

日本における医療分野での人工知能 (AI) 活用に関する文献検討

山根 友絵¹⁾ 堀元 美紗子¹⁾ 山口 直己¹⁾
箕浦 哲嗣²⁾ 藤井 徹也¹⁾

抄録

本研究は、日本国内の医療分野における人工知能 (AI) 活用の現状を明らかにすることを目的とした。医学中央雑誌 Web 版を用いて、「人工知能」「医療」のキーワードで 2010 年以降の文献を検索し、27 件の文献を分析対象とした。2010 年代以降ディープラーニングが活用されるようになり、医療分野での研究は、画像データを用いた画像認識、診断に関する文献が多くを占めた。しかし、少数ではあるが動画や音声を活用した研究もみられ、今後は医療分野においても動画認識や音声認識の実用化が予測された。さらに、在宅医療・介護の分野での活用を視野に入れた研究も散見され、地域包括ケアシステムの構築が推進される中、AI の活用により在宅におけるケアの質の向上や専門職の業務の効率化が期待される。

キーワード：

人工知能 医療 ディープラーニング 在宅医療

I. はじめに

人工知能 (Artificial Intelligence, 以下 AI) は、1956 年に行われたダートマス会議 (The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence) の提案書で初めて言葉として使用された。その後、1960 年代まで第一次 AI ブームとしてコンピューターで「探索」「推論」が可能となった。1980 年代には第二次 AI ブームが起り、コンピューターに「知識」を入れ込むことで各分野において AI が実用可能となり、エキスパートシステム (専門家のように振る舞うプログラム) が生み出された。2000 年代には、第三次 AI ブームとなり、「ビッグデータ」を用いることで AI 自身が知識を獲得する「機械学習」が実用化した。そして、AI 自らが知識を定義する要素を習得するディープラーニングが可能となった (総務省, 2016a)。

医療における AI の活用については、医療エキスパートシステムが 1970 年代後半から始まり、

1) 豊橋創造大学保健医療学部看護学科
Toyohashi Sozo University School of Health Sciences Department of Nursing

2) 愛知県立大学看護学部
Aichi Prefectural University School of Nursing Welfare

1980年代に発展したとされている(田中, 1993)。日本においては、池田ら(1989)がAIの諸成果を活用し画像診断レポート作成支援システムの開発を行ったことを報告した。また中川(1992)は、心臓弁膜症のMR画像診断支援システムの開発について報告している。そして鳥脇(1993)は、3次元画像と知的医用画像システムについて、外科的シミュレーションへの活用、形態的医計測の可能性、十分な解像度の3D画像からの計算機による画像の作成の可能性を紹介し、医療分野でのAIの更なる発展について示唆していた。しかし、当時はAIが膨大な情報全てを理解することが技術的に困難であったため、AI活用のブームが沈静化した。その後、2000年代になり、ビッグデータの処理とディープラーニングが可能となったことから、医療分野での活用も期待されてきた。厚生労働省(2017)は、保健医療分野におけるAI活用について、AI開発を進めるべき重点領域を選定し開発・実用化を推進している。重点領域には画像診断だけでなく介護・認知症も含まれ(厚生労働省, 2017)、さらに健康・医療・介護領域においてAIの開発・利活用が期待できる分野/領域として、「在宅医療/遠隔医療」も示されている(厚生労働省, 2019a)。しかしながら、実際に医療分野でAIがどのように活用されているかまとめられた資料は見当たらない。そこで第三次ブームにおける、日本の医療分野でのAIの活用について文献から現状を把握し、特に在宅医療や介護の分野に焦点をあてて将来的な可能性と課題を明らかにする。

II. 研究目的

本研究は、日本国内の医療分野における人工知能(AI)活用の現状を明らかにすることを目的とした。

III. 研究方法

1. 文献収集方法

医学中央雑誌Web版(Ver.5)にて「人工知能」「医療」のキーワードで文献検索を行った。検索期間は、第三次AIブームとされ、ディープラーニングが登場した2010年代以降とし、原著論文に限定して抽出した。また、症例報告・事例は除外した。さらに、抽出された文献のタイトル、抄録を確認し、「人工知能」または「AI」の用語が用いられていないもの、医療分野の研究に該当しないもの、論文調査に該当するものは対象から除外した。

