



東京大学未来ビジョン研究センター (IFI) 安全保障研究ユニット (SSU)
外務省外交・安全保障調査研究補助金事業
「米中競争による先端技術分野の安全保障化の背景とグローバル経済への影響」
2021年度ワーキングペーパー・シリーズ No. 7

米中日の科学知識生産と国際共同研究：新興技術分野 2 分野の現状
**Scientific Knowledge Production and International Collaboration in U.S., China,
and Japan: International Co-authored Publication Trends in Emerging
Technologies**

一橋大学 イノベーション研究センター 吉岡（小林） 徹

米中の経済対立と並行するように、特に米国・豪州において大学の研究者が行う国際共同研究での中国の軍の影響の懸念が大きくなっている。これを受けて大学が行ってきた国際共同研究に対する懸念の声もあがりつつある。これらに対して、米国を中心に利益相反の枠組みと安全保障貿易管理の枠組みで大学の対応が進んでいる。しかし、科学・技術上の競争優位について踏み込んだものではない。競争優位について議論をするには、それぞれの国の国際的な科学・技術上の競争力と国際共同研究の現状を的確に把握することが欠かせない。そこで本研究では安全保障上の懸念となるのみならず、経済上の競争力の優位の源泉ともなる技術分野を対象に、国際的な論文生産に注目して現状を描写する。

1. 科学・技術研究での国際共同と米中経済対立

科学・技術研究はこの 30 年近くに渡って国際化が進展してきた。多数の論文が国際的な共著により生み出され、しかもその割合は増加している (Glänzel and Schubert, 2005; Royal Society, 2011; Burke et al., 2021)。国際的な共著論文は高い科学技術上のインパクトを持つ成果であることが少なくない (Sugimoto et al., 2017) ⁱ。この傾向は、(1)国際的な共同研究を通じて優れたインパクトを持つ成果が産まれたとの因果関係と、(2)優れた成果を生み出す研究者のもとに国を超えて研究者が集まったとの因果関係が合わさったものであるが、いずれの因果関係であっても、機関や国レベルで国際共著が多いことは、優れた知識の集積があることを表すものと解釈できる。

前述の Sugimoto et al. (2017)が実証的に示すとおり、国際的な共同研究を通じて優れた成果が生まれることに寄与しているものは、研究者が研究をする環境を自由に選べることである。しかし近年、安全保障上の懸念、さらには経済的な競争力の懸念から、一部の国との国際共同研究に対する疑義が生じている。

この疑義に対し、米国を中心にⁱⁱ、大学は外国政府からの資金提供を利益相反と位置づけ



ると同時に、国際的な共同研究にあたって信頼できる相手方が確認すること、留学生や研究者の受け入れにあたって信頼できる人物であるか確認することなど、利益相反の枠組みと安全保障貿易管理の枠組みで対応が進んでいる（吉岡（小林）, 2021）。日本もこの動きに対応している状況にあるⁱⁱⁱ。

しかしながら、これらはいずれも軍事転用可能な技術の不適切な相手への不拡散、または、研究活動の高潔さに対する社会からの信頼の維持を目的としたもので、経済上の競争力の優位の確保に踏み込んだものではない。また、そのようなことを各国の政府も科学・技術研究に積極的に求めている状況にはない。

その理由は次の2点にあると考えられる。第一に、新興国の科学・技術上の競争力が急速に伸びている学術分野、技術分野が複数存在し、知識の流出を防ぐという観点での競争優位の確保の実効性を欠くようになっている。言い換えると、分野横断的に適用できる戦略の立案が困難になっている。それぞれの国のそれぞれの学術分野での科学・技術上の競争力の正確な分析を踏まえていなければ、かえって自国の科学・技術上の競争力（ひいては先端的な産業の競争力）を損なう戦略をとってしまう可能性がある。そのことが課題となり、積極的な戦略は打ち出されていないものと考えられる。

第二に、経済上の競争力を理由とした学術研究の制約は、研究者が研究をする環境を自由に選択する環境と相反するものとなる。これによって、学術研究と人材の国際移動に対する寛容さが科学・技術上の競争力の源泉となっていた国、とりわけ西側諸国においては、将来の競争力の源泉を大きく損なうことになりかねない。

少なくとも第一の理由については、科学・技術上の競争力の現状を把握することによって解消できる。そこで本研究ではとくに国際共同研究の現状を描写し、経済上の競争力の優位の確保についての議論の手がかりを提供する。

2. 国際共同研究と国際頭脳循環の効果

国際共同研究の要因

国際共同研究は、その地理的な距離の遠さ、さらには文化・言語が障壁となるため、容易に遂行できるものではない。とくに、査読誌に掲載される学術的成果や特許が取得できるような新規で進歩性のある技術的成果を目指す場合は顕著である。国際共同研究に限らないすべての新規な成果を目指す研究・開発活動において、研究者は試行錯誤を繰り返し、査読者や特許の審査官からの疑念に対して丁寧に応答をしていく必要がある。研究者はときに数年から10年以上の時間をかけて一つの論文・特許を生み出すことすらある。

このため、国際共同研究を遂行するには、いくつかの動機づけや環境が必要であるということがわかっている。例えば韓国の科学研究助成を受けた7,767プロジェクトを対象にした分析では、次の要因が国際共著の成果を生み出すことにつながっていた（Jeong et al.,



2013)。

- 研究資金量
- 海外機関滞在または海外から招聘されたプロジェクト参画研究者数
- プロジェクト参画研究者の海外機関滞在期間（博士課程を含む）
- 教育負荷の少なさ

この結果は、研究時間があること、そして、対面でのコミュニケーションが、国際共著の成果を生み出すことにつながっていることを表している。このことはすなわち、それだけの負荷があっても共同研究を行う便益か、それを補う信頼関係が重要であることを示唆している。

国際共同を支える要因である国際頭脳循環

信頼関係を構築する要因の一つとなるものが、過去の師弟関係や雇用関係、さらには同僚関係である。国際共同研究は留学や研究者の海外滞在、また、国際流動の影響を受けている。これらは国際頭脳循環（brain circulation）と呼ばれ、近年の学術セクター、ハイテク産業分野を特徴づけるものとして受け止められている（OECD, 2013）。

