

---

## サイエンスマップ 2016 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つを経て行なわれる。

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（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 8.5 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 895 研究領域が得られた。

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 2014 までの 7 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 2016 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 2016 にみる科学研究の状況
  - ・ 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
- サイエンスマップと技術のつながりの分析
- 新たな研究領域の兆しの探索の可能性：過去のサイエンスマップからみえるもの
- 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 2016 にみる科学研究の状況

サイエンスマップ 2016(2011 年から 2016 年)では、国際的に注目を集める研究領域として 895 領域が抽出された。概要図表 1 にサイエンスマップ 2016 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 2016 は 8 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 2016 では 895 領域である。研究領域数はサイエンスマップ 2002 から 2016 にかけて 50%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 2016 の全体像

サイエンスマップ 2016 では、895 研究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まか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、生命科学にかかわる研究領域群がみられる。ここには、『循環器系疾患研究』、『感染症研究』、『消化器系疾患研究』、『免疫研究』、『がんゲノム解析・遺伝子治療、幹細胞研究』、『脳・神経疾患研究』、『精神疾患研究』、『ウイルス感染症研究』、『遺伝子発現制御研究、ライフナノブリッジ』、『植物科学研究』といった研究領域群が含まれている。

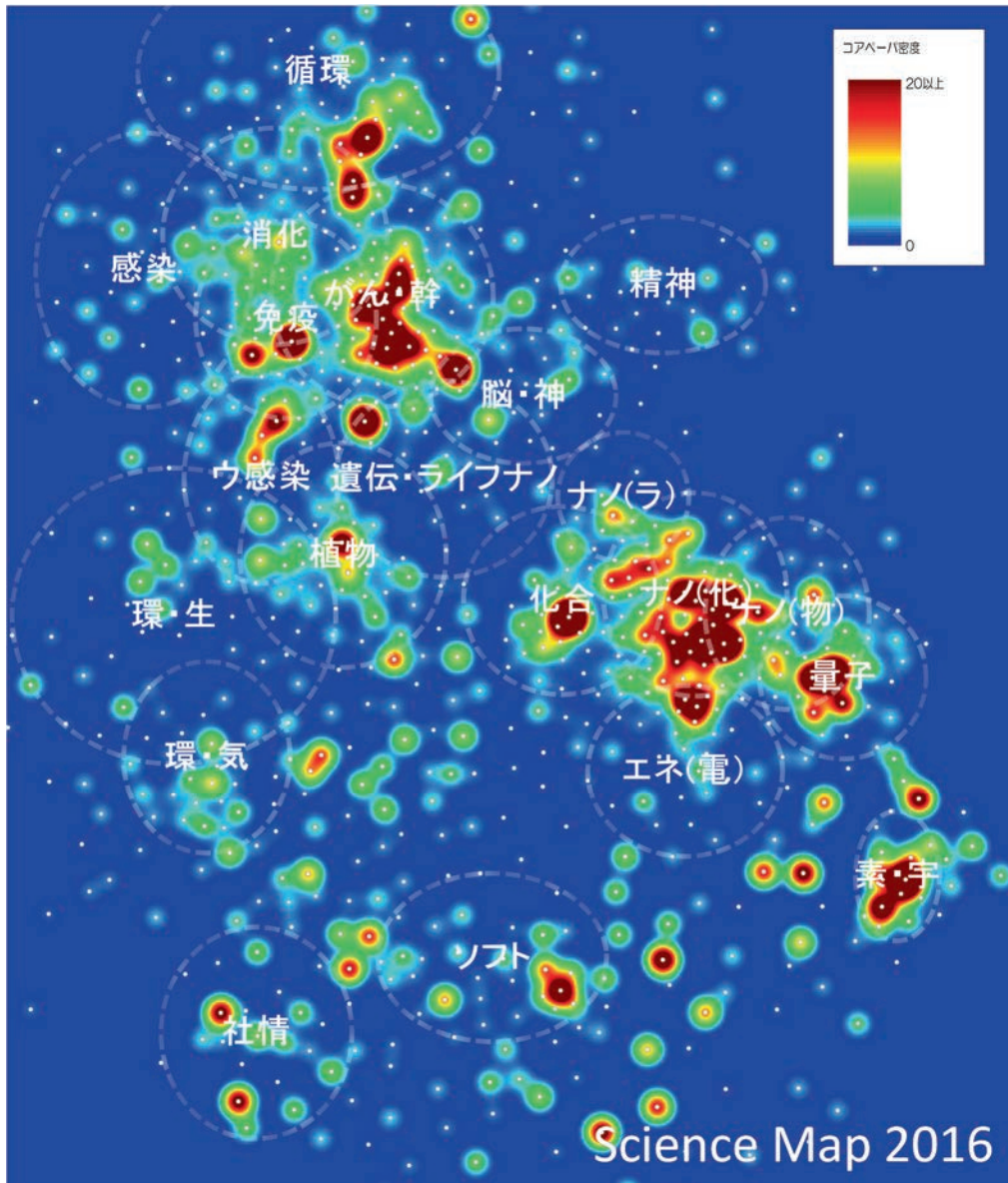
『植物科学研究』の左下方には、『環境・生態系研究』、『環境・気候変動研究』といった2つの研究領域群が存在している。サイエンスマップの右下部分からみると、『素粒子・宇宙論研究』があり、『量子情報処理・物性研究』、『エネルギー創出(リチウムイオン電池)』、『ナノサイエンス研究(物理学)』、『ナノサイエンス研究(化学)』、『ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)』、『化学合成研究』がつづく。ナノサイエンス研究にかかわる研究領域の数が、サイエンスマップ 2002 と比べて大きく増加している。

サイエンスマップ 2016 の下方には、『ソフトコンピューティング関連研究』、『社会情報インフラ関連研究(IoT 等)』が存在している。

今回、初の試みとして、特徴語の抽出を国立研究開発法人科学技術振興機構の協力を得て行った。研究領域の内容を理解するための特徴語抽出等の分析については、これまでも継続的に改良を行っている。

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 2016 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 2016 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	環・生	環境・生態系研究
感染	感染症研究	環・気	環境・気候変動研究
消化	消化器系疾患研究	化合	化学合成研究
免疫	免疫研究	ナノ(ラ)	ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)
がん・幹	がんゲノム解析・遺伝子治療・幹細胞研究	ナノ(化)	ナノサイエンス研究(化学)
脳・神	脳・神経疾患研究	ナノ(物)	ナノサイエンス研究(物理学)
精神	精神疾患研究	量子	量子情報処理・物性研究
ウ感染	ウイルス感染症研究	エネ(電)	エネルギー創出(リチウムイオン電池)
遺伝・ライフナノ	遺伝子発現制御研究、ライフナノブリッジ	素・宇	素粒子・宇宙論研究
植物	植物科学研究	ソフト	ソフトコンピューティング関連研究
		社情	社会情報インフラ関連研究(IoT等)

