

概要

(裏白紙)

サイエンスマップ 2020 の概要

1. サイエンスマップとは？

サイエンスマップとは、科学技術・学術政策研究所において定期的に作成している科学研究の地図である。論文データベースの分析により国際的に注目を集めている研究領域を定量的に抽出し、それらが、互いにどのような位置関係にあるのかを俯瞰図として可視化している。

サイエンスマップは、国際的に注目を集めている研究領域に着目しているのが特徴である。従来の伝統的分野概念である化学、物理学、材料科学などの大きな分類ではなく、新たな研究の視点の出現や具体的な研究コミュニティを、よりシャープに想定できるレベルとなっており、科学研究の動向をモニターするのに適している。

サイエンスマップの作成は、大きく分けて①論文のグループ化による研究領域の俯瞰、②研究領域のマッピングによる可視化、③研究領域の特徴語抽出の3つを経て行われる。

サイエンスマップ 2020 では、2015 年から 2020 年までの 6 年間に発行された論文の中で、各年、各分野（臨床医学、植物・動物学、化学、物理学など 22 分野）において被引用数が上位 1% である Top1% 論文（約 10.1 万件）を分析に用いた。これら Top1% 論文に対して、「共引用」を用いたグループ化を 2 段階（論文→リサーチフロント→研究領域）行った。これにより 919 領域が得られた。

研究領域を構成している論文（Top1% 論文）を「コアペーパー」と呼ぶ。また、コアペーパーを引用している論文を「サイティングペーパー」、その中でも被引用数の高い論文を「サイティングペーパー（Top10%）」と呼ぶ。コアペーパーは研究領域を先導する論文であり、研究領域を山に例えるならば山頂部分である。サイティングペーパーはコアペーパーをフォローしている論文であるので山の裾野、サイティングペーパー（Top10%）は山の中腹部分と考えることができる。

これまで、当所では隔年でサイエンスマップ 2002 から 2018 までの 9 時点のサイエンスマップを作成してきた。本概要では適時それらも参照し、サイエンスマップ 2020 の分析の内、以下を紹介する。

- 科学研究の潮流と日本の状況
 - ・ サイエンスマップ 2020 にみる科学研究の状況
 - ・ 人工知能が関係している研究領域の動向
 - ・ 社会科学等が関係している研究領域の動向
 - ・ サイエンスマップへの日本及び主要国の参画状況
- Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類と、それを用いた日本の活動状況の理解
 - ・ Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類
 - ・ Sci-GEO チャートを用いてみる日本と主要国の動向
 - ・ Sci-GEO チャートを用いた研究領域の移行の特徴
- 研究段階についての分析
- サイエンスマップと技術のつながりの分析
- ファunding機関・プログラム等のサイエンスマップ 2020 における出現状況
- サイエンスマップを用いた機関レベルの研究活動状況の把握

2. 科学研究の潮流と日本の状況

(1) サイエンスマップ 2020 にみる科学研究の状況

サイエンスマップ 2020 (2015 年から 2020 年) では、国際的に注目を集める研究領域として 919 領域が抽出された。概要図表 1 にサイエンスマップ 2020 を示す。

◇ 拡大を続ける科学研究

サイエンスマップ 2002 から数えて、サイエンスマップ 2020 は 10 時点目となる。サイエンスマップ 2002 では、国際的に注目を集める研究領域として抽出されたのは 598 領域であったが、サイエンスマップ 2020 では 919 領域である。研究領域数はサイエンスマップ 2002 から 2020 にかけて 54% 増加した。研究領域数の増加は、世界における論文数の増加、中国などの新たなプレーヤーの参画による研究コミュニティの拡大、新たな研究領域の出現、既存の研究領域の分裂等の複合的な要因によるものである。

◇ サイエンスマップ 2020 の全体像

サイエンスマップ 2020 では、919 領域それぞれの特徴を表す語(特徴語)の抽出を行った。また、サイエンスマップの大きな内容を把握しやすいように、共通の特徴語を持つ研究領域の集まり(研究領域群)を定量的に判定し、研究領域群を示すガイドを参考としてマップ上に描いている。

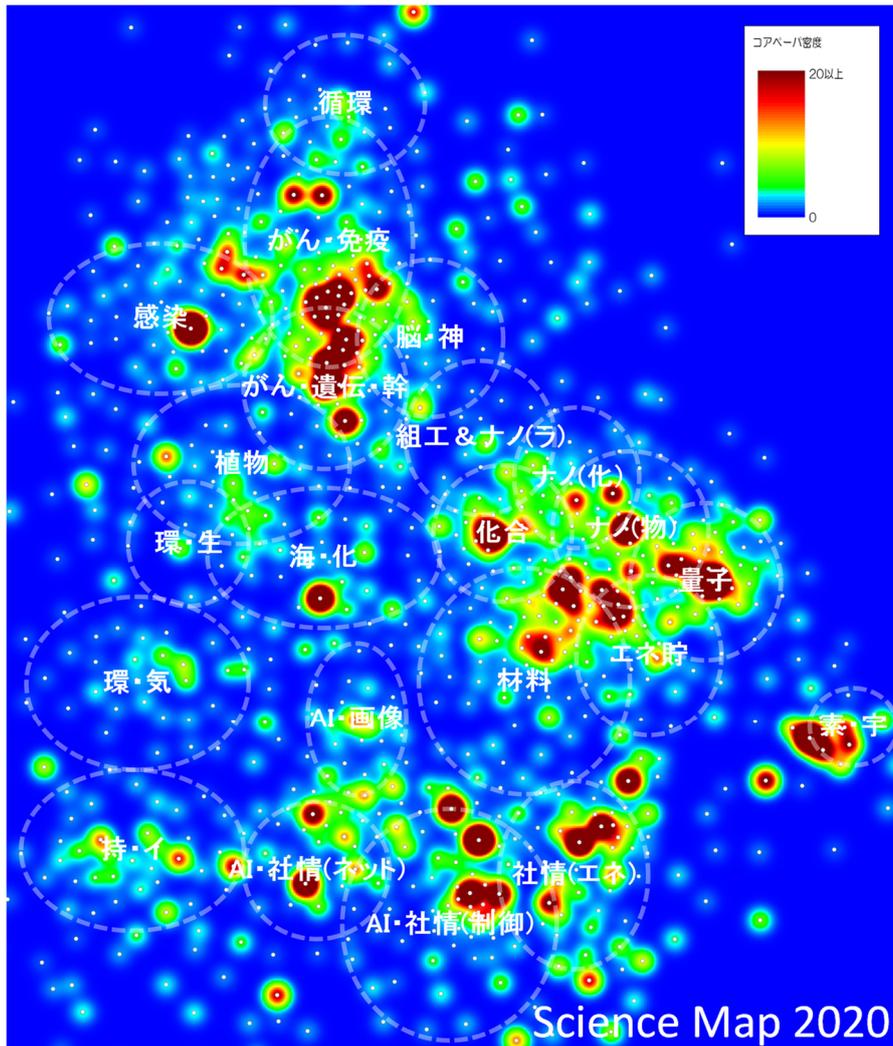
サイエンスマップ(概要図表 1)の左上部分には、生命科学に関わる研究領域群がみられる。ここには、『循環器系疾患研究』があり、その下に左から『感染症研究』、『がん・免疫研究』、『がんゲノム解析・遺伝子・幹細胞研究』、『脳・神経研究』、『植物科学研究』、『組織工学&ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)』といった研究領域群が含まれている。

『植物科学研究』の左下方には、『環境・生態系研究』、『環境・気候変動研究』、『海洋汚染・化学物質研究』といった 3 つの研究領域群が存在している。サイエンスマップの右下部分からみると、『素粒子・宇宙論研究』があり、『量子情報処理・物性研究』、『エネルギー貯蔵研究』、『材料研究』、『ナノサイエンス研究(物理学)』、『ナノサイエンス研究(化学)』、『化学合成研究』が存在している。ナノサイエンス研究に関わる研究領域の数が、サイエンスマップ 2002 と比べて大きく増加している。

サイエンスマップ 2020 の下方には、『AI 関連研究(画像認識)』、『AI・社会情報インフラ関連研究(ネットワーク)』、『AI・社会情報インフラ関連研究(自動制御)』、『社会情報インフラ関連研究(エネルギー等)』、『持続可能な発展・イノベーション研究』が存在している。

サイエンスマップ上、研究領域群でくられていない部分にも、研究領域は存在している。研究領域群に入るか、入らないかは、ある研究領域とコンセプトをともにしている研究領域が、一定の密度で存在しているか、いないかの違いである。したがって、研究領域群に含まれない研究領域は、重要ではないということではない。各研究領域に含まれる上位 10 位までの特徴語については、「APPENDIX 2. サイエンスマップ 2020 研究領域詳細シート」に示しているので、研究領域の詳細について知りたい場合は、そちらを参照されたい。

概要図表 1 サイエンスマップ 2020 の全体像



短縮形	研究領域群名	短縮形	研究領域群名
循環	循環器系疾患研究	ナノ(化)	ナノサイエンス研究(化学)
感染	感染症研究	ナノ(物)	ナノサイエンス研究(物理学)
がん・免疫	がん・免疫研究	量子	量子情報処理・物性研究
がん・遺伝・幹	がんゲノム解析・遺伝子・幹細胞研究	エネ貯	エネルギー貯蔵研究
脳・神	脳・神経研究	材料	材料研究
植物	植物科学研究	素・宇	素粒子・宇宙論研究
環・生	環境・生態系研究	AI・画像	AI関連研究(画像認識)
環・気	環境・気候変動研究	AI・社情(ネット)	AI・社会情報インフラ関連研究(ネットワーク)
海・化	海洋汚染・化学物質研究	AI・社情(制御)	AI・社会情報インフラ関連研究(自動制御)
化合	化学合成研究	社情(エネ)	社会情報インフラ関連研究(エネルギー等)
組工&ナノ(ラ)	組織工学&ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)	持・イ	持続可能な発展・イノベーション研究

注1: 本マップ作成には Force-directed placement アルゴリズムを用いているため、上下左右に意味は無く、相対的な位置関係が意味を持つ。報告書内では、生命科学系が左上、素粒子・宇宙論研究が右下に配置されるマップを示している。

注2: 白丸が研究領域の位置、白色の破線は研究領域群の大きな位置を示している。他研究領域との共引用度が低い一部の研究領域は、マップの中心から外れた位置に存在するため、上記マップには描かれていない。研究領域群を示す白色の破線は研究内容を大まかに捉える時のガイドである。研究領域群に含まれていない研究領域は、類似のコンセプトを持つ研究領域の数が一定数に達していないだけであり、研究領域の重要性を示すものではない。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

◇ 特徴語から把握する科学研究の状況(生命科学に関わる研究領域群の例)

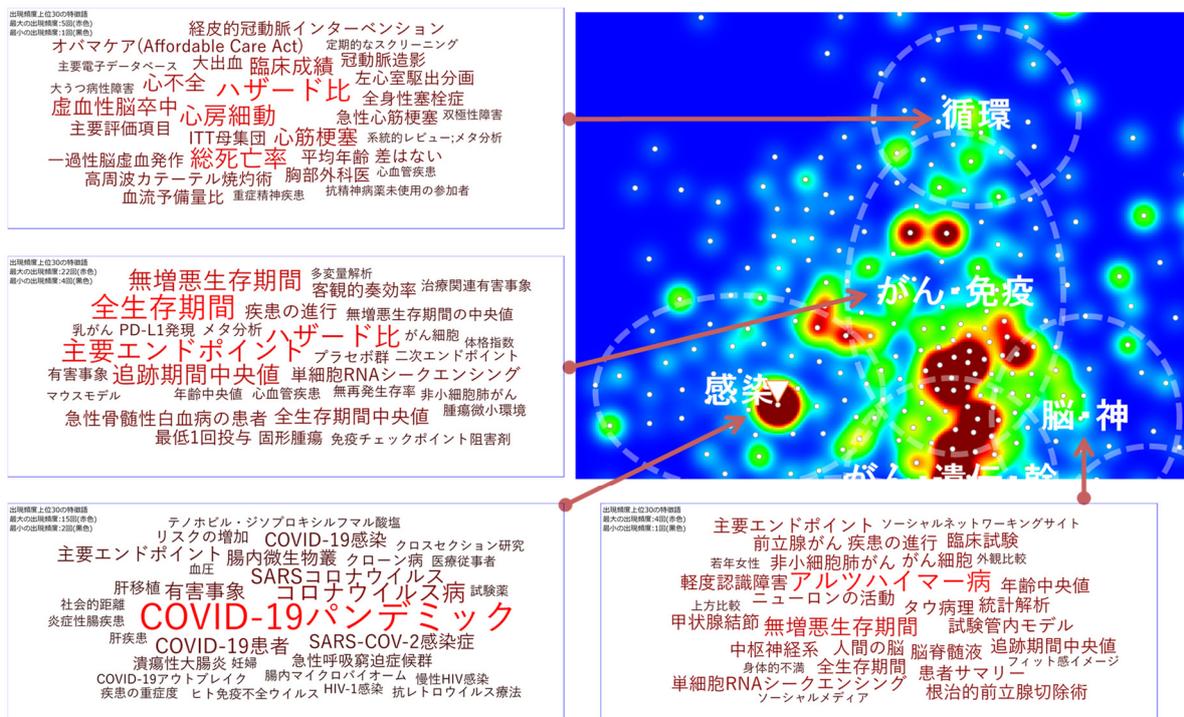
サイエンスマップ 2020 では、研究領域を構成する論文のタイトルやアブストラクト等から、研究領域の内容を示す特徴的な言葉(特徴語)を自動抽出している。ここでは、各研究領域で得られた特徴語を、研究領域群単位で集計することで、生命科学に関わる研究領域群の状況をみる。

概要図表 2 は、サイエンスマップ 2020 の生命科学に関わる研究領域群の一部分を拡大したものである。『感染症研究領域群』では、「COVID-19 パンデミック」、「コロナウイルス病」、「SARS コロナウイルス」、「COVID-19 患者」、「COVID-19 感染」といった特徴語が上位を占める。本研究領域群に含まれる研究領域の中で、最も出現回数が多い特徴語は、「COVID-19 パンデミック」であり 15 領域で出現している。また、本研究領域群の中で最も大きな研究領域も、新型コロナウイルス感染症に関する研究領域であり、510 件のコアペーパーから構成されている(概要図表 2 中、逆三角形で示した研究領域)。2019 年 12 月に中国で初めての感染例が報告された COVID-19 は、サイエンスマップ 2020 を構成する 6 年間の論文の内、2020 年しかカバーしていないが、既に多くの研究領域が出現しており、世界中で活発な研究活動が実施されたことが分かる。

『循環器系疾患研究領域群』では「心房細動」、「虚血性脳卒中」、「心不全」、「心筋梗塞」、「胸部外科医」、「全身性塞栓症」といった特徴語の出現回数が上位を占める。『がん・免疫研究領域群』では「全生存期間」、「主要エンドポイント」、「無増悪生存期間」、「追跡期間中央値」、「全生存期間中央値」といった特徴語が上位に出現している。これに加えて、「PD-L1 発現」、「免疫チェックポイント阻害剤」といった 2018 年のノーベル生理学・医学賞の対象となった、がん免疫療法に関わる特徴語も見られている。『脳・神経研究領域群』では「アルツハイマー病」の出現が一番多く、関連する特徴語として「タウ病理」、「軽度認知障害」、「ニューロンの活動」、「人間の脳」も見られる。

概要図表 3 には各研究領域群に含まれる研究領域の例を示した。

概要図表 2 生命科学に関わる研究領域群の例



注 1: 白丸が研究領域の位置、白色の破線は研究領域群の大まかな位置を示している。

注 2: 特徴語のワードクラウド中の文字の大きさは、特徴語の出現頻度に対応している。各ワードクラウドでは出現数上位 30 までの特徴語を示している。なお、文字の大きさは、研究領域群ごとに決定しているため、研究領域群間では文字の大きさを比べることはできない。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

概要図表 3 生命科学に関わる研究領域群の研究領域例

(a) 循環器系疾患研究領域群の研究領域の例

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
667	経カテーテル大動脈弁置換術;外科大動脈弁置換術;重症大動脈弁狭窄症;胸部外科医;経カテーテル大動脈弁置換術群;ベースメカ移植;大動脈弁狭窄症;低リスク患者;低い手術リスク;バルーン拡張型弁	臨床医学	38	2969	2017.4	アイランド
640	僧帽弁逆流;経カテーテル僧帽弁置換;三尖弁逆流;有効逆流開口面積;NYHA分類;心不全;左心室収縮終期容積係数;僧帽弁修復;重度の三尖弁逆流;重度の僧帽弁輪石灰化	臨床医学	20	947	2018.2	アイランド
641	メディケイド拡大;オバマケア(Affordable Care Act);健康保険の適用範囲;保険適用;拡大州;低所得成人;メディケイドカバレッジ;非拡大州;オバマケアによる医療拡大;連邦貧困水準	学際的・分野融合的領域	11	613	2016.9	アイランド
122	再入院率;病院再入院率削減プログラム;目標条件;病院再入院率削減プログラムの実施;急性心筋梗塞;心不全;退院後死亡率;経済的罰則;病院再入院率削減プログラムの発表;病院再入院	臨床医学	7	571	2017.3	スモールアイランド
553	左主幹冠動脈疾患;経皮的冠動脈インターベンション群;冠動脈バイパス手術群;冠動脈バイパス術;経皮的冠動脈インターベンション;心臓又は脳血管の重大有害事象;左冠動脈主幹病;冠動脈バイパス;バイパス手術;心筋梗塞	臨床医学	7	443	2017.9	アイランド

(b) 感染症研究領域群の研究領域の例

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
793	コロナウイルス病;SARSコロナウイルス;SARS-COV-2感染症;COVID-19患者;COVID-19感染;急性骨髄性白血病の患者;COVID-19肺炎;臨床的特徴;集中治療室;入院患者	学際的・分野融合的領域	510	21409	2019.9	ベニンシュラ
335	カンジダ・アウリス;アムホテリシンB;侵襲性感染;カンジダ・アウリス感染;カンジダ・アルビカンス;カンジダ・グラブラータ;病院での集団発生;他のカンジダ属菌;病原体の出現;高死亡率	学際的・分野融合的領域	28	785	2017.5	アイランド
776	COVID-19スケール心理的影響;COVID-19エビデミック;一般集団;内部整合性;心理的苦痛;精神測定特性;確証因子分析;身体症状;健康情報	精神医学/心理学	26	555	2020.2	ベニンシュラ
694	早産;母乳;腸内マイクロバイオームの構築;胎盤サンプル;ラクトバチルス・クリスタタス;環境要因;子宮頸管内細菌;ミルク微生物叢組成;ピフィドバクテリウム・ピフィダム;乳児腸管	学際的・分野融合的領域	19	1,768	2017.6	ベニンシュラ
565	HIV感染症;曝露前予防投与;HIV-1感染;性感染症;米国;曝露前予防投与使用;曝露前予防投与アクセス;曝露前予防投与ユーザ;HIV-1感染;ヒト免疫不全ウイルス	学際的・分野融合的領域	15	1,515	2016.5	コンチネント

