

「サイエンスマップ 2016」について

科学技術・学術政策研究所(NISTEP, 所長 坪井 裕)では、論文データベース分析により、国際的に注目を集めている研究領域を俯瞰したサイエンスマップを作成し、世界の研究動向と日本の活動状況の分析を実施しています。このたび、最新版となる「サイエンスマップ 2016」(2011~16 年の論文を対象)の結果がまとまりましたので、お知らせします。

サイエンスマップ 2016 では 895 の国際的に注目を集めている研究領域が見いだされました。日本の参画領域数はサイエンスマップ 2014 から 9.1%(25 領域)増加し、参画領域割合は 33%となりました(サイエンスマップ 2014 から 1 ポイント上昇)。中国のシェアが 50%以上を占める研究領域数が 79 領域存在しており、中国の先導により形成される研究領域数が拡大しています。

サイエンスマップとは、NISTEP が定期的に作成している科学研究の地図です。論文データベース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見だし、その位置関係を俯瞰図として可視化しています。最新のサイエンスマップ 2016(2011~16 年の論文を対象)では、895 の研究領域が見いだされました。

日本の参画領域割合は、サイエンスマップ 2014 の 32%から 1 ポイント上昇し 33%となりました。ただし、英国やドイツの参画領域割合は 5~6 割であり、日本との差は依然として大きい状況です。中国のシェアが 50%以上を占める研究領域数が 79 領域存在しており、中国の先導により形成される研究領域数が拡大しています^{*}。また、研究領域を継続性及び他の研究領域との関係性の観点から分類する Sci-GE^{サイエンス}0チャートを用いて、日本の参画領域の特徴をみると、日本はスモールアイランド型領域(過去のマップとの継続性がなく他の研究領域との関係性の弱い領域)への参画が少ないことが示されました。

※参考：米国のシェアが 50%以上を占める研究領域数は 261 領域

今回のサイエンスマップでは、過去のサイエンスマップを用いて、新たな研究領域の兆しの探索が可能かについても考察を行いました。サイエンスマップ 2016 のポイントは次ページからの通りです。

※ 本報告書は、下記ウェブサイトで電子媒体を入手することが可能です。

<お問合せ>

科学技術・学術政策研究所 科学技術・学術基盤調査研究室

担当：伊神、村上

TEL：03-6733-4910(直通) FAX：03-3503-3996

e-mail：sciencemap@nistep.go.jp

ウェブサイト：http://www.nistep.go.jp/

(裏面白紙)

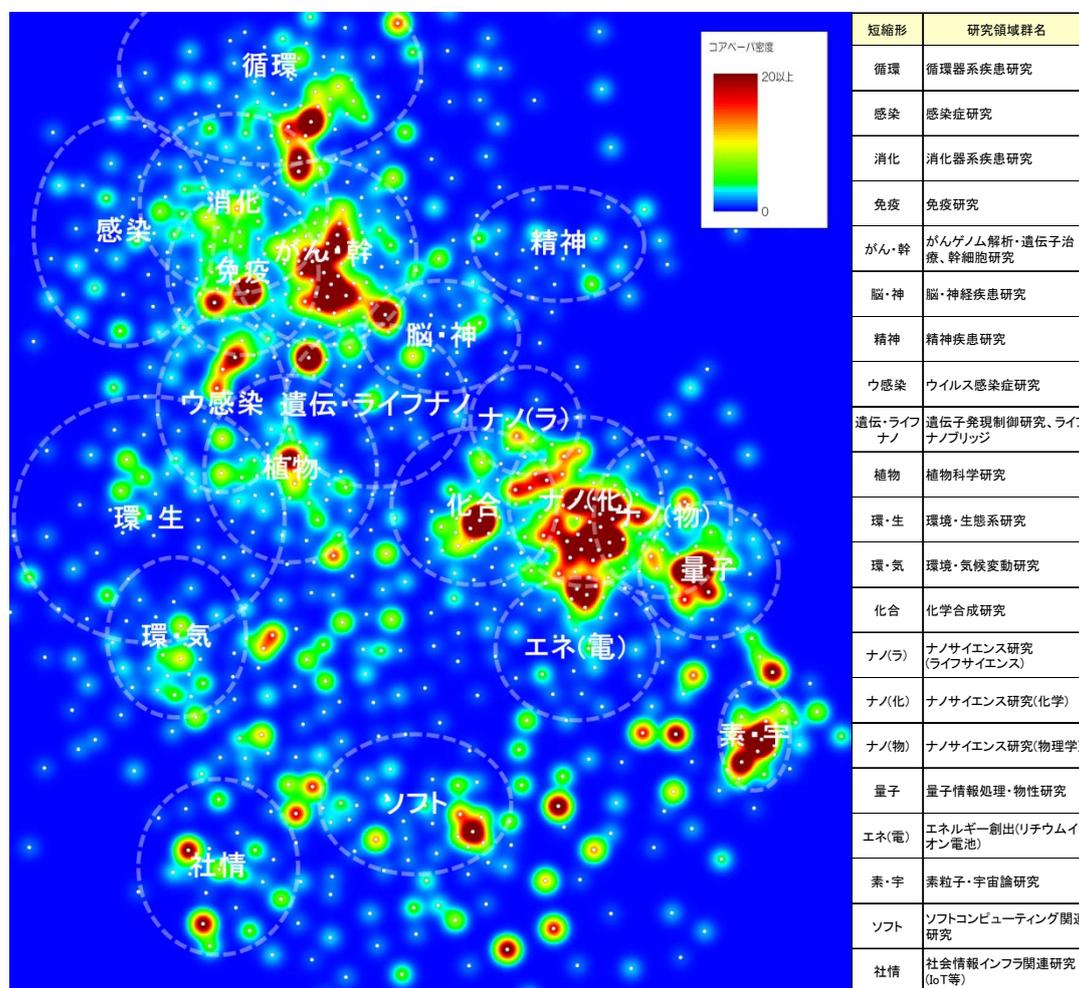
1. サイエンスマップにみる科学研究の潮流と日本の状況

サイエンスマップ 2016 では、2011 年から 2016 年までの 6 年間に発行された論文の中で、各年、各分野で被引用数が上位1%のTop1%論文(約8.5万件)を分析に用いました。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)行うことで、国際的に注目を集めている 895 研究領域を得ました(概要図表 1)。895 研究領域を構成する Top1%論文は研究領域を先導する論文と考えることができます(以降では、コアペーパーと表記)。

