない

CADの研究と利用はなぜ広まらないのか?

薬機法とお金

- ・CADソフトは法律上、医療機器に準じる
- →現状のCADソフトは非常に高価
- →ソフトを開発しても, 医療機器メーカーしか販売できない
- ・病院や診療所にはCADを導入する 経済的インセンティブがない

解決法:オンラインプラットフォーム化

- ·データがない
- ▪薬機法
- ・ソフト本体以外の 準備が必要

共通プラットフォーム

を整備すれば解決/緩和できる



CADの研究と利用はなぜ広まらないのか?

ソフト本体以外の準備が必要

- ・CADソフトができても、放射線科医が日常的に CADソフトを使うまでのハードルは非常に高い
- -人脈
- -DICOM通信のプログラミング
- -医療機器との接続の費用
- -リアルタイムの運用

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine): 医用画像の規格

人工知能と医療 -画像診断を中心に-

- 人工知能関連技術の確認
- •CADとその具体例
- -CADの現状と問題点
- ・CIRCUSの紹介
- 未来予測

CIRCUS

Clinical Infrastructure for Radiologic
Computation of United Solutions
統合されたソリューション群による放射線医学のための臨床情報処理基盤

・CADの開発, 臨床応用の促進 を目指す



CIRCUS

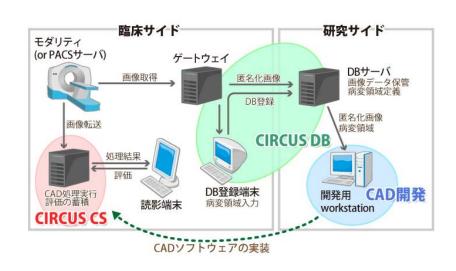
CIRCUS DB (database)

・学習データの収集と正解作成

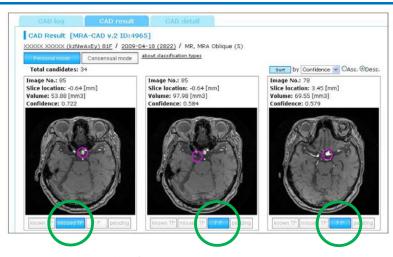
CIRCUS CS (clinical server)

- ・日常診療でCADを使うための webプラットフォーム
- ・フリーソフトとして公開中

CIRCUSの構成



CIRCUS CSの結果表示画面



フィードバック:正解作成になる

人工知能と医療 -画像診断を中心に-

- 人工知能関連技術の確認
- -CADとその具体例
- -CADの現状と問題点
- -CIRCUSの紹介
- •未来予測

DNNは皮膚科医レベル

LETTER

doi:10.1038/nature21056

Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks

Andre Esteva^{1*}, Brett Kuprel^{1*}, Roberto A. Novoa^{2,3}, Justin Ko², Susan M. Swetter^{2,4}, Helen M. Blau⁵ & Sebastian Thrun⁶

- Stanford + Google
- •129450病変. 2032疾患
- ・約128万の写真で事前学習
- →皮膚科医と同等(以上)の診断能力!

近未来予測:政治

- 医療データの活用 次世代医療基盤法
- ・経済的インセンティブ CAD利用に診療報酬点数が付けば・・・

しかし・・・

- ・日本は規制が厳しく、AI活用のハードルは高い
- アメリカはずっと先を行っている
- 今後は新興国が有利

近未来予測: Google Dermatology (仮)

・スマートフォンで皮膚の写真を撮って Google Dermatology (仮) にアップロードすると、 皮膚病変の診断ができる!

LETTER

※実在のサービスではありません

Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks

+ CLOUD VISION API (Googleの画像認識サービス)

近未来予測:医用画像

急速に進展!

- ·2017年にDNNの論文が急増
- FDA承認のCADソフトウェアが市場に (FDA承認には時間がかかると 思われていたが・・・)

未来予測:診療

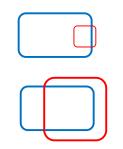
- ・診療支援 音声認識による診療録作成 「おすすめの次の質問」「おすすめの次の検査」 「おすすめの処方」
- ・・・やがて、知識、経験、技術で人間はAI(とロボット)に及ばなくなる(囲碁で人間はAIに及ばなくなったように)

CADの「レベル」感

	車の自動運転のレベル	CADで例えてみると
レベル1	自動ブレーキなど、加速・ 操舵・制動のうち1つのみを システムが行う	特定の所見だけよく見つけてく れるが、残りの画像診断とレ ポート作成は人間がやる いまここ
レベル2	加速・操舵・制動のうち複数の操作をシステムが行う が残りは人間が操作する いまここ	いろいろな病変を見つけてレ ポートを下書きしてくれるが、 完成させるには人間の手が必要 近い将来
L~113	運転手は乗っていないといけないが、機械に求められた時だけ操作すればよい 近い将来	人間はレポートにサインだけし て時々問題のある症例を確認す るだけでいい
レベル4	運転手が仕事を失う	放射線科医が仕事を失う

※米国運輸省の定義

未来予測:診療



人間とAIの協調?

- ・「人間のみができたこと」は 学習によってAIもできるようになっていく
- ・「AIのみができること」は 人間はできるようにならない

·AIの発達は加速度的

未来予測:最後に残るもの

- ・「人間の医師に診てほしい」に応える
- ・責任をとる



- ・患者さんからの信頼があってこそ
- ・AIが発達しても研鑽は必要

ご静聴ありがとうございました

ご意見, ご質問, 講演のご依頼などは takeharu-yoshikawa@umin.ac.jpへ



IBM Watson

IBM Grand Challenge – Jeopardy!

2007年 プロジェクト開始: 2011年2月本番

新しいコンピューティングの時代に向けて

~ Watson/Cognitive Computingとは?~

学習するシステムの時代 (コグニティブ・システム) プログラム可能な コンピューターのインテリジェンス システムの時代 集計機の時代 Watsonは言語を理解します 質問を自然言語で解読 コトバを通した応答 Watsonはその判断根拠を示します • 応答の背景にある根拠の提示 • 確信度(確からしさ)の提示 プログラムした通りに Watsonは経験により学びます 動く 大量の数を集計する • 専門家や学習による訓練 • 経験やフィードバックによる向上(機械学習)

時間

質問応答システムWatsonとは?

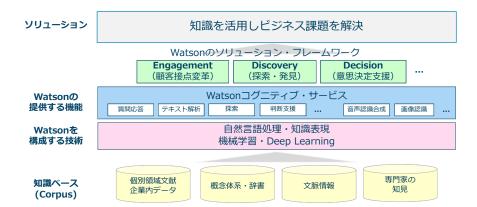
問題(文)の内容を分析して、事前に収集された大量のテキスト 情報から問題の解答候補とその根拠・確信度を計算し、高い確 信度の候補が得られた場合に解答する、という一連の知的処理 フロリダ半島 を高速に実行するコンピューター・システム の145km南に 膨大な情報源 外交関係 米国が外交関係 に米国、中国、 米国-外交ない-国 を持たない世界 キューバ? ロシア、英国、 の4ヶ国のうち この国-ある-非 イラン? フランスとの外 、この国は最も 交関係はない 北朝鮮? 北朝鮮 北にある 問われている 解答候補 根拠の探索と 最も確信度 内容の解析 の生成 確信度の計算 の高い解答 問題 これだけの計算を数秒以内に実行 2x5 = 10ラック(うち1ラックは制御用)、100ノードで構成 各ノードは4個のPOWER7チップから構成され, 各チップは8個のCPUコアを含む → 合計2,880コア 合計15TBのメモリ搭載、80TFLOPSの処理能力

IBM

1

IBM

Watsonシステムの構成 ~ 知識の構築と活用



© 2016 International Business Machines Corporation

Jeopardy!での勝利 … その後Watsonの医療応用へ

IBM Watson

IBM

日本IBMのWatson事業

Watsonサービスで各業界のフロントランナーと 最先端のコグニティブ・ビジネスを創出









金融

✓ 商品提案 アドバイザー

√ 保険適用審査

医療

新薬・効果的な 治療方法の発見

がん診断支援

次世代 ヘルスケア

メディア

営業支援 製浩 (全業種)

分野別リサーチ ✓ 品質向上 ✓ 顧客対応サポート (お客様の声反 サービス 映)

コンサルティン グ・サービス

フィールド サポート

√ セルフ アシスタンス

✓ 営業支援

Watsonの3つのCognitive Serviceのパターン



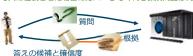
IBM

エンゲージメント

(Engagement)

商品やサービスなどについての 正確な情報を求める問いに対し、 確信度の高い答えを根拠とあわせて返答する

Q. 自転車で人に怪我させた場合にカバーしてくれる保険商品は何ですか?



A. 最適なのは○○保険(確信度90%)、他にもXX保険(確信度70%)や△△保険(確信度65%)も候補。

ディスカバリー (Discovery)

正解が必ずしも存在しない問いに対し、 答えの候補 (仮説などを含む) をリストし、 それをサポートする根拠を精査し、検証する

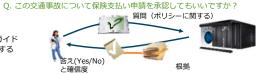
Q.開発中の金融商品のリスクについて検討せよ。



A. 以下の根拠から次のような潜在的リスクが想定されます。

判断 (Decision)

特定のケース (支払申請など) が規定やガイド ポリシーの要件に適合しているかを判断する



A. 90%の確信度で承認できます。根拠を以下にまとめました。

© 2016 IBM Corporation

© 2015 International Business Machines Corporation

IRM Watson

Watsonの医療分野への応用事例

クリーブランドクリニック



最新の医学文献、雑誌から有効なエビデン スを提供し、医学生が早期に実践的な治療 法を学ぶための環境を提供

MDアンダーソン



検査、膨大な量の論文・ジャーナルの情報を 分析し、白血病の効果的な治療方法を検討

メモリアル・スローン・ケタリング



がん治療において医師個人の技量によって 左右されていた患者ケアの質と速度を、証 拠ベースの医療へと改善

ニューヨーク・ゲノム・センター



臨床医が患者に有効なゲノム治療を早期に 取得し、脳腫瘍患者に対し最適な個別化医 療を提供することを目指す

メイヨー・クリニック



治験に必要となる関連する臨床属性を特定し 迅速に患者の適格性を判断。まずがん治療を 対象に実証。

ベイラー医科大学



7万件の関連論文を分析し、がん抑制遺伝子 P53の活性化/不活性化を導く研究対象となる タンパク質を数週間で特定 © 2016 IBM Corporation

Watson Oncology: がん専門医の診断支援

がん診断支援のために WatsonをMSKCCと一緒 にトレーニング



IBM Watson Oncology

Built with Memorial Sloan Kettering



課題:

より患者個別の症状に応じたがん治療のプランが必要

ソリューション:

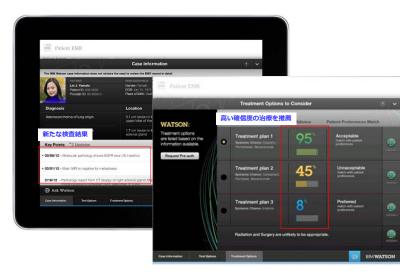
- •60万件以上の医学研究結果と、42の医学専門誌200万ページ分 のテキストに基づき、がん専門医の診断を支援
- 何千もの過去の病症例をもとに患者データを分析し、メモリアル スローンケタリングの医師とアナリストが5,000時間以上かけてト レーニングを実施
- 急速に変化するフィールドと伴に進化

© 2016 IBM Corporation

IBM

IBM

医療診断支援のサンプル画面



Watson Clinical Trial Matching: 治験患者リクルーティング支援

Watsonで臨床試験の患者リクルーティングを 効率化

患者採用が治験の成否に大きな影響をあたえ ます。



MAYO CLINIC

ビジネス課題:

治験において、治療方法に対し適格な患者を探しマッチングをすることが困難

Watsonが提供する価値:

- ある疾病の治験に必要となる関連する臨床属性を特定し、迅速に患者の適格性を判断
- 関連する治験対象者のリストを組み入れ基準/除外基準に対しどのくらい適合しているかという情報ととも に提示
- 臨床属性を変更することで、動的に再評価を実施
- 治験実施における論理的根拠を提供

"我々の研究チームでは、治験の開始から完了までの時間を短縮できることで、より深く、より包括的な 検証を実施することができるようになる。より精度高くマッチングが行えることで、新規でよりよい治 療方法を高いレベルで開発、変更、向上していくことが可能となる。

(二コラス・ラルッソ医師、メイヨ・クリニック 胃腸科専門医、メイヨ-IBM Watson協業プロジェクト リーダー)

医療保険適用承認審査

治療についての要求を迅速に分析し、保険ポリシーおよび医療ガイドラインに照らし合わせることにより、エビデンスに基づいた客観的で一貫性のある迅速な事前レビュー・承認を可能にします。

WellPoint's Interactive Care Guide & Reviewer powered by IBM Watson



ビジネス課題:

治療を進めるための手続きについて、より早く審査・承認を完 了する必要



ソリューション:

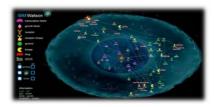
- ●医学データ、患者データに基づく客観的な審査
- •関連する情報、ポリシーやガイドラインをもとに、確信度で重 み付けをした実施可能な判断

© 2016 IBM Corporation

ゲノム治療 (今後日本でも始まろうとしているゲノム情報に基いた病気の理解・個別化 医療) を支える基盤として、Watson の技術を用いて New York Genome Centerと 共同開発

Bridging the gap between sequencing and personalized medicine

IRM Watson



IBM Watson for Genomics



Business problem:

 Cannot accurately and comprehensively understand and take action on the Genomic Sequencing results

Value of Watson:

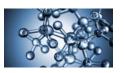
- Case specific analysis to identify mutations, gene expression, tumor heterogeneity, etc.
- Provide patient molecular profile analysis and identify targeted drug options with supportive evidence

© 2016 IBM Corporation

IBM

創薬R&D - Johnson & Johnson

Compare the effectiveness of various drugs and other treatments, looking for those with the best results and the fewest side-effects



Johnson & Johnsonは、IBM Watson Discovery Advisorチームと提携して、薬物やその他の治療法の開発と評価に使用された臨床試験の結果を詳述する科学論文を読んで理解できるよう、Watsonを教える取り組みを進めています。このコラボレーションでは、薬物の相対的有効性研究の実施を加速することを目指しています。このようなコラボレーションによって、医師が特定の薬物に適した患者群を見つけられるようになり、有効性を最大限に引き出すと同時に、副作用を最小限に抑えることが可能になります。通常、相対的有効性研究は手作業で行われ、仮説の分析、生成、検証を始めるには、まずデータを収集して利用できる状態に準備するだけで、3人の作業者が平均10カ月の期間を要します(2.5人年)。この調査研究における同チームの目標は、Watsonに医学文献から直接情報をすばやく合成するよう教え、研究者がデータに関する質問を即座に開始して、特定の治療法の有効性を他の薬物との比較に基づいて確認したりその副作用を確認したりできるようにすることです。

"For example, for back pain, a quick scan of the medical literature turns up published results of over 3,000 trials, describing the effectiveness of 27 different treatments. No one doctor can read all of these documents" said Soledad Cepeda, Johnson & Johnson director of epidemiology.

Vatson

創薬R&D - Sanofi

Watson enabling researchers to identify potential mechanisms of effect in new therapeutic indications, automating curation of biological entities and relationships



Sanofiは、Watsonを利用して、既存薬の別の適応症再目的化の発見を加速する方法を研究しています。 Watsonは、何百万ページもの科学文献を読むことによって重要な情報を理解、抽出することができ、薬物 やその他の対象となり得る疾患の間の関係を視覚化すると同時に、その過程の各段階で裏付けとなる根拠 を提供します。薬物の安全性と毒性は、臨床開発・試験における高い失敗率の主な要因の1つです。Sanofi は、毒性情報を解釈、抽出、整理できるWatsonの能力によって、研究者が候補を絞る上でより適切な情報 に基づいて意思決定できるようにする方法を検討しています。

Business problem:

- Drug repurposing is a nonlinear process, often new connections are found serendipitously
- Data is siloed and its difficult to vertically integrate information to provide a holistic view of target activity

Value of Watson:

- · Automate evidence gathering across multiple domains outside core expertise
- Data provenance to enable collaboration between groups
- Create strong biological / medical rationale and support for program decision-making with supportive evidence and relationship visualization



© 2016 IBM Corporation

© 2016 IBM Corporation

IBM Watson



Welltok CaféWell Concierge™

Intelligent Health Itineraries

• Incorporates user attributes & content from multiple sources

Natural language dialogue 24x7

 provides personalized advice and relevant responses; features temporal & spatial intelligence

Consumer insights

• gets smarter with every interaction; learns and refines

https://www.youtube.com/watch?v=XqHn1AS9Jp0

What can I do to be healthy today?





NEC the WISE

人の知的創造活動を最大化する

2018年1月

日本医師会・学術推進会議

人工知能

プロフェッショナルフェロー イノベーションラボラトリ 所長 NECソリューションイノベータ株式会社

プロジェクトディレクター 事業イノベーション戦略本部 日本電気株式会社

和賀 **巌** MBA 医学博士



教師つき学習

Supervised learning



教師なし学習

Unsupervised learning



© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017

Orchestrating a brighter world NEC

$NEC_{the}WISE$

人の知的創造活動を最大化する NECの最先端AI技術群

"NEC the WISE"は、人の知的創造活動を最大化する NECの最先端AI技術群です。

The WISEは「**賢者たち**」という意味があります。

ますます複雑化・高度化する社会課題に対し、人とAIが協調しながら 高度な叡智で解決していくという私たちの強い想いを込めています。

NECが取り組んでいるAI技術





NECのAIに対する取り組みの歴史



半世紀に及ぶ技術蓄積と事業実績、世界トップ性能をもつAI技術群を保有

1960年

見える化





顔認証 出入国管理などに採用 No.1



2000年

分析

SVM* ディープラーニング 需要予測などに適用

人材マッチング・画像解析に適用 (RAPID機械学習)

対処

1986年

NEC技報 AI特集号



2010年

自律谪応 制御

予測型意思 決定最適化

© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017

Orchestrating a brighter world

世界一の顔認証AI

Innovation labs







動画顔認証イメージ

米国国立機関による動画顔認証 の性能評価で第1位を獲得

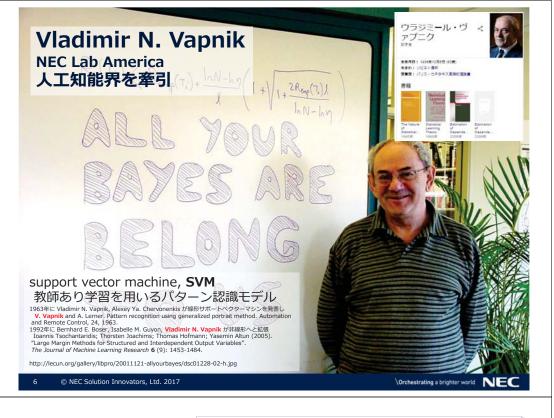
利便性向上・適用範囲拡大により、 セーフティ事業を加速

> 2017年3月16日 日本電気株式会社

NECは、世界的権威のある米国 国立標準 技術研究所(NIST)が実施した動画顔認証 技術のベンチマークテスト(FIVE)において、 照合精度99.2%と他社を大きく引き離す 第1位の性能評価を獲得しました。

NISTのベンチマークテストでは、これまでの 静止画の顔認証テストに続き、4回連続の 第1位獲得となります。

- 1 MBGC (Multiple Biometric Grand Challenge)
- 2 MBE (Multiple Biometrics Evaluation)
- 3 FRVT (Face Recognition Vendor Test)
- 4 FIVE (Face In Video Evaluation)



AIを活用した リアルタイム内視鏡診断 サポートシステム開発

大腸内視鏡検査での 見逃し回避を目指す

大腸がんおよび前がん病変 (大腸腫瘍性ポリープ)を 内視鏡検査時にリアルタイムに 発見するシステム

国立研究開発法人国立がん研究センター(理事長:中釜 斉、所在地:東京都中央区)と日本電気株式会社(代表取締 役 執行役員社長 兼 CEO: 新野 隆、本社: 東京都港区)は、人工知能(AI)を用い、大腸がんおよび前がん病変(大腸 腫瘍性ポリープ)を内視鏡検査時にリアルタイムに発見するシステムの開発に成功しました。

国立研究開発法人国立がん研究センター

日本電気株式会社 国立研究開発法人科学技術振興機構

-このリアルタイム内視鏡診断サポートシステムは、大腸の内視鏡検査時に撮影される画像で大腸がんおよび前がん 病変をリアルタイムに自動検知し、内視鏡医の病変の発見をサポートします。また、臨床現場でリアルタイムに医 師にフィードバックするため、画像解析に適した深層学習を活用したAI技術と独自の高速処理アルゴリズム、画像 処理に適した高度な画像処理装置(GPU: Graphics Processing Unit)を用いて、1台のPCで動作するプロトタイプ

内視鏡検査



リアルタイム内視鏡診断サポートシステム 高速処理アルゴリズム

深層学習を活用したAIIによる 病変形状検出アルゴリズム

内視鏡診断学



色調 境界



+GPU

リアルタイム フィードバック

© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017 Orchestrating a brighter world

