

感染症検査における人工知能の利用に関するステートメント

2024 年 4 月 11 日作成

一般社団法人日本感染症学会
感染症検査 AI 委員会

感染症検査 AI 委員会

感染症検査における人工知能の利用に関するステートメント

・はじめに

人工知能（Artificial Intelligence：AI）技術の進歩が目覚ましく、各分野において AI の利用が急速に進んでいる。医学・医療の領域においても AI 技術を応用した機器が導入され、一部の領域では既に実用されている。AI の専門家でなくとも、AI の利用は避けられない状況となっており、各種学会等でも盛んに検討が進められている。デジタル変革（DX）の促進や働き方改革、タスクシフトといった流れに乗り、AI を促進する技術的社会的背景がある。コロナ禍を経て、デジタル化が推進され、AI が適用される分野も拡大しており、感染症分野でもその動向に注目が集まっている。一方で、これまでになかった新しい技術であることに加えて、人間にしか成し得ないものとして考えられてきた知的活動を行うという、これまで人類が体験したことのない展開から、その急速な進展に追随することがますます困難になりつつある。そのため、当学会でも、感染症検査の専門家という立場で、今後の方向性や将来的な利用について検討を始める必要があると考え、2023 年に感染症検査 AI 委員会（以下、本委員会）が設置された。さらに、感染症領域における AI に対する理解を深め、その正しい活用を促進し、利用における注意点を認識することを目的として、本ステートメントを作成するに至った。本ステートメントにおいては、感染症検査における AI の活用を、1. 臨床・検査、2. 基礎・社会医学、3. 教育・講義の 3 つの場面に分けて、それぞれの具体例を含む現状とこれからの展望について情報共有したい。

・本ステートメントで対象とする AI の範囲

AI の定義は総務省の定義などがあるが、定義そのものが曖昧であることに加えて、共通の定義が存在せず、境界領域の分野もあり、厳密な意味で統一できない。また、AI を用いた検査機器などを開発する各企業が独自の AI を用いたり、どのような AI を用いているか明示していなかったりする場合もある。近年の AI においては、ヒトの神経回路を模したニューラルネットワークを用いた AI が主流となっているため、そのような AI を基本的には対象とするが、厳密な線引きはしていない。本ステートメントを読む際に、そのような曖昧な定義のもとに記載されたものであり、様々な AI を含む場合があることを事前にご留意いただきたい。したがって、本ステートメント内で述べられる AI には様々な種類や技術が含まれている可能性がある。

・医学における AI 利用の現状

医療における AI は、画像解析による放射線医学分野等での導入が先行しており、ステートメントの作成も進んでいる。画像診断の分野で進んでいる理由の一つは、相性の良さが挙げられるが、もう一つは年々増加するデータ量に比して、恒常的に人材が不足していること

にある。すなわち、放射線診断医が日常的に行なっている画像読影から所見、鑑別診断に至る過程を AI が行うことにより、精度の向上、効率化、人的負担の軽減が期待される。また、これまで人間による読影では診断が困難であった所見や症例に関しても、ビッグデータに基づいた情報の集積と学習により、新たな知見が実際に得られつつある。

感染症検査における AI としては、臨床・検査分野として微生物の検出（推定、同定、薬剤感受性）、遺伝子検査結果の解析、画像解析（放射線検査・MRI 検査、内視鏡検査）、感染症の臨床診断サポート（感染臓器、病態、重症度）における活用が想定される。基礎・社会医学分野としては、感染症流行の予測や薬剤の開発、ワクチン接種の最適化を図ることが想定される。

感染症検査分野における AI は、現時点で臨床データが不足しており、妥当性が十分に評価されていない。今後、いくつもの感染症検査に関わる AI が開発され、上市されることが予想されるが、これらの AI を医療者が実際に用いるにあたっては、あくまでも人間が用いる 1 ツールとして位置付け、最終判断と責任は使用者が担うということを明らかにしておく必要がある。

・本ステートメントの目的

すでに一部触れたが、あらためて本ステートメントの目的を明らかにしておきたい。本ステートメントは、現時点における利用や今後の可能性を考慮した上で、本学会における AI 利用の方向性や基本的な考え方を示すものである。特定の AI の利用を推奨したり、逆に制限しようとしたりするものでもなく、利用方法に関するガイドラインでもない。また、このステートメントを発することがゴールではなく、むしろ議論を深めていくための契機という立場である。本ステートメントの作成に際しては、委員会で事前に話し合った上で、現に利用されつつある臨床検査への AI 利用を基本的な柱としつつ、1. 臨床・検査、2. 基礎・社会医学、3. 教育・講義の 3 つの場面に分けて、現状や課題、展望、限界について各項目で概説することとした。

・各論

1. 臨床・検査

a) 現状

a-1. 微生物検査領域における AI の現状

微生物検査領域においては、グラム染色・抗酸菌染色での活用が検討されている。Smith らは深層学習（DL）を用いた血液培養検体のグラム染色 AI モデルを構築し、グラム陰性菌に関する分類感度は 98.1%、特異度は 96.3%であったと報告している¹⁾。Fu らは、AI アルゴリズムを活用した結核菌の抗酸菌染色自動スクリーニングシステムについて開発を行い、検査技師による鏡検と比した最終的な一致率は 95.2%であったと報告している²⁾。