📌 ポイント 1 サイエンスマップ 2002 から 2016 にかけて、科学研究は拡大を続けています。

研究領域数の時系列変化をみると、サイエンスマップ 2002 で 598 領域、サイエンスマップ 2016 では 895 領域となっており、サイエンスマップ 2002 から 2016 にかけて 50%増加しました。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等の複合的な要因によるものです。

概要図表 1 サイエンスマップ 2016



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、上下左右に意味はなく、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まか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ときのガイドである。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ラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

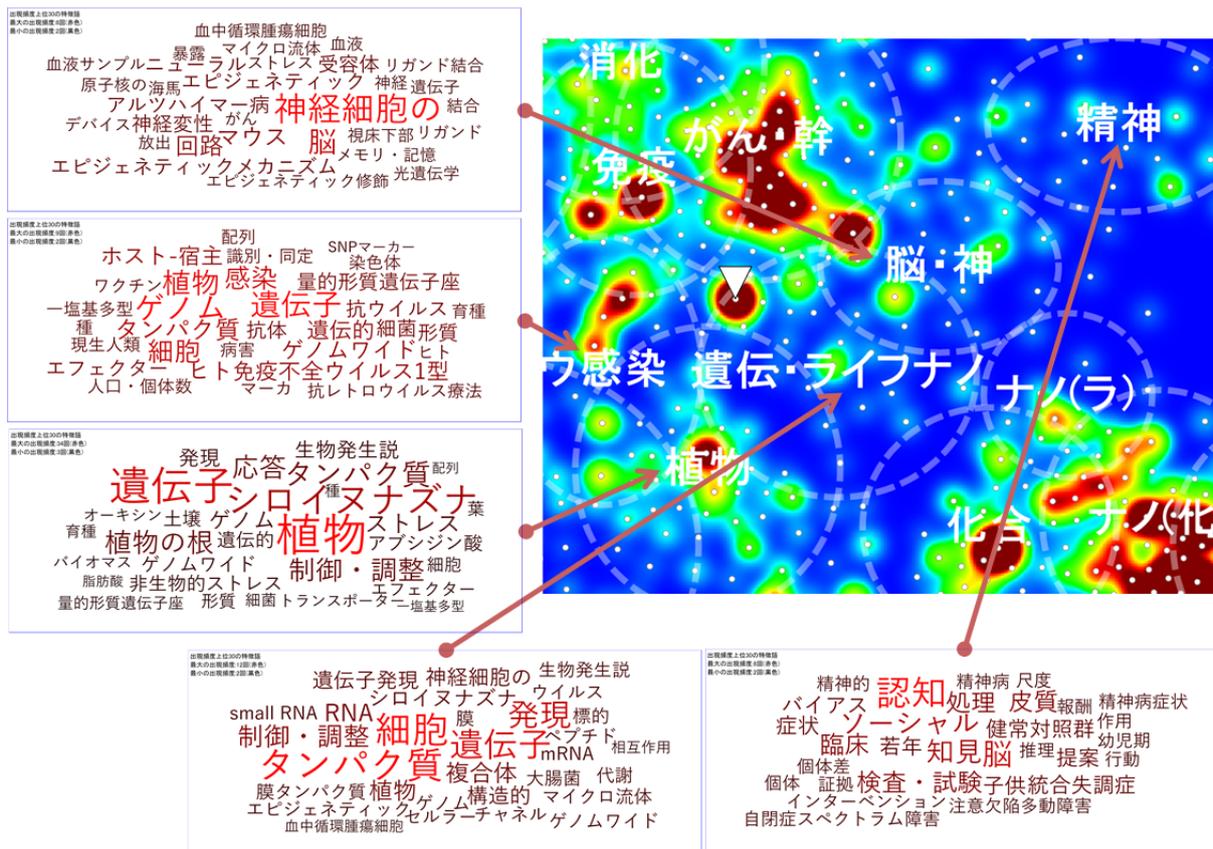
📌 **ポイント2 論文のタイトルやアブストラクトの分析から科学研究の状況把握を行いました。**

サイエンスマップ 2016 では、国立研究開発法人科学技術振興機構との協力の下、研究領域を構成する論文のタイトルやアブストラクトから、研究領域の内容を示す特徴的な言葉(特徴語)を自動抽出しました。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、研究領域群の内容を理解することができます。

概要図表 2 は、サイエンスマップ 2016 の生命科学にかかわる研究領域群の一部を拡大したものです。生命科学系の研究領域群とナノサイエンス研究領域群の間には、『遺伝子発現制御研究、ライフナノブリッジ研究領域群』が存在しています。ここに含まれる研究領域で最もコアペーパー数が多いのは、「ゲノム編集」についての研究領域であり、261 件のコアペーパーから構成されています(概要図表 2 中、逆三角形で示した研究領域)。この研究領域は、『免疫研究領域群』、『がんゲノム解析・遺伝子治療、幹細胞研究領域群』、『植物科学 研究領域群』の研究領域とつながりを持っており、「ゲノム編集」が幅広い研究に影響をもたらしていることが分かります。

概要図表 2 の右上には、『脳・神経疾患研究領域群』が存在しています。ここでは、「神経細胞の」、「脳」、「回路」、「マウス」といった特徴語が上位を占めています。疾患関連では「アルツハイマー病」という特徴語が 3 つの研究領域でみられている他に、スポーツにおける「脳震盪」についての研究領域も存在しています。

概要図表 2 生命科学にかか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き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ラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