とくに中国については、活発な国際頭脳循環がみられている。活発なのは留学生の海外への派遣である。UNESCOのデータ^{iv}によると、高等教育レベルの学生では米国に34万人、オーストラリアに15万人、イギリスに12万人、日本に9万人、カナダに8万人の中国籍の留学生が在籍している。科学研究の主力の一つである博士課程学生の在籍者数については統計はないが、近年の研究（Feldgoise and Zwetsloot, 2020）でその推計値が示されている。それによると、自然科学分野で3.5万人の博士課程学生が米国に在籍しているという。

米国での学生ビザでの博士号取得者に注目すると2020年には中国籍の取得者が6,337名と2位のインドの2,256名、3位の韓国の1,054名を大きく上回っていた。日本は上位25位に入っておらず100名を下回っていることが推測される（NSF, 2021）。米国での博士号取得者がすべての留学生を代表するわけではないが、少なくとも博士課程学生については、日本は国際的な頭脳循環から取り残されている可能性が伺われる。

課題点とリサーチギャップ

上記の博士課程の留学生の動向、さらには科学技術論文の生産が国際的に低迷している状況の指摘（例えば西川ほか, 2021）を踏まえると、日本については、科学技術研究で高いインパクトを生んでいる国（例えば、米国、中国、韓国）に比べると、このような国際的な国際共同研究のネットワークに十分に入り込むことが出来ていないことが懸念されている^v。この懸念を支える定量的な検証として、松本ほか(2019)がマクロ的な傾向の整理を行っているが、この発見事実が近年懸念となっている新興技術分野でも妥当するかは定かでない。また、同研究は主として日本の国際共同研究の関係性を探求しており、中国の現状



を切り取るものではない。

そこで本研究では新興技術分野を対象とする、国際共同研究の現状の定量的な描写を行う。なお、頭脳循環についての大規模な定量分析は ORCID などの研究者の履歴データを利用するか、学術論文の著者の同一性の推定を行うことで可能ではあるものの、技術的な難度を伴うため、今回は後述のとおり学術的なインパクトの高い論文で、かつ、国際共同研究の成果と考えられるものに限って行った。

3. 手法

分析の対象

ここでは、米国の安全保障貿易管理の枠組みにおいて新興技術として位置づけられている人工知能分野の技術のうち「深層学習」、また、量子技術のうち「量子コンピューティング」をそれぞれケースとして取り上げ記述的な分析を行う。

ここでは学術論文の共著関係を以て大学で行われる共同研究の代理指標とする。学術論文の書誌情報を用いた分析は科学研究を対象とした社会科学の研究で広く用いられている。一方で、Hicks et al. (2015)が指摘するように、科学力等の指標として用いるには限界がある。例えば、分野により論文の位置づけが異なること、また、論文の単位や著者の位置づけが異なることなどである。しかし、分野がある程度揃っており、しかもその分野内で論文が研究成果の主たる公表手段として位置づけられているのであれば、有効な指標となる。

この点、深層学習、量子コンピューティングとも、一定の限定された分野であり、しかも、論文が主たる成果として扱われているため、論文の書誌情報を用いた分析に支障が無い。ただし、深層学習については汎用技術であり、応用した成果は多分野にわたっているため、若干の不適切さを含んでいることに留意が必要である。

分析のデータセットと留意点

分析では Web of Science に採録された学術誌（主として英文誌）掲載論文^{vi}のうち、2000年から 2020 年に出版され、かつ、タイトル、抄録、著者によるキーワードのいずれかに “deep learning”、”quantum comput*”^{vii}を含むものの書誌情報を用いた。データの処理は R の bibliometrix パッケージ (version 3.15) によって行い、国際共著関係を抽出した。論文と国・地域の対応づけは同パッケージの処理に従い、責任著者の住所国・地域を基にした。ただし、同パッケージでは台湾が自動的に中国に分類されてしまう。国際的な論文の共著関係では中国本土と条件が大きく異なるものと考えられるため、本研究においては同パッケージを修正し、台湾を区別できるようにした。

ただし、国際共著関係の解釈には以下の 2 点の留意事項がある。

第一に、責任著者から見て外国の客員教授、訪問教授などの一時的な地位や名誉的な地



位が著者の所属機関として表示されている場合、形式上、国を超えた共著関係として判定されてしまっている。この除外には完全な名寄せを行う必要があり、作業が困難であったため、対応できていない。

第二に、大学院生やポストドクターの研究者が修了や異動によって、外国に就職したことによって、所属上は国際共著となっているものが含まれてしまっている。とくに学術論文の生産には大学院生の寄与が大きい (Larivière, 2012)。このような関係も知識の移転チャンネルと見ることができるため大きな問題ではないが、国際共同研究関係というにはやや語弊があることは限界である。

見かけ上の国際共著への対処、および、中国出身研究者の国際頭脳循環の把握

(近年の被引用数上位 3%論文における国際共著の実態の分析)

そこで、これらの影響について検証するため、一部の論文に限って所属機関を精査した。具体的には、2017年～19年に出版された論文のうち、被引用数（後続の論文に引用された数）が上位 3%（深層学習分野）または 5%（量子コンピューティング分野）に該当するもののうち、責任著者の所属機関の所在する国が米国、中国、日本、および、被引用数上位論文の数の上位国 1カ国である論文について著者の所属を目視で精査した。なお、客員・訪問の地位や大学院生・ポストドクターの身分について論文の著者所属情報から不明である場合は、著者個人の履歴を ORCID、LinkedIn、所属機関の研究者情報、著者個人のウェブサイト等から可能な限り収集し調査した^{viii}。これにより、以下の状況を把握した。

- 実質的に非国際共著である論文：所属機関上は国際共著であるが、(a)客員・訪問の地位があることによって形式上国際共著になっていると評価できるもの、または、(b)大学院生やポストドクターの地位にあった研究者が国際的な機関の異動によって形式上国際共著になっていると評価できるもの（異動前に論文を執筆し、掲載時点では異動後であったと推測されるもの）
- 特定の国の機関に所属する著者が多数である論文：著者のうち 60%以上が特定の国の機関に所属しているもの
- 複数国の機関の著者の共著である論文：著者の所属機関の国が複数であり、かつ、特定の国の機関に所属する著者が多数である論文に該当しないもの