不穏行動の予兆検知

医療法人社団KNI様とAIを活用した 医療社会改革に向けた共創を開始

不穏行動の予兆検知への取り組み

Detection of Signs of Agitation



© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017

Orchestrating a brighter world NEC

不穏行動予兆検知

医療法人社団KNI様とAIを活用

■成果

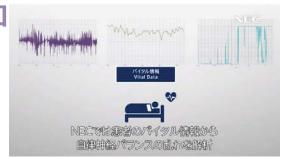
不穏行動の予兆のある患者を

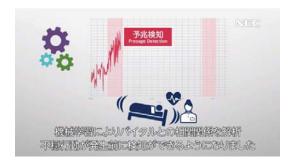
- ・71%の精度で
- ・約40分前に未然検知

入院翌日までの情報を活用し、 退院支援で重要な退院・転院先を 84%の精度で予測

■期待される効果

- ・患者の入院長期化の回避による 早期の社会復帰、
- ・対応するスタッフの業務負荷軽減、
- ・退院待ちの解消にともなう 新たな患者の受け入れが期待





© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017

Orchestrating a brighter world

CYTLIMIC

2016年12月19日 日本電気株式会社

NECは、ヘルスケア事業強化の一環として、 NEC独自の先進AI(人工知能)技術を活用し医薬品開発で重要な新薬候補物質を 発見するとともに実用化を支援する創薬事業を開始します。

NECは本事業の開始にあたり、NECが発見したがん治療用ペプチド(注1) ワクチンの開発・実用化を推進する新会社「サイトリミック株式会社」 (以下、サイトリミック、注2)を設立しました。

最新のがん免疫学の知見と技術に基づく、 革新的がんペプチドワクチンの臨床開発を 通して、がんを克服する社会の実現に貢献 します



代表取締役社長 土肥 俊

CYTLIMIC 日本人の約85%をカバーする複数のHLA(白血球)型に適合し、

複数の機械学習の 自己学習で 予測バラツキを ■ 予測の弱みを ■ パターンを AINEC独自の 抽出 分析 算出 アクティブラーニング 免疫機能予測技術 未実験パターン 学習06 構成する要素 の結合予測 • アクティブラーニング* • ペプチド用機械学習 高知大学との共同研究成果

約200

ペプチド予測システムで 実際に実験する パターン数

93%

免疫を活性化する効果を持つペプチドを発見

ペプチド予測システムの 結合予測精度

各機械学習に異なる結合結果をインプット

Inputデータ 実験済パターンの結合結果

> 未実験パターン 約5000億通り

免疫機能予測システムで 結合予測する

HLA分子 A0206 実験

HLASS F A2402

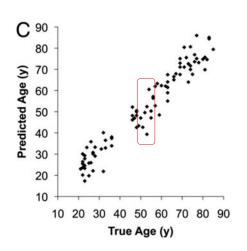
*インタラクティブに学習データを取得し学習精度を向上させる機械学習法の一種



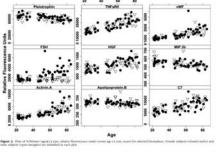
ビッグデータ解析 (SomaLogic)

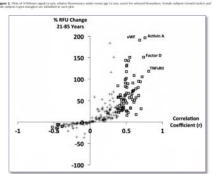
2017 Innovation labs

若さも見える!



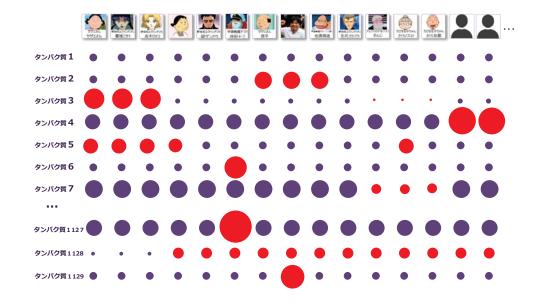
Age-Dependent Changes in the Cerebrospinal Fluid Proteome by Slow Off-Rate Modified Aptamer Array . American Journal of Pathology. 180(2):446-56. Epub 2011 Nov 26.





血液ビッグデータの考え方

脳梗塞 心筋梗塞



© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017

Orchestrating a brighter world

JAMA 29th Jun. 2016

Innovation labs

Original Investigation | INNOVATIONS IN HEALTH CARE DELIVERY

Development and Validation of a Protein-Based Risk Score for Cardiovascular Outcomes Among Patients With Stable Coronary Heart Disease

Peter Ganz, MD; Bettina Heidecker, MD; Kristian Hveem, MD, PhD; Christian Jonasson, PhD Shintaro Kato, MS; Mark R. Segal, PhD; David G. Sterling, PhD; Stephen A. Williams, MD, PhD

IMPORTANCE Precise stratification of cardiovascular risk in patients with coronary heart disease (CHD) is needed to inform treatment decisions.

OBJECTIVE To derive and validate a score to predict risk of cardiovascular outcomes among patients with CHD, using large-scale analysis of circulating proteins.

DESIGN, SETTING, AND PARTICIPANTS Prospective cohort study of participants with stable CHD. For the derivation cohort (Heart and Soul study), outpatients from San Francisco were enrolled from 2000 through 2002 and followed up through November 2011 (≤11.1 years). For the validation cohort (HUNT3, a Norwegian population-based study), participants were enrolled from 2006 through 2008 and followed up through April 2012 (5.6 years).

EXPOSURES Using modified aptamers, 1130 proteins were measured in plasma samples.

MAIN OUTCOMES AND MEASURES A 9-protein risk score was derived and validated for 4-year probability of myocardial infarction, stroke, heart failure, and all-cause death. Tests, including the C statistic, were used to assess performance of the 9-protein risk score, which was compared with the Framingham secondary event model, refit to the cohorts in this study. Within-person change in the 9-protein risk score was evaluated in the Heart and Soul study



Peter Ganz



M.D. Ph.D.



Shintaro Kato, MS SomaLogic **NEC America** NEC Solution Innovators

心疾患リスクスコアの開発と評価 9種のタンパク質によるリスクスコア が従来方式よりも高精度に心疾患 リスクを予測することを確認。

55

© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017

Editorial page 2525

Supplemental content at

心疾患の人血液ビッグデータ解析



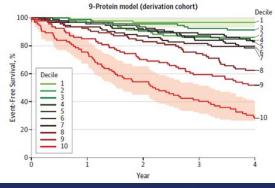
血液中の1130種類のタンパク質を定量、9つの重要なタンパク質を決定

the derivation cohort (Heart and Soul study)

サンフランシスコ:2000~2002 フォローアップ2011

938人 蛛 67.0歳 男性82%

ノルウエー:2006~2008 971人でも再現



安全グループ

高リスクグループ

適度な運動、ウオーキング 食事、ダイエット、血圧チェック 禁煙、ストレスフリーなど

© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017

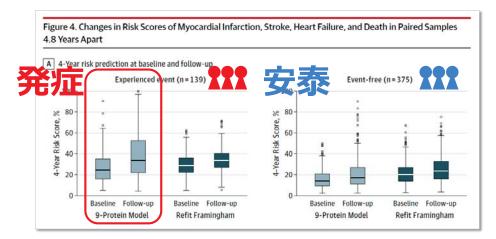
Orchestrating a brighter world NEC

心疾患の人血液ビッグデータ解析

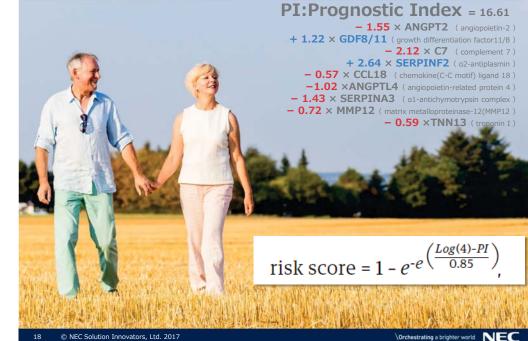
既存の評価方法:フラミンガムスコアとの比較

マサチューセッツ州フラミンガム地区で実施された数十年にわたる研究 (NHLBI's Framingham Heart Study, a predominantly Caucasian population in Massachusetts,に基づくもので、

年齢、性別、総コレステロール、HDL(善玉)コレステロール、収縮期血圧、 喫煙の有無からリスクスコア合計を求め、相当する心血管10年リスクを評価するもの



見つかった疾患指数





郵便番号と寿命から見える課題

2017

Zip Code が人の寿命を決めている: ウェルビーイングの設計書が必要

Figure 17: US life expectancy by county, females, 2010 Short Distances to Large Gaps in Health Death by Zip Code

http://www.rwjf.org/en/library/infographics/new-orleans-map.html#/embed

© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017

Orchestrating a brighter world NEC

NECグループの強み

人と協調して問題を解くために、ロジックを説明できる技術に こだわりと強みを見出し、人工知能技術に取り組んでいる



オペレーションする

人に対し、理由説明が

求められる問題に適用

・社会システム運用、

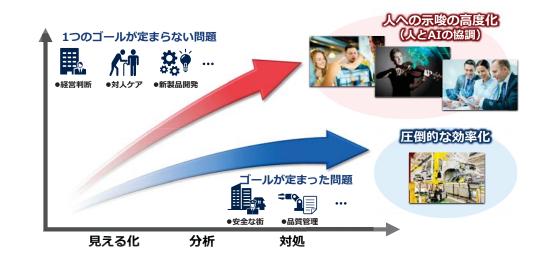


NECの社会価値創造とAI技術の方向性

© NEC Solution Innovators, Ltd. 2017



Orchestrating a brighter world



Orchestrating a brighter world



多種多様なデータから自動的に 規則性を見出して未来を予測。

異種混合学習

診療支援と人工知能



PRECISION 記憶に頼らない医療を、すべての医療従事者に

社外秘

用語解説:知能とは? AIとは?

知能とは?

