

保健医療分野におけるAIの活用

札幌医科大学附属総合情報センター
札幌医科大学医学部公衆衛生学講座

大西 浩文

COI開示

札幌医科大学医学部公衆衛生学講座
大西 浩文

演題発表に関連し、開示すべきCOI関係にある企業などはありません。

2

本日のお話

- 1.AIとその仕組み
- 2.保健医療AIシステムとその課題
- 3.糖尿病治療支援AIの研究のご紹介
- 4.AIと共生する社会で必要なこと

3

本日のお話

- 1.AIとその仕組み
- 2.保健医療AIシステムとその課題
- 3.糖尿病治療支援AIの研究のご紹介
- 4.AIと共生する社会で必要なこと

4

AIの定義



- AI (Artificial Intelligence : 人工知能) とは
「知的な機械、特に、知的なコンピュータプログラムを作る科学と技術」
(ただし、明確な定義はない) 人工知能学会より
- 強いAIと弱いAI
 - カリフォルニア大学バークレー校教授ジョン・サール氏による定義
 - 現行のAIは「弱いAI」が中心
 - ただし、「強いAI」の研究の過程で生まれた技術が「弱いAI」で利用されている

強いAI : 人間の知能に迫る知能を持つ機械⇒**未実現**
例) SFやアニメに出てくるロボット (HAL9000, アトム, ドラえもん 等)

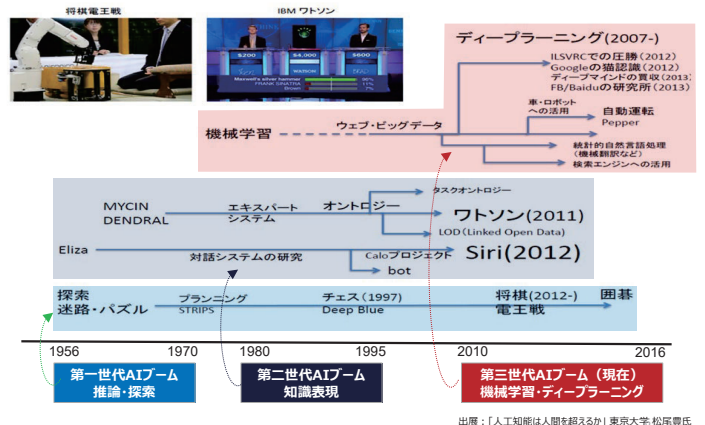


弱いAI : 人間の知能の一部を代替する機械⇒**現行のAI**
例) 将棋電王戦、ワトソン、Siri、AI女子高生「りんな」等



5

AIの歴史



出展: 「人工知能は人間を超えるか」 東京大学 松尾豊氏

AIを実現する技術

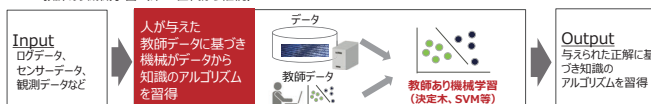


- 第三世代における代表的なAI技術

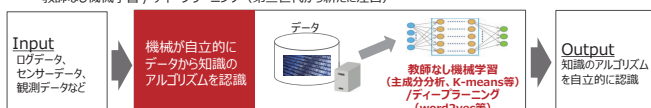
- 知識表現 (第二世代から継続)



- 教師あり機械学習 (第二世代から継続)

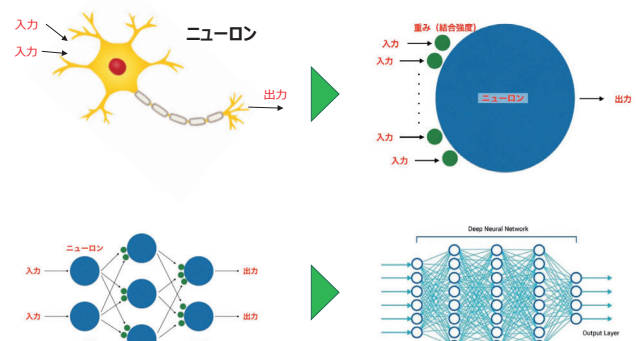


- 教師なし機械学習 / ディープラーニング (第三世代から新たに注目)