2. 分析方法

抽出された文献について、AIの活用状況を使用データや活用場面から整理し、検討を行った。

IV. 結果

1. 文献検索結果

文献検索の結果「人工知能」and「医療」のキーワードで359件が抽出された。抽出された文献のタイトル、抄録を確認し「人工知能」または「AI」の用語が用いられていない文献を除外したところ32件となった。さらに抄録の内容から、医療分野の研究に該当しないもの1件、論文調査に該当するもの3件を除外した。また、研究フィールドが国外のものが1件含まれたため除外し、対象文献は27件となった。

2. 対象文献の概要

対象文献27件のうち、AI技術活用の研究は19件であった。また、今後のAI活用に向けての研究が8件であった。

1) AI技術活用の研究(表1)

AI技術活用の研究に関しては、使用されたデータおよびデータの活用について整理した。使用されていたデータは画像データが11件と半数以上を占め、その他は動画データが1件、生体計測データが1件、テキストデータが2件、複数のデータを組み合わせて使用されたものが4件であった。

画像データを使用しているものは、主にCTやMRI、超音波画像が用いられ、自動診断や画像の自動分類に活用されていた。大部分がディープラーニングの技術を活用していた。動画データを使用していた文献(春名ら, 2020)では、歩行動作を撮影した動画から自動的に歩行評価を行うことに活用されていた。生体計測データを使用した文献(中村ら, 2019)では、非接触生体計測機器を使用して姿勢を分析した結果から、運動課題を自動的に選定するものであり、運動課題の選定に簡易人工知能が活用されていた。テキストデータを使用した2件の文献では、電子カルテのインフォームド・コンセント(IC)記録(山田, 2019)や、がん経験者の語りのデータ(木村, 2014)が用いられ、IC記録の質の自動判定や健診受診行動の推定に活用されていた。

さらに複数データを組み合わせて使用した研究では、小児PD(腹膜透析)患者の属性データ(生年月日、PDを導入した年代、導入時の年齢、PD継続期間等)から予後(腎移植に至ったかどうか、死亡したかどうか)を予測する試み(深山ら, 2018)や、脳機能データ、一般血液データ、認知機能(MMSE)データからの軽度認知症(MCI)の推定(酒谷ら, 2017)などが行われ、複数のデータを組み合わせて分析することで疾患や予後の予測に活用されていた。その他には、嶋田ら(2018)の主観的幸福感低群の影響要因分析のように、人工知能を用いた影響要因の分析や、羽田野ら(2018)のIoTデバイス(音源探知、嗅覚特定機能、顔認識等)で得られた情報、介護記録によるBPSD(Behavioral and psychological symptoms of dementia)の発症予測と、認知症のBPSDに有効であった特定対応法のデータを用いたBPSDへの対応方法の導出などに活用されていた。