(c) がん・免疫研究領域群の研究領域の例

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
890	全生存期間;無増悪生存期間;非小細胞肺がん;疾患の進行;客観的奏効率;無増悪生存期間の中央値;免疫チェックポイント阻害剤;追跡期間中央値;主要エンドポイント;急性骨髄性白血病の患者	臨床医学	366	32801	2017.4	コンチネント
891	追跡期間中央値;無増悪生存期間;慢性リンパ性白血病;疾患の進行;主要エンドポイント;急性骨髄性白血病の患者;奏効率;大型B細胞リンパ腫;ハザード比;全生存期間	臨床医学	135	6,842	2017.4	コンチネント
825	T細胞;T細胞の疲弊;慢性感染症;慢性ウイルス感染;抑制性受容体;転写因子;エフェクター機能;T細胞機能不全;組織常在性のメモリーT細胞;がん免疫療法	免疫学	55	5,307	2017.2	ベニンシュラ
892	無増悪生存期間;ハザード比;対象患者;主要エンドポイント;全生存期間;ヒト上皮成長因子受容体;病理学的完全奏効;HER2陽性乳がん;トラスツズマブ・エムタンシン;疾患の進行	臨床医学	54	4,349	2017.5	コンチネント
198	内分泌療法;進行性乳がん;無増悪生存期間;乳がん;無増悪生存期間の中央値;閉経後女性;ハザード比;サイクリン依存性キナーゼ;転移を有する乳がん;ヒト上皮成長因子受容体	臨床医学	39	2,674	2017.5	コンチネント

(d) 脳・神経研究領域群の研究領域の例

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
127	ニューロフィラメント軽鎖;脳脊髄液;アルツハイマー病;軽度認知障害;血清ニューロフィラメント軽鎖;アルツハイマー型認知症;健常対照群;ニューロフィラメント軽鎖レベル;鑑別診断;血清ニューロフィラメント軽鎖濃度	神経科学・行動学	35	1,553	2018.1	コンチネント
255	治療抵抗うつ病;抗うつ効果;エスケタミン点鼻薬;Montgomery Asbergうつ病評価尺度;抑うつ症状;抗うつ効果の持続性;抗うつ作用;MADRSスコア;自殺念慮;大きな効力	精神医学/心理学	23	804	2018.3	アイランド
81	アルツハイマー病;タウ病理;タウ蓄積;神経原線維変化;軽度認知障害;陽電子放出断層撮影;人間の脳;陽電子放射断層撮影法トレーサー;神経病理学文献;基準領域	神経科学・行動学	15	1,104	2016.8	コンチネント
475	アストロサイトの多様性;アストロサイト機能不全;アストロサイトプロセス;成人の脳;神経回路;血流;脳領域;認識低下;RNAシークエンシング;ニューロンの活動	神経科学・行動学	11	970	2017.6	コンチネント

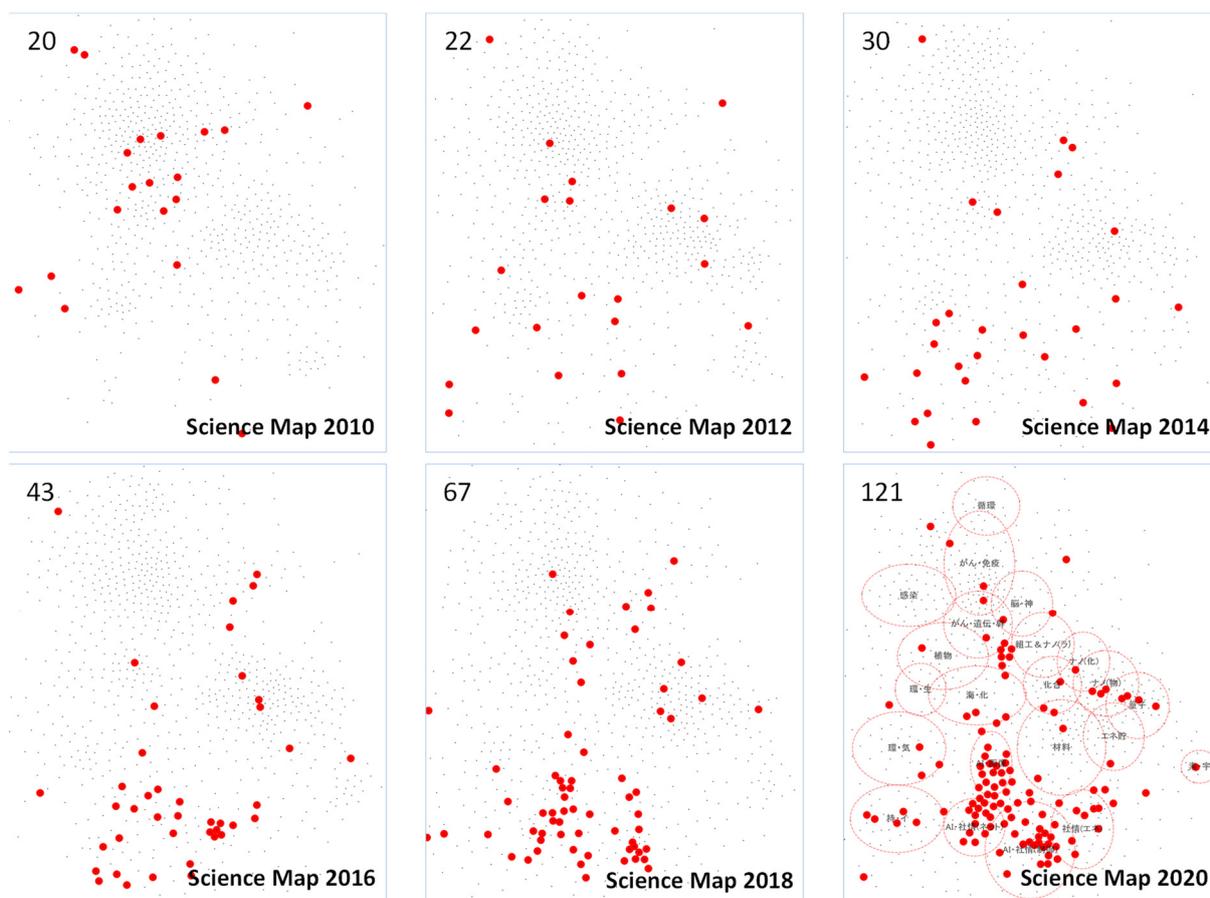
注1: 各研究領域群に含まれる研究領域の内、コアペーパー数が上位 5 に入る研究領域を示した。なお、ここでは複数の研究領域群に含まれる研究領域は除いている。「脳・神経研究領域群」については、最もコアペーパー数が大きい研究領域群が、研究領域群の内容とは異なるものであったのでリストから除いている。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

◇ AI が関係している研究領域についての分析

サイエンスマップ 2010 からサイエンスマップ 2020 の 6 時点について、AI が関係している研究領域の位置を赤くマークした結果を概要図表 4 に示した。分析に用いたキーワード等の詳細は本文の「3-2-7 AI が関係している研究領域についての分析」に示した。AI が関係している研究領域数は、サイエンスマップ 2010 時点では 20 領域であった。サイエンスマップ 2014 以降は研究領域数・割合ともに増加しており、サイエンスマップ 2020 では研究領域数は 121、全研究領域に占める割合は 13.2% である。サイエンスマップ 2018 と比べると研究領域数・割合ともに約 2 倍となっている。日本が参画している研究領域に占める AI が関係している研究領域数・割合をみると 38 領域、13.4% となっており、こちらもサイエンスマップ 2018 と比べると研究領域数・割合ともに約 2 倍となっている。

概要図表 4 AI が関係している研究領域数と位置の変化(サイエンスマップ 2010～2020)



注: AI 関連の特徴語を含む研究領域の位置を各サイエンスマップ上で示した結果。

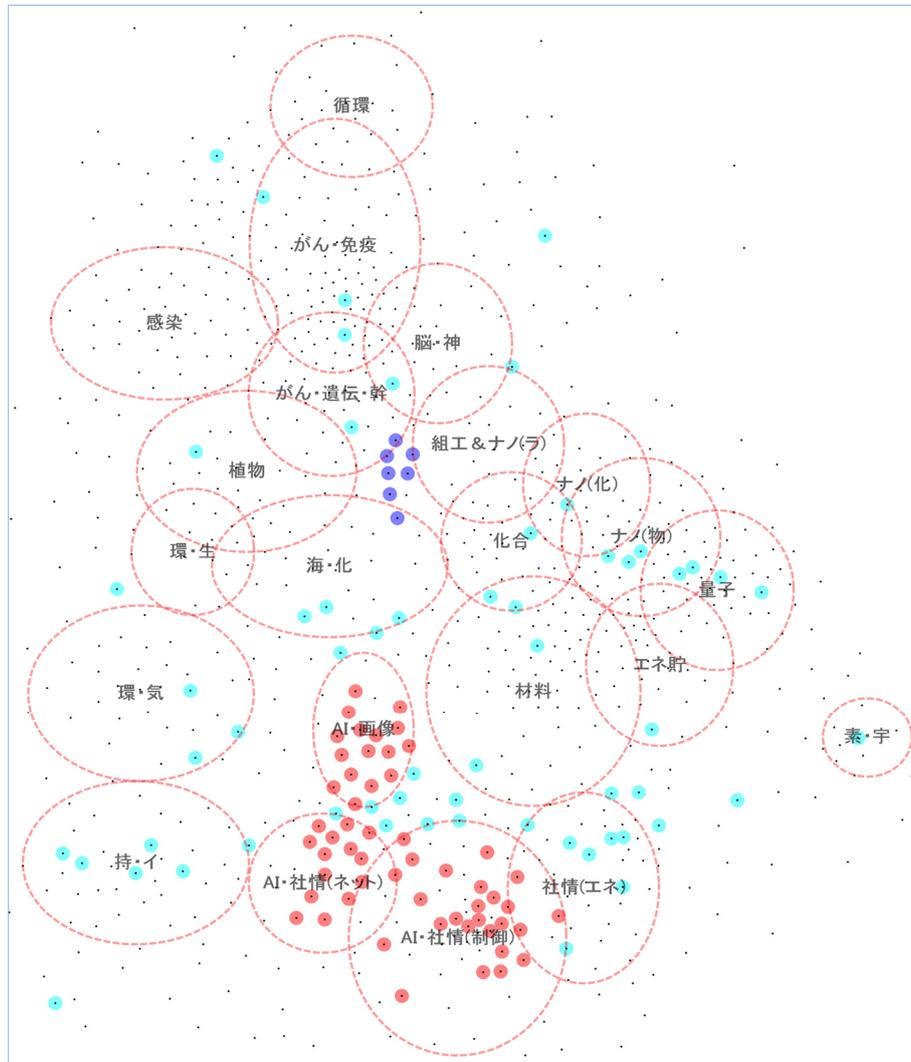
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.) 及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン) をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

概要図表 5 は、AI 関連のキーワードを含む研究領域の位置をサイエンスマップ 2020 上で示した結果である。全部で 121 領域が該当し、55 領域は、AI 関連研究 (画像認識)、AI・社会情報インフラ関連研究 (ネットワーク)、AI・社会情報インフラ関連研究 (自動制御) (マップ上で赤色のマーク) の研究領域群に含まれる。他方で、それ以外の部分においても AI 関連のキーワードを含む 66 領域が存在している (マップ上で紫色又は空色のマーク)。

紫色や空色のマークで示した研究領域については、AI を既存の研究に適用した事例と考えられる。特に紫色マークについては、概要図表 6 に示したように AI を疾患の診断に用いる研究領域が集まっている。具体的には、研究領域 ID52 は「大腸がん等の診断」、ID120 は「脳腫瘍等の診断」、ID181 は「心臓の診断」、ID324

は「前立腺がん等の診断」、ID366 は「加齢性黄斑変性症の診断」、ID520 は「遺伝子診断」、ID740 は「骨折の診断」に関する研究領域であり、AI を用いた診断の各種疾病における応用が進んでいる。これらの研究領域は、マップ上方に位置する臨床医学に関係する研究領域とマップ下方に位置する AI に関連する研究領域の両方と共引用関係で結び付いているため、サイエンスマップ 2020 上では、この位置にマップされている。

概要図表 5 AI 関連のキーワードを含む研究領域の位置



注: AI 関連のキーワードを含む研究領域の位置をサイエンスマップ 2020 上で示した結果。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がクワリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

空色のマーカーで示した研究領域の中から 10 領域を例示として抽出し、それらの研究領域の特徴語を概要図表 7 に示した。概要図表 7 の上から研究領域の内容を確認すると、研究領域 ID291 は「創薬への応用」、ID875 は「量子機械学習」、ID345 は「ニューロモルフィック・コンピューティング」、ID414 は「光ニューラルネットワーク回路」、ID388 は「流体解析への応用」、ID164 は「水文学・気候学的事象への応用」、ID609 は「大気汚染観測への応用」、ID775 は「故障診断への応用」、ID485 は「サービスへの応用」、ID636 は「果実の収穫等への応用」に対応しており、さまざまな研究領域において AI の活用が進みつつあることが分かる。

概要図表 6 AIを疾患の診断に用いる研究領域

研究領域 ID	研究領域の特徴語	特徴語から推定されるAIの活用状況
52	人工知能:腫瘍の検出率:陰性適中率:陽性適中率:畳み込みニューラルネットワーク:大腸ポリープ:内視鏡画像:高精度:受信機動作特性曲線:治療継続患者:ポリープ検出:コンピュータ支援診断:狭帯域光観察(NBI):過形成性ポリープ:診断精度:大腸がん:対照群:リアルタイム:高感度:深層学習モデル:ディープラーニング:胃がん:非がん性病変:内視鏡的切除	大腸がん等の診断
120	脳腫瘍セグメンテーション:畳み込みニューラルネットワーク:効率的なマルチスケール3D畳み込みニューラルネットワーク:全サブ領域:豊富なパネル:評価者間のばらつき:大域的な文脈の特徴:反復性・再現性・比較可能定量的研究:コンピュータ支援セグメンテーション法:公的ベンチマーク:全個別アルゴリズム:術前スキャン:神経腫瘍サブ領域ラベル:脳内病変セグメンテーション:カスケードアーキテクチャ:認定神経放射線技師:広く使われている画像技術:がん患者:小型3x3カーネル:デュアル経路:病変セグメンテーション:強度正規化	脳腫瘍等の診断
181	駆出率:臨床指標:右心室:セグメンテーションタスク:左心室:ディープラーニング法:畳み込みニューラルネットワーク:ディープラーニング:心室:臨床上に重要な画像特徴:心筋多構造MRI画像自動セグメンテーション:医療従事者2名:完全自動:スケラブル解析パイプライン:心エコー図解釈:包括的目標:心血管核磁気共鳴イメージング:長軸方向ストレイン:心臓核磁気共鳴イメージング:傍胸骨長軸:右心室腔:対応タスク:良好な輪郭:個々の心室:全自動セグメンテーション	心臓の診断
324	セカンドオピニオン:スライド全体像:グリーン分類:前立腺がん:グリソスコア:前立腺生検:深層学習アルゴリズム:転移を有する乳がん:参照標準:リンパ節:がん長:解剖病理学:STHLM3診断研究:リンパ節アシスタント:デジタル病理ワークフロー:スライドレベルに匹敵する性能:強い相関性を持つ予測因子:主観的な顕微鏡検査:病理医を支援するアルゴリズム:数値スコア:患者のリスク層別化:病理組織学的解釈:大きな観察者間のばらつき:腫瘍範囲予測	前立腺がん等の診断
366	加齢性黄斑変性症:深層学習アルゴリズム:糖尿病性網膜症:受信機動作特性:主な成果指標:畳み込みニューラルネットワークカラー眼底写真:臨床画像:平均特異度:皮膚科専門医:ダーモスコピー画像:網膜専門医:ディープラーニング:平均感度:眼底画像:受信機動作特性曲線:参照標準:深層畳み込みニューラルネットワーク:自動分類:上皮がん:脂漏性角化症:強化されたディープラーニング:正しい特定診断:色素細胞性母斑	加齢性黄斑変性症の診断
520	配列特異性:コード化変異体:疾患関連変異体:病原性変異体:機能効果:複合形質:RNAシークエンシング:ヒトゲノム:大多数:意義不明:潜在的可能性:一塩基感受性:転写因子データセット:モチーフ強度の偏り:大規模クロマチンプロファイリングデータ:ディープニューラルネットワーク学習:配列ベンチマークデータセット:性能の良いアーキテクチャ:単発性疾患:ノンコーディング及びコーディング配列の変異:希少なコード化変異体:臨床エクソーム:深層畳み込みニューラルネットワーク:制御マーカー:深層学習ベースのアルゴリズムフレームワーク	遺伝子診断
740	単純X線写真:胸部放射線像:骨折検出:胸部X線写真:有意な改善:深層畳み込みニューラルネットワーク:受信機動作特性曲線:畳み込みニューラルネットワーク:機能回復の遅れ:骨折検出の自動化:整形外科医レベルの精度:救急医療専門医:AUCスコア:全部で3つの医師グループ:手首の外側X線写真:診断エラー:Inception-v3ネットワーク:人工物:最終テスト:非放射線科医:転子部の股関節骨折:股関節単純X線写真	骨折の診断

注: サイエンスマップの各研究領域を構成するコアペーパー及びサイティングペーパーのタイトル及びアブストラクト等の分析から抽出された特徴語。「特徴語から推定されるAIの活用状況」は、報告書の筆者の解釈に基づく。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 7 AIを既存の研究に適用したと考えられる研究領域