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・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。

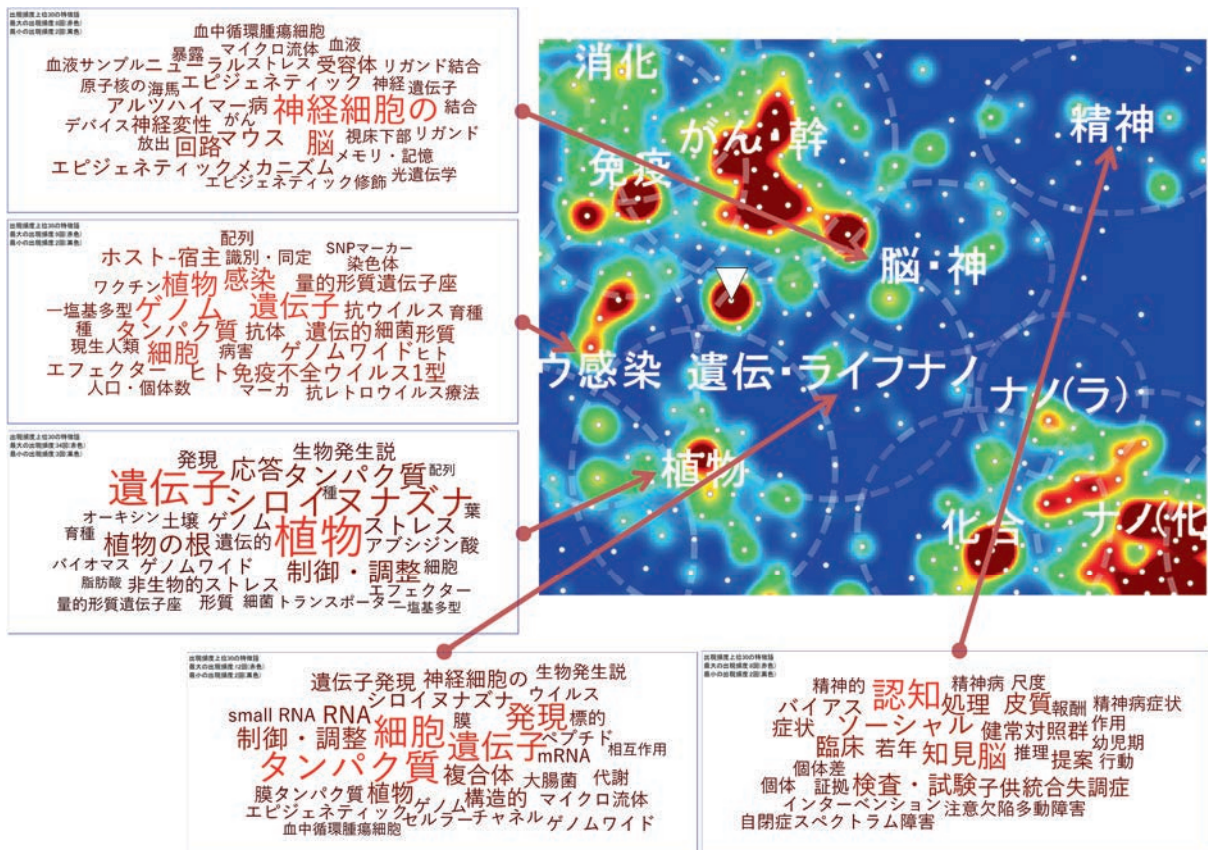
◇ 特徴語から把握する科学研究の状況(生命科学にかかわる研究領域群の例)

サイエンスマップ 2016 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、生命科学にかかわる研究領域群の状況を見る。

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分を拡大したものである。ウイルス感染症研究領域群では「遺伝子」、「ゲノム」、「植物」、「細胞」、「感染」、「タンパク質」、「遺伝的」、「ホスト・宿主」、「ヒト免疫不全ウイルス 1 型」、「ゲノムワイド」といった特徴語の出現回数が上位を占める。これに加えて、「デング熱」、「ジカ熱」、「エボラ出血熱」といった特徴語を含む研究領域もここに含まれる。植物科学研究領域群では、「植物」、「遺伝子」、「シロイヌナズナ」、「タンパク質」、「制御・調整」、「植物の根」、「応答」といった特徴語の出現回数が多い。

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とライフサイエンスとナノサイエンスを結ぶような研究領域が存在する。ここに含まれる研究領域で最もコ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)。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共引用関係による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る。

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テック・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。

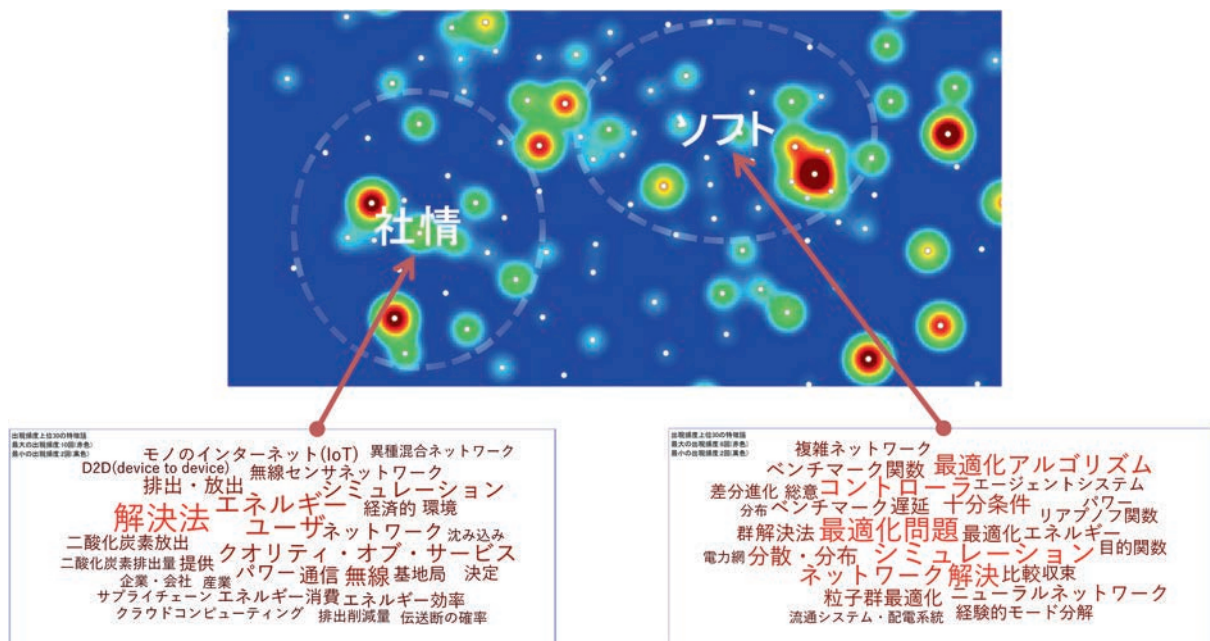
概要図表 2 の右上には、脳・神経疾患研究領域群と精神疾患研究領域群が存在する。前者では「神経細胞の」、「脳」、「回路」、「マウス」といった特徴語が上位を占めている。疾患関連では「アルツハイマー病」という特徴語が 3 つの研究領域でみられている他に、スポーツにおける「脳震盪」についての研究領域なども存在している。精神疾患研究領域群については「認知」、「脳」、「知見」、「ソーシャル」という特徴語の出現回数が多い。他には「統合失調症」、「注意欠陥多動障害」などについての研究領域が含まれている。

