

目 次

I. 総合研究報告	
医療現場のAI実装に向けた諸外国における保健医療分野のAI開発及びその 利活用状況等についての調査研究 -----	1
東條 有伸	
II. 分担研究報告	
1. 医療現場のAI実装に向けた諸外国における保健医療分野のAI開発及びその 利活用状況等についての調査研究（1）網羅的文献情報の解析 -----	9
山口 類	
2. 医療現場のAI実装に向けた諸外国における保健医療分野のAI開発及びその 利活用状況等についての調査研究（2）米国における人工知能の利用に関 する調査 -----	14
湯地 晃一郎	
3. 医療現場のAI実装に向けた諸外国における保健医療分野のAI開発及びその 利活用状況等についての調査研究（3）中国の現況とAI活用の実態-----	17
安井 寛	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----	23

目 次

I. 総合研究報告	
医療現場のAI実装に向けた諸外国における保健医療分野のAI開発及びその 利活用状況等についての調査研究 -----	1
東條 有伸	
II. 分担研究報告	
1. 医療現場のAI実装に向けた諸外国における保健医療分野のAI開発及びその 利活用状況等についての調査研究（1）網羅的文献情報の解析 -----	9
山口 類	
2. 医療現場のAI実装に向けた諸外国における保健医療分野のAI開発及びその 利活用状況等についての調査研究（2）米国における人工知能の利用に関 する調査 -----	14
湯地 晃一郎	
3. 医療現場のAI実装に向けた諸外国における保健医療分野のAI開発及びその 利活用状況等についての調査研究（3）中国の現況とAI活用の実態-----	17
安井 寛	
III. 研究成果の刊行に関する一覧表 -----	23

厚生労働科学研究費補助金

政策科学総合研究事業（臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業）  
総括研究報告書

医療現場の AI 実装に向けた諸外国における保健医療分野の AI 開発及びその  
利活用状況等についての調査研究

研究代表者 東條 有伸 東京大学医科学研究所 教授

研究要旨

医療現場における課題解決のために人工知能 (AI) を活用し、病院としての機能向上をはかり、ひいては医療費削減、精密医療の実現及び医療従事者の負担軽減へとつなげたい。本研究班では、諸外国の保健医療分野における AI 活用の実態と研究開発の基盤を網羅的文献情報の解析と事例研究により明らかにする。とくに米国・中国において、先進的な法制度の構築と積極的な投資により保健医療分野への AI 実装化が急速に進む中、昨年度第 4 四半期に中国武漢より発生した新型コロナウイルスパンデミックへの対応は従来のボトルネックを破壊的に解消し AI 普及を確かなものとしつつある。引き続き海外の事例を丹念に研究し、医療現場のアンメットニーズを満たす有用な AI 医療機器を我が国での円滑な実装につなげたい。

・ 研究分担者

山口 類  
愛知県がんセンター 分野長

湯地 晃一郎  
東京大学医科学研究所 特任准教授

安井 寛  
東京大学医科学研究所 特任准教授

A. 研究目的

ディープラーニング (深層学習) の導入により人工知能 (Artificial Intelligence (AI)) は従来人がしてきた判断を支援するツールとしての有用性が多くの分野で実証され、AI 技術は実用化段階にはいつてきた。研究者らは、我が国においても AI を有効に活用し、病院と

しての機能の機能向上をはかり、ひいては医療費削減、精密医療の実現及び医療従事者の負担軽減へとつなげることが必要と考え、2015 年、北米以外で初めて人工知能を取り入れた臨床研究を IBM 社と共同で開始、造血器腫瘍のゲノム診断支援に活用してきた。しかしながら本研究開始時において、我が国では未だ保健医療分野での使用が認められた AI はなく、AI に対する薬事承認や保険収載の方法論も定まっていない現状であった。

本研究では、我が国において保健医療分野における AI 研究開発・活用をよりスムーズに進めるために、我が国の現場で顕在化していない AI 研究開発へのニーズや課題の明確化、および我が国全体で取り組むべき項目などを把握するために、保健医療分野の AI 開発研究の状況等を明らかにする必要がある。本研究班では、AI の臨床的位置づけと活用の実態、先行する諸外国における AI を活用した診断・治療支援機器開発と社会実装のしくみを調査

し、国内における AI 医療導入における課題解決を検討する。

平成 30 年度、11 月に本研究を開始した。とくに確認できた点として、諸外国にて①様々な医療のまた対象とする問題および利用可能なデータに応じて Deep Neural Network (DNN) のモデル構造や学習方法が選択され開発されていること、②その研究開発の担いは主にベンチャー企業であり、とくに AI 研究開発が進んでいる米国では Bay area, Boston 等のバイオクラスターにてベンチャー企業を涵養しリスクマネーで医療イノベーションを加速するエコシステムが機能していること、③また規制というほどではないが、入力から結果が得られた根拠を説明可能な AI (Explainable AI) や結果の信頼性の担保が諸外国においても課題であることであった。

令和元年度は、当該研究計画の一環として、引き続き医療イノベーションを加速するエコシステムの調査に重点を置き、医療現場に有用な AI 医療の実現にむけた調査を進め、AI 医療実装加速化のための対応策を提案することを目的とする。一方、当研究途中の 2019 年 12 月、中国武漢での新型コロナウイルスの発生は瞬く間に世界規模に広がり、感染防止対策のために医療現場のみならず社会全体のシステムの改革、働き方の工夫、外出制限等に及んだ。本研究も海外への渡航が中止となり、期間の延期を申請するに至った。その間の中国・米国での解決策として AI の導入は各分野で一気に加速した。感染予防対策が生み出した両国の最新の状況が AI 医療導入に大きく貢献することになった社会システムの変化を検証し今後の日本の医療の進化の方向性を見出す。

## B. 研究方法

本年度は、諸外国における保健医療分野における AI の開発およびその利活用状況について、主に文献情報に基づき調査を行った。まず近年出版されている文献情報を調査し、また海外の関連学会へ出席し情報収集を行った。最近の特筆すべきいくつかの事例については、下記の調査の結果と合わせて述べる。

上記の調査の一方、出版される文献情報は膨大であり個々の事例の収集だけでは、当該分野のトレンドや、各国における研究開発活動度の状況を定量的に評価するのは難しい。そのため、本年度は個々の事例の調査に加え、網羅的な文献調査を行った (山口)。

2019 年 11 月中国四川省成都市の中日先進医療サミット、同月中国広東省深圳市の AI 等の最新医療機器展に参加し、関係者から中国 AI 医療機器最新情報の収集を行った。またそ

の人脈を通じコロナ禍の中国の社会の変化事情を収集した (安井)。

新型コロナウイルスパンデミックが米国で本格的な流行を迎える直前の 2020 年 2 月末から 3 月初旬、Moscone Center South 及び Google Health (米国カリフォルニア州) を訪問し米国における AI の医療利活用・開発状況に関する情報収集をした。(湯地・山口)

(倫理面への配慮)

本研究事業は、諸外国における保険医療分野の AI 開発及びその利活用状況等について文献調査、諸外国の有識者との協議、聞き取り調査をもとに調査研究するものであり、倫理面の問題はない。しかしながら、聞き取り調査の内容に個人情報が含まれることがあれば、研究以外には使わず、保管期間を明示し、終了後はシュレッダー処理をする。

## C. 研究結果

### 1. 網羅的文献情報の解析

#### 1) 網羅的文献情報リストの抽出

Web of Science データベースに対し “Intelligence” and “Medicine” ]、[ “Machine Learning” and “Medicine” ]、または、[ “Deep Learning” and “Medicine” ] という組み合わせの検索ワードで文献の検索を行った。

調査対象とした文献の出版期間は、2015 年から 2020 年に出版された文献 (Journal paper, Review paper, Conference proceedings) の情報を含むテキストファイルを取得した。

結果、87 か国で行われた 4,066 報の文献の情報が得られた。ここで、どの国で行われた研究開発であるかは、論文別刷り (reprint) 請求先となっている責任著者の所属機関の所在地の国名から判断した。

図 1 に、世界における、医療と AI、ML、もしくは DL に関わる文献の出版数について、年次別に国を区別せずに集計した結果を示す。2015 年から 2020 年にかけて、毎年、前年比で 1.3 倍から 1.8 倍の増加を示している。結果、2015 年に比べて 2020 年には 9.3 倍の出版数となっており。当該分野の研究開発の盛り上がりが見て取れる。

#### 2) AI・医療関連論文の国別年次出版数

図 2 に、対象期間中の国別の出版数を、出版数の多かった 15 か国について示す。一見してわかるように、米国 (1194 報 ; 30%)、中国 (456 報 ; 11.5%) の二か国が突出して

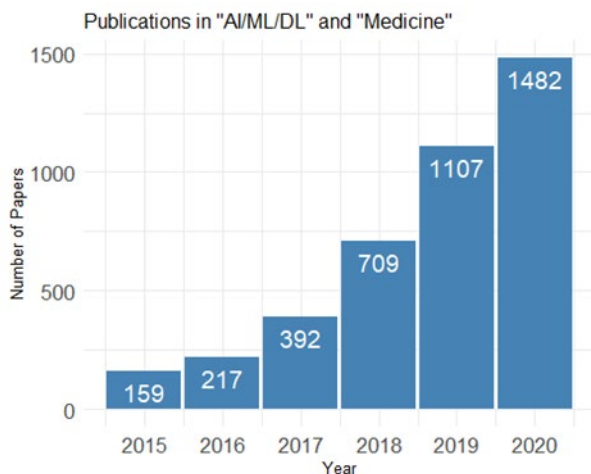


図 1 AI・ML・DL および医療関連論文の年次出版数

、出版数が多いことがわかる。あとは10%以下の国が続き、日本(95報; 2.3%)は、十位となっており、上位二か国との差は大きい。昨年度行った、[“Artificial Intelligence” and “Medicine”]に絞った文献検索では、日本は三位であったが、上位二か国が突出している傾向に変わりはない。