国内でも、複数のアカデミアやベンチャー企業がグラム染色・抗酸菌染色分野での AI モデルの開発を進めている状況にある。例として、グラム染色の自動染色と AI を用いた顕微鏡上での全自動視野探索、菌体検出、グラム染色性と形態判断を実施する機能を備えた AI 搭載型全自動グラム染色装置の開発が行われている。また、スマートフォンでグラム染色標本の画像撮像を行い、撮像画像の AI を用いた解析により菌種推定を行うアプリケーションも公開されている。

また、海外では培地の判読について、画像解析 AI の活用が検討されている。Gammel らは、スイス Clever Culture System 社の AI アルゴリズムを利用した自動培地判読システムの評価を実施し、MRSA 選択培地上のコロニーの識別において、検査技師による判読と比し、陽性的中率 95.7%、陰性的中率 96.7%と報告している³⁾。さらに、COPAN 社は、同社の販売する全自動培養装置向けに培地の画像解析アルゴリズムと、臨床データ、統計データの組み合わせの AI 解析により、培地の陽性・陰性を判別する PhenoMatrix ソフトウェアを販売している。発色培地とソフトウェアの組み合わせにより B 群 β 溶血連鎖球菌の検出に関して、遺伝子検査と比較した感度 95.5%と報告されている⁴⁾。

a-2. 画像診断における AI の現状

画像診断における AI の活用事例としては、インフルエンザ診断が可能な内視鏡用テレスコープ nodoca がすでに実用化されている。インフルエンザ患者に多く認められる咽頭のインフルエンザ濾胞に関する画像情報、症状などの情報を AI で解析しインフルエンザの診断を行う医療機器である。本医療機器は、インフルエンザと検体検査により確定された患者の咽頭画像、体温、自覚症状等を教師データとして、教師あり学習 (supervised learning) を行い開発された AI を搭載している。薬機法上のクラス II 医療機器としての承認を得ており、感度 76.0%、特異度 88.1%の精度で季節性インフルエンザの診断が可能⁵⁾とされ、インフルエンザ迅速抗原検査と同一の診療報酬が算定可能である。

感染症の画像所見を解析する AI は複数作成されている。特に COVID-19 の肺炎像を診断する AI 画像解析アルゴリズムは、パンデミック下で多く開発されており、我が国でもいくつかのものが実用化されている⁶⁻⁸⁾。

a-3. 感染症診療サポートにおける AI の現状

感染症診療をサポートする AI の活用に関しては、COVID-19 の重症化予測モデルの活用である。東京大学医学部附属病院では、15 病院の 2,084 例の患者の初診時臨床情報を学習させ、年齢等の複数の情報から精度 82%で予測可能なプログラムの無償提供を開始した (2021 年 8 月 24 日付東大病院プレスリリース)。

また、感染症に特化したものではないが、患者や家族が入力した症状・経過の情報より疑い病名を AI で絞り込み適切な受診行動や対処法を伝える症状検索エンジンがリリースされている。この中では、気道感染症や尿路感染症などの市中感染症も対象としている。

さらに患者のカルテ情報（テキストデータ）の入力に対して自然言語処理解析を行い、コンサルテーションに十分な情報を追加できる仕組みを用いて、主治医が遠隔にいる感染症専門医に感染症の診断や治療方針について、円滑にコンサルテーションが可能になるような、感染症マネジメント支援システムも開発されてきている。

b)課題

・開発段階での課題

b-1. 教師データの質の担保

臨床・検査領域の AI は教師あり学習の手法により用いられているため、教師データの質が非常に重要と考えられる。検査に関する画像解析 AI においては、教師画像上での病原体、病変の正確なアノテーション、アノテーションされている病原体の正確な同定が実施されている必要がある。

アノテーション作業については、当該領域の検査や診断に関する一定レベルの作業者が実施することがその質の担保につながる。本ステートメントは作業者に特段の資格を求めものではないが、開発段階においては、例えば微生物検査に関しては認定微生物検査技師、1 級・2 級微生物検査士、臨床微生物学会認定医、臨床検査専門医、また、感染症診断に関しては感染症専門医資格を有する者や、そういった有資格者による指導を受けた作業者による実施が、質の高いアノテーションにつながると期待される。