表 1. AI 技術活用の研究

	使用データ	活用	文献
画像データ	MG 染色を行った健常人末梢血塗抹標本	末梢血白血球分類スクリーニング	佐々木ら (2020)
	ヒトの口腔の前歯部の画像	ヒトの口腔の前歯部の正転画像と上下反転画像の識別	森田 (2020)
	食道の超拡大内視鏡システム (ECS) 画像	悪性・非悪性の診断	Kumagai et al. (2019)
	頭部 MRI 撮像シーケンス	頭部 MRI シーケンスの分類	Noguchi et al. (2018)
	乳腺の超音波検査 (US) 画像	乳癌の自動判定	井上ら (2018)
	股関節の超音波画像	股関節の状態の自動分類	李ら (2017)
	全身 CT 画像, 体幹部 CT 画像	胸鎖乳突筋の自動認識	神谷ら (2017)
	CT コロノグラフィ (CTC) 画像	大腸ポリープ候補の検出・分類	植村ら (2017)
	脳 MRA 画像	未破裂脳動脈瘤の検出	森ら (2017)
	胸部 CT 画像	すりガラス状陰影の検出	平山ら (2017)
	肺結節の CT 画像	良性結節, 原発性肺がん, 転移性肺腫瘍の鑑別	西尾 (2017)
動画データ	歩行動作を撮影した動画	歩行評価	春名ら (2020)
生体計測データ	姿勢計測による姿勢評価	運動課題の選定と提供	中村ら (2019)
テキストデータ	診療録の IC 記載	IC 記録の質の自動判別	山田 (2019)
	がん経験者の語りのデータ	検診受診行動の推定	木村 (2014)
複数データの組み合わせ	小児 PD 患者の属性データ	予後予測	深山ら (2018)
	脳機能データ, 一般血液データ, 認知機能	軽度認知症 (MCI) の推定	酒谷ら (2017)
	在宅高齢者の属性, 健康状態等のデータと主観的幸福感のデータ	主観的幸福感低群の影響因子の組み合わせの発見	嶋田ら (2018)
	IoT データ, 介護記録, BPSD への対応方法のデータ	BPSD の発症予測, 的確な介護方法の導出	羽田野ら (2018)

2) 今後の AI 活用に向けての研究 (表2)

今後の AI 活用に向けての研究は、使用データや活用方法について具体的に述べられていない文献が多かったため、研究目的、結果、今後の活用について整理した。

保健指導問診・介入システム開発 (加澤ら, 2019), ベッドサイドロボットの活用 (Shimizu et al., 2019), 離島での遠隔医療 (長嶺ら, 2019), 診療データの活用 (鈴木ら, 2018; 財津, 2018) といった今後の AI 活用に向けての前段階の研究が複数みられた。また、具体的な AI 活用の計画については明記されていないものの、AI が活用される近未来を見据えた意識調査 (Hayasaka et al., 2018; 谷山ら, 2019) や骨粗鬆症対策の構築 (本田, 2019) もみられた。