図3は、2020年の出版数および前年比は、米国が、432報、1.44倍、中国が、190報、1.61倍となっている。一方、日本も、2020年の出版数37報、前年比1.32倍となっている。上位10か国の同伸び率の平均値は1.36倍、中央値は1.27倍であった。最も2020年における伸び率が大きい国は、イタリアであり2.35倍(2020年出版数:80報)であり、本分野での研究開発が活発化していることが分かる。

### 3) 研究トレンドの調査

保健医療におけるAIの活用が、どのような内容の研究においてなされているかを概観することができる。

まず上位のカテゴリには、“Computer Science”という単語を含む、カテゴリが並び、多くの研究が情報科学系の研究の文脈で行われている様子が見える。より詳細を見ると、コンピュータ科学の中でも、“Computer Science, Artificial Intelligence”が上位に来ている。また2020年の段階では、“Medical Informatics”が最上位となっている。より具体的な医療に関わるカテゴリとして、“Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging”の総数が一貫して伸びが大きい。これは、CTやMRI画像に対するDeep Neural

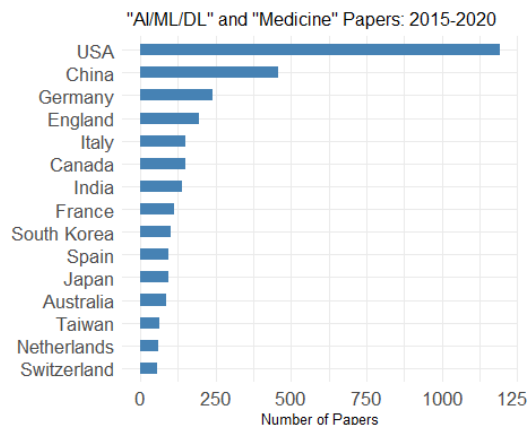


図 2 国別出版数(2015~2020年)。上位15か国

Network モデルを適用した研究が盛んになっているためと思われる。また、直近の伸びが最も大きいカテゴリは、Oncology(腫瘍学)であり、2020年の前年比は2.53倍であり(平均:1.26倍、中央値:1.18倍)。がんの分野での、AI、MLおよびDLを用いた研究が活発化していることが見て取れる。一方、“Computer Science, Theory & Methods”のカテゴリが、2020年には減少傾向にあり、これはAIの理論的研究が落ち着きつつあり、それに代わって、より具体的な医療への応用が盛んになっている様子が見て取れ興味深い。

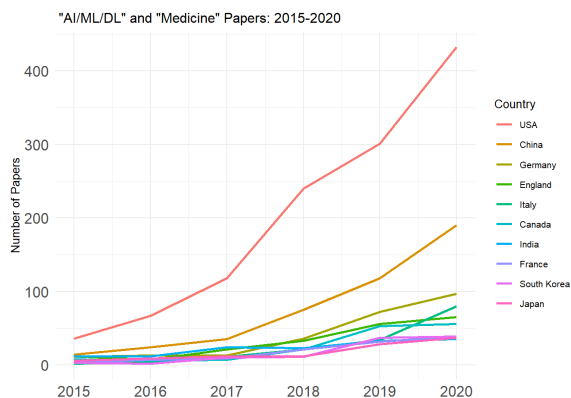


図 3 国別年次出版数(2015~2020年)。上位10か国。

### 4) COVID-19 関連の研究開発

2020年度、世界中がCOVID-19パンデミックに襲われるという未曾有の状況であった。その中で、画像診断をはじめ、様々な研究開

発が進められた。今回抽出した文献の中にも、40 報を超える COVID-19 をキーワードに含む論文が含まれている (Alsharif et al., 2020; PMID: 33275275 等)。日々状況が変化する中で研究の速報性がかつて無いほど求められるようになり、結果、査読前のものも含めて大量の文献が産生されている。論文の大波に研究者が飲まれる様子が Science 誌の記事でも取り上げられている<sup>2</sup>。これらの COVID-19 関連の論文は、その緊急性を鑑みて本文も含めてデジタル化されたものが、データベース (CORD-19)<sup>3</sup> として公開されている。2020 年 12 月 24 日の段階で、395,751 報の論文 (プレプリントを含む) が収録されており、2020 年だけでも 300,227 報の論文が収録されている。その中で、AI、ML、DL をタイトルもしくは要旨に含む論文数は、5,018 報 (1.6%) であった。COVID-19 を契機に、AI 技術に代表される情報科学技術を駆使した、医療機器やソフトウェアの開発が加速するものと思われる。

また、これらの大量の文献から、有用な情報を抽出するために、自然言語処理技術を含む AI 技術を活用する試みも進められている<sup>4</sup>。大量の文献を AI に読ませ、知識化する試みは、がんの分野では IBM Watson for Genomics 等で実用化されていたが、大量の文献情報が本文データも含めて公開されることにより、新たな技術開発および製品開発につながることを期待される。

## 2、AI 利活用の米国の状況調査

新型コロナウイルスが本格的な流行を迎える直前の 2020 年 3 月初旬の Google Health における実地調査とその後の動向は以下のとおりである。

### 1) 眼疾患の診断

眼疾患の診断に AI が利活用されている。Google では Automated Retinal Disease Assessment (ARDA: 自動網膜疾患診断)、すなわち、人工知能アルゴリズムを用いた網膜疾患の診断補助に関する研究が実施されている。初期糖尿病性網膜症、さらには他網膜疾患の診断に関する臨床試験がインド他で実施されている。また眼底所見に関しては、網膜画像と人種、年齢、性、血圧のデータを用いた深層学習で、網膜画像から貧血を推定可能であるとする研究成果が発表されている。採血という侵襲的手技を用いず非侵襲的に貧血の診断が可能となる可能性がある。

### 2) 深層学習を用いた EHR 解析

深層学習モデルを EHR (電子医療情報) に用いることで、患者転帰を正確に予測する研究が実施されている。医療機関間のデータ差異を共通形式 (FHIR) に格納することで解析が可能となり、患者入院 24 時間後の転帰や腎不全発症の予測が可能とするものである。Google は電子カルテ企業 Ascension と提携し米国 21 州以上の数千万人以上の患者情報の解析が可能となった。さらには世界最大規模のフィットネストラッカー会社の Fitbit を 21 億ドルで買収し、矢継ぎ早に EHR への注力を進めている。

### 3) 深層学習を用いたがん診断支援

人工知能モデルを用いたマンモグラフィの診断支援研究では、専門読影医よりも精度が高い診断が可能であることが示された。Google による病理学分野の診断支援研究では、深層学習を用いた人工知能のリンパ節診断アシスタント (LYmph Node Assistant, or LYNA) によって、転移性乳がんと正常組織の専門病理医による診断がより正確に可能であり、病理医の労力を大幅に低減する可能性があることが示唆された。

### 4) ゲノム研究への人工知能利用

膨大なデータを扱うゲノム研究・ゲノム医療においては人工知能利活用が急務である。Google Brain と Verily Life Sciences が開発したオープンソース開発の DeepVariant では、変異の解析を画像分類問題に変換されており、精度の高い解析が可能である。公開され利用可能である。

### 5) DeepMind 社開発の AlphaFold2 によるアミノ酸配列からのタンパク質構造予測

Google の子会社、DeepMind 社により、アミノ酸配列からのタンパク質 3D 構造予測という、長年の生物学上課題に解決策が提示された。タンパク質 3D 構造予測のコンペティション "Critical Assessment of protein structure Prediction (CASP14)" のグローバル距離テスト (GDT) において、DeepMind 社開発の AlphaFold2 が、原子レベルの平均誤差しかない高得点、92.4 で 1 位を獲得した。これは X 線結晶学や低温電子顕微鏡法などの実験手法と同等である。

### 6) 新型コロナウイルスパンデミックに対する人工知能利活用

2020 年 4 月 10 日には衝撃的な発表が行われた。Google と Apple がスマートフォン搭載の Bluetooth を用いて、Android と iOS の両方で稼働する感染追跡アプリを共同開発するというものである。激しい競争を繰

り広げる2社が、コロナウイルス禍のもと共同開発を行うことは世界を驚かせた。しかしながらパンデミック収束後、この共同開発は停止することが明言されている。

### 3、AI 利活用の中国の状況調査

#### 1) 感染防止対策が変えた中国社会

AI の医療現場実装の言及をする前に社会全体の取り組みとして改革を進める中国の状況を報告する。With コロナ時代を迎えて、国家・社会・企業・教育現場におけるAI の技術開発及び実装のトップランナーは、武漢で発生した新型コロナウイルスに対峙した中国であろう。経済活動のあらゆる局面でリモート化や非接触のコミュニケーションが推奨される中、感染予防を目的に社会の仕組み自体を新型コロナウイルスが変えている現状を下記ピックアップし調査した。

- ①オンライン授業
- ②オンライン勤務
- ③オンライン裁判
- ④ロボットとドローンによる監査・パトロール・配達
- ⑤デジタル通貨
- ⑥健康コード（感染追跡アプリ）
- ⑦AI 診断技術
- ⑧オンライン診療

#### オンライン診療

中国では2015年からオンライン診療への投資が始まり、アリババ社、テンセント社など複数のプラットフォームが参加している。コロナウイルス感染対策においては、院内感染リスク回避のため、これまでのような対面診察に重きをおいた従来のマインドセットを変革せざるをえず、オンライン診療の導入が進んでいる。2020年2月末には、復旦大学附属中山クラウド病院が公立病院として初めてオンライン専門病院として認可された。患者はスマートフォンのアプリ内にてビデオチャット機能を用いて診察を受けられる。開始からわずか1か月で診察件数6,000件、1,200件の処方箋が発行された。このほか医者が声でカルテ入力する音声認識技術も医療現場に導入するところがある。