7

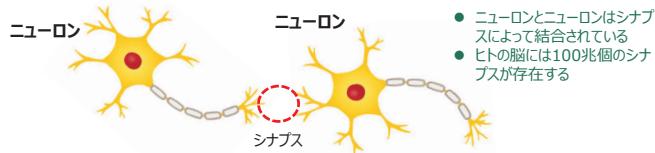
神経細胞(ニューロン)のモデル化



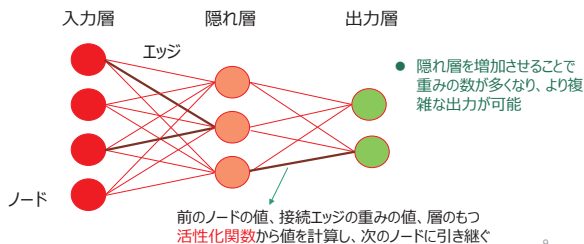
出典: Pythonで実装する時系列ニューラルネットワーク (豊澤孝典)
出典: Artificial Intelligence in Medical Imaging (Eric R. Katschaert)

8

ニューラルネットワークの構造イメージ



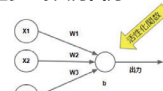
形式ニューロン



9

活性化関数のイメージ

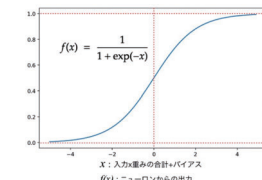
ニューロンへの入力出力



ニューロンへの入力 = 入力×重みの合計 + バイアス
 $= x1 \times w1 + x2 \times w2 + x3 \times w3 + b$

ニューロンからの出力 = 活性化関数 (ニューロンへの入力)
 $= \text{活性化関数}(x1 \times w1 + x2 \times w2 + x3 \times w3 + b)$

シグモイド関数

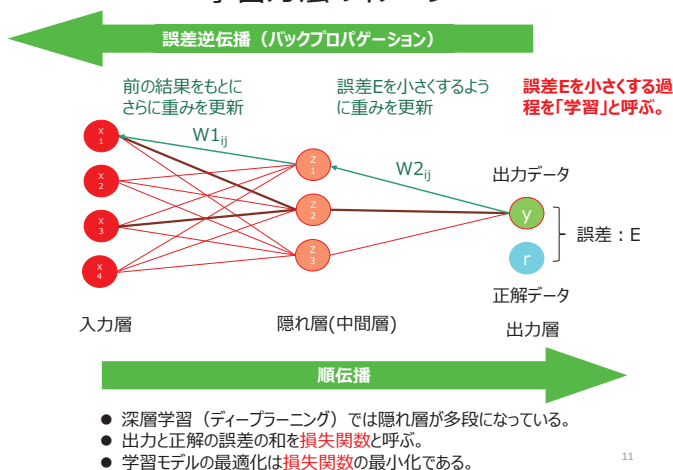


出典: <https://newtechnologylifestyle.net/>

- ニューロンへの入力は、それぞれの入力(x1, x2, x3)に重み(w1, w2, w3)をかけた値にバイアス(b)を足した値となる。
- この合計値に対して、活性化関数を経由させた出力値を算出する。
- シグモイド関数は、横軸が入力値の合計値、縦軸が出力値であり、入力値の合計値が小さければ小さいほど出力値は0に近づき、入力値の合計値が大きければ大きいほど出力値が1に近づく。