さらに近年科学・技術分野での知的成果の生産数において顕著な成長を遂げている中国について、その人的な国際頭脳循環の実態を把握するため、著者のうち中国出身と考えられる者を特定し、各論文の著者の中での割合を算出した。特許の発明者の出身民族の推定に姓^{ix}の情報を用いた研究（例えば Kerr et al., 2018）があることを踏まえ、中国出身と考えられるか否かは原則として著者の氏名から推定した^x。その上で、著者個人の履歴を ORCID、LinkedIn、所属機関の研究者情報、著者個人のウェブサイト等から可能な限り収集し、当該著者が中国出身（中国で生まれている、または、中国で中等・高等教育を受けている）か



否かを調査した。中国出身であるか不明であった場合は、中国出身者が 1/2 名としてカウントした。

4. ケーススタディ 1：深層学習分野

学術的な知識創出の現状

図 6 は深層学習分野での責任著者所属国別の学術論文数の推移を表している。この分野の論文は 2016 年以降爆発的に増えており、中でも中国、米国からの成果の生産が著しい。日本は上位 7 カ国に入ってはいるが、韓国、インドに量的な生産性で及ばない状況にある。

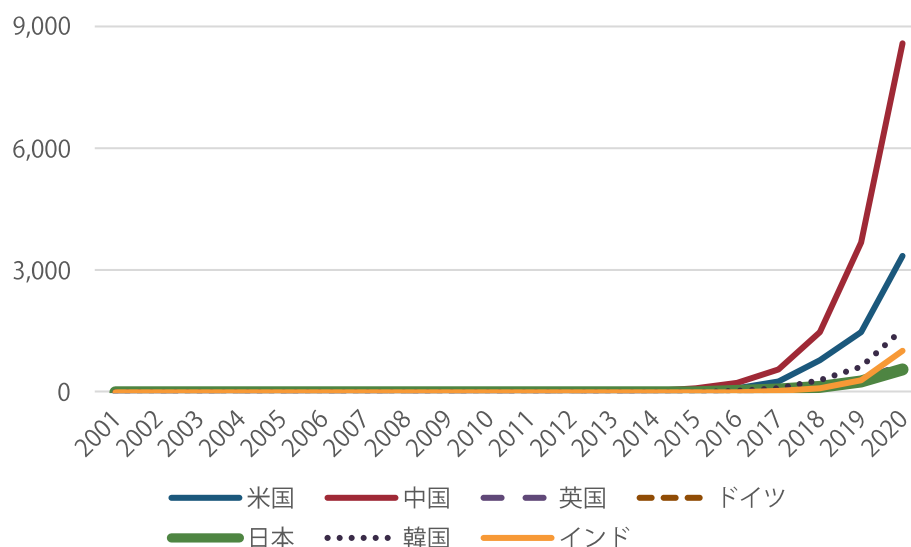
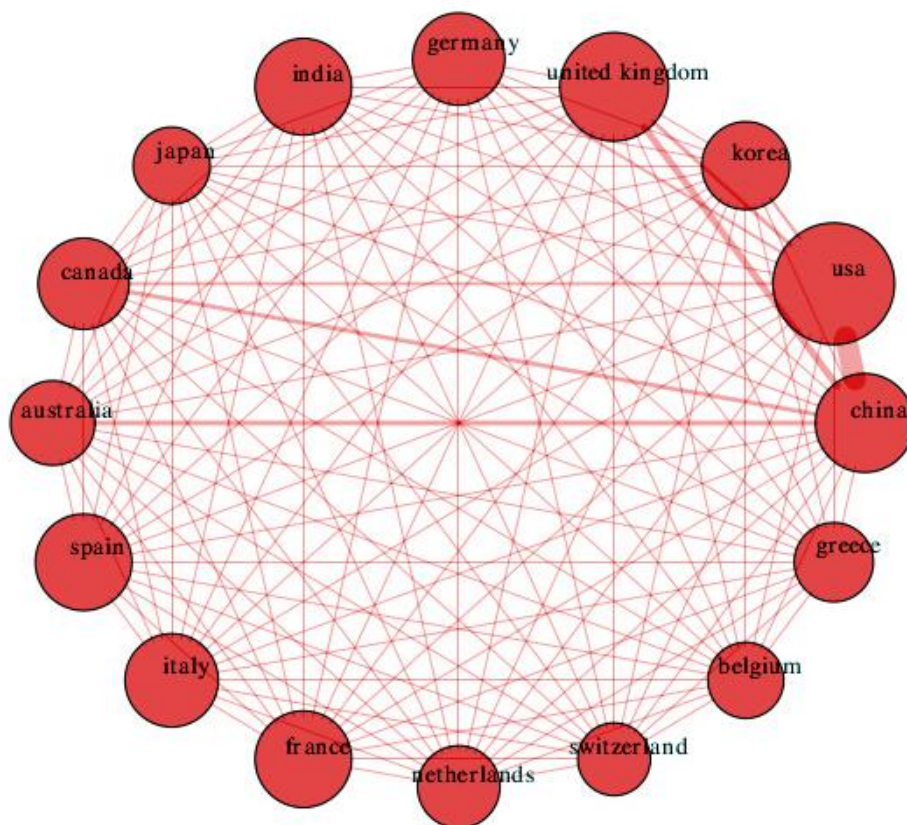


図 1 国際的な学術誌での深層学習分野の責任著者所属国別論文数（上位 7 カ国）

国際共同研究の現状

近年の深層学習分野の学術論文の国際共著を示したものが図 2 である。ここからは、中国が主要国間での国際共著関係の中心的な位置にいたることがうかがわれる。米国と極めて多数の共著関係にあり、これに加えて、イギリス、カナダ、オーストラリアの最大の共著相手でもある。米国も同様に国際的な共著関係が多い。他方、日本は米国、中国との共著関係があるが、総じてその他の国とのつながりは弱い。この傾向は韓国、カナダ、オーストラリアも同様である。