研究領域 ID	研究領域の特徴語	特徴語から推定されるAIの活用状況
291	機械学習:化学的環境:密度汎関数理論:ニューラルネットワーク:機械学習技術:創薬:ポテンシャルエネルギー面:アクティブラーニング:化学的精度:分子シミュレーション:有機分子:機械学習法:分子動力学シミュレーション:大集合:分子表現:化合物空間:de novoデザイン:de novoドラッグデザイン:分子構造:分子特性:フローケミストリー:医薬品有効成分:生成モデル:仮想スクリーニング:音声認識	創薬への応用
875	量子コンピュータ:機械学習:量子シミュレーション:量子コンピューティング:ニューラルネットワーク:相転移:変分量子固有値ソルバー:格子ゲージ理論:制限ボルツマンマシン:物理システム:量子状態:古典的な計算:変分量子回路:量子アルゴリズム:量子リソース:量子化学:量子プロセッサ:量子多体系状態:波動関数:量子位相:強化学習:秩序パラメータ:異なる相:期待値	量子機械学習
345	生物学的シナプス:有機電気化学トランジスタ:ニューロモルフィック・コンピューティング:電子デバイス:生体神経系:人工シナプス:電子シナプス:シナプストランジスタ:二端子メモリスタ:複合ニューロモルフィック学習:ニューロモルフィック機能:有機バイオエレクトロニクス:センサ:メモリストア:クロスバ:アレイ:抵抗スイッチング:ディープニューラルネットワーク:ハードウェア実装:層状2次元材料:シームレスな統合:実験的実装:センシングメカニズム:低消費電力:電力消費:電界効果トランジスタ(FET):信号処理	ニューロモルフィック・コンピューティング
414	半導体量子ドット:光子区別性:量子もつれ光子対:量子ドット:スケラブル光子技術:抽出効率:単一光子純度:GaAs量子ドット:固体源:ボソンサンプリング:SPDC法:先行実験:電気ハイパス:フォトニックシステム:古典コンピュータ:信号処理:人工ニューラルネットワーク:再構成可能な信号処理機能:超低遅延:限定的な再構成可能性:マルチプロセッサネットワーク:4光子及び5光子ボソンサンプリング:オリジナル光信号:フォトニック人工ニューラルネットワーク	光ニューラルネットワーク回路
388	Koopmanオペレータ:流体の流れ:動的モード分解:偏微分方程式:固有直交分解:ニューラルネットワーク:高次元:データ駆動型発見:乱流モデル:ディープラーニング:非線形力学系:Gauss過程:状態空間:機械学習:次元圧縮:流体力学:正準問題:Hamilton-Jacobi-Bellman方程式:高次元動力システム:ローレンツ系:ニューラルネットワーク:アーキテクチャ:方策関数:分子動力学:Allen-Cahn方程式:予測的不確実性	流体解析への応用
164	予測精度:人工ニューラルネットワーク:DE/ACOアルゴリズム:二値符号化粒子群最適化:水文学:気候学的事象:年間流出量時系列予測:モーバンシャン貯水池:JMFコンポーネント:半乾燥地・乾燥地:BFIPS-ELM:部分人工降雨流出実験:高速度・高精度IVSアルゴリズム:多目的なBFP最適化:ケンタッキー川流域:セレクト入力:標準的統計的性能評価指標:予測分析:降雨流出モデリングアプリケーション:ほぼ完全な仕様:バイナリー粒子:オリジナル年間流出系列:ARIMA時系列アプローチ:選択精度:効果的な貯水池管理:最も重要な水資源	水文学・気候学的事象への応用
609	PM2.5濃度:日間予測:大気汚染調査:平均予測誤差:日間PM2.5濃度:過去の関連研究:STET:STETモデル:空気力学的直径:大気環境:中国本土:畳み込み層:微粒子物質:空間分解能:都市部:ヒト健康:ニューラルネットワーク:新疆ウイグル自治区:拡張STET:関連大気汚染調査:日間PM1濃度:国・地域スケール:流星群:更新された時空間情報:エアロゾルの光学的深さ	大気汚染観測への応用
775	故障診断:提案手法:インテリジェント故障診断:ディープラーニング:転がり軸受:学習用データ及びテストデータ:同一分布:ターゲットドメイン:残存寿命:領域適応:転移学習:提案モデル:ラベル付けされた学習データ:新規故障診断法:知能故障診断法:実産業:故障情報:遊星歯車装置:回転機械:Case Western Reserve University:健康状態の差異:ソースドメイン:提案されたアプローチ	故障診断への応用
485	サービスロボット:人工知能:顧客体験:概念的フレームワーク:実用的示唆:サービスエンカウンター:サービスプロバイダ:消費者体験:組織最前線:サービス組織:ヒューマンロボットインタラクション:サービス研究者:サービスタスク:第一線の社員:オートメーション化されたソーシャルプレゼンス:ヒューマノイドロボット:ロボットサービス:研究領域:概念的アプローチ:社会的示唆:社会的影響:主要な側面:半構造化インタビュー:理論的・経営的示唆	サービスへの応用
636	果実検出:形質モデル:転移学習:ディープラーニング:深層畳み込みニューラルネットワーク:収穫ロボット:果実収穫量推定:高速領域ベース畳み込みニューラルネットワーク:2つのモダリティ:照度変化:植物病害認識:重要な部品:収穫の自動化:マシビジョンシステム:ディープニューラルネットワーク:複雑な背景:植物病:サポートベクターマシン分類器:平均精度:Faster R-CNN:実時間検出:偽陽性:各クラスター:画像分類	果実の収穫等への応用

注: サイエンスマップの各研究領域を構成するコアペーパー及びサイティングペーパーのタイトル及びアブストラクト等の分析から抽出された特徴語。「特徴語から推定されるAIの活用状況」は、報告書の筆者の解釈に基づく。

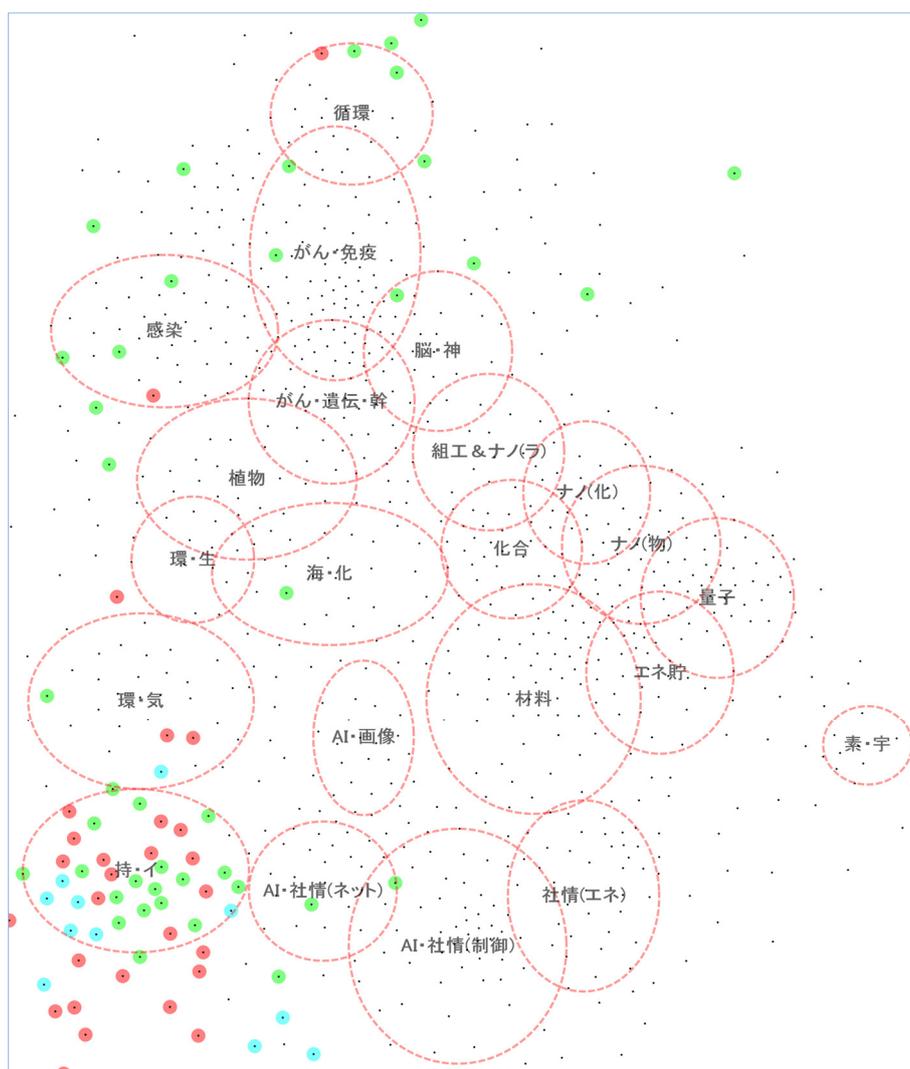
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

◇ 社会科学等が関係している研究領域の動向

サイエンスマップ 2020 では、持続可能な発展やイノベーションに関係する研究領域が、研究領域群として継続して抽出された。また、サイエンスマップ 2002 とサイエンスマップ 2020 を比べると(本編の図表 37 参照)、社会科学・一般の研究領域は 19 領域から 40 領域へ、経済・経営学の研究領域は 10 領域から 14 領域に増加している。社会科学・一般の研究領域の増加割合については、分野別の研究領域数の増加を見ても 5 番目に大きく、過去 18 年間で大きな増加を見せた。

概要図表 8 に社会科学等が関係している研究領域のサイエンスマップ 2020 上での位置を示した。ここで、赤色は研究領域を構成するコアペーパーの 6 割以上が社会科学・一般に分類される研究領域(40 領域)、空色は研究領域を構成するコアペーパーの 6 割以上が経済・経営学に分類される研究領域(14 領域)、黄緑色は研究領域を構成するコアペーパーに社会科学・一般又は経済・経営学の論文を 10%より多く含む研究領域(45 領域、赤色と空色で示したものを除く)の位置を示している。

概要図表 8 社会科学等が関係している研究領域の位置



注: 赤色: 研究領域を構成するコアペーパーの 6 割以上が社会科学・一般に分類される研究領域(40 領域)、空色: 研究領域を構成するコアペーパーの 6 割以上が経済・経営学に分類される研究領域(14 領域)、黄緑色: 研究領域を構成するコアペーパーに社会科学・一般又は経済・経営学の論文を 10%より多く含む研究領域(45 領域)

データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリアイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

社会科学等が関係している研究領域は、持続可能な発展・イノベーション研究領域群に集中している。ここには、「エコロジカルフットプリント」、「再生可能エネルギー」、「サプライチェーンの持続可能性」、「グリーントレーニング」、「循環型経済ビジネスモデル」といった持続可能な発展に関わる特徴語を含む研究領域や、「インダストリー4.0 技術」、「破壊的イノベーション」、「ホスピタリティ産業」、「ビジネスモデルイノベーション」といったイノベーションや価値創造に関わる特徴語を含む研究領域が含まれる。

社会科学・一般又は経済・経営学の論文を 10%より多く含む研究領域については、マップ上方の医療や生命科学に関連する研究領域群やその周辺に見られる。

コアペーパーの6割以上が社会科学・一般に分類される研究領域の例を概要図表 9 に示した。ここでは、コアペーパーの数が多い上位 10 の研究領域を示している。コアペーパーの数が最も多いのは、シェアリングエコノミーについての研究領域(ID787)であり、これに交通事故の際のドライバーの重症度についての研究領域(ID293)が続いている。他には自動運転のパブリック・アクセプタンスに関連した研究領域(ID483)、緑空間のメンタルヘルスへの影響に関連した研究領域(ID560)、中国の農村部の社会経済開発についての研究領域(ID195)、米国と中国の関係についての研究領域(ID478)などが見られている。

コアペーパーの6割以上が経済・経営学に分類される研究領域の例を概要図表 10 に示した。コアペーパーの数が最も多いのは、原油価格やビットコイン市場のボラタリティについての研究領域(ID610)であり、これに顧客エンゲージメントやサービスエコシステムについての研究領域(ID349)が続いている。他には経済・財政政策の不確実性に関連した研究領域(ID92)、オンラインによる小売りを対象とした研究領域(ID334)、企業の社会的責任に関連した研究領域(ID492)などが見られている。

なお、社会科学等が関係している研究領域には、英語で論文が出版されるグローバルなテーマ(シェアリングエコノミーなど)、特定の国に特有と思われるテーマ(中国の農村部の社会経済開発など)が多い。したがって、サイエンスマップ上で観測される社会科学系の研究領域については範囲が限定的である点に留意が必要である。なお、人文科学は分析の対象となっていない。

概要図表 9 コアペーパーの6割以上が社会科学・一般に分類される研究領域の例

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数
787	シェアリングエコノミー;Airbnbリスティング;Airbnbゲスト;実用的示唆;Airbnb宿泊施設;P2P宿泊施設;共同消費;ホテル産業;Airbnb供給;住宅市場	社会科学・一般	64
293	ランダムパラメータ;観察されない多様性;傷害重症度;空間相関;重傷;提案モデル;クラッシュデータ;尤度比検定;衝突頻度;多変量空間モデル	社会科学・一般	41
483	自律自動車;共有自律自動車;自動運転自動車;行動意図;パブリック・アクセプタンス;知覚されたリスク;ダイナミックライドシェア;知覚された利益;自動運転;共有自律自動車サービス	社会科学・一般	32
579	ソーシャルメディア;快楽的動機;モバイルバンキング;統一理論;価格;行動意図;ネット上のクチコミ(eWOM);社会ネットワーク;関連事項;マーケティング活動	社会科学・一般	26
104	好影響;適度な役割;構造解析;行動意図;概念的モデル;実証研究;理論構築プロセス;ドローンフードデリバリーサービス;環境に配慮した意図;研究変数	社会科学・一般	19
560	緑空間;メンタルヘルス;身体活動;街路樹;医療給付;Googleストリートビュー;目の高さの街路樹;社会的結合;緑地・ブルースペース;健康アウトカム	社会科学・一般	18
367	ポピュリスト的な態度;ポピュリスト党;レガシーニュースメディア;断片的な形;ポピュリストのコミュニケーション;主流ニュースメディア;ソーシャルメディア;テクノクラート;政治家のステータス・レベル;指導的影響力	社会科学・一般	16
267	高速鉄道;高速鉄道サービス;中国都市;強いマイナス影響;固定資産投資;加重平均所要時間;並列する高速鉄道;高速鉄道駅;ハブ空港;全部	社会科学・一般	15
195	土地資源;地方地域;土地整理;貧困削減;土地利用;都市農村部;中国農村部;農村活性化;社会経済開発;農村開発	社会科学・一般	14
478	米国;自由主義的世界秩序;勃興する中国;国際秩序;国際政治;中国一帯一路構想;一帯一路;ダルエスサラーム;経済発展;経済関係	社会科学・一般	14

データ: 科学技術・学術政策研究所がクレンジット社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 10 コアペーパーの6割以上が経済・経営学に分類される研究領域の例

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数
610	原油価格;ビットコイン市場;暗号通貨市場;ボラティリティスビルオーバー;ビットコインリターン;ボラティリティ連結性;ビットコイン価格;石油価格;株式市場;金融市場	経済・経営学	89
349	顧客エンゲージメント;サービスエコシステム;サービスドミナントロジック;制度的取り決め;価値共創;基礎的な前提;リソース統合;アクターの関与;消費者エンゲージメント;制度理論	経済・経営学	14
761	生まれたばかりのグローバル企業;異次元;ブランド・パッション;早期国際化;マーケティング文献;理論モデル;若い顧客;グローバルな関心;逆の性別;全ての検証研究	経済・経営学	11
41	3ファクターモデル;サイズファクター;投資ファクター;平均株価収益率;モメンタムファクター;収益率;モメンタム投資戦略;5因子モデル;クロスセクション;広いクロスセクション	経済・経営学	10
92	政策の不確実性;不確実性ショック;財政政策;政府支出;経済政策の不確実性;米国;経済活動の総体;不確実性ショックプロセス;サーチ摩擦;有意な独立した変動	経済・経営学	9
334	オンラインチャネル;オンライン販売;オンラインフルフィルメント;オムニチャネルリテリング;異なるチャネル;重要性の増加;実用的示唆;1つの共通ゾーン;総合的な業務効率化;国別	経済・経営学	8
679	システミックリスク;金融機関;金融ネットワーク;金融システム;システミックリスクの寄与;世界株式市場;Bear Stearns;实体经济;機関のレバレッジ;アグリゲートリスク	経済・経営学	8
244	スポンサーシップ開示;ブランド意識;セレブリティの支持;購入意向;2つの実験;異なるタイプ;スポンサーによるインスタグラム投稿;インスタグラムのインフルエンサー;前後のラグジュアリー認知;マーケティング活動	経済・経営学	7
108	部分的最小二乗法;共通因子モデル;統一的フレームワーク;構造方程式モデリング;PLSPredict手順;モデル評価指標;異なる構造方程式モデリング手法;分野;データの性質;現実主義哲学	経済・経営学	5
492	企業の社会的責任(CSR);機関所有;強い説明;国際的な証拠;E&Sの改善;財務的リターンと社会的リターン;E&S問題;民法の国;企業の社会的責任カテゴリー;ネガティブイベント	経済・経営学	5

データ: 科学技術・学術政策研究所がクワリペイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

社会科学・一般又は経済・経営学の論文を10%より多く含む研究領域の例を概要図表 11 に示した。これらの研究領域については、自然科学系に加えて社会科学・一般又は経済・経営学のコアペーパーも含まれている。つまり、自然科学系と社会科学系の知識が活用されている研究領域であると言える。コアペーパー数が多い上位10の研究領域のうち、3領域が医療や予防医療、2領域が環境・生態系に関係した研究領域である。また、サプライチェーンへのブロックチェーン技術の応用(ID583)、サービスロボットの顧客体験(ID485)、起業家のエコシステム(ID757)といった、ビジネスの新しい展開についての研究領域も含まれる。

概要図表 11 社会科学・一般又は経済・経営学のコアペーパーを10%より多く含む研究領域の例

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数
644	意思決定者;直観的ファジー集合;実用例;開発されたアプローチ;多属性評価法;提案手法;比較分析;例証となる事例;ピタゴラスファジー集合;数値例	学際的・分野融合的領域	236
792	経済成長;CO2排出量;環境劣化;金融発展;エコロジカルフットプリント;再生可能エネルギー消費;炭素放出;天然資源;エネルギー消費;環境クズネットワーク	学際的・分野融合的領域	93
717	電子タバコのユーザ;電子タバコ;若年成人;喫煙;タバコと健康調査;人口評価研究;米国の若者;電子タバコの使用;設計データ;PATH研究	学際的・分野融合的領域	80
583	サプライチェーン;ブロックチェーン技術;サプライチェーンレジリエンス;サプライチェーン管理;リップル効果;ビッグデータ分析;インダストリー4.0技術;破壊伝播;破壊リスク;ブロックチェーン応用	学際的・分野融合的領域	78
623	ゲノムワイド関連解析;メンデルランダム化;因果効果;遺伝的変異;複合形質;遺伝的関連;学歴;ゲノムワイド関連メタ解析;要約データ;体格指数	学際的・分野融合的領域	32
335	カンジダ・アウリス;アムホテリシンB;侵襲性感染;カンジダ・アウリス感染症;カンジダ・アルビカンズ;カンジダ・グラブラータ;病院での集団発生;他のカンジダ属菌;病原体の出現;高死亡率	学際的・分野融合的領域	28
485	サービスロボット;人工知能;顧客体験;概念的フレームワーク;実用的示唆;サービスエンカウンター;サービスプロバイダ;消費者体験;組織最前線;サービス組織	学際的・分野融合的領域	24
612	循環経済;ビジネスモデル;循環型経済;ビジネスモデル;循環型経済コンセプト;持続可能な開発;ビジネスモデルイノベーション;循環型経済原則;存在するビジネスモデル;循環型経済戦略	学際的・分野融合的領域	24
757	起業家のエコシステム;戦略文献;高成長アントレプレナーシップ;アントレプレナーシップ政策;新規事業創出;エコシステム概念;起業家のエコシステムアプローチ;新たな価値創造;アントレプレナーシッププロセス;イノベーションマネジメント	学際的・分野融合的領域	20
780	フェイクニュース;認知反射テスト;感情的分極化;党派性バイアス;初期応答;米国;アマゾンメカニカルターク;大衆;最終的な回答;人間の思考	学際的・分野融合的領域	20