### ◇ 特徴語から把握する科学研究の状況(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例)

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、新たに見いだされた(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る。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<sup>1</sup>にかかわる研究領域も含まれている。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る。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 には入っていないが「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る。

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。

1 人工知能の研究は、遺伝アルゴリズム、エキスパートシステム、音声認識、画像認識等の多様な研究から構成される(What's AI 人工知能研究、人工知能学会(<http://www.ai-gakkai.or.jp/whatsai/Alresearch.html>; 2016 年 8 月 6 日アクセス)。

## (2) 日本の参画領域割合は僅かに増加、国際共著を通じての参画領域数が増加

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 4)。

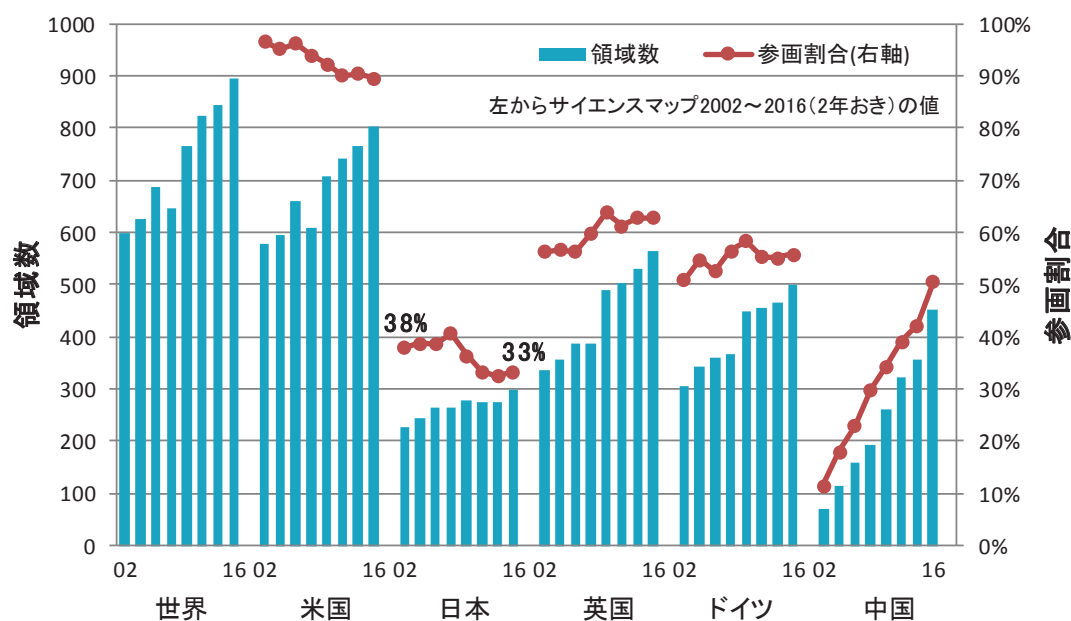
サイエンスマップ 2002 からの時系列変化をみると、日本の参画領域数はサイエンスマップ 2008 以降、伸び悩みがみられていた。しかし、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけては、参画領域数が 9.1%(25 領域)の伸びを見せた。これは、サイエンスマップ全体の研究領域数の増加(6.0%)よりも大きな伸びである。

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 2014 では 32%へと 9 ポイント低下した。サイエンスマップ 2016 では参画割合は 33%であり、1 ポイント上昇した。

英国やドイツの参画領域数は増加しており、サイエンスマップの参画割合も 5~6 割を保ち大きな変化はみられない。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 2016 では 51%となっており、約半数の研究領域に参画している。

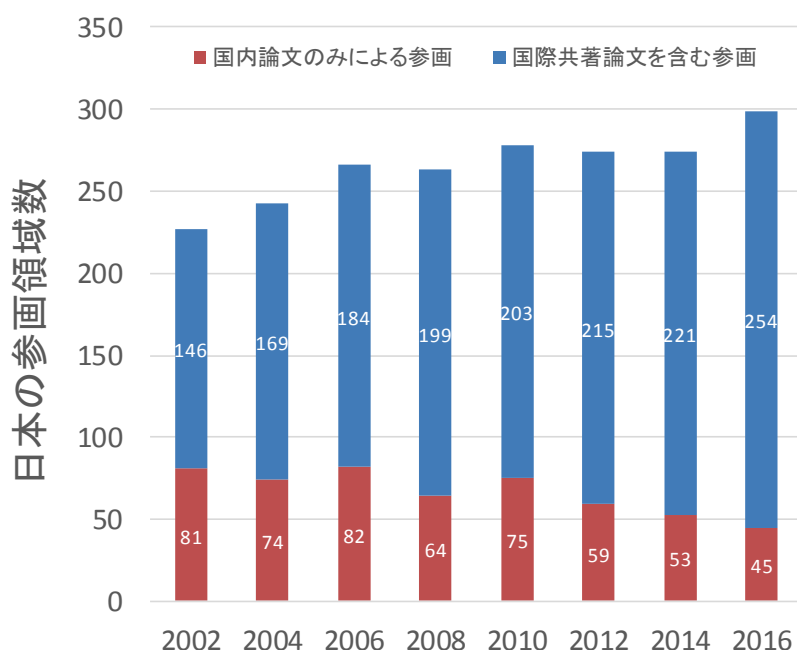
日本の参加領域数と国際論文の関係を示した(概要図表 5)。国内論文のみによる参画領域が長期的に減少する中、国際共著論文による参画領域は増加している。特に、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけては、国際共著論文による参画領域が 33 増加し、国内論文のみによる参画領域は 8 減少している。つまり、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけての、日本の参画領域数の増加は、国際共著論文による参画領域の増加によるものであると言える。