10

学習方法のイメージ



11

本日のお話

1. AIとその仕組み
2. 保健医療AIシステムとその課題
3. 糖尿病治療支援AIの研究のご紹介
4. AIと共生する社会に必要なこと

12

資料2

保健医療分野におけるAI開発の方向性について

第1回 保健医療分野AI開発加速コンソーシアム 資料
 2018年7月23日

厚生労働省厚生科学課

<https://www.mhlw.go.jp/content/10601000/000337597.pdf>

13

保健医療分野におけるAIの活用によって期待されること

<現状>

医療現場には、次のような課題がある

- ① 医療従事者の不足、地域偏在・診療科偏在、過重労働
- ② ヒューマンエラー「人はだれでも間違える」(安全な医療の提供)
- ③ 世界中から報告される科学的知見・文献が急激に増大 等

<AIの活用により期待される成果>

- (1) 全国どこでも安心して最先端の医療を受けられる環境の整備
 (例: 画像診断支援AIによる見落とし率の低下)
- (2) 患者の治療等に専念できるよう、医療・介護従事者の負担軽減
 (例: 膨大な論文をAIで解析し、医療従事者の負担軽減)
- (3) 新たな診断方法や治療方法の創出
 (例: 枯渇している創薬ターゲットの候補をAIで探索)

<https://www.mhlw.go.jp/content/10601000/000337597.pdf>

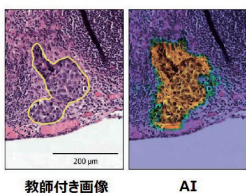
14

海外におけるAI開発の最近の報告事例

- 2017年12月、米国医師会によって刊行される国際的な医学雑誌: **Journal of the American Medical Association (JAMA)** にて報告。

(2017 Dec 12;318(22):2199-2210)

リンパ節の顕微鏡画像。黄色い線で囲まれている領域は、がんの転移が確認された部分。



- 2016年に行われたコンテスト「Researcher challenge competition (CAMELYON16)」において、AIが乳がんの転移を調べるための画像判定に挑戦し、11人の病理医と成績を比較。

- 優勝した研究チームが開発したAIのAUCは0.994であり、11人の病理医の平均値である0.810を大幅に上回った。

※AUC (area under the curve): 0から1までの値をとり、値が1に近いほど判別能が高い。

<https://www.mhlw.go.jp/content/10601000/000337597.pdf>

2

懇談会を踏まえた対応①

懇談会では、次の両面からAI開発を進めるべき重点6領域を选定。

- ① 我が国における医療技術の強みの発揮
 - ② 我が国の保健医療分野の課題の解決 (医療情報の増大、医師の偏在等)
- これら6領域を中心に、AIの研究開発を加速化させる。

[AIの実用化が比較的に早いと考えられる領域]

領域	我が国の強み (○) / 課題 (△)	AIの開発に向けた厚生労働省の主な施策 (民間企業におけるAI開発を促進するための基盤を整備)
① ゲノム医療	△欧米に比べて取組が遅れ	● 国立がん研究センターにがんゲノム情報管理センターを整備し、ゲノム情報を集約 ● がんゲノム情報管理センターが臨床情報や遺伝子解析情報等を機軸で解析する知識データベースを構築
② 画像診断支援	○ 日本の高い開発能力 △ 診断系医療機器の貿易収支も黒字 (1,000億円)	● 関連学会 (日本病理学会、日本消化器内視鏡学会、日本医学放射線学会、日本眼科学会) が連携して画像データベースを構築 ● 厚生労働省が、医療法上や医薬品医療機器法上の取組を明確化
③ 診断・治療支援 (問診や一般的な検査等)	△ 医療情報の増大によって医療従事者の負担が増加 △ 医師の地域偏在や診療科偏在への対応が必要 △ 軽微な診断確定までに長い期間	● 日本医療研究開発機構 (AMED) 研究費により、難病領域を幅広くカバーする情報基盤を構築 ● 厚生労働省が、医療法上や医薬品医療機器法上の取組を明確化
④ 医薬品開発	○ 日本は医薬品創出能力を持つ数少ない国の1つ △ 技術貿易収支でも大幅な黒字 (3,000億円)	● 国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所が、創薬ターゲットの探索に向けた知識データベースを構築 ● 国立研究開発法人 医薬基盤・健康・栄養研究所、理化学研究所、及び京都大学が中心となり、創薬企業とIT企業のマッチングを支援