データ: 科学技術・学術政策研究所がクワリペイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

(2) サイエンスマップにおける米日英独中の参画領域数の推移

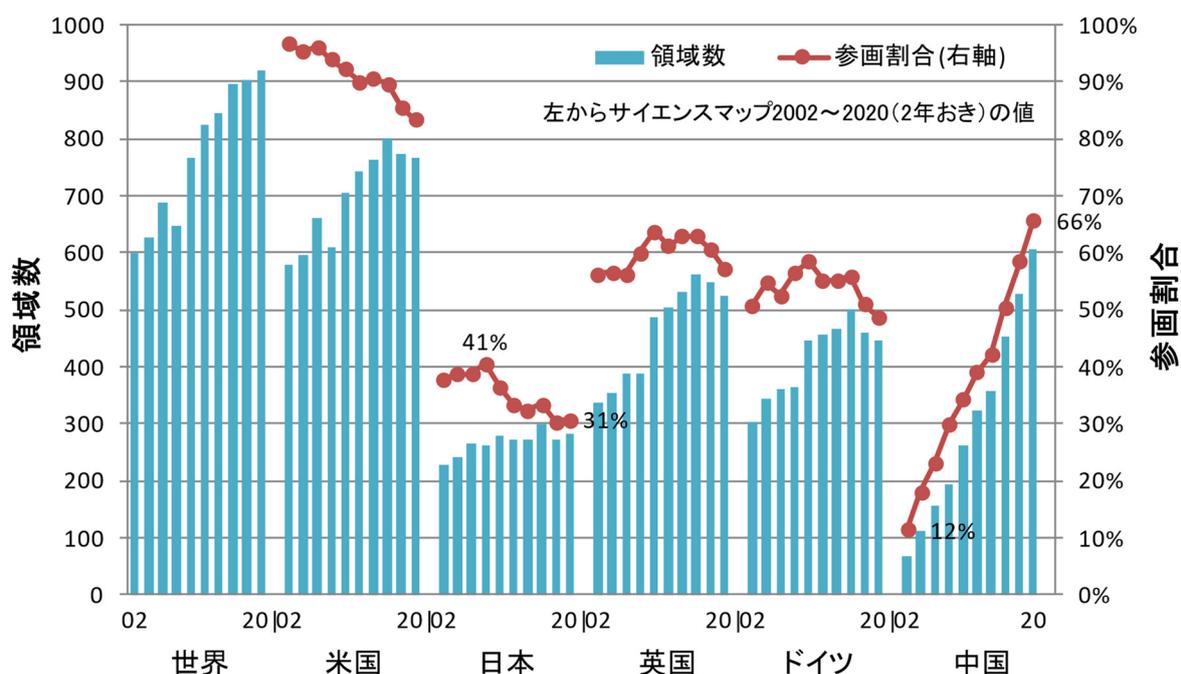
上記のような科学の潮流の中、日本の「存在感」がどのようになっているかをみる。具体的には、サイエンスマップの研究領域に日本がどれだけ参画しているかに注目する(概要図表 12)。

サイエンスマップ 2002 からの時系列変化をみると、日本の参画領域数はサイエンスマップ 2008 以降、伸び悩みがみられていた。その後、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけては、参画領域数が 25 領域の増加を見せたが、サイエンスマップ 2016 から 2018 にかけては 25 領域減少した。サイエンスマップ 2018 から 2020 にかけては 9 領域増加し、サイエンスマップ 2020 における参画領域数は 283 領域となっている。

日本の参画割合の時系列変化をみると、サイエンスマップ 2008 では 41%あったが、サイエンスマップ 2020 では 31%となっている。英国やドイツの参画割合は 5~6 割となっているが、いずれもサイエンスマップ 2016 から 2020 にかけて参画領域数・割合を減少させている。

中国については、着実に参画領域数及び参画領域割合を増加させている。サイエンスマップ 2002 時点では 12%であった中国の参画割合は、サイエンスマップ 2020 では 66%となっており、約 7 割の研究領域に参画している。

概要図表 12 サイエンスマップにおける米日英独中の参画領域数(コペーパー)の推移



データ：科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

(3) 日本の存在感の高い研究領域

サイエンスマップ 2020 において、日本の存在感が高い(研究領域を先導するコアペーパーにおける日本のシェアが高い)研究領域をみる(概要図表 13)。ここでは、大規模な研究領域(コアペーパーが51件以上)、中規模な研究領域(コアペーパーが21件~50件)、小規模な研究領域(コアペーパーが20件以下)で日本のシェア(分数カウント法)が高い上位10領域を抽出した。

大規模な研究領域において、日本のシェアが一番高いのはクライオ電子顕微鏡による光化学系の構造分析に関連した研究領域(ID675)であり、これに有機発光ダイオードに関連した研究領域(ID727)やワイル半金属に関連した研究領域(ID918)が続いている。中規模な研究領域については、日本のシェアが一番高いのは多孔物質を用いた水の浄化についての研究領域(ID632)であり、うつ病を特徴語に含む研究領域(ID255)や次世代のパワーデバイス材料である酸化ガリウム(Ga₂O₃)の研究領域(ID512)が続いている。比較的小規模な研究領域については、胃潰瘍や十二指腸潰瘍を特徴語に含む研究領域(ID751)が1位となっている。

概要図表 13 日本のコアペーパーシェアの高い研究領域

(A)大規模な研究領域(コアペーパーが51件以上)で日本のシェアが高い上位10領域

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	日本シェア (コア・分数)	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
675	Gタンパク質、Gタンパク質共役受容体、光化学系II、クライオ電子顕微鏡法、光化学系I、構造基盤、水の酸化、構造変化、時間分解シリアルフェムト秒結晶学、受容体内部化	学際的・分野融合的領域	52	15.2%	3,444	2017.6	アイランド
727	熱活性化遅延蛍光、有機発光ダイオード、カーボンドット、室温りん光、環境条件、項間交差、高外部量子効率、量子収量、発光材料、三重項励起子	化学	86	12.8%	7,005	2017.0	コンチネント
918	ワイル半金属、フェルミアーク、第一原理計算、ワイルフェルミオン、トポロジカル半金属、角度分解発光分光法、フェルミ準位、ワイルノード、室温、ワイルポイント	物理学	160	10.1%	8,944	2016.6	コンチネント
892	無増悪生存期間、ハザード比、対象患者、主要エンドポイント、全生存期間、ヒト上皮成長因子受容体、病理学的完全奏効、HER2陽性乳がん、トラスツズマブ・エムタンシン、疾患の進行	臨床医学	54	9.8%	4,349	2017.5	コンチネント
729	非直交多層接続、無人航空機、モバイルエッジコンピューティング、提案方式、ディープラーニング、提案アルゴリズム、基地局(BS)、モバイルデバイス、閉形式、コプライムアレー	計算機科学	135	9.3%	7,874	2017.5	コンチネント
721	良好な収率、CH活性化、誘導基、広範囲、軸不斉ピリアルール、キラルリガンド、高収率、優れたエナチオ選択性、不斉触媒、有機合成	化学	83	7.2%	4,825	2017.6	コンチネント
919	回転積層グラフェン、多体局在、非エルミート系、除外点、トポロジカル位相、トポロジ不変量、トポロジカル絶縁体、相転移、エンタングルメントエントロピー、回転角	物理学	543	7.2%	17,408	2017.6	コンチネント
916	カリウムイオン二次電池、カリウムイオン電池、カリウムイオン、低コスト、容量維持、2重イオン電池、黒鉛アノード、可逆容量、リチウムイオン電池、高い可逆容量	材料科学	58	6.9%	2,800	2017.6	コンチネント
829	キュリー温度、磁気秩序、単層限界、磁気異方性、低温、二次元磁石、三ヨウ化クロム、ファンデルワールス、磁場、2次元材料	学際的・分野融合的領域	60	6.3%	3,515	2017.6	ベニシユラ
851	重力波、ブラックホール、中性子星、一般相対性理論、暗黒物質、原始ブラックホール、電磁対応物、進歩したレーザー干渉計型重力波天文台(advanced LIGO)、宇宙マイクロ波背景放射、中性子星合体	学際的・分野融合的領域	386	6.0%	16,936	2017.8	コンチネント

(B)中規模な研究領域(コアペーパーが21~50件)で日本のシェアが高い上位10領域

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	日本シェア (コア・分数)	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
632	接触時間、最大吸着能力、検出限界、数サイクル、最適条件、メソポーラスシリカ、有機リガンド、水性媒体、Langmuir等温線モデル、溶液pH	工学	50	41.6%	1,137	2017.9	スモールアイランド
255	治療抵抗性うつ病、抗うつ効果、エスケタミン点鼻薬、Montgomery Asbergうつ病評価尺度、抑うつ症状、抗うつ効果の持続性、抗うつ作用、MADRSスコア、自殺念慮、大きな効力	精神医学/心理学	23	31.5%	804	2018.3	アイランド
512	降伏電圧、分子線エピタキシー、ハロゲン化物気相成長法、β Ga ₂ O ₃ 膜、酸化ガリウム、しきい値電圧、バルク結晶、β Ga ₂ O ₃ バルク結晶、有機金属気相エピタキシー、理想因子	物理学	36	20.7%	1,594	2017.2	スモールアイランド
508	肝細胞がん、進行性肝細胞がん、全生存期間、切除不能肝細胞がん、ソラフェニブ群、主要エンドポイント、ハザード比、ALBIグレード、Child-Pughスコア、全生存期間中央値	臨床医学	31	20.3%	4,302	2017.7	コンチネント
52	人工知能、腫瘍の検出率、陰性適中率、陽性適中率、畳み込みニューラルネットワーク、大腸ポリープ、内視鏡画像、高精度、受信機動作特性曲線、治療継続患者	臨床医学	25	20.0%	418	2019.3	ベニシユラ
907	固有磁性トポロジカル絶縁体、反強磁性トポロジカル絶縁体、量子異常ホール効果、磁気トポロジカル絶縁体、トポロジカル表面状態、アキオン電磁気学、高温、表面状態、量子化トポロジカル磁電効果、トポロジカル電子状態	物理学	24	16.4%	711	2018.8	ベニシユラ
841	磁気スキルミオン、室温、スキルミオンホール効果、反転対称性の破れ、界面Dzyaloshinskii-守谷相互作用、Dzyaloshinskii-守谷相互作用、トポロジカルな性質、論理ゲート、スキルミオンを用いたスピントロニクス、小さなスピントクスチャ	物理学	32	14.9%	2,394	2016.1	コンチネント
429	光干渉断層血管造影、血管密度、中心高無血管域、糖尿病性網膜症、光干渉断層法、主な成果指標、光干渉、正常眼、全眼、糖尿病性眼疾患	臨床医学	27	13.9%	1,662	2016.0	アイランド
687	N複素環カルベン、プレスロー中間体、キラルNヘテロ環式カルベン、Nヘテロ環カルベン触媒、良好な収率、Nヘテロ環カルベン、カルベン触媒、ビニルエチレンカーボネート、溫和で遷移金属を含まない反応条件、アシルアゾリウム	化学	22	13.6%	1,300	2018.3	コンチネント
543	ニュートリノ振動、ニュートリノ質量、ニュートリノ二重ベータ崩壊、NOνA実験、レプトン質量、グローバルフィッティング、下限値、コヒーレント実験、アクティブニュートリノ、逆質量階層	物理学	49	13.1%	1,765	2018.2	コンチネント

(C)比較的小規模な研究領域(コアペーパーが 20 件以下)で日本のシェアが高い上位 10 領域

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	日本シェア (コア・分数)	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
751	新規カリウムイオン競合型アシッドブロッカー-根絶療法.ヘリコバクター-ピロリカリウムイオン競合型アシッドブロッカー.非劣性.ランダム化臨床試験.第一選択治療.7日自比率.酸抑制効果.胃潰瘍又は十二指腸潰瘍	学際的・分野融合的領域	7	53.1%	1,100	2016.0	アイランド
51	メタル触媒とメタルフリーの方法論.BBとBの元素間結合.90年以上.銅ホウ素化学.高官能性アルケニルポラン.活性触媒種.Base/コリン金属触媒.多様多様.選択的方法.有機化合物の選択的機能化	化学	5	46.7%	655	2016.4	ペニンシュラ
546	ハイブリッドシステム.集団スピン励起.静磁場モード.マグノン・フォトン・カップリング.共振器フォトン.超伝導量子ビット.量子情報処理.マイクロ波共振器モード.共振器オプトマグノニクス.共振器マグノメカニクス	物理学	12	45.8%	425	2017.3	ペニンシュラ
22	炭化水素ベルトカーボンナノチューブ.複数の分子内フライエルクラフトによるアルキル化反応.拡張高分子構造.完全共役炭化水素ベルト.多数円柱.周期的空孔欠陥.網羅的トリフレート.同時進行の環化付加反応.合成ホスト材料	化学	7	40.5%	444	2017.4	スモールアイランド
278	Racahパラメータ.フランク-コンドン解析.構成座標モデル.ゼロフォノン線発光エネルギー.光ルミネッセンス特性.温白色発光ダイオード.自由状態.フォトルミネッセンス強度.分光特性.温度依存性	物理学	6	33.3%	521	2016.7	スモールアイランド
426	マルチビュークワスターリング.マルチビュークワスターリングアルゴリズム.局所接空間解析戦略.全学習課題.ベースライン選択.異なるグラフトリック.文章検索.Local manifold embedding.低ランク局所埋め込み表現.グラフ行列の構築	計算機科学	5	33.3%	113	2019.6	スモールアイランド
862	ターンオーバー数.二酸化炭素の還元.光触媒還元.赤外分光電気化学.地球上に豊富に存在する金属錯体.高選択性.バルク電解研究.分子触媒.選択的二酸化炭素還元.可視光励起	化学	11	31.8%	1,125	2016.5	ペニンシュラ
132	陸上植物.ストレプト.藻類.早期の陸上植物.系統学的関係.SNF1関連タンパク質.低い遺伝子の冗長性.植物陸上化.SnRK2キナーゼ.ゼニゴケ.初期陸上植物の進化	植物・動物学	17	30.0%	642	2018.6	ペニンシュラ
711	酸素発生反応.相乗効果.中空カーボンナノスフィア.トリブロン共重合体.ミセル.ゼオライト.イミダゾール.フレームワーク.87由.中空Co3S4@MoS2.ヘテロ構造体.規則正しいカーボンアレイ.メタノール中毒.顕著な酸素還元反応.触媒活性.同等の半波電位.小型中空サイズ	学際的・分野融合的領域	5	28.0%	523	2018.0	ペニンシュラ
479	主な成果指標.平均変化量.中心サブフィールドの厚み.血管内皮増殖因子.新生血管型加齢黄斑変性症.矯正視力.治療未経験患者.2つの類似したデザインの第3相試験.網膜下液.投与計画	臨床医学	4	27.3%	98	2019.5	スモールアイランド

注: 論文数シェアの計算には分数カウント法を用いた。コアペーパー数及びサイティングペーパー数は世界における数である。Sci-GEO 研究領域型については、概要の「3. Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類と、それを用いた日本の活動状況の理解」を参照。
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

(4) 中国が先導する研究領域

大規模な研究領域(コアペーパーが 51 件以上)、中規模な研究領域(コアペーパーが 21 件～50 件)、小規模な研究領域(コアペーパーが 20 件以下)で中国のコアペーパーシェア(分数カウント法)が高い上位 10 領域を示した(概要図表 14)。

いずれの規模の研究領域についても、中国のシェアは 100%に近く、多数の「Made in China」の研究領域が形成されていることが分かる。中国論文については、中国からの引用が多いことが、先行研究から示されている¹。その結果として、これらの研究領域が形成されている面もあると思われるが、別の言い方をすれば自国内で研究領域が形成可能な規模の研究コミュニティ・アクティビティを有しているとも言える。

ここに示した 30 領域の中では、学際的・分野融合的領域が 18 領域と一番多く、これに工学、数学の研究領域が続いている。概要図表 15 に示した中国のシェアが 50%を超えている研究領域の位置に注目すると、ナノサイエンス研究に関わる研究領域群に加えて、マップの下に位置する AI や社会情報インフラに関わる研究領域群において、中国のシェアが 50%を超えている研究領域が多い。中国のシェアが 50%を超えている研究領域数は 216 領域であり、これは米国の 178 領域を凌ぐ数となっている。

¹ 福澤尚美, ジャーナルに注目した主要国の論文発表の特徴—オープンアクセス、出版年、使用言語の分析—, 科学技術・学術政策研究所, 調査資料-254, 2016 年 10 月. <http://doi.org/10.15108/rm254>

概要図表 14 中国のコアペーパーシェアの高い研究領域

(A)大規模な研究領域(コアペーパーが 51 件以上)で中国のシェアが高い上位 10 領域

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	中国シェア (コア・分数)	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
532	相乗効果,可視光照射,光触媒性能,テトラサイクリン劣化,有機汚染物質,β-C3N4,環境修復,太陽エネルギー,可視光,治療効率	学際的・分野融合的領域	51	97.1%	2,793	2018.5	コンチネント
834	光源,ローダミンB,表面プラズモン共鳴,モデル,汚染物質,光電流反応,効率的な分離,フォトルミネッセンス分光法,光分解活性,光分解性能,時間領域差分法	学際的・分野融合的領域	64	96.4%	800	2019.5	ペニンシュラ
630	新しいモデル,グレーモデル,風速予測,評価モジュール,データ前処理,提案モデル,予測モジュール,風速,4つのモジュール,新ハイブリッド予測システム	工学	51	92.6%	1,121	2018.9	コンチネント
882	炭鉱,石炭試料,一軸圧縮,数値シミュレーション,フィールド測定,全機械式探掘場,非常に重要な,フラクタル特性,機械的性質,自然発火	学際的・分野融合的領域	114	91.1%	1,796	2019.2	ペニンシュラ
816	提案アルゴリズム,数値シミュレーション,階層的同定原理,数値例,十分条件,リアプノフ法,いくつかの数値シミュレーション,パラメータ推定,双線形システム,時間遅延	学際的・分野融合的領域	164	88.6%	2,048	2018.6	コンチネント
32	不確定情報,提案手法,基本確率割当,未解決の問題,Dempster-Shafer証拠理論,数値例,証拠理論,信念エントロピー,従来方法,Dempster-Shafer理論	学際的・分野融合的領域	63	87.5%	904	2018.7	コンチネント
913	最小反射損失,最大反射損失,有効吸収帯幅,マッチング厚さ,相乗効果,界面分極,誘電損失,マイクロ波吸収,薄い厚み,磁気損失	学際的・分野融合的領域	147	83.3%	8,235	2018.2	コンチネント
806	正値解,非整数階微分方程式,不動点インデックス,非整数階境界値問題,一意解,時間・空間変数,単調反復法,非線形Riemann-Liouville分数微分方程式,Riemann-Stieltjes積分境界条件,デュアルアプローチ	数学	51	79.0%	627	2018.1	ペニンシュラ
819	閉ループシステム,シミュレーション研究,外乱,提案された制御,優れた性能,制御設計,補助システム,振動制御,入力飽和,分散パラメータシステム	工学	58	78.1%	3,001	2017.8	コンチネント
685	サービス推薦,ウェブサービス,フレームワークの提案,提案手法,モバイルデバイス,広範な実験,プライバシー保護,サービス選択決定,推薦精度,局所性鋭敏型ハッシュ	計算機科学	58	75.6%	1,610	2019.1	ペニンシュラ