概要図表 4 サイエンスマップにおける米日英独中の参画領域数(コアペーパー)の推移



データ：科学技術・学術政策研究所がクレンジット・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。

### (3) 日本の存在感の高い研究領域

サイエンスマップ 2016 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 6)。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)が高い上位 10 領域を抽出した。

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	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
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	2013.9	アイランド型
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	2013.4	アイランド型
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	2013.1	ペニンシュラ型
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	2013.8	コンチネン型
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;ブニコチド;密度波;電荷密度波	物理学	103	10.0%	2,803	2013.7	アイランド型
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	2012.8	コンチネン型
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	2013.0	コンチネン型
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	2013.8	コンチネン型
819	植物;シロイヌナズナ;転写因子;フィトクロム;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	2013.1	コンチネン型
58	グローバル;オメガ;ソリユーション;システム;Keller-Segelモデル;デルタ;放射線;初期;滑らか;ノイマン	数学	54	8.0%	225	2014.2	スモールアイランド型

(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
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	2013.0	アイランド型
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	2013.2	コンチネン型
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	2013.0	コンチネン型
820	リゲニン;触媒;アリール;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	2013.6	ベニシユラ型
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	2015.7	スモールアイランド型
794	X線自由電子レーザービーム;X線パルス;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	2013.4	コンチネン型
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	2013.7	アイランド型
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	2013.3	アイランド型
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;スカラー場;摂動;重力子;メトリック;Massive gravity	物理学	40	8.3%	1,182	2013.3	ベニシユラ型
401	関節リウマチ;患者;トファンチニブ;生物学的;メトレキサート;疾患修飾性抗リウマチ薬;疾患活動;トシリズマブ;寛解;阻害剤	臨床医学	26	8.0%	848	2014.0	コンチネン型

(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
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	2011.8	アイランド型
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	2011.8	アイランド型
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	2015.5	スモールアイランド型
480	結晶スポンジ法;セスキテルペン;シンターゼ;生物発生説;天然物;シクラゼ;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	2016.0	スモールアイランド型
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	2013.2	スモールアイランド型
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	2014.3	アイランド型
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	2011.3	スモールアイランド型
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	2013.6	スモールアイランド型
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	2012.5	ベニシユラ型
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	2014.4	スモールアイランド型

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。

(4) 中国の先導により形成される研究領域数が拡大している

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)で中国のシェア(分数カウント)が高い上位 10 領域を示した(概要図表 7)。

いずれの規模の研究領域についても、中国のシェアは 50%を超えており、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。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 研究領域の中では、学際的・分野融合的領域が 13 領域と一番多く、これに工学、計算機科



学の研究領域が続いている。分野や特徴語の傾向をみると、概要図表 6 に示した日本のコアペーパーシェアが高い研究領域と比べて、応用寄りの研究領域が多いようにもみえる。実際、概要図表 8 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。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る。

概要図表 7 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
637	コントローラ;非線形;フィルタ;遅延;無限大制御理論;正;シミュレーション;反復;最小二乗法;手法	工学	66	75.6%	965	2013.4	コンチネン型
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	2013.6	アイランド型
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;無限大制御理論;適応;保証;リアプノフ-クラソフスキー関数	工学	150	67.6%	4,573	2013.9	コンチネン型
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	2013.3	コンチネン型
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	2013.2	コンチネン型
669	ブリーザー;ソリト解;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	2014.5	スモールアイランド型
129	予測;データセット;タンパク質配列;分類器;擬似アミノ酸組成;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	2014.5	アイランド型
561	NaYF <sub>4</sub> ;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	2012.8	コンチネン型
768	画像;下位;学習;分類;行列分解;クラスターリング;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	2013.6	コンチネン型
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	2013.0	コンチネン型

(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
188	グラフェン;ギガヘルツ;電磁干渉;シールド;マイクロ波吸収;ナノコンポジット;反射率;吸収特性;厚さ;誘電体	材料科学	32	91.1%	1,239	2014.0	アイランド型
832	光触媒活性;分解;可視光;塩化酸化ビスマス;ナノシート;ローダミンB;光触媒性能;ファセット;可視光照射;オキシ臭化ビスマス	学際的・分野融合的領域	26	91.0%	1,273	2014.2	ベニンシュラ型
112	除去;吸着剤;水溶液;等温線;吸着容量;Langmuirの単吸着モデル;酸化グラフェン;グラフェン;酸化物;表面	学際的・分野融合的領域	26	87.1%	1,011	2014.2	ベニンシュラ型
465	ラフ集合モデル;3方向意思決定モデル(Three-way Decision);ファジィ;近似;属性縮約;決定論的なラフ集合;ラフ集合理論;多様;方法;解決法	計算機科学	24	84.3%	260	2014.7	アイランド型
242	遅延;同期;メモリスタ;リアプノフ関数;非整数;数値;ニューラルネットワーク;手法;メモリスタデバイス;十分条件	計算機科学	29	78.2%	519	2013.5	コンチネン型
64	蛍光;テトラフェニルエチレン(TPE);ルミノゲン;発光;凝集誘起発光;放出;ポリマー;プローブ;合成;構成;メカノクロミック発光	学際的・分野融合的領域	41	76.8%	2,880	2013.9	コンチネン型
892	光触媒;グラファイト状窒化炭素;光触媒活性;可視光照射;g-C <sub>3</sub> N <sub>4</sub> ナノシート;強化;増強;電子;光触媒性能;ヘテロ接合;ローダミンB	学際的・分野融合的領域	34	75.7%	2,343	2013.7	ベニンシュラ型
48	中国;経済的;州;二酸化炭素排出量;エネルギー効率;環境;二酸化炭素放出;エネルギー;排出削減量;包絡	学際的・分野融合的領域	26	75.3%	376	2013.3	コンチネン型
7	正・陽性;非負テンソル;h-eigenvalue;スペクトル半径;対称テンソル;均一ハイパーグラフ;多項式;符号なしラプラシアン;数値;z-eigenvalue	数学	26	73.1%	227	2013.5	スモールアイランド型
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	72.1%	174	2015.7	スモールアイランド型

