

NISTEP REPORT No.178

# サイエンスマップ 2016

論文データベース分析(2011-2016年)による注目される研究領域の動向調査

2018年10月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所  
科学技術・学術基盤調査研究室

【調査研究体制】

- 伊神 正貫 科学技術・学術基盤調査研究室長 [全般についての分析実施及び報告書執筆, 特徴語の和訳確認]
- 村上 昭義 科学技術・学術基盤調査研究室 研究員 [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(6-2)に用いるデータ整備、報告書の確認]
- 川村 隆浩 国立研究開発法人科学技術振興機構 情報企画部 主任調査員 [特徴語の抽出及び和訳, Appendix 7 の執筆]

【Contributors】

- Masatsura IGAMI Director, Research Unit for Science and Technology Analysis and Indicators, National Institute of Science and Technology Policy, MEXT
- Akiyoshi MURAKAMI Research Fellow, Research Unit for Science and Technology Analysis and Indicators, National Institute of Science and Technology Policy, MEXT
- Takahiro KAWAMURA Senior Researcher, Department of Information Planning, Japan Science and Technology Agency

本報告書の引用を行う際には、以下を参考に出典を明記願います。

Please specify reference as the following example when citing this NISTEP REPORT.

「サイエンスマップ 2016」, *NISTEP REPORT*, No. 178, 文部科学省科学技術・学術政策研究所.

DOI: <http://doi.org/10.15108/nr178>

“Science Map 2016,” *NISTEP REPORT*, No. 178, National Institute of Science and Technology Policy, Tokyo.

DOI: <http://doi.org/10.15108/nr178>

## サイエンスマップ2016

文部科学省科学技術・学術政策研究所 科学技術・学術基盤調査研究室

### 要旨

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。本報告書では、最新のサイエンスマップ2016(2011年～2016年を対象)の結果を示すとともに、これまでに作成してきたサイエンスマップ2002からの時系列変化について分析した。

サイエンスマップ2016への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%となったが、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。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る。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-GEOチャートから日本の参画領域の特徴をみると、日本は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スモールアイランド型領域への参画が、サイエンスマップ2014から引き続いて少ない。

今回のサイエンスマップでは、過去のサイエンスマップの時系列を用いて、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った。

## Science Map 2016

Research Unit for Science and Technology Analysis and Indicators, National Institute of Science and Technology Policy, Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

### ABSTRACT

Science Map is a map of science that the National Institute of Science and Technology Policy has been publishing every two years. Hot research areas, research areas in which active research is being conducted, are obtained by the grouping of top 1% highly cited papers and mutual-relations among them are visualized through the mapping of the research areas on the two-dimensional space. This report shows results of Science Map 2016 and discussed time series changes of Science Maps since 2002.

The percentage of Japanese participation in Science Map 2016 rose by 1 point from 32% in Science Map 2014 to 33%. However, that percentage of the United Kingdom and Germany is about 5-60%, the difference from Japan is still large. There are 79 research areas where China's share accounts for more than 50%, and research areas lead by China have been increasing. We applied the Sci-GEO chart to Science Maps 2002 – 2016, and found that Japan's participation to small island type research areas, having no continuity from the previous Science Map and showing weak cognitive linkage with other research, is small compared to benchmarking countries.

In Science Map 2016, we also examined whether it is possible to search for signals of new research using time series of past Science Maps.





# 目次

## 概要

サイエンスマップ 2016 の概要 .....	1
1. サイエンスマップとは? .....	1
2. 科学研究の潮流と日本の状況 .....	2
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 .....	11
4. サイエンスマップと技術のつながりの分析 .....	14
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 .....	18
6. サイエンスマップ研究領域情報の詳細の掲載 .....	21

## 本編

1 はじめに .....	23
2 調査手法 .....	24
2-1 論文のグループ化による研究領域の俯瞰 .....	24
2-2 これまでに作成してきたサイエンスマップ間の関係性 .....	26
2-3 研究領域の分析に用いるコアペーパーとサイティングペーパー .....	26
2-4 サイエンスマップの表示方法 .....	27
2-5 研究領域の特徴語抽出 .....	29
2-6 サイエンスマップの特徴と留意点 .....	29
3 サイエンスマップにみる科学研究の状況 .....	30
3-1 サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2016 の研究領域数の変化 .....	30
3-2 サイエンスマップを用いた科学研究の俯瞰 .....	31
3-3 サイエンスマップの時系列変化 .....	40
3-4 コアペーパーの論文タイトルを用いた研究の変遷についての分析 .....	45
3-5 コアペーパーの論文タイトルを用いた新たな研究領域の兆し探索の可能性: 過去からの知見 .....	47
4 サイエンスマップにみる研究領域の各種統計 .....	52
4-1 サイエンスマップにおける研究領域とコアペーパーの関係 .....	52
4-2 サイエンスマップにおける学際的・分野融合的領域の状況 .....	54
4-3 サイエンスマップにみる国際共著論文率の時系列変化 .....	57
4-4 サイエンスマップにみる日本と主要国のシェアの変化 .....	62
4-5 サイエンスマップにみる日本と主要国の研究領域の参画割合(研究の多様性)の変化 .....	77
5 研究領域の特徴を分ける Sci-GEO チャート .....	85
5-1 サイエンス全体とサイエンスマップの範囲との関係 .....	85
5-2 研究領域の特徴を分類する Sci-GEO チャート .....	86
5-3 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプの研究領域数とコアペーパー数との関係 .....	90
5-4 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプと研究領域の移行との関係 .....	91
5-5 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプにみる日本と主要国の状況 .....	94

6	サイエンスマップ上への各種情報のオーバーレイ.....	98
6-1	サイエンスマップと技術のつながりの分析 .....	98
6-2	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(試行的な分析) .....	106
7	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.....	115
7-1	サイエンスマップ 2016 の全研究領域情報の詳細の掲載.....	115
7-2	日本の 167 大学・公的研究機関等のサイエンスマップ活動状況シート.....	116
8	まとめ.....	124
8-1	科学研究の潮流と日本 .....	124
8-2	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.....	125
8-3	サイエンスマップへのさまざまな情報のオーバーレイ.....	126
8-4	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.....	127
	謝辞.....	128

## 付録

APPENDIX 1.	サイエンスマップ 2016 .....	129
APPENDIX 2.	サイエンスマップ 2016 研究領域詳細シート.....	131
APPENDIX 3.	サイエンスマップ 2016 コアペーパーの分野分布 .....	163
APPENDIX 4.	サイエンスマップ活動状況シート(個別大学等) .....	183
APPENDIX 5.	サイエンスマップ活動状況シート(個別公的研究機関等) .....	333
APPENDIX 6.	サイエンスマップ 2016 にみる日本の個別大学等及び公的研究機関等の UT (アクセッション番号)リスト.....	363
APPENDIX 7.	特徴語の抽出.....	365
APPENDIX 8.	特徴語を用いた研究領域群の抽出 .....	371
APPENDIX 9.	サイエンスマップ TRAJECTORY 表示(ウェブ版に掲載).....	375

## 概要



---

## 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。

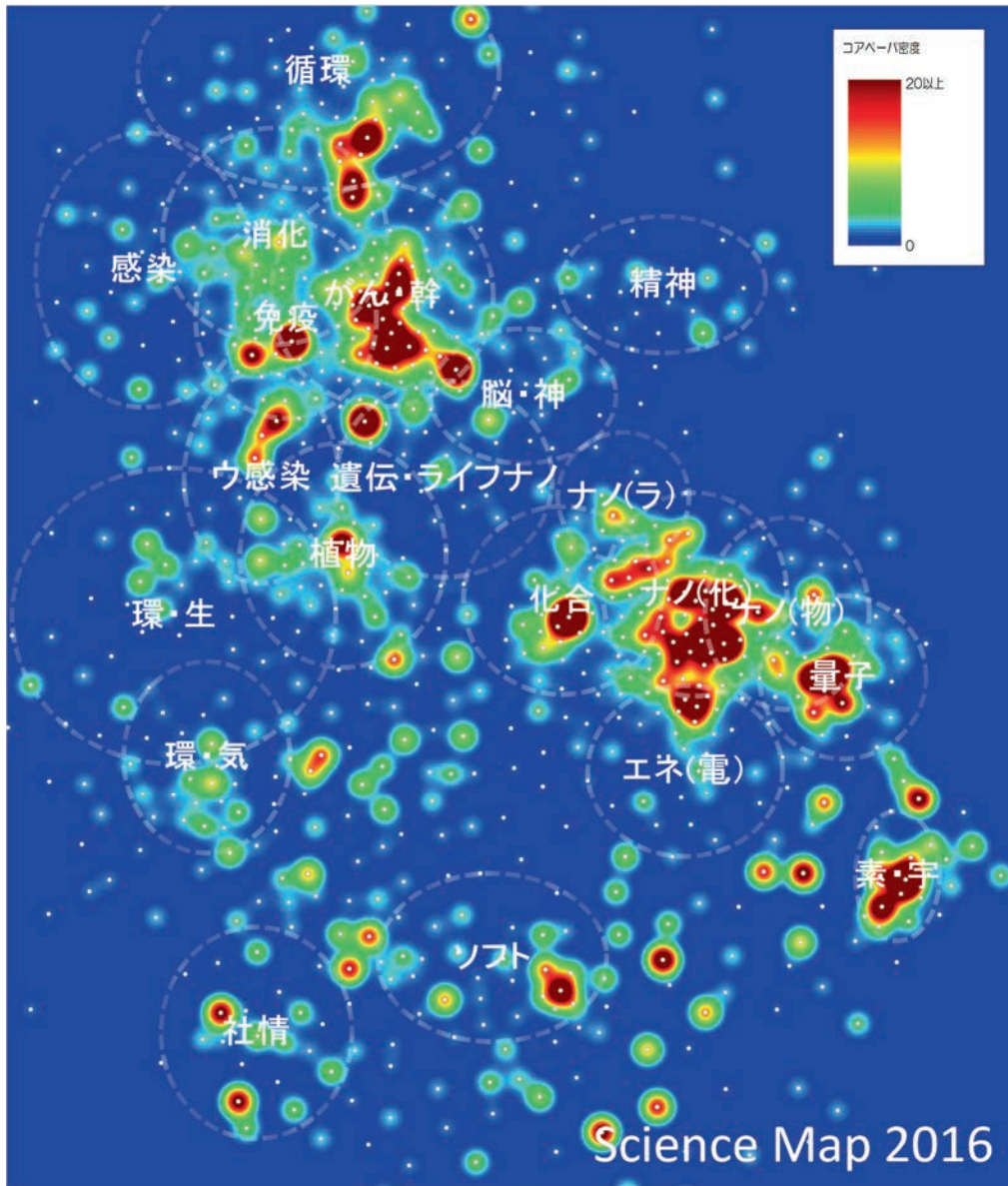
『植物科学研究』の左下方には、『環境・生態系研究』、『環境・気候変動研究』といった2つの研究領域群が存在している。サイエンスマップの右下部分からみると、『素粒子・宇宙論研究』があり、『量子情報処理・物性研究』、『エネルギー創出(リチウムイオン電池)』、『ナノサイエンス研究(物理学)』、『ナノサイエンス研究(化学)』、『ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)』、『化学合成研究』がつづく。ナノサイエンス研究にかかわる研究領域の数が、サイエンスマップ 2002 と比べて大きく増加している。

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	ソフトウェア・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。



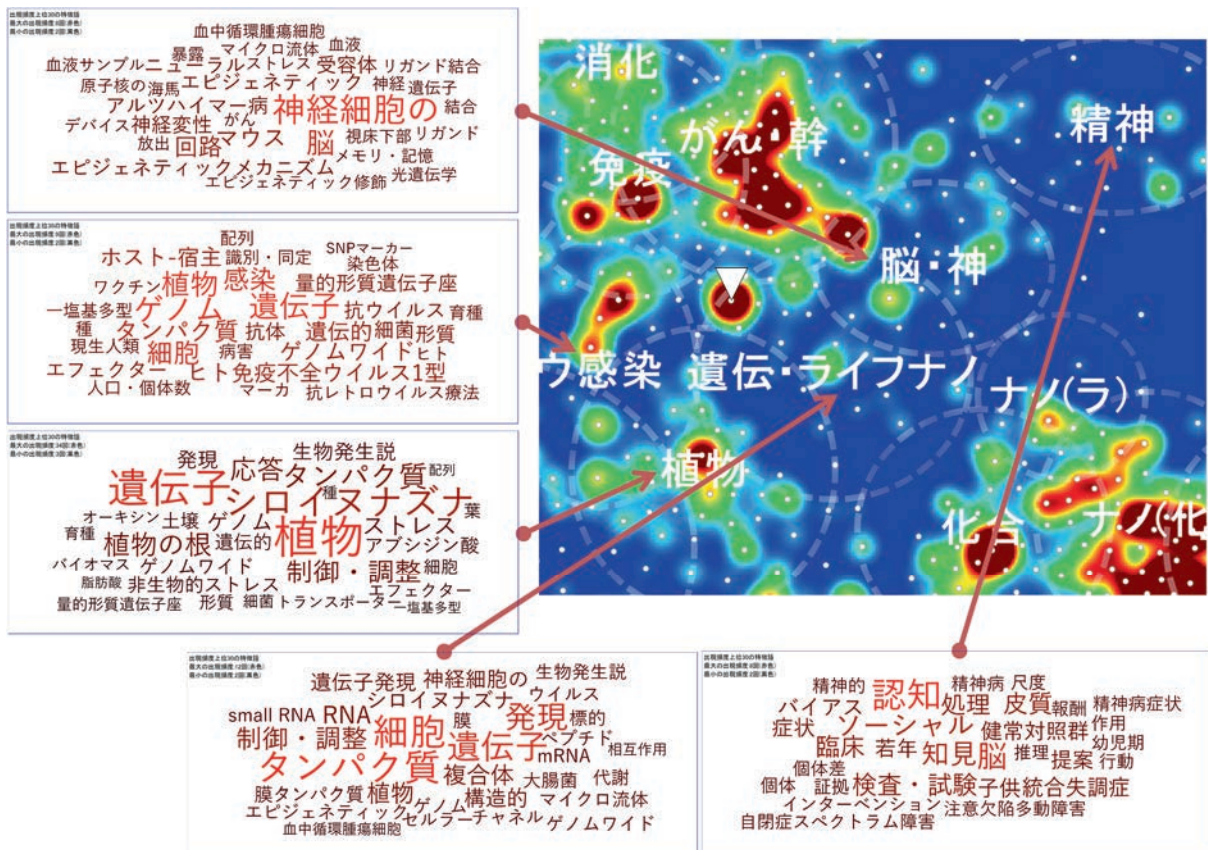
◇ 特徴語から把握する科学研究の状況(生命科学にかかわる研究領域群の例)