また教師データの病原体の同定検査結果が正確であることも求められる。細菌・真菌の同定には、質量分析法あるいは生化学的手法での同定の実施が必須であり、いずれかの方法で正確な同定が難しい病原体については、両法の組み合わせ、あるいは遺伝子検査の実施による同定精度の向上が理想的である。

b-2. AI 技術使用の必要性

AI がトレンドになっている現在、AI を組み入れることが至上命題になってしまっている部分もある。しかしながら、目的となるプログラムの開発において、機械学習（ML）を行う必要があるかも冷静に検討する必要がある。特に画像解析においては、機械学習を利用せず、ルールベースのプログラミングによっても、十分に目的を達成することが可能な場合がある。例えば、尿半定量培養における、画像上のコロニー計数ソフトウェアは機械学習を用いていないが、コロニー数の定量という目的を精度高く実現している⁹⁾。このように、プログラムの作成においては、AI に拘らず、最適な手法の選択をまず検討することが望まれる。

b-3. 法規制への適合性

プロダクトの開発に際しては、医薬品、医療機器等の品質、有効性及び安全性の確保等に関する法律（薬機法）における届出承認手続きの必要性を吟味し、必要な手続きを実施する

ことが求められよう。開発に際しては PMDA に必要な段階で相談を行い、薬機法上で求められるクラス分類を明確にした上で、適切な届出承認手続きを受けることが求められる。

b-4. 性能評価試験の実施とその結果の開示

プロダクトが開発された段階では、科学的な手法により必要な臨床性能評価試験を実施し、その結果を添付文書等に記載し、利用者が基礎的な性能を簡便に把握可能な形にする必要がある。また、そういった性能に関する情報を学術的に発信することについても、積極的に行なっていくことが望まれる。

・利活用段階における課題

b-5. AI の利活用における位置付けとその責任

AI はあくまでも医師の診断や臨床検査技師の検査上の判断の補助ツールとして位置付ける必要がある。最終的な結果に対する責任は、当然 AI の使用者が負うものとする。

AI の利活用者は、性能に関して文献等も含めてさまざまなデータを収集し、主体的にその導入や使用継続の可否について検討する態度が望まれる。

b-6. ネットワークセキュリティの担保

AI の利活用に関しては、プログラムを独立したコンピューターに導入し利用する方法と、ネットワーク等で画像情報をプログラムが導入された外部サーバー（クラウド含む）に送信し解析を受け、その結果を受け取る方法が考えられる。

いずれの方法でも問題はないが、情報の外部送信に際しては、匿名化あるいは仮名加工などが適切に実施されている必要があり、その方法も含めて、セキュリティと個人情報の取り扱いについて明示されているものを利活用者の責任で選択することが望まれる。

b-7. 利活用開始後のブラッシュアップの必要性

検査・診断に関する AI については、新たな病原体の流行などにも適切に対応しアップデートがなされることが望ましい。AI の開発者は上市後も、必要に応じて追加の学習を含めアルゴリズムのブラッシュアップの必要性を検討可能な体制を有することが望ましい。その際、PMDA の提供する絶え間ない改良・改善に迅速に対応するための改良計画の事前確認制度（Improvement Design within Approval for Timely Evaluation and Notice: IDATEN）があることも知っておきたい。b-6. に述べられたようなセキュリティが担保された外部サーバーに検査結果情報を集約し、倫理的・社会的・法的課題（ELSI）を解決した上で、得られた検査結果情報をブラッシュアップや検証等に活用することも、AI の長所を生かすためには重要と考えられる。また、こうした検査結果情報の利活用に関する ELSI についても学会も含め社会全体で取り組んでいくことが求められる。

c)展望

c-1. 感染症診断における AI との共生

AI は、あくまでも医師の診断や検査技師の判断を助けるツールとして利活用を進めていく必要がある。AI が出す答えを盲信することなく、常に自らの尺度に照らし合わせて判断するよう努めなければならない。一方 AI では、人が実施する診断・判断と同等あるいはそれ以上の精度を常に期待できるわけではない場合もあり、それを達成しなかったからといって AI に利活用の可能性が一切ないと考えるのは望ましくない。AI の活用で得られる微生物検査の標準化や効率化を活かして、患者のための最良の医療を提供できるように、AI との共生を考えていく必要がある。AI の思考過程はブラックボックス化されているが、医師・検査技師は、AI 機器の有効性と精度上の限界も把握しながら、利活用の方法を考えていく姿勢が重要である。このように新技術である AI の臨床活用に関して、過度な期待や過度な拒絶をすることなく、その特性をニュートラルな視点で理解し、使いこなしていくことが感染症診断において AI との共生を進めていく上で重要と考える。

c-2. 精度管理体制の構築

特に臨床検査においては、医療法の観点からも内部精度管理、外部精度管理体制を構築していくことが強く要請されている。しかしこれらの精度管理体制構築の責任を全て個々のエンドユーザーや AI の開発者に求めていくことは酷である。精度管理がなされずに、うやむやのまま臨床現場での利活用が開始されないよう、学会、AI の開発者、業界団体、ユーザー等が協力して、AI 検査機器の精度管理体制の構築を図っていくことが期待される。

c-3. 開発や評価における支援体制

現在、多くの AI 開発者は独自のネットワークで、開発に必要な教師データである医療情報の収集や、臨床性能評価試験・治験等に協力する医療機関の募集などを行っていることが多い。これらは、感染症領域での経験が乏しい AI 開発者にとって、その参入の障壁となりうる。そのため、多くの AI 開発者が感染症領域での AI 開発に挑戦し、適切な競争の中から、患者・医療者にとって最適なプロダクトが開発される環境を得るために、その参入の障壁を取り払う努力が必要である。この障壁を下げるためには、精度保障された検査画像データを収集しバンキングを行う体制を構築する、臨床性能評価試験・治験等に協力可能な医療機関のネットワーク体制を構築するなどが考えられる。これらの取り組みに学会も主体的に関わる必要があると考える。