📍 **ポイント3 サイエンスマップ 2016 では、人工知能やモノのインターネット(IoT)等にかかわる研究領域群が見いだされました。**

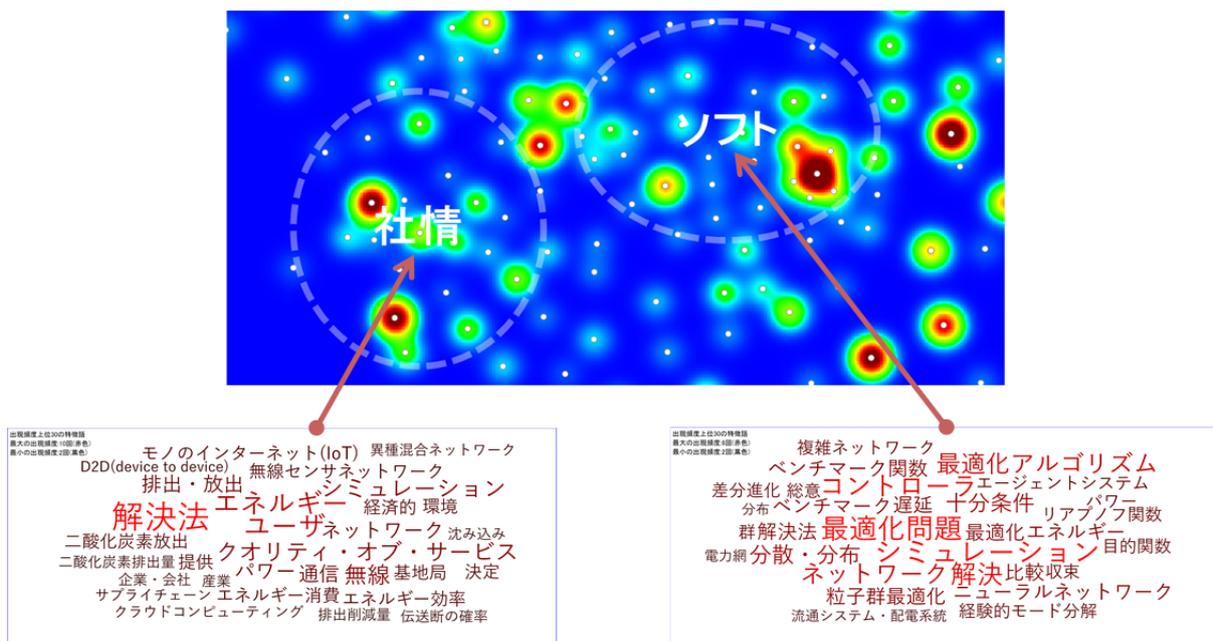
サイエンスマップ 2016 では、マップの下方に『ソフトコンピューティング関連研究領域群』、『社会情報インフラ関連研究領域群』の2つの研究領域群が存在しています(概要図表 3)。

『ソフトコンピューティング関連研究領域群』では、「最適化問題」、「シミュレーション」といった特徴語が8研究領域で出現しています。これに加えて、「最適化」、「アルゴリズム」、「粒子群最適化」、「ニューラルネットワーク」、「エージェントシステム」といった人工知能にかかわる研究領域も含まれています。

『社会情報インフラ関連研究領域群』では、「解決法」という一般的な言葉に加えて、「エネルギー」、「無線」、「無線センサネットワーク」といった特徴語が出現しています。また、「モノのインターネット(IoT)」、「D2D(device to device)」といった、Society 5.0の実現に関連した技術や、上位30には入っていませんが、「輸送経路問題」のような社会インフラにかかわる特徴語も含まれています。

これらの研究領域群の兆しはサイエンスマップ 2014 でも見られていましたが、サイエンスマップ 2016 で初めて研究領域群として見いだされました。

概要図表 3 ソフトコンピューティング関連研究領域群、社会情報インフラ関連研究領域群



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ので、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。

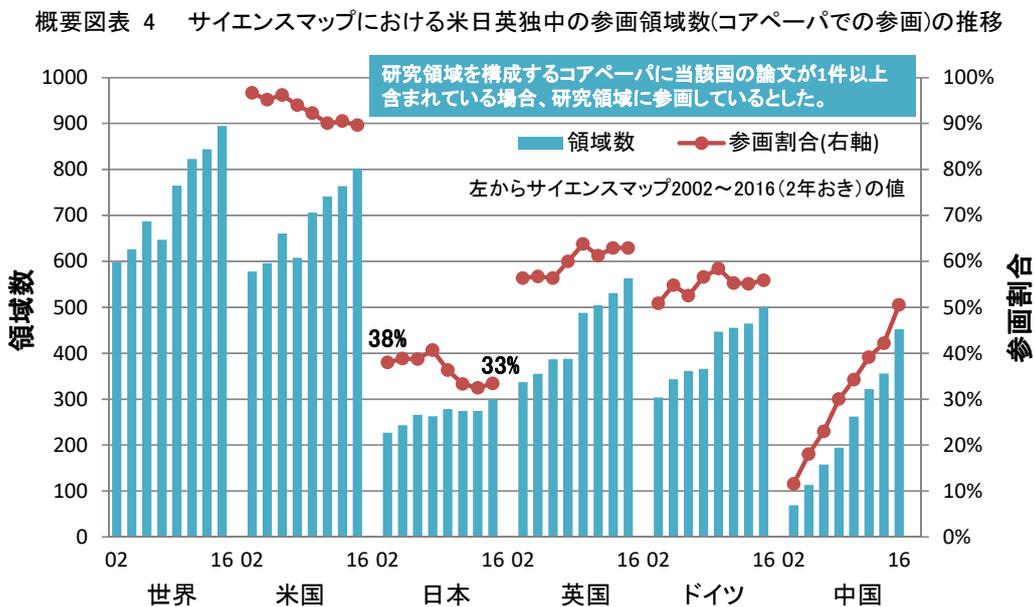
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

ポイント4 日本の参画割合は、サイエンスマップ 2014 の 32%から 1 ポイント上昇し 33%となりました。国際共著を通じての参画領域数が増加しています。

サイエンスマップ 2002 からの時系列をみると、日本の参画領域数はサイエンスマップ 2008 以降、伸び悩みをみせていました。しかし、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけては、参画領域数が 9.1%(25 領域)の伸びを見せました。これは、サイエンスマップ全体の研究領域数の増加(6.0%)よりも大きな伸びです。

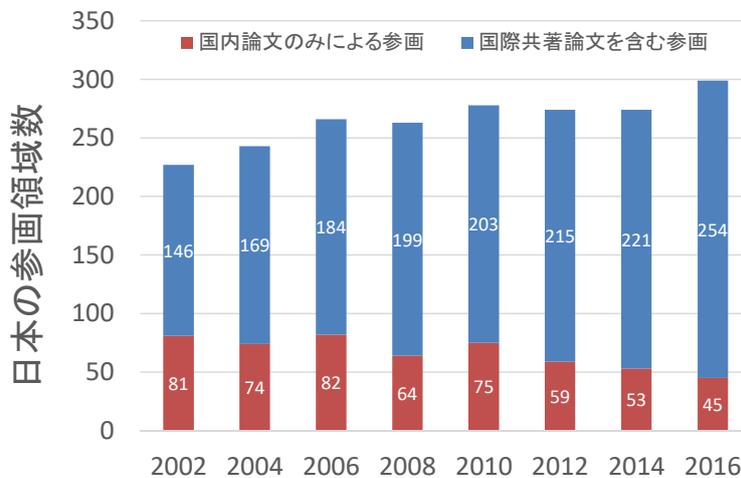
日本の参画割合は、サイエンスマップ 2014 の 32%から 1 ポイント上昇し 33%となりました。ただし、英国の参画領域割合は 63%、ドイツの参画領域割合は 56%であり、日本との差は依然として大きいです。

サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけては、国際共著論文による参画領域が 33 増加し、国内論文のみによる参画領域は 8 減少しています。つまり、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけての、日本の参画領域数の増加は、国際共著論文を通じた参画領域の増加によるものであると言えます。



データ：科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 5 日本の参加領域数と国際論文の関係(時系列変化)



データ：科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

ポイント5 有機光エレクトロニクスの研究領域などで日本は高い存在感を見せています。

サイエンスマップ 2014 において、日本の存在感が高い(コアペーパーにおける日本のシェアが高い)研究領域を概要図表 6 に示しました。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 21~50 件)、小規模な研究領域(コアペーパーが 20 件以下)において、日本のシェア(分数カウント)が高い上位 10 領域を抽出しています。

概要図表 6 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
263	三重項;燐光;有機発光ダイオード;エミッタ;外部量子効率;複合体;排出・放出;熱活性化遅延蛍光;量子収率;ホスト-宿主	学際的・分野融合的領域	71	39.9%	2,772
836	スキルミオン;磁化;トルク;スピン流;スピンホール効果;スピン軌道;強磁性体;磁気;ホール効果;ドメイン・ウォール	物理学	79	20.0%	2,906
824	表面積;二酸化炭素吸収;共有結合性有機構造体;ポア;二酸化炭素回収;マイクロポラス;材料;有機骨格;有機ポリマー;多孔性	化学	66	12.4%	3,156
831	金ナノクラスター;蛍光;チオラート;Au25クラスター;リガンド;銀ナノクラスター;ナノ粒子;金属;金ナノ粒子;保護	化学	53	12.2%	2,457
663	磁気;銅酸化物;鉄セレン化合物;転移温度;スピン;フェルミ面;鉄系超伝導体;ブニクチド;密度波;電荷密度波	物理学	103	10.0%	2,803
815	対向電極;色素増感太陽電池;増感剤;電力変換効率;光起電力性能;量子ドット増感;ポルフィリン;電解質;CuInSe2系化合物薄膜太陽電池;有機染料	化学	65	8.7%	4,604
744	芳香族炭化水素;自己回復;ホスト-ゲスト化学;自己集合;超分子ポリマー配位;リガンド;ロタキサン;応答性;ゲル	化学	75	8.7%	4,882
852	トポロジカル絶縁体;ディラック;表面状態;ワイル半金属;磁場;半金属;Bi2Se3(トポロジカル絶縁体);スピン;ホール;スピン軌道	物理学	202	8.3%	4,995
819	植物;シロイヌナズナ;転写因子;ファイトコム;ジャスモン酸;真菌;制御・調整;遺伝子;短波長紫外線;開花	植物・動物学	135	8.0%	5,080
58	グローバル;オメガ;ソリューションシステム;Keller-Segelモデル;デルタ;放物線;初期;滑らか;ノイマン	数学	54	8.0%	225

(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
638	地震;津波;すべり;破断;破裂;断層;沈み込み;耐震;2011年東日本大震災;日本;モーメントマグニチュード	地球科学	31	39.8%	1,270
473	ストリゴラクトン;植物の根;シュート(植物);植物;オーキシン;芽;ホルモン;植物ホルモン;遺伝子;シロイヌナズナ	植物・動物学	45	20.3%	875
893	シリセン;バンド;スピン;ギャップ;二次元;トポロジカル;電子;ディラック;グラフェン;第一原理計算	物理学	46	19.6%	2,075
820	リグニン;触媒;アリアル;反応;ニッケル;結合;切断;エーテル;クロスカップリング;製品・生成物	化学	30	13.3%	1,674
573	ネットワーク寿命;無線センサネットワーク;解決法;ユーザ;エネルギー消費;シミュレーション;移動性;ノード;シンク;センサノード	計算機科学	23	12.7%	174
794	X線自由電子レーザービーム;X線バリス;回折;結晶学;時間分解;フェムト秒;タンパク質;連続フェムト秒結晶学;LCLS(線形加速器コヒーレント光源)	学際的・分野融合的領域	30	10.0%	1,629
840	連続フロー;反応;バッチ;触媒;フローケミストリ;フローリアクタ;フロー合成;マイクロリアクタ;フローマイクロリアクタ;フロープロセス	化学	21	9.5%	1,162
556	原子核の;対称エネルギー;中性子星;核物質;キラル;状態;密度;状態方程式;MeV;相互作用	物理学	30	8.6%	1,283
258	ゴースト場;テンソル;理論;ガリレオン重力理論;巨大重力;スカラ場;摂動;重力子;メトリック;Massive gravity	物理学	40	8.3%	1,182
401	関節リウマチ;患者;トファシチニブ;生物学的;メトトレキサート;疾患修飾性抗リウマチ薬;疾患活動;トリスマブ;寛解;阻害剤	臨床医学	26	8.0%	848

(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
617	植物;植物の根;カドミウム;金属;遺伝子;蓄積;シュート(植物);トランスポーター;鉄;米	植物・動物学	8	78.1%	358
27	放射性核種;放射性セシウム;濃度;日本;福島第一原子力発電所;原子炉事故;事故;I-131;原子力発電所;3月	学際的・分野融合的領域	12	69.3%	798
119	材料;自己集合;表面;ペプチド;交互吸着;交互積層法;酸化物;ドラッグデリバリー;ポリマー;光線力学治療	学際的・分野融合的領域	16	59.8%	333
480	結晶;スポンジ法;セスキテルペン;シクラーゼ;生物発生説;天然物;シクラーゼ;絶対配置;ゲスト;酵素;合成・構成	学際的・分野融合的領域	7	50.0%	36
582	代数学;モジュール;震動;クラスター;有限;分類;派生・由来;カラビ・ヤウ多様体;突然変異;オブジェクト	数学	6	47.2%	120
148	合成カンナビノイド;JWH-018(脱法ドラッグ);薬物;代謝産物;カチオン;物質;尿;液体クロマトグラフィー;製品・生成物;乱用	学際的・分野融合的領域	11	45.5%	290
31	眼;網膜;脈絡膜厚;黄斑性の;SD光干渉断層法(SD-OCT);中心窩脈絡膜厚;患者;深部;健康;加齢性黄斑変性症	臨床医学	7	45.2%	524
507	シクロパラフェニレン;キラリティー;単層カーボンナノチューブ;触媒;直径;合成・構成;大環状分子;ナノリング;フラーレン;リング	化学	9	44.4%	479
722	材料;金属有機構造体;ポーラスカーボン;酸化鉄;電気化学的;リチウム;アノード;表面積;イオン;電極	学際的・分野融合的領域	11	41.7%	1,410
372	アモルファスシリコン;層;結晶シリコン;膜;シリコンヘテロ接合太陽電池;コンタクト;薄い;シリコン太陽電池;開回路電圧;変換効率	学際的・分野融合的領域	5	40.0%	354