表2. 今後のAI活用に向けての研究

タイトル	研究目的	結果	今後の活用	文献
慢性疾患患者の行動変容, セルフマネジメント能力向上を支援する保健指導問診・介入支援システムの開発中間報告	看護職が慢性疾患患者に対し保健指導する際, 複雑なニーズを有する患者の行動変容を促し, 患者の嗜好やライフスタイル等に即した生活習慣改善に導くための助言を行う人工知能を活用する保健指導問診・介入支援システムの開発.	保健指導経験が豊かな看護職 14 名に対する半構造的面接により, 保健指導の展開プロセスと方策を明らかにした. 本研究結果に基づき, AI を活用した保健指導・介入支援システムを開発する.	慢性疾患患者に対する保健指導問診・介入	加澤ら (2019)
本邦病理専門医の勤務実態および新技術への関わり方に対するアンケート調査	病理専門医の勤務実態と新技術への関わり方について行ったアンケート調査の報告.	病理専門医に対して「勤務先」「主業務」「勤務時間数」「新技術(テレパソロジー・仮想顕微鏡・人工知能)への関わり方」などについて調査したところ, 人工知能へ関わり方は, その利用を好意的に捉えている割合が否定的に捉える割合よりも高かった.	診断業務の効率性向上, 業務の自動化	谷山ら (2019)
Affinity of health care providers for artificially intelligent robots at bedside in the pediatric intensive care unit	ベッドサイド AI ロボットへの医療従事者の反応を調査した.	AI プログラミング用に設置したロボットの動作を確認した後でロボットに対する反応について調査を行ったところ, 回答者の 43% は, ロボットによる異常データ認知(アラーム警告)が有用であると回答し, 76% は AI とロボットが治療の安全性を向上させるうえで重要な役割を果たすと考え, 70% 以上がこのシステムのさらなる開発が望ましいと回答した.	小児集中治療室(PICU)で異常データの警告をするベッドサイドロボット	Shimizu et al. (2019)
離島における, AI を用いた遠隔地医療に対する意識調査	人工知能(AI)を用いた遠隔地医療の計画の第一段階として現地での患者の意識調査・必要性の調査を行った.	石垣島の病院にて, スマホ保持の有無, AI 医療の認知度や必要性についてのアンケート調査を行ったところ, スマホ保有率は 32% であり, AI を知っていたのは 62% であった. AI への信用は 82%, 医療費への出費可は 79% であった.	離島での遠隔医療	長嶺ら (2019)
Expectations for the Next Generation of Simulated Patients Born from Thoughtful Anticipation of Artificial Intelligence-Equipped Robot	ロボット模擬患者(ロボット SP)と実際の模擬患者(SP)が共存する近い将来を SP がどのようにイメージするかを調査した.	SP5 名にフォーカスグループインタビューを行ったところ, 「ロボットのアイデンティティ」「ロボットの限界の認識」「現在の教育におけるジレンマ」「期待に応える次世代 SP」のカテゴリが抽出された.	OSCE 等で活用するロボット模擬患者	Hayasaka et al. (2018)
人工知能(AI)が画像診断を支援する近未来に備える——骨粗鬆症対策の全病棟での多職種協働体制と地域連携——	AI が画像診断を支援し, 脊椎既存骨折を有する患者を非常に多く検出する未来を想定し, 中核病院の全病棟における骨粗鬆症対策の多職種連携体制とそれに続く地域連携体制の構築を提案する.	CT 矢状断像で脊椎圧迫骨折を認めた 291 人に対し骨粗鬆症対策を行った. 59 人が既にかかりつけ医による薬物治療を受けていた. 退院時にかかりつけ医に薬物治療を依頼した患者が 27 人, 治療開始後にかかりつけ医に依頼した患者が 30 人であった. 主科の外来受診日に合わせて治療続行中の患者が 114 人あり, そのうち治療脱落者は 3 人であった.	骨粗鬆症対策	本田 (2019)
集学的がん診療に特化した統合データベースシステムの開発	「将来の AI 活用の基盤となるデータベース開発」を最終目的とし, 「がん診療に関する情報を統合的に保存・管理するデータベース」を独自開発した.	統合データベースに病理, 放射線治療部門, 健診システム, 外来受付システム, 電子カルテに付属する DWH (Data Warehouse) の 5 システムとの連携を構築した. さらに, 患者サマリや自由な組み合わせ条件でデータを横断的に検索する機能を開発・実装したことで, 蓄積したデータを診療補助や臨床研究において利活用できる環境を整備した.	診療データの活用(治療方針検討の補助や臨床試験・治験エントリーの促進)	鈴木ら (2018)
E-ICU 電子カルテの人工知能化の第一歩として予測死亡率の自動作成	電子カルテの人工知能化の第一歩として APACHE-II や SOFA スコアの経時的推移のグラフ化や院内予測死亡率の経時推移グラフの自動描画ソフトを開発した.	自動描画ソフトと従来の手入力ソフトの結果のずれを極力減らす改良を加え, 95% 以上の信頼度のある院内予測死亡率の自動描画ソフトを開発できた.	電子カルテの人工知能化(予後の予測, 治療法のアドバイスなど)	財津 (2018)