概要図表 7(A)から(C)の注記及び出典

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。



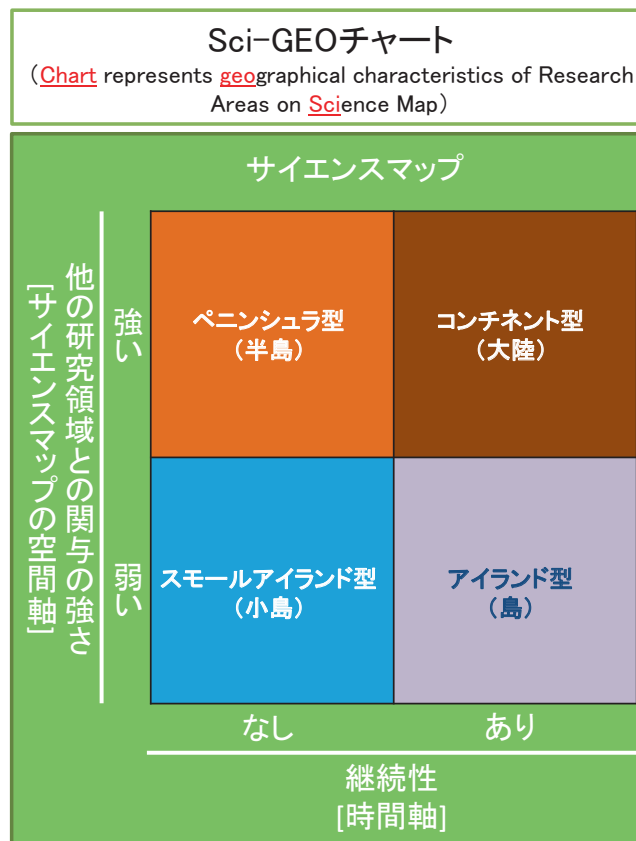
### 3. Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類と、それを用いた日本の活動状況の理解

#### (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 9)。

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 9 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 9 Sci-GEO チャートによる研究領域の分類



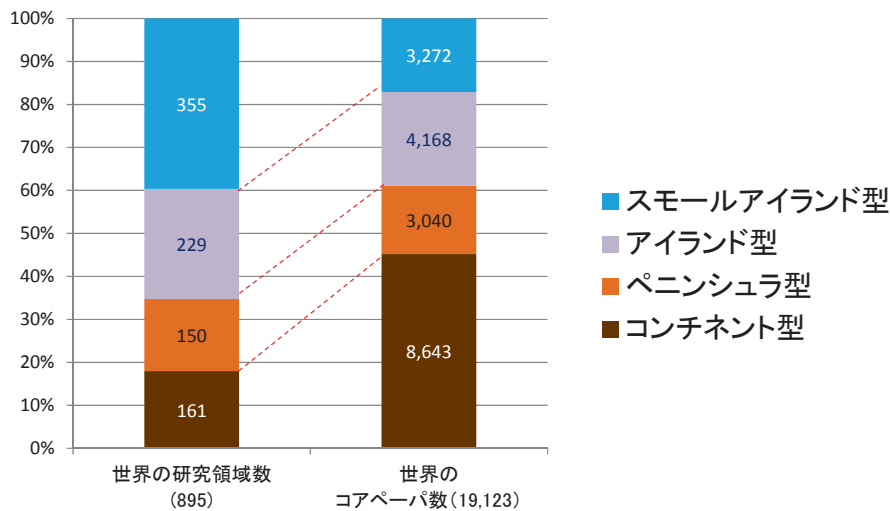
## (2) 世界の主要国とは異なる、Sci-GEO チャートにみる日本の研究領域タイプのバランス

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 研究領域のなかで、スモールアイランド型領域数は全体の 4 割、コンチネント型領域数は 18%を占めている(概要図表 10(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 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る。

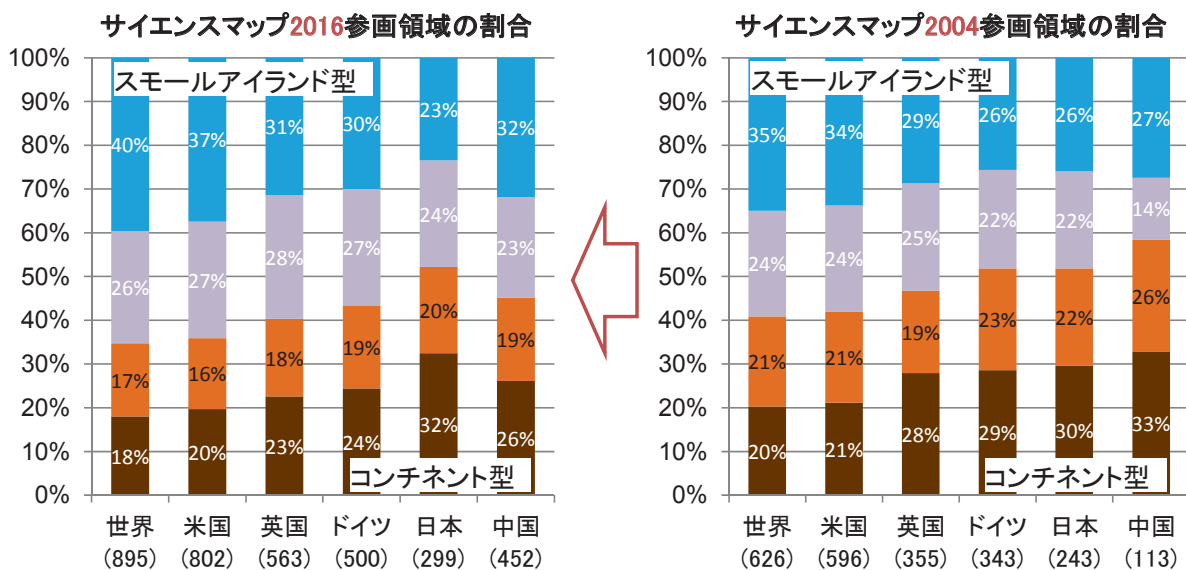
研究領域タイプのバランス(サイエンスマップ 2016)をみると(概要図表 10(B))、日本は、スモールアイランド型が 23%、コンチネント型が 32%であり、世界のバランス(スモールアイランド型 40%、コンチネント型 18%)と違いがある。サイエンスマップ 2004 との比較をみると、過去 10 年で、英国やドイツではスモールアイランド型の割合を増加させている一方、日本の研究領域タイプのバランスについては大きな変化はみられない。サイエンスマップ 2016 における中国の研究領域タイプのバランスは、英国やドイツに近い。

概要図表 10 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) サイエンスマップ 2016 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) サイエンスマップ 2016 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・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。