- 知能とは特定の能力ではなく、各個人が目的的に行動し、合理的に行動し、自分の環境を能率的に処理する総合的な能力
 - -IQ:精神年齢(知的発達を示す年齢)/生活年齢(実年齢)×100 (医師の平均は111)
 - -言語理解(VCI),知覚統合(POI),注意記憶(FDI),処理速度(PSI)
 - → 発達障害などの評価に用いられる総合的な評価

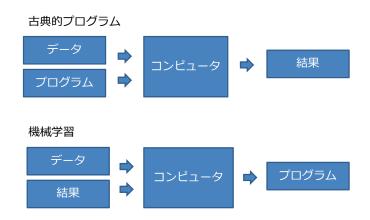
社外秘

"人工"知能の種類

- ジニー型→指定されたタスクを実行する知能。→エクセルの化け物(アルファー碁が該当)(≠総合的=知能の補助)
- オラクル型→問うた問いに答える知能→ Google 検索エンジン(≠総合的=知能の補助 Business Intelligence (BI)と呼ばれることも)
- ソブリン型→人工知能自ら意思を持ち、継続的 に作業を行っていく知能。→ドラえもん(=総合 的=知能

- つまり、医者の話す"貧血"と一般人の話す "貧血"と同じくらい、人工知能研究者の言 う"人工知能"と一般人の"人工知能"は異な ります
- なお、機械学習は、プログラムの一つで人工知能を支える技術です。
- 機械学習の手法として、ロジスティック回帰やディープラーニングがあります。

古典的プログラム vs 機械学習



5

情報の革命









文字が生まれる 思想が時間と空間 を超える 15世紀のグーテン ベルクによる活版 印刷技術の確立。 半径100メートル から世界中に インターネット の出現 瞬時に低コスト で情報が他人に 届くように 個人の発信 人工知能により、適切なフィルターで情報が適切な人に届くようになる? 収束の時代へ

医療への応用の期待値は高い(市民)



医療への応用の期待値は高い(医師)

多くは見逃しや誤診を防ぐツールとして、肯定的に捉えていることが明らかになった。(加納 亜子=日経メディカル)

自由記述欄

「見落とし防止、ダブルチェック目的で使いたい」(30代・一般外科)、「診断の補助、誤診防止、診断の迅速化につながる」(50代・一般外科)といった意見が寄せられた。その他にも、「確定診断に難渋するケースに活用してみたい」(40代・精神科)、「専門家のいない過疎地域での診療で利用したい」(50代・麻酔科)





日経メディカル Onlineの医師会員を対象にウェブア ンケートを実施。期間は2016年9月15日〜25日、回 答数は3209人。

一方で現実的な意見も

- ・ 医師が日常的に背負っている「患者への責任」をAIは担え ないという意見も多かった。<u>| | 機械に診断の責任は負えない。確定診断は無理」</u>(40代・耳鼻咽喉科) というように、AIによる診断の責任の所在を指摘する意見だ。こうした考えから、「あくまでも確定診断は人間が下すべき」(50代・一般内科)というコメントも寄せられた。
- ・ また、診断をする上で、医師ならではの経験や考え方を 重視する立場から、「一部の症例では人間の経験や勘が必 要になる。AIで完全に診断するのは無理だろう」(40代・ 救急科)、「批判的な視点で物事を見られないAIが診断す るのは難しいのではないか」(40代・一般内科)とAIの限 界を指摘するコメントもあった。

9

確定診断がなぜ難しいか?

- すべてのデータがない
 - 診断には、生まれてからの生体の情報のすべてを手に取る 必要がある
 - たとえばアスリートの心拡大や徐脈は病気ではない
- シグナルとノイズ
 - もともと、疾患の診断があいまいで、また結構誤診が多い。また、いつの時点の診断を正解とするのかが曖昧である
- 膨大な知識
 - 知識を集めるのが大変であり、また更新をしなくてはいけない。
 - 医療論文は約20年ごとに2倍に
 - 医師は臨床に当たって200万の事実を知っている必要がある
- 膨大な意志決定
 - 検査数も膨大。一つ一つの検査を実際に吟味した場合

私の意見

不可能:

• 確定診断

可能:

- 診断補助:抗体検査や重症度評価の代替
- ・ "とても規則正しい"A先生と8割以上と同じ 判断
- 診断基準の明確な疾患/遺伝子疾患に対して 人間よりも高い正診率

10

すでに身近な診療支援

分類	機能	例 - 薬剤アレルギーに対する警告 - 薬剤の併用禁忌に対する警告 - 薬剤と検査結果の相関関係に対する警告 (例: ジゴキシンと血中カリウム低値) - 薬剤用量調節支接(例: オピオイドやインスリンの量, 腎不全に対するガイダンス) - 培養結果において感受性の悪い抗生剤を選択した際の警告 - 高齢者の予後を悪くする薬剤の処方に対しての警告 - ペースメーカー患者のMR検査に対する警告	
Feedback	医療従事者が行なった行為や入力したデータに関して、 フィードバックをかける		
Data Organization	バラバラのデータを統合し、図として表示する	- 病院における耐性菌の頻度	
Proactive Information	例として, 肺炎で入院する患者に対しての診療計画書	- クリニカルパスやオーダーセット	
Intelligent Actions ルーチンな仕事や繰り返し作業に対して、決まった時間にデータ等を提供したり警告したりする		- 低血糖患者に対して、血糖測定の時間を警告 - ワーファリンを飲んだか、チェックするよう警告	
Communication 検査値で異常があった際に、情報を提供する		- 診察している患者の検査値にパニック値があった際に 自動的にメールを送る	
Expert Advice	ガイドラインなどから診断や治療のアドバイスを行う	- 治療ガイドラインの提示 (例: 心筋梗塞後にβブロッカーを内服させる) - 患者データから鑑別疾患や追加検査の提案 - 行なった検査に対して、不確実なことを減らす (例: 肺塞栓に対して行なったシンチなど)	
Reminder	予防注射など次にいつ注射をするか、画面に表示する	- リマインダー (例:肺炎球菌ワクチンを次回打つ日付が出てくる)	

現在のcommonな診療支援

関節リウマチの診断基準





今日の治療薬2017 解 説と便覧2017/1/11 浦部 晶夫、 島田 和 幸 ワシントンマニュアル 第12版 (原著第33版) 2011/3/10 高久史麿先生、 和田 攻先生





今日の治療指針 2017年版(ポケット 判)(私はこう治療している) 単行本 – 2017/1/11 福井 次矢 (編集), 高木 誠 (編集), 小室 一成 (編集)

診療支援の進化への取り組み例

診断支援

- IBM Watson Health
- ・自治医大 旧ホワイトジャックプロジェクト

予測支援

Children's Hospital Los Angeles DR.TED

画像診断

- ・Enlitic deep learningによる画像診断の補助
- ・エルピクセル 研究領域での画像処理を医学応用

14

新しい試みの異なるところ

Clinical Decision Support

デジタル情報

- 患者情報(2つ以上)を基に 個別の情報を提示
- 場合により式が複雑であり自動で計算される。精度がよいがブラックボックスになるときもある

従来の方法

- 紙情報
- 患者情報を医師が選択して(主に予想診断)情報を探索
- 式が単純で計算を自分でする

AIのリスク

	過剰な信頼	二つの異なる 推奨	プライバシー のリスク	プロフェッ ショナリズム
AIのリスク	AIがこの検査 といっている ので、この検 査を送ってお こう	このシステム はAという薬剤 を推奨するが、 このシステム ではBという薬 剤を推奨する。 どちらを選択 しないといけ ない		医療の一部の 仕事が代替さ れてしまうの ではないのか 医師という職 業の本質の変 化
現在の似た事例	CRP上昇しているので抗菌薬を出そうサチュレーションが低いので低酸素血症と考えた	添付文書には 老人禁忌と書 かれているが、 ガイドライン では推奨薬 二つのガイド ラインで異な る推奨	ウェブにある 学会の1例報 告は自分の患 者の報告だ	タイプライ ターの仕事は 激減した

16

Use case: Dr.TED @ LosAngelsこども病院

- 161種の測定値 をdeep learning
 - 子供の救急医療患者の死亡率を予測
 - ・83% → 90.3% に改善
- 色々な治療について予測を行って、効果を比較 すれば、どの治療が良いかが分かる。



 $http://on-demand.gputechconf.com/gtc/2016/posters/GTC_2016_Deep_Learning_Artificial_Intelligence_DLAI_04_P6102_WEB.pdf$

17

まとめ(私見)

情報

• 情報革命は、戦争を繰り返しながら進んできた。今回、AIにより情報の発散から収束へと進む時代に。

現在のAIはBIである:

- 分かりにくい医療を分かりやすく このために"人工知能"(≠汎用知能)は、 すでに役立っているし、役立つと考えている。
- 診断基準、治療効果予測方法の一つとして用いられうるが、確定診断はできない
- Business Intelligence(BI)の開発ですら、他の分野と異なり困難である。限られた条件や限られたユースケースで利用すると質を向上させる

現状の医療情報の課題:

- 医学、人間は情報量が多すぎて、すでに一人の人間の扱えるものではない
- 薬剤情報も検査情報もガイドラインも本当に現場で使いやすいものとして現場に降りてきていない。
- 検索タームを再度入力したり、情報を抜き出す手間もばかにならない
- 初の一歩はまずは情報の整理と教科書の進化ではないか?

US EMR Adoption Model [™]		
Stage	Cumulative Capabilities	
Stage 7	Complete EMR; CCD transactions to share data; Data warehousing; Data continuity with ED, ambulatory, OP	
Stage 6	Physician documentation (structured templates), full CDSS (variance & compliance), full R-PACS	
Stage 5	Closed loop medication administration	
Stage 4	CPOE, Clinical Decision Support (clinical protocols)	
Stage 3	Nursing/clinical documentation (flow sheets), CDSS (error checking), PACS available outside Radiology	
Stage 2	CDR, Controlled Medical Vocabulary, CDS, may have Document Imaging; HIE capable	
Stage 1	Ancillaries - Lab, Rad, Pharmacy - All Installed	
Stage 0	All Three Ancillaries Not Installed	

18

20

マネーボール/セイバーメトリックス

- 野球の選手の成績予測
 - 140年間メジャーリーグの球場で起きたことがほぼ記録されており、データは十分にある
 - イチローのヒット1本は600万円。正しい予測が 大事
- 分析vsスカウトの直観
 - データ分析対スカウトの比較ではスカウトの方が 精度が良い。ただ、そのハイブリッドがさらに優 れる
 - マネーボールの舞台となったアスレチックスは、その後スカウトの人数も、そのための予算も増やしてる

人工知能(AI)の利用などデジタル医療を 実現するための次世代医療基盤法の取組について

内閣官房 健康·医療戦略室 2017年11月2日(木)

日本式医療拠点の事例: カンボジア サンライズジャパンホスピタル

名称:サンライズジャパンホスピタル

関係機関:北原国際病院、産業革新機構、日揮株式会社、JICA 場所:プノンペン市中心部

開所:2016年9月 病床数:50床

投資規模:40億円

安倍総理のトップセールスにより実現

- 2014年11月起工式、2016年9月開所式
- ●一般内科、脳神経外科、人間ドック、救急救命センター等。4階建、50床で開始。将来的に200床まで拡張予定
- ●リハビリテーションにも注力。当初は1時間当たり10ドルだったが、現在は40ドルで提供中。多数の患者が待っている状況
- ベトナム、ラオスに設立構想中の医療センターと連携予定





オープニングセレモニーの様子

健診の様子

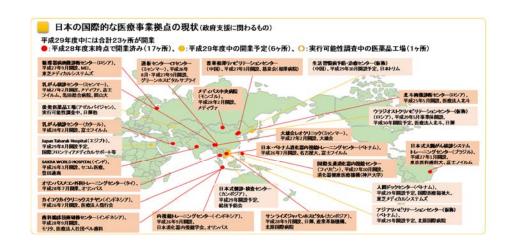


リハビリテーションの様子





日本の国際的な医療事業拠点の現状(政府支援に関わるもの)