(B)中規模な研究領域(コアペーパーが 21~50 件)で中国のシェアが高い上位 10 領域

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	中国シェア (コア・分数)	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
176	可視光,光触媒性能,光触媒活性,可視光照射,電荷キャリア,大きな比表面積,比表面積,β-C3N4,光触媒機構,電子スピン共鳴	学際的・分野融合的領域	22	100.0%	543	2019.5	ペニンシュラ
253	X線回折,CO酸化,N2吸着脱着等温線,X線光電子分光法,水素昇温還元,ガス状トルエン,触媒活性,透過型電子顕微鏡,走査型電子顕微鏡,触媒性能	学際的・分野融合的領域	32	98.7%	770	2019.1	ペニンシュラ
795	検出限界,金ナノ粒子,安定性,高感度,提案されたバイオセンサ,腫瘍マーカー磁性ナノ粒子,ピーク電流,微分バルスボルタンメトリー,高い結合親和性	学際的・分野融合的領域	37	98.3%	1,717	2017.8	アイランド
260	簡単な準備,排水処理,ニトロ化合物,触媒還元,優れた触媒性能,高効率な触媒還元,エレクトロスピニング繊維,大規模な応用の可能性,LB法,潜在的応用	化学	31	98.3%	580	2019.5	ペニンシュラ
24	タイト砂岩,細孔径分布,細孔構造,オールド盆地,細孔形状,フラクタル次元,タイト砂岩貯水池,細孔口,薄型,微細な間隙構造	地球科学	21	97.1%	826	2017.7	スモールアイランド
277	ホモトピー振動法,変分原理,半逆法,フラクタル空間,フラクタル微積分,フラクタル変分原理,非線形振動子,変分反復法,解法プロセス,ポーラス構造	学際的・分野融合的領域	37	97.0%	430	2019.2	スモールアイランド
407	地下鉄トンネル,黄土トンネル,黄土トンネル,水圧,周辺岩盤,プライマリーサポート,黄土層,黄土崩壊性,地盤移動トンネルライニング	学際的・分野融合的領域	22	96.7%	214	2019.6	スモールアイランド
714	結晶析出,高感度,水溶液,磁気特性,発光センシング,C-H...O水素結合相互作用,鉛(II)除去,選択的かつ高感度なセンシング,π π スタッキング相互作用,パブレポート	学際的・分野融合的領域	49	95.1%	1,096	2019.5	ペニンシュラ
498	排気ガス,元素水銀,反応温度,Hg-0吸着,水銀除去,水銀放出,Hg-0除去,元素水銀除去,水銀除去メカニズム,排ガス成分	工学	23	94.2%	494	2019.0	アイランド
864	水の氾濫,破断過程,4段階,破損特性,ステージ,周辺岩盤,断層構造,き裂発生応力,閉鎖性水域,埋蔵炭量	学際的・分野融合的領域	27	92.9%	281	2019.9	ペニンシュラ

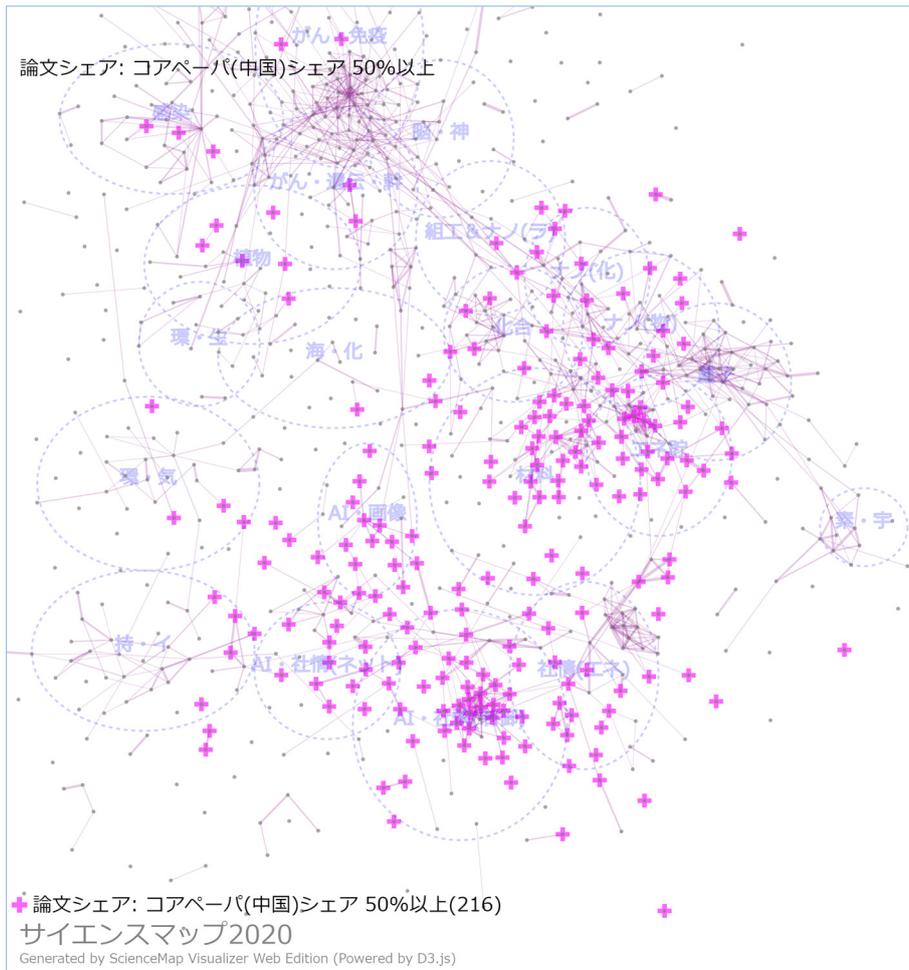
(A)から(C)の注記及び出典

注: 論文数シェアの計算には分数カウント法を用いた。コアペーパー数及びサイティングペーパー数は世界における数である。Sci-GEO 研究領域型については、概要の「3. Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類と、それを用いた日本の活動状況の理解」を参照。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

(C)比較的小規模な研究領域(コアペーパーが 20 件以下)で中国のシェアが高い上位 10 領域

研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	中国シェア (コア・分數)	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
281	複雑な背景画像;広範な実験的比較;インテリジェント自動車;複雑な背景;提案手法;ウイグル文字;深く完全な理解;認識エラー;高速ウイグル語テキスト検出器;自然言語文	学際的・分野融合的領域	5	100.0%	299	2018.6	スモールアイランド
461	アトランジン分解;リン酸銀;新規添加;最適触媒;廃棄ガス;光生成ホール;高い分離効率;分解効率;揮発性有機化合物;pH値	学際的・分野融合的領域	8	100.0%	403	2018.4	ペニンシュラ
134	ナトリウムイオン電池;炭素コーティング;容量維持;ナノSnO2装飾カーボン布;カーボンコーティングによる動作電圧とエネルギー密度の増加;高エネルギー・高出力特性;優れた低温エネルギー貯蔵性能;窒素ドープカーボンコーティングされたNi1.8Co1.2Se4ナノ粒子;フレキシブル電極材料;無添加アノード	材料科学	4	100.0%	193	2019.3	ペニンシュラ
172	高エネルギースーパーキャパシタ;エネルギー出力;先端電極;高効率なエネルギー貯蔵;高電位電解質;効率的なエネルギー貯蔵;多孔質ゲルポリマー;超高表面積;超高エネルギー密度;高性能スーパーキャパシタ	学際的・分野融合的領域	10	100.0%	252	2019.4	スモールアイランド
308	大豆油;固定化リパーゼ;磁性生物触媒;グリーン&クリーン生産;酵素活性アッセイ;固体触媒;バイオディーゼルの生産;エステル交換生成物;磁気リサイクル可能な固体触媒;磁気担持体	学際的・分野融合的領域	7	100.0%	313	2018.0	アイランド
408	Lusin面積関数;Littlewood-Paleyのg函数;双対空間;Non-tangential grand maximal function;Radial grand maximal function;異方性混合ノルムHardy空間;測定可能な関数;等方性混合ノルムHardy空間;Atomic characterization;Atomic and finite atomic characterization	数学	6	100.0%	109	2017.3	アイランド
433	高触媒活性;トルエンの酸化;触媒酸化;Pt/CeO2 触媒;完全鉱化作用;Ptナノ粒子;酸素空孔;高濃度;Fe塩;Pt分散液	学際的・分野融合的領域	4	100.0%	329	2017.3	ペニンシュラ
514	特定されたスライド面;解くアルゴリズム;スライディングモードダイナミクス;十分条件;モード依存の十分に小さいスカラー;隠れモード情報;準スライディング運動;スライド領域;特異摂動形行列;有限時間間隔	工学	4	100.0%	62	2020.0	ペニンシュラ
703	データ次元削減;初期不良;次元削減のための新しい判別型低ランク保存射影;従来型のグラフベース次元削減アルゴリズム;線形行列不等式最適化法;新しいロバスト診断の設計;提案された判別型低ランク保存射影;初期巻線故障検出;構造化最適グラフ;新構造最適化グラフ	工学	4	100.0%	136	2019.5	ペニンシュラ
817	巨大波解;双線形変換法;非線形波動伝播;混合溶液;多項式関数;双線形形式;巨大波;三種;非線形力学的挙動;多重塊状波	数学	7	100.0%	92	2018.7	ペニンシュラ

概要図表 15 中国のコアペーパーシェアが 50%を超える研究領域の位置(マップ下部の拡大)



注: コアペーパーシェアが 50%以上の研究領域を赤色のクロスマークで表示した。論文数シェアの計算には分数カウント法を用いた。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリアイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

(5) 研究領域の影響度(米国と中国の比較)

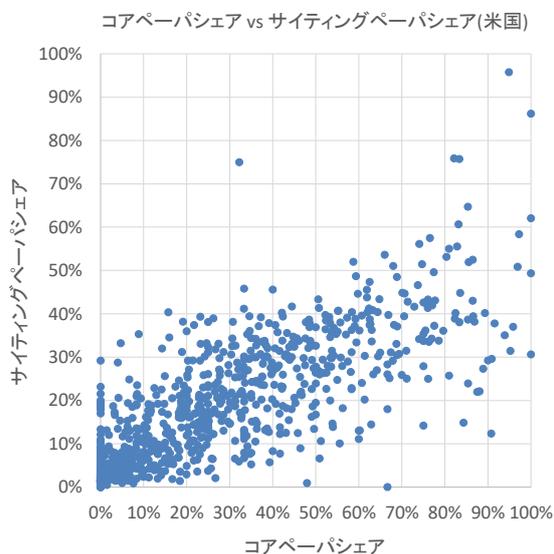
先に述べたように、コアペーパーシェアが50%を超える研究領域数は、米国は178、中国は216となっている。特に中国については、コアペーパーシェアが50%を超える研究領域数を急激に増加させている。他方で、中国については、中国からの引用が多いことが指摘されており、研究領域の影響度という点では、米国と中国で差がある可能性がある。そこで、ここではコアペーパーシェアとサイティングペーパーシェアの比較、コアペーパーシェアが50%を超える研究領域におけるサイティングペーパーの各国シェアの2つの観点から、米国や中国が先導する研究領域の他国への影響度をみる。

概要図表 16 は、サイエンスマップ 2020 で得られた 919 の研究領域を対象に、米国と中国についてコアペーパーシェアとサイティングペーパーシェアを比較した結果である。コアペーパーシェアが高いとサイティングペーパーシェアも高い傾向が、米国と中国のいずれでも見られる。これは、コアペーパーシェアが高い研究領域においては、それをフォローする裾野の論文においてもそれぞれの国の論文が多いことを意味している。ただし、傾きについては、中国の方が大きく、中国のコアペーパーの方が自国論文に引用される傾向が高い。

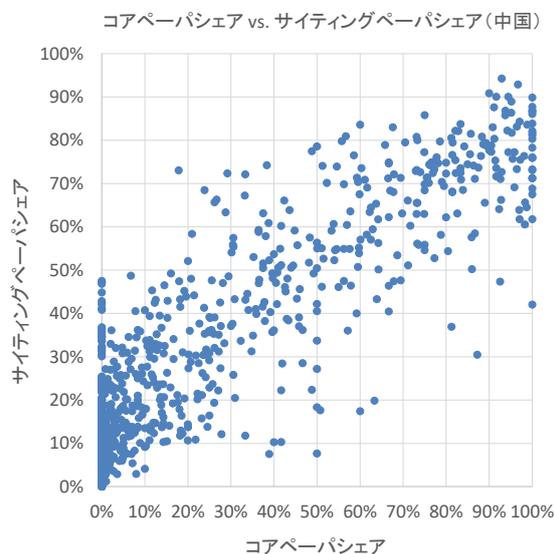
米国や中国が先導する研究領域の他国への影響度を直接的にみるために、両国のコアペーパーシェアが50%を超える研究領域におけるサイティングペーパーの各国シェアを概要図表 17 に示す。米国のコアペーパーシェアが50%を超える研究領域については、サイティングペーパーシェアの約6割を米国以外の国が占めている。他方で、中国のコアペーパーシェアが50%を超える研究領域については、サイティングペーパーシェアの約7割を中国が占めている。中国が先導する研究領域については、現状ではその影響は米国と比べて国内にとどまっていると言える。

概要図表 16 コアペーパーシェアとサイティングペーパーシェアの比較(米国と中国)

(a) 米国



(b) 中国

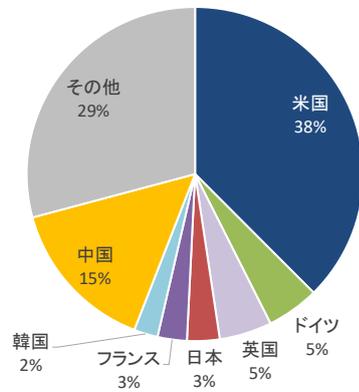


注: 論文数シェアの計算には分数カウント法を用いた。

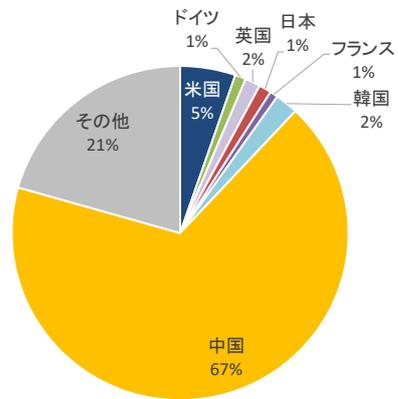
データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリア社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

概要図表 17 コアペーパーシェアが50%を超える研究領域におけるサイティングペーパーの各国シェア
(米国と中国)

(a) 米国



(b) 中国



注: コアペーパーシェアが50%を超える研究領域(米国 178、中国 216)のサイティングペーパーにおける各国シェアの平均)。論文数シェアの計算には分数カウント法を用いた。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

3. Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類と、それを用いた日本の活動状況の理解

(1) Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類

サイエンスマップの時系列変化をみると、研究領域が継続的に存在しており、他の研究領域との関係性も強い「硬い部分」と、常に変化を続けている「柔らかい部分」が存在していることが分かる。この「硬い部分」「柔らかい部分」を分類するために、サイエンスマップ 2010&2012 において、Sci-GEO チャート(Chart represents geographical characteristics of Research Areas on Science Map)という概念を導入した(概要図表 18)。

Sci-GEO チャートでは、研究領域を継続性(時間軸)と他の研究領域との関与の強さ(空間軸)を用いて分類する。具体的には概要図表 18 に示したように、過去のマップとの継続性がある場合、他の研究領域との関与が強い「コンチネント型領域」、他の研究領域との関係が弱い「アイランド型領域」に分類する。また、過去のマップとの継続性がない場合、他の研究領域との関与が強い「ペニンシュラ型領域」、他の研究領域との関与が弱い「スモールアイランド型領域」に分類する。

概要図表 18 Sci-GEO チャートによる研究領域の分類



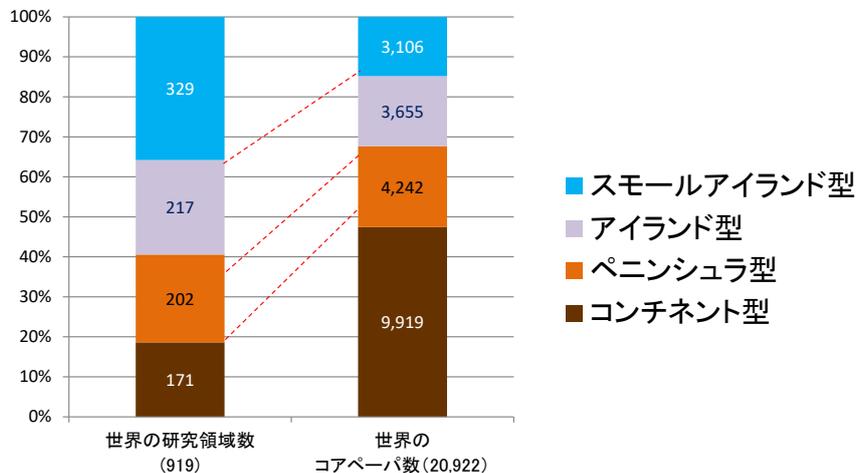
(2) Sci-GEO チャートにみる日本の研究領域タイプのバランス

サイエスマップ 2020 で得られた国際的に注目を集めている 919 領域の中で、スモールアイランド型領域は全体の 36%、コンチネント型領域は 19%を占めている(概要図表 19(A))。他方、研究領域の中に含まれるコアペーパー数に注目すると、コンチネント型領域に 47%の論文が含まれており、スモールアイランド型領域には 15%の論文が含まれている。