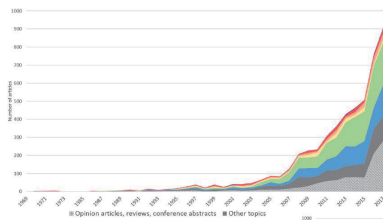
[AIの実用化に向けて段階的に取り組むべきと考えられる領域]

領域	我が国の強み (○) / 課題 (△)	AIの開発に向けた厚生労働省の主な施策 (民間企業におけるAI開発を促進するための基盤を整備)
⑤ 介護・認知症	△ 高齢者の自立支援の促進 △ 介護者の業務負担軽減	● 厚生労働科学研究費補助金により、介護における早期発見・重症化予防に向けたデータ収集及び予測ツールの開発
⑥ 手術支援	○ 手術データの統合で日本が先行 △ 外科医は数が少なく、負担軽減が必要	● 厚生労働科学研究費補助金等により、手術関連データを相互に連結するためのインフラを整備

<https://www.mhlw.go.jp/content/10601000/000337597.pdf>

16

画像診断領域でのAIに関する論文公表数の推移



2000年代前半までは多くて100編/年程度であったのが、2017年には800-900編/年へと急増している。

モダリティ別ではCT, MRI画像を対象とした研究が多くを占めている。

部位別では、中枢神経系、心血管系、乳腺、骨関節の画像を対象とした研究が多い。

European Radiology Experimental 2018; 2: 35

17

AIを活用した医療診断システム・医療機器等に関する課題と提言 2017

光石衛

東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻

<https://www.pmda.go.jp/rs-std-jp/outline/0003.html>
English summary <https://doi.org/10.14326/abe.7.118>

3. AI医療システムの特徴

5

1. 可塑性

- 学習により性能等が変化する
- 従来の医療機器とは質的に異なる可塑性
- 製造販売承認事項の変化 → 一部変更承認申請の要否や品目同一性

2. ブラックボックス性

- AIの出力の予測や解釈が難しい場合がある

3. 将来の高度な自律性

- 患者と医師等の関係性が従来から変化する可能性

4. データの品質

- 原材料としてのデータの「品質管理」

学習と性能変化のタイミング; AI医療システム

6

出荷・サービス開始後の性能変化	
しない	
出荷・サービス開始後の学習	しない
	する
従来の医療機器と同等	(該当なし)
- サービスに供しているシステムの性能は固定されているが、学習は継続している。 - バージョンアップの際にその学習の成果をまとめて反映して性能変化させることが想定される。 - 開発者が従来通りリスクマネジメントでき、学習に使用するデータセットを開発者がチェックすることも可能。	- サービスに供しているシステムが学習に伴って性能が徐々に変化する。 - 学習の結果によっては性能が却って悪くなる可能性がある。 「誰がどのデータで学習させるか」問題がある。学習に使用するデータセットを開発者がコントロールするのが難しいケースも想定される。

出荷・サービス開始後に学習を続ける

8

■ メリット

1. 使用現場の実態に即した大量のデータが利用可能
2. 地域別、患者群別のカスタマイズされたAIも可能

■ 課題

1. データセットの信頼性(品質・サイバーセキュリティを含む)を維持する役割を担う者について、コンセンサスがない。
2. 個人情報保護など関係する他の法制度へのコンプライアンスの問題とコストを要する。

学習を誰が行なわせるか

9

■ 出荷・サービス開始前の学習

- 開発者がデータセットのコントロールとリスクマネジメントを可能

■ 出荷・サービス開始後の学習

- 開発者(企業)のみとは限らない。
- 医師等・患者など、AI医療システムの利用者も。

■ 利用者が学習させる場合

- データセットのコントロールとリスクマネジメントを、開発者(企業)と同様に実施できるか?