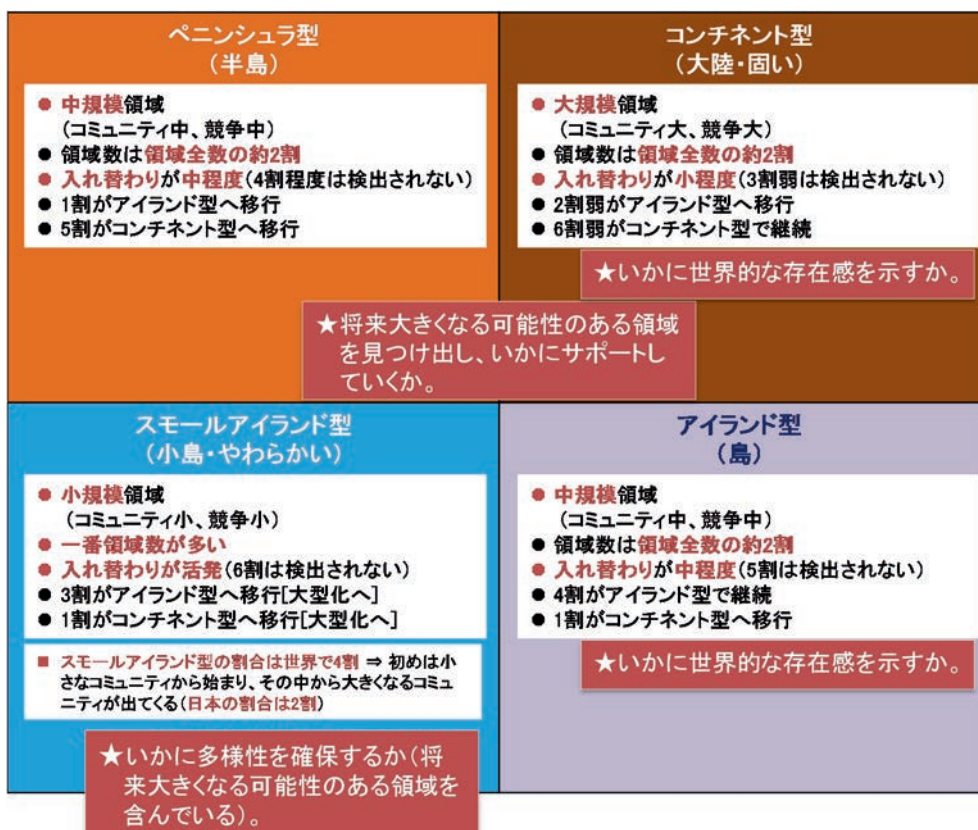
### (3) Sci-GEO チャートを用いた研究領域の移行の特徴

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 11)。

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つの観点が重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、かな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ろう。

概要図表 11 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



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ワリペイト・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。

#### 4. サイエンスマップと技術のつながりの分析

##### (1) 特許からも注目を集めている、研究領域を先導する論文(コアペーパー)

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<sup>1</sup>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 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 48.3%であるのに対して、サイティングペーパーでは 20.0%となっている(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 9.9 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 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、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 12 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	7,438	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

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。

<sup>1</sup> 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) 技術の進展にも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 2016 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 14 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 13 件含まれる。

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る。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る。サイエンスマップ 2016 の 5 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 13 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 13~16%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 13 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%	74.0%	9.7%	4.1%	8.8%	0.5%	0.3%
サイエンスマップ2004	7.0%	74.1%	11.2%	4.5%	8.8%	0.9%	1.0%
サイエンスマップ2006	12.8%	67.5%	10.1%	4.7%	8.3%	1.5%	1.2%
サイエンスマップ2008	15.6%	65.1%	9.4%	4.8%	8.9%	2.9%	1.4%
サイエンスマップ2010	13.5%	64.4%	11.0%	4.9%	9.7%	3.8%	4.6%
サイエンスマップ2012	8.3%	67.2%	12.1%	6.1%	11.0%	5.2%	6.9%
サイエンスマップ2014	6.8%	70.8%	14.5%	7.5%	12.5%	7.8%	3.9%
サイエンスマップ2016	6.7%	74.0%	13.8%	9.3%	11.6%	10.4%	3.8%

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・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。

概要図表 14 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
1	893	531	学際的・分野融合的領域	ペニンシュラ型	Molecular classification of cancer: Class discovery and class prediction by gene expression monitoring	SCIENCE	1999	Golub, TR	MIT, 米国
2	778	596	学際的・分野融合的領域	ペニンシュラ型	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	648	489	学際的・分野融合的領域	ペニンシュラ型	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	497	489	学際的・分野融合的領域	ペニンシュラ型	Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices	NATURE	1998	Forrest, SR	プリンストン大学, 米国
5	452	596	学際的・分野融合的領域	ペニンシュラ型	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
1	1244	10	物理学	スモールアイルランド型	Hydrogen as a cause of doping in zinc oxide	PHYSICAL REVIEW LETTERS	2000	Van de Walle, CG	フリッツ・ハーバー研究所, ドイツ
2	893	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	648	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	371	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	241	623	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Short hairpin RNAs (shRNAs) induce sequence-specific silencing in mammalian cells	GENES & DEVELOPMENT	2002	Hannon, GJ	Watson School of Biological Sciences, 米国
1	1226	110	物理学	ペニンシュラ型	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	1115	110	物理学	ペニンシュラ型	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	1099	110	物理学	ペニンシュラ型	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	452	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	371	687	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
1	1226	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	1115	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	1099	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	1088	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	259	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



概要図表 14 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	1069	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	2006	Nomura, K	東京工業大学, 日本
2	1061	606	化学	コンチナメント型	Defect energetics in ZnO: A hybrid Hartree-Fock density functional study	PHYSICAL REVIEW B	2008	Oba, F	京都大学, 日本
3	1058	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
4	259	757	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	Yamanaka, S	京都大学, 日本
5	239	757	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Genome sequencing in microfabricated high-density picolitre reactors	NATURE	2005	Rothberg, JM	454 Life Sciences, 米国
1	1048	214	物理学	アイランド型	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	259	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	Yamanaka, S	京都大学, 日本
3	104	770	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Generation of induced pluripotent stem cells without Myc from mouse and human fibroblasts	NATURE BIOTECHNOLOGY	2008	Yamanaka, S	京都大学, 日本
4	102	770	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Generation of germline-competent induced pluripotent stem cells	NATURE	2007	Yamanaka, S	京都大学, 日本
5	94	149	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Biodiesel from microalgae	BIOTECHNOLOGY ADVANCES	2007	Chisti, Y	Massey University, ニュージーランド
1	82	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	78	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	ブロード研究所, 米国
3	76	842	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	Human Induced Pluripotent Stem Cells Free of Vector and Transgene Sequences	SCIENCE	2009	Yu, JY	Merigree Institute for Research, 米国
4	73	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
5	67	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
1	82	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	78	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	ブロード研究所, 米国
3	67	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	45	809	学際的・分野融合的領域	コンチナメント型	A TALE nuclease architecture for efficient genome editing	NATURE BIOTECHNOLOGY	2011	Rebar, EJ	Sangamo Biosciences, Inc., 米国
5	39	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