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。



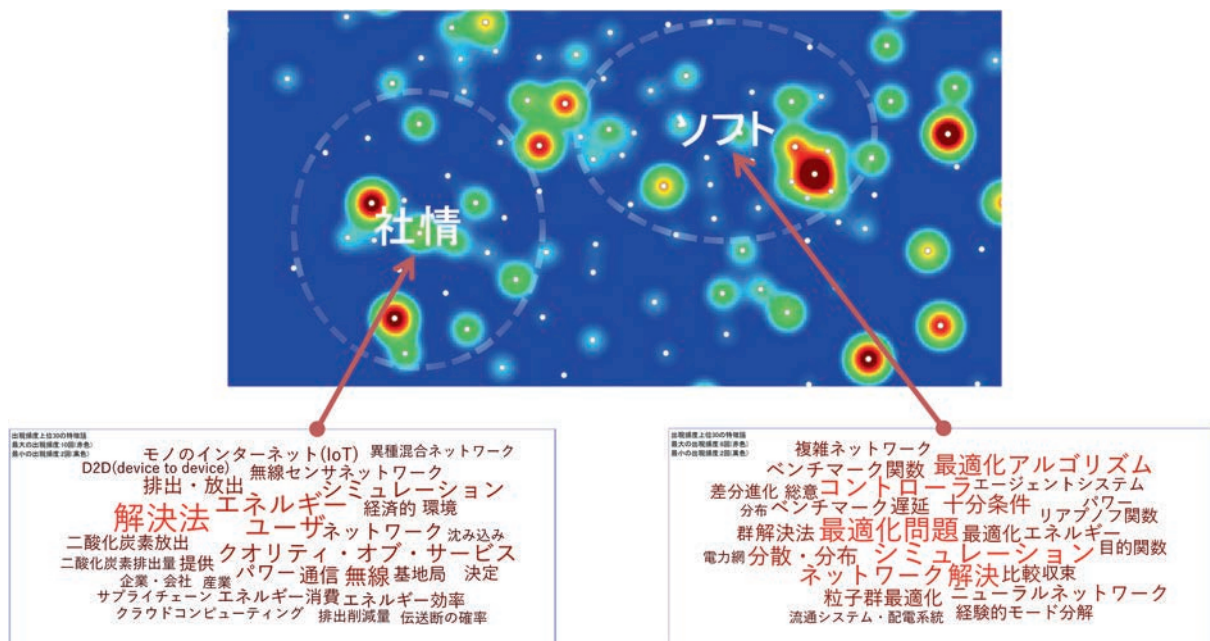
概要図表 2 の右上には、脳・神経疾患研究領域群と精神疾患研究領域群が存在する。前者では「神経細胞の」、「脳」、「回路」、「マウス」といった特徴語が上位を占めている。疾患関連では「アルツハイマー病」という特徴語が 3 つの研究領域でみられている他に、スポーツにおける「脳震盪」についての研究領域なども存在している。精神疾患研究領域群については「認知」、「脳」、「知見」、「ソーシャル」という特徴語の出現回数が多い。他には「統合失調症」、「注意欠陥多動障害」などについての研究領域が含まれている。

### ◇ 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。

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)。

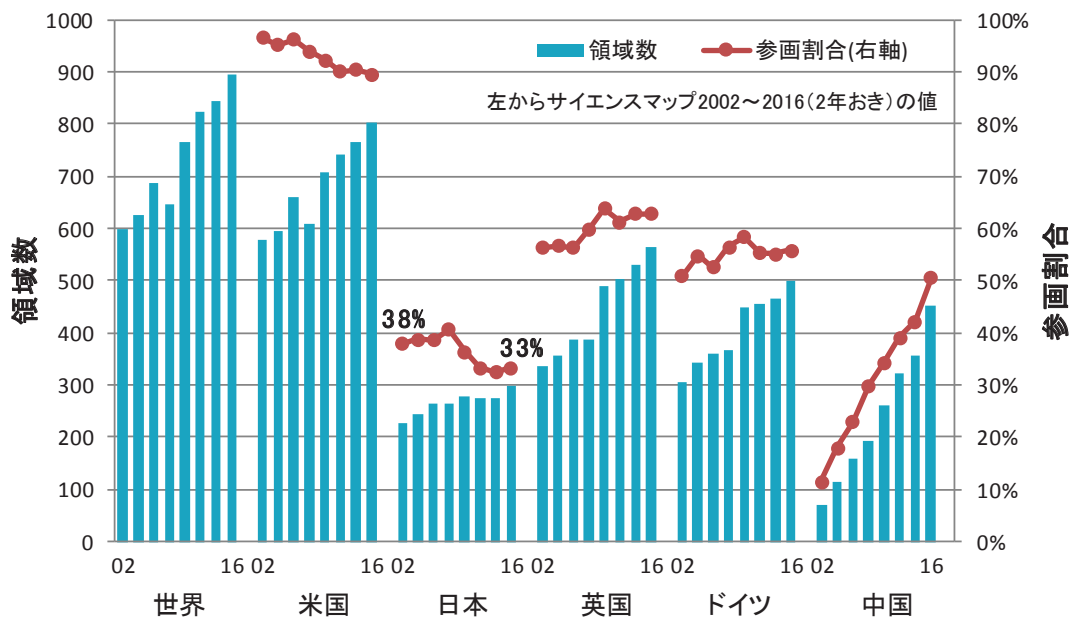
サイエンスマップ 2002 からの時系列変化をみると、日本の参画領域数はサイエンスマップ 2008 以降、伸び悩みがみられていた。しかし、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけては、参画領域数が 9.1%(25 領域)の伸びを見せた。これは、サイエンスマップ全体の研究領域数の増加(6.0%)よりも大きな伸びである。

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。

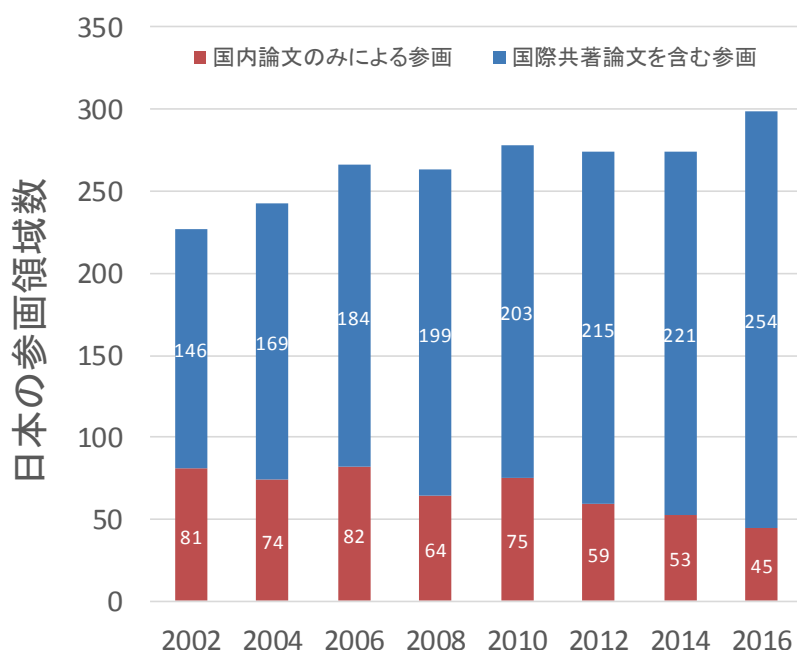
日本の参加領域数と国際論文の関係を示した(概要図表 5)。国内論文のみによる参画領域が長期的に減少する中、国際共著論文による参画領域は増加している。特に、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけては、国際共著論文による参画領域が 33 増加し、国内論文のみによる参画領域は 8 減少している。つまり、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけての、日本の参画領域数の増加は、国際共著論文による参画領域の増加によるものであると言える。

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;正方;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	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;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	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;符号なしラブラシアン;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。





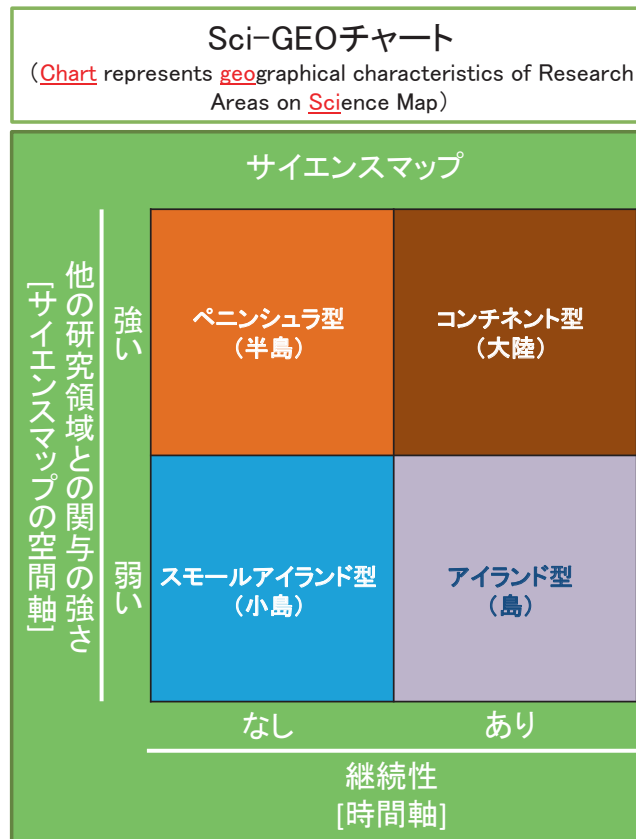
### 3. Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類と、それを用いた日本の活動状況の理解

#### (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



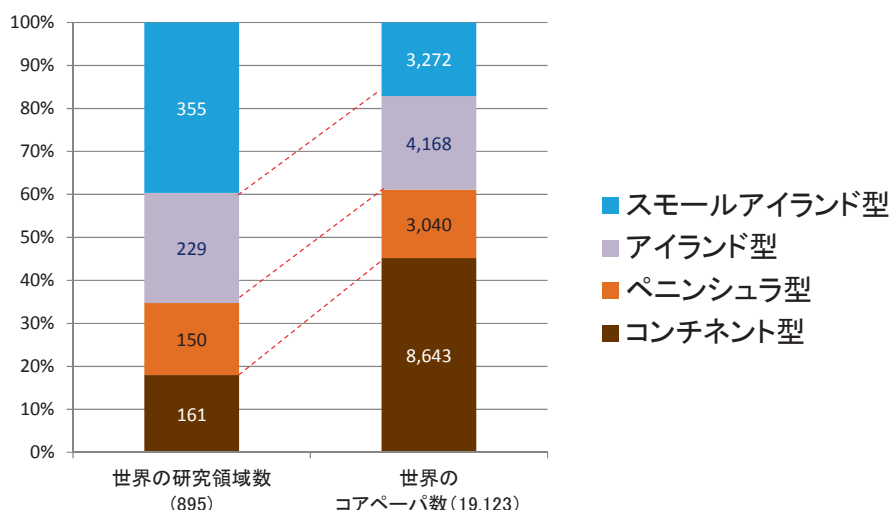
## (2) 世界の主要国とは異なる、Sci-GEO チャートにみる日本の研究領域タイプのバランス

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。

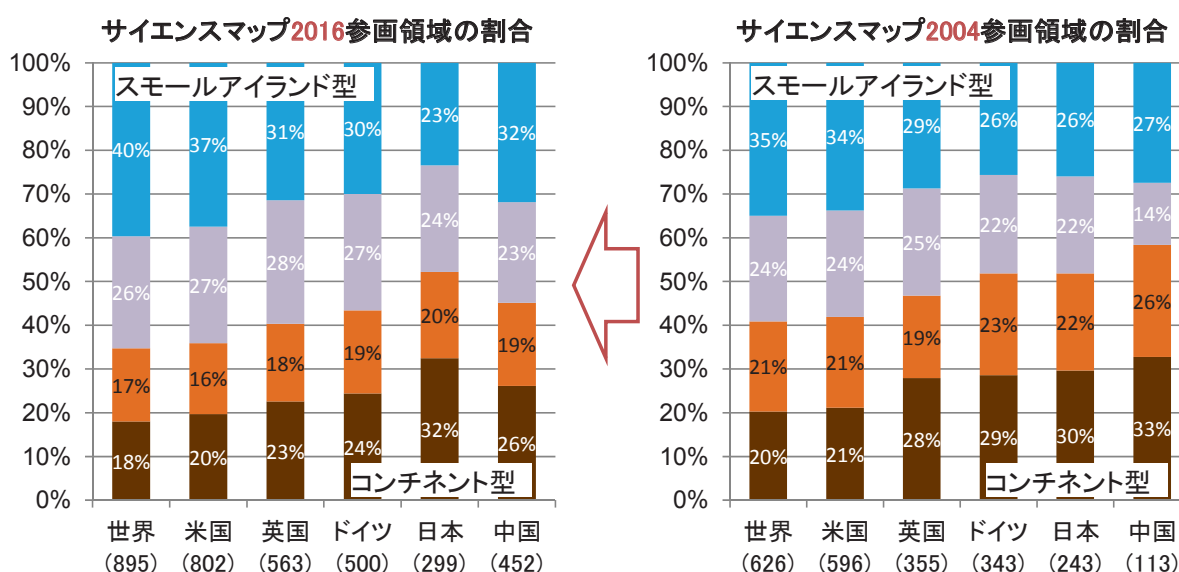
研究領域タイプのバランス(サイエンスマップ 2016)をみると(概要図表 10(B))、日本は、スモールアイランド型が 23%、コンチネント型が 32%であり、世界のバランス(スモールアイランド型 40%、コンチネント型 18%)と違いがある。サイエンスマップ 2004 との比較をみると、過去 10 年で、英国やドイツではスモールアイランド型の割合を増加させている一方、日本の研究領域タイプのバランスについては大きな変化はみられない。サイエンスマップ 2016 における中国の研究領域タイプのバランスは、英国やドイツに近い。

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。



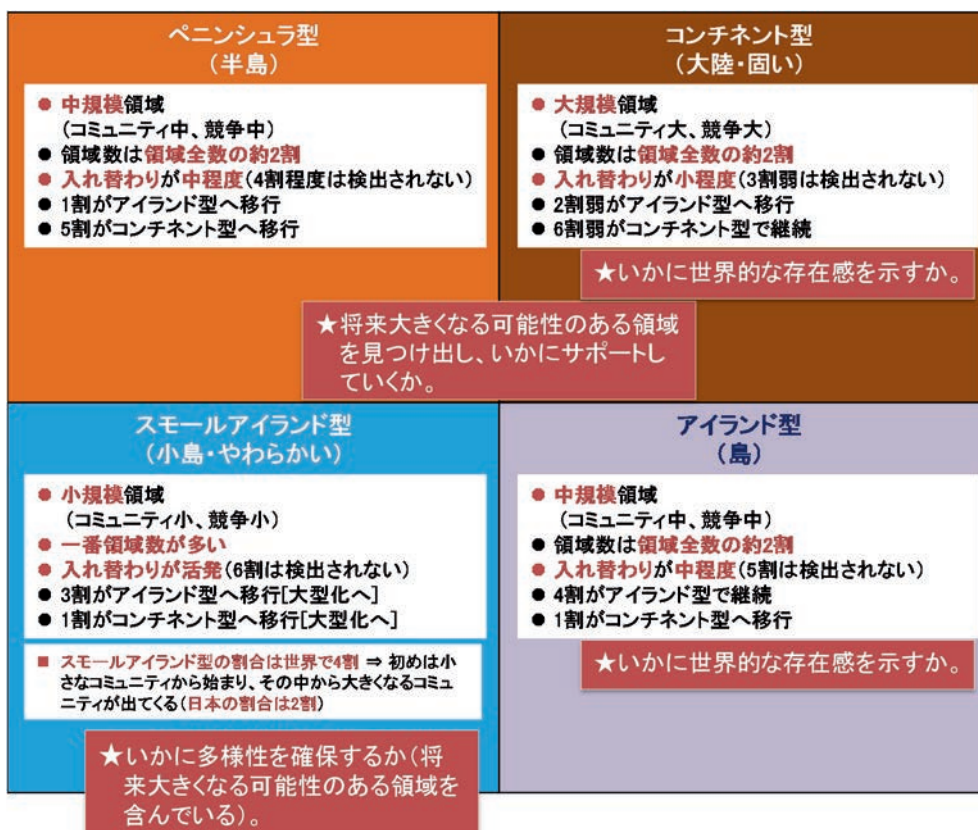
### (3) Sci-GEO チャートを用いた研究領域の移行の特徴

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。

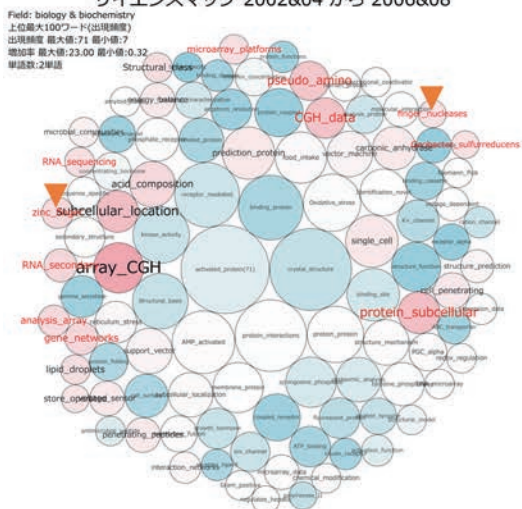
以上のように、サイエンスマップを構成する論文タイトルにおけるワードの変化から、「ゲノム編集」、「グラフェン」の出現を捉えられることが明らかになった。なお、サイエンスマップ上での可視化でも、これらの変化はとらえられている(本文の図表 16 及び図表 17 参照)。ただし、サイエンスマップ上では、コアペーパーが研究領域としてグループ化されることにより情報の圧縮が生じている。つまり、新しい研究領域のわずかな兆しを捉えるためには、研究領域の中身まで解釈する必要がある。