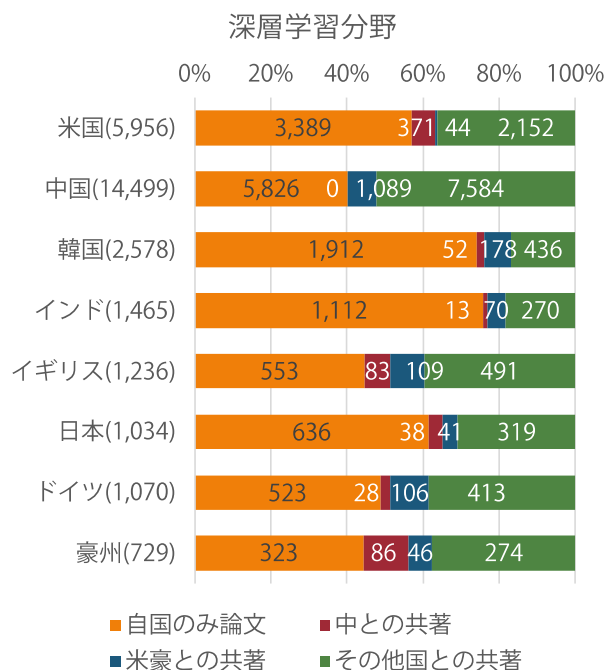
(注) 線の太さは共著関係の多さを、点線はグループを超えた共著関係を、円の大きさは連携相手国・地域の多さを表す。なお、責任著者以外の著者間の共著を含む。

図 2 深層学習分野の学術論文（2016-2020）の国際共著関係（主要国のみ）

各国で生み出された論文のうち国際共著に由来するものの割合を示したものが図 3 である。中国は自国機関所属者のみによる論文数が 2016 年から 20 年までの 5 年間に 5,826 報と圧倒的に多いが、国際共著の成果も 8,673 報と多い。国際共著論文数で第 2 位の国は米国であるがその数は 2,567 報に留まる。中国の国際共著論文数が際立っている。

中国、米国間の共著論文は、それぞれの国の論文数のそれぞれ 8%（中国）、6%（米国）であった。論文生産数上位国で最も中国との共著の割合が大きい国はオーストラリア（12%）、イギリス（7%）であった。

なお、日本は相対的にみると国際共著論文の割合が少ないが、米国、中国とほぼ均等に共著関係にあることがわかる。



(注) 国の横の括弧は責任著者論文数。臙脂色の分野は中国との共著、紺色の分野は米国・豪州との共著を指す(中国、および、米国または豪州と一つの論文で共著関係にある場合、重複カウントされている)。

図 3 深層学習分野の学術論文 (2016-2020) の論文のうち国際共著の割合

近年の被引用数上位 3%論文における国際共著の実態

2017年～2019年に出版された深層学習分野の学術論文のうち被引用数上位 3%のもの著者の所属国の構成を調査した結果が図 4 である。中国所属者を責任著者とする被引用数上位論文のうち 40%が実質的な国際共著である一方、米国所属者を筆頭著者とする被引用数上位論文では 24%にとどまっていた。

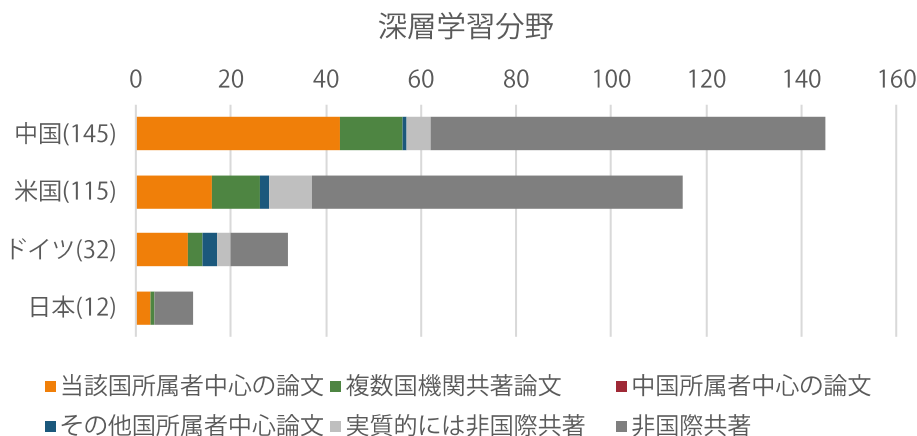
米国所属者を筆頭著者とする論文では実質的には非国際共著である論文が相対的に多く全体の 8%を占めていたが、これは全て米国の大学で博士課程を修了したか、ポストドクター研究者であった者が出身国または米国以外の国に就職したためであった。このことはこの分野で米国が世界的に若手研究人材の訓練の場として機能していることを示唆している。

中国の国際共著には少なからず中国機関所属研究者と海外研究機関所属の中国出身研究者との共著がみられた。しかも多くの場合で中国所属者が多数であり、海外所属者が 1 名という構成であった。これらの共著の相手は 1990 年代から 2010 年代に海外で博士号を取得し、トップ研究大学で研究職を得た者であることが多く、同じ文化を共有する国際的な研究ネットワークが形成されていることが見てとれた。

日本に注目すると、国際共著である割合は米国と中国の間である 33%であった。近年



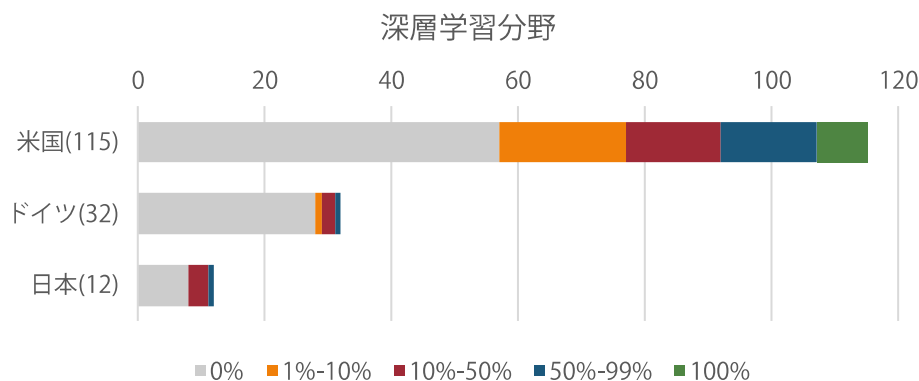
の総論文生産数が似ているドイツと比べると被引用数上位論文数が少なかった。被引用数上位論文の中で国際共著論文はまた、日本出身の若手の研究者が契機となって国際共著となっている論文がほぼみられず。将来的な国際共著の芽が育っていない可能性がうかがわれた。