しかしながら当初は医療機関を受診しなくても適切な医療を受けられると期待されたサービスであるが、実際にはそれに携わる医師の倫理面や診療スキルにおいて高い水準が担保できるかという課題、運営側の個人情報管理における課題が浮き彫りになる結果となった。今後の、普及に向けて官民一体となった取り組みが重要である。

また診療オンライン化で地方病院と専門病院の連携診療等、遠隔医療の連携には異業種の分野を横断的につなげるスマートシティ構築が今後の社会づくりの基盤となると考える。身近なところでは渋谷の再開発も異業種のつながりを多用し都市の一駅周辺を効率よく協働する街づくりへと再生したものとなった。今後は通信基盤WAISUNを利用した日本独自の技術、システムの開発に期待したい。

### D. 考察

AI を活用した医療分野における研究と開発のトレンドと現状を網羅的文献情報の解析から概観すると、初期の“algorithm”の研究から、より応用寄りの研究が進みつつあり、画像診断・医療情報・病理・ゲノムという4本の柱に加え、神経科学分野での活用が期待される。

AI 研究開発の各国別の活動度の推移をみると、米国・中国の活動度が突出して高く、年々右肩上がりに増加していることが分かる。日本も全体3位につけてはいるが上位2か国との差は大きく、その他の国との差も十分大きいわけではない。上位2か国のICT/AI 研究開発と、それを支える法規制や財政的な基盤とエコシステム、医療・保健政策、産業育成政策、産官民の連携構造を参考にし、日本におけるAI の医療現場への導入を進めていく必要がある。

With コロナの時代においてAI が世界規模で急速に多分野に浸透していく中、日本の現状は中国、米国に比して特に遅れているといわざるをえない。その理由としては失敗許容度の低さと再チャレンジより責任追及型の社会性による。アントレプレナーシップが弱い、安定志向が強い（失敗すると再チャレンジが困難）イノベーションへの投資が不十分、リスク許容度が低い等が指摘される場所である。

とくに中国では、2020年2月に1,000万都市である武漢の全面封鎖に続き地方市町村封鎖は全国に広まる中、新型コロナウイルスの脅威を封じ込めるため、国を挙げて個人情報完全規範等の新しい法規制と社会システムの導入に躊躇なく舵をきった。そこにはAI 技術が不可欠なものとなっている。世界各国でWith コロナの社会生活の模索の中、とくに中国のAI を駆使した技術の開発と社会実装のスピードは群を抜いている。そこには中国の国民性として、失敗や修正、方向転換への容認度が社会全体として高く、

責任の追及などの後ろ向きの取り組みより前進の取り組みが常に優先されることが開発推進の後押しとなりスピードと原動力となっていると言えよう。

一方、人工知能の利活用は、画像診断・医療情報・病理・ゲノムという4本の柱のもと推進され実用化に進んでいるが、イノベーションが進む一方で、ELSI（倫理的法的社会的問題）、利用するプラットフォーム間の汎用化などは依然として課題が残っている。国民IDと紐づけされた情報のモニタリングとAI処理については個人情報への過度な収集を危惧する声もあり、収集した情報の活用方法の透明性も課題とされる。しかしながら、このたびのパンデミックの渦中では、パンデミック克服の名の下、世界的にAI利活用のオープン化・迅速化、規制撤廃、ELSIの不問化、企業の公的機関との連携、さらには競合企業との連携という動きがみられ、これまでのボトルネックが破壊的に解消されつつあるのも現状である。

依然課題は存在するものの、中国や米国で展開されるアジャイル型の社会実装は、医療現場においても効率よくAIの社会実装が急速に加速していることは、我が国にとっても参考すべきところである。今後のシステムの更なる改良や社会の受け止め方の変化も含めて、パンデミック中、パンデミック後のAI利活用の将来を中国・米国の動向と併せて検討する必要があると考える。

## E. 結論

2020年から3回発出・延長された緊急事態宣言により人流抑制、非接触が感染症の抑制に有効であることは広く社会が知るところとなった。インフルエンザや風邪も例年に比べると患者数が各段に減った。Virusというものの感染経路・感染過程の知識が国民全体に一気に上がったことにより、非接触、無人の仕組みにも歓迎させるようになりAI、ロボット、リモートワークはすんなり社会に浸透していった。

特に病院、医療現場での新たなシステムの開発と実装は必要不可欠となった。しかしそれは単独の分野ではなく今後は通信基盤からの計画、整備、管理・運営等を基盤に構築し農業、サービス業、観光業、水・エネルギーの各業種を町全体・地域全体でとらえて繋げ、開発することが人々の新たな生活の場となっていくことと思う。身近なところでは渋谷の再開発も都市の一駅周辺を効率よく協働する街づくりへと再生したのとなった。

地方自治体の開発は入れ物づくりや交通路の開発だけではなく人の暮らしを通信基盤で支えるスマートシティの構築を念頭に高齢化の医療現場に対応できる社会を目指していくことだと考える。

## F. 健康危険情報

本研究は介入および侵襲のない研究であり、健康に危険を及ぼさない。

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

Takei T, Yokoyama K, Yusa N, Tojo A, et al Artificial intelligence-guided precision medicine approach to hematological disease Blood132 巻S1号 2018年

東條有伸 人工知能を用いた白血病診療 Pharma Medica 37(10) 55-58 2019年10月

東條有伸 プレシジョン・メディスンに及ぼす人工知能のインパクト 臨床病理 66巻8号66巻876-881頁 2018年

東條有伸 AIがもたらすがんのプレシジョンメディスン ファルマシア 54巻9号 879-881頁 2018年

東條有伸 AIと臨床診断 病理と臨床 36巻11号 1115-1118頁 2018年 東條有伸 人工知能の支援によるがんのクリニカルシーケンス Medical Science Digest44巻12号35-38頁 2018年

湯地晃一郎 人工知能医療利活用の現状と課題 茨城県医師会報 774 35-53頁 2018年

東條有伸 人工知能を用いた白血病診療の可能性 医学の歩み白血病 UPDATE 268巻1号103-106頁 2019年



湯地晃一郎 人工知能が切り拓く未来医療の  
展望 リウマチ科 61(2) 187-190 頁 2019 年

湯地晃一郎 【診療に活かす薬理・ブラッシ  
ュアップ】 総論 内科診療のための臨床薬  
理学 最近の薬物開発の動向. 診断と治療  
107(2) 136-140 2019 年

湯地晃一郎 Liquid biopsy の現状と発展性  
臨床病理 67(6) 601-609 頁 2019 年

湯地晃一郎 人工知能技術を駆使した次世代  
診断支援システムの現状と展望 医療検査と  
自動化 日本医療検査科学会誌 45(Suppl.2)  
154-157 頁 2020 年 湯地晃一郎

湯地晃一郎 臨床検査ビッグデータの活用  
Medical Technology 48(12) 1286-1289  
2020 年

東條有伸 AI を用いた造血器腫瘍の診療 日  
本臨床 78 巻増刊号 3 758-762 頁 2020 年

小林真之、東條有伸 がん生物学イラストレ  
イテッド 第2版 第8章 がん診断の将来  
9. 人工知能 (AI) の支援によるがん診断の  
将来 2019 年 8 月 20 日

Momo K, Yasu T, Yasui H, Kuroda S Risk  
factors affecting the failed low-density  
lipoprotein level achievement rate in  
working-age male population at high  
cardiovascular risk. J Clin Pharm Ther.  
44(5), 715-719, 2019

Yasu T, Momo K, Yasui H, Kuroda S Simple  
determination of plasma ibrutinib  
concentration using high-performance  
liquid chromatography. Biomed  
Chromatogr. J Clin Pharm Ther. 44(5)  
715-719, 2020

Kikuchi J, Hori M, Iha H, Toyama-  
Sorimachi N, Hagiwara S, Kuroda Y,  
Koyama D, Izumi T, Yasui H, Suzuki A,  
Furukawa Y Soluble SLAMF7 promotes the

growth of myeloma cells via homophilic  
interaction with surface SLAMF7.  
Leukemia 34(1),180-195, 2020

Moriyama T, Imoto S, Miyano S, Yamaguchi  
R Theoretical Foundation of the  
Performance of Phylogeny-Based Somatic  
Variant Detection Lecture Notes in  
Computer Science 12508, 87-101, 2020

Yasu T, Sugi T, Momo K, Hagihara M,  
Yasui H Determination of the  
concentration of gilteritinib in human  
plasma by high-performance liquid  
chromatography. Biomed Chromatogr.  
35(4), e5028, 2021

湯地晃一郎. 人工知能技術を駆使した次世代  
診断支援システムの現状と展望. 医療検査と  
自動化 日本医療検査科学会誌  
45(Suppl.2):154-157, 2020.

湯地晃一郎. 臨床検査ビッグデータの活  
用. Medical Technology 48(12):1286-1289,  
2020.

## 2. 学会発表

Tojo A. AI-guided precision medicine  
approach to blood cancers. Korean  
Society for Laboratory Medicine 2019  
Spring Symposium, 2019/4/11, Daegu,  
Korea

Tojo A. AI-guided precision medicine  
approach to blood cancers. 5th Southern  
Vietnam Open Blood Transfusion and  
Hematology Conference, 2019/11/1, Ho Chi  
Minh, Vietnam

東條有伸. 「人知と AI の融合によるがんの  
プレジジョンメディスン」、第 47 回和歌山県  
悪性腫瘍研究会. 2019/12/14、和歌山、日本

Moriyama T, Imoto S, Miyano S, Yamaguchi  
R.  
Theoretical Foundation of the  
Performance of Phylogeny-Based Somatic  
Variant Detection.