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。

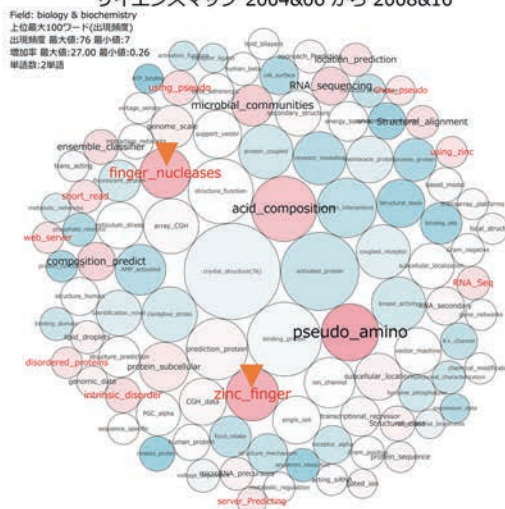
なお、サイエンスマップで得られる情報は、あくまで過去の情報であり、ここから得られた兆しを追うだけでは、一番目のフォロワーとなるだけである。他国が先行した研究領域で競争することは、得策ではないかも知れない。得られた情報から、数歩先を読む、もしくは将来の研究の潮流となり得る芽 (スモールアイランド型の研究領域) を生み出すことも当然ながら重要であろう。

概要図表 15 ゲノム編集の兆し

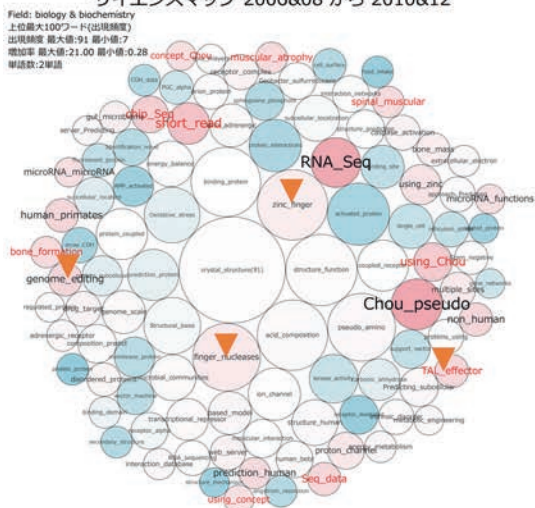
サイエンスマップ 2002&04 から 2006&08



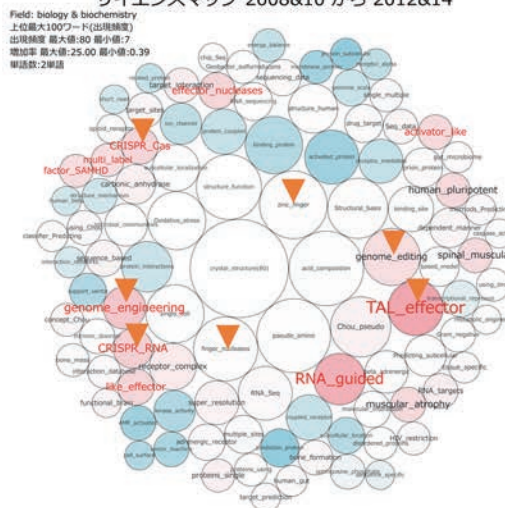
サイエンスマップ 2004&06 から 2008&10



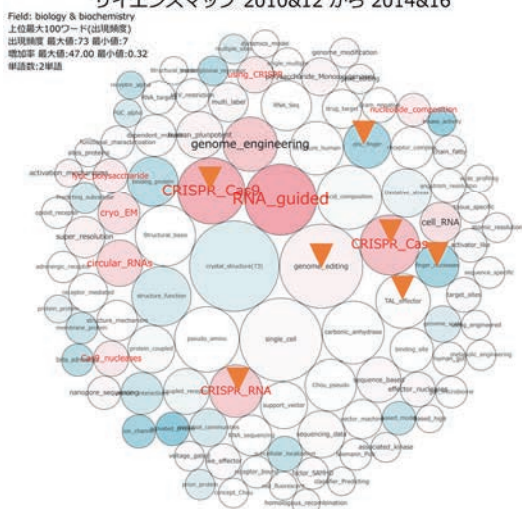
サイエンスマップ 2006&08 から 2010&12



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



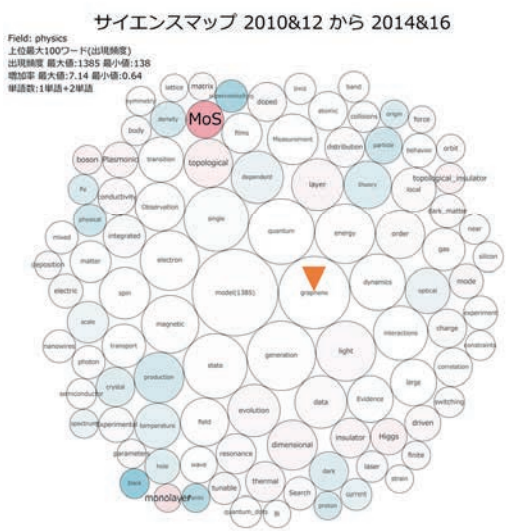
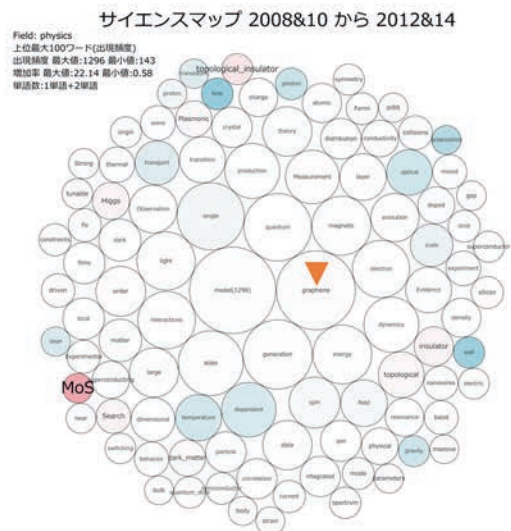
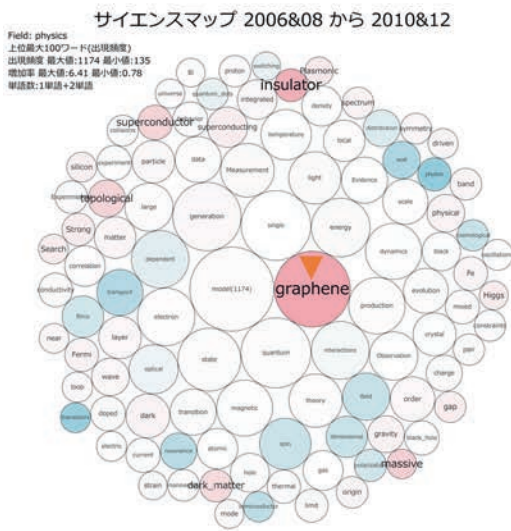
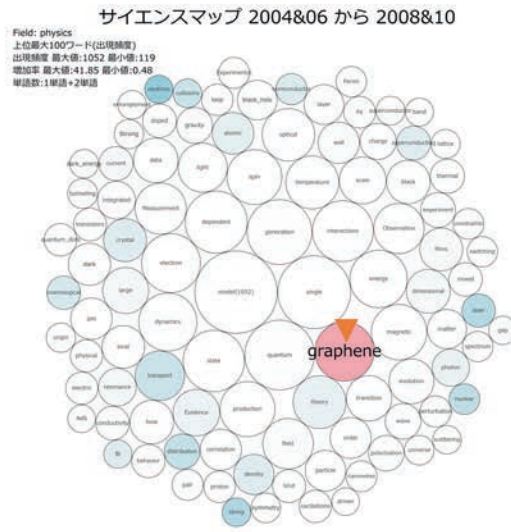
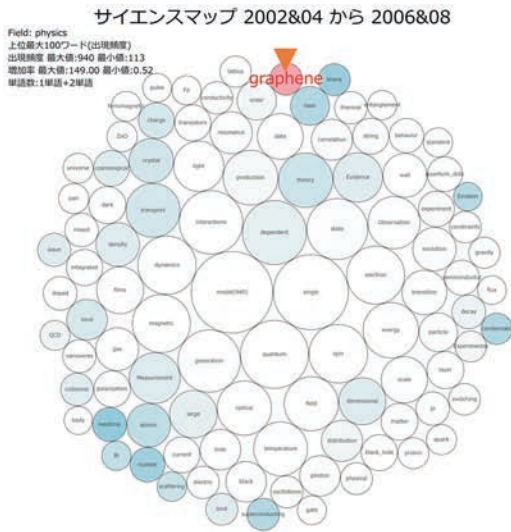
[図表の見方]

- 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。

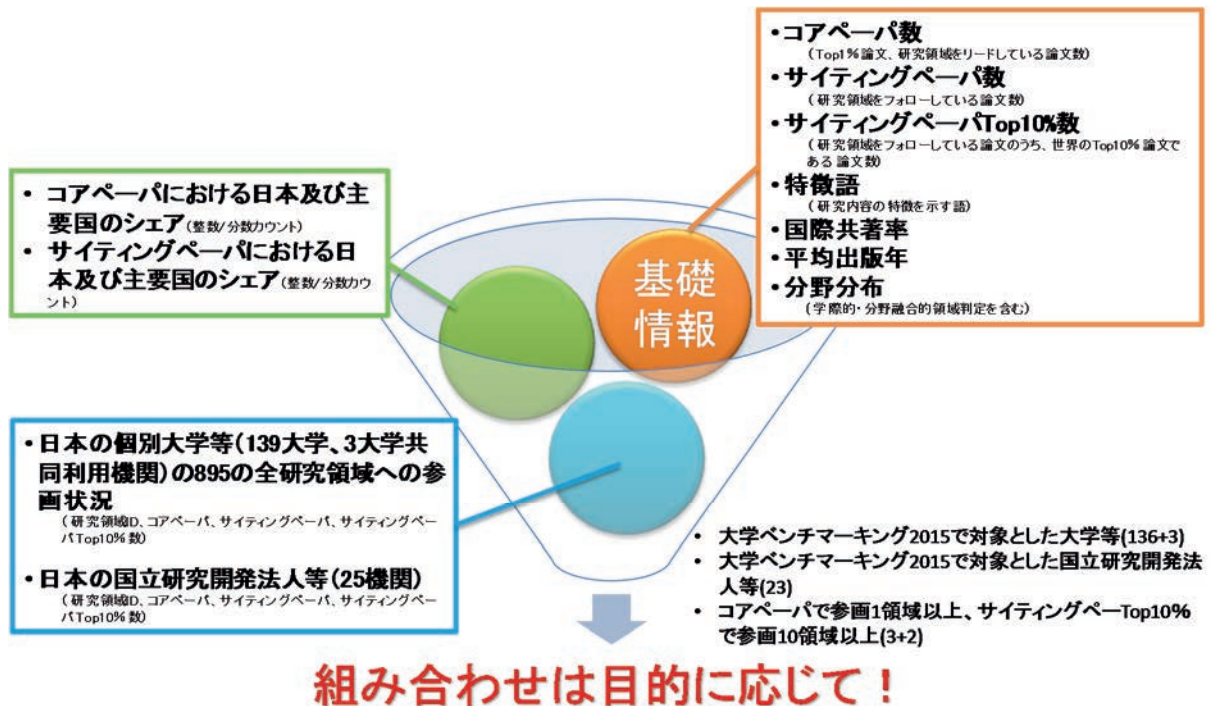


## 6. サイエンスマップ研究領域情報の詳細の掲載

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





本編



---

## 1 はじめに

---

科学技術・学術政策研究所では、2003年度より論文データベースを用いた科学研究の観測を行っている<sup>1</sup>。科学技術の知の構造や発展を計量書誌学の立場から記述する試みは古くからなされている。2000年代に入ってから劇的な情報処理技術の進展や、論文や特許のデータベース整備は、この分野の研究に革新をもたらした。特に知識のマッピングは新たな研究として注目を浴び、多くの研究が欧米を中心に行なわれた<sup>2</sup>。マッピングの対象は多様であり、ジャーナルの引用関係を用いた分野間の関係についての分析、国や組織間の共著関係の分析、研究者間の共著の分析などが行われている。

科学技術・学術政策研究所が作成しているサイエンスマップは、マッピングの対象を研究領域としている点の特徴である。「サイエンスマップ」という名称は、科学技術・学術政策研究所が2007年に発行した「サイエンスマップ2004」から用いている。これまでサイエンスマップ2002～2014まで隔年で7時点のマップを継続的に作成してきた。過去の分析から、国際的に注目を集める研究領域数が増加する一方で、①日本の参画領域数はサイエンスマップ2008以降停滞しており、研究多様性が相対的に低下していること、②日本は他の主要国と比べて挑戦的な研究領域への参画割合が小さいことなどを指摘した。過去のサイエンスマップの成果は各種審議会資料、科学技術白書、経済協力開発機構(OECD)の報告書等でも活用されている。

本報告書では、最新版となるサイエンスマップ2016(2011年～2016年を対象)とサイエンスマップ2002から2016を用いた時系列分析の結果を報告する。まず、調査手法の概要を第2章で紹介する。第3章ではサイエンスマップから見えてくる科学研究の状況について述べる。今回は、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の可能性についての考察も行った。

つづいて、第4章では学際的・分野融合的領域の状況、国際共著論文率の時系列変化、日本と主要国のシェアの変化、日本と主要国の研究領域の参画割合(研究の多様性)の変化などのサイエンスマップにみる各種統計情報について議論する。第5章においては、研究領域の継続性及び他の研究領域とのかかわりに注目して研究領域の特徴を分類するSci-GEOチャートから見えてくる科学研究の状況について議論する。第6章では、サイエンスマップと技術のつながりの分析及び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について紹介する。第7章では、研究領域の詳細情報の公表について触れ、第8章にまとめと今後に向けた課題を述べる。

---

1 本調査は、第7回目の報告である。第1回目は「急速に発展しつつある研究領域調査, NISTEP REPORT No.95 (2005年5月)」、第2回目は「サイエンスマップ2004, NISTEP REPORT No.100 (2007年3月)」、第3回目は「サイエンスマップ2006, NISTEP REPORT No.110 (2008年3月)」、第4回目は「サイエンスマップ2008, NISTEP REPORT No.139 (2010年5月)」、第5回目は「サイエンスマップ2010&2012, NISTEP REPORT No.159 (2014年7月)」、第6回目は「サイエンスマップ2014, NISTEP REPORT No.169 (2016年9月)」である。

2 総合的なレビューとしては次がある。Börner, K., Chen, C., and Boyack, K. W. (2003), “Visualizing Knowledge Domains”, *Annual Review of Information Science and Technology*, 37, 179-255.