日本式医療拠点の事例: カンボジア サンライズジャパンホスピタル



63

日本式医療拠点の事例: カンボジア サンライズジャパンホスピタル



日本式医療拠点の事例: カンボジア サンライズジャパンホスピタル



日本式医療拠点の事例: カンボジア サンライズジャパンホスピタル



日本式医療拠点の事例: カンボジア サンライズジャパンホスピタル



日本式医療拠点の事例: カンボジア サンライズジャパンホスピタル



日本式医療拠点の事例: カンボジア サンライズジャパンホスピタル



8

日本式医療拠点の事例: カンボジア サンライズジャパンホスピタル



臨床現場におけるICTの徹底的な適用のイメージ(1)

- 電子化・構造化問診システムを用いた診療支援・診療の効率化 -



網羅的に記録

タブレット等を用いた 体系化したデジタル問診機器

電子カルテ等に構造化して

問診情報も構造化された データとして集約

多言語化による国際展開

認定匿名加工医療情報 作成事業者制度により データの収集が容易に

65

10

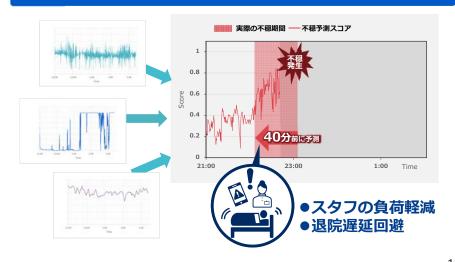
11



臨床現場におけるICTの徹底的な適用のイメージ(1)

出典元 医療法人社団 KNI

71%の不穏を約40分前に未然検知(患者毎の調整不要)



13

人工知能を活用した画像データ分析による、医師の診断から治療までの包括的な支援①



8 K等高精細映像データ利活用研究事業・高精細映像データ の収集・解析を通じて内視鏡診療支援を行う医用人工知能システムの研究 (H29年度-H31年度)

人工知能とデータ大循環によって実現する、大腸内視鏡診療の革新的転換 - ** 本研究課題 : AMED採択・別課題

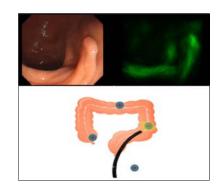


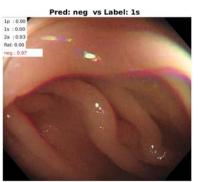


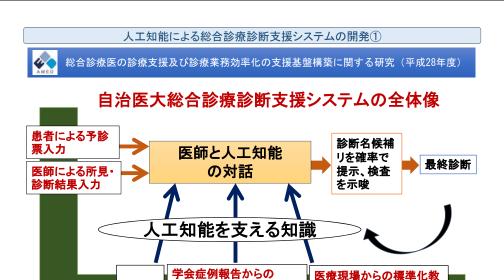
人工知能を活用した画像データ分析による、医師の診断から治療までの包括的な支援②

○病変の検出:大腸ポリープの自動検出

ディープラーニングに基づくアルゴリズムで、陥凹・平坦型腫瘍および大腸ポリープを自動検出する医用AI。6,300症例の動画をスーパーコンピュータで機械学習し、検出感度90%を実現する。







(将来の展開) 地域毎の疾患トレンド、病歴サマリーの教師データ化、推奨処方薬の一覧

診断の確定した症例

(地域医療現場と大学病院)

16

600文字程度の抄録を言

教師データ

語処理

LiLakによる

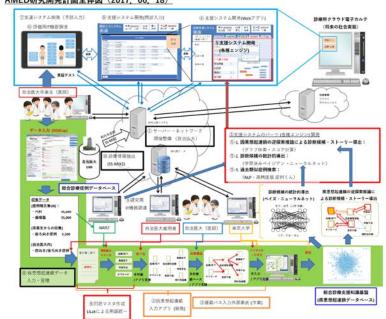
知識構造化

教科書

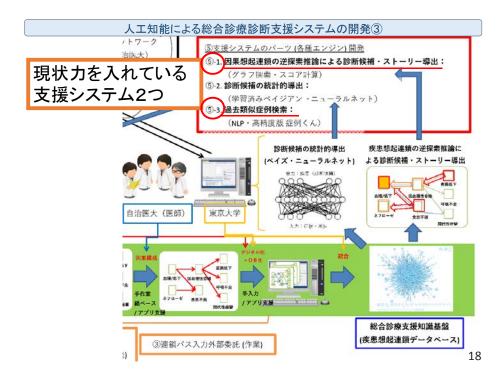
蒲文

人工知能による総合診療診断支援システムの開発②

AMED研究開発計画全体図 (2017, 06, 18)



17

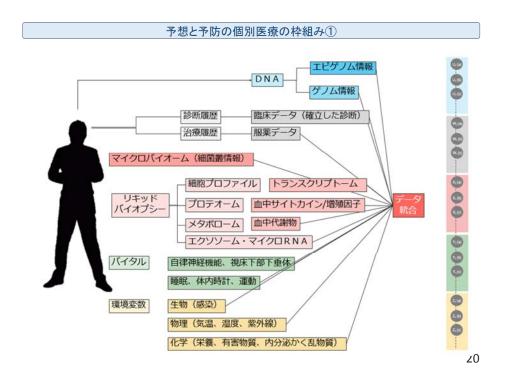


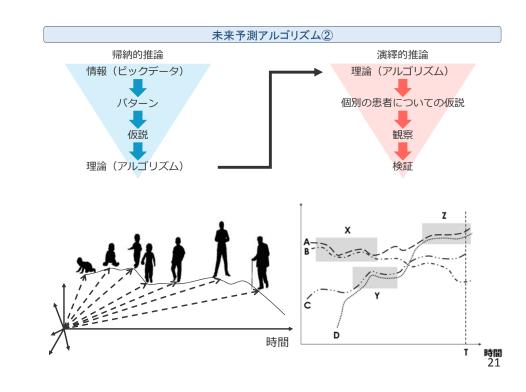
臨床現場におけるICTの徹底的な適用のイメージ③

<インテリジェント手術室>

- 〇手術室内の医療機器をネットワークで接続し、各機器の稼働状態や医療スタッフの動きなどをリアルタイムに解析。
- 〇解析結果を手術ナビゲーションなどに反映し、手術の意思決定を支援。
- ○経験や、技量でなく、科学的根拠・データベース等を駆使して最適な治療を実現。

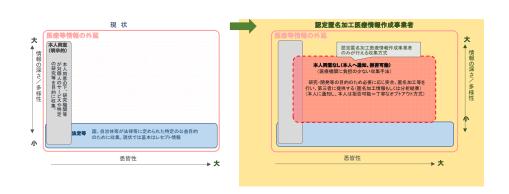


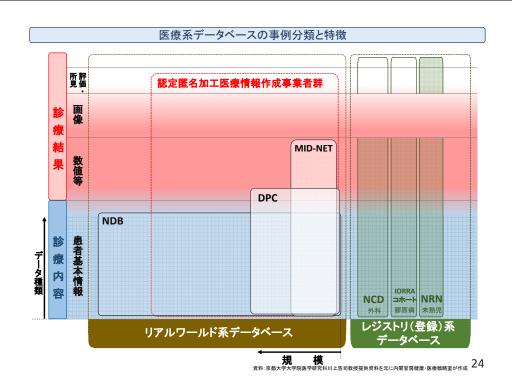


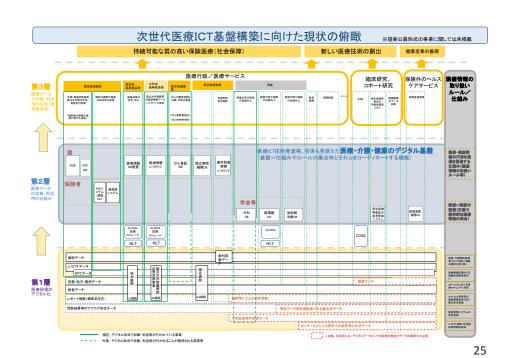




認定匿名加工医療情報作成事業者が利活用する情報の範囲



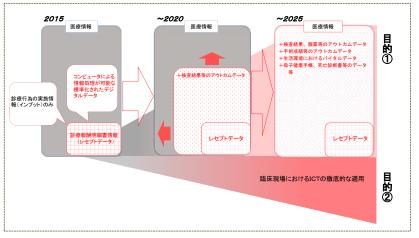




健康・医療戦略関係の推進体制 健康·医療戦略推進本部 開発関連予算の 健康・医療戦略推進会議 総合的な予算要 求配分調整 等 創薬支援ネットワーク協議会 研究開 次世代医療機器開発推進協議会 発 連携 ゲノム医療実現推進協議会 I C T デジタル臨床基盤 AMED: 次世代医療ICT基盤協議会 としての利活用 Japan Agency for MEdical research and Development) 次世代ヘルスケア産業協議会 市場開拓 医療国際展開タスクフォース 所管 内閣府/文科省/ 厚労省/経産省 新技術 アジア健康構想ワーキンググループ (アジア健康構想推進会議) 健康・医療戦略ファンドタスクフォース 26

次世代医療ICT基盤構築の目的

- ①【医療ICT基盤の構築】 アウトカムを含む標準化されたデジタルデータ(以下データ)の収集と利活用を円滑に行う全国規模の仕組みの構築。
- ②【次世代医療ICT化推進】 臨床におけるICTの徹底的な適用による高度で効率的な次世代 医療の実現と国際標準の獲得。



69

次世代医療ICT基盤協議会

○議長 : 和泉 洋人 内閣官房健康・医療戦略室長(総理補佐官)

〇 構成メンバー: (五十音順)

飯塚 悦功(東京大学名誉教授)

大江 和彦(東京大学医療情報学分野教授)

金子 郁容(慶應義塾大学SFC研究所主席所員) 菊地 眞((公財)医療機器センター理事長)

楠岡 英雄((独)国立病院機構理事長)

喜連川 優(国立情報学研究所所長、東京大学生産技術 研究所教授)

近藤 達也((独)医薬品医療機器総合機構理事長)

堺 常雄(日本病院会会長)

神成 淳司(慶應義塾大学環境情報学部兼医学部准教授)

末松 誠(国立研究開発法人日本医療研究開発機構 (AMFD)理事長)

田中 紘一((一社)国際フロンティアメディカルサポート理事)

中釜 斉(国立研究開発法人国立がん研究センター理事長)

永井 良三(自治医科大学長)

樋口 範雄(東京大学大学院法学政治学研究科教授)

福井 次矢(聖路加国際大学学長) 堀 憲郎(日本歯科医師会会長)

松本 純夫((独)国立病院機構東京医療センター名誉院長)

矢作 尚久(国立研究開発法人国立成育医療研究センター臨 床研究開発センターデータ科学室室長代理) 山崎 學(日本精神科病院協会会長)

山本 修一(国立大学附属病院長会議常置委員長)

山本 信夫(日本薬剤師会会長)

山本 隆一((一財)医療情報システム開発センター理事長)

横倉 義武(日本医師会会長)

吉原 博幸(京都大学名誉教授·宮崎大学名誉教授 (特別教授))