リスクマネジメントと品質管理の主体が問題。能力、リソースが企業と同等にならないであろう。

第33回人工知能学会全国大会 企画セッション資料より引用
https://www.jst.go.jp/crds/sympo/201906_JSAI/pdf/02.pdf

機械学習の説明可能性への取り組み — DARPA XAI プロジェクトを中心に —

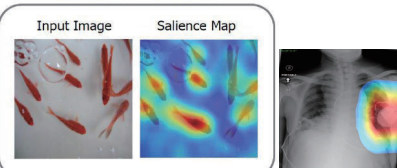
本発表では、報告者の私見を交えながら DARPA XAI プロジェクトを紹介します。進行中のPJであるため、情報が部分的かつ不正確である点について予めご承知ください。

川村 隆浩

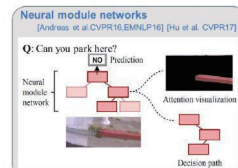
国立研究開発法人 科学技術振興機構 特任フェロー

1.2 説明とは

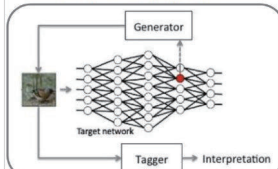
Attention Mechanisms



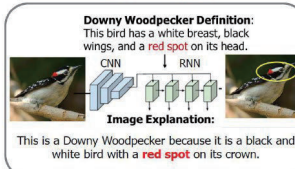
Modular Networks



Feature Identification



Learn to Explain



本日のお話

- 1.AIとその仕組み
- 2.保健医療AIシステムとその課題
- 3.糖尿病治療支援AIの研究のご紹介
- 4.AIと共生する社会に必要なこと

33

PRESS RELEASE

報道発表



報道発表資料の配信日時 平成31年2月12日(水) 11時00分

糖尿病治療における経口血糖降下薬の処方最適化に関する

AIによる学習モデル構築の共同研究を開始

<研究の概要>

札幌医科大学(所在地:北海道札幌市、学長:塚本泰司)の大河浩文教授(医療情報部長)らの研究グループ(創薬造介、千葉弘文、廣田健一)は、富士通株式会社(本社:東京都港区、代表取締役社長:田中 達也)、株式会社富士通北陸システムズ(本社:石川県金沢市、代表取締役社長:寺田 清明)との臨床情報データの人工知能(Artificial Intelligence: AI)活用に向けた共同研究として、糖尿病治療における経口血糖降下薬の処方最適化に関するAIによる学習モデルの構築を2019年2月より開始します。

本共同研究は、当院においてHbA1c^(※1)の検査結果があり、経口血糖降下薬を処方された患者の情報をもち、糖尿病治療における処方の最適化を行うAIによる学習モデルを構築することを目的としています。