V. 考察

1. 医療分野における AI の活用に関する研究の現状

対象文献 27 件のうち、実際に AI 技術が活用された研究は 19 件であり、その半数以上を画像認識や画像分類に関する研究が占めていた。AI が実際のサービスにおいて果たす機能は、「識別」「予測」「実行」という 3 種類があり、「識別」では、「音声認識」「画像認識」「動画認識」「言語解析」があるとされる（総務省、2016b）。今回の結果では、画像認識が 11 件と最も多く、動画認識が 1 件であり、医療分野では画像認識、動画認識の活用が多くを占めた。2010 年代以降、ディープラーニングの活用により画像認識の精度が大きく向上し、医療の画像診断が実用化したと言われており（西山ら、2020）、厚生労働省（2017）も AI 開発を進めるべき重点領域の 1 つとして画像診断支援を挙げていることから、画像認識、画像診断の分野で研究が進んだと考えられる。現在、画像認識における精度の向上が実現しつつあり、同じ視覚情報である動画へと対象が拡大し、さらに音声などの視覚以外の情報を組み合わせた（マルチモダール）認識が発展すると期待されている（総務省、2016a）。動画を使用した研究（春名ら、2020）や音源探知を活用した研究（羽田野ら、2018）も見られ、今後は医療分野においても動画認識や音声認識の実用化が進むと予測される。今回の調査では、実際に AI を活用した研究においても開発段階のものが多く、今後の活用に向けた前段階の研究も複数見られたため、今後広く実用化が進展すると考えられる。

2. 在宅医療・介護における AI 活用の可能性

今回の結果では、離島での遠隔医療導入に向けての研究（長嶺ら、2019）や、介護予防事業での活用を目指した歩行評価に関する研究（春名ら、2020）、就労者を対象に姿勢評価から運動課題の提供を自動化した研究（中村ら、2019）、慢性疾患患者への保健指導への活用を目指した研究（加澤ら、2019）のように在宅の分野での活用を視野に入れた研究も複数見られた。

また、介護分野においては、これまで介護ロボットの開発やその介護現場への普及が進められてきたが、今後は AI の活用により介護業務の効率化等が期待されている。羽田野ら（2018）は、AI を活用した認知症の BPSD 発症予測と対応方法を導出するシステムの開発を行っており、介護従事者の負担軽減が期待されるが、このようなシステムを在宅で活用することで、認知症高齢者を介護する家族の介護負担軽減にもつながる可能性がある。さらに、AI 開発を進めるべき重点領域「介護・認知症」に関して、今後 AI の実装が期待される領域として①見守り、②記録（音声入力）、③ケアプランの提案が挙げられている（厚生労働省、2019b）。団塊の世代が 75 歳以上となる 2025 年以降、医療・介護の需要はさらに増加することが見込まれており、地域包括ケアシステムの構築が推進されているが、AI の活用により、在宅医療・介護の分野においてもケアの質の向上や専門職の業務の効率化が期待できる。

VI. 研究の限界と今後の課題

本研究では、日本国内の文献のみを対象としており、海外の研究動向を反映できていない。諸外国に比較し、日本の AI 研究開発は遅れていると言われていたため、今後は海外の研究成果も含めて、医療分野における AI の活用について検討していく必要がある。

VII. 結論

日本における医療分野での AI 活用に関する文献について検討を行ったところ、2010 年代以降ではディープラーニングが活用されるようになったことから、画像認識、診断に関する研究が多くを占めた。しかし、在宅医療・介護の分野での研究も散見され、今後 AI の活用が進展していく分野であると考えられる。