---

## 2 調査手法

---

サイエンスマップを用いた科学研究の分析は、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ステップを経て行なわれる。以下では、調査手法の概要について説明する。

### 2-1 論文のグループ化による研究領域の俯瞰

---

科学技術・学術政策研究所では、サイエンスマップ 2004(文部科学省科学技術政策研究所, サイエンスマップ 2004, NISTEP REPORT No. 100 (2007 年 3 月))以降、同じ手法を用いて継続的に、論文のグループ化による研究領域の俯瞰を行っている<sup>1</sup>。サイエンスマップ 2016 では、論文のグループ化により 895 研究領域が得られた。

サイエンスマップ 2016 では論文のグループ化に、2011～2016 年の 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<sup>2</sup>)において、被引用数が上位 1% である Top1% 論文(約 8.5 万件)を用いた。これら Top1% 論文に対して、「共引用(参考図表 1)」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(参考図表 2)。

---

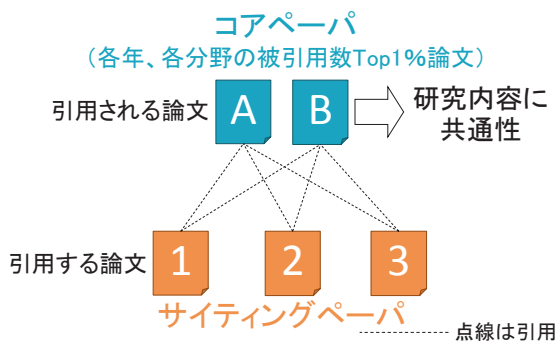
1 サイエンスマップ作成にあたり、重要なステップとなる論文のグループ化方法については、サイエンスマップ 2004 で確定し、その後は同じグループ化方法を使用している。このため、「急速に発展しつつある研究領域調査, NISTEP REPORT No.95 (2005 年 5 月)」(1997 年～2002 年を対象)については、現行の論文のグループ化方法に従い研究領域の構築を行い、「サイエンスマップ 2002」を作成している。

2 22 分野とは、以下を示す。農業科学、生物・生化学、化学、臨床医学、計算機科学、経済学・経営学、工学、環境/生態学、地球科学、免疫学、材料科学、数学、微生物学、分子生物学・遺伝学、複合領域、神経科学・行動学、薬学・毒性学、物理学、植物・動物学、精神医学/心理学、社会科学・一般、宇宙科学。

## 【共引用とそれを用いたグループ化】

「共引用」とは、注目する 2 つの論文がその他の論文から、同時に引用されることを指す。頻繁に共引用される論文は、その内容に一定の共通点があると考えられる。したがって、共引用によって強く結びつけられる論文をグループ化することで、研究内容に共通性のある論文のグループを得ることができる。本調査では、研究領域の核を構成する論文のグループを「コアペーパー」、コアペーパーを引用する論文を「サイティングペーパー」と呼ぶ。

参考図表 1 共引用のイメージ図



共引用分析では、論文 A と B の間の共引用の度合(共引用度)は、次式で評価される。

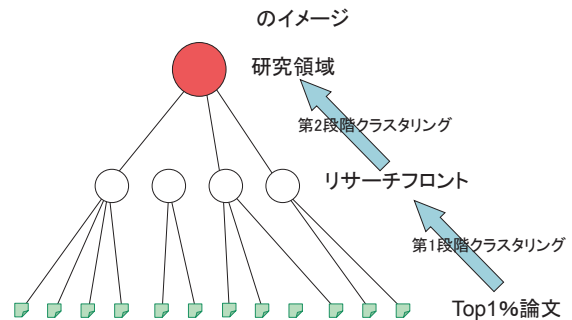
$$N_{\text{norm}} = N_{AB} / \sqrt{N_A N_B} \quad (1)$$

ここで、 $N_{AB}$  は論文 A と B を共引用する論文の数、 $N_A$ 、 $N_B$  は、それぞれ論文 A、B を引用する論文の数、 $N_{\text{norm}}$  は規格化された共引用数であり、これを共引用度とする。

参考図表 2 に論文のグループ化のイメージを示す。グループ化の出発点として用いる Top1%論文及びそれらを引用する論文の情報は、クラリベイト・アナリティクス社の Essential Science Indicators (ESI)に収録されている情報を用いた。この情報をもとに、科学技術・学術政策研究所において、第 1 段階及び第 2 段階のグループ化を行った。サイエンスマップ 2016 では、第 1 段階のグループ化から、7,117 のリサーチフロントが得られた。このグループ化の際には、①Top1%論文をグループ化する際の共引用度の閾値を 0.3 以上、②リサーチフロントに含まれる Top1%論文数の最大数は 50 として分析を行った。

第 2 段階として、これらリサーチフロントを再度グループ化することで、サイエンスマップ 2016 では 895 研究領域を得た。このグループ化の際には、①リサーチフロントをグループ化する際の共引用度の閾値を 0.1 以上、②研究領域に含まれるリサーチフロントの最大数は 100 として分析を行った。

参考図表 2 共引用関係を用いた論文のグループ化



(共引用分析についての参考文献)

- Small, H. and Sweeney, E. (1985), "Clustering the Science Citation Index using Co-citations. I. A Comparison of Methods", *Scientometrics*, 7, 3-6, 391-409.
- Small, H., Sweeney, E., and Greenlee, E. (1985), "Clustering the Science Citation Index using Co-citations. II. Mapping Science", *Scientometrics*, 8, 5-6, 321-340.

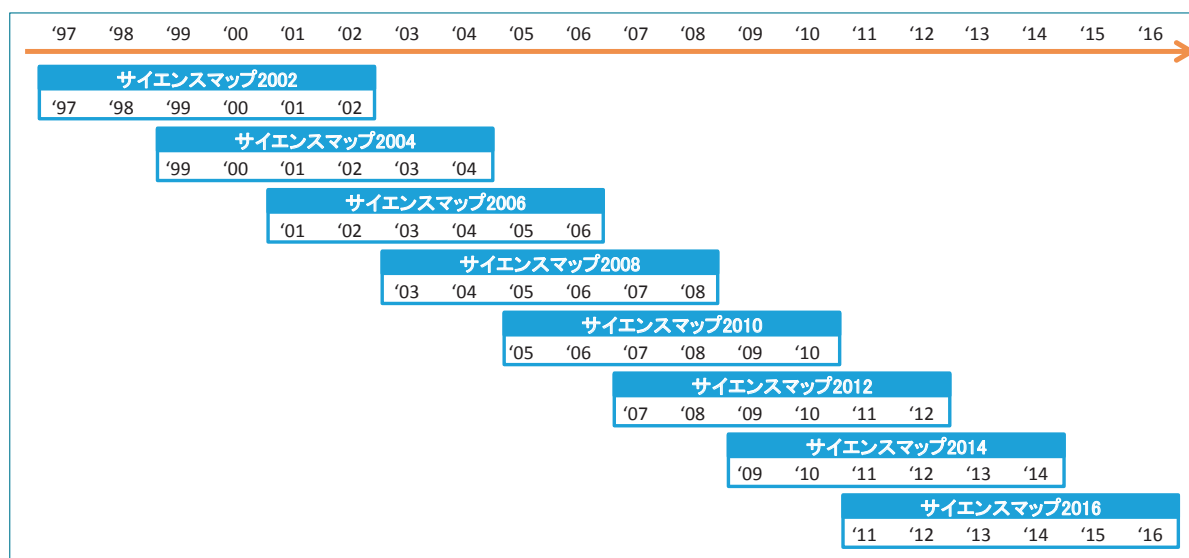
## 2-2 これまでに作成してきたサイエスマップ間の関係性

科学技術・学術政策研究所では、サイエスマップ 2016 を含めて、これまでに 8 時点のサイエスマップを作成している。各時点のサイエスマップが対象とする期間の情報を図表 1 に示す。各時点におけるサイエスマップは、6 年を対象としている。例えば、サイエスマップ 2002 は 1997 年から 2002 年を対象としている。

また、ある時点のサイエスマップと次の時点のサイエスマップでは、対象とする期間が 4 年重なっている。一例として、サイエスマップ 2014 とサイエスマップ 2016 をみると、この 2 時点のマップは、2011 年～2014 年の 4 年間については、対象とする期間が重なっている。

サイエスマップでは、この 4 年間の重なり部分の情報を活用し、研究領域の継続性の判定を行う。

図表 1 各時点のサイエスマップが対象とする期間の情報



## 2-3 研究領域の分析に用いるコアペーパーとサイティングペーパー

研究領域を構成するコアペーパーとともに、コアペーパーを引用している論文(以降、サイティングペーパーと呼ぶ)についても分析で用いる。コアペーパー、サイティングペーパー、サイティングペーパー(Top10%)の指標としての意味等を以下に記す(図表 2)。なお、Top10%論文とは世界の論文の中で、各年、各分野で被引用数が上位 Top10%に入る論文のことであり、サイティングペーパー中の Top10%ではない点に注意が必要である。

図表 2 コアペーパー、サイティングペーパー、サイティングペーパー(Top10%)の説明

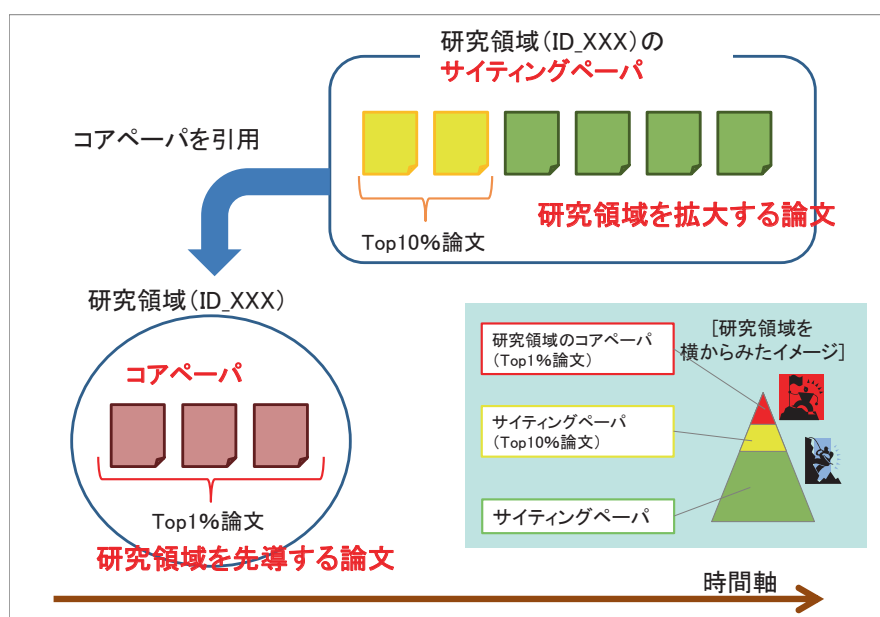
	コアペーパー	サイティングペーパー	サイティングペーパー(Top10%論文)
意味	研究領域を構成するTop1%論文	コアペーパーを引用している論文	コアペーパーを引用している論文のうち、被引用数Top10%である論文
解釈	研究領域を先導する論文	研究領域を拡大させている論文	研究領域を拡大させている論文の中でも注目度の高い論文
対象年	2011-2016年	2011-2016年	2011-2016年
データベース	クラリベイト・アナリティクス社 ESI (NISTEPバージョン)	クラリベイト・アナリティクス社 Web of Science XML (SCIE, 2017年末バージョン)	クラリベイト・アナリティクス社 Web of Science XML (SCIE, 2017年末バージョン)
文献種類	Article, Review	Article, Review	Article, Review



サイエンスマップでは、研究領域を山に見立て、可視化を行っている。このアナロジーを用いて、コアペーパー、サイティングペーパー、サイティングペーパー(Top10%)の位置づけのイメージを描いたものを図表 3 に示す。

例えば、研究領域のコアペーパーに日本の論文が含まれている場合、山の山頂に日本の機関に属する研究者が参画していると捉えることができる。また、研究領域のサイティングペーパー(Top10%)に日本の論文が含まれている場合は、山の中腹に日本の機関に属する研究者が位置していると捉えられる。このように、コアペーパー、サイティングペーパー、サイティングペーパー(Top10%)のいずれに、日本の論文が含まれているかをみることで、我が国の研究領域への参画の詳細な状況を明らかにすることができる。

図表 3 コアペーパー、サイティングペーパー、サイティングペーパー(Top10%)のイメージ



## 2-4 サイエンスマップの表示方法

サイエンスマップでは分析の内容に応じて、3つの異なる表示方法を用いている。また、サイエンスマップ上にさまざまな情報をオーバーレイすることで、科学研究の状況についての詳細な分析を試みる。図表 4 に、3つのサイエンスマップの表示方法とその特徴、オーバーレイする情報等をまとめる。

サイエンスマップの地形表示、Dot-link 表示はともに、研究領域間の相互関連を示したものである。サイエンスマップ(地形表示)は、ボリューム感を含めた可視化が可能であると共に統計情報の面的な把握を行うのに適している。他方、サイエンスマップ(Dot-link 表示)では、個別の研究領域に注目した情報の把握が可能である。

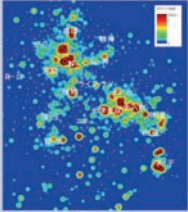

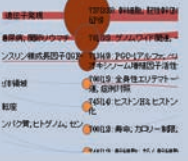
サイエンスマップの地形表示、Dot-link 表示では、Force-directed placement アルゴリズムを用いて、共引用の度合いが強い研究領域が、近接した場所に配置されるよう、研究領域の位置を決定している。なお、研究領域の位置の決定に際しては、共引用の度合いで決まる同一時点の研究領域間の引力に加えて、共通のコアペーパーを持つ異なる時点の研究領域間に仮想的な引力が働くモデルを用いている(並列マッピング<sup>1)</sup>)。これによって、「過去の研究領域からの履歴」と「現在の研究領域間の関係」を同時に考慮した形でサイエンスマップの作

1 並列マッピングの詳細については、伊神、阪、桑原(2008)、「科学研究の時系列分析を可能とするマッピング手法の開発」、研究・技術計画学会年次学術大会講演要旨集, 23, pp. 578-581(<http://hdl.handle.net/10119/7629>)を参照。

成が可能となる。

サイエンスマップの Trajectory 表示は、サイエンスマップ 2008 から 2016 にかけての研究領域の移行を示す場合に用いる。Trajectory 表示の詳細については、「APPENDIX 9. サイエンスマップ Trajectory 表示(ウェブ版に掲載)」に示した。

図表 4 サイエンスマップの表示方法

表示方法	特徴	可視化の詳細	オーバーレイする情報
<b>地形表示(2D, 3D)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>面的な情報の把握が可能</li> <li>ボリューム感を含めた可視化が可能</li> </ul>	<b>対象</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>研究領域</li> </ul> <b>可視化方法</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>研究領域の位置を山頂に見立て、コアペーパーの量をグラデーションおよび高さで表示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究領域の内容を示す特徴語</li> <li>各国の論文シェア</li> <li>国際共著論文率</li> </ul>
<b>Dot-link表示</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>個別の研究領域に注目した情報の把握が可能</li> </ul>	<b>対象</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>研究領域</li> </ul> <b>可視化方法</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>研究領域の位置をDotで、共引用度が0.02を超える研究領域間をLinkで表示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>学際的・分野融合的領域の分布</li> <li>特徴語の分布</li> <li>ファンディング情報</li> <li>Sci-GEOチャートによる研究領域の分類</li> <li>大学や公的研究機関の参画状況</li> </ul>
<b>Trajectory表示</b> <small>サイエンスマップ2010</small> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究領域の時系列変化についての情報が把握可能</li> </ul>	<b>対象</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>研究領域</li> </ul> <b>可視化方法</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>異なる時点の研究領域で、一定以上共通のコアペーパーを持つものの変遷の状況を表示</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>研究領域の内容を示す特徴語の変遷</li> <li>Sci-GEOチャートによる研究領域の分類</li> </ul>