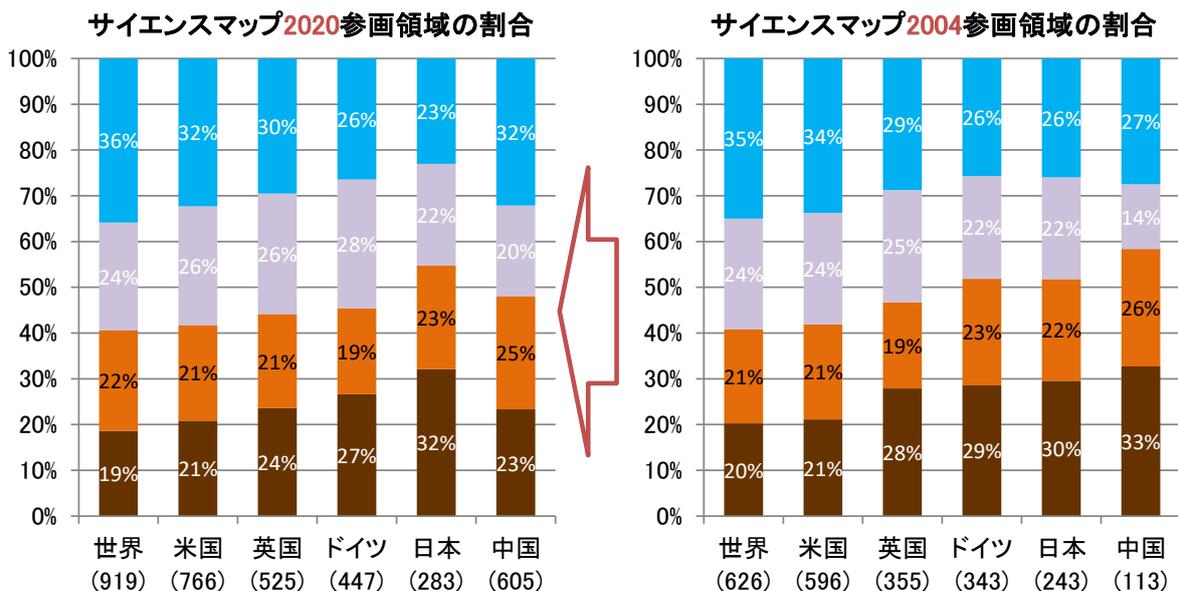
研究領域タイプのバランス(サイエスマップ 2020)をみると(概要図表 19(B))、日本は、スモールアイランド型が 23%、コンチネント型が 32%であり、世界のバランス(スモールアイランド型 36%、コンチネント型 19%)と違いがある。サイエスマップ 2004 との比較をみると、サイエスマップ 2004 時点では日本、英国、ドイツは比較的類似した Sci-GEO チャートによる研究領域タイプのバランスを持っていたことが分かる。英国やドイツではコンチネント型やスモールアイランド型の割合に大きな変化はないが、日本についてはコンチネント型の割合の増加、スモールアイランド型の割合の減少が見られる。

概要図表 19 Sci-GEO チャートを用いてみる世界と主要国の研究活動動向

(A) サイエスマップ 2020 にみる世界の研究領域数とコアペーパー数のウェイト



(B) サイエスマップ 2020 及び 2004 における主要国の Sci-GEO チャートのバランス



データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

(3) Sci-GEO チャートを用いた研究領域の移行の特徴

Sci-GEO チャートを用いた研究領域タイプ別の特徴をみるため、研究領域のタイプの移行を分析した(概要図表 20)。

まず、スモールアイランド型領域は数が多いことから、研究の多様性を担う役割が大きいことが分かる。また、ここから一定の割合が、アイランド型(3割)やコンチネン型(1割)のような継続性を持って発展する研究領域に移行することを確認した。ただし、6割の領域が次回のサイエンスマップでは検出されず、入れ替わりが活発であることが分かる。これらの事実は、スモールアイランド型領域に対する研究推進に際して、2つの観点が必要であることを示唆している。第1に、このような領域が活発に生み出されるような環境を作ることが必要である。第2に、有望なスモールアイランド型領域の継続的な発展を可能とするために、領域に参加する研究コミュニティの拡大を図るような支援が適切なタイミングで求められる。

コンチネン型領域については、6割弱の領域が次回のサイエンスマップでもコンチネン型領域として継続している。2割弱の領域はアイランド型へ移行し、3割弱の領域は次回のサイエンスマップでは検出されない。全体で7割の領域が継続しており、安定的であることが分かる。コンチネン型領域は、研究領域の継続性の観点からみると、研究推進のターゲットとして他の領域に比べて確実性があると言える。しかし、継続して国際的に注目を集める研究領域では、それに参画する研究者の数も多いと想定されるので、投入するリソースの規模や、他国機関との競争と協調のバランスなどを勘案した推進策が必要である。

概要図表 20 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプごとの特徴と推進策を考える際のポイント

<p>ペニンシュラ型 (半島)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 中規模領域 ● 領域数は領域全数の約2割 ● 入れ替わりが中程度(4割程度は検出されない) ● 1割がアイランド型へ移行 ● 5割がコンチネン型へ移行 	<p>コンチネン型 (大陸・固い)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 大規模領域 ● 領域数は領域全数の約2割 ● 入れ替わりが小程度(3割弱は検出されない) ● 2割弱がアイランド型へ移行 ● 6割弱がコンチネン型で継続 <p>★いかに世界的な存在感を示すか。</p>
<p>スモールアイランド型 (小島・やわらかい)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 小規模領域 ● 一番領域数が多い ● 入れ替わりが活発(6割は検出されない) ● 3割がアイランド型へ移行[大型化へ] ● 1割がコンチネン型へ移行[大型化へ] <p>■ スモールアイランド型の割合は世界で4割 ⇒ 初めは小さなコミュニティから始まり、その中から大きくなるコミュニティが出てくる(日本の割合は2割)</p> <p>★いかに多様性を確保するか(将来大きくなる可能性のある領域を含んでいる)。</p> <p>★将来大きくなる可能性のある領域を見つけ出し、いかにサポートしていくか。</p>	<p>アイランド型 (島)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 中規模領域 ● 領域数は領域全数の約2割 ● 入れ替わりが中程度(5割は検出されない) ● 4割がアイランド型で継続 ● 1割がコンチネン型へ移行 <p>★いかに世界的な存在感を示すか。</p>

注: 図表内の星印部分は、考察部分であり、推進策を考える上でのポイントである。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリアベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

4. 研究段階についての分析

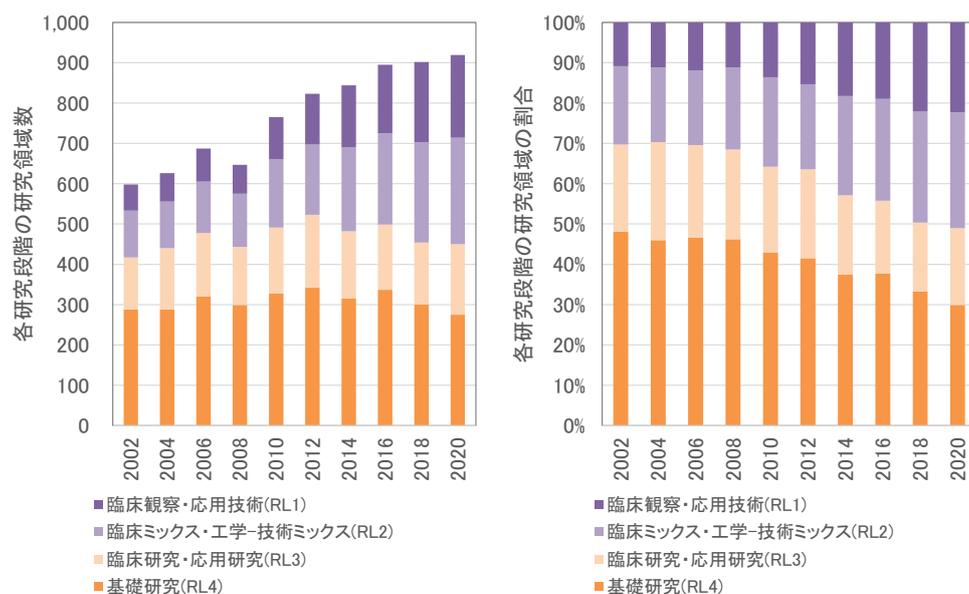
(1) サイエンスマップ 2002 から 2020 の変化

今回のサイエンスマップでは新たな試みとして、サイエンスマップの研究領域を 4 つの研究段階(Research Level、以下では RL と書く場合がある)に分類¹し、そのバランスや時系列の変化から見た研究の潮流及び日本の特徴を分析した。

4 つの研究段階(臨床観察・応用技術段階(RL1)、臨床ミックス・工学-技術ミックス段階(RL2)、臨床研究・応用研究段階(RL3)、基礎研究段階(RL4))の時系列変化をみると、サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2020 にかけて、RL4、RL3 の研究領域数は横ばい・増加であるのに対して、RL2、RL1 の研究領域数は大きく増加していることが分かる(概要図表 21)。この結果として、RL2、RL1 の研究領域の割合が増加しているが、その傾向はサイエンスマップ 2010 以降で顕著となっている。サイエンスマップ 2020 段階では、RL4・RL3 の研究領域の割合と、RL2・RL1 の研究領域の割合がともに 50%程度となっている。

つまり、研究段階の視点から研究領域数の変化をみると、臨床観察・応用技術段階(RL1)、臨床ミックス・工学-技術ミックス段階(RL2)の研究領域数の増加が、サイエンスマップにおける研究領域数の増加の要因であることが分かる。

概要図表 21 サイエンスマップ 2002 から 2020 の各研究段階の研究領域数及び割合(全世界)



データ：科学技術・学術政策研究所がクオリアベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 22 は日本が参画している研究領域を対象に、各研究段階の研究領域の数及び割合を示した結果である。サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2020 にかけて、臨床ミックス・工学-技術ミックス段階(RL2)、臨床観察・応用技術段階(RL1)の研究領域数は大きく増加、基礎研究段階(RL4)、臨床研究・応用研究段階(RL3)の研究領域数は微減している。この結果として、全世界の動向と同じく、より応用寄りの研究領域

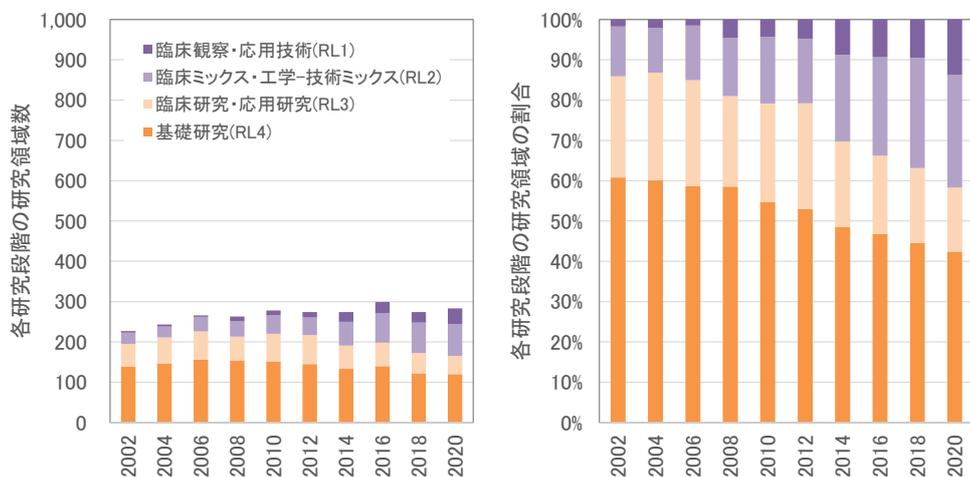
¹ 具体的には、Narinら(Narin, F., Pinski, G., & Gee, H. H. (1976). Structure of the biomedical literature. Journal of the American Society for Information Science, 27(1), 25-45.)によって提案された研究段階の分類を用いた。実際の分類には、Narinらの雑誌単位の分類を論文のタイトルやアブストラクトを用いた個々の論文レベルの分類に拡張した Boyackら(Boyack, K. W., Patek, M., Ungar, L. H., et al. (2014). Classification of individual articles from all of science by research level. Journal of Informetrics, 8(1), 1-12.)のアプローチを適用した。

(RL2、RL1)の割合が増加している。なお、日本は全世界と比べて基礎研究段階(RL4)の割合が高い傾向にある(サイエンスマップ 2020 の時点で全世界 30%、日本 42%)。

概要図表 23 は全世界における各研究段階の割合を基準として、それと比べた日本の各研究段階の特化度をサイエンスマップ 2002と2020 で比較した結果である。日本の研究段階の構成は、徐々に世界における構成に近づいているが、サイエンスマップ 2020 の段階でも基礎研究(RL4)の割合が高く、臨床観察・応用技術段階(RL1)の割合が低い。これらの結果は、注目度の高い研究領域という観点からみると、日本は基礎研究段階では健闘しているが、応用段階に進むにつれ相対的に存在感が低下していることを示唆している。

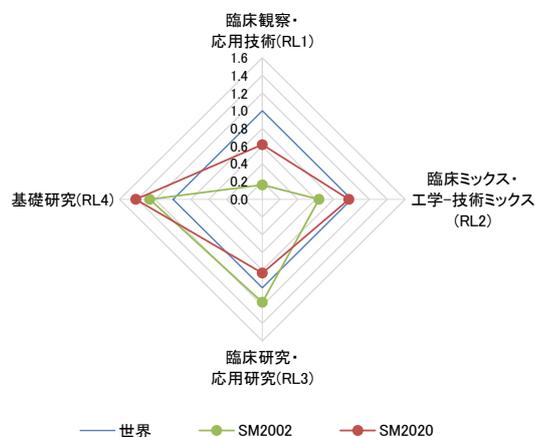
サイエンスマップにおける日本の参画領域数や割合を増やすという観点からみると、日本の相対的な強みである基礎研究段階の研究領域数は維持しつつ、世界的に拡大がみられている臨床ミックス・工学-技術ミックス段階(RL2)、臨床観察・応用技術段階(RL1)の研究領域における存在感も高めていくことが必要であると考えられる。なお、この研究段階に該当する研究領域は、臨床医学、学際的・分野融合的領域、工学、社会科学・一般に分類されるものが多い。

概要図表 22 サイエンスマップ 2002 から 2020 の各研究段階の研究領域数及び割合(日本が参画している研究領域)



データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリア社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 23 日本の研究段階の特化度(SM2002とSM2020の比較)



データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリア社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

5. サイエンスマップと技術のつながりの分析

(1) パテントファミリーからのコアペーパーとサイティングペーパーへの引用

サイエンスマップにおける技術とのつながりをみるために、パテントファミリー¹(2022年1月時点抽出データ)からのコアペーパーとサイティングペーパーへの引用を分析した(概要図表 24)。

各年でコアペーパーとサイティングペーパーを比較すると、コアペーパーの方がサイティングペーパーよりもパテントファミリーに引用されたことがある論文の割合が高い。例えば、サイエンスマップ 2002 では、パテントファミリーから引用されている論文の割合は、コアペーパーでは 47.7%であるのに対して、サイティングペーパーでは 19.2%となっている(概要図表 24 のオレンジの矢印)。また、パテントファミリーからの被引用数もコアペーパーとサイティングペーパーで異なる。サイエンスマップ 2002 では、コアペーパーは論文あたり 9.7 回パテントファミリーに引用されているが、サイティングペーパーは論文あたり 4.3 回パテントファミリーに引用されている(概要図表 24 の紫色の矢印)。これらの結果は、研究領域を先導する論文(コアペーパー)は、パテントファミリーからも注目を集めていることを示している。

概要図表 24 コアペーパーとサイティングペーパーのパテントファミリーとのつながり

各サイエンスマップを構成する論文の パテントファミリーからの引用の 状況	研究領域数	コアペーパー数	パテントファミリー(PF)から引用され ているコアペーパー		PFからの 平均被引用数
			数	割合	
サイエンスマップ2002	598	15,410	7,355	47.7%	9.7
サイエンスマップ2004	626	15,531	7,278	46.9%	10.0
サイエンスマップ2006	687	15,165	7,142	47.1%	10.0
サイエンスマップ2008	647	15,826	6,972	44.1%	9.1
サイエンスマップ2010	765	17,822	7,205	40.4%	7.9
サイエンスマップ2012	823	18,515	6,706	36.2%	7.0
サイエンスマップ2014	844	18,568	6,000	32.3%	6.4
サイエンスマップ2016	895	19,123	5,131	26.8%	5.8
サイエンスマップ2018	902	20,211	3,723	18.4%	4.6
サイエンスマップ2020	919	20,922	1,889	9.0%	3.4

各サイエンスマップを構成する論文の パテントファミリーからの引用の 状況	研究領域数	サイティングペーパー数	PFから引用されている サイティングペーパー		PFからの 平均被引用数
			数	割合	
サイエンスマップ2002	598	449,282	86,172	19.2%	4.3
サイエンスマップ2004	626	475,697	90,374	19.0%	4.2
サイエンスマップ2006	687	510,747	89,745	17.6%	4.1
サイエンスマップ2008	647	544,175	85,056	15.6%	3.9
サイエンスマップ2010	765	617,545	83,348	13.5%	3.4
サイエンスマップ2012	823	675,158	75,174	11.1%	3.1
サイエンスマップ2014	844	768,255	62,968	8.2%	2.8
サイエンスマップ2016	895	800,027	46,329	5.8%	2.6
サイエンスマップ2018	902	884,536	26,829	3.0%	2.4
サイエンスマップ2020	919	1,016,465	10,214	1.0%	2.0

注 1: ここではサイエンスマップを構成するコアペーパーとサイティングペーパー(例えばサイエンスマップ 2002 では 1997 年から 2002 年の論文)が、2020 年 2 月時点抽出データでパテントファミリーからどのように引用されているかを分析している。したがって、昔のサイエンスマップを構成する論文ほどパテントファミリーからの被引用数が大きくなるので、異なる時点のサイエンスマップ間の結果の比較はできない。

注 2: 出願または登録されたパテントファミリーのみを対象とした。パテントファミリー中の引用が、発明者、審査官のいずれによるものかの区別はしていない。データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。特許データは科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社の Derwent Innovation Index (2022 年 1 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2021 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

¹ パテントファミリーとは優先権によって直接、間接的に結び付けられた 2 か国以上への特許出願の束である。通常、同じ内容で複数の国に出願された特許は、同一のパテントファミリーに属する。パテントファミリーは、発明者や出願人が居住する国以外での権利化を目指して、2 か国以上に出願されていると考えられ、特許出願の中でも相対的に価値が高い発明と考えられる。

(2) 技術の進展に大きな影響を与えている日本のコアペーパー

サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2020 において、特許からの被引用数が上位 5 位に入るコアペーパーを概要図表 26 に示した。パテントファミリーからの被引用数が多い上位 5 のコアペーパーをみると、サイエンスマップ 2006、2008、2010、2012 の上位 5 件(合計 20 件)の中に、日本の機関に所属している著者の論文がのべ 12 件含まれる。

論文のタイトルから、IGZO 系酸化物半導体や iPS 細胞(人工多能性幹細胞)の研究において、日本の論文が科学において研究領域を先導するのに加えて、技術の進展にも大きな影響を与えていることが分かる。サイエンスマップ 2014 から 2020 では、ゲノム編集に関わる論文が上位を占めている。サイエンスマップ 2016 の 4 位には、免疫チェックポイントについてのレビュー論文が入っている。

概要図表 25 には、パテントファミリーからコアペーパーへの引用数における主要国の割合を示す。日本のシェアはサイエンスマップ 2006、2008、2010 では約 13~17%を占めている。これは、先に述べたように、これらのサイエンスマップでは、IGZO 系酸化物半導体や iPS 細胞(人工多能性幹細胞)についてのコアペーパーが、特に数多くパテントファミリーから引用されているためである。