本研究において利益相反事項に該当するものはない。なお、本研究は JSPS 科研費の助成を受けて実施した（課題番号：20K21736）。

引用文献

- 春名弘一，昆恵介，稲垣潤，南部俊輔，大日方将士（2020）. 福祉の現場から 介護予防の現場で使える AI 技術を活用した歩行評価システムの開発. 地域ケアリング, 22 (6), 51-53.
- 羽田野政治，畠末憲子，小嶋章吾（2018）. IoT 活用と生活支援記録法（F-SOAIIP）搭載の認知症対応型人工知能 KCiS——BPSD の発症予測に基づくケアの最適化と効率化の実証研究——. 地域ケアリング, 20 (8), 90-97.
- Hayasaka, Y., Fujikura, T., & Kashimura, M. (2018). Expectations for the Next Generation of Simulated Patients Born from Thoughtful Anticipation of Artificial Intelligence-Equipped Robot. *Journal of Nippon Medical School*, 85 (6), 347-349.
- 平山一希，陸慧敏，タン・ジュークイ，金亨燮，橘理恵，平野靖，木戸尚治（2017）. DCNN による LIDC データからのすりガラス状陰影の検出. 医用画像情報学会雑誌, 34 (2), 70-74.
- 本田透（2019）. 人工知能（AI）が画像診断を支援する近未来に備える——骨粗鬆症対策の全病棟での多職種協働体制と地域連携——. 中部日本整形外科災害外科学会雑誌, 62 (5), 895-896.
- 池田充，佐久間貞行，丸山邦弘（1989）. 画像診断レポート作成支援システム（日本語版）の開発とその頭部 CT 検査への応用. 日本医学放射線学会雑誌, 49 (4), 445-453.
- 井上謙一，川崎あいか，小清水佳和子，山中千草，佐々木毅，土井卓子（2018）. ディープラーニングを用いた乳房超音波検査画像の自動読影. 日本医用画像工学会大会予稿集, 37, 185-188.
- 神谷直希，家田皓将，周向栄，東華岳，山田恵，加藤博基，... 藤田広志（2017）. X 線 CT 画像におけるアトラス構築に基づく胸鎖乳突筋自動認識の初期検討. 医用画像情報学会雑誌, 34 (2), 87-91.
- 加澤佳奈，竹山直子，川井円，梅木敬子，真崎時香，角井紋子，... 吉開範章（2019）. 慢性疾患患者の行動変容，セルフマネジメント能力向上を支援する保健指導問診・介入支援システムの開発——中間報告——. 日本医療情報学会看護学術大会論文集, 20, 103-106.
- 木村朗（2014）. 乳がん・前立腺がん経験者のインタビューテキストデータから集団機械学習ランダムフォレストによる検診行動の推定の試み——DIPEX-Japan のテキストデータ二次分析——. 群馬パース大学紀要, 18, 19-25.