さらに、開発を促進するための学会主体のグラントの整備や、AI 開発に関するコンテスト実施の可能性など、AI の開発促進、利活用促進のための取り組みについても、学会内で今後積極的な議論が望まれる。

2. 基礎・社会医学分野

基礎・社会医学分野において AI は、抗微生物薬・ワクチン開発、感染機構・免疫反応の解明、感染症サーベイランスなどに幅広く活用されている。また、COVID-19 パンデミックにおいて AI は SARS-CoV-2 の塩基配列決定、変異株の迅速な同定、流行予測、臨床的特徴に基づく予後評価、治療薬およびワクチンの開発に貢献した^{10,11)}。

抗微生物薬の開発においては、従来、抗菌活性を調べるために大規模な化合物ライブラリーを探索していたが、化合物と細菌株の多数の組み合わせをスクリーニングすることは、多くの費用と時間を要する¹²⁾。AI は未だ発見されていない化学的空間を迅速に探索することを可能にし、新しい抗微生物薬を発見する確率を高める。また AI は、機械学習によって候補物質の抗微生物活性を予測でき、膨大な量の低分子化合物データベースを迅速にスクリーニングすることで効率よく新規抗微生物薬を発見することができる¹³⁾。たとえば、Liu らは、*Acinetobacter baumannii* に対する約 7,500 の増殖阻害分子をスクリーニングし、機械学習により *A. baumannii* に抗菌活性を持つ構造的に新しい化合物の abaucin を発見した¹⁴⁾。このように、創薬候補物質の探索において AI は薬理活性を持つ化合物の設計や化合物の構造の最適化に活用され、創薬の開発時間や費用の低減につながる事が期待される¹⁵⁾。

微生物が宿主に感染すると複雑な免疫反応が惹起され、感染後の経過は微生物の曝露量、宿主の免疫状態、治療薬などの複合的な因子に影響を受ける。教師あり学習は機械学習の手法の一つで、上述した複雑な感染機構・免疫反応の解析に用いられ、最適なワクチン抗原の予測や選定にも用いられている^{16,17)}。このように AI はワクチン開発のツールとしても利用されており、SARS-CoV-2 に対する mRNA ワクチン開発でも重要な役割を果たした¹⁸⁾。また、mRNA の不安定性はワクチン製剤の保存、流通、有効性への障害となっていた。Zhang らはスパイクタンパクに最適な mRNA 設計、構造安定性とコドン使用を同時に最適化することを可能にした¹⁹⁾。また、従来のワクチンの設計では、懸念される変異型の信頼性の高い予測を行うためには現在の流行株に依存しており、パンデミックの初期には利用できなかった。Thadani らは、深層学習による適合度予測と生物物理学的および構造的情報を組み合わせたフレームワークを開発したことで、SARS-CoV-2 のパンデミック変異の予測に加えて、インフルエンザウイルス、HIV、ラッサウイルス、ニパウイルスのようなパンデミックの可能性のあるウイルスに対するワクチン開発、新興再興感染症対策への応用が期待される²⁰⁾。

AI は感染症発生の早期警戒、感染源の検出、追跡と流行予測など、感染症サーベイランスにおいても大きな役割を果たしている²¹⁾。ボストン小児病院の研究者が開発した「HealthMap」は AI を用いた代表的な感染症流行の早期警戒システムで、インターネット上の各種情報を収集しつつ不要な情報は無視して分析するように機械学習されており、世界中の様々な感染症の発生動向を監視している²²⁾。実際、2009 年の新型インフルエンザパンデミックのメキシコにおける発生や、2019 年の COVID-19 パンデミックの中国武漢における発生の兆候をいち早く検出できている^{23, 24)}。本邦における検討として、倉橋はモデル

パラメータとして通勤者数、通学者数、高齢者数、通勤比率、伝播確率/接触など 14 項目に対して、27 種類の感染予防策を策定しシミュレーション²⁵⁾を行なっている。そして、複合的な対策の実施により死亡者数や重度入院者数を減少させる可能性を示した。さらに、感染拡大防止を目的としてスーパーコンピューター「富嶽」を活用したシミュレーションモデルにより飛沫感染のリスクの可視化など、様々な研究成果を報告するプロジェクトも示されている²⁶⁾。また、AI により新型コロナウイルスの進化機構を分析し、変異株の出現がウイルスの生存戦略の一つであるとの可能性を明らかにした²⁷⁾。このような研究は、今後のウイルスの進化を予測し、それに応じた感染対策を確立する一助になり得ると考えられる。