〇 関係府省:

内閣官房内閣審議官(内閣官房副長官補付)

内閣官房情報通信技術(IT)総合戦略室長代理(副政府CIO)

総務省政策統括官(情報通信担当)

文部科学省研究振興局長

厚生労働省大臣官房技術総括審議官

厚生労働省保険局長

厚生労働省政策統括官(社会保障担当)

農林水産省食料産業局長

経済産業省商務情報政策局長

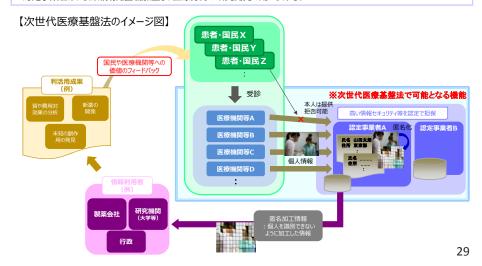
財務省主計局(オブザーバ) (一社)MEJ(オブザーバ)

28

次世代医療基盤法の全体像(匿名加工医療情報の円滑かつ公正な利活用の仕組みの整備)

個人の権利利益の保護に配慮しつつ、匿名加丁された医療情報を安心して円滑に利活用することが可能な仕組みを整備。

- ①高い情報セキュリティを確保し、十分な匿名加工技術を有するなどの一定の基準を満たし、医療情報の管理や利活用のための匿名化を適正かつ確実に行うことができる者を認定する仕組み(=認定匿名加工医療情報作成事業者)を設ける。
- ②医療機関等は、本人が提供を拒否しない場合、認定事業者に対し、医療情報を提供できることとする。 認定事業者は、収集情報を匿名加工し、医療分野の研究開発の用に供する。



次世代医療基盤法のポイント

1 目的、目指すもの

- ○次世代医療基盤法は、医療情報について特定の個人を識別できないよう

 匿名加工する事業者に対する規制を整備し、匿名加工情報の安心・適正な利活用を通じて、健康寿命の延伸、健康長寿社会の実現

 を目指すもの。
- ○これにより、治療効果等に関する大規模な研究を通じた最適な医療の提供や医薬品副作用等の早期把握による安全性の向上等を患者・国民へ還元する効果が期待できる。

2 利活用の基本的な考え方

- ○匿名加工された医療情報の円滑かつ公正な利活用を、基本方針(閣議決定)と認定基準で確保。
- (1)利活用の基本方針を閣議決定で明確化。認定事業者は、情報利活用者の目的を個別に確認し、健康長寿社会の実現に資する公益性の高い研究開発に優先的に対応。不適切な利用は排除し、意図せざる目的への転用を防止。
- (2)情報の収集加工提供に要する<u>コストの利活用者への転嫁を基本</u>とし、認定事業者に過度な利潤を生じさせない。

情報利活用者 認定事業者 医療機関 患者・国民 情報収集加工コストを基本に適度のマージンを上乗せ。 るような支払いは行わない。 定していない。

3 セキュリティ

○事前及び万一の場合の事後の対応を徹底。

具体的には、①組織・人的要因によるリスク排除、②基幹システムのオープンネットワークからの分離、③多層防御・安全策の導入(個人情報の暗号化や緊急時の対応・監督体制の確保を含む。)を徹底。

4 段階的運用

○認定事業者による匿名加工事業は、適正な規模で始め、成果等を確認しつつ徐々に拡大。

次世代医療ICT基盤協議会の目的

医療技術・サービス

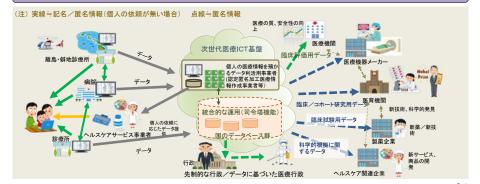
- 医療資源の偏在を克服した全国均一の質の高い医療の実現
- ●効果的で質の高い遠隔医療、在宅医療の実現。専門医診断の全国津々浦々での提供
- ●個別化医療の実現

医療行政

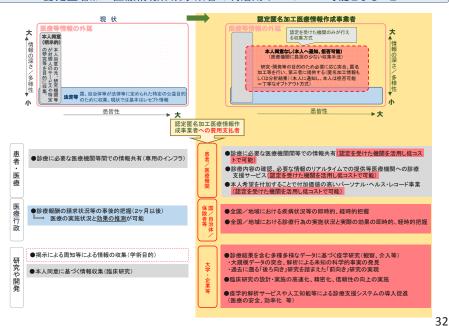
- ●疾病発生に即応した先制的な行政
- 科学的根拠に基づく最適な治療の選択
- 研究開発
- 医薬品、再生医療等開発促進(臨床研究の設計・実施の精密化、大規模化、効率化、信頼性向上)
- 効果的治療方法の発見、科学的根拠のあるヘルスケアサービスの開発

新しい産業

- ●科学的根拠に基づく各個人に最適な健康管理の実現
- ●検査データ等個人の意志で自身の医療データを適切な費用負担で預け利活用できるサービスの実現



認定匿名加工医療情報作成事業者の利活用イメージ 1 可能となること



認定匿名加工医療情報作成事業者の利活用イメージ 2 具体的な事例



大規模高品質データ分析による、患者に応じた最適医療の提供と、医療の効率性向上

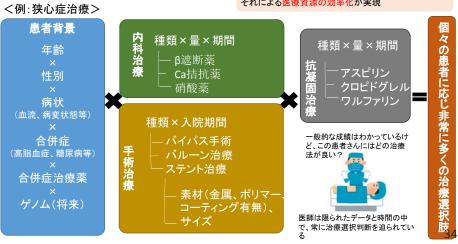
〇現状

治療薬や手術機器は、それぞれ臨床試験で標準的な患者を対象に評価されているが、実際の医療では、様々な患者に応じ、様々な治療手段を組み合わせた医療が必要。現場では、限られた臨床試験成績から医師が様々な患者に対し、予後を推測して医療提供

〇データ利活用により

大量の実診療データから、個々の患者に近い過去の治 療例を分析し、臨床試験では得られなかった、患者に応 じた分析結果を元に治療可能に

患者に応じた最適な医療提供による治療成績向上と、 それによる医療資源の効率化が実現

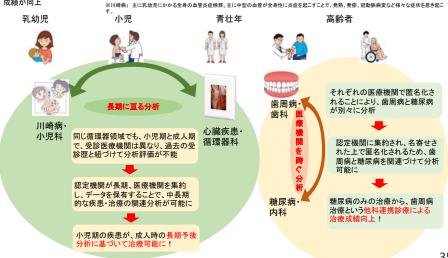


大規模高品質データ分析による新たな医療の実現

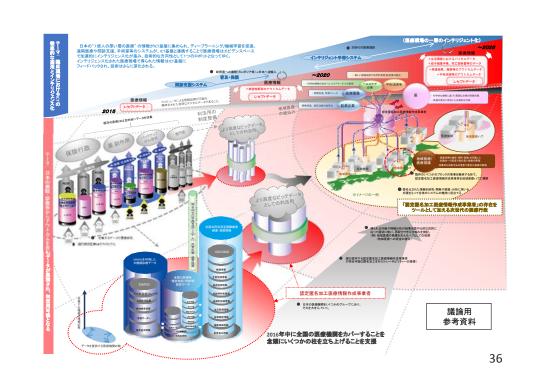
これまで、異なる医療機関や長期間経過後の同一患者の情報を統合して評価することは困難 認定機関により、医療機関を統合した長期のデータベースが構築されれば、例えば、下記のような分析を容易に行うこと が期待される

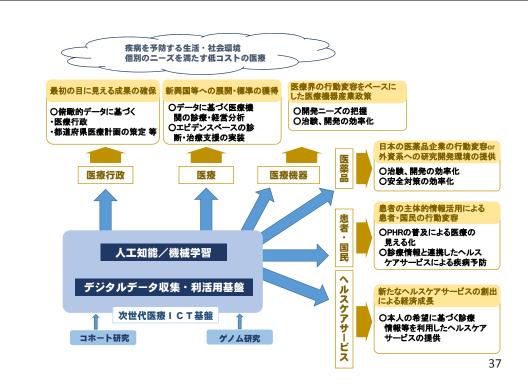
〇小児期の川崎病※の罹患状況・治療法・治療成績と、成人後の循環器疾患リスクや治療成績の分析が可能に

○歯周病と糖尿病のように、別々の診療科の関連が明らかになり、糖尿病治療を意図した歯周病治療が行われることで、糖尿病の治療 成績が向上



71





日本医師会学術推進会議 2017年11月02日 日本医師会

医療AI(人工知能)の導入と 倫理・法的な課題

東京大学医科学研究所,公共政策研究分野 日本医師会学術推進会議 井上悠輔

「AI(人工知能)の利活用が望ましい分野」

(総務省、ICTの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究報告書、2016)



医療・健康に高い期待(「生体情報や生活習慣、病歴、遺伝等と 連動した、健康状態や病気発症の予兆の高度な診断」)

人工知能と人間社会に関する懇談会・報告書

(内閣府、2017年3月)

• 現在、人の知的活動を部分的に代替しうる人工知能技術 は、ビッグデータと機械学習によって急速な発展をしており、 自動運転車や医療診断支援、対話エージェントなどへの実 装も進んでいる。人工知能技術は、日本政府が目指す Society 5.0の重要な基盤技術であり、少子高齢化がも たらす労働力不足などの社会課題の解決や誰もが自分 の能力を発揮して活躍できる社会づくりに貢献し、社会に **多大な便益をもたらすことが期待されている**。ただし、人工 知能技術は、その開発速度が速く利用者からはその動作が 見えにくい技術であることから、知らぬ間に普及し行動化し 社会の在り方に根本的影響を与える可能性もあり、健全 な利用のためにその影響を検討する必要がある。

「保健医療分野における「AI」の限界とあるべき姿」

(厚労「保健医療分野におけるAΙ活用推進懇談会報告」)

- 「個別のAI技術の開発が進んだ場合であっても、 A I の有効性・安全性の確保が十分でなければ、 実用化されるべきではない。特に、保健医療分野は 人の生命に関わる分野であり、有効性・安全性の 確保は極めて重要し
 - 「さまざまな業務がAIに置き換えられていくなどと いった記事」に率直な疑問
 - 「保健医療分野では、個人的な感情等の客観的 データでは捉えきれない事情や意向を患者・国民や その家族が抱えている場合も多い。 客観的なデータ に基づいてAIが提案する保健医療サービスだけ では患者・国民が得る満足感にも限界

AIと医療との接点

- 他の市場・サービスと比べて強固な入り口規制
 - 製品の有効性・安全性の評価(薬機法)
 - 診療行為と医師の「業務独占」 (医師法)
- 医師・患者関係の制度上の特徴
 - 公平性、アクセスの確保 (憲法など)
 - 医師の裁量、包括的委任
 - 用いられるソフトウェアの一つ一つまでインフォームドコンセントで語られるわけではない

5

Technology will replace 80% of what doctors do

by Whod Khoola
DECEMBER 4, 2012, 2:26 PM EDT

Data-driven healthcare won't replace physicians entirely, but it will help those receptive to technology perform their jobs better.