概要図表 25 パテントファミリーからコアペーパーへの引用数における主要国の割合

	日本	米国	ドイツ	フランス	英国	中国	韓国
サイエンスマップ2002	7.0%	74.1%	10.0%	4.0%	8.7%	0.5%	0.3%
サイエンスマップ2004	7.5%	74.5%	11.4%	4.5%	8.6%	0.9%	1.0%
サイエンスマップ2006	14.0%	67.5%	10.2%	4.8%	8.3%	1.6%	1.0%
サイエンスマップ2008	16.5%	65.5%	9.2%	4.9%	8.9%	2.9%	1.1%
サイエンスマップ2010	13.1%	65.9%	10.6%	5.0%	10.8%	4.0%	4.3%
サイエンスマップ2012	7.9%	71.1%	12.0%	6.7%	12.9%	5.6%	5.7%
サイエンスマップ2014	6.9%	74.4%	14.4%	8.0%	13.1%	8.9%	4.4%
サイエンスマップ2016	6.6%	76.4%	12.8%	9.1%	11.8%	10.5%	4.2%
サイエンスマップ2018	6.5%	77.5%	13.2%	8.7%	12.6%	11.7%	4.2%
サイエンスマップ2020	8.0%	76.1%	14.6%	10.5%	16.1%	11.8%	4.6%

注： 出願または登録されたパテントファミリーのみを対象とした。パテントファミリー中の引用が、発明者、審査官のいずれによるものかの区別はしていない。
データ： 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。特許データは科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社の Derwent Innovation Index (2022 年 1 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2021 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 26 パテントファミリーからの被引用数が多いコアペーパー(上位5位)

順位	PFからの被引用数	研究領域ID	22分野分類	Sci-Geo 研究領域型	論文タイトル	ジャーナル	出版年	責任著者	所属機関
サイエンス誌2002									
1	965	531	学際的・分野融合的領域	ペニンシユラ型	Molecular classification of cancer: Class discovery and class prediction by gene expression monitoring	SCIENCE	1999	Golub, TR	MIT, 米国
2	763	596	学際的・分野融合的領域	ペニンシユラ型	Duplexes of 21-nucleotide RNAs mediate RNA interference in cultured mammalian cells	NATURE	2001	Tuschl, T	マックスプランク生物物理学研究所, ドイツ
3	713	489	学際的・分野融合的領域	ペニンシユラ型	Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence	APPLIED PHYSICS LETTERS	1999	Baldo, MA	プリンストン大学, 米国
4	591	489	学際的・分野融合的領域	ペニンシユラ型	Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices	NATURE	1998	Forrest, SR	プリンストン大学, 米国
5	549	596	学際的・分野融合的領域	ペニンシユラ型	RNA interference is mediated by 21- and 22-nucleotide RNAs	GENES & DEVELOPMENT	2001	Tuschl, T	マックスプランク生物物理学研究所, ドイツ
サイエンス誌2004									
1	1510	10	物理学	スモールアイランド型	Hydrogen as a cause of doping in zinc oxide	PHYSICAL REVIEW LETTERS	2000	Van de Walle, GG	フリッツ・ハーバー研究所, ドイツ
2	965	623	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Molecular classification of cancer: Class discovery and class prediction by gene expression monitoring	SCIENCE	1999	Golub, TR	MIT, 米国
3	713	477	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Very high-efficiency green organic light-emitting devices based on electrophosphorescence	APPLIED PHYSICS LETTERS	1999	Baldo, MA	プリンストン大学, 米国
4	317	623	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	A system for stable expression of short interfering RNAs in mammalian cells	SCIENCE	2002	Agami, R	Netherlands Cancer Institute, オランダ
5	294	623	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Role for a bidentate ribonuclease in the initiation step of RNA interference	NATURE	2001	Bernstein, E	コーネル・スプリング・ハーバー研究所, 米国
サイエンス誌2006									
1	1666	110	物理学	ペニンシユラ型	Room-temperature fabrication of transparent flexible thin-film transistors using amorphous oxide semiconductors	NATURE	2004	Hosono, H	東京工業大学, 日本
2	1551	110	物理学	ペニンシユラ型	Thin-film transistor fabricated in single-crystalline transparent oxide semiconductor	SCIENCE	2003	Nomura, K	科学技術振興機構ERATO, 日本
3	1524	110	物理学	ペニンシユラ型	Transparent thin film transistors using ZnO as an active channel layer and their electrical properties	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	2003	Masuda, S	ミノルタ株式会社, 日本
4	549	687	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	RNA interference is mediated by 21- and 22-nucleotide RNAs	GENES & DEVELOPMENT	2001	Tuschl, T	マックスプランク生物物理学研究所, ドイツ
5	379	533	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Genome sequencing in microfabricated high-density picolitre reactors	NATURE	2005	Rothberg, JM	454 Life Sciences, 米国
サイエンス誌2008									
1	1666	20	物理学	アイランド型	Room-temperature fabrication of transparent flexible thin-film transistors using amorphous oxide semiconductors	NATURE	2004	Hosono, H	東京工業大学, 日本
2	1551	20	物理学	アイランド型	Thin-film transistor fabricated in single-crystalline transparent oxide semiconductor	SCIENCE	2003	Nomura, K	科学技術振興機構ERATO, 日本
3	1524	20	物理学	アイランド型	Transparent thin film transistors using ZnO as an active channel layer and their electrical properties	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	2003	Masuda, S	ミノルタ株式会社, 日本
4	1522	20	物理学	アイランド型	Wide-bandgap high-mobility ZnO thin-film transistors produced at room temperature	APPLIED PHYSICS LETTERS	2004	Fortunato, EMC	New University of Lisbon, ポルトガル
5	544	623	臨床医学	コンチネント型	Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors	CELL	2007	Yamanaka, S	京都大学, 日本
サイエンス誌2010									
1	1515	16	物理学	アイランド型	Amorphous oxide semiconductors for high-performance flexible thin-film transistors	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS PART 1 - REGULAR PAPERS BRIEF COMMUNICATIONS & REVIEW PAPERS	2006	Nomura, K	東京工業大学, 日本
2	1507	16	物理学	アイランド型	Improvements in the device characteristics of amorphous indium gallium zinc oxide thin-film transistors by Ar plasma treatment	APPLIED PHYSICS LETTERS	2007	Park, JS	サムスンSDI, 韓国
3	1503	606	化学	コンチネント型	Defect energetics in ZnO: A hybrid Hartree-Fock density functional study	PHYSICAL REVIEW B	2008	Oba, F	京都大学, 日本
4	544	757	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors	CELL	2007	Yamanaka, S	京都大学, 日本
5	501	757	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Induction of pluripotent stem cells from mouse embryonic and adult fibroblast cultures by defined factors	CELL	2006	Yamanaka, S	京都大学, 日本

概要図表 26 パテントファミリーからの被引用数が多いコアペーパー(上位5位)(続き)

順位	特許からの被引用数	研究領域ID	22分野分類	Sci-Geo 研究領域型	論文タイトル	ジャーナル	出版年	責任著者	所属機関
1	1507	214	物理学	アイソトープ型	Electronic transport properties of amorphous indium-gallium-zinc oxide semiconductor upon exposure to water	APPLIED PHYSICS LETTERS	2008 Park, JS	サムスンSDI 韓国	
2	544	770	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors	CELL	2007 Yamamaka, S	京都大学, 日本	
3	339	770	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Induced pluripotent stem cell lines derived from human somatic cells	SCIENCE	2007 Yu, JY	Genome Center of Wisconsin, 米国	
4	234	770	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Breaking the Code of DNA Binding Specificity of TAL-Type III Effectors	SCIENCE	2009 Boch, J	Martin Luther University of Halle-Wittenberg, ドイツ	
5	201	770	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	A Simple Cipher Governs DNA Recognition by TAL Effectors	SCIENCE	2009 Bogdanove, AJ	アイオワ州立大学, 米国	
1	484	709	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity	SCIENCE	2012 Doudna, JA	カリフォルニア大学バークレー校, 米国	
2	401	709	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Multiplex Genome Engineering Using CRISPR/Cas Systems	SCIENCE	2013 Zhang, F	フローード研究所, 米国	
3	328	709	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	RNA-Guided Human Genome Engineering via Cas9	SCIENCE	2013 Church, GM	ハーバード大学, 米国	
4	317	707	工学	スモールアライメント型	Overview of the High Efficiency Video Coding (HEVC) Standard	IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY	2012 Han, WJ	嘉泉大学校, 韓国	
5	234	709	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Breaking the Code of DNA Binding Specificity of TAL-Type III Effectors	SCIENCE	2009 Boch, J	Martin Luther University of Halle-Wittenberg, ドイツ	
1	484	809	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	A Programmable Dual-RNA-Guided DNA Endonuclease in Adaptive Bacterial Immunity	SCIENCE	2012 Doudna, JA	カリフォルニア大学バークレー校, 米国	
2	401	809	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Multiplex Genome Engineering Using CRISPR/Cas Systems	SCIENCE	2013 Zhang, F	フローード研究所, 米国	
3	328	809	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	RNA-Guided Human Genome Engineering via Cas9	SCIENCE	2013 Church, GM	ハーバード大学, 米国	
4	290	865	臨床医学	コンチナメント型	The blockade of immune checkpoints in cancer immunotherapy	NATURE REVIEWS CANCER	2012 Pardoll, DM	ジョンズ・ホプキンス大学, 米国	
5	173	809	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Efficient design and assembly of custom TALEN and other TAL effector-based constructs for DNA targeting	NUCLEIC ACIDS RESEARCH	2011 Voytas, DF	ミネソタ大学, 米国	
1	401	869	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Multiplex Genome Engineering Using CRISPR/Cas Systems	SCIENCE	2013 Zhang, F	フローード研究所, 米国	
2	328	869	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	RNA-Guided Human Genome Engineering via Cas9	SCIENCE	2013 Church, GM	ハーバード大学, 米国	
3	148	869	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	DNA targeting specificity of RNA-guided Cas9 nucleases	NATURE BIOTECHNOLOGY	2013 Zhang, F	フローード研究所, 米国	
4	146	869	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Double Nicking by RNA-Guided CRISPR Cas9 for Enhanced Genome Editing Specificity	CELL	2013 Zhang, F	フローード研究所, 米国	
5	140	869	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Repurposing CRISPR as an RNA-Guided Platform for Sequence-Specific Control of Gene Expression	CELL	2013 Qi, LS	カリフォルニア大学サンフランシスコ校, 米国	
1	78	855	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Discovery and Functional Characterization of Diverse Class 2 CRISPR-Gas Systems	MOLECULAR CELL	2015 Zhang, F	フローード研究所, 米国	
2	73	855	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	High-fidelity CRISPR-Cas9 nucleases with no detectable genome-wide off-target effects	NATURE	2016 Joung, JK	マサチューセッツ総合病院, 米国	
3	66	852	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Highly Parallel Genome-wide Expression Profiling of Individual Cells Using Nanoliter Droplets	CELL	2015 Macosko, EZ	ハーバード大学, 米国	
4	57	855	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Programmable editing of a target base in genomic DNA without double-stranded DNA cleavage	NATURE	2016 Liu, DR	ハーバード大学, 米国	
5	52	855	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Rationally engineered Cas9 nucleases with improved specificity	SCIENCE	2016 Zhang, F	フローード研究所, 米国	

注1: 出願または登録されたパテントファミリーのみを対象とした。パテントファミリー中の引用が、発明者、審査官のいずれによるものかの区別はしていない。日本の所属機関が関わっている論文をオレンジ色のセルで示した。複数回出現している論文は赤字にしている。

注2: 責任著者の所属機関は、論文に記述されている情報(論文が出版された時点の情報)による。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がクリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及びWeb of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。特許データは科学技術・学術政策研究所がクリベイト社の Derwent Innovation Index (2022 年 1 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2021 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

6. サイエンスマップとファンディング情報のリンケージの試み

(1) 30 ファンディング機関・プログラム等のサイエンスマップ 2020 における出現状況

論文の謝辞情報に含まれる、研究資金の情報は、インプットとアウトプットとの関係性を分析する上で、重要な情報である。ここでは、謝辞情報を用いることで、サイエンスマップとファンディング情報をリンクさせた分析を紹介する。

本分析において対象とした 7 개국・1 地域の 30 ファンディング機関・プログラム等の一覧を概要図表 27 に示す。

各国における主要なファンディング機関を対象とするとともに、日本については文部科学省、厚生労働省、内閣府、環境省、農林水産省、経済産業省、総務省も対象に含めた。なお、厚生労働省は日本医療研究開発機構、経済産業省は新エネルギー・産業技術総合研究開発機構、農林水産省は農業・食品産業技術総合研究機構とともに分析を行った。また、今回の分析で用いたデータベース上では、科研費について文部科学省、日本学術振興会のいずれが担当するものなのかの分離が困難であったことから、日本学術振興会・科研費、文部科学省として分析を行った。米国については、国防総省、エネルギー省についても対象に含めた。後に示すように、サイエンスマップ 2020 における出現状況を見ると、国防総省からも論文誌に掲載・公開されるような研究成果が相当数生み出されていることが分かる。ドイツについては連邦教育研究省、中国については科学技術部も対象とした。中国については、謝辞にプログラムや計画が書かれる傾向が高いことから、「国家重点研究開発計画(その前身の 973、876 計画を含む)」(CHN_Key)、「China Postdoctoral Science Fund」(CHN_CPSF)、「千人計画(若手・シニア・海外人材を対象としたものを含む)」(CHN_talent)、「国家科学技術重大プロジェクト」(CHN_major)についても対象とした。

概要図表 27 分析対象とした 30 ファンディング機関・プログラム等の一覧

国・地域	ファンディング機関・プログラム等名	略称	国・地域	ファンディング機関・プログラム等名	略称
日本	日本学術振興会・科研費、文部科学省	JPN_MEXT_USPS_KAKENHI	英国	工学・物理科学研究会議	GBR_EPSRC
	科学技術振興機構	JPN_JST		医学研究会議	GBR_MRC
	日本医療研究開発機構、厚生労働省	JPN_MHLW_AMED		バイオテクノロジー・生物科学研究会議	GBR_BBSRC
	内閣府	JPN_CAO		自然環境研究会議	GBR_NERC
	新エネルギー・産業技術総合開発機構、経済産業省	JPN_METI_NEDO		科学技術施設会議	GBR_STFC
	環境省	JPN_MOE		フランス	国立研究機構
	農業・食品産業技術総合研究機構、農林水産省	JPN_MAFF_NARO	中国	自然科学基金委員会	CHN_NSFC
	総務省	JPN_MIC		国家重点研究開発計画(その前身の973、876計画を含む)	CHN_Key
米国	国立科学財団	USA_NSF		China Postdoctoral Science Foundation	CHN_CPSF
	国立衛生研究所	USA_NIH		中国科学院	CHN_CAS
	国防総省	USA_DOD		科学技術部	CHN_MOST
	エネルギー省	USA_DOE	千人計画(若手・シニア・海外)	CHN_talent	
	米国航空宇宙局	USA_NASA	国家科学技術重大プロジェクト	CHN_major	
ドイツ	ドイツ研究振興協会	DEU_DFG	韓国	韓国研究財団	KOR_NRF
	連邦教育研究省	DEU_BMBF	欧州	EUの枠組みプログラム(FP7, Horizon 2020を対象)	EU_FP

注: 各国・地域において、研究領域のサイティングペーパーの 10 件以上が、謝辞中で当該ファンディング機関・プログラム等について言及している研究領域数の順で、ファンディング機関・プログラム等を示している。

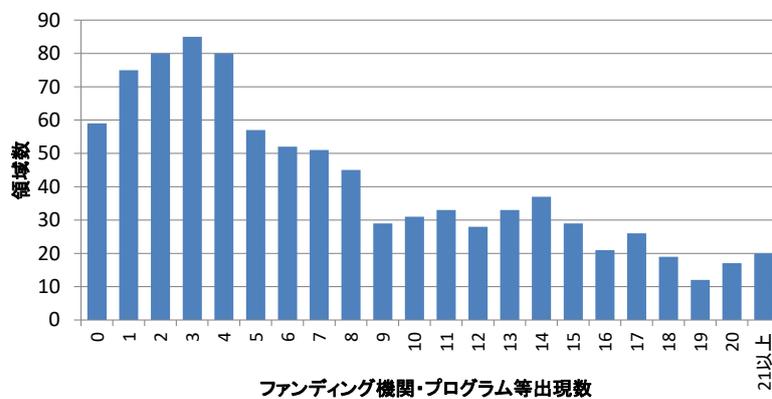
概要図表 28 に 30 ファンディング機関・プログラム等のサイエンスマップ 2020 における出現状況を示した。具体的には、研究領域ごとに 30 のファンディング機関・プログラム等のうちいくつが出現しているか(ファンディング機関・プログラム等出現数)を集計した後に、ファンディング機関・プログラム等出現数ごとに、該当する研究領域数を示した。なお、ここではファンディング機関・プログラム等が出現している研究領域の広がりを調べ

る目的から、研究領域のサイティングペーパーの 10 件以上が、謝辞中で当該ファンディング機関・プログラム等について言及している場合に、当該ファンディング機関・プログラム等は研究領域に出現しているとした。

いずれのファンディング機関・プログラム等も出現していない研究領域の数は 59 領域であり、全体の 6.4%を占める。最も数が多いのはファンディング機関・プログラム等出現数が 3 の研究領域であり、85 領域数(全体の 9.2%)が該当する。ファンディング機関・プログラム等出現数の増加とともに、該当する領域数は減少傾向にある。ファンディング機関・プログラム等出現数の中央値は 6、平均値は 7.5 である。

概要図表 29 は、ファンディング機関・プログラム等出現数ごとに、そこに該当する研究領域の Sci-GEO チャートによる研究領域タイプのバランスを示した結果である。ファンディング機関・プログラム等出現数が少ない研究領域ではスモールアイランド型の研究領域の割合が高く、ファンディング機関・プログラム等出現数が多い研究領域ではコンチネント型の研究領域の割合が高い。コンチネント型領域は、研究領域の継続性の観点からは、研究推進のターゲットとして他の領域に比べて確実性がある点を指摘したが、ファンディング機関・プログラム等の傾向をみると、実際に多くのファンディング機関・プログラム等が関わっている。