### 〈ScienceMap visualizer について〉

科学技術・学術政策研究所では、過去 10 年以上にわたり、科学研究の可視化を行ってきた。その過程での試行錯誤、行政関係者から提示された問題意識などを踏まえて、表現したい指標に応じた可視化方法を検討し、それを実現するための独自のツール群 ScienceMap visualizer を開発してきた。本報告書に掲載されている、各種のマップは、全て ScienceMap visualizer によって可視化を行ったものである。

## 2-5 研究領域の特徴語抽出

---

科学研究のダイナミズムの把握を行うため、研究領域の内容に関する情報が必要である。そこで、本調査研究では、研究領域を構成するコアペーパー及びそれを引用するサイティングペーパーのタイトル及びアブストラクトから、研究領域の内容を示す特徴語を抽出した。詳細は「APPENDIX 7. 特徴語の抽出」を参照されたい。

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。

また、特徴語から研究領域の内容を理解しやすくするために、特徴語の和訳を行った。ただし、特徴語の和訳は、報告書執筆者による仮訳であり、より適切な和訳が存在する可能性がある点については留意願いたい。なお、特徴語の和訳の中にはカッコで補足を示しているものがある。カッコ内には、和訳が難しい特徴語の場合はその特徴語にかかわる概念等、英語の略記の場合は英語や日本語の正式名称等を示している。

## 2-6 サイエンスマップの特徴と留意点

---

サイエンスマップには、次のような特徴と留意点がある。サイエンスマップの結果の活用にあたり、十分ご理解いただきたい。

### 〈特徴〉

- 既存の学問分野にとらわれない研究領域全体の俯瞰的な分析が可能である。
- 統計情報に基づく客観的な研究領域の分析が可能である。
- 同一の手法を用いた継続的な分析が可能である。

### 〈留意点〉

- 研究成果を論文として発表することが盛んな研究領域もある一方、応用開発が中心で論文発表が少ない研究領域もある。したがって、本報告書で得られたマップが科学の全てを俯瞰している訳ではない。
- 本調査が対象としているのは、論文数として一定の規模に達している研究領域の最近数年の動きである。この為、研究領域の動きが著しく早い場合や、まだ規模が小さい研究領域については、抽出できていない可能性がある。

### 3 サイエンスマップにみる科学研究の状況

#### 3-1 サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2016 の研究領域数の変化

サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2016 までの 8 時点について、調査対象となる期間、Top1%論文数、被引用数計算時点、研究領域数の時系列変化等を図表 5 に示す。

全世界における論文数の拡大を受けて、サイエンスマップの各期間における Top1%論文数は拡大している。サイエンスマップ 2002 時点で約 4.5 万件であった Top1%論文は、サイエンスマップ 2016 では約 1.9 倍の約 8.5 万件となっている。

Top1%論文を 2 段階グループ化することによって得られる研究領域数についても、年による変動がみられるが増加傾向にある。サイエンスマップ 2002 では 598 研究領域が得られていたが、サイエンスマップ 2016 では 895 研究領域が得られた。サイエンスマップ 2016 の 895 研究領域には、19,123 件のコアペーパーが含まれる。したがって、2011 年から 2016 年間の Top1%論文の約 1/5 が、サイエンスマップ 2016 に含まれている。コアペーパーを引用するサイティングペーパーの数は、サイエンスマップ 2016 では約 80 万件となっている。

図表 5 サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2016 までの時系列変化

サイエンスマップ	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2016
期間	1997-2002	1999-2004	2001-2006	2003-2008	2005-2010	2007-2012	2009-2014	2011-2016
調査対象 Top1%論文数	約4万5千件	約4万7千件	約5万1千件	約5万6千件	約6万4千件	約7万件	約7万9千件	約8万5千件
被引用数計算時点	2002年末	2004年末	2006年末	2008年末	2010年末	2012年末	2014年末	2016年末
第1段階 グループ化	全リサーチフロント数	5,221	5,350	5,538	5,726	6,208	6,603	7,117
	に含まれるコアペーパー数	21,183件	21,411件	21,428件	22,669件	25,140件	26,176件	27,155件
全研究領域数	598	626	687	647	765	823	844	895
第2段階 グループ化	に含まれるリサーチフロント数	3,415	3,502	3,551	3,635	4,000	4,189	4,309
	に含まれるコアペーパー数	15,410件	15,531件	15,165件	15,826件	17,822件	18,515件	18,568件
サイティングペーパー数(重複排除)	449,282件	475,697件	510,747件	544,175件	617,545件	675,158件	768,255件	800,027件

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。

## 3-2 サイエンスマップを用いた科学研究の俯瞰

---

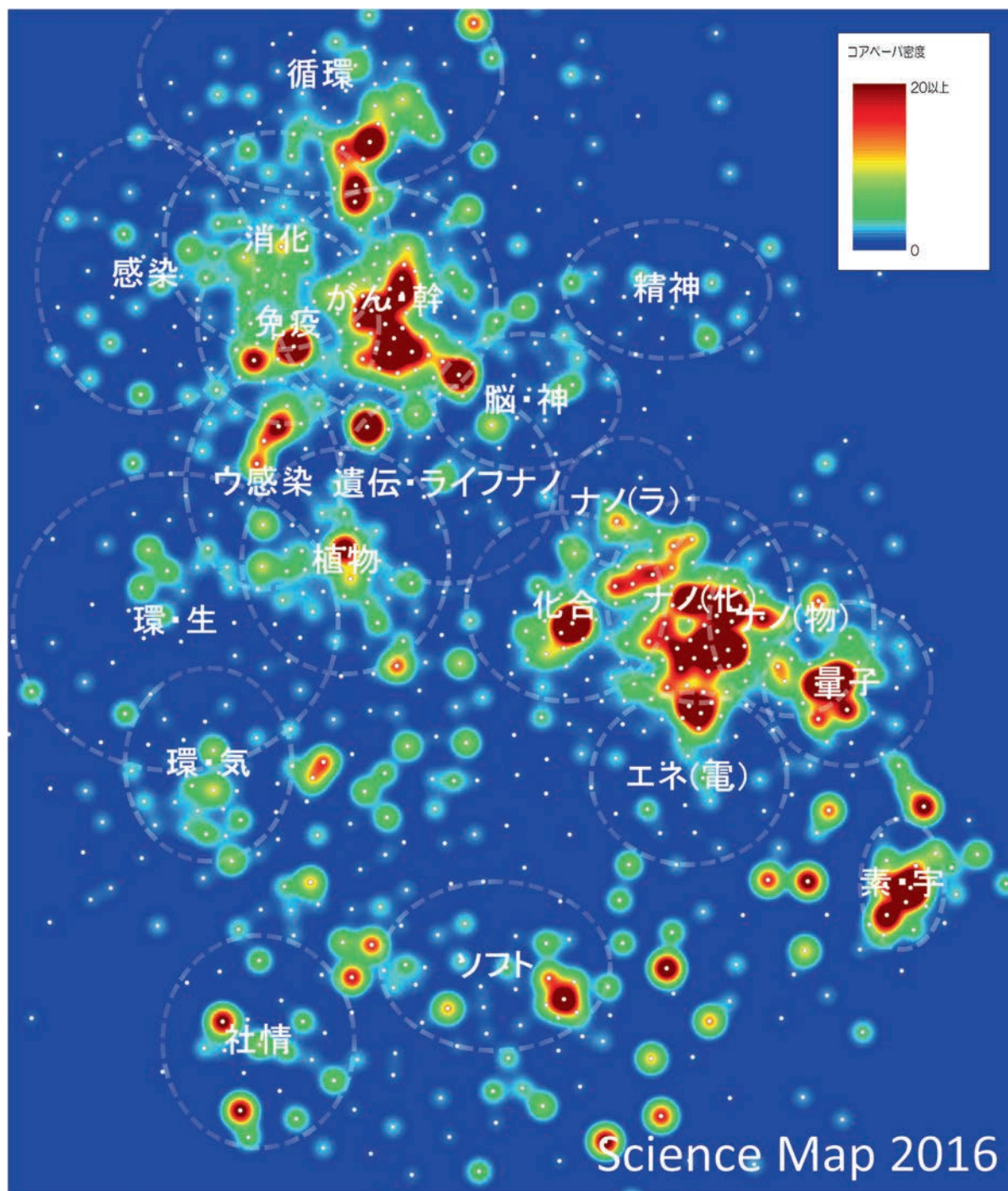
### 3-2-1 サイエンスマップ 2016(地形表示)

---

図表 6 はサイエンスマップ 2016(地形表示)である。可視化の単位は研究領域であり、共引用の度合いが強い研究領域を近くに配置するよう描かれている。サイエンスマップ 2016 では論文のグループ化で得られた 895 研究領域すべてをマッピングしている。マップ中のグラデーションはコアペーパーの密度に対応している。コアペーパーが集中している部分は暖色、コアペーパーの密度が小さくなるにつれ色が次第に寒色に近づく。



図表 6 サイエンスマップ 2016(地形表示)(全ての研究領域の位置を示したもの)



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。

サイエンスマップ 2016 の内容を大まかに捉えるために、研究領域の内容を示す特徴語と、研究領域の配置の情報から、複数の研究領域をまとめた「研究領域群」を自動的に抽出した。「研究領域群」の抽出方法については、「APPENDIX 8. 特徴語を用いた研究領域群の抽出」に詳細を示した。今回、特徴語や研究領域群の抽出方法に改良を加えたが、抽出された研究領域群の傾向に、大きな変化はなかった。

自動的に抽出された研究領域群について、報告書執筆者が研究領域群名を付与した(図表 7)。これは、サイエンスマップを見ていく上でのガイドとして設定するものである。より適切な名が存在する可能性がある点については留意願いたい。

以降では、各研究領域群において出現回数が高い特徴語に注目して、研究領域群の特徴を概観する。なお、サイエンスマップ上、研究領域群でく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 5 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。

図表 7 サイエンスマップ 2016 研究領域群の名称

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



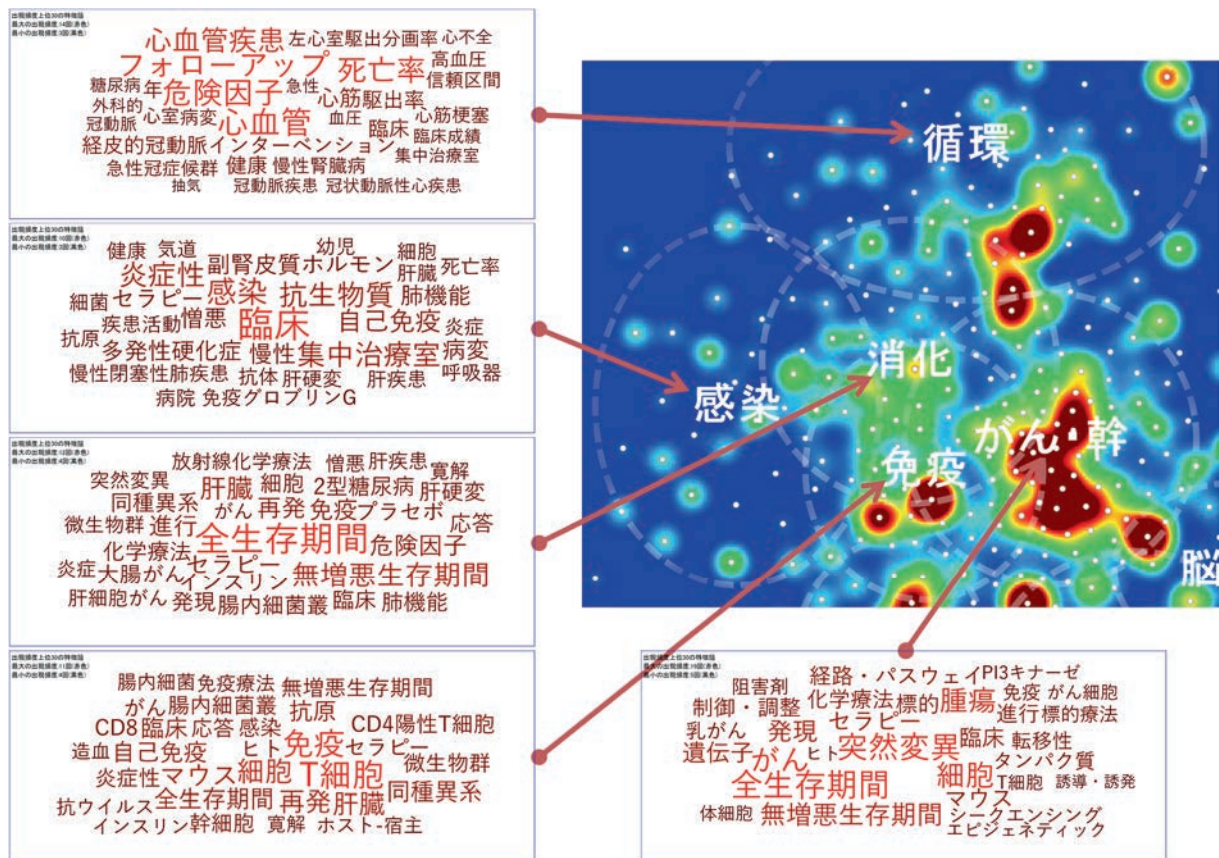
### 3-2-2 生命科学にかかわる研究領域群の状況

サイエンスマップの左上部分には生命科学にかかわる10の研究領域群がある(図表 8及び図表 9)。サイエンスマップ 2014 から比べると、消化器系疾患研究領域群とウイルス感染症研究領域群が増えている。

図表 8 では10の研究領域群のうち、5つについて各研究領域群で出現回数が上位30の特徴語を示した。マップの上方には、循環器系疾患研究領域群があり、その下に左から感染症研究領域群、消化器系疾患研究領域群、免疫研究領域群、がんゲノム解析・遺伝子治療、幹細胞研究領域群が存在している。

各研究領域群において、出現回数が多い特徴語に注目すると、循環器系疾患研究領域群では「心血管」、「危険因子」、「フォローアップ」、「死亡率」、「心血管疾患」といった特徴語の出現回数が上位を占める。感染症研究領域群では、「臨床」、「感染」、「集中治療室」、「抗生物質」、「炎症性」、「自己免疫」といった特徴語が上位を占める。消化器系疾患研究領域群では「全生存期間」、「肝臓」、「免疫」、「進行」、「再発」、「危険因子」、「セラピー」といった特徴語が上位に出現しているのに加えて、「大腸がん」や消化管内部で生存している細菌群である「腸内細菌叢」といった特徴語も5つの研究領域で出現している。

図表 8 生命科学にかかわる研究領域群(1)



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回数上位 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ができない。  
 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。