- 厚生労働省 (2017). 保健医療分野における AI 活用推進懇談会報告書. <https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-10601000-Daijinkanboukouseikagakuka-Kouseikagakuka/0000169230.pdf> (参照 2020.10.20)
- 厚生労働省 (2019a). 第 5 回保健医療分野 AI 開発加速コンソーシアム 資料. <https://www.mhlw.go.jp/content/10601000/000478778.pdf> (参照 2020.10.22)
- 厚生労働省 (2019b). 保健医療分野 AI 開発加速コンソーシアム議論の整理と今後の方向性. <https://www.mhlw.go.jp/content/10600000/000523986.pdf> (参照 2020.10.22)
- Kumagai, Y., Takubo, K., Kawada, K., Aoyama, K., Endo, Y., Ozawa, T., ... Tada, T. (2019). Diagnosis using deep-learning artificial intelligence based on the endocytoscopic observation of the esophagus. *Esophagus*, 16 (2), 180-187.
- 李鎔範, 大澤由瑛, 長谷川晃, 皆川靖子, 弦巻正樹, 伊賀敏朗 (2017). 深層学習を用いた超音波画像における乳児股関節状態の自動分類に関する予備的検討. *医用画像情報学会雑誌*, 34 (2), 92-95.
- 深山雄大, 田崎優子, 山田昌由, 北山浩嗣, 和田尚弘 (2018). データマイニング手法による小児 PD 患者の予後予測の試み. *日本小児 PD・HD 研究会雑誌*, 30, 86-89.
- 森健悟, 内山良一, 原武史, 岩間亨, 藤田広志 (2017). リング型ベクトル集中度フィルタとテクスチャ解析を用いた脳 MRA 画像における未破裂動脈瘤の検出. *医用画像情報学会雑誌*, 34 (2), 75-79.
- 森田一三 (2020). 人工知能による前歯部上下反転画像の識別に関する予備的研究. *日本歯科医療管理学会雑誌*, 54 (4), 253-260.
- 長嶺隆二, 陳維嘉, 勝呂徹, 中野哲平 (2019). 離島における, AI を用いた遠隔地医療に対する意識調査. *九州リウマチ*, 39 (2), 80-82.
- 中川富夫 (1992). 心臓弁膜症の MR 画像診断システムの開発とその臨床応用に関する研究. *岡山医学会誌*, 104, 187-194.
- 中村壽志, 小貫睦巳, 山崎尚樹, 田中一秀 (2019). 健康増進を目的とした運動方法の提案 自動化機器を用いた姿勢評価と運動支援. *国際エクササイズサイエンス学会誌*, 2 (2), 88-93.
- 西尾瑞穂 (2017). ディープラーニングと CT 画像データベースによる CAD システムの開発. *INNERVISION*, 32 (7), 39-41.
- 西山圭太, 松尾豊, 小林慶一郎 (2020). 相対化する知性 人工知能が世界の見方をどう変えるのか. 日本評論社, 東京.
- Noguchi, T., Higa, D., Asada, T., Kawata, Y., Machitori, A., Shida, Y., ... Tajima, T. (2018). Artificial intelligence using neural network architecture for radiology (AINNAR): classification of MR imaging sequences. *Japanese Journal of Radiology*, 36 (12), 691-697.
- 酒谷薫, 佐藤豊, 小室有輝, 唐尊一, 姜琳琳, 胡莉珍 (2017). 医師は人工知能 (AI) に職を奪われるか? — AI と統合医療による次世代地域包括ケアシステム —. *日本統合医療学会誌*, 10 (1), 61-65.
- 佐々木亜実, 小田未来, 野坂大喜, 中野学, 藤岡美幸, 高見秀樹 (2020). 畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を用いた末梢白血球分類スクリーニング技術の検討. *保健科学研究*, 10 (2), 25-33.
- 嶋田香, 青木久恵, 窪田恵子, 晴佐久悟, 水谷慎介, 内藤徹, 上野道雄 (2018). 在宅高齢者の主観的幸福感低値群における影響要因の分析 — AI を用いた影響因子組合せの発見 —. *日本医療情報学会看護学術大会論文集*, 19, 159-160.
- Shimizu, N., Motomura, M., Saito, O., & Ikeyama, T. (2019). Affinity of health care providers for artificially intelligent robots at bedside in the pediatric intensive care unit. *千葉医学雑誌*, 95 (2), 17-19.
- 総務省 (2016a). 平成 28 年版情報通信白書. <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/pdf/> (参照 2020.10.20).
- 総務省 (2016b). 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. https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h28_03_houkoku.pdf (参照 2020.10.20)
- 鈴木一洋, 笠原あや菜, 小口正彦 (2018). 集学的がん診療に特化した統合データベースシステムの開発. *医療情報学*, 38 (4), 227-233.

- 田中博 (1993). 医学における人工知能——その動向と最近の進歩. BME, 7 (5), 1-16.
- 谷山清己, 谷山大樹, 倉岡和矢, 斎藤彰久, 在津潤一, 山本英喜, ... 森一郎 (2019). 本邦病理専門医の勤務実態および新技術への関わり方に対するアンケート調査. 病理と臨床, 37 (11), 1151-1160.
- 鳥脇純一郎 (1993). 医用画像と応用人工知能. BME, 7 (5), 17-27.
- 植村知規, 陸慧敏, 金亨燮, 橋理恵, 弘中亨, Naepfi, J. J., 吉田広行 (2017). 転移深層学習畳み込みニューラルネットワークを用いたCTコロノグラフィ候補陰影からのポリープ分類法. 医用画像情報学会雑誌, 34 (2), 80-86.
- 山田ひとみ (2019). 教育——診療録の質的監査への応用, 小児内科, 51 (1), 111-114.
- 財津昭憲 (2018). E-ICU 電子カルテの人工知能化の第一歩として予測死亡率の自動作成. 麻酔・集中治療とテクノロジー, 2017, 60-75.