(注) 著者の 60%以上が特定の国に所属を持つ場合に当該特定国所属者中心の論文とし、そうでない場合は多国籍論文とした。博士課程学生、ポストドクトラルフェロー等の異動、もしくは、客員の地位を通じた形式的国際共著の場合は実質的には非国際共著とした。

図 4 深層学習分野の被引用数上位 3%の学術論文 (2017-2019) のうち責任著者所属国別論文著者構成の内訳

2017年～2019年に出版された深層学習分野の学術論文のうち被引用数上位3%のもので中国出身の著者の割合を整理したものが図5である。ドイツ、日本では中国出身者が含まれる論文の割合は大きくなかったが、米国では50%の論文で中国出身者が含まれていた。この中には博士課程学生やポストドクター研究者も多く含まれていたが、中国のトップ研究大学での教授が含まれているなど、国際的な研究ネットワークにおける中国出身研究者の影響力の大きさが推測された。



(注) 著者が中国出身であるかは名前を基に判定し、可能な範囲で略歴を調査した。

図 5 深層学習分野の被引用数上位 3%の学術論文 (2017-2019) のうち中国出身著者の割合



合別論文数

5. 量子コンピューティング分野^{xi}

学術的な知識創出の現状

量子コンピューティングに関する国際的な学術誌での論文数を責任著者の所属国別に集計した結果が図 6 である。同図では集計対象となった 20 年間の論文数の上位 7 カ国に絞ってある。

米国所属の研究者は 2000 年代初頭から多数の論文を生産し、他国に生産数において大きな差をつけていたが、2000 年代後半から中国が追いつきはじめ、2014 年以降はわずかながら中国に生産数で負けている状況にある。英国、ドイツ、日本、カナダは緩やかに数が増えているが、2010 年代は米・中に差をつけられている。伸びが著しいのがインドであり、2018 年以降は英国、ドイツ、日本、カナダの 2 番手グループの上位に位置するようになった。

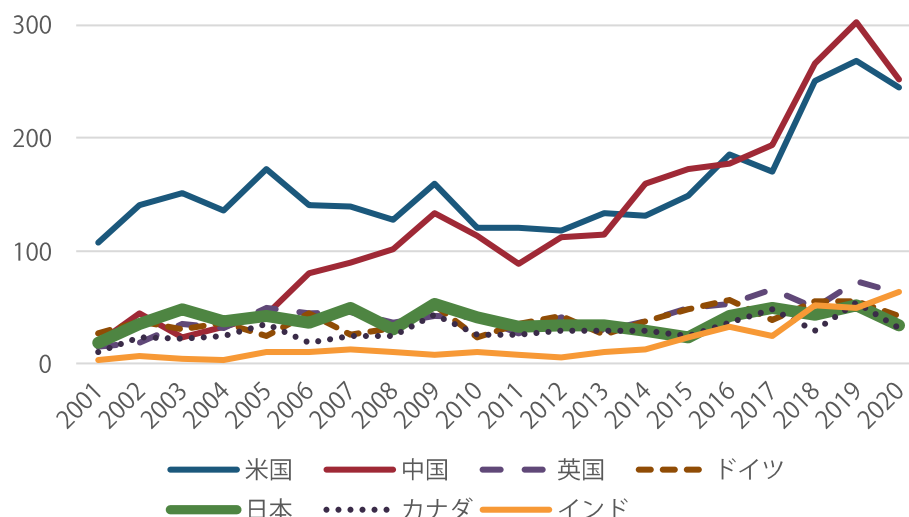
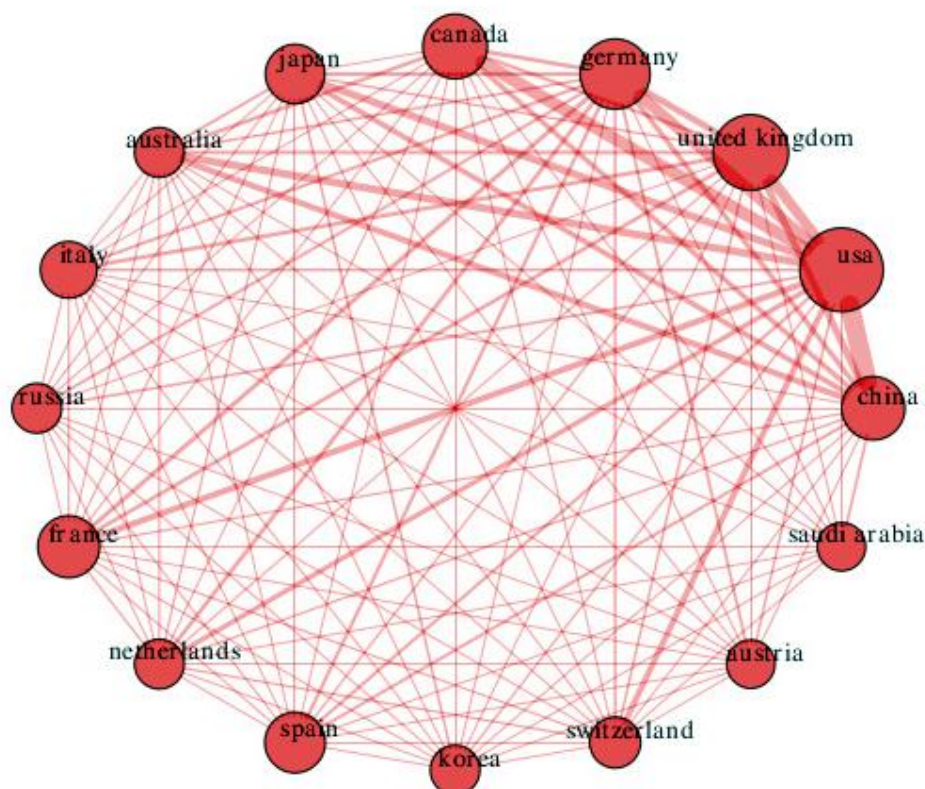