ISMC0 2020 2020年10月8日 オンライン開催 (ポスター)

Yamaguchi R.  
Data Science and Artificial Intelligence  
Toward Genomic Precision Medicine.  
The Power of Data Science to Accelerate  
Health Medical Research  
2021年3月26日 オンライン開催 (口頭)

安井 寛, 小林真之, 近藤幹也, 石田禎夫,  
田村秀人, 半田 寛, 佐々木 純, 田中紀奈,  
田中淳司, 木崎昌弘, 川俣豊隆, 牧山純也,  
横山和明, 井元清哉, 東條有伸, 今井陽一  
セル・フリーDNAによる多発性骨髄腫の早期  
再発診断 一般口演、広島 (Web)、第79回日  
本癌学会学術集会 2020年10月1日

#### G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得  
該当なし
2. 実用新案登録  
該当なし
3. その他  
該当なし

## 厚生労働科学研究費補助金

### 政策科学総合研究事業（臨床研究等 I C T 基盤構築・人工知能実装研究事業） 分担研究報告書

#### 医療現場の A I 実装に向けた諸外国における保健医療分野の A I 開発及びその 利活用状況等についての調査研究

研究分担者 山口 類 愛知県がんセンター研究所 分野長

#### 研究要旨

本研究の目的は、諸外国における AI 技術の保健医療分野における開発および利活用状況を調査し、日進月歩の現況の理解を進めると共に未来のトレンドの予測を目指し、我が国が抱える保健医療における課題の克服に向けた、AI 技術の開発および社会実装方策の立案に資する情報をまとめ提言することである。本年度は、機械学習、深層学習技術を含む当該分野の研究開発活動度の推移について、網羅的文献情報の探索に基づく情報の抽出と推計により、トレンドの概観を得ることを試みた。その結果、各国の研究開発状況の推移の傾向や差異を知ることができた。また文献に付与された研究内容を反映したカテゴリ情報を基に、どのような内容の研究が、当該分野で進みつつあるか概観をえることができた。また COVID-19 を契機とする研究開発の状況についても考察を行った。これらの情報は、次の保健行政の政策立案へに対して役立つことが期待される。

#### A. 研究目的

本研究の目的は、諸外国における人工知能技術の保健医療分野における開発および利活用状況を調査し、日進月歩の現況の理解を進めると共に未来のトレンドの予測を目指し、我が国が抱える保健医療における課題の克服に向けた、AI 技術の開発および社会実装方策の立案に資する情報をまとめ提言することである。

本年度は昨年度に引き続き、未来へ向けた技術開発および保健医療分野での AI の活用のトレンドを予測するために、直近の、諸外国における当該分野の研究開発活動度の推移について、網羅的文献情報の探索に基づく、有

用情報の抽出と推計により、上記のトレンドの概観を得ることを試みた。

#### B. 研究方法

本年度は、諸外国における保健医療分野における AI の開発およびその利活用状況について、主に文献情報に基づき網羅的な文献調査を行った。

調査対象とした文献の出版期間は、2015 年から 2020 年とした。昨年度の調査では 2015 年から 2019 年の間に出版されたものを対象としていた。

具体的には、近年の当該分野での各国における、研究開発状況の概観を得るために、文献データベース（Web of Science (Clarivate Analytics 社)）に対して、[“Artificial

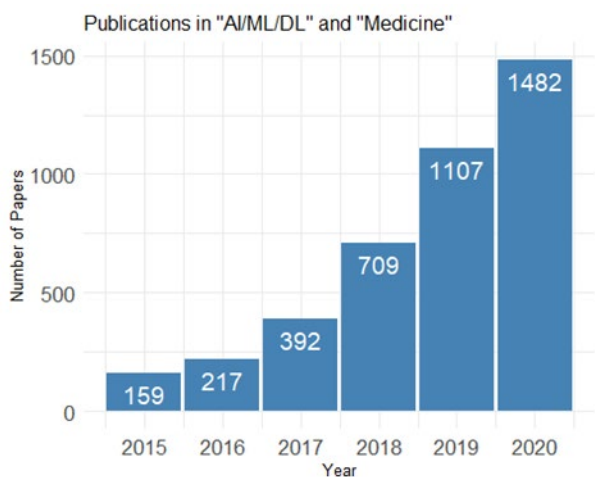


図 1 AI・ML・DL および医療関連論文の年次出版数

Intelligence” and “Medicine”]、[“Machine Learning” and “Medicine”]、または、[“Deep Learning” and “Medicine”] という組み合わせの検索ワードで文献の検索を行った。そして得られた文献の情報を解析し、いつ、どの国で行われた研究開発であるか、また、どのようなトピックにカテゴリ分けされる文献であるかの情報を抽出し、集計結果を可視化した。

注意点としては、昨年度の調査では、[“Artificial Intelligence” and “Medicine”]というキーワードの組み合わせに限定していたが、本調査では、人工知能 (AI: Artificial Intelligence)に加え、機械学習 (ML: Machine Learning)および深層学習 (DL: Deep learning)も含む、より広い観点での研究の動向を探った。また本検索は Web of Science データベース中の“Web of Science Core Collection”に含まれる文献に絞った検索であり、査読を受け出版済みの論文に集めた精度の高い結果である。一方、Web of Science データベースにおいては、上記の Core Collection 以外の Collection も含めた横断検索も可能であり、どのオプションを選ぶかによって得られる論文数も内容も変動することにも注意を要する。

以下に結果を示す。

(倫理面への配慮)

本研究の情報源は公開情報、文献情報であるため倫理面での特段の問題は無い。

## C. 研究結果

まず、網羅的文献情報リストの抽出を行った。Web of Science データベースに対して、前述の三組の検索ワードの組み合わせを与え、2015年から2020年に出版された文献 (Journal paper, Review paper, Conference proceedings)の情報を含むテキストファイルを取得した。

結果、87か国で行われた4,066報の文献の情報が得られた。ここで、どの国で行われた研究開発であるかは、論文別刷り (reprint) 請求先となっている責任著者の所属機関の所在地の国名から判断した。もし一報の論文に対して、責任著者が複数存在

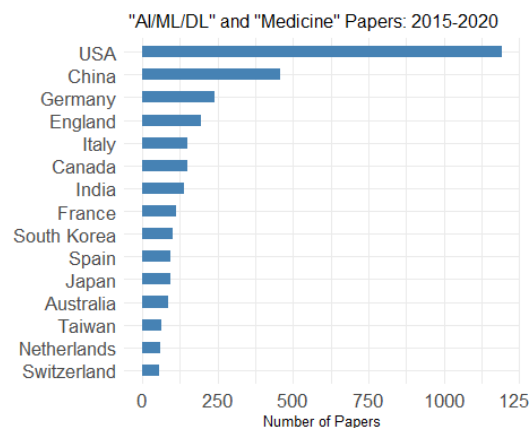


図 2 国別出版数 (2015~2020 年)。上位 15 国

し、またそれらの所属機関の国名が違う場合は、1を責任著者数で割った比率を国別に案分した。

図 1 に、世界における、医療と AI、ML、もしくは DL に関わる文献の出版数について、年次別に国を区別せずに集計した結果を示す。2015年から2020年にかけて、毎年、前年比で1.3倍から1.8倍の増加を示している。結果、2015年に比べて2020年には9.3倍の出版数となっており。当該分野の研究開発の盛り上がりが見て取れる。

図 2 に、対象期間中の国別の出版数を、出版数の多かった15か国について示す。一見してわかるように、米国(1194報;30%)、中国(456報;11.5%)の二か国が突出して、出版数が多いことがわかる。あとは10%以下の国が続き、日本(95報;2.3%)は、十位となっており、上位二か国との差は大きい。昨年度行った、[“Artificial Intelligence” and “Medicine”]に絞った文献検索では、日本は三位であったが、上位二

か国が突出している傾向に変わりはない。

図3は、国別（上位10か国）の出版数時系列である。上位二か国は、出版数その物

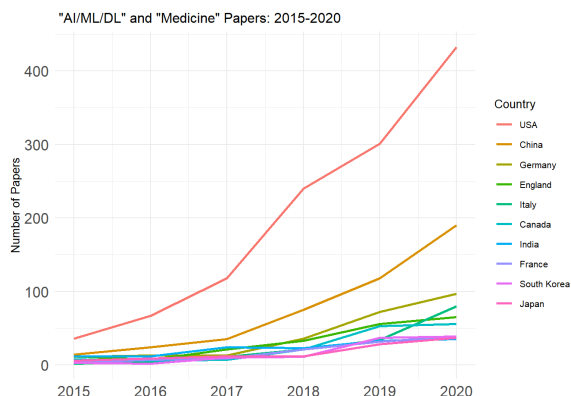


図3 国別年次出版数（2015~2020年）。上位10か国。

も多いが、近年の伸び率も大きい。2020年の出版数および前年比は、米国が、432報、1.44倍、中国が、190報、1.61倍となっている。一方、日本も、2020年の出版数37報、前年比1.32倍となっている。上位10か国の同伸び率の平均値は1.36倍、中央値は1.27倍であった。最も2020年における伸び率が大きい国は、イタリアであり2.35倍（2020年出版数：80報）であり、本分野での研究開発が活発化していることが分かる。

図4は、文献の研究内容を表現するカテゴリの集計情報の時系列を示す。各論文には、データベースにより、研究カテゴリのタグが付与されている<sup>1</sup>。また、一つの文献に対して、複数のカテゴリが付与されていることがある。ここでは、タグ付け数の多かったカテゴリの上位12個の時系列を示している。これにより、保健医療におけるAIの活用が、どのような内容の研究においてなされているかを概観することができる。

まず上位のカテゴリには、“Computer Science”という単語を含む、カテゴリが並び、多くの研究が情報科学系の研究の文脈で行われている様子がわかる。より詳細を見ると、コンピュータ科学の中でも、“Computer Science, Artificial Intelligence”が上位に来ている。また2020年の段階では、“Medical Informatics”が最上位となっている。より具体的な医療に関わるカテゴリとして、“Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging”の総数が一貫して伸びが大きい。これは、CTやMRI画像に対するDeep

