

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

（1）網羅的文献情報の解析

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、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や、キーワード情報を元に、どのような内容の研究が、当該分野で進みつつあるかの概観を得ることができた。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、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。

具体的には、当該分野での各国における、研究開発状況の外観を得るために、文献データベース（Web of Science (Clarivate Analytics 社)）より、2015年から2019年の間に出版された、“Artificial Intelligence”および“Medicine”という検索ワードで検出さ

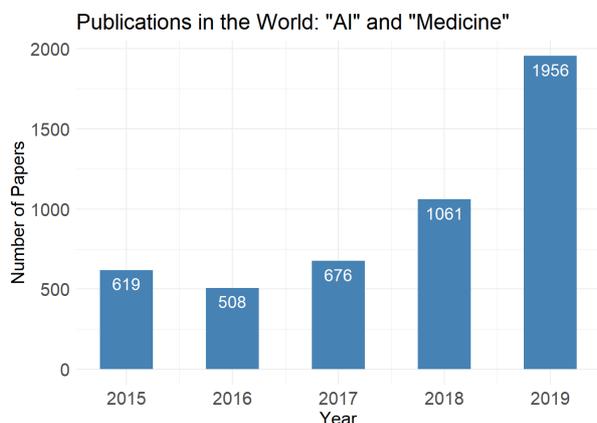


図 1 AI・医療関連論文の年次出版数

れた、文献の情報を集め、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り、どのようなキーワードが含まれているかの情報を抽出し、集計結果を可視化した。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。

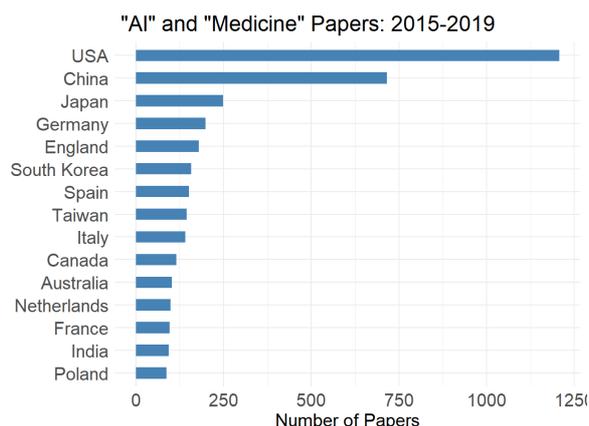


図 2 AI・医療関連論文の国別出版数 (2015~2019年)。上位 15 か国。

C. 研究結果

まず、網羅的文献情報リストの抽出を行った。前述の Web of Science データベース

に対して、“Artificial Intelligence”および“Medicine”という検索ワードを与え、2015年から2019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抽出した。

結果、84 か国で行われた 4837 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、Corresponding author の所属機関の住所の国名から判断した。

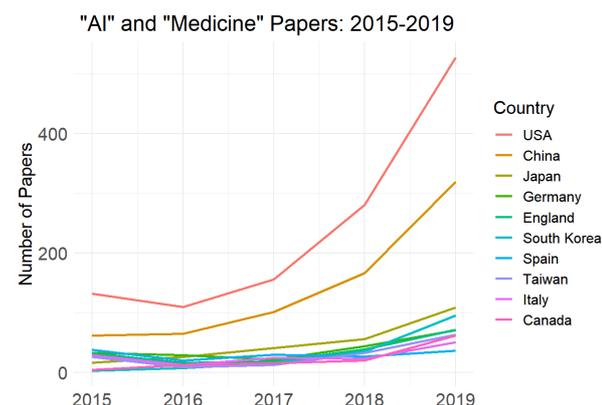


図 3 AI・医療関連論文の国別年次出版数

図 1 に、世界における AI・医療関連文献の出版数について、年ごとに国を区別せずに集計した結果を示す。2015年から2017年にかけては、600 報前後で増減を示すが、2018年 (前年比 1.57 倍)、2019年 (前年比 1.84 倍) から急激な増加を示している。2020年以降も、この傾向は続くものと思われる。

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 (1207 報; 25%)、中国 (716 報; 14.9%) の二か国が突出して、出版数が多いことがわかる。日本 (249 報; 5.2%) は、三位と健闘しているが、上位二か国との差は大きい。

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、出版数そのものも多いが、近年の伸び率も大きい。2019年の出版数および前年比は、米国が、528 報、1.88 倍、中国が、320 報、1.92 倍となっている。一方、日本も、2019年の出版数 109 報、前年比 1.95 倍と健闘している。また、韓国が、近年急速に出版数を増やしており (2019年出版数 96 報、前年比 2.7 倍)、当該分野における研究開発が活発になっていることがわかる。

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 (https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/hp_subject_category_terms_tasca.html)。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。

まず上位三つのカテゴリには、“Computer Science”、“Engineering”、“Medical Informatics”という、のカテゴリが並び、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。またその下位には、医療分野を表すタグが並んでいる。

特に、“Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging”の総数と伸びが大きい。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。その次には、“Neurosciences & Neurology”が続き、神経科学の分野での活用が進んでいることが見て取れる。