図 6 国際的な学術誌での量子コンピューティング分野の責任著者所属国別論文数（上位 7 カ国）

国際共同研究の現状

近年の深層学習分野の学術論文の国際共著を示したものが図 7 である。米国が国際共著関係の中心にすることがわかる。米国は、中国と多数の共著があり、また、英国、ドイツ、カナダとも多数の論文の共著関係にあることがわかる。中国も米国と同様に英国、カナダ、オーストラリア等、複数の国と多数の共著関係にある。日本は、米国、中国との共著が相対的に多く、オーストラリアと類似の傾向を示している。

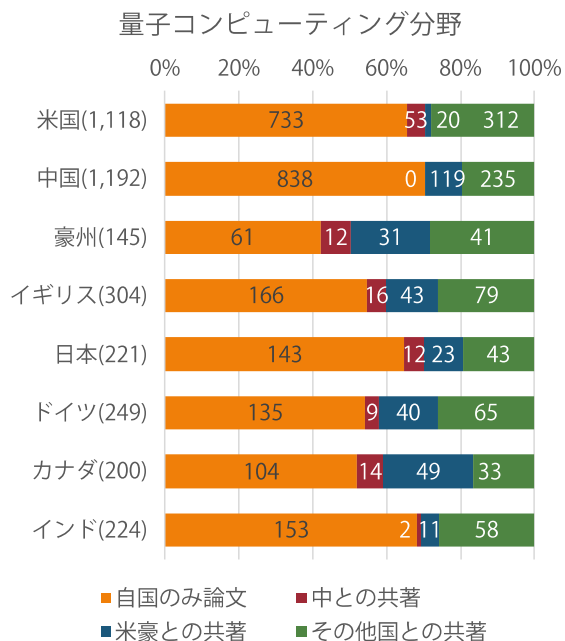


(注) 線の太さは共著関係の多さを、円の大きさは連携相手国・地域の多さを表す。なお、責任著者以外の著者がそれぞれ異なる国所属していることによる共著を含む。

図 7 量子コンピューティング分野の学術論文 (2016-2020) の国際共著関係 (主要国のみ)

各国で生み出された論文のうち国際共著に由来するものの割合を示したものが図 8 である。中国、米国とも、自国機関所属者のみによる論文の割合が相対的に高く、国際共著は主要国の中でみると限られている。両者の差異は国際共著論文の相手方の偏りにある。中国は国際共著論文の 43%が米国との共著である一方、米国は国際共著のうち中国との共著は 17%にとどまる。中国は、全論文に占める米国との共著論文の割合も 21%とやや多い。

全論文に占める中国との共著の割合を見ると、豪州が 10%と相対的に高く、米国は 5%、イギリス、カナダは 7%、日本は 6%である。量子コンピューティング分野については、米中の科学研究での共同関係は、中国がやや米国に依存している関係にあることがうかがわれる。ただし、双方が自国の機関のみで極めて多数の学術論文を生産していることは無視すべきではない。



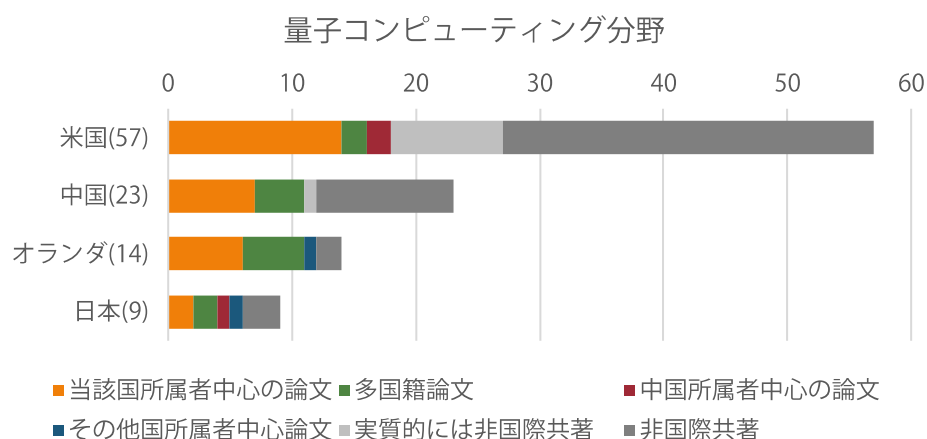
(注) 国の横の括弧は責任著者論文数。臙脂色の分野は中国との共著、紺色の分野は米国・豪州との共著を指す(中国、および、米国または豪州と一つの論文で共著関係にある場合、重複カウントされている)。

図 8 量子コンピューティング分野の学術論文(2016-2020)の論文のうち国際共著の割合

近年の被引用数上位 5%論文における国際共著の実態

2017年～2019年に出版された量子コンピューティング分野の学術論文のうち被引用数上位 5%のもの著者の所属国の構成を調査した結果が図 9 図 4 である。中国所属者を責任著者とする被引用数上位論文のうち 48%が実質的な国際共著である一方、米国所属者を筆頭著者とする被引用数上位論文では 32%にとどまっていた。とくに米国は博士課程学生、ポストドクター研究者の国際異動を中心とする形式的な国際共著が全体の 16%を占めており、米国の研究者を中心に卓越した成果を多数生み出していることがわかる。

