

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

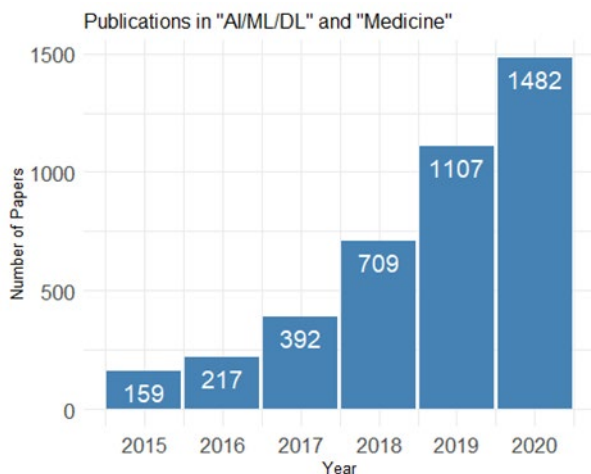


図 1 AI・ML・DL および医療関連論文の年次出版数

、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

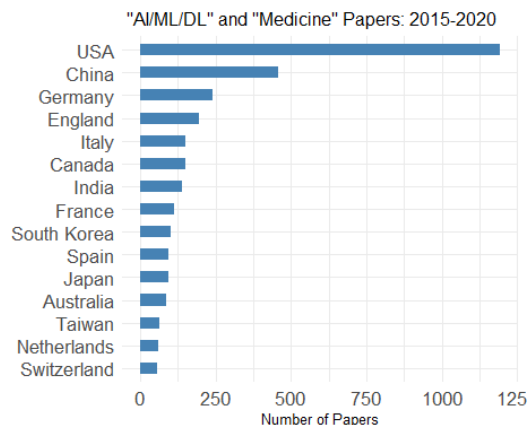


図 2 国別出版数(2015~2020年)。上位15か国

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。

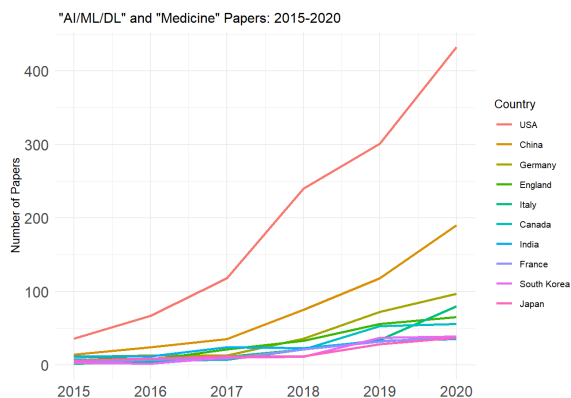


図 3 国別年次出版数(2015~2020年)。上位10か国。

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²。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)³ 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⁴。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