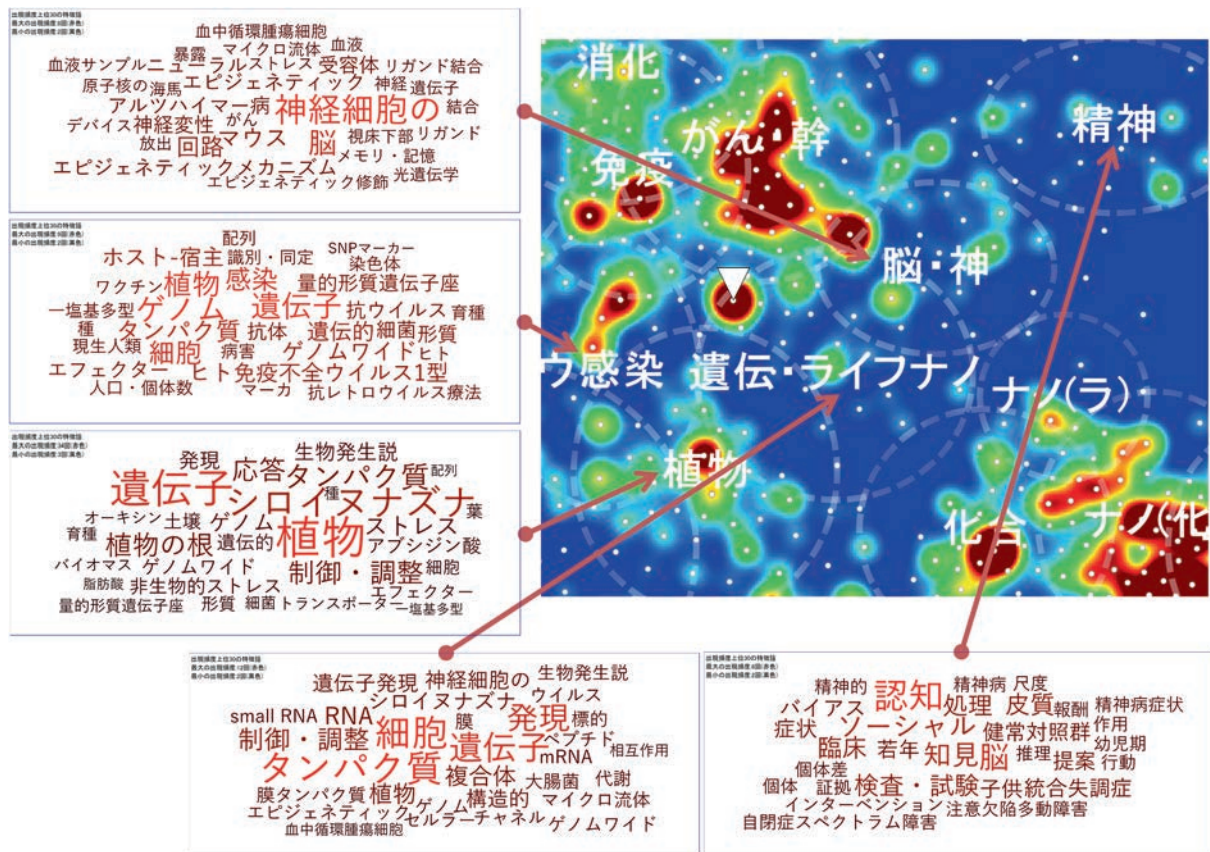
免疫研究領域群では「T 細胞」、「免疫」の出現回数が 10 回以上であり、これに「細胞」、「再発」、「肝臓」、「マウス」が続いている。特徴語の出現回数で上位 30 には入らないが、「免疫チェックポイント」についての研究領域もここに含まれる。がんゲノム解析・遺伝子治療、幹細胞研究領域群では「全生存期間」、「突然変異」、「がん」、「細胞」、「腫瘍」、「発現」、「無増悪性生存期間」、「遺伝子」、「セラピー」といった特徴語の出現回数



が多い。特徴語の出現回数で上位 30 には入らないが、再生医療にかかわる研究領域(人工多能性幹細胞、胚性幹細胞、各種の体性幹細胞等)、がんの分子標的治療、CAR-T 療法といった治療法についての研究領域も含まれている。研究領域群の名前に示したように、がんゲノム解析・遺伝子治療、幹細胞研究といった研究が相互に関係しあいながら進展している。

図表 9 では 10 の研究領域群のうち、残りの 5 つについて各研究領域群で出現回数が上位 30 の特徴語を示した。ここでは、ウイルス感染症研究領域群、植物科学研究領域群、遺伝子発現制御研究、ライフナノブリッジ研究領域群、脳・神経疾患研究領域群、精神疾患研究領域群が含まれている。

図表 9 生命科学にかかわる研究領域群(2)



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回数上位 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。

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。出現回数で上位 30 には入らないが、「デング熱」、「ジカ熱」、「エボラ出血熱」といった特徴語もここに含まれる。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る。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。研究領域群の特徴語に注目すると、「細胞」、「タンパク質」、「遺伝子」、「発現」、「制御・調整」といった特徴語の出現回数が大きい。本研究領域群には、2017年のノーベル化学賞を受賞したクライオ電子顕微鏡法(cryo-EM)の研究領域も含まれている。他にも「合成生物学」、「代謝工学」、「マイクロ流体デバイス」の研究領域が見られる。

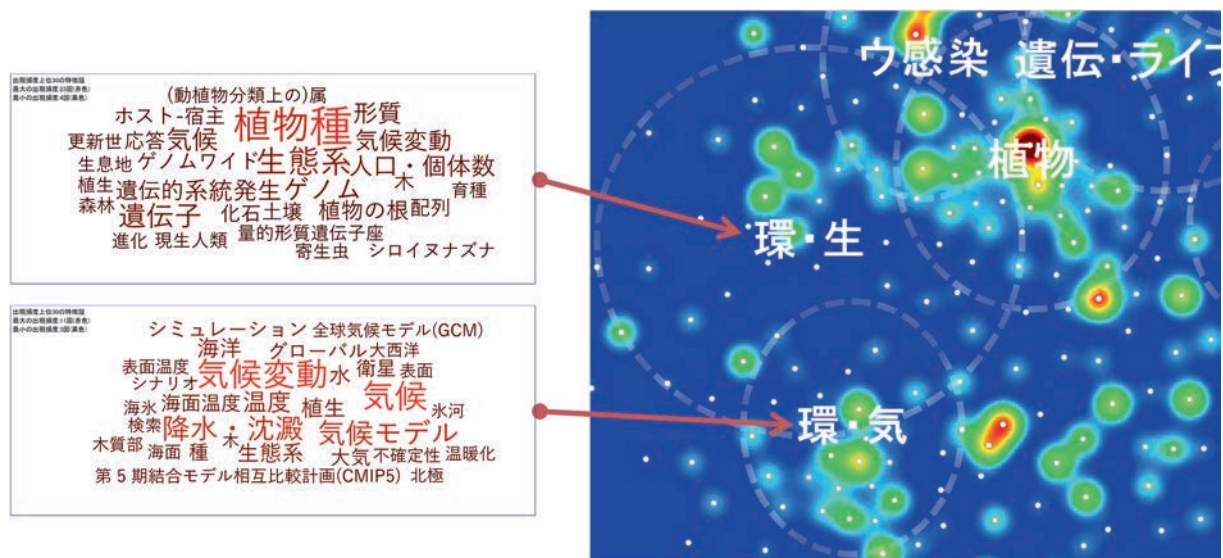
図表 9 の右上には、脳・神経疾患研究領域群と精神疾患研究領域群が存在する。前者では「神経細胞の」、「脳」、「回路」、「マウス」といった特徴語が上位を占めている。疾患関連では「アルツハイマー病」という特徴語が3つの研究領域でみられている他に、スポーツにおける「脳震盪」についての研究領域なども存在している。精神疾患研究領域群については「認知」、「脳」、「知見」、「ソーシャル」という特徴語の出現回数が大きい。他には「統合失調症」、「注意欠陥多動障害」などについての研究領域が含まれている。

### 3-2-3 環境研究にかかわる研究領域群の状況

サイエンスマップ上、植物科学研究領域群の左下方向には環境・生態系研究領域群、環境・気候変動研究領域群といった2つの研究領域群が存在する(図表 10)。植物科学研究領域群と、環境・生態系研究領域群、環境・気候変動研究領域群が関わりを持ち進展していることがその配置から分かる。

環境・生態系研究領域群に含まれる研究領域のなかで、もっとも出現回数の多い特徴語は、「種」であり23研究領域で出現している。これに「植物」、「生態系」、「遺伝子」、「気候」、「ゲノム」が続いている。加えて、「人口・個体数」、「系統発生」という特徴語が出現しており、遺伝学の立場から生態系について分析を行った研究領域が含まれていることが分かる。環境・気候変動研究領域群に含まれる研究領域のなかで、もっとも出現回数の多い特徴語は、「気候変動」、「気候」であり11研究領域で出現している。これに「降水・沈殿」、「気候モデル」、「温度」が続いている。

図表 10 環境研究にかかわる研究領域群



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ができない。  
 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。



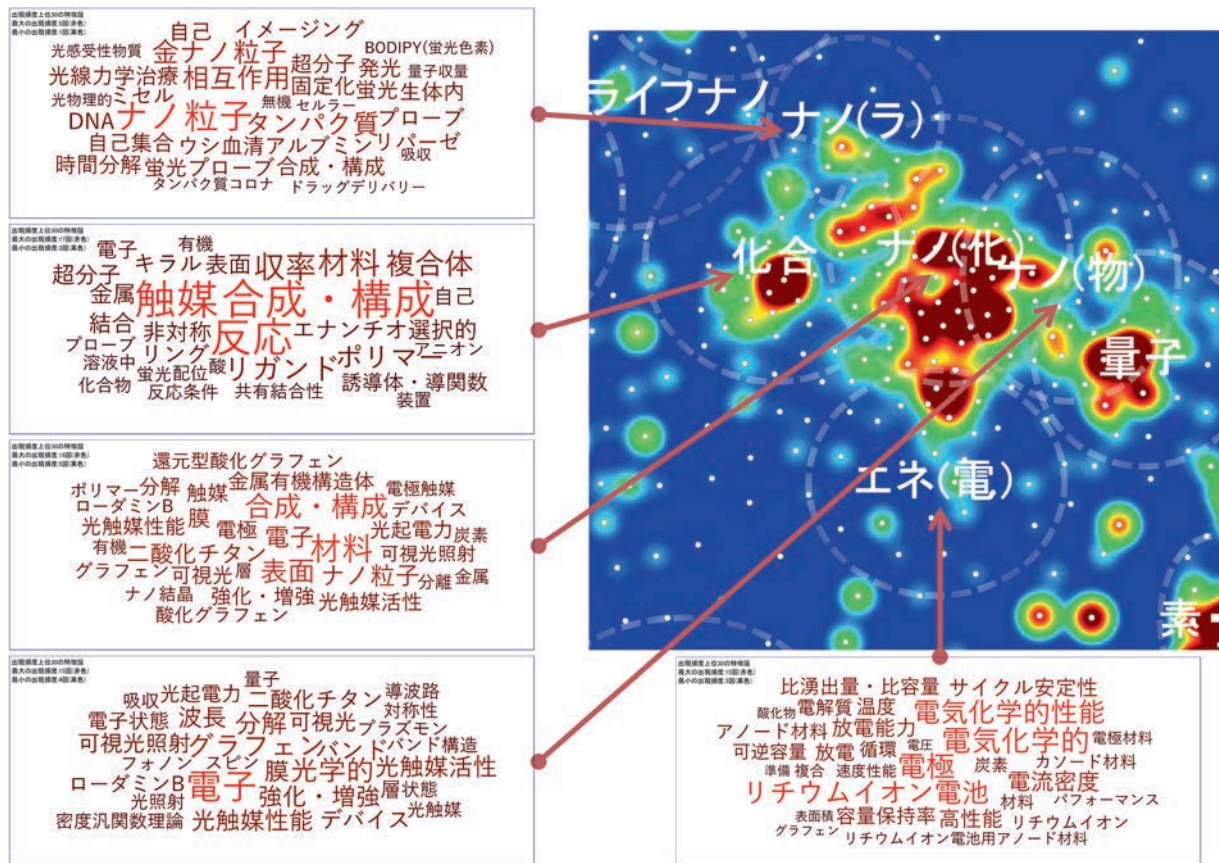
### 3-2-4 ナノサイエンスや化学にかかわる研究領域群の状況

サイエンスマップの中央右よりには、ナノサイエンス研究(化学)領域群、ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)領域群、ナノサイエンス研究(物理学)領域群、化学合成研究領域群、エネルギー創出(リチウムイオン電池)研究領域群が位置している(図表 11)。

ナノサイエンスにかかわる3つの研究領域群は、それぞれの研究領域群の特徴語に注目すると、ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)領域群においては、「ナノ粒子」、「相互作用」、「金ナノ粒子」、「タンパク質」という特徴語が多数出現している。また、「ドラッグデリバリー」などの特徴語も出現しており、ナノサイエンス研究の中でもライフサイエンスとのかかわりが大きい研究領域が含まれていることが分かる。

ナノサイエンス研究(化学)領域群では、16の研究領域において「材料」が特徴語にあがっている。これに続いて「合成・構成」、「表面」、「電子」、「ナノ粒子」といった特徴語が10以上の研究領域で出現している。また、「光触媒性能」や「光触媒活性」といった特徴語も7つの研究領域で出現している。

図表 11 ナノサイエンスや化学にかかわる研究領域群



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。

ナノサイエンス研究(物理学)領域群においては、「電子」、「光学的」、「グラフェン」、「分解」という特徴語が多数出現している。このほかにも、「バンド」、「バンド構造」、「デバイス」といった特徴語がみられている。ナノサイエンス研究(化学)領域群の下には、エネルギー創出(リチウムイオン電池)研究領域群が位置しているが、多くが「リチウムイオン電池」に関係する研究領域から構成されている。

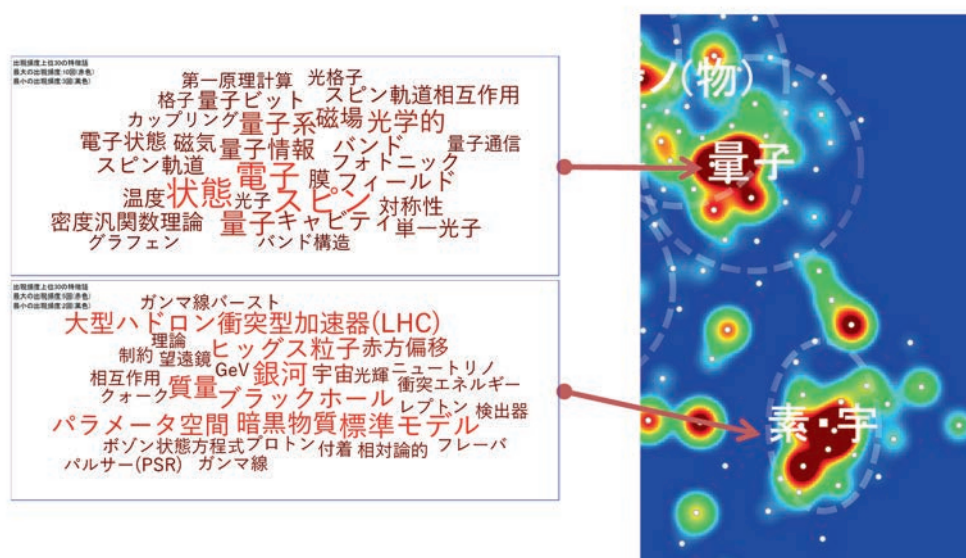
化学合成研究領域群に含まれる研究領域では、「合成・構成」という特徴語が 17 の研究領域で、「反応」、「触媒」という特徴語が 16 の研究領域で出現している。

### 3-2-5 量子情報処理・物性研究領域群、素粒子・宇宙論研究領域群

サイエンスマップの右下には、量子情報処理・物性研究領域群、素粒子・宇宙論研究領域群が位置している(図表 12)。量子情報処理・物性研究領域群では、「スピン」、「状態」、「電子」、「量子」といった特徴語が上位を占める。このほかに、5 つの研究領域において「量子情報」、4 つの研究領域で「量子ビット」が特徴語にあがっている。

素粒子・宇宙論研究領域群では、「標準モデル」、「銀河」、「大型ハドロン衝突型加速器(LHC)」、「質量」、「暗黒物質」、「ブラックホール」、「ヒッグス粒子」、「パラメータ空間」といった特徴語が 4 回以上出現している。また、研究領域としての規模は他と比べて小さいが、2017 年のノーベル物理学賞の対象となった重力波の観測についての研究領域も、ここに含まれている。