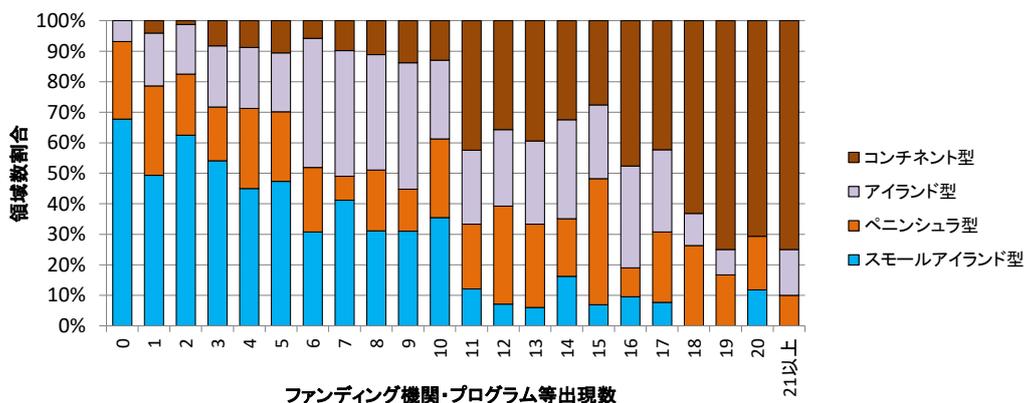
概要図表 28 30 ファンディング機関・プログラム等のサイエンスマップ 2020 における出現状況



注 1: 各研究領域のサイティングペーパーの 10 件以上が、謝辞中で当該ファンディング機関・プログラム等について言及している場合に、当該ファンディング機関・プログラム等は研究領域に出現しているとした。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 29 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプのバランス(ファンディング機関・プログラム等出現数ごと)



注 1: 各研究領域のサイティングペーパーの 10 件以上が、謝辞中で当該ファンディング機関・プログラム等について言及している場合に、当該ファンディング機関・プログラム等は研究領域に出現しているとした。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

ファンディング機関・プログラム等出現数がゼロの研究領域で、スモールアイランド型の研究領域の割合が

一番高く、その割合は 68%(40 領域)となっている。40 領域は、スモールアイランド型に分類される 329 領域の 12%に対応しており、スモールアイランド型の研究領域の一定数は、ここで分析対象とした主要なファンディング機関・プログラム等とは異なる資金源を用いて生み出されていることが分かる。

(2) サイエンスマップを用いたファンディング機関・プログラム等の出現状況把握

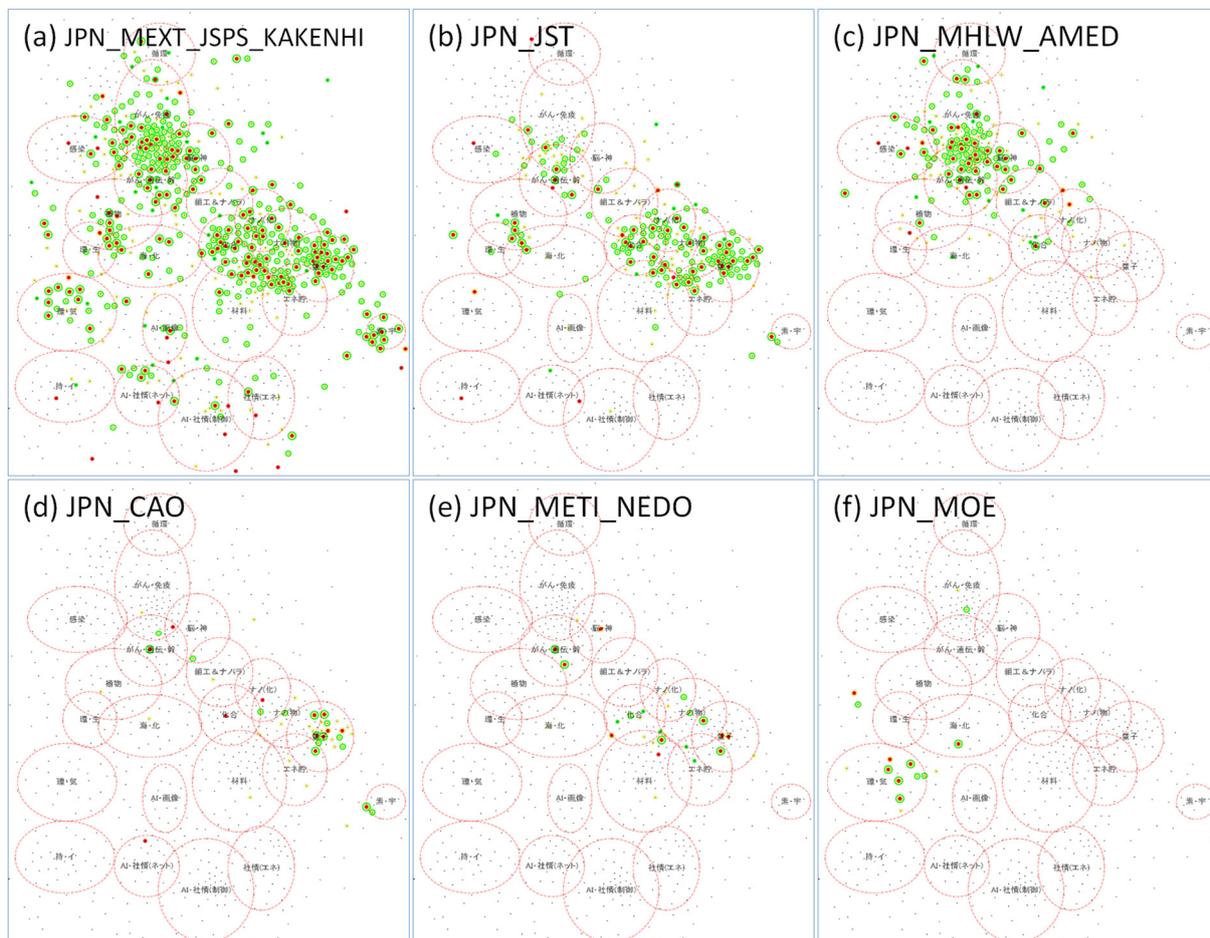
日本、米国、中国について、各国のファンディング機関・プログラム等の出現状況を、サイエンスマップ上に示した結果を概要図表 30 から概要図表 32 に示す。

図表中の黒の点の位置が、研究領域の位置に対応している。研究領域を先導するコアペーパーの謝辞中に当該ファンディング機関・プログラム等が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を赤色で示している。コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の中で、被引用数が世界の上位 10%に入る論文の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(2 件以上)、研究領域を黄色で示している。また、コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(10 件以上)、研究領域を緑色で示している。

概要図表 30 には、日本のファンディング機関等の出現状況を示している。日本学術振興会・科研費、文部科学省については、サイエンスマップ全体で出現している。それと比べると、科学技術振興機構については、出現する範囲がより集中している。日本医療研究開発機構、厚生労働省は植物科学研究よりマップ上方に位置している、がん・免疫研究、脳・神経研究、がんゲノム解析・遺伝子、幹細胞研究で出現している。内閣府は量子情報処理・物性研究、新エネルギー・産業技術総合開発機構、経済産業省は、ナノサイエンス研究に関連する研究領域群、環境省は環境・気候変動研究で主に出現している。

なお、科学技術という視点で考えるとサイエンスマップで観測できる範囲は、研究の成果が論文(Article や Review)の形で発表される範囲に限られている。したがって、ここで見ているのは科学研究という視点で見たときに、主要な資金配分機関等がどのような研究領域で出現しているかという情報である。

概要図表 30 サイエンスマップ 2020 にみる日本のファンディング機関等の出現状況



注 1: 図表中の黒の点の位置が、研究領域の位置に対応している。研究領域を先導するコアペーパーの謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を赤色で示している。コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の中で、被引用数が世界の上位 10%に入る論文の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(2 件以上)、研究領域を黄色で示している。また、コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(10 件以上)、研究領域を緑色で示している。

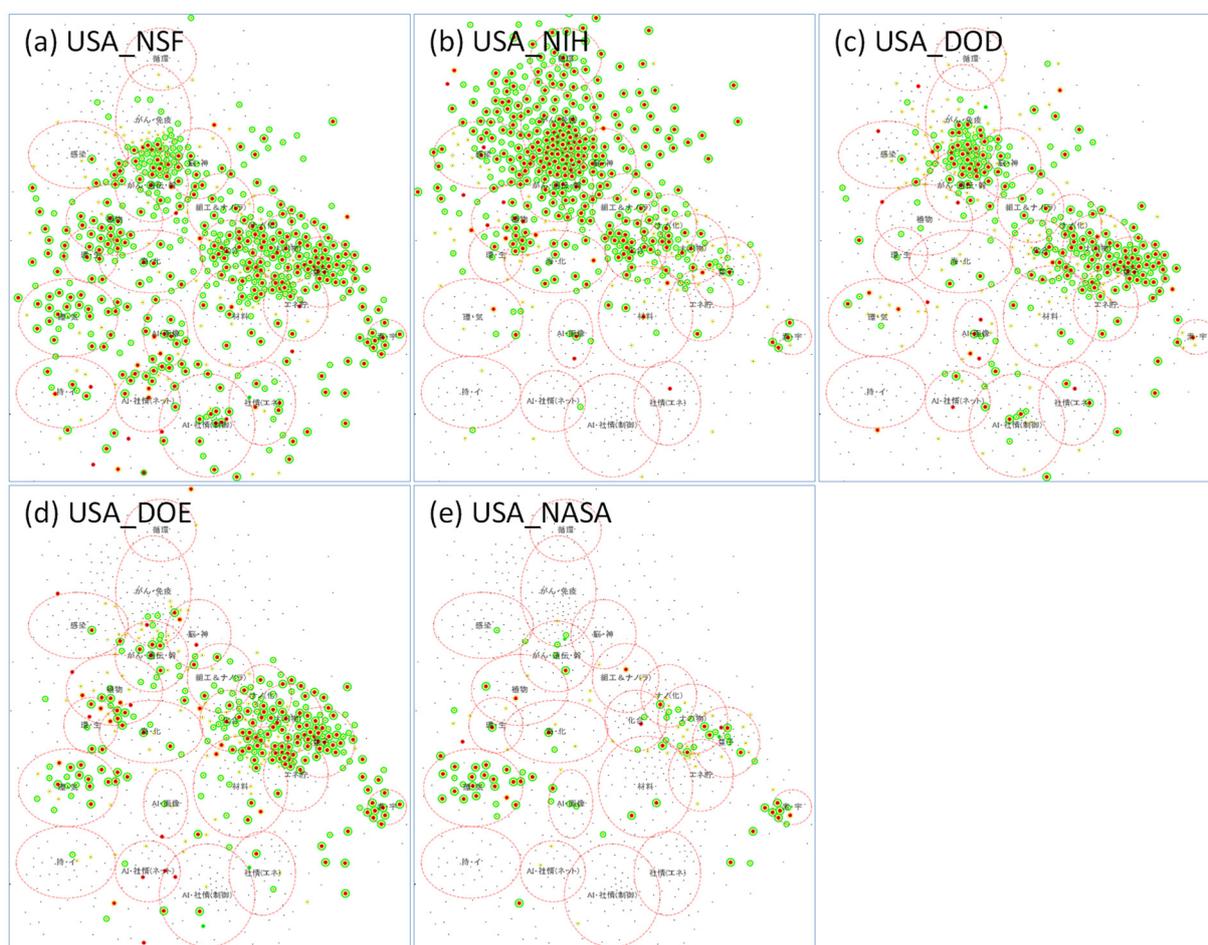
注 2: 謝辞情報に基づくオーバーレイの結果である。JST 等については、著者の所属機関に名前が書かれる場合もあり、所属機関情報のオーバーレイの結果と必ずしも一致しない可能性がある。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

概要図表 31 には、米国のファンディング機関等の出現状況を示している。国立科学財団(USA_NSF)については、サイエンスマップ全体で出現している。国立衛生研究所(USA_NIH)は、マップ上半分の臨床医学や生命科学に関連する研究領域で出現しているのに加えて、化学合成研究、ナノサイエンス研究、量子情報処理・物性研究の研究領域群で出現している。国防総省(USA_DOD)については、化学合成研究、ナノサイエンス研究の研究領域群、量子情報処理・物性研究に加えて、生命科学系の研究領域群で出現している。サイエンスマップ 2020 における出現状況を見ると、国防総省(USA_DOD)からも論文誌に掲載・公開されるような研究成果が相当数生み出されていることが分かる。エネルギー省(USA_DOE)は化学合成研究、ナノサイエンス研究の研究領域群、量子情報処理・物性研究、素粒子・宇宙論研究、植物科学研究、環境・気候変動研究で出現している。米国航空宇宙局(USA_NASA)が出現しているのは、主に素粒子・宇宙論研究、環境・気候変動研究である。

国立科学財団(USA_NSF)を除くファンディング機関は、例えば国立衛生研究所(USA_NIH)が化学合成研究やナノサイエンス研究の研究領域群で出現しているなど、それぞれのファンディング機関が主な支援対象とする分野に特化しつつも、周辺の研究領域でも出現している様子がみえる。

概要図表 31 サイエンスマップ 2020 にみる米国のファンディング機関等の出現状況



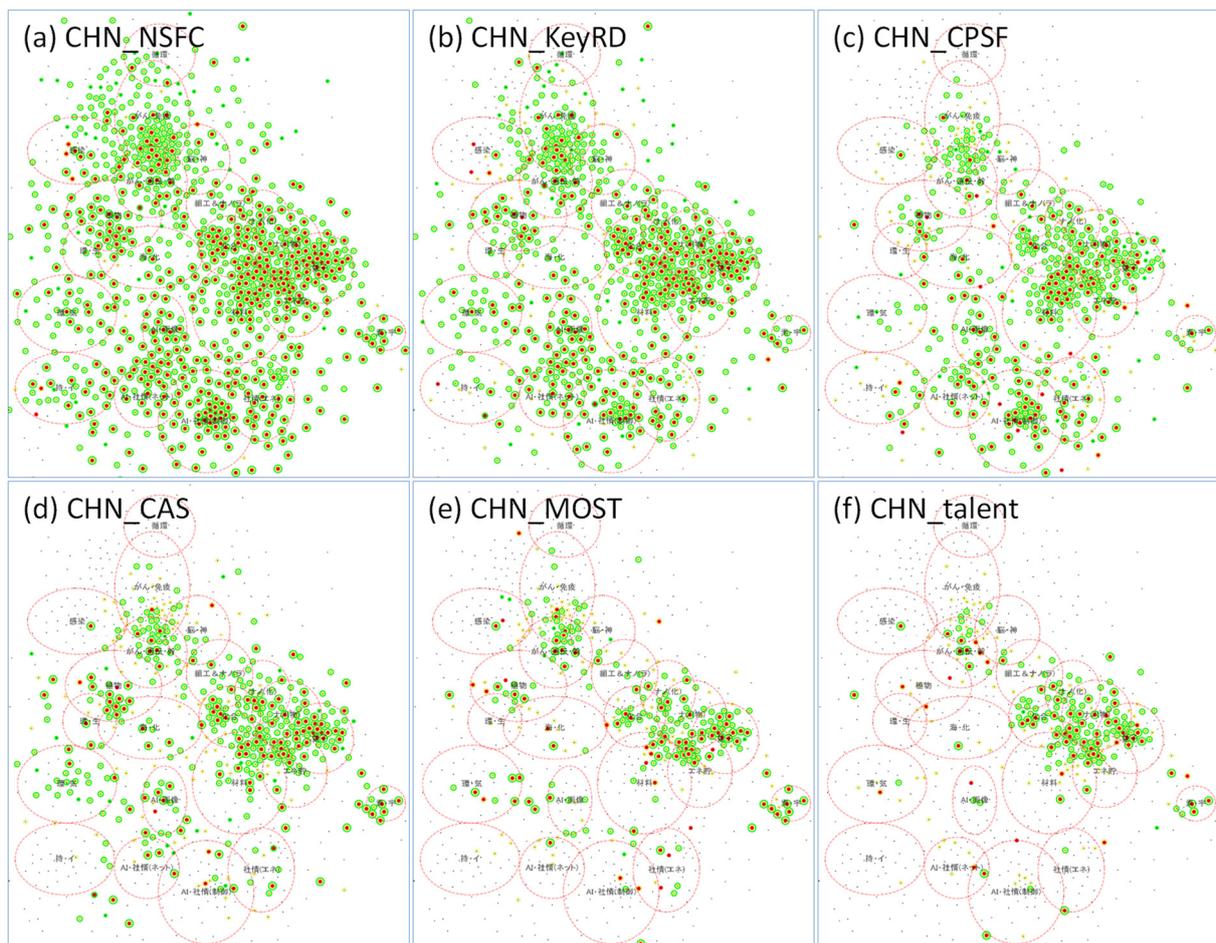
注 1: 図表中の黒の点の位置が、研究領域の位置に対応している。研究領域を先導するコアペーパーの謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を赤色で示している。コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の中で、被引用数が世界の上位 10%に入る論文の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(2 件以上)、研究領域を黄色で示している。また、コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(10 件以上)、研究領域を緑色で示している。

注 2: 謝辞に次の組織等が含まれる場合に、USA_DOD が出現しているとした。Department of Defense, Defense Advanced Research Projects Agency, Defense Threat Reduction Agency, Air Force Office of Scientific Research, Office of Naval Research, Army Research Office
 データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリベイト社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

概要図表 32 には、中国のファンディング機関・プログラム等の出現状況を示している。自然科学基金委員会(CHN_NSFC)と国家重点研究開発計画(CHN_Key)については、サイエンスマップ全体で出現している。China Postdoctoral Science Foundation(CHN_CPSF)については、ナノサイエンス研究の研究領域群、材料研究、AI 関連研究、社会情報インフラ関連の研究領域群で出現している。中国科学院(CHN_CAS)については、化学合成研究、ナノサイエンス研究の研究領域群、量子情報処理・物性研究、植物科学研究、素粒子・宇宙論研究で出現している。科学技術部(CHN_MOST)は、主にナノサイエンス研究に関連する研究領域群で出現しているが、その範囲が生命科学系の研究領域群にも広がっている。千人計画(CHN_talent)が主に出現しているのは、化学合成研究、ナノサイエンス研究の研究領域群である。

中国の場合、ここで分析対象とした 6 ファンディング機関・プログラム等のいずれも化学合成研究、ナノサイエンス研究の研究領域群で出現している点が特徴である。

概要図表 32 サイエンスマップ 2020 にみる中国のファンディング機関・プログラム等の出現状況



注 1: 図表中の黒の点の位置が、研究領域の位置に対応している。研究領域を先導するコアペーパーの謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を赤色で示している。コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の中で、被引用数が世界の上位 10%に入る論文の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(2 件以上)、研究領域を黄色で示している。また、コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(10 件以上)、研究領域を緑色で示している。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクライアント社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2021 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

7. サイエンスマップ研究領域情報の詳細の掲載

本調査で得られた情報は機関レベルの分析にも活用できる。そこで、日本の科学技術・政策立案に関わる方や日本の大学等・国立研究開発法人におけるマネジメント担当の方に活用してもらうために、サイエンスマップ 2020 の 919 領域それぞれについて、コアペーパー数、主要国シェア、国際共著論文率などの情報を本報告書の付録に掲載した(概要図表 33)。また、サイエンスマップ上に 209 の大学等・国立研究開発法人の活動状況を可視化したサイエンスマップ活動状況シートも付録及びサイエンスマップ 2020 ウェブ版として公表している。

概要図表 33 サイエンスマップ研究領域情報の詳細の掲載