注: 論文シェアの計算には分数カウントを用いた。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。
データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリアイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

ポイント6 中国の先導により形成される研究領域数が拡大しています。

中国は、着実に参画領域数・割合を増加させています。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 2016 では 51%となっており、約半数の研究領域に参画しています。

中国のシェアが 50%以上を占める研究領域数も 79 領域存在しました(参考:米国のシェアが 50%以上を占める研究領域数は 261 領域)。研究領域のマップ上の位置に注目すると、『ナノサイエンス研究領域群』に加えて、『エネルギー創出研究領域群』、『ソフトコンピューティング関連研究領域群』、『社会情報インフラ関連研究領域群』で、中国のシェアが 50%を超えている研究領域が多く見られます。これらの研究領域群では、論文という観点からは、中国が科学研究を先導しているといえます。

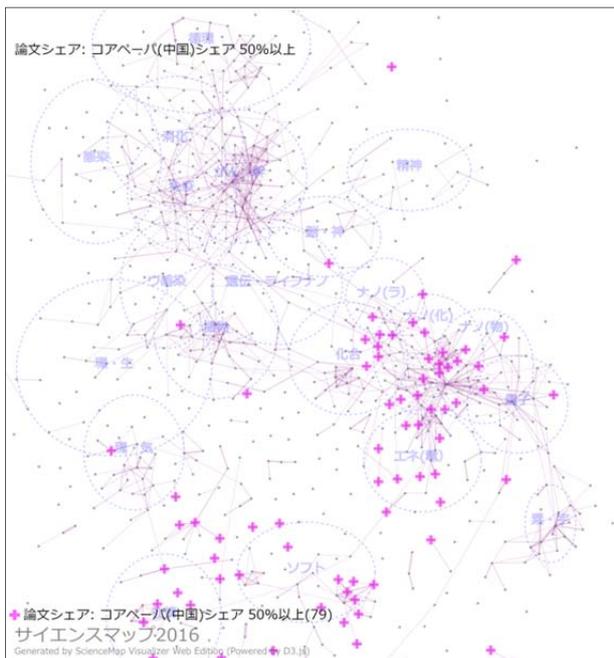
中国については自国内での引用が多いことが指摘されています。その結果として、これらの研究領域が形成されている面もあると思われませんが、中国国内で研究領域が形成可能な規模の研究コミュニティ・アクティビティを有しているとも言えます。

概要図表 7 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
637	コントローラ;非線形;フィルタ;遅延;H無限大制御理論;正方;シミュレーション;反復;最小二乗法;手法	工学	66	75.6%	965
621	言語;グループ意思決定;直感的ファジィ;集約演算子;Hesitant fuzzy sets(ファジィ集合);ファジィ集合;区間値;加重;情報;意思決定者	計算機科学	111	74.4%	1,497
725	遅延;コントローラ;ファジィ;線形行列不等式;リアプノフ関数;非線形;H無限大制御理論;適応;保証;リアプノフ-クランフスキー関数	工学	150	67.6%	4,573
750	ジルコン;岩石;U-Pb年代測定;構造的;安定陸塊;帯(地質学);中国北部クラトン;変成;マントル;中国北部	地球科学	90	65.9%	3,031
592	スーパーキャパシタ;超疎水性;酸化グラフェン;エアロゲル;電極;油水分離;製造・製作;比蓄電容量;カーボンナノチューブ;発泡体	学際的・分野融合的領域	89	62.6%	5,819
669	ブリーザー;ソリトン解;非線形シュレディンガー方程式;次元;光学的;Rogue wave解;広田の方法;ダルブー変換;非線形性;変調不安定性	学際的・分野融合的領域	68	57.3%	1,180
129	予測;データセット;タンパク質配列;分類器;疑似アミノ酸組成;予測因子;細胞内;Webサーバ;交差検証;型紙	学際的・分野融合的領域	73	56.4%	967
561	NaYF4;アップコンバージョンナノ粒子;励起;ナノ結晶;ランタノイド;980nm;アップコンバージョン発光;イメージング;発光;近赤外放射	学際的・分野融合的領域	56	55.5%	3,588
768	画像;下位;学習;分類;行列分解;クラスタリング;スパース;辞書;非負値行列因子分解;データセット	学際的・分野融合的領域	55	54.9%	2,198
744	芳香族炭化水素;自己回復;ホストゲスト化学;自己集合;超分子ポリマー;配位;リガンド;ロタキサン;応答性;ゲル	化学	75	52.2%	4,882

注: 論文シェアの計算には分数カウントを用いた。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。
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 8 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)



参考: コアペーパーシェアが 50%以上の研究領域数

	米国	中国	英国	ドイツ	日本	フランス	韓国
サイエンスマップ2014	261	50	15	7	4	3	1
サイエンスマップ2016	261	79	15	12	4	3	2

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。論文シェアの計算には分数カウントを用いた。
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer)を実施。

2. 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

📌 **ポイント7** 過去のマップとの継続性及び他の研究領域との関与の強さを用いて研究領域の分類を行いました。

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」が存在しています。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ました(概要図表 9 参照)。

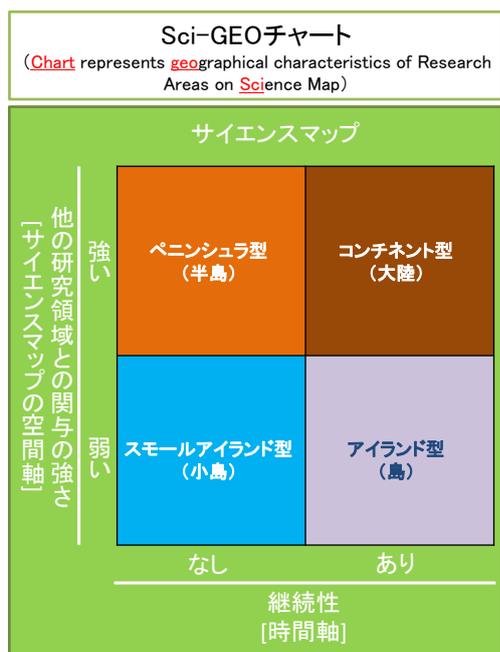
Sci-GEO チャートでは、研究領域を継続性(時間軸)と他の研究領域との関与の強さ(空間軸)を用いて分類します。具体的には概要図表 9(A)に示したように、過去のマップとの継続性がある場合、他の研究領域との関与が強い「コンチネント型領域」、他の研究領域との関与が弱い「アイランド型領域」に分類しました。また、過去のマップとの継続性がない場合、他の研究領域との関与が強い「ペニンシュラ型領域」、他の研究領域との関与が弱い「スモールアイランド型領域」に分類しました。