FORTUNE — Healthcare today is often really the "practice of medicine" rather than the "science of medicine."

Take fever as an example. For 150 years, doctors have routinely prescribed antipyreties like ibuprofen to help reduce fever. But in 2000s, researchers at the University of Manni, Florida, ran a study of 82 intensive care patients. The patients were madown assigned to receive antipyreties either if their temperature rose beyond 101.3°F ("standard treatment") or only if their temperature reached 104°F. As the trial progressed, seven poople getting the standard treatment died, while there was only one death in the group of patients allowed to have a higher fever. At this point, the trial was stopped because the team felt it would be unethical to allow any more patients to get the standard treatment.

いかに技術が入っても、医師の存在は必要であり続けるしかし、医師が「何をするか」は大きく変わるかもしれない

diagnostic errors also add to rising healthcare expenditures, costing \$300,000 per malpractice claim

「新しい安心」「新しい不安」の誕生?

サーカスは、東京大学医学部附属病院が開発を進める、 検査画像から病変(病気の場所)を自動的に見つけ出 すシステムだ。「機械学習」という技術によって、過去の症 例データにもとづいて病変を学習する。現在、16の施設 で臨床研究が行われ、肺の結節や脳動脈瘤を見つけるた めの画像診断の支援に利用されている。

「医師が自分で画像を見て診断をして、確認としてサーカスを使うケースが多い。**見落としたものを、サーカスで検出されると、『助けてもらった』と感じる先生が増えている**ようです」(サーカスの開発を進める同病院の野村行弘・特任研究員)、「これがないと不安でたまらなくなりますね。精度はかなりよくなっていますよ」(北村医師)。

業務を<u>支援</u>するための人工知能が、 いつしか業務自体のあり方を変えている

「実用化された技術が実際の用途でもまれながら、洗練化する。10年もすれば、技術の洗練化がよりその道具を使いやすいものにしていく。できたものが磨かれることでより革新的に技術が深まっていく。それが道具として必要なものと認知されるように至ったとき、その道具は人の仕事を変えていることに気が付く。つまりは、道具が人を支援することで、人の仕事が変わるといえるのではないだろうか?」(「医療を支援するのか、医療を変えるのか?」人工知能30巻1号、



津本周作氏 (島根大学)

2015) 人と道具の"共変化"

これからの内容

1. どんな論点がありうるか

-現在・短期:研究開発段階?試行段階?

-中長期:市販承認後のことを想定するか?

- さらにその先?: 人類とAIとの関係?

2. 「医療の自動化、機械化」に関する意識

-市民/医師を対象とした調査の簡単な紹介

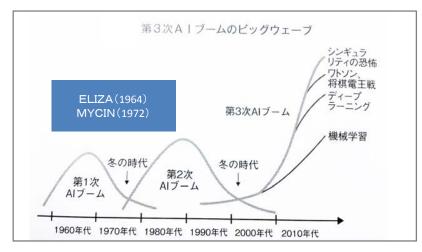
区赤坂二丁 (東京都港 狢センター

財団法人医療情報システム開

システムへのアクセスポイント

9

第3次AI(人工知能)ブーム



松尾豊『人工知能は人間を超えるか-ディープラーニング の先にあるもの-』, Kadokawa, 2015.

= 13 ==

一一多端。それで も、利用件をは月 カ千件。日によっ て固直件を上回る こともある。 学証 の概念が結核から の概念が結核から

157.18 30.08 44.08 45.08

10

光理事長) ションシス 貝、太空

全国

にネ

ワ

る人工知能の医療への応用。阴 システムは医師の診療をコンピ テム開発用の全国ネットワーク ューターに支援させる、いわゆ を作り、六月に運用を始める。

の都合などで実際には機能の低

発には人工知能専用コンピュー 原則として無料。センターにはンピューター使用料や回線料は 話料は必要だが、センターのコ からアクセスポイントまでの電 二の都市に設置される。利用者 は北海道から沖縄まで全国三十

専用言語のほか、AIツー プロログ、リスプなど人工知能 開く予定。 のSUMEXなどのネットが が、四月にはユーザー説明会を 「外国には米スタンフォー 山田恒夫システム設計課長

の利用には事前登録が必要が

人工知能で医師を支援 近郊の研究者にテスト的に利 るパソコンなら利用できる 間に約三十字)から九千六百式 コンピューターは現在、東 件ほどの計一 があった。 新潟など され、 朝日新聞:1986年2月13日 東京/夕刊

近信網(VAN)に接続する。 ーターなどを営士通の付加価値 のセンターにある中型コンピュ 新しいネットワークは、東京が、望まれていた。 とろが多く、専用コンピュータ

グラムも準備する。 通信の速度は三百ポ

をごと回る展開会の主 数色体の分類形列を自由的に行う ・が料地す て心電図読む

子包からとった

を終えている。とうして、治療へのコン を終えている。とうして、治療へのコン

1ーザーである各関収穫

の心田田田田田市

情無法之 将菜の病院

「六十代以上の医師 は学生時代に心電 図の読み方を習って いない・・・」「不得手 であると答えた人が 17%もあった」

「間違ったら医師会は 責任をとるのか・・・と いう問いがある一方、 診断まで出してほしい という医師もいるし

> 朝日新聞 1984年1月22日朝刊

Ethical considerations concerning computers in medicine in the 1980s

F T de Dombal University of Leeds

Author's abstract

decis

the t

Intr

Con twei

The advent of information technology and computers in medicine two decades ago posed a new set of ethical problems. In recent years, these problems have been compounded by the increasing use of computers for supporting clinical decisions as well as administration and record keeping.

This presentation considers some of the problems which

using them as 'just another special test'.

Nowadays however, with the rapid technical development of computers, with the explosion of interest in 'artificial intelligence', and with the increasing effectiveness of existing systems, the time has come to look again at their use in clinical medicine – and in particular the ethical questions which they raise. In this presentation these considerations will be discussed

特に注目されていたのが「医師の裁量」への影響 その他、責任の所在、データの管理、 過剰な警戒、悪意ある操作など

「ディープラーニング」

第三次人工知能ブーム

- 「ビッグデータ」と呼ばれているような大量のデータを用いることで人工知能自身が知識を獲得する「機械学習」が実用化され、次いで知識を定義する要素(特徴表現)を 人工知能が自ら習得するディープラーニング(特徴表現)を 現学習や深層学習とも呼ばれる)が登場したことが背景
- 従来の機械学習では、学習対象となる変数(特徴量) を人が定義する必要があった。ディープラーニングは、予測 したいものに適した特徴量そのものを大量のデータから自 動的に学習することができる点に違いがある。精度を上げ る手法と、その膨大な計算を可能にするだけのコンピュー タの計算能力が重要に。

総務省、ICTの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究 報告書、2016

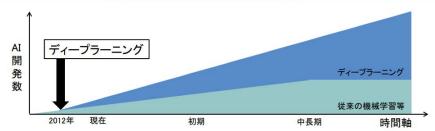
1/1

AIの活用が想定される領域とメリット①

recently in Venice in 1983, the World Medical

資料4-2

※ 構成員からの御意見を基に事務局で作成



	【初期】		
従来の機械学習等	 がんのゲノム医療 疾病のパイオマーカー探索(疾病診断、予後予測等) 公衆衛生対策 診療支援 	※ 計測・収集が可能と なったデータを順次活 用	
ディープラーニング	 画像診断系(X線/CT/MRI、内視鏡、眼底、皮膚病、病理診断等) 薬剤業務系(鑑査等) 見守り系(医療機関内・居宅等での認知症の見守り・転倒防止) 業務効率系(音声認識による医療従事者の負担軽減(看護記録、電子カルへの入力等)、創薬等) 対面診療支援系(患者の表情・音声・体動に基づく精神症状の評価、言語解析による精神疾患の診断支援等) 	ロボット系 (手術支援ロボット)	

「答えに至ったロジック」への不安(第3回)

- 吉川先生 「医療で、候補を挙げるときに、エビデンスも併せて提示するという場合があって、ディープランニングの問題点としてその答えを当てるのだけれども、なぜその答えが出たのかわからないというような問題があると思うのですけれども、その辺のエビデンスを提示するというところと、なぜその答えが出たのかわからないというところをどうやって処理なさっているのか。」
- 溝上先生「なので、ディープラーニングに偏らずに、 きちんと説明がつくような形のアルゴリズムを使うということで、必ずしもディープラーニング一辺倒でなくてもいいので、われわれはそのように考えています。」

短期的・中期的な課題

- データの確保と医療機関の理解
- 責任の分配
- その他

17

1. データの質と確保

- いかに優れたアルゴリズムを備えたAIであっても、 データの質・量に問題があれば、保健医療の 質の向上に資することはない
- 「多くの場合、A I の研究者や開発企業は、A I の研究や開発を進めるに当たって必要となる 教師付データへのアクセスが困難であり、医療 機関等との個別の研究協力等によってデータへようやくアクセスしている状況」(厚労報告、2017)

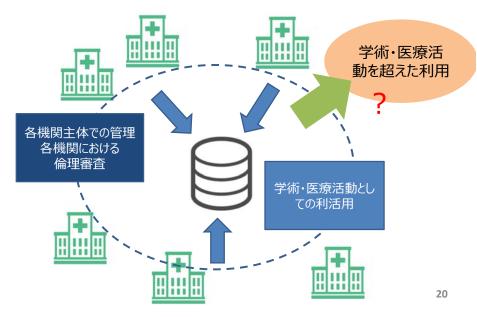
過去のブーム/今回のブーム

- 「過去の人工知能ブームをふりかえって過去2回 のブームにおいては、**人工知能が実現できる技** 術的な限界よりも、世間が人工知能に対して 期待する水準が上回っており、その乖離が明ら かになることでブームが終わったと評価されている」
- 「現在の第三次ブームに対しても、人工知能の 技術開発等が最も成功した場合に到達できる 潜在的な可能性と、確実に実現することが可能 な領域には隔たりがあることを認識する必要があ る、との指摘がある!

総務省、ICTの進化が雇用と働き方に及ぼす影響に関する調査研究報告書、2016

18

データの収集と「倫理審査」





学習データをどう確保するか?