図表 12 量子情報処理・物性研究領域群、素粒子・宇宙論研究領域群



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。

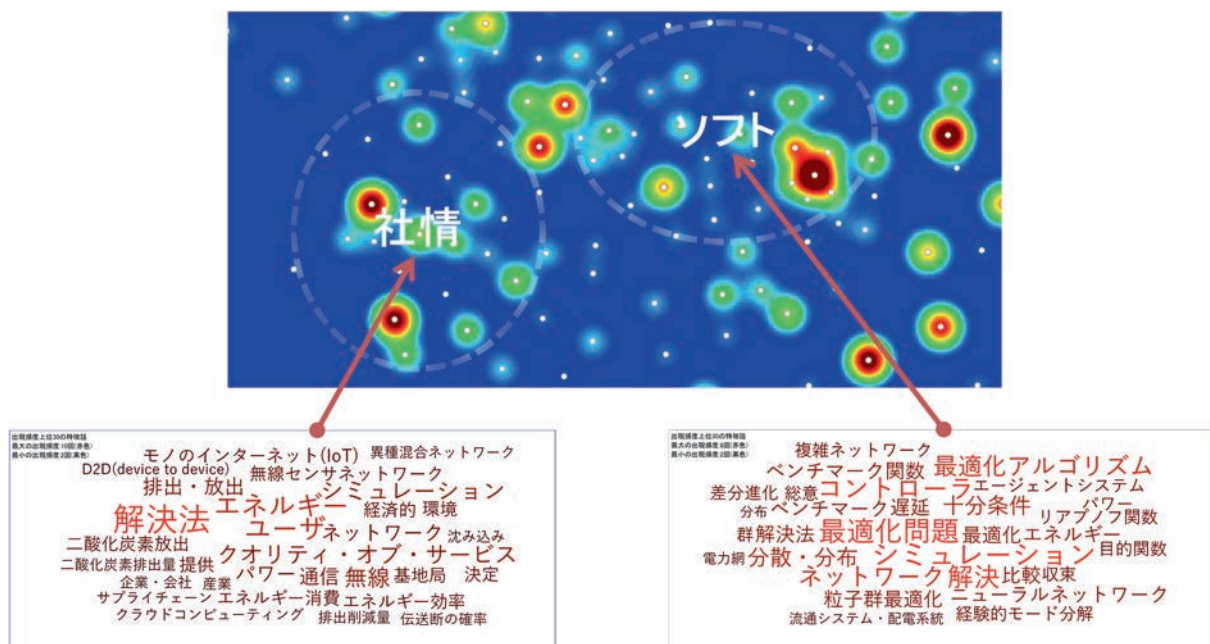
### 3-2-6 ソフトコンピューティング関連研究領域群、社会情報インフラ関連研究領域群

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(図表 13)。

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。

図表 13 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オリティ・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)。



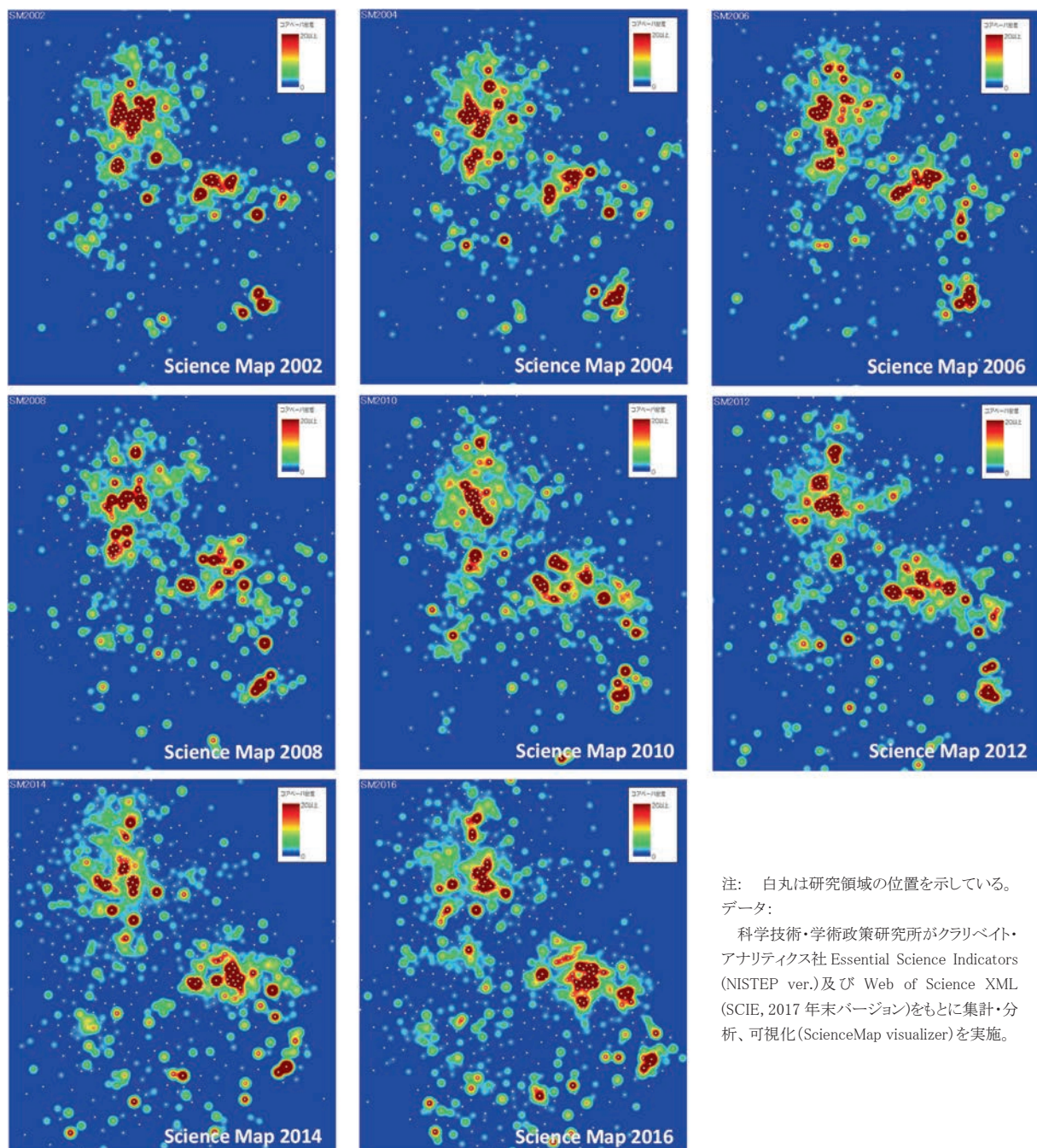
### 3-3 サイエンスマップの時系列変化

サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2016 を比較することで、マップがどのように変化してきたかを確認することができる(図表 14)。

まず、一見するとサイエンスマップ 2002 から 2016 にかけて、明るい色の部分が増えてきている様子が分かる。また、サイエンスマップ全体としても拡大する傾向が見えている。図表 5 でみたように、サイエンスマップ 2002 で 598 研究領域であった研究領域数は、サイエンスマップ 2016 では 895 研究領域となっており、科学研究は世界的に拡大しつつある。

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。

図表 14 サイエンスマップ 2002 から 2016





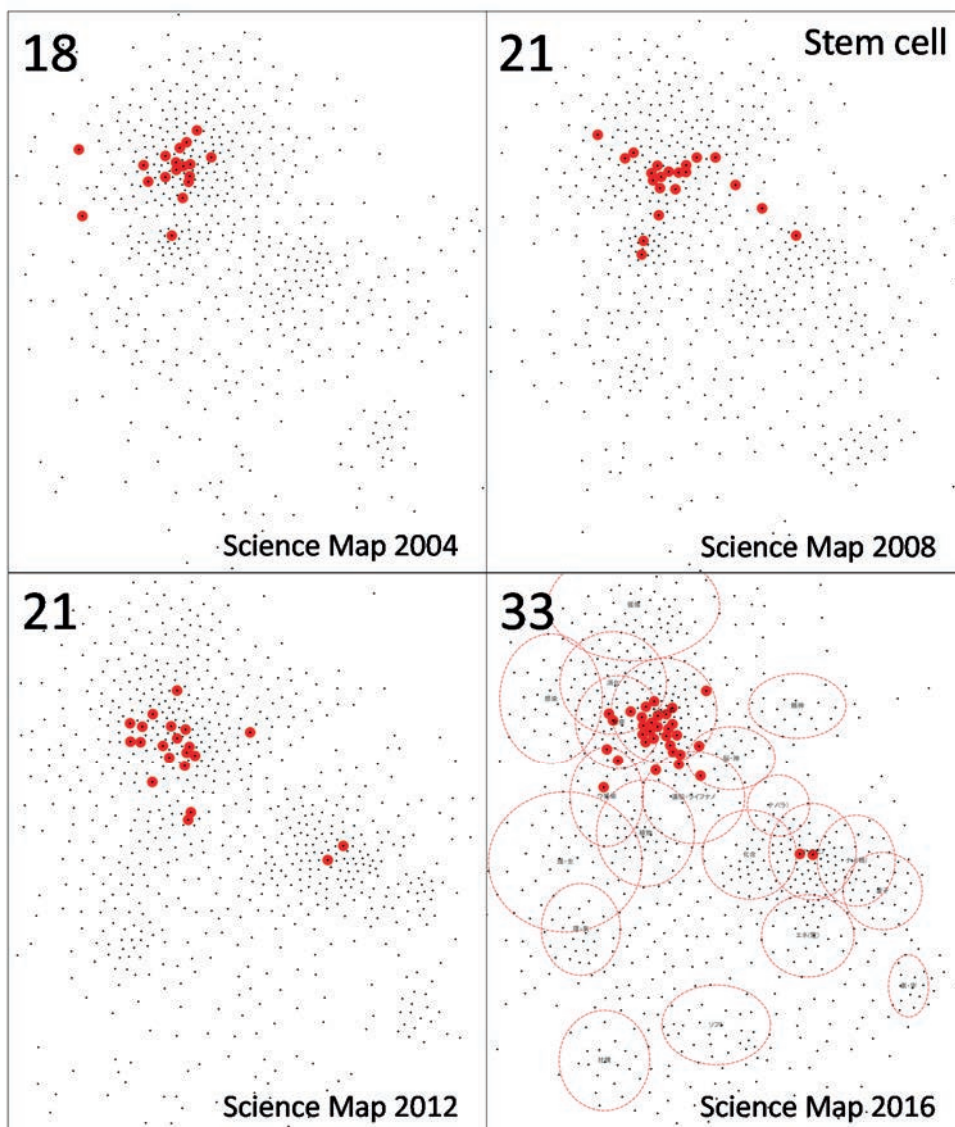
以下では、研究領域を構成するコアペーパーのタイトルに含まれる単語の分析により、その単語が使われる研究領域が、サイエンスマップ上でどのように広がっているかについて分析した結果を紹介する。

### 3-3-1 コアペーパーのタイトルに「幹細胞(Stem cell)」を含む研究領域の変化

図表 15 は、コアペーパーのタイトルに「幹細胞(Stem cell)」を含む研究領域の位置を赤くマーカした結果である。サイエンスマップ 2004 時点では、18 領域が該当していた。サイエンスマップ 2016 では 33 領域が該当しており、サイエンスマップ 2004 と比べると大きく研究領域数が増加している。

内容を詳しくみると(図表 20 参照)、サイエンスマップ 2004 では胚性幹細胞(Embryonic stem cell)や造血幹細胞(Hematopoietic stem cell)をタイトルに含むコアペーパーが多かったが、サイエンスマップ 2008 以降では人工多能性幹細胞(Induced pluripotent stem cell)についてのコアペーパーが出現している。数は少ないが、ナノサイエンスにかかわる研究領域群の中にも「Stem cell」を含む研究領域が出現している。幹細胞の誘導や分化にグラフェン基盤を用いる研究などが該当する。

図表 15 コアペーパーのタイトルに「Stem cell」を含む研究領域の変化



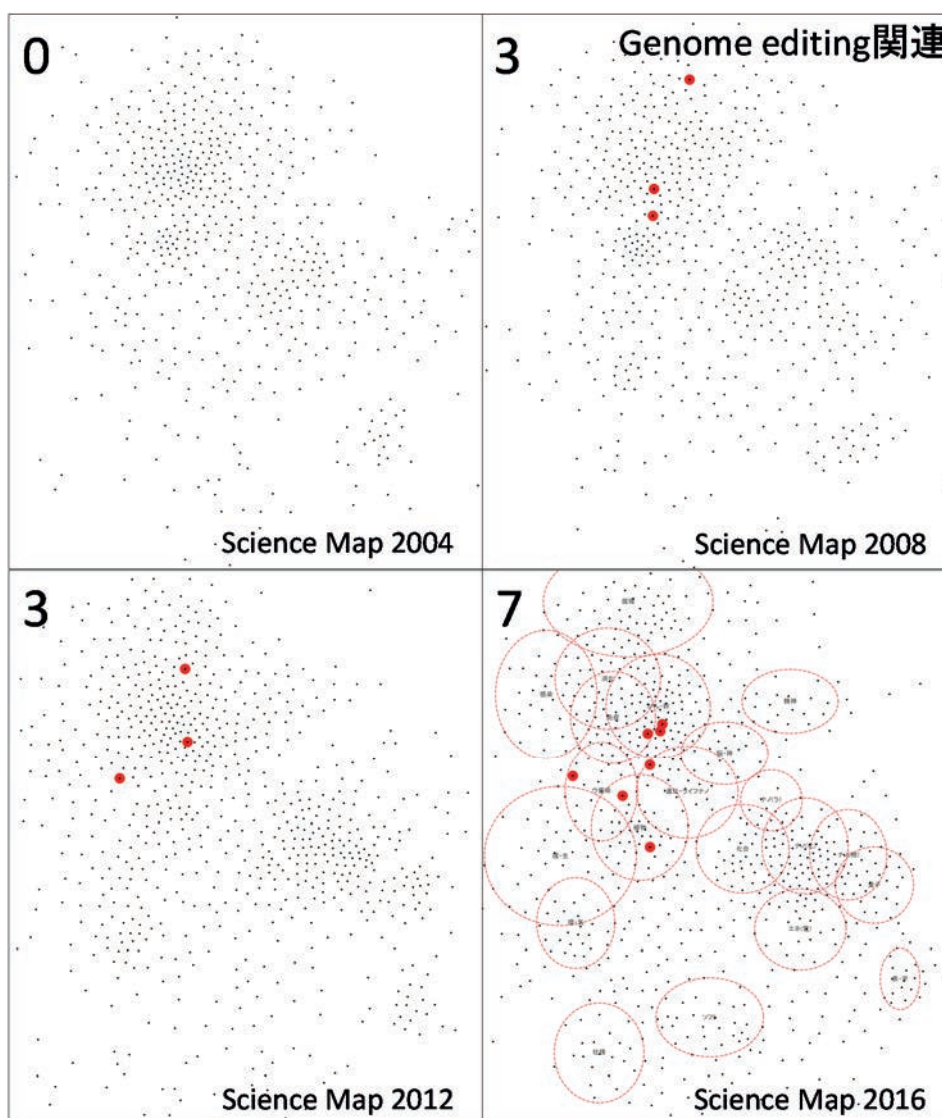
注: 赤丸は検索対象の単語をタイトルに含む論文(部分一致)が構成要素となっている研究領域を示している。左上の数字は該当研究領域数を示す。  
データ: 科学技術・学術政策研究所がクワリペイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