サイエンスマップ 2016 で得られた国際的に注目を集めている 895 研究領域の中で、スモールアイランド型領域数は全体の 40%、コンチネント型領域数は 18%を占めています(概要図表 9(B))。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 45%の論文が含まれており、スモールアイランド型領域には 17%の論文が含まれています。

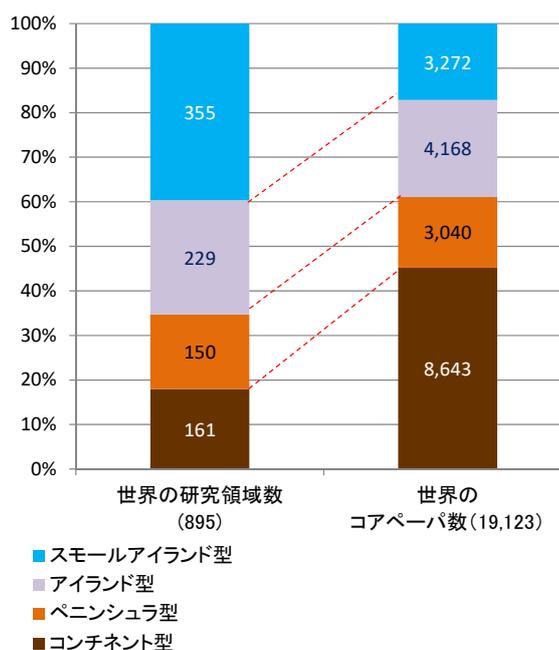
スモールアイランド型領域は数が多いことから、研究の多様性を担う役割が大きいことが分かります。また、ここから一定の割合が、アイランド型(3 割程度)やコンチネント型(1 割程度)のような継続性を持って発展する研究領域に移行します(概要図表 10)。ただし、6 割程度の領域が次のサイエンスマップでは検出されず、入れ替わりが活発です。スモールアイランド型領域は小さい領域が多く、存在感を発揮しやすい反面、入れ替わりが活発であることから、このような研究領域が生み出される土壌を耕すことが重要です。

概要図表 9 Sci-GEO チャートによる研究領域の分類

(A) Sci-GEO チャートの考え方



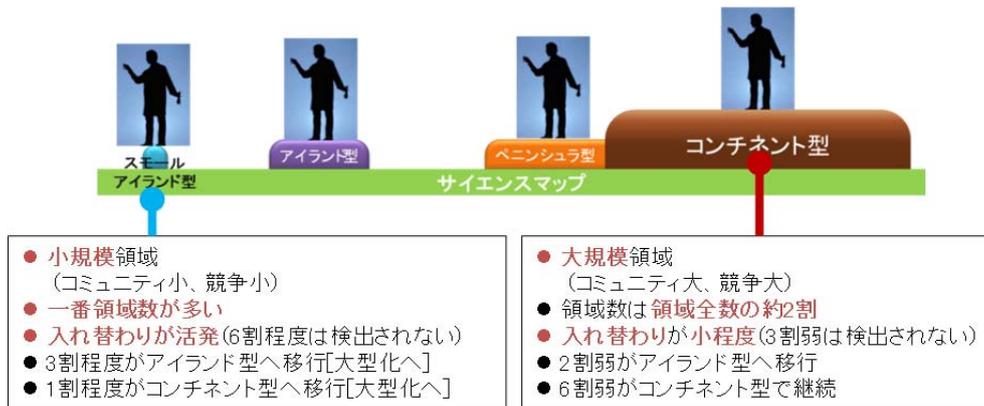
(B) 世界の研究領域数とコアペーパー数(サイエンスマップ 2016)



データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

コンチネント型領域については、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ト型領域として継続しています。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ません。全体で7割の領域が継続しており安定的です。コンチネント型領域は、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ますが、コミュニティが大きく、世界的な研究競争が行われおり、存在感の維持には多くの投資が必要となる可能性があります。

概要図表 10 スモールアイランド型研究領域とコンチネント型研究領域の特徴



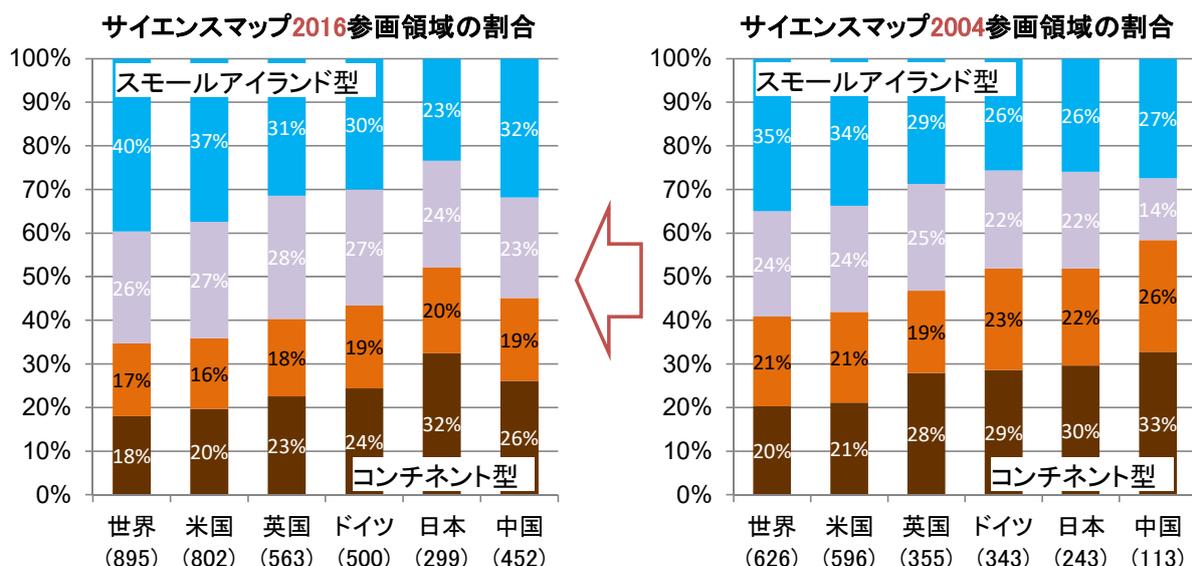
ポイント8 Sci-GEOチャートにみる日本の研究領域タイプのバランスは、世界の主要国とは異なっています。この違いはサイエンスマップ 2004 から 2016 の間に顕著となっています。