Neural Networkモデルを適用した研究が盛んになっているためと思われる。また、直近の伸びが最も大きいカテゴリは、Oncology（腫瘍学）であり、2020年の前年比は2.53倍であり（平均：1.26倍、中央値：1.18倍）。がんの分野での、AI、MLおよびDLを用いた研究が活発化していることが見て取れる。一方、“Computer Science, Theory & Methods”のカテゴリが、2020年には減少傾向にあり、これはAIの理論的研究が落ち着きつつあり、それに代わって、より具体的な医療への応用が盛んになっている様子が見て取れ興味深い。

#### D. 考察

本研究では、直近6年間の、医療において人工知能(AI)、機械学習(ML)および深層

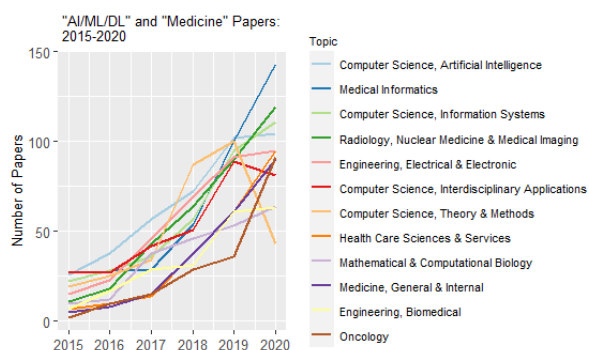


図4 AI・医療関連論文に付与された論文カテゴリワードの年次推移。上位12カテゴリ

学習(DL)を対象とした網羅の文献情報の解析により、人工知能を活用した医療分野における研究の開発のトレンドと現状の概観を試みた。

まず当該分野の論文の出版数の集計の推移について検討した。出版数は研究の活動度を反映する一つの指標であると考えられることから、各国の出版数とその推移の傾向を比較することで、当該分野における研究開発活動度の比較をすることができる。その結果、特に米国および中国の活動度が突出して高いことが分かり、またその順位関係は現状変化の兆しは見当たらない。これは、昨年度に行った、医療および人工知能にキーワードを絞った解析と同様の結果であった。一方、昨年度の解析では、日本も、全体の三位につけていたが、今回の解析では十位となっていた。これは、本調査では文献の検索キーワードを広げたことの影響や、検索データベースを“Web of Science Core Collection”に絞ったことが考

えられるが、全体の傾向としては、上位二か国が突出した状況にあることに変わりはない。しかしその中でも、イタリアのように大きく伸びを示している国もあり、他国の研究活動度の比較の結果を元に、各国の、医療・保健政策、産業育成政策、産官民の連携構造を参考にし、日本における保健行政を考える必要がある。

ここで、本研究の限界を指摘しておきたい。まず本研究では、出版済みの文献の情報のみを用いていることにある。しかし、近年の研究発表方法の動向として、論文が査読を経て出版される前に、草稿（プレプリント）を arXiv や、bioRxiv 等のプレプリントサーバ上で公開することが多い。機械学習の分野では、研究の進展が早く、特にその傾向が顕著であり、新しいアルゴリズムおよび解析手法の研究は出版前の論文を参考に進んでいくことも通常である。故に、より正確な研究開発の動向をつかむためには、上記のプレプリントサーバの情報も加味する必要がある。しかしプレプリントサーバも複数あり、また玉石混淆の出版前の草稿であり、取り扱いが難しく、本研究では除外した。

また COVID-19 関連の研究開発についても触れておきたい。本年度は、世界中が COVID-19 パンデミックに襲われるという未曾有の状況であった。その中で、画像診断をはじめ、様々な研究開発が進められた。今回抽出した文献の中にも、40 報を超える COVID-19 をキーワードに含む論文が含まれている (Alsharif et al., 2020; PMID: 33275275 等)。日々状況が変化する中で研究の速報性がかつて無いほど求められるようになり、結果、査読前のものも含めて大量の文献が産生されている。論文の大波に研究者が飲まれる様子が *Science* 誌の記事でも取り上げられている<sup>2</sup>。これらの COVID-19 関連の論文は、その緊急性を鑑みて本文も含めてデジタル化されたものが、データベース (CORD-19)<sup>3</sup> として公開されている。2020 年 12 月 24 日の段階で、395,751 報の論文 (プレプリントを含む) が収録されており、2020 年だけでも 300,227 報の論文が収録されている。その中で、AI、ML、DL をタイトルもしくは要旨に含む論文数は、5,018 報 (1.6%) であった。COVID-19 を契機に、AI 技術に代表される情報科学技術を駆使した、医療機器やソフトウェアの開発が加速するものと思われる。

また、これらの大量の文献から、有用な情報を抽出するために、自然言語処理技術を含む AI 技術を活用する試みも進められている<sup>4</sup>。大量の文献を AI に読ませ、知識化す

る試みは、がんの分野では IBM Watson for Genomics 等で実用化されていたが、大量の文献情報が本文データも含めて公開されることにより、新たな技術開発および製品開発につながることを期待される。

## E. 結論

本研究では、直近 6 年間の、医療および人工知能を対象とした網羅的文献情報の解析により、人工知能を活用した医療分野における研究開発のトレンドと現状を概観した。その結果、各国の研究のアクティビティ、特に米国および中国の活動度が突出して高いことが分かり、またその順位関係は現状変化の兆しは見当たらない。また当該分野においてどのような内容の研究活動がなされているかを、文献に付与されたカテゴリタグの集計により、その推移を概観した。更に COVID-19 を契機に急速に進展する AI 技術を含む研究の動向と、それに伴って産生される大量の文献から有用な情報抽出を行うための技術開発の動向について述べた。

今後、研究のトレンドの予測と諸外国の活動度の推移を元に、その背後にどのような、各国の保健行政、産業育成政策、産官民連携体制があるかを調べ、今後の政策立案等に役立てる必要がある。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

Moriyama T, Imoto S, Miyano S, Yamaguchi R. Theoretical Foundation of the Performance of Phylogeny-Based Somatic Variant Detection. *Lecture Notes in Computer Science*. 2020;12508:87-101.

### 2. 学会発表

Moriyama T, Imoto S, Miyano S, Yamaguchi R. Theoretical Foundation of the Performance of Phylogeny-Based Somatic Variant Detection. ISMCO 2020 2020 年 10 月 8 日 オンライン開催 (ポスター)

### Yamaguchi R.

Data Science and Artificial Intelligence Toward Genomic Precision Medicine. The Power of Data Science to Accelerate Health Medical Research 2021 年 3 月 26 日 オンライン開催 (口頭)

## G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得  
なし。

2. 実用新案登録  
なし。

3. その他  
なし。

#### 参考 URL

1. [https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/hp\\_subject\\_category\\_terms\\_tasca.html](https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/hp_subject_category_terms_tasca.html)
2. <https://www.sciencemag.org/news/2020/05/scientists-are-drowning-covid-19-papers-can-new-tools-keep-them-afloat>
3. <https://www.semanticscholar.org/cord19>
4. <https://www.kaggle.com/allen-institute-for-ai/CORD-19-research-challenge/tasks>

## 厚生労働科学研究費補助金

### 政策科学総合研究事業（臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業） 分担研究報告書

#### 医療現場の AI 実装に向けた諸外国における保健医療分野の AI 開発及びその 利活用状況等についての調査研究

#### （2）米国における人工知能の利用に関する調査

研究分担者 湯地 晃一郎 東京大学医科学研究所 特任准教授

#### 研究要旨

人工知能の医療現場への実装の動きは急である。本研究では米国における人工知能の利用に関する調査を実施し、急速に進む実用化が明らかとなった。COVID-19 パンデミックの影響を考慮した上で、人工知能利活用の将来を検討する必要がある。

#### A. 研究目的

人工知能の医療現場への実装の動きは急である。本調査研究では、医療現場に有用な人工知能の利活用、社会実装の加速化を目的とした。

#### B. 研究方法

医療分野における人工知能の利活用に関し、米国の状況について調査研究を実施した。

（倫理面への配慮）  
個人情報の取扱はなく、倫理面への問題はない。

#### C. 研究結果

2020年3月に、米国 Google 社のエンジニアに、人工知能の医療利活用に関するヒアリングを実施した。

##### 1) 眼疾患の診断

眼疾患の診断に人工知能が利活用されてい

る。Google では Automated Retinal Disease Assessment (ARDA: 自動網膜疾患診断)、すなわち、人工知能アルゴリズムを用いた網膜疾患の診断補助に関する研究が実施されている。初期糖尿病性網膜症、さらには他網膜疾患の診断に関する臨床試験がインド他で実施されている。また眼底所見に関しては、網膜画像と人種、年齢、性、血圧のデータを用いた深層学習で、網膜画像から貧血（ヘモグロビン値）を推定可能であるとする研究成果が発表されている。採血という侵襲的手技を用いず非侵襲的に貧血の診断が可能となる可能性がある。

Optical Coherence Tomography (OCT: 光干渉断層計) を用いた研究では、視力低下につながる 53 疾患の診断が、人工知能によって眼科専門医と同等の精度で診断可能であることが示唆された。診断に関する臨床試験が英国他で実施されている。

##### 2) 深層学習を用いた EHR (電子医療情報) 解析

深層学習モデルを EHR に用いることで、患者転帰を正確に予測する研究が実施されている。医療機関間のデータ差異を共通形式 (FHIR) に格納することで解析が可能となり、患者入院 24 時間後の転帰や腎不全発症



の予測が可能とするものである。

Google は電子カルテ企業 Ascension と提携し米国 21 州以上の数千万人以上の患者情報の解析が可能となった。さらには世界最大規模のフィットネストラッカー会社の Fitbit を 21 億ドルで買収し、矢継ぎ早に EHR への注力を進めている。