多くの学習データが必要になるため、データ欠損が少なく、定期的・定型的に収集されていることが重要

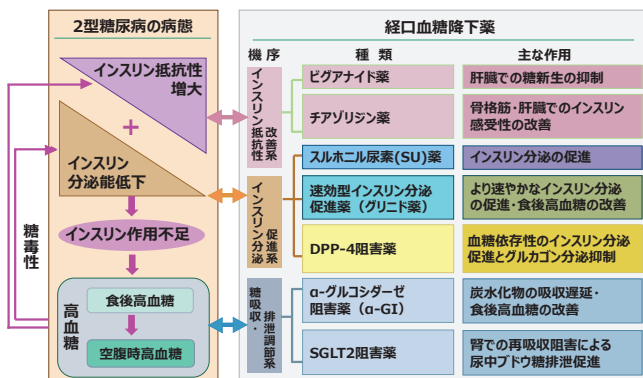
正例・負例をよりシンプルに判定できることも重要



受診毎に確実に検査が行われ、HbA1cという検査値指標で治療効果を判断できる「糖尿病」は機械学習のテーマに向いていた。

34

病態に合わせた経口血糖降下薬の選択



糖尿病治療ガイド 2018-2019より引用

35

作業項目および役割分担

作業項目	詳細内容	役割分担	
		札幌医大	データサイエンス
1. 研究テーマ検討	・テーマ候補の選定 ・研究デザインの検討	◎	○
2. データ調査・研究デザイン検討	・データの調査および評価 ・診療DWHからの関連データの抽出 ・データ登録状況、欄の等の調査 ・探索目的のデータ分析 etc.	◎	◎
3. 研究テーマ決定	・研究テーマの優先度の決定	◎	○
4. データクレンジング	・データ加工方法の検討・実施 ・学習用データの作成	○	◎
5. 学習モデルの作成	・学習アルゴリズムの選定 ・ハイパーパラメータの調整	○	◎
6. 学習モデルの評価	・テスト用データの作成 ・モデルの判定精度テスト	◎	○
7. データ結果確認	・学習モデル作成結果のご確認	◎	○

◎=主担当 ○=支援

36

目的

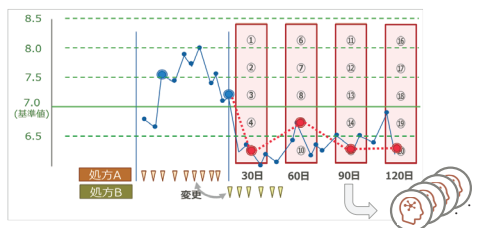
札幌医科大学附属病院の診療データを入力として、糖尿病の経口血糖降下薬による治療効果判定としてのHbA1cの推移を予測すること

現在の学習モデル

予測開始日の前後1ヶ月の投薬情報から、30日毎のHbA1c値を複数モデルにより予測

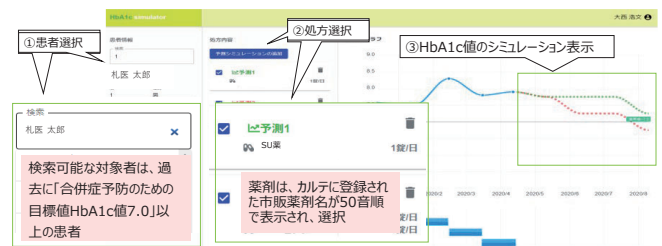
- 狙い1) 予測開始日の前後1ヶ月の投薬情報を使用することで、**投薬の変更**をとらえる
- 狙い2) 30日毎4区間を複数モデルでHbA1c値を予測することで、その**推移**をとらえる