研究領域タイプのバランス(サイエンスマップ 2016)をみると(概要図表 11(A))、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 40%、コンチネント型 18%)とは違いがあります。サイエンスマップ 2004 との比較をみると、過去 10 年で、英国やドイツではスモールアイランド型の割合を増加させている一方、日本の研究領域タイプのバランスについては大きな変化はみられません。

概要図表 11 Sci-GEO チャートにみる世界と主要国の研究活動動向

(A) サイエンスマップ 2016

(B) サイエンスマップ 2004



データ：科学技術・学術政策研究所がクオリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

3. サイエンスマップと技術のつながりの分析

📌 ポイント9 研究領域を先導する論文(コアペーパー)は、特許からも注目を集めています。

サイエンスマップにおける技術とのつながりを見るために、パテントファミリー¹からのコアペーパーとサイティングペーパー(コアペーパーを引用する論文)への引用を分析しました(概要図表 12)。

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くなっています。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 48.3%であるのに対して、サイティングペーパーでは 20.0%です(概要図表 12 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っています。サイエンスマップ 2002 では、コアペーパーは論文あたり 9.9 回パテントファミリー(2018 年 2 月時点抽出データ)に引用されていますが、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ます(概要図表 12 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、技術からも注目を集めていることを示しています。

概要図表 12 コアペーパーとサイティングペーパーの特許とのつながり

(A) コアペーパーの状況

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	7,438	48.3%	9.9
サイエンスマップ2004	626	15,531	7,187	46.3%	9.7
サイエンスマップ2006	687	15,165	6,751	44.5%	9.2
サイエンスマップ2008	647	15,826	6,227	39.3%	7.9
サイエンスマップ2010	765	17,822	5,988	33.6%	6.3
サイエンスマップ2012	823	18,515	4,942	26.7%	5.0
サイエンスマップ2014	844	18,568	3,347	18.0%	3.7
サイエンスマップ2016	895	19,123	1,821	9.5%	2.9

(B) サイティングペーパーの状況

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	89,982	20.0%	4.3
サイエンスマップ2004	626	475,697	89,991	18.9%	4.2
サイエンスマップ2006	687	510,747	84,180	16.5%	3.9
サイエンスマップ2008	647	544,175	73,208	13.5%	3.5
サイエンスマップ2010	765	617,545	63,553	10.3%	3.0
サイエンスマップ2012	823	675,158	46,521	6.9%	2.5
サイエンスマップ2014	844	768,255	24,894	3.2%	2.0
サイエンスマップ2016	895	800,027	9,370	1.2%	1.8

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、2018 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・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 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・アナリティクス社の Derwent Innovation Index (2018 年 2 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2017 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。

ポイント 10 IGZO 系酸化物半導体や iPS 細胞の研究において、我が国発の論文は、科学において研究領域を先導したのに加えて、技術の進展にも大きな影響を与えています。

パテントファミリーからの被引用数が多い上位 5 位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 位(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8件(のべ 13 件)含まれていました(概要図表 13)。

論文のタイトル等から、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ります。なお、サイエンスマップ 2014 や 2016 では、ゲノム編集にかかわる論文が上位を占めています。

概要図表 13 パテントファミリー(PF)からの被引用数大きい 8 件のコアペーパー

連番	論文タイトル	出版年	ジャーナル	責任著者	所属機関	サイエンスマップ出現年(PFからの被引用数順位)
1	Room-temperature fabrication of transparent flexible thin-film transistors using amorphous oxide semiconductors	2004年	NATURE	Hosono, H	東京工業大学, 日本	2006(1位) 2008(1位)
2	Thin-film transistor fabricated in single-crystalline transparent oxide semiconductor	2003年	SCIENCE	Nomura, K	科学技術振興機構 ERATO, 日本	2006(2位) 2008(2位)
3	Transparent thin film transistors using ZnO as an active channel layer and their electrical properties	2003年	JOURNAL OF APPLIED PHYSICS	Masuda, S	ミノルタ株式会社, 日本	2006(3位) 2008(3位)
4	Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors	2007年	CELL	Yamanaka, S	京都大学, 日本	2008(5位) 2010(4位) 2012(2位)
5	Amorphous oxide semiconductors for high-performance flexible thin-film transistors	2006年	JAPANESE JOURNAL OF APPLIED PHYSICS PART 1-REGULAR PAPERS BRIEF COMMUNICATIONS & REVIEW PAPERS	Nomura, K	東京工業大学, 日本	2010(1位)
6	Defect energetics in ZnO: A hybrid Hartree-Fock density functional study	2008年	PHYSICAL REVIEW B	Oba, F	京都大学, 日本	2010(2位)
7	Generation of induced pluripotent stem cells without Myc from mouse and human fibroblasts	2008年	NATURE BIOTECHNOLOGY	Yamanaka, S	京都大学, 日本	2012(3位)
8	Generation of germline-competent induced pluripotent stem cells	2007年	NATURE	Yamanaka, S	京都大学, 日本	2012(4位)

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。

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ラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年未バージョン)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・アナリティクス社の Derwent Innovation Index (2018 年 2 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2017 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

ポイント 11 科学研究のトレンドは常に変化を続けています。変化の兆しを捉えると共に、将来の研究の潮流となり得る芽を生み出して行くことが必要です。

今回のサイエンスマップでは、過去のサイエンスマップを用いて、新たな研究領域の兆しの探索が可能かについても考察を行いました。具体的には、サイエンスマップを構成するコアペーパーのタイトルを用いて、単語の出現頻度の分析を行いました。

概要図表 14 には、生物学・生化学にかかわるワードの変化をバブルチャートで示しました。以下では、ゲノム編集関連のワードとして、「Zinc Finger Nucleases」、「Transcription Activator-Like (TAL) effector」、「CRISPR」に注目します。それぞれ、第1～3世代のゲノム編集にかかわるワードです。