その直後、Ascension との提携がプライバシー侵害との批判が報道された。これに対し、データ利活用においては、HIPAA（医療保険の相互運用性と説明責任に関する法律）に準拠しているとの説明がなされている。

さらに 2020/11 には自然言語処理を用いて医療分析情報の要約を自動化する Healthcare Natural Language API と、カスタム情報の抽出を容易にする AutoML Entity Extraction for Healthcare を公開している。

### 3) 深層学習を用いたがん診断支援

人工知能モデルを用いたマンモグラフィの診断支援研究では、専門読影医よりも精度が高い診断が可能であることが示された。また病理学分野の診断支援研究では、深層学習を用いた人工知能のリンパ節診断アシスタント (LYmph Node Assistant, or LYNA) によって、転移性乳がん と正常組織の専門病理医による診断がより正確に可能であり、病理医の労力を大幅に低減する可能性があることが示唆された。

### 4) ゲノム研究への人工知能利用

膨大なデータを扱うゲノム研究・ゲノム医療においては人工知能利活用が急務である。オープンソース開発の DeepVariant 公開サービスにおいては、変異解析を画像分類問題に変換し実施しており、精度の高い解析が可能である。

### 5) DeepMind 社開発の AlphaFold2 によるアミノ酸配列からのタンパク質構造予測

Google の子会社、DeepMind 社により、アミノ酸配列からのタンパク質 3D 構造予測という、長年の生物学上課題に解決策が提示された。タンパク質 3D 構造予測のコンペティション "Critical Assessment of protein structure Prediction (CASP14)" のグローバル距離テスト (GDT) において、DeepMind 社開発の AlphaFold2 が、原子レベルの平均誤差しかない高得点、92.4 で 1 位を獲得した。これは X 線結晶学や低温電子顕微鏡法などの実験手法と同等である。

## D. 考察

人工知能の利活用は、画像診断・医療情報・病理・ゲノムという 4 本の柱のもと推進され実用化に進んでいる。イノベーションが進む一方で、ELSI (倫理的法的社会的問題)、利用するプラットフォーム間の汎用化などは依然として課題が残っている。

## E. 結論

人工知能の医療現場への実装の動きは急である。本研究では米国における人工知能の利用に関する調査を実施し、急速に進む実用化が明らかとなった。パンデミック中・パンデミック後の利活用の将来を検討する必要がある。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

湯地晃一郎 人工知能医療利活用の現状と課題 茨城県医師会報 774 35-53 頁 2018 年

湯地晃一郎 人工知能が切り拓く未来医療の展望 リウマチ科 61(2) 187-190 頁 2019 年

湯地晃一郎 【診療に活かす薬理・ブラッシュアップ】 総論 内科診療のための臨床薬理学 最近の薬物開発の動向. 診断と治療 107(2) 136-140 2019 年

湯地晃一郎 Liquid biopsy の現状と発展性 臨床病理 67(6) 601-609 頁 2019 年

湯地晃一郎. 人工知能技術を駆使した次世代診断支援システムの現状と展望. 医療検査と自動化 日本医療検査科学会誌 45(Suppl.2):154-157, 2020.

湯地晃一郎. 臨床検査ビッグデータの活用. Medical Technology 48(12):1286-1289, 2020.

### 2. 学会発表

該当なし

## G. 知的財産権の出願・登録状況

### 1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録  
該当なし

3. その他  
該当なし

## 厚生労働科学研究費補助金

### 政策科学総合研究事業（臨床研究等 ICT 基盤構築・人工知能実装研究事業） 分担研究報告書

#### 医療現場の AI 実装に向けた諸外国における保健医療分野の AI 開発及び その利活用状況等についての調査研究 (3) 中国における人工知能の利用に関する調査

研究分担者 安井 寛 東京大学医科学研究所 特任准教授

#### 研究要旨

世界各国における人工知能の医療現場での活用状況の調査研究を進めていたところ、時ならぬ COVID-19 のパンデミックに見舞われた。パンデミック下の都市のロックダウンやソーシャルディスタンス政策により、社会全体におけるコミュニケーション方法が見直され、医療分野のみならず様々な社会インフラ分野においても人工知能や ICT の活用が活発に議論されることとなった。先進国、とくに中国社会における先進的な活用事例が、新聞やテレビで報道されたことで、日本におけるデジタル化の現状と課題も浮き彫りとなった。今回、中国社会における人工知能の活用実態に関する調査を行った。これらの結果を受け、我が国においても Society 5.0 時代の到来に向けた人工知能利活用を展望するとともに、With コロナ時代の医療現場ではどのようなシステム導入や情報管理を行うべきかの参考資料となることを期待する。最後に本研究チームが取り組んでいる、東北・北海道の医療過疎地域を対象に計画している実証実験についても紹介する。

#### A. 研究目的

先進諸国では医療現場への人工知能や ICT 導入がすすんでおり、国内においても技術開発や効率的な運用が急務と考えられる。そのため、本調査研究では、医療現場に有用な人工知能の利活用の実例やそれに伴う新たな課題や問題点について、諸外国、とくに中国との比較分析を行った。

#### B. 研究方法

本年度、医療分野における人工知能の利活用を調査するにあたり、中国テンセント社をはじめ深圳(シンセン)を中心に世界的に影響を持つ AI 関連の会社訪問を予定し

ていたが、COVID-19 により予定されていた調査は一部敢行できず、ZOOM を用いたリモート会議による聞き取り調査を行った。

(倫理面への配慮)  
個人情報への取扱いはなく、倫理面への問題は無い。

#### C. 研究結果

##### 1. 要旨

1) 新型コロナウイルスの感染拡大防止・人流の抑制を目的として世界中で AI の導入が加速した。

2) 特に中国での社会システムへの新規 IT 技術の導入やアプリ開発は目をみはるもの

がある。

## 2、中国におけるAI社会実現に向けた動きとその背景

日本国内の医療現場へのAIの導入を進めるにあたり、中国の現状を報告する。Withコロナ時代において、最も急速にAI技術開発をすすめ、社会インフラへの実装をすすめているのは中国である。産業・教育・医療など社会の様々な分野において開発・導入をすすめており、経済活動のあらゆる局面でリモート化や非接触のコミュニケーションが推奨されるなか、感染予防を目的に新しく注目されるシステムや技術を分野ごとに紹介する。

### 1) オンライン授業・リモートワーク

新型コロナ感染における接触防止のため、中国全土14万校1.3億人の学生が、アリババグループが提供するアプリ「Ding Talk」を使っている。「Ding Talk」は学生の授業展開を支えるべく教育現場に役立つ様々な機能を備えており、感染流行期の真ただ中にいち早くリリースされたことで注目を集めた。ライブ配信、動画配信、宿題のオンライン配信・提出、学習進度の分析、保護者への定期報告やオンラインテストなど各学校や学習塾のニーズに合わせた機能を提供している。また日本では教育現場で授業にZOOMビデオコミュニケーションズ社が展開する「ZOOM」やMicrosoft社が展開する「Teams」などのサービスが注目されているが、「Ding Talk」は中国の会社により独自に開発されたアプリでありその開発の速さは目を見張るものがある。また、「Ding Talk」はリモートワークに役立つオフィスツールにも活用の幅を広げている。AI技術の活用により顔認証の勤怠管理、位置情報のシェア、日報、決済などのビジネスに必要な機能がオールインワンで利用可能である。まさにコロナ自粛中のリモートワークに欠かせないものとなっている。

### 2) 裁判手続きのIT化とスマート裁判

中国の最高人民法院（最高裁判所）スマート法院（広東）実験室が2019年9月10日広東省高級人民法院で正式に稼働開始した。中国の裁判所は、インターネットを使った司法の新しい在り方を模索し、ビッグデータやブロックチェーン技術などの活用を進めている。最高裁判所は今年の全国人民代表大会と中国人民政治協商会議での活動報告で感染防止期間中にスマート裁判所はその役割を發揮したと報告した。広州海事法院が実施したスマート法廷システムの実演

デモでは、行裁判官と当事者は異なる場所で同時にオンライン裁判に出席できるだけでなく、合議法廷の裁判官も異なる場所で同時に法廷審問に参加できることが示された。

ブロックチェーン技術についても著作権保護の観点で新たな活躍をみせている。著作権所有者の痕跡を形成することで、証拠を速やかに検証できる。法院が大量の同類事件を処理する際に、ブロックチェーン技術は同一地区・同一法院・同一ケースの処理モデルを正確に共有することができ、裁判官はこれにより、事件の処理をよりスムーズに行うことができる。スマート裁判は裁判に関わる訴訟当事者にとって高い利便性を発揮すると同時に、裁判官の事務仕事を大幅に短縮した。ネットを用いたネット裁判では、訴訟から立件、判決までの全工程を家から出ることなく、スマートフォン一つで実現できるようになったことも現代における裁判の新しいかたちと言えよう。

中国裁判公開網のウェブサイトによると2020年4月8日累計約700万件の裁判のライブ配信がされており累計237億回以上の閲覧が可能とされている。そして、ネット上での公開裁判と公開文書による透明性が裁判の質と効率の向上につながっていると高く評価されている。ちなみに日本は2020年3月に民事裁判手続きの全面的なオンライン化などを盛り込んだ民事司法改革の最終案をまとめた。訴訟のオンライン提出の義務付けや口頭弁論や記録閲覧などのIT化の実現を含む民事訴訟法の改正を、2022年を目処に目指している。

### 3) ロボットとドローンの活用

中国の大手ロボット開発会社は新型コロナウイルスによる全国的なロックダウン初期から人と人との接触を減らすため、各種サービスのデジタルシフトを推し進めた。体温測定、消毒、室外人口密度監査、貨物配達などをロボットが代替作業し、感染拡大を防ぐ役目を果たしている。中国の深圳に本社を置くドローンメーカーDJI社は中国最大手のドローン開発・生産企業である。世界の民生用ドローン市場の7割を占めている。中国地域政府においては、新型コロナウイルスを封じ込めるために、センサーカメラやAIを搭載したドローンの活用をすすめている。