さらに、ビッグデータの活用として、単施設もしくは大学附属病院を中心とした関連病院間でのデータ収集では症例数が不十分で解析が困難な感染性疾患や抗微生物薬治療が、近年盛んに実施されている。例えば、敗血症性ショックに対する治療²⁸⁾や集中治療部における敗血症患者の予後²⁹⁾、抗潰瘍薬と *Clostridioides difficile* との関連³⁰⁾、さらには、壊死性軟部組織感染症の予後に関する調査³¹⁾などである。感染症も含めた医療や福祉における AI の活用については米国においても、その動きが加速されている³²⁾。これらの報告から今後を推測すると、耐性菌も含めた各種感染症のサーベイランスデータと感染症疫学データを組み合わせることにより、より実情に近い、real-life practice としてのデータを得ることができるのではないかと考えられる。そして、それらのデータを有効に活用することにより、感染制御に寄与する因子の抽出から具体的な対策の構築へと進展することができるであろう。また、本邦においてもゲノム情報と臨床情報を統合したデータベースの構築が進められており、AI は基礎的・臨床的な研究開発により一層活用されていくだろう。感染症領域においても機械学習やより広範な AI は、感染症疫学、病原体伝播メカニズム、病原体と宿主細胞の免疫応答、抗原決定、ワクチン設計、診断ツールの開発、創薬ターゲットの検索などに有用な情報を提供している¹³⁾。今後、感染症診療や感染症対策、研究開発に AI を効果的に活用していくために、医療従事者、公衆衛生関係者、AI 研究者の連携を強化していくことが重要である。

3. 教育・講義

本ステートメントの柱は、臨床検査への AI 利用であり、教育・講義への AI 利用を検討するのはやや飛躍した印象があるかもしれない。しかしながら、技術や応用範囲の拡大速度は目覚ましく、想定しうる範疇として本項目も設定することとなった。

自動翻訳や自動修正など、意識・無意識にかかわらず、すでに AI と身の回りの教育は無縁ではない。剽窃などを見抜くようなアプリが、学生が作成したレポートの事前チェックなどに利用されている場合もある。ただし、現状は、AI を補助的に利用している状況であり、また、体系的に教育に利用されているとも言い難い。感染症検査に限定すると、教育の場面における AI の利用についてはまだ事例がない。しかしながら、感染症検査に限らなければ

教育における AI の活用は以前より行われている。また、近年は、薬剤耐性対策の観点から、抗菌薬適正使用支援（antimicrobial stewardship, AS）と並んで、診断支援（diagnostic stewardship, DS）の重要性も指摘されるようになった。一方で、肥大化する医療系教育の中で DS の教育にかけられる時間や労力は限られる。そのような背景で、AI のような新たなツールへの期待は大きい。

本項目の目的は、感染症検査領域における教育・講義への AI 利用であり、教育一般における AI 利用を説明することではないが、他領域の教育における AI 利用の現状について触れつつ、感染症検査の教育への応用の可能性について考えたい。

教育一般における AI 利用の現状

進学塾や学習教材での AI の利用が散見される。従来型の教材は内容が固定されており、柔軟性に乏しく、学習者が全て等しい内容である一方、AI を用いたデジタル教材の場合、学習者のペースやスタイルなどのニーズに合わせて個別にカスタマイズされた内容を提供できることが最大の利点であろう。AI の利用が、特定の塾や学習教材に限定され、学校現場で簡単に使用できるプラットフォームがなかったことから、教育における AI の活用法や規制についてあまり取り上げられてこなかったが、ChatGPT が登場してから状況が一変した。Science 誌でも ChatGPT のような文章生成 AI を著者として認めないことが表明されるなど、社会的な関心事ともなった³³⁾。ChatGPT がこれまでの AI と異なるところは、教員だけではなく、学習者も簡単にアクセスでき、もっともらしい文章を、ほとんど労なく作成することができる点にある。利用者の増加に伴い、著作権や個人情報、剽窃といった問題点も考慮せざるを得なくなった背景から、文部科学省は、一般的な注意点や大きな方向性を示すために「生成 AI（ChatGPT）の学校現場での利用に関する今後の対応」や「初等中等教育段階における生成 AI の利用に関する暫定的なガイドライン」などを作成している³⁴⁻³⁶⁾。具体的な活用法についても検討されているようである³⁷⁾。

医学教育への AI の現状

PubMed で (medical education[Title/Abstract]) AND (artificial intelligence[Title/Abstract]) のキーワードを使って検索すると、2023 年 12 月 7 日時点で、429 件（1986 年～2024 年）がヒットする。そのうち、231 件は 2023 年に報告されたものであり、2023 年以降の論文数が過去 30 年以上の論文数をすでに超えており、急速にこの分野でも活用が広がっていることが分かる。AI を直接的に医学教育に用いたという事例よりも、既存の人工知能間もしくは人工知能と人間との問題解答能力の比較、医学教育における AI 利用の検討などの報告がほとんどであるが、人工知能を利用して仮想症例を生成し、医学教育に応用している事例が報告されている³⁸⁾。感染症検査においても仮想症例の生成は教育に利用できるかもしれない。