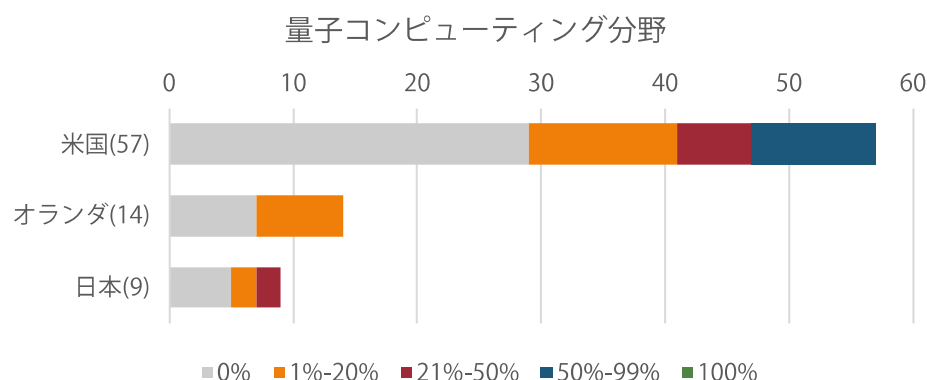
一方、オランダは 86%、日本は 67%と米国、中国に比べると国際共著の割合が高い。国際共同研究の相手として積極的に選ばれていると解釈できるが、一方で、海外の研究機関に依存している状況にある可能性もある。



(注) 著者の60%以上が特定の国に所属を持つ場合に当該特定国所属者中心の論文とし、そうでない場合は多国籍論文とした。博士課程学生、ポストドクトラルフェロー等の異動、もしくは、客員の地位を通じた形式的国際共著の場合は実質的には非国際共著とした。

図9 量子コンピューティング分野の被引用数上位5%の学術論文(2017-2019)のうち責任著者所属国別論文著者構成の内訳

2017年～2019年に出版された深層学習分野の学術論文のうち被引用数上位3%のもので中国出身の著者の割合を整理したものが図5である。米国、オランダ、日本とも中国出身者が含まれる論文の割合は40～50%であった。とくに米国所属者を責任著者とする論文では過半数が中国出身者であるものが全体の18%を占めていた。この中には博士課程学生やポストドクター研究者も多く含まれていたが、深層学習分野同様、中国のトップ研究大学での教授が含まれているなど、国際的な研究ネットワークにおける中国出身研究者のインパクトが推測された。



(注) 著者が中国出身であるかは名前を基に判定し、可能な範囲で略歴を調査した。

図10 量子コンピューティング分野の被引用数上位5%の学術論文(2017-2019)のうち中国出身著者の割合別論文数



6. ケーススタディからの発見

以上の結果を整理すると表 1 のとおりとなる。

表 1 ケーススタディ小括

| | | 米国 | 中国 | 日本 |
|-------------|------|---|--|-----------|
| 深層学習 | 論文生産 | 第 2 位 被引用数上位の論文生産の半数近くで中国出身者著者を含む | 第 1 位 | 第 5 位 |
| | 国際共著 | 全論文の 40%弱 | 全論文の 60%、被引用数上位の論文でも相対的に国際共著が多く、複数国でのチームの成果も多い | 全論文の 40%弱 |
| 量子コンピューティング | 論文生産 | 第 1 位グループ 被引用数上位の論文生産の半数近くで中国出身者著者を含む | 第 1 位グループ | 第 3 位グループ |
| | 国際共著 | 全論文の 30%強、被引用数上位論文数は中国の倍だが、被引用数上位の論文では実質的な国内共著が多い | 全論文の 30%弱、被引用数上位論文の中では相対的に国際共著が多い | 全論文の 30%強 |

新興技術である深層学習、量子コンピューティングの 2 つの技術分野では、米国・中国が学術的な研究の世界的な中心に居ることが確認されるとともに、これらの両国とも国際的な共同研究を盛んに行っていることもまた確認できた。とくに被引用数上位の論文に限ると中国のほうがより多くの国際共同研究に関与している傾向があり、今後の両分野での研究活動が両極で発展していく可能性が示唆された。

とくに被引用数上位の論文において中国所属者の手による論文の国際共著で見受けられたものが、米国を中心とするトップ研究大学における中国出身者の研究者ネットワークであった。多数の中国出身の博士課程学生、ポストドクター研究者、そして、1990 年代～2000 年代に海外（とくに米国）で博士号を取得した中堅・シニアの常勤研究者が寄与している傾向が見て取れた。つまり、中国の国際共著は表面的なものではなく、20 年近くにおわたる国際的な頭脳循環の成果であり、一時的な現象ではなくむしろこれから更に強化されている可能性もあるものであることが推測された。

このような中で日本は両極との関係で相対的に見ると論文の生産では目立たない面があるが、イギリス、ドイツなどと並ぶ二番手、三番手のグループに位置していることもわ



かった。また、全論文に占める国際共同研究の割合は概ね米国と類似した状況にある。米中の両極にこれらの技術分野での学術研究で量的に伍することは困難であることが推測されるが、一方で質的な面では追随可能な素地があると解釈できるように思われる。

ただし、量子コンピューティング分野で見られたように、中国と異なり国際共同研究の多くが中堅研究者、シニア研究者によるものであった。若手の寄与が少ないことは、今後、10年、20年の期間でみた場合、国際共同研究のネットワークから徐々に遠くなってしまう可能性を示唆しているように思われる。

7. 政策への示唆

本研究は、科学・技術上の競争優位を論じる際に必要な個別の分野での各国の現状の競争力、そして、将来の競争力の芽の観測を、新興技術分野のケーススタディを通じて行ったものである。

今回調査をした2分野では中国は米国と伍する科学研究の力を有している可能性が示唆された。その知識生産にあたっては一定程度米国に依存している傾向も見えたものの、米国のトップ研究大学で訓練を受け、しかもそれらの大学で職を得た中国出身者研究者が中国所属の研究者とネットワークを組んでいることの影響が少なからずみられ、仮に両国のデカップリングが進んだとしても中国の科学研究の知識面でのインプットが大きく減少することは想定しにくかった。すなわち、これらの分野では中国の科学研究力はこれからも伸びていくことを前提にした競争戦略の立案が必要になると考えられる。

日本の科学研究力については今回調査をした2分野では絶対量では米国、中国に敵わないものの、2番手・3番手の国として一定の存在感があることが確認できた。ただし、若手の寄与が少なく、今後の競争力維持には懸念点が残った。海外の研究拠点に蓄積された科学知識を積極的に吸収し、日本での研究の発展につなげる人材の戦略的な育成が望まれる