その活用例として、市民の行動監視と感染リスクモニタリングが挙げられる。ソーシャルディスタンス政策を実施する地域では警察や政府担当部門がドローンを操作し、危険をもたらす可能性がある集団や人々

(マスクを着用せずに騒いでいる人々)や場所(多くの客でにぎわうレストランやバー)に対し、空中から監視するとともに必要な際に警報を発生し注意を促すとともに解散させることができる。またドローンは社会システムとつながり、交通密度や街中の人の流れの混雑度を計算しており、街全体の社会インフラの効率的な運用においても威力を発揮している。ドローンによる荷物配達についても様々な実験的な試みがなされている。ドローンによる医療物資等物資の輸送は、人と人、人と荷物の間の接触を減らし、二次汚染を防ぐとともに、通常の輸送より時間、燃料費ともに2倍以上も効率的だとの検証結果がある。

ロボットは自動運転と遠距離操作も可能であり人によるパトロールの負担を大幅に軽減し、接触感染を防止することができる。大型ショッピングモールや、空港、高速鉄道待合室などに導入されている。医療現場では、感染症病棟に導入された遠隔操作ロボットが薬の配達や検温など直接患者と接する医務を務め、感染リスクの軽減に貢献した。

日本においても、情報漏えい・乗っ取りの可能性が払拭できないとの懸念から、中国製ドローン新規購入を排除し、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が推進する「安心安全なドローン基盤技術開発」というプロジェクトを立ち上げ、国産ドローンの開発をすすめている。プロジェクトの委託事業には自律制御システム研究所(ACSL)、ヤマハ発動機、NTTドコモ、助成事業には同じく自律制御システム研究所(ACSL)、ヤマハ発動機、そしてザクティ(大阪市)、先端力学シミュレーション研究所(埼玉県和光市)が選ばれた。今後の国産ドローンの開発と運用が期待されている。

#### 4) デジタル通貨・キャッシュレス決済

デジタル通貨やキャッシュレスの利用も感染防止観点からも利用者の増加につながっている。日本経済新聞の調べでは、中国人民銀行が金融機関を通じて発行するデジタル人民元については、遅くとも2022年の北京冬季オリンピックまでの発行目指しており、広東省深圳市など5カ所を実験エリアに選び、実証実験を開始している。日本銀行は2021年4月、中央銀行が発行するデジタル円の実証実験を始めた。デジタル通貨の活用は、現金の保管・輸送コスト低減が期待できるとともに、中国においては、中央集権型のデータ管理とともに、ドル経済圏への牽制の意味合いもあるとされている。電子マネーや暗号資産(仮想通貨)との価格の安

定性や通用力で優位性を発揮すると期待されている。

民間においても、ソフトバンク株式会社とヤフー株式会社の合弁企業として設立されたPayPay株式会社や東日本旅客鉄道・東京モノレール・東京臨海高速鉄道が発行するIC乗車券であるSuicaなどの電子マネーを用いたキャッシュレス決済が急速に普及している。近年特にスマートフォンのアプリを用いたモバイル決済の進展が目覚ましい。総務省の情報通信白書(2020年)によると、2017年時点で主要各国でのキャッシュレス決済比率は40%~60%台となっている一方で、我が国は約20%にとどまっている。2021年に延期となった東京オリンピック・パラリンピックを期に、これまでの導入の遅れを取り戻すべく、キャッシュレス決済を推進することで、官民連携データプラットフォームを構築し、行政データ、民間データの中でも公共性が高いデータやその他の民間データを都民・民間企業が自由に活用することで、MaaS、キャッシュレス化、オープン/デジタルガバメント等を通じた、Society 5.0の実現を目指すとしている。

#### 5) 健康コード

今の中国で外出に欠かせないのは、「健康コード」である。各地の施設や公共交通機関を利用する際は提示しなければならない。

「健康コード」とはスマートフォン画面上で表示するQRコードで所有者の新型コロナウイルスの感染リスクを記録し示すことができ、デジタル健康証明書としての機能をもつ。この健康コードはアリババ社やテンセント社が開発したアプリであり、今では中国人の誰もが使用しているAlipayやWeChatの中にインストールされていて、提示を要求された際には、携帯するスマートフォンからアプリを開いて表示される「健康コード」のQRコードを読み取るだけで認証され、使い勝手の良いものとなっている。

情報の迅速さ、透明性が必要とされる今、「健康コード」は一つの追跡手段と自己危機管理システムとして活用されている。国民IDによる公的個人認証基盤と紐づけされた官民一体のデジタルガバナンスであり、周りに感染者がいるか、いつどこで感染が起きたのかを、市民のみならず、医療関係者や政府もこのプログラムにアクセスすることで把握することができる。非常に労力がかかる接触者の追跡作業にはテック企業のAIソリューションが活用されている。中国で運用される「健康コード」においては、個人情報保護の観点から十分な配慮がされていないのではという指摘があり、情報ネッ

トワーク社会における足跡すべてを政府が把握できるという監視社会の懸念がある。

一方で、日本では厚生労働省から新型コロナウイルス接触確認アプリ(COCCA Covid-19 Contact-Confirming Application)が配布されている。中国の「健康コード」とは異なり、個人が特定される情報は記録されない運用となっている。2020年7月29日時点で約912万件ダウンロードされている。しかしながら、リリース後重なる不具合が報告され、政府としても運用の見直しやバグの修正を迫られていたため、2021年4月16日に厚生労働省から検証結果の報告書が発表された。2020年9月末のアップデートから、一部のアンドロイド端末において陽性者と接触があっても通知が届かない不具合が発生したにもかかわらず、2021年2月に修正されるまで放置されていたという事実が発覚した。報告書では、不具合が見逃された原因について、2020年6月に運用を始めた時点では動作確認テストを行う環境が十分に整備されず、その後2020年10月に環境が整ってから優先的な課題と認識されず、必要なテストを実施していなかったなどが指摘された。背景には、アプリの開発・運用に携わる厚生労働省の職員の知識や経験が乏しく、専門的な判断ができる人材が不足していたことや、頻発する別の不具合の対応や改修に追われ、適切に管理できない状態に陥っていたことなどが指摘されている。

#### 6) 新型コロナウイルスに対するAI診断技術

アリババ社の研究機関達磨院(DAMO)が阿里雲(アリババクラウド)と共同作業を行い新型コロナウイルス肺炎のAI診断技術を開発した。アリババの医療AIチームと他のIT関連企業、国家権威チームそして、各地域の病院や医者と共同作業し、5,000例を超す患者のCT画像サンプルデータに基づき訓練データの病変形状を学習させ、全く新しいAIアルゴリズムモデルを開発した。

一人の患者の診断に医者がCT画像を分析するには15分かかり、また抗体検査も精度高くないため時間がかかったが、AIでは新型コロナウイルスの疑いがある患者のCT画像を20秒以内に判読でき、分析結果の正確度は96%に達し、診断効率を大幅に引き上げた。開発直後に2003年にSARS時代に活躍した病院がいち早く導入したのをきっかけにおよそ30以上の病院や医療機関に導入が進んだ。

AI技術中のNatural Language Processing(NLP)の回顧性データとConvolutional Neural Network(CNN)を用いてCT画像の色別ネットワークを訓練するこ

とによって、AIは迅速に新型コロナウイルスと他の肺炎の画像を正しく識別できるようになったと言われている。この識別正確度は96%に達することができ、500枚以上のCT画像の処理と判断にかかる時間はたったの3秒まで短縮した。

このことから、医師の負担を効果的に軽減できるようになった。このほか、AIは病変部位の占める比率を直接計算することで、病状の程度を明らかにし、臨床診断の効率を大幅に引き上げることが可能になった。

また、AIを使った感染者の遠隔画像診断は、2月に武漢に建設された臨時病院や、専門医、経験がある医者が不足した病院には大いに役立つ存在となった。なお、開発に関わったアリババは、無償でこのAI技術を開放している。

日本でも、2020年6月に上記アリババクラウドのAIを活用した肺画像解析プログラム(エムスリー社)と、中国インファージョン社が開発したものが承認されている。日本政府や各省庁の支援でも開発が進んでおり、システム研究機構国立情報学研究所・東海国立大学機構名古屋大学・順天堂大学・日本医学放射線学会などが共同で開発することを発表している。実際の医療現場での運用が期待されている。

#### 7) オンライン診療

中国では2015年からオンライン診療への投資が始まり、アリババ社、テンセント社など複数のプラットフォームが参加している。新型コロナウイルス感染対策においては、院内感染リスク回避のため、これまでのような対面診察に重きをおいた従来のマインドセットを変革せざるをえず、オンライン診療の導入が進んでいる。2020年2月末には、復旦大学附属中山クラウド病院が公立病院として初めてオンライン専門病院として認可された。患者はスマートフォンのアプリ内にてビデオチャット機能を用いて診察を受けられる。開始からわずか1か月で診察件数6,000件、1,200件の処方箋が発行された。このほか医者が声でカルテ入力する音声認識技術も医療現場に導入するところがある。

日本においても新型コロナウイルス感染症の感染拡大を踏まえたオンライン診療に対する取り組みがなされている。「新型コロナウイルス感染症緊急経済対策」(2020年4月7日閣議決定)において、「新型コロナウイルス感染症が急激に拡大している状況の中で、院内感染を含む感染防止のため、非常時の対応として、オンライン・電話による診療、オンライン・電話による服薬指導が希望