仮想症例の生成による感染症検査の教育

先述の通り、画像解析による放射線医学分野等での AI 導入が先行している。特に解析系の AI の開発スピードは速い。一方、ChatGPT のような生成系 AI についても、画像の生成が可能になってきており、診断用の画像の読影だけではなく、ある特定の条件に沿った症例の画像を生成することが可能になると考えられる。働き方改革などもあり、今後も恒常的に人材が不足する中で、学習や教育に費やすことができる時間が限定されることが想定される。そのような理由から、今後は、仮想症例の病歴とともに画像も生成するようになれば、教育への利用の可能性も拡大する。個人情報の問題などもあり、症例を利用した教育は限られるが、検査を体感するには症例ごとの対応が不可欠である。テキストの生成だけではなく、画像の生成も可能であるため、例えばグラム染色やチール・ネルゼン染色画像などの生成が可能になれば、テキスト生成と組み合わせることで技能の向上への利用も可能となる。

また、問題を解く中で、苦手な分野を自動的に検出し、苦手分野の克服のための訓練も可能となる。すなわち、個別化された学習として、学習者の進捗を追跡し、個別のニーズやスキルに基づいてカスタマイズされた学習体験を提供できる。すでに、進学塾などで利用されている技術を利用できれば、臨床検査の教育に特化した教材の作成も可能になるかもしれない。これにより、学習者が自分のペースで、理解度に合わせて進むことができる。自己の技能レベルを評価するのに AI が利用できるようになるかもしれない。

教育にはマンパワーが必要であり、教育の一部をそのようにして肩代わりしてくれることができれば、人が教える内容はレベルを高くすることも可能である。

感染症検査の教育への AI 利用のためには、当該分野においても AI の専門家の関与が不可欠である。当該分野における AI の利用について、根拠となる資料に乏しく、AI の専門家不在の中での議論となり、明確な解説はできていないが、議論を始める契機となれば幸いである。

・おわりに

繰り返しになるが、本ステートメントは、特定の AI の利用を推奨したり、逆に制限しようとしたりするものでもない。しかしながら、確実に AI がタスクの一部を担う未来が容易に想像でき、世界の動きにも注意が必要であり、AI の利用がほぼ不可避になりつつある現状において、最新の情報を発信していかなければ世界から取り残されかねない。そのため、可能な限り関連する情報をアップデートしたいという思いで作成した。

現在の AI はいわゆる弱い AI であり、万能な能力を持つものではなく、直ちに診療のすべてを代行するとは考えられない³⁹⁾。一方で、効率的な診断や早期の異常検知など、患者ケアの向上を目指す中で、弱い AI とはいえ、想像を超えて急速・確実にその力を伸ばして

おり、診療を補助する役割としては十分な機能を持ちつつある。そのため、診療における大きなパラダイムシフトへの対応も検討すべき時期になっている。

自動運転でも問題となっている倫理面での配慮、責任の所在、判断根拠の可視化など、課題もある。しかも、今後どんな問題が起こるのか予想することは困難である。したがって、今後もステートメントをアップデートし、これらの課題に対する学会の立場や取り組みを示し、信頼性と安全性に配慮する姿勢を示すことが望まれる。

AI がもたらす期待や懸念については未知の部分が多く、まだ十分な議論が尽くされていない中、これ以上待つこともできない判断し、本ステートメントを作成した。全ての期待に答えたり、懸念を払拭したりする段階にはないが、少しでも感染症の検査における AI の利用に関して関係者の理解の一助となれば幸いである。

謝辞

本ステートメントの作成に際し、大阪公立大学大学院医学研究科 人工知能学 准教授 植田大樹先生に内容の学術的な助言をいただいた。この場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

1. Smith KP, Kang AD, Kirby JE. Automated Interpretation of Blood Culture Gram Stains by Use of a Deep Convolutional Neural Network. *J Clin Microbiol.* 2018;56(3):e01521-17. doi: 10.1128/JCM.01521-17.
2. Fu HT, Tu HZ, Lee HS, Lin YE, Lin CW. Evaluation of an AI-Based TB AFB Smear Screening System for Laboratory Diagnosis on Routine Practice. *Sensors (Basel).* 2022; 22(21):8497. doi: 10.3390/s22218497.
3. Gammel N, Ross TL, Lewis S, Olson M, Henciak S, Harris R, *et al.* Comparison of an Automated Plate Assessment System (APAS Independence) and Artificial Intelligence (AI) to Manual Plate Reading of Methicillin-Resistant and Methicillin-Susceptible *Staphylococcus aureus* CHROMagar Surveillance Cultures. *J Clin Microbiol.* 2021;59(11):e0097121. doi: 10.1128/JCM.00971-21.
4. Baker J, Timm K, Faron M, Ledebner N, Culbreath K. Digital Image Analysis for the Detection of Group B *Streptococcus* from ChromID Strepto B Medium Using PhenoMatrix Algorithms. *J Clin Microbiol.* 2020;59(1):e01902-19. doi: 10.1128/JCM.01902-19.
5. Okiyama S, Fukuda M, Sode M, Takahashi W, Ikeda M, Kato H, *et al.* Examining the Use of an Artificial Intelligence Model to Diagnose Influenza: Development and Validation Study. *J Med Internet Res* 2022;24(12):e38751. doi: 10.2196/38751