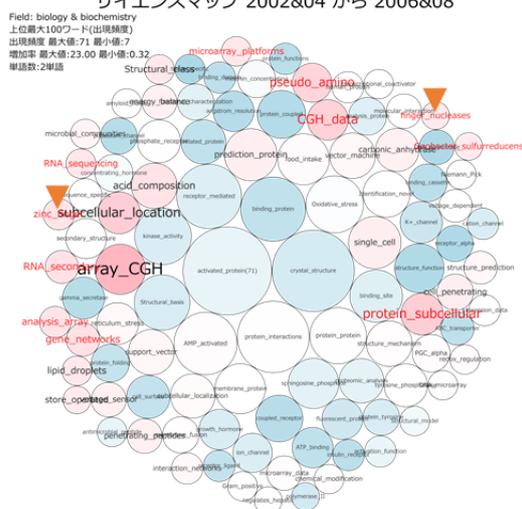
バブルチャートに注目すると、「zinc_finger」というワードが、サイエンスマップ 2006&2008 時点で上位 100 のワードに入っており、サイエンスマップ 2002&2004 と比べてワードの出現回数も増加しています。サイエンスマップ 2010&2012 では「TAL_effector」というワードが出現し、この時点で「genome_editing」というワードも上位 100 位に出現しました。サイエンスマップ 2012&2014 では「TAL_effector」の出現回数が引き続き増加するとともに「CRISPR」が出現しています。サイエンスマップ 2014&2016 ではゲノム編集関連のワードは、生物学・生化学におけるワードの上位を占めるに至っています。このように、科学研究のトレンドは常に変化を続けています。

2018 年時点で、サイエンスマップを過去に遡ってみると、ゲノム編集の第 1 世代(Zinc Finger Nucleases)から第 3 世代(CRISPR)までの変遷の情報が、コアペーパーには含まれていたことが分かります。これらの結果は、新しい研究トレンドを表すキーワードの発見という点では、ワードの変化をみるのが有効であることを示唆しています。他方で、感度の良さはノイズとなる情報が含まれる可能性が増えることを意味します。ここでの考察では、過去にさかのぼる形で分析を行っているため、新しい発見等とワードの出現回数の変化との関連付けは容易です。直近のワードの出現回数のみをみて、変化の兆しを見いだすには、兆しとノイズを切り分けることのできる専門家の判定、過去の知見を入れ込んだ学習モデル等の開発が有効と考えられます。

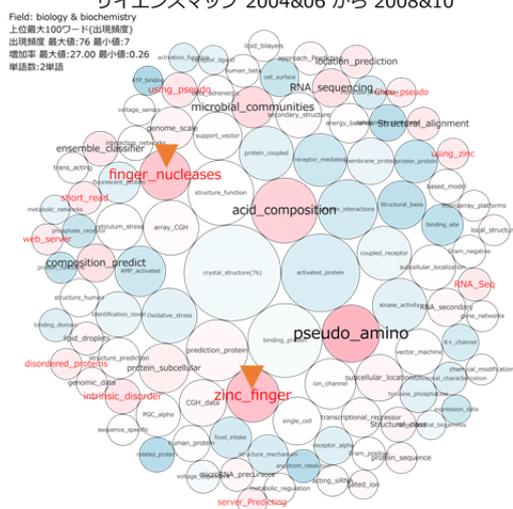
なお、サイエンスマップで得られる情報は、あくまで過去の情報であり、ここから得られた兆しを追うだけでは、一番目のフォロワーとなるだけです。科学研究のトレンドは常に変化を続けています。変化の兆しを捉えると共に、将来の研究の潮流となり得る芽を生み出して行くことが必要です。

概要図表 14 ゲノム編集の兆し

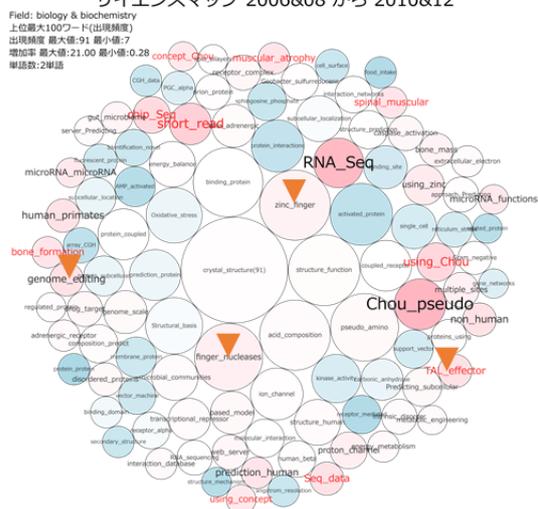
サイエンスマップ 2002&04 から 2006&08



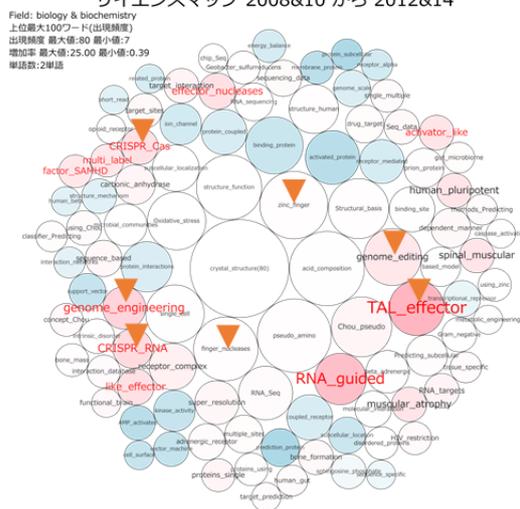
サイエンスマップ 2004&06 から 2008&10



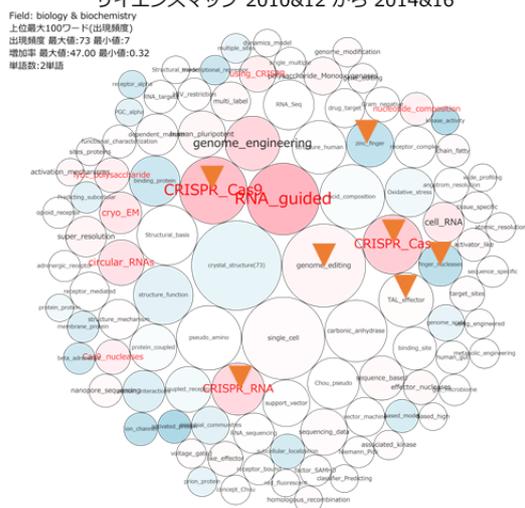
サイエンスマップ 2006&08 から 2010&12



サイエンスマップ 2008&10 から 2012&14



サイエンスマップ 2010&12 から 2014&16



[図表の見方]

- 2単語からなるワードを示している。
- 円の面積が各ワードの出現回数に対応している。ただし、同じ出現回数でも、異なる時点の円の面積は異なる。
- 色が増加率に対応している。赤色が増加、青色が減少しているワードを示す。前期の出現回数が0だったワードについては赤字で示し、増加率は(後期の出現回数)/1とした。
- 円の面積に応じて、内側から順に、密に充填するアルゴリズムで可視化しており、円の位置関係はワード間の意味的な関係を示したものではない。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。