Jeong et al. (2013)国際的な研究のネットワークを拡大していくには、留学生や研究者の海外派遣が有効な手段となる。とくに若手に対する留学支援のさらなる拡充は、中長期的な日本の科学・技術研究力を支えるもとになると予想される。ただ、それだけではおそらく不十分であることが予想される。そもそも自然科学分野、とりわけ、今回調査対象の2分野の科学的知見の基盤となる物理・数学分野に注目すると、大学・公的研究機関での研究者数そのものの減少が見て取れる^{xii}。2007年から2020年までの14年の間に物理・数学・地学分野の研究者数は大学・公的研究機関で2万人から1.8万人に、企業で7.4万人から6.8万人それぞれ減ってしまっている。研究者数自体が研究活動の重要なインプットであることを考え、また、現状の米国・中国の急速な科学技術研究力の進展を見ると、5年後の即戦力となる中堅・シニア人材もまた戦略的な育成対象とすることも不可欠であると考えられる。



【参考文献一覧】

- Burke, A., Okrent, A., & Hale, K. (2021). U.S. and Global Science and Technology Capabilities. In *The State of U.S. Science and Engineering 2022*. National Science Foundation.
- Feldgoise, J., & Zwetsloot, R. (2020). *Estimating the Number of Chinese STEM Students in the United States*. Center for Security and Emerging Technology, Georgetown University.
- Glänzel, W., & Schubert, A. (2005). Domesticity and internationality in co-authorship, references and citations. *Scientometrics*, 65(3), 323-342.
- Guan, J., Zuo, K., Chen, K., & Yam, R. C. (2016). Does country-level R&D efficiency benefit from the collaboration network structure?. *Research Policy*, 45(4), 770-784.
- Hicks, D., Wouters, P., Waltman, L., De Rijcke, S., & Rafols, I. (2015). Bibliometrics: the Leiden Manifesto for research metrics. *Nature News*, 520(7548), 429.
- Jeong, S., Choi, J. Y., & Kim, J. Y. (2014). On the drivers of international collaboration: The impact of informal communication, motivation, and research resources. *Science and Public Policy*, 41(4), 520-531.
- Kerr, S. P., & Kerr, W. R. (2018). Global collaborative patents. *The Economic Journal*, 128(612), F235-F272.
- Lewis, D. (2020). Australia is cracking down on foreign interference in research. Is the system working?. *Nature News*, 584(7820), 178-179.
- National Science Foundation (NSF) (2021). *Doctorate Recipients from U.S. Universities: 2020*. NSF 22-300 <https://nces.nsf.gov/pubs/nsf22300/assets/report/nsf22300-report.pdf>
- National Science Foundation (NSF) (2019). *Fundamental Research Security*. https://www.nsf.gov/news/special_reports/jasonsecurity/JSR-19-2IFundamentalResearchSecurity_12062019FINAL.pdf
- OECD (2013). *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2013*. OECD Publishing.
- Onodera, N., & Yoshikane, F. (2015). Factors affecting citation rates of research articles. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 66(4), 739-764.
- Royal Society (2011), *Knowledge, networks and nations: Global scientific collaboration in the 21st century*. <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/knowledge-networks-nations/report/>
- Sugimoto, C. R., Robinson-García, N., Murray, D. S., Yegros-Yegros, A., Costas, R., & Larivière, V. (2017). Scientists have most impact when they're free to move. *Nature*, 550(7674), 29-31.
- Zhou, P., Cai, X., & Lyu, X. (2020). An in-depth analysis of government funding and international collaboration in scientific research. *Scientometrics*, 125(2), 1331-1347.
- 西川開・黒木優太郎・伊神正貫(2021)「科学研究のベンチマーキング 2021—論文分析でみ



る世界の研究活動の変化と日本の状況」文部科学省科学技術・学術政策研究所，調査資料 312.

松本久仁子・小野寺夏生・伊神正貫(2019)「論文の引用・共著関係からみる我が国の研究活動の国際展開に関する分析」文部科学省科学技術・学術政策研究所，調査資料 285.

吉岡（小林）徹(2020)「先端技術分野での国際的な知識伝播の現状の可視化 一米中の技術的なデカップリングを検討する素材として一」公益財団法人中曽根康弘世界平和研究所経済安全保障研究会研究報告 No. 4.

吉岡（小林）徹(2021)「米中の技術的なデカップリングと大学の国際共同研究への影響」東京大学未来ビジョン研究センター安全保障研究ユニット 2020 年度エッセイ・シリーズ.

ⁱ ただし、Onodera and Yoshiokane (2017)は国際共著と被引用数の間に有意な相関を見出していない。これは、同じ2国間の国際共著であっても、論文の責任著者との関係でその意義が異なる。例えば学術的なインパクトであれば一般に先進国の著者が責任著者である場合に高い傾向がある (Zhou et al., 2020) ためである可能性がある。

ⁱⁱ NSF (2019). *Fundamental Research Security*.がその考え方の基礎を提供している。

ⁱⁱⁱ 経済産業省は2022年に「安全保障貿易に係る機微技術管理ガイダンス（大学・研究機関用）第4版」を公開し、大学もまた体制の整備を進めている。

^{iv} <http://uis.unesco.org/en/uis-student-flow>での2022年2月時点のデータによる

^v 例えば、文部科学省科学技術・学術政策局 参事官（国際戦略担当）付(2021)「国際頭脳循環の推進について」。

^{vi} *Proceedings*等は除外した。分野の性質に鑑み、必ずしも妥当な処理でない可能性が残されている。

^{vii} 検索キーワード内の*はワイルドカード文字、すなわち、どのような文字でも良いことを表す。主として *quantum computing*, *quantum computer* が対象となる。

^{viii} 情報が不明であった

^{ix} なお、Kerrらが名を用いていないのは米国特許において名はイニシャルのみの表示にとどまるためである。

^x このとき、いわゆる *English Name* を名乗っている者についても調査をしたが、若干の香港出身者を除いて中国出身者ではない傾向があったため、これらの者は中国出身者として扱わないこととした。

^{xi} 本節の詳細、とくに時系列的な変化の分析結果は吉岡（小林）徹(2020)に詳しい。

^{xii} 他分野では概ね増加しているなか、例外的な傾向にある。