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。日本の所属機関がかか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・学術政策研究所がトリベイト・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・学術政策研究所がソラリベイト・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。

## 5. 新たな研究領域の兆しの探索の可能性: 過去のサイエンスマップからみえるもの

近年では自然言語処理からトピックを見いだす手法も急速に進展している。これらの知見も参考にすることで、より高度な形で、研究領域の変遷の分析や新たな研究領域の探索が可能になると考えられる。そこで、サイエンスマップを構成するコアペーパーに注目し、新たな研究領域の兆しの探索を行った。

概要図表 15 には、生物学・生化学におけるワードの変化をバブルチャートで示す。ここでは各期間の後半 2 年の出現回数が上位 100 に入る 2 単語からなるワードを示している。円の大きさが単語の出現回数、色が増加率を示している。以降の議論では、ゲノム編集関連のワードとして、「Zinc Finger Nucleases」、「Transcription Activator-Like (TAL) effector」、「CRISPR」に注目する。

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る。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」が出現した。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る。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になる。

概要図表 16 には、物理学におけるワードの変化をバブルチャートで示す。各期間の後半 2 年の出現回数が上位 100 に入る 1 単語もしくは 2 単語からなるワードを示している。ここでは「Graphene」というワードに注目する。

バブルチャートをみると、サイエンスマップ 2006&2008 時点で、「graphene」が上位 100 のワードに入っている。変化をみると、サイエンスマップ 2002&2004 の出現回数はゼロであったものが、サイエンスマップ 2006&2008 では 149 回へと急激に増加した。グラフェンは 2004 年に発見されているので、出現回数の動きは、それとも整合的である。その後も、「graphene」はサイエンスマップ 2010&2012 まで増加を続け、サイエンスマップ 2010&2012 では、物理学のワードの上位に位置している。それ以降は、増加率は小さくなったが、依然、物理学のワードの上位に位置している。なお、サイエンスマップ 2012&2014 以降は、二硫化モリブデン (MoS<sub>2</sub>) のワードが、大きく増加していることが分かる。

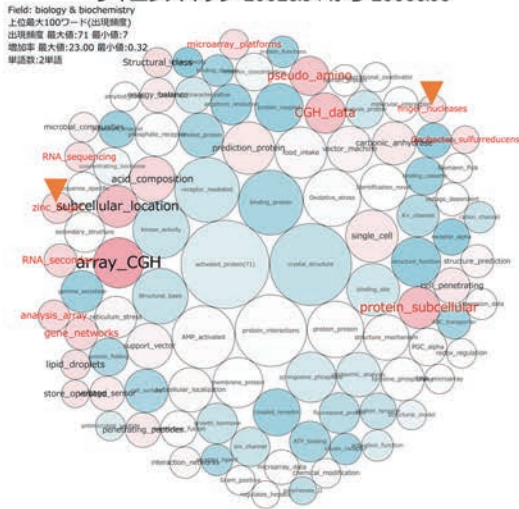
以上のように、サイエンスマップを構成する論文タイトルにおけるワードの変化から、「ゲノム編集」、「グラフェン」の出現を捉えられることが明らかになった。なお、サイエンスマップ上での可視化でも、これらの変化はとらえられている(本文の図表 16 及び図表 17 参照)。ただし、サイエンスマップ上では、コアペーパーが研究領域としてグループ化されることにより情報の圧縮が生じている。つまり、新しい研究領域のわずかな兆しを捉えるためには、研究領域の中身まで解釈する必要がある。

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。サイエンスマップは、発見されたキーワードの科学全体における位置づけの確認に活用できる。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ている。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ある。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る。

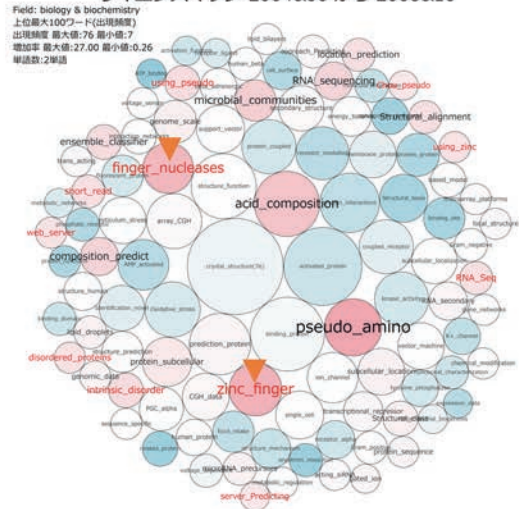
なお、サイエンスマップで得られる情報は、あくまで過去の情報であり、ここから得られた兆しを追うだけでは、一番目のフォロワーとなるだけである。他国が先行した研究領域で競争することは、得策ではないかも知れない。得られた情報から、数歩先を読む、もしくは将来の研究の潮流となり得る芽 (スモールアイランド型の研究領域) を生み出すことも当然ながら重要であろう。