⇒ 投薬の変更によって、120日間でHbA1c値がどう改善するかを予測する



37

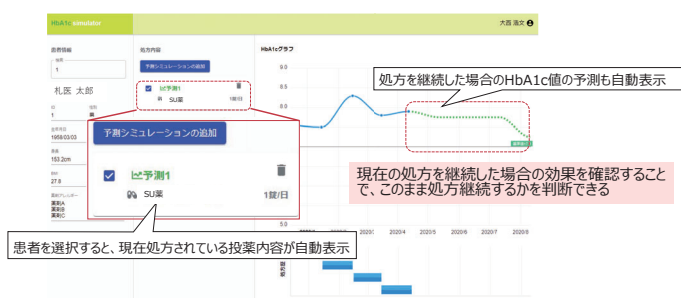
HbA1c予測シミュレータとしての応用



38

■ 利用方法1: 現在処方継続した場合の効果確認

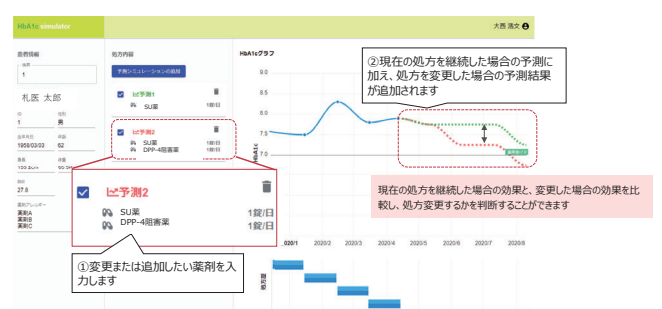
現在の処方を継続した場合の予測結果から、処方継続の検討が可能になる。



39

■ 利用方法2: 現在処方継続した場合と別の処方へ変更した場合の比較検討

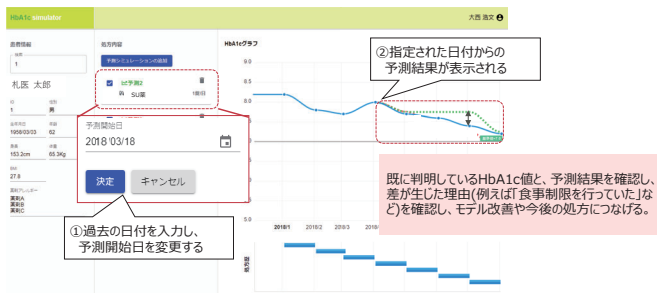
現在の処方を継続した場合の予測と、変更した場合の予測を比較することで今後の治療方針を検討することが可能になる。



40

■ 利用方法3：過去処方への振り返り

過去の日付におけるシミュレータの予測と、既に判明しているHbA1c値を比較することで過去の処方振り返ることができる。



41

本日のお話

- 1.AIとその仕組み
- 2.保健医療AIシステムとその課題
- 3.糖尿病治療支援AIの研究のご紹介
- 4.AIと共生する社会に必要なこと

42

医師の仕事はAIに取って代わられるのか

WORKING PAPER

OXFORD MARTIN SCHOOL

The Future of Employment
Cambridge University & Michael Osborne

Physicians and Surgeons
0.4%

• ソーシャルインテリジェンス（社会的知性）
→ 人的交流や相手の気持ちを理解する
• イノベーション（創造性）
が必要な職業はなくなる！

マイケル・オズボーン【Michael Osborne】
英オックスフォード大学工学部機械学習教授
2013年に発表
<https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/future-of-employment.pdf>

43

将来的に起こりうること

現病歴： Aさん、36歳、女性。不正出血が続き、近医で子宮がんの可能性を指摘され、総合病院を受診した。細胞診やMRI検査を受け、その後AIが告知を行った。

AI： 子宮頸がんのステージⅢAです。左の卵巣に転移がみられます。入院して治療が必要です。

Aさん： なぜ、こんな病気になってしまったんでしょうか？

AI： ヒトパピローマウイルスというウイルスの感染が原因と考えられます。性的接触により、子宮頸部に感染します。

Aさん： ……。私は、これまで真面目に一生懸命働いてきました。ようやく最近、結婚もでき、これから出産も考えていたんです。

AI： それは素晴らしいですね。おめでとうございます。しかし、高齢出産は母体・胎児ともにリスクが高くなります。

Aさん： ……。新しいお店をオープンしたばかりで、今は治療を受けられる状況になって……。

AI： そうなんですね。それなら、お店を閉めるか、誰かにお店をお願いしましょう。

Aさん： ……。もう結構です。

AI： 承知しました。また、困ったことがあればいつでも相談に来てください。

残念ながら、AIには人間の気持ちや感情を理解できない……

44

実際の医療現場はVUCA（ブーカ）アジェンダが多い

Volatility(変動性), Uncertainty(不確実性), Complexity(複雑性), Ambiguity(曖昧性)

複雑な患者のタイプ

医学的複雑性	病状を悪化させる社会・経済的要因
不一致の状態	診療に関わる費用の負担ができない
慢性疼痛	家族のストレス
薬物への不耐性	医療リテラシーの低さ
原因不明の症状	
認知機能の問題	
病状を悪化させる精神疾患	患者の行動と特徴
うつ病による服薬アドヒアランス低下	検査や処方に対する要求が多い
依存症	医師・スタッフとの議論を好む
臨床像を修飾する不安	症状に対する不安が強い

AIはVUCA問題の解決は苦手

Ann Fam Med 2015;13:451-455. doi: 10.1370/afm.1840.