6. Zhang K, Liu X, Shen J, Li Z, Sang Y, Wu X, *et al.* Clinically Applicable AI System for Accurate Diagnosis, Quantitative Measurements, and Prognosis of COVID-19 Pneumonia Using Computed Tomography. *Cell*. 2020; 181(6):1423-1433.e11. doi: 10.1016/j.cell.2020.04.045.
7. Yao JC, Wang T, Hou GH, Ou D, Li W, Zhu QD, *et al.* AI detection of mild COVID-19 pneumonia from chest CT scans. *Eur Radiol*. 2021 Sep;31(9):7192-7201. doi: 10.1007/s00330-021-07797-x.
8. Kato S, Oda M, Mori K, Shimizu A, Otake Y, Hashimoto M, *et al.* Classification and visual explanation for COVID-19 pneumonia from CT images using triple learning. *Sci Rep*. 2022;12(1):20840. doi: 10.1038/s41598-022-24936-6.
9. Uwamino Y, Nagata M, Aoki W, Kato A, Daigo M, Ishihara O, *et al.* Efficient automated semi-quantitative urine culture analysis via BD Urine Culture App. *Diagn Microbiol Infect Dis*. 2022 Jan;102(1):115567. doi: 10.1016/j.diagmicrobio.2021.115567.
10. Abubaker Bagabir S, Ibrahim NK, Abubaker Bagabir H, Hashem Ateeq R. Covid-19 and Artificial Intelligence: Genome sequencing, drug development and vaccine discovery. *J Infect Public Health*. 2022;15(2):289-96. doi: 10.1016/j.jiph.2022.01.011.
11. Wang L, Zhang Y, Wang D, Tong X, Liu T, Zhang S, *et al.* Artificial Intelligence for COVID-19: A Systematic Review. *Front Med (Lausanne)*. 2021; 8: 704256. doi: 10.3389/fmed.2021.704256.
12. Cesaro A, de la Fuente-Nunez C. Antibiotic identified by AI. *Nat Chem Biol*. 2023;19(11):1296-98. doi: 10.1038/s41589-023-01448-6.
13. Wong F, de la Fuente-Nunez C, Collins JJ. Leveraging artificial intelligence in the fight against infectious diseases. *Science*. 2023;381(6654):164-70. doi: 10.1126/science.adh1114.
14. Liu G, Catacutan DB, Rathod K, Swanson K, Jin W, Mohammed JC, *et al.* Deep learning-guided discovery of an antibiotic targeting *Acinetobacter baumannii*. *Nat Chem Biol*. 2023;19(11):1342-50. doi: 10.1038/s41589-023-01349-8.
15. 保健医療分野 AI 開発加速コンソーシアム. https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-kousei_408914_00001.html
16. Sample PJ, Wang B, Reid DW, Presnyak V, McFadyen IJ, Morris DR, *et al.* Human 5' UTR design and variant effect prediction from a massively parallel translation assay. *Nat Biotechnol*. 2019; 37(7): 803-9. doi: 10.1038/s41587-019-0164-5.
17. Ong E, Wang H, Wong MU, Seetharaman M, Valdez N, He Y. Vaxign-ML: supervised machine learning reverse vaccinology model for improved prediction of bacterial