概要図表 15 ゲノム編集の兆し

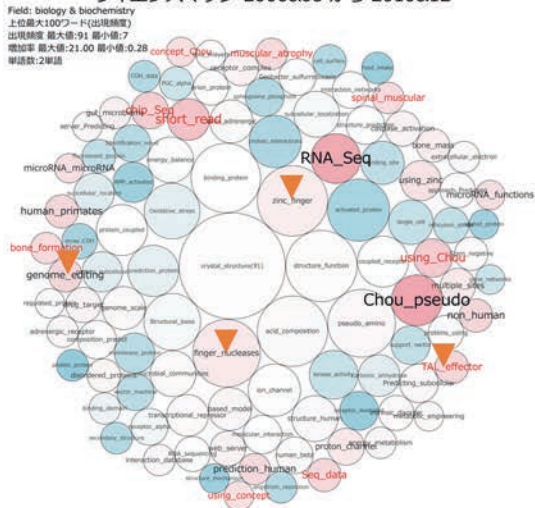
サイエンスマップ 2002&04 から 2006&08



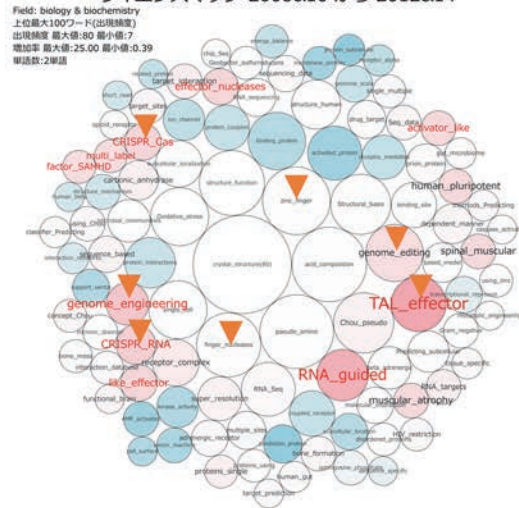
サイエンスマップ 2004&06 から 2008&10



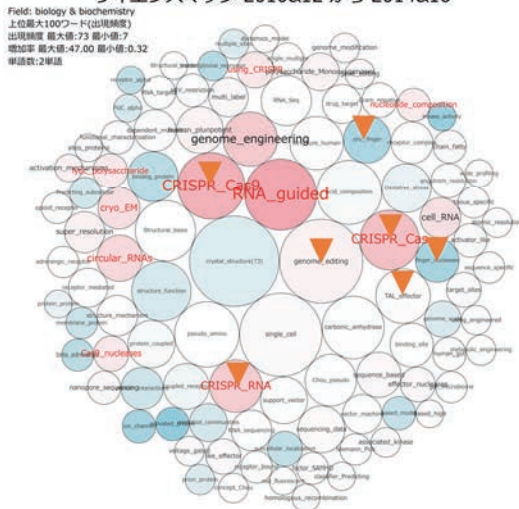
サイエンスマップ 2006&08 から 2010&12



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

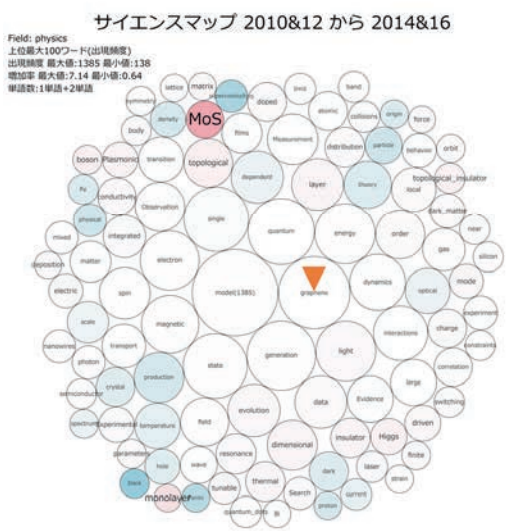
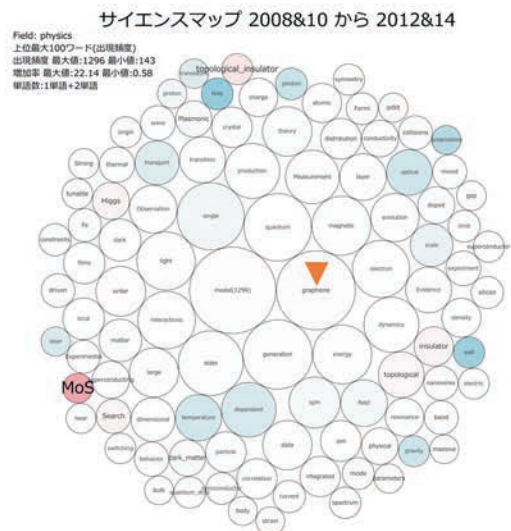
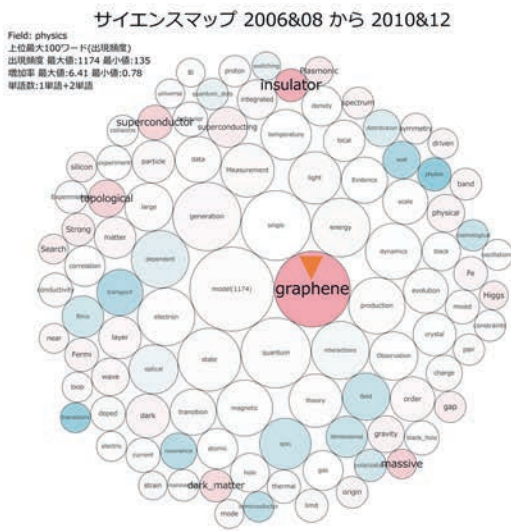
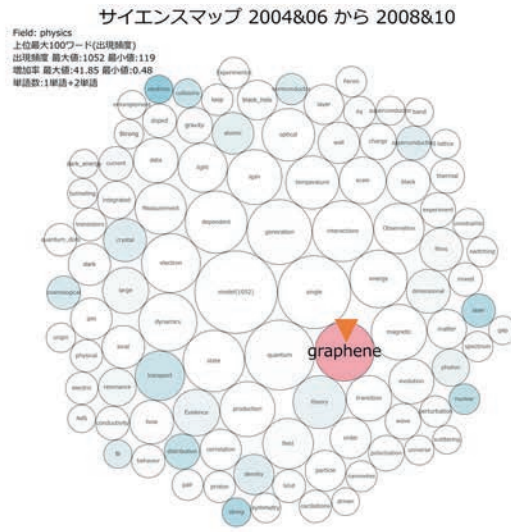
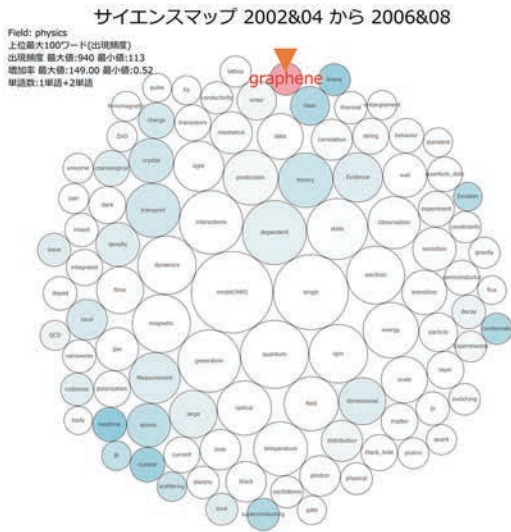


[図表の見方]

- 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。

概要図表 16 グラフェンの兆し



[図表の見方]

- 1単語又は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。

## 6. 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・政策立案にかかわる方や日本の大学・公的研究機関等におけるマネジメント担当者に活用してもらうために、サイエンスマップ2016の895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 17)。

加えて、サイエンスマップ 2016 及び前項で示したバブルチャートのウェブ版も公表する。

概要図表 17 サイエンスマップ研究領域情報の詳細の掲載