45

医師-患者間のコミュニケーションにおけるそれぞれのリテラシー



あなたが医師の立場だったら、どのように説明しますか？
あなたが患者の立場だったら、何を質問しますか？

46

WHOによる「AIをヘルスケアに利用するための6つの基本理念」

2021年6月28日

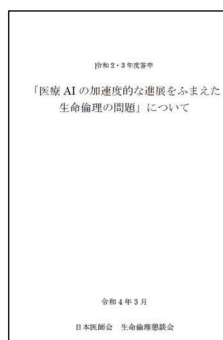
- 1：人間の自立性を守ること
医療従事者がAIシステムを安全かつ効果的に利用するために必要な情報を持ち、人々がAIシステムが医療に果たす役割を理解することを保証する義務が伴う
- 2：人間の幸福と安全および公共の利益を促進すること
AI技術は人に危害を加えるものであってはならない。安全性、正確性、有効性に関する規制要件を満たすことで、品質管理および時間の経過に伴う品質向上の測定が可能であるべきである。
- 3：透明性・説明可能性を確保すること
AI技術は、開発者、医療従事者、患者、ユーザー、規制当局にとって理解しやすい、あるいはわかりやすいものであるべきである。
- 4：責任と説明責任の醸成
AIの効果の保証、適切な条件下、適切な訓練を受けた人々によって使用されることの保証、患者や臨床医による評価による保証、何か問題が発生した場合の救済も必要。
- 5：包括性と公平性の確保
健康のためのAIが最も広く適切で公平な使用とアクセスを促すよう設計されるべき。
- 6：応答性が高く持続可能なAIの推進
全ての関係者が継続的、体系的、かつ透明性をもって評価していくべきであり、AIシステムは、環境への影響を最小限に抑え、エネルギー効率を高めるように設計されるべきです。

<https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>

47

日本医師会生命倫理懇談会からの医療AIに関する提言

(令和4年3月)



- 1) 人間の尊厳と公共性、包括性、公平性を高める医療AIであること
- 2) 人間の意思を尊重し、医療の公共性を守る医療AIであること
- 3) 人間が理解し、判断の根拠を説明できる医療AIであること
- 4) 医療AIの使用による事故の責任が明確であること
- 5) 継続的に開発・改良できる医療AIであること
- 6) 医療AIに関する教育と研究を推進すること

https://www.med.or.jp/dl-med/teireikaiken/20220309_3.pdf

48

まとめ

- 1) 近年のAI研究の発展には機械学習、特にディープラーニングの技術が広く応用されるようになってきているところが大きい。機械が自立的にアルゴリズムを学習する点で人間の気付かない新たな知見を発見できる可能性に期待が集まっています。
- 2) AIを利用した医療システムには、学習によって性能が変化する可能性、学習を続けることで予期せぬ結果をまねく可能性、説明可能性が求められること、性能変化の上での品質保証や倫理・責任の問題など、様々な検討課題がある。
- 3) 保健医療の現場においては、ゲノム医療、画像診断支援、診断・治療支援、医薬品開発、ロボット技術による介護・手術支援においてその応用が期待され、特に画像診断領域においては、すでに臨床応用されているシステムも複数あり、今後さらに利用が増えていくことが予想される。
- 4) 保健医療の現場はVUCA課題が多く、正解のない難しい課題を多面的・包括的に考え、できる限り本人にとって望ましい解決法を探るのは人間の役割である。
- 5) あくまで人間中心の社会でAIと共生していく上では、システムを利用する保健医療従事者のみならず、医療サービスを受ける国民側のAIリテラシーの向上も重要な課題であり、教育や普及啓発活動を進めていく必要がある。

ご清聴ありがとうございました。