する患者によって活用されるよう直ちに制度を見直し、できる限り早期に実施する。」とされた。これを踏まえ、「新型コロナウイルス感染症が拡大し、医療機関の受診が困難になりつつあることに鑑みた時限的・特例的な対応として、電話や情報通信機器を用いた診療や服薬指導等の取扱いについて下記のとおりまとめたので、貴管下の医療機関、薬局等に周知していただくようお願いする。」という内容の通達が、厚生労働省医政局医事課厚生労働省医薬・生活衛生局総務課から出された。今後、オンライン診療についても普及が期待されるが、時限的な対応にとどまるか、今後恒久的な制度として充実が図られるか注目される。民間の数多くの IT 関連会社からの参入があった。しかしながらネットでの相談者とのやり取りのトラブルも少なくなく、コミュニケーションに関連する機能・サービスに関する機能・保守業務や運用業務について独自の開発が求められる結果となった。ユーザー向けプライバシーポリシーの改訂（国名の明示など）、データ・セキュリティのガバナンス体制と情報保護の強化は必至である。このように、当初は医療機関を受診しなくても適切な医療が受けられると期待されたサービスであるが、実際にはそれに携わる医師の倫理面や診療スキルにおいて高い水準が担保できるかという課題、運営側の個人情報管理における課題が浮き彫りになる結果となった。今後の、普及に向けて官民一体となった取り組みが重要である。

#### D. 考察

2020年2月に1,000万都市である武漢の全面封鎖に始まり、続き地方市町村封鎖は全国に広まり、国民は日々の日用品の購入にも不便をきたしながらウイルスの拡散を防ぐため、新たな生活様式を模索した。中国は新しいウイルスの脅威を封じ込める作戦を開始するとともに、新しい法規制と社会システムの導入に躊躇なく舵をきった。そこにはAIの技術が不可欠なものとなっている。世界各国でWithコロナの社会生活の模索の中、中国のAIを駆使した技術の開発と実装のスピードは群を抜いている。そこには中国の国民性として、失敗や修正、方向転換への容認度が社会全体として高く、責任の追及などの後ろ向きの取り組みより前進の取り組みが常に優先されることが開発推進の後押しとなりスピードと原動力となっていると言えよう。

また一方では、AIによる監視的側面は個人情報漏洩との境界線の難しさも有してい

る。活用方法の透明性も課題である。様々な課題は存在するものの、実装と改善を繰り返す中国のアジャイル型の社会実装は、医療現場においても効率よくAIの社会実装を加速していることから、我が国にとっても参考すべきところである。今後のシステムの更なる改良や社会の受け止め方の変化も含めて中国の動向には注視していきたいと思う。

#### E. 結論

感染予防の観点がクローズアップされるWithコロナ時代は社会全体が人工知能、ロボット、リモートワークを導入する生活形態が必要不可欠となった。AI技術の普及は一気に加速した。Withコロナで人と人との実交流の在り方を見直し、感染防止を主眼に置きながら各国が経済活動の維持・向上を目指す中、中国での自国用に自国で開発した新たなアプリ及びシステムの開発は世界をリードするところとなっている。特に病院、医療現場での新たなシステムの開発と実装は目が離せない状況である。診療オンライン化で地方病院と専門病院の連携診療等、遠隔医療における日本独自技術、システムの開発に期待したい。

#### F. 今後の取り組み -東北地方でのコンパクトスマートシティ構想-

日本政府においても国・地方行政のIT化やDX(デジタルトランスフォーメーション)の推進を目的とした、IT分野を担当する省庁としてデジタル庁設置を決めた。さらにスーパーコンピューターの計算速度を競う最新の世界ランキングが2020年6月22日に公表されたが、理化学研究所と富士通が開発した「富岳(ふがく)」が8年半ぶりに首位を獲得したことも、技術大国日本の再来を予感させる良いニュースとなった。

持続可能な都市や地域の実現を目指すSociety 5.0の先行的な実現の場としてスマートシティ構想が挙げられる。これは、AI技術やICT等の新技術を活用しつつ、マネジメント(計画、整備、管理・運営等)の高度化により、都市や地域の抱える諸課題の解決を行い、また新たな価値を創出し続けるという理念を実現させる試みである。本研究グループでは、政府がすすめるスマートシティ構想に先駆け、医療分野を中心に農業・観光業・流通システムや水・エネルギーといった異なる業種間においてネットワークシステムを構築し、健康データや生活情報を個人情報管理に配慮し暗号化したうえ

で相互活用し、効率的な町の運営に活かすという「コンパクト版スマートシティ構想」を民間企業を中心に計画している。展開の場として、東北地方を選び、絶対的医師不足や専門医の偏在の解決をテーマに掲げ、「がんの人工知能を用いた診断・治療方針の決定」「がんワクチン開発」などの特色のあるプロジェクトを同時に展開するとともに、2011年（平成23年）3月11日に発生した東日本大震災の教訓を生かした災害時の医療活動にもリーダーシップを発揮できるように、事業継続計画（BCP, Business Continuity Plan）に基づいた実効性のあるプロジェクトを計画している。小規模ではあるが、我々の活動が来たるべき Society 5.0 の実現が AI の医療現場の実装に向けた日本版モデルとなることを願う。

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

Momo K, Yasu T, Yasui H, Kuroda S Risk factors affecting the failed low-density lipoprotein level achievement rate in working-age male population at high cardiovascular risk. *J Clin Pharm Ther.* 44(5), 715-719, 2019

Yasu T, Momo K, Yasui H, Kuroda S Simple determination of plasma ibrutinib concentration using high-performance liquid chromatography. *Biomed Chromatogr. J Clin Pharm Ther.* 44(5) 715-719, 2020

Kikuchi J, Hori M, Iha H, Toyama-Sorimachi N, Hagiwara S, Kuroda Y, Koyama D, Izumi T, Yasui H, Suzuki A, Furukawa Y Soluble SLAMF7 promotes the growth of myeloma cells via homophilic interaction with surface SLAMF7. *Leukemia* 34(1), 180-195, 2020

Moriyama T, Imoto S, Miyano S, Yamaguchi R Theoretical Foundation of the Performance of Phylogeny-Based Somatic Variant Detection Lecture Notes in Computer Science 12508, 87-101, 2020

Yasu T, Sugi T, Momo K, Hagihara M, Yasui H. Determination of the concentration of gilteritinib in human plasma by high-performance liquid chromatography *Biomed Chromatogr.* 2021 Apr;35(4):e5028. doi: 10.1002/bmc.5028.

#### 2. 学会発表

安井 寛, 小林真之, 近藤幹也, 石田禎夫, 田村秀人, 半田 寛, 佐々木 純, 田中紀奈, 田中淳司, 木崎昌弘, 川俣豊隆, 牧山純也, 横山和明, 井元清哉, 東條有伸, 今井陽一  
セル・フリーDNAによる多発性骨髄腫の早期再発診断 一般口演、広島 (Web)、第79回日本癌学会学術集会 2020年10月1日

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

##### 1. 特許取得

該当なし

##### 2. 実用新案登録

該当なし

##### 3. その他

該当なし



## 研究成果の刊行に関する一覧表

### 書籍

著書氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
小林真之 東條有伸	人工知能(AI)の支援によるがん診断の将来	渋谷正史 湯浅保仁	がん生物学イラストレイテッド 第2版	羊土社	東京	2019年	423-428 頁

### 雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
東條有伸	プレジジョン・メディスンに及ぼす人工知能のインパクト	臨床病理	66巻 8号	876-881頁	2018年
東條有伸	AIがもたらすがんのプレジジョンメディスン	ファルマシア	54巻 9号	879-881頁	2018年
武井智美、東條有伸	AIと臨床診断	病理と臨床	36巻 11号	1115-1118頁	2018年
東條有伸	人工知能の支援によるがんのクリニカルシーケンス	Medical Science Digest	44巻 12号	35-38頁	2018年
湯地晃一郎	人工知能医療利活用の現状と課題	茨城県医師会報	774	35-53	2018
Takei T, Yokoyama K, Yusa N, Tojo A, et al.	Artificial intelligence-guided precision medicine approach to hematological disease	Blood	132巻 S1号	2254頁	2018年
東條有伸	人工知能を用いた白血病診療の可能性	医学のあゆみ 白血病UPDATE	268巻 1号	103-106頁	2019年
東條有伸	人工知能を用いた白血病診療	Pharma Medica	37巻 10号	55-58頁	2019年
湯地晃一郎	人工知能が切り拓く未来医療の展望	リウマチ科	61(2)	187-190	2019
湯地晃一郎	【診療に活かす薬理・ブラッシュアップ】 総論 内科診療のための臨床薬理学 最近の薬物開発の動向.	診断と治療	107 (2)	136-140	2019
湯地晃一郎	Liquid biopsyの現状と発展性	臨床病理	67(6)	601-609	2019

Yasu T, Momo K, Yasui H, Kuroda S	Simple determination of plasma ibrutinib concentration using high-performance liquid chromatography	Biomed Chromatogr.	33(3)	e4435	2019
東條有伸	AIを用いた造血器腫瘍の診療	日本臨床	78巻増刊号3	758-762頁	2020年
湯地晃一郎	人工知能技術を駆使した次世代診断支援システムの現状と展望	医療検査と自動化 日本医療検査学会誌	45(Suppl. 2)	154-157	2020
湯地晃一郎	臨床検査ビッグデータの活用	Medical Technology	48(12)	1286-1289	2020
Moriyama T, Imoto S, Miyano S, Yamaguchi R	Theoretical Foundation of the Performance of Phylogeny-Based Somatic Variant Detection	Lecture Notes in Computer Science	12508	87-101	2020
Kikuchi J, Hori M, Iha H, Toyama-Sorimachi N, Hagiwara S, Kuroda Y, Koyama D, Izumi T, Yasui H, Suzuki A, Furukawa Y	Soluble SLAMF7 promotes the growth of myeloma cells via homophilic interaction with surface SLAMF7	Leukemia	34(1)	180-195	2020
Yasu T, Sugi T, Momo K, Hagihara M, Yasui H	Determination of the concentration of gilteritinib in human plasma by high-performance liquid chromatography	Biomed Chromatogr.	35(4)	e5028	2021