- protective antigens. *Bioinformatics*. 2020; 36(10): 3185-91.
doi: 10.1093/bioinformatics/btaa119.
18. Sharma A, Virmani T, Pathak V, Sharma A, Pathak K, Kumar G, *et al*. Artificial Intelligence-Based Data-Driven Strategy to Accelerate Research, Development, and Clinical Trials of COVID Vaccine. *Biomed Res Int*. 2022; 2022: 7205241.
doi: 10.1155/2022/7205241
 19. Zhang H, Zhang L, Lin A, Xu C, Li Z, Liu K, *et al*. Algorithm for optimized mRNA design improves stability and immunogenicity. *Nature*. 2023; 621(7978):396-403. doi: 10.1038/s41586-023-06127-z.
 20. Thadani NN, Gurev S, Notin P, Youssef N, Rollins NJ, Ritter D, *et al*. Learning from prepandemic data to forecast viral escape. *Nature*. 2023; 622(7984):818-25. doi: 10.1038/s41586-023-06617-0.
 21. Brownstein JS, Rader B, Astley CM, Tian H. Advances in Artificial Intelligence for Infectious-Disease Surveillance. *N Engl J Med*. 2023; 388(17): 1597-607. doi: 10.1056/NEJMra2119215.
 22. Brownstein JS, Freifeld CC, Madoff LC. Digital disease detection--harnessing the Web for public health surveillance. *N Engl J Med*. 2009; 360(21): 2153-7. doi: 10.1056/NEJMp0900702.
 23. Cho A. AI systems aim to sniff out coronavirus outbreaks. *Science*. 2020; 368(6493): 810-1.
 24. Brownstein JS, Freifeld CC, Madoff LC. Influenza A (H1N1) virus, 2009--online monitoring. *N Engl J Med*. 2009; 360(21): 2156. doi: 10.1056/NEJMp0904012.
 25. Kurahashi S. Estimating effectiveness of preventing measures for 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19). 2020 9th International Congress on Advanced Applied Information (IIAI-AAI), 2020: 487-92
 26. COVID-19 AI & Simulation Project, <https://www.covid19-ai.jp/ja-jp/>
 27. Sunagawa J, Park H, Kim KS, Komorizono R, Choi S, Ramirez Torres L, *et al*. Isolation may select for earlier and higher peak viral load but shorter duration in SARS-CoV-2 evolution. *Nat Commun*. 2023; 14(1):7395. doi: 10.1038/s41467-023-43043-2.
 28. Tashiro M, Takazono T, Ota Y, Wakamura T, Takahashi A, Sato K, *et al*. Efficacy of early administration of liposomal amphotericin B in patients with septic shock: A nationwide observational study. *J Infect Chemother* 2021;27(10):1471-1476. doi: 10.1016/j.jiac.2021.06.013.
 29. Oami T, Imaeda T, Nakada TA, Abe T, Takahashi N, Yamao Y, *et al*. Mortality analysis among sepsis patients in and out of intensive care units using the Japanese nationwide

- medial claims database: a study by the Japan Sepsis Alliance study group. *J Intensive Care*. 2023;11(1):2. doi: 10.1186/s40560-023-00650-x.
30. Ishida R, Seki T, Kawakami K. Association between antiulcer agents and *Clostridioides difficile* infection in patients receiving antibiotics: A retrospective cohort study using the diagnosis procedure combination database in Japan. *Anaerobe*. 2022 Jun;75:102537. doi: 10.1016/j.anaerobe.2022.102537.
 31. Suzuki H, Muramatsu K, Kubo T, Kawasaki M, Fujitani T, Tsukamoto M, *et al*. Factors associated with mortality among patients with necrotizing soft-tissue infections: An analysis of 4597 cases using the Diagnosis Procedure Combination Database. *Int J Infect Dis*. 2021;102:73-78. doi: 10.1016/j.ijid.2020.10.019.
 32. Shah NH, Halamka JD, Saria S, Pencina M, Tazbaz T, Tripathi M, *et al*. A nationwide network of health AI assurance laboratories. *JAMA*. 2024;331(3):245-249. doi: 10.1001/jama.2023.26930
 33. Thorp HH. ChatGPT is fun, but not an author. *Science*. 2023 Jan 27;379(6630):313. doi: 10.1126/science.adg7879.
 34. 文部科学省. Chat GPT 等の生成 AI の学校現場の利用に向けた今後の対応について. 令和 5 年 5 月 19 日 https://www.mext.go.jp/content/20230710-mxt_shuukyo02-000030823_005.pdf
 35. 文部科学省. 「初等中等教育段階における生成 AI の利用に関する暫定的なガイドライン」の作成について (通知). 令和 5 年 7 月 4 日 https://www.mext.go.jp/content/20230710-mxt_shuukyo02-000030823_004.pdf
 36. 文部科学省. 大学・高専における生成 AI の教学面の取扱いについて. 令和 5 年 7 月 13 日 https://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/2023/mext_01260.html
 37. 文部科学省. 生成 AI の利用について https://www.mext.go.jp/a_menu/other/mext_02412.html
 38. Wang M, Sun Z, Jia M, Wang Y, Wang H, Zhu X, Chen L, Ji H. Intelligent virtual case learning system based on real medical records and natural language processing. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2022 Mar 4;22(1):60. doi:10.1186/s12911-022-01797-7. PMID: 35246134; PMCID: PMC8895690.
 39. 井川 房夫, 藤田 広志 編. これだけでわかる! 医療 AI. 中外医学社. 東京. 2021.

用語・略語一覧

用語・略語		
AI	Artificial intelligence	人工知能
CNN	Convolutional Neural Network	畳み込みニューラルネットワーク
DL	Deep Learning	深層学習
DX	Digital Transformation	デジタル変革
ELSI	Ethical, Legal and Social Issues	倫理的・法的・社会的課題
ML	Machine Learning	機械学習
弱い AI	weak AI	人間の知的な活動の一部と同じようなことをする AI
強い AI	strong AI	人間と同様に意識さえ持ち、本当に知能のある AI

2024 年 4 月 11 日

感染症検査 AI 委員会

柳原 克紀*, 上原 由紀, 上菘 義典, 太田 賢治, 笠原 敬, 金森 肇, 金子 幸弘,
金城 武士, 高橋 聡, 前田 卓哉, 三鴨 廣繁, 八木 哲也, 四柳 宏**

*委員長 **オブザーバー