TECHNOLOGY NEWS 29 April 2016

Revealed: Google AI has access to huge haul of NHS patient data

A data-sharing agreement obtained by **New Scientist** shows that Google DeepMind's collaboration with the NHS goes far beyond what it has publicly announced



22

データの確保: 今後の展開

- 個人情報保護法改正(2015)
 - 「病歴」の運用、産学連携に課題
- 次世代医療基盤法(2017)
 - 「**通知**」の運用
 - 参加する医療機関の広がり
- 情報の管理・運営
 - 汎用化のための安全管理の基準
 - 守秘義務解除の基準
 - 囲い込みへの対応
 - 情報の精度・規格など

医療情報2次利用のための新制度



2. 注意義務と責任の分配

- 「期待する水準」の位置づけ、可能性
 - A I が生み出した結果で起きた問題について 医師はどこまでの責任を担うのか?
- 人智を超えた水準?
 - 知識水準の拡大、新たな知識・手法の創出
- 水準を<u>維持</u>、代替要員?
 - 現行水準の維持・格差是正など
- 今の水準の底上げ、負担軽減?
 - 日常活動の支援、労力軽減、時間の短縮

http://www.jiji.com/jc/graphics?p=ve_pol_seisakuhoumushihou20170225j-03-w370

「自動運転レベル(内閣府における検討の一例)

【表 1】安全運転支援システム・自動走行システムの定義

くシステムによる車両内ドライバー機能の代替>

	分類	概要	注 (責任関係等)	左記を実現するシステム	
情報提供型2		ドライバーへの注意喚 起等	ドライバー責任	「安全運転支援システ ム」	
自動制	レベル 1 : 単独型	加速・操舵・制動のい ずれかの操作をシステ ムが行う状態	ドライバー責任		
	: システム		ドライバー責任 ※監視義務及びいつでも安 全運転できる態勢	「準自動走 行システ ム」	「自動走 行システ ム」
	レベル3 :システム の高度化	F	システム責任 (自動 走行モード中) ³ ※特定の交通環境下での自 動走行(自動走行モード) ※監視義務なし(自動走行 モード:システム要請前)		
	10 mm		システム責任 ※全ての行程での自動走行	「完全自動 走行システ ム」	

http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon bunka/detakatsuyokiban/dorokotsu dai1/siryou3.pdf

医療AIにローカルを反映できるか?

- 民事責任の免責:医療慣行と医療水準を区別
- みんながやっていた通りのことをしたとしても民事責 任を免れるわけではないというのが通説
 - 「**医療慣行**に従った医療行為を行ったというだけでは、医療機関に要求される医療水準に基づいた注意義務を尽 くしたことにはならない!
- 「当該医療機関の性格、所在地域の医療環境の 特性等の諸般の事情を考慮すべきであり、」「当該 医療機関においてその知見を有することを期待する ことが相当と認められる」かどうかによって定まるといわ れています(最高裁平成7年6月9日判決)

「責任の分配 | ?

「リスクや事故、権利侵害等について・・・技術進展の レベルに対応した責任分配を明確にし、それ以外の 不確実で確率的に生じるような<u>リスクに対しては保</u> **険を整備**して対応することが、人工知能技術が社会 に受容され、その便益が享受されるために有効し

(内閣府・人丁知能と人間社会に関する懇談会、2017年)

- 自動車の文脈を想定
 - 起こした事故に関する**消費者**とメーカーの関係
- 医療ではどうか?
 - 責任分配の構図(医師の裁量、患者?)
 - リスクに対する保険

26

参考:医賠責と医療AI

医療上の事故 (医師特別約款)

日本国内において、被保険者(保険契約により補償を受けられる方)またはその使用人その他被保険者の業務の補助者が行う医療行為 に起因して患者の身体に障害を与えた場合に、被保険者が法律上の損害賠償責任を負担することによって被る損害に対して、保険金を

ただし、保険期間中に発見された患者の身体障害に限ります。

- ※「身体障害」とは、傷害および疾病をいい、これらに起因する後遺障害および死亡を含みます。
- ※「発見された」とは、次のいずれか早い時をもってなされたものとします。
 - ○医療業務による患者の身体の障害を、被保険者が最初に認識した時、または認識し得た時
 - ○被保険者に対して損害賠償請求が提起された時、提起されるおそれがあると被保険者が認識した時、または認識し 得た時

医療施設の事故 (医療施設特別約款)

日本国内において、被保険者の医療施設や医療設備の不備あるいは従業員の不注意が原因となって、保険期間中に、患者、付添人、見 舞客等の第三者に身体障害を与えたり、他人の財物を滅失、破損、汚損した場合に、被保険者が法律上の損害賠償責任を負担すること によって被る損害に対して、保険金をお支払いします。

保険金をお支払いできる条件は適用される普通保険約款、特別約款および特約によって異なりますので詳細は普通保険約款、特別約款 および特約でご確認ください。

|医療AIは「補助者|?「医療設備|?

3. その他の論点

- 「招かざる結果」
 - A I が多様なリスクや予備診断の情報を提示した場合
 - 判明した多様な結果をどこまで本人に示すか?
- 医師・医療機関を介さない使用形態の規制
 - 医師法上の「診断」の範囲・線引きの明確化
- 診断支援の質の評価・規格の設計
 - とりわけ「学習」装置の評価、規格のあり方
- 成功体験・失敗事例に関する報道のあり方
 - 「医療 A I 」に関するリテラシー

29

人工知能 白血病患者救う

科学の論文、15

読売新聞 2016年8月6日 (東京朝刊)

30

長期的な展望

1. 意思決定と医師、患者の立ち位置

- 意思決定の中で医師が裁量を、患者が選択をする 範囲が影響を受けないか
- 患者の選択支援、医師の判断支援を支える人材

2. 知識の蓄積や承継に長期的に及ぼす影響

- 知識、知的探索の固定化?
- 機械が「学習」したことを医師間でどう共有するか

「保健医療分野における「AI」の 限界とあるべき姿」(厚労報告より)

- 「A I は、**あくまで収集されたデータに基づく学習に** よって結果を予測しているに過ぎない。それまでに収集 されたデータが全く当てはまらない新規の事象に対して は、A I による予測の精度は著しく低下するおそれ」
- 「A I による予測をそのまま受け入れるのではなく、A I による予測を含めた各種の状況を踏まえて人間が最終判断を下す必要性は、引き続き残るはず」
- 将来の保健医療関係者には、「A I (人工知能)」
 を「A I (保健医療の質の向上を増幅させるもの)」
 としてうまく使いこなしていく知識・技術が求められる。

知識の更新に及ぼす影響(第4回)

- 佐藤先生「こういうものが正しいというものがあって、 それを基にデータが仮に作られたのだったら、A I は それを学ぶことができるのですけれども、古いガイドラ インを基に作られたデータがありまして、それを基に学 ばせてしまったら、これはその**古いガイドラインをずっ と続けることになる**と思います。」
- 同「なので、改訂のタイミングで本は全部、これから 世の中変わってほしいと思って新しい版を出すと、世 の中が少しずつ変わっていくということを期待しながら 出すのですけれども、現実で言うと、それをむしろA **I は遅らせてしまう**という要素があると思います。|

33

知識の蓄積、教育への影響

- 医学研究や教育に及ぼす影響の検討
 - 既存のデータセット、コンセプト内では強いが
 - 限界・弱点を見極めたうえでの用途の設定
- 「ロジックは不明だが大切そうな」知識の取扱い
 - 「自然法則が、人間が理解できる形になっている保 証はない」(北野宏明先生) http://itpro.nikkeibp.co.jp/atcl/column/17/042000156/082800005/?P=2
 - 責任のあり方、次世代への継承?

34

New Online

Views 0 | Citations 0 | Altmetric 152

JAMA

Viewpoint

October 14, 2017

The Revised Declaration of Geneva A Modern-Day Physician's Pledge

Ramin Walter Parsa-Parsi, MD, MPH^{1,2}

> Author Affiliations | Article Information

JAMA. Published online October 14, 2017. doi:10.1001/jama.2017.16230

A newly revised version of the Declaration of Geneva was adopted by the World Medical Association (WMA) General Assembly on October 14, 2017, in Chicago.

s the contemporary successor to the 2500-year-old Hippocratic Oath, the Declaration of Geneva, which was A adopted by the World Medical Association (WMA) at its second General Assembly in 1948, 1 outlines in concise terms the professional duties of physicians and affirms the ethical principles of the global medical profession. The current version of the Declaration, which had to this point been amended only minimally in the nearly 70 years since its adoption, addresses a number of key ethical parameters relating to the patient-physician relationship, medical confidentiality, respect for teachers and colleagues, and other issues. A newly revised version adopted by the WMA General Assembly on October 14, 2017, includes several important changes and additions (Supplement).

次世代への知識責任とAI

- 「師、同僚、学生との関係における相互の敬意と 感謝」に加え、知識の教示・共有の責任に言及
 - "The workgroup agreed to integrate this idea of reciprocity of respect and to add a reference to respect for colleagues (略) To complement this principle, the workgroup also added a clause referring more explicitly to the obligation to teach and forward knowledge to the next generation of physicians."
 - The Revised Declaration of Geneva A Modern-Day Physician's Pledge, JAMA, October 14, 2017.
- A I からフィードバックを得ながら人間医師も共 成長する仕組み?
 - A I の学習成果を我々は理解できるのか?
 - アルゴリズムの公開、透明性?



Bringing together a growing community of researchers and practitioners concerned with fairness, accountability, and transparency in machine learning

The past few years have seen growing recognition that machine learning raises novel challenges for ensuring non-discrimination, due process, and understandability in decision-

potentia research At the sa reduce !

The ann

address

「権利・利益の偏在 | アルゴリズムやデータセットをめぐる権利と限界 AI医療の恩恵からもれる集団の存在にも注意

暫定的なまとめ

- 制度上、開発されたばかりのものがすぐに医療 応用されるというわけではない
 - どういう形で応用していくべきか、自体が論点
- 短期的には質の良い情報の確保、A I 自体 の評価のあり方、長期的には「知識」の継承や 配分に影響
- 医師の判断を**助ける**ためのはずだったものが、医師 自身の裁量や患者の疎外につながらない仕組みを



BMJ 2015:351:h6395 doi: 10.1136/bmi.h6395 (Published 1 December 2015)

Page 1 of 1



RESEARCH NEWS

More computer use during consultations is linked to lower patient satisfaction

Jacqui Wise

Doctors who use the computer heavily during a consultation can leave patients feeling dissatisfied, a small observational

個々のAIのエンドポイント

生存期間?リスクが少ない?・・・

医師患者の共同決定に資する使用を

He said that good practice is for doctors to position their computer such that they do not have their back to the patient.

> medical records before they enter the room, first few minutes of a consultation talking to

it using the computer.2



参考:「医療の自動化・機械化」意識調査

- 「近い将来、人間が扱えるよりも多くの情報を使って分 析できる機能を持った、機械・自動システム(人工知 能をもち学習能力をもったヒト型ロボットなど)が誕生 <u>_____</u>すると言われています。」
- 「あなたは、**あなたが主に専門としている診療科で**、機 械・自動システムの導入が進むことについてどのようにお 感じですか。| (医師の回答者の場合)
- 技術の展開に関する受け止め方
- 予想される実現時期
- 責任の所在

未刊行データのために割愛