表 1 は、各論文に付与された論文の内容を反映したキーワード群 (https://images.webofknowledge.com/images/help/WOS/hp_full_record.html) を集計した結果である。カテゴリのタグと同様に、一つの論文に対して複数のキーワ

Top 10 keywords.					
Rank	2015	2016	2017	2018	2019
1	classification	system	classification	classification	classification
2	analysis	classification	system	diagnosis	diagnosis
3	algorithm	model	model	system	system
4	system	analysis	diagnosis	cancer	cancer
5	segmentation	risk	algorithm	data	segmentation
6	association	data	brain	prediction	prediction
7	diagnosis	networks	prediction	model	risk
8	disease	prediction	selection	neuralnetworks	detection
9	information	diagnosis	support	brain	neuralnetworks
10	systems	expression	eeg	images	images

表 1 AI・医療関連論文に付与されたキーワードのリスト。年次ごとの上位 10 キーワード。キーワードが付与されることがある。当キーワード

は、論文のタイトルから生成されるものであり、前述の既定のカテゴリよりも、より分野に特化した技術や研究のトレンドを反映した文言が抽出されることが期待される。表 1 には、各年で集計値の大きかった上位 10 位までのキーワードを示している。

どの年も“classification”というキーワードが最上位近辺に並んでいる。これは現在の、AI の医療分野における多くの活用が、Deep Neural Network 等の機械学習モデルを分類問題のタスクに適用する文脈で行われていることを反映していると思われる。例えば、CT 画像から病変の有無を判別する

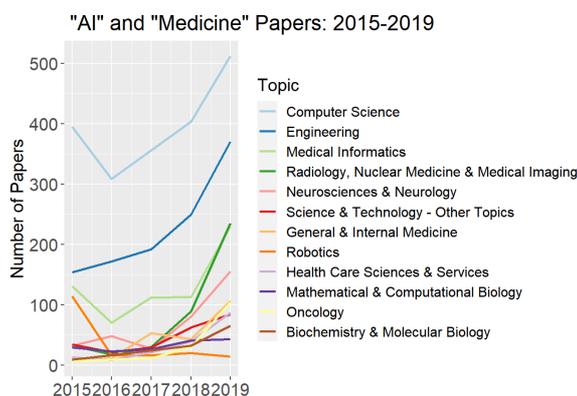


図 4 AI・医療関連論文に付与された論文カテゴリワードの年次推移。上位 12 カテゴリ

問題も、分類問題の一種である。その一方で、2018 年、2019 年には、“diagnosis”や“cancer”がそれ以前比べて、上位にくる傾向がある。これは、がんにおける画像診断への応用研究が広がっていることが想定される。また“prediction”というキーワードの順位が徐々に上がってきている傾向にあるのも興味深い。図 5 には、上記の全キーワードを年ごとに、キーワードの出現頻度の重みを加味して可視化した図 (Word Cloud) である。2015 年に比べて、2019 年の方がより“classification”の重みが大きくなっていることがわかる。また“diagnosis”や、“segmentation” (画像から病変の領域を推定する問題) の重みが大きくなっており、技術と応用領域のトレンドを反映していると思われる。

D. 考察

本研究では、直近 5 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。日本も、全体三位につけており、我が国の当該分野における研究活動度の高さを知ることができた。しかし、上位二か国との差は大きく、また韓国をはじめとして、その他の国との差が十分大きいわけではない。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。更に直近の状況を考慮する必要があるが、上位二か国および韓国の状況を注視することは重要であろう。

また、論文に付与された研究内容のカテゴリの集計値の推移およびキーワードの集計値の推移について検討した。その結果、画像の分類等の問題を、Deep Neural Network モデルをはじめとする機械学習モデルによる分類問題が適用されることによって、研究されているトレンドを知ることができた。また近年のキーワードに“diagnosis”や“cancer”などの、具体的な医療よりのキーワードが挙がってきていることに、初期の“algorithm”の研究から、より応用寄りの研究が進みつつあると思われる。

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。しかし出版前の草稿であり、玉石混交の感もあり出版済みの論文にくらべて取り扱いが難しく、本研究では除外した。

また、本研究では、特に集計値の頻度の大きな情報に着目し、大きなトレンドを概観したが、本当は、まだ頻度の低いキーワードの中に、次に大きく成長する可能性のあるトピックの種が隠れている可能性がある。例えば、Yan et al., JAMA Cardiol. 2019 (PubMed PMID: 31774461)は、スマートフ

オンで撮った人の顔の動画データから、患者に心房細動があるかどうかを判定する技術を開発している。このような、画像と他の情報のアソシエーションを図るような研究分野は、今後さらなる発展が期待できるが、高頻度のキーワードだけからは、拾い上げることは難しい。

故に詳細な最新情報の知見の調査と、本研究のような網羅的概観情報取得を組み合わせた複眼的視点により、正確に当該分野における研究の動向を把握し、保健行政に反映させる必要があると思われる。

E. 結論

本研究では、直近 5 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。しかし日本も現状、健闘していることが分かった。

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およびキーワードの集計により、その推移を概観した。結果、画像解析を対象とした、診断への応用研究が進みつつあることを確認することができた。

今後、上位の諸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

なし。

2. 学会発表

なし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし。