### 3-3-2 コアペーパーのタイトルに「ゲノム編集関連語(Genome editing 関連語)」を含む研究領域の変化

図表 16 は、コアペーパーのタイトルに「ゲノム編集関連語(Genome editing 関連語<sup>1</sup>)」を含む研究領域の位置を赤くマーカした結果である。サイエンスマップ 2004 時点では、このキーワードを含む研究領域は観測されなかったが、サイエンスマップ 2008 では 3 領域が該当した。その後、研究領域数は増加し、サイエンスマップ 2016 では 7 領域が該当している。

先に述べたように、「ゲノム編集関連語(Genome editing 関連語)」についての研究領域で一番大きなものは、遺伝子発現制御研究、ライフナノブリッジ研究領域群に存在している。しかし、その周辺の研究領域群にも「ゲノム編集関連語(Genome editing 関連語)」を含むものがあり、生命科学系の幅広い研究領域群で、ゲノム編集技術が活用されていることが分かる。

図表 16 コアペーパーのタイトルに「ゲノム編集関連語(Genome editing 関連語)」を含む研究領域の変化



注: 赤丸は検索対象の単語をタイトルに含む論文(部分一致)が構成要素となっている研究領域を示している。左上の数字は該当研究領域数を示す。  
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、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

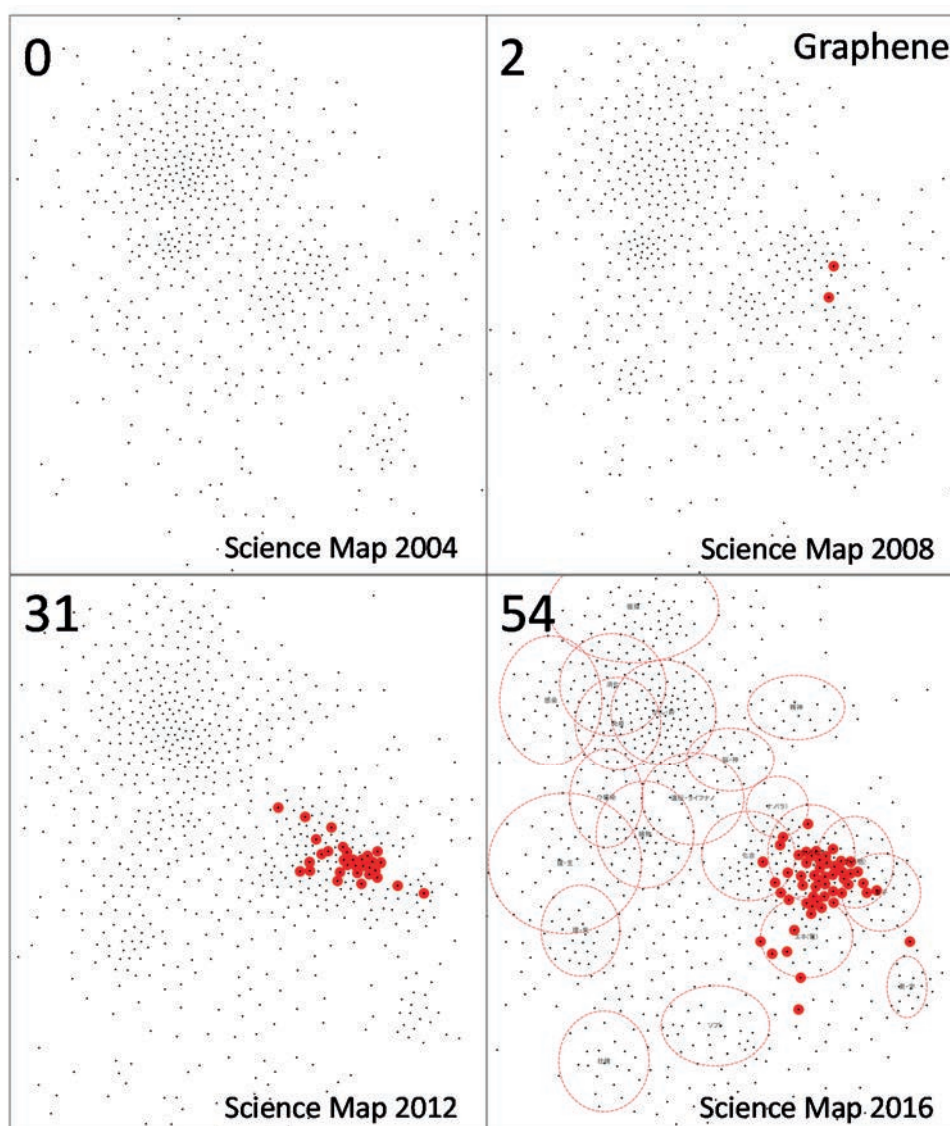
1 ここでは関連用語として、CRISPR、Zinc finger、Genome edit、TAL effector を用いた。

### 3-3-3 コアペーパーのタイトルに「グラフェン(Graphene)」を含む研究領域の変化

図表 17 は、コアペーパーのタイトルに「グラフェン(Graphene)」を含む研究領域の位置を赤くマーカした結果である。このキーワードを含む研究領域は、サイエンスマップ 2004 時点では 0 領域、2008 時点では 2 領域であった。しかし、その後、急激に研究領域数が増加し、サイエンスマップ 2012 時点では 31 領域、サイエンスマップ 2016 時点では 54 領域が該当している。

2004 年のグラフェンの生成、量子ホール効果の発見などで、グラフェンに対する注目が高まった。現状は、さまざまな分野でのグラフェンの活用を目指し、活発な研究が行われている状況にある。

図表 17 コアペーパーのタイトルに「グラフェン(Graphene)」を含む研究領域の変化



注: 赤丸は検索対象の単語をタイトルに含む論文(部分一致)が構成要素となっている研究領域を示している。左上の数字は該当研究領域数を示す。  
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、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

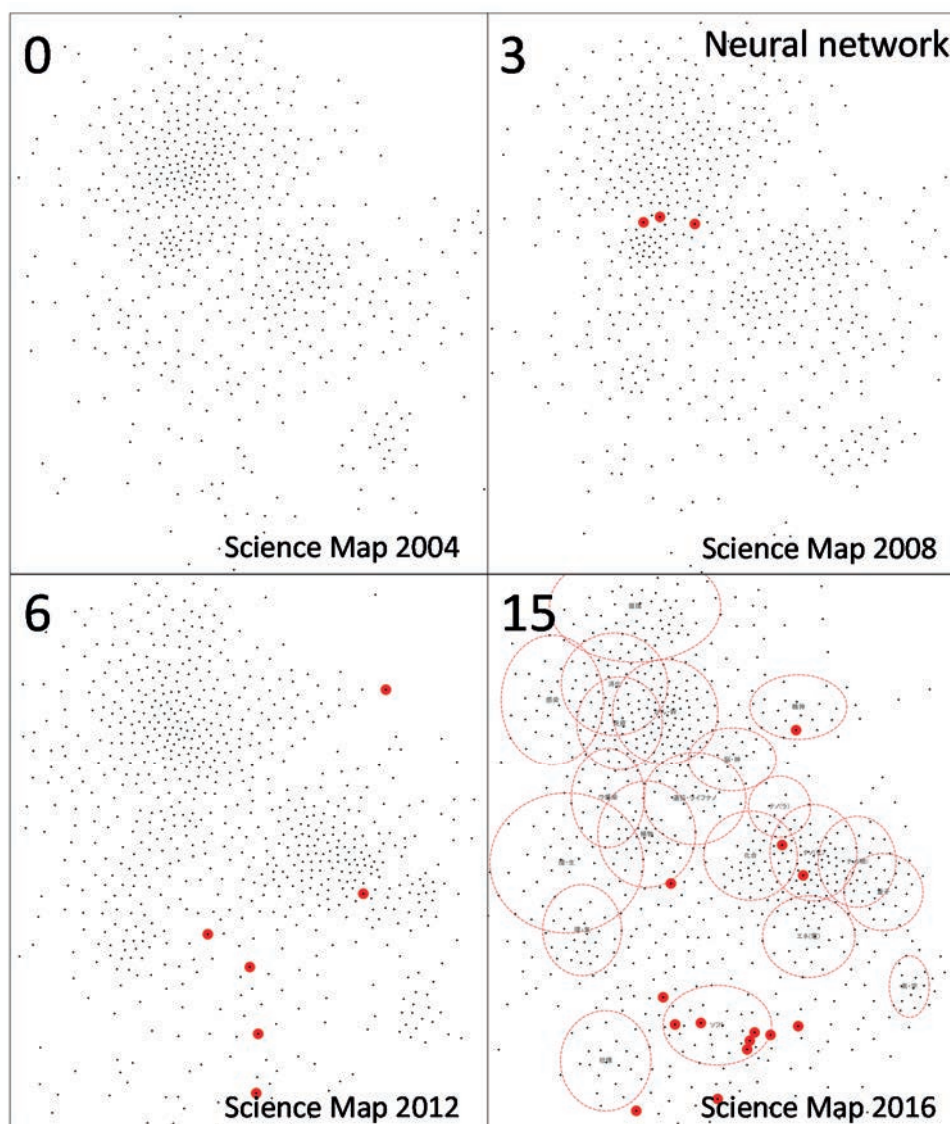


### 3-3-4 コアペーパーのタイトルに「ニューラルネットワーク(Neural network)」を含む研究領域の変化

図表 18は、コアペーパーのタイトルに「ニューラルネットワーク(Neural network)」を含む研究領域の位置を赤くマークした結果である。サイエンスマップ 2004 時点では、このキーワードを含む研究領域は観測されなかったが、サイエンスマップ 2008 では3 領域が該当した。その後、研究領域数は増加し、サイエンスマップ 2016 では15 領域が該当している。

サイエンスマップ 2008 では「ニューラルネットワーク(Neural network)」を含む研究領域は生命科学系の部分に見られていた。しかし、サイエンスマップ 2016 では、ソフトコンピューティング関連研究領域群に集約されてきている。

図表 18 コアペーパーのタイトルに「ニューラルネットワーク(Neural network)」を含む研究領域の変化



注: 赤丸は検索対象の単語をタイトルに含む論文(部分一致)が構成要素となっている研究領域を示している。左上の数字は該当研究領域数を示す。  
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、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

### 3-4 コアペーパーの論文タイトルを用いた研究の変遷についての分析

ここでは、コアペーパーの論文タイトルを用いて、研究の変遷について試行的な分析を行った結果を示す。具体的には、各時点のサイエンスマップに含まれるコアペーパーのタイトルからワード(連続する2から3つの単語)を抽出し、その時系列変化を分析した。

サイエンスマップを構成するコアペーパーは、研究領域を先導する論文であるので、ワードの変化は研究のフロントの変遷を示したものであると考えられる。ここではゲノム、幹細胞、太陽電池、ニュートリノにかかわるワードの変遷を示す。なお、単語の前処理方法の変更の影響に伴い、サイエンスマップ 2014 に掲載した試行的な分析の結果と単語の出現回数が増えている。

図表 19 は、ゲノムにかかわるワードの変遷である。ここでは各時点のサイエンスマップのコアペーパーのタイトルにおける注目するワードの出現回数と、そのワードの出現するサイエンスマップの平均年を示している。この年が最近であるほど、最近のサイエンスマップでコアペーパー数が増えたワードである。

サイエンスマップ 2002～2006 まではゲノムシーケンスというワードが一番多く出現していた。サイエンスマップ 2006～2010 ではヒトゲノムというワードが増加し、サイエンスマップ 2008 以降はゲノムワイドというワードの出現回数が多くなっている。これはゲノム研究のフロントがゲノムの解読から、ゲノムと疾患等との関連性の分析に移行したことを示していると考えられる。サイエンスマップ 2014 からゲノム編集、ゲノムエンジニアリングというワードが急増している。特に、ゲノム編集の増加の割合が大きい。ゲノムシーケンスについては、再度、出現回数が増加している。

図表 19 ゲノムにかかわるワードの変遷

ワード(翻訳)	ワード(英語)	SM2002	SM2004	SM2006	SM2008	SM2010	SM2012	SM2014	SM2016	総計	平均出現時点
イネゲノム	rice_genom	6	6	5	1	0	0	2	0	20	2005.1
完全ゲノム	complet_genom	13	12	13	3	2	1	1	1	46	2005.2
ゲノム進化	genom_evolut	4	9	5	2	1	1	2	6	30	2007.9
ヒトゲノム	human_genom	2	8	18	23	22	10	4	7	94	2008.9
ゲノムシーケンス	genom_sequenc	23	31	32	8	16	19	23	37	189	2009.1
ゲノムワイド	genom_wide	10	16	20	51	103	124	73	39	436	2011.0
エピゲノム	epigenom	0	0	0	2	2	3	6	10	23	2013.7
ゲノム編集	genom_edit	0	0	0	1	2	7	20	43	73	2014.8
ゲノムエンジニアリング	genom_engin	0	0	0	0	0	1	14	13	28	2014.9

注: 翻訳はより適切なものが存在する可能性がある。英語については単語の語幹を取り出した形で示している。

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。

図表 20 幹細胞にかかわるワードの変遷

ワード(翻訳)	ワード(英語)	SM2002	SM2004	SM2006	SM2008	SM2010	SM2012	SM2014	SM2016	総計	平均出現時点
血液幹細胞	blood_stem_cell	7	7	3	2	1	0	0	0	20	2004.3
胚性幹細胞	embryon_stem_cell	19	31	62	56	50	27	17	19	281	2008.4
幹細胞移植	stem_cell_transplant	24	25	14	20	10	17	18	23	151	2008.7
造血幹細胞	hematopoiet_stem_cell	16	21	20	23	13	19	13	18	143	2008.7
神経幹細胞	neural_stem_cell	11	5	4	3	7	7	6	7	50	2008.8
がん幹細胞	cancer_stem_cell	0	2	4	14	21	12	1	0	54	2009.5
間葉系幹細胞	mesenchym_stem_cell	3	3	16	29	22	15	15	5	108	2009.6
心筋幹細胞	cardiac_stem_cell	0	2	3	7	4	4	2	4	26	2010.1
自家幹細胞	autolog_stem_cell	4	3	1	7	8	8	10	6	47	2010.5
人工多能性幹細胞	pluripot_stem_cell	1	0	0	14	51	62	39	34	201	2012.2

注: 翻訳はより適切なものが存在する可能性がある。英語については単語の語幹を取り出した形で示している。

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。

図表 20 は、幹細胞にかかわるワードの変遷である。時系列の変化に注目すると、サイエンスマップ 2004～2008 までは胚性幹細胞の出現回数が最も多かった。サイエンスマップ 2010 では、人工多能性幹細胞(iPS 細胞)にかかわるワードが急増し、サイエンスマップ 2016 まで出現回数が一番多くなっている。ただし、サイエンスマップ 2016 では iPS 細胞が減少し、胚性幹細胞についてはわずかに増加している。幹細胞移植についても、サイエンスマップ 2010 以降、出現回数が増加している。他には、造血幹細胞、神経幹細胞といった特定の幹細胞についてのワードがみられている。

図表 21 は、太陽電池にかかわるワードの変遷である。サイエンスマップ 2008 では色素増感太陽電池の出現回数が大幅に増加した。その後も、ポリマー太陽電池、ヘテロ接合型太陽電池、有機薄膜太陽電池等の出現回数が増加しており、複数のタイプの太陽電池の研究が並行して実施されていることが分かる。サイエンスマップ 2014 以降では、ペロブスカイト太陽電池の出現回数が急増している。

図表 22 は、ニュートリノにかかわるワードの変遷である。サイエンスマップ 2002～2008 までは、太陽ニュートリノ、ニュートリノ質量、ニュートリノ振動といったワードがコアペーパー中に多く出現していた。これらの実験を通じてニュートリノに質量があることが明らかにされ、既存の理論(標準模型)の変更が迫られている。これに対応する形で、サイエンスマップ 2014 ではステライルニュートリノ(ニュートリノに質量があることが明らかになり、その存在が新たに予測された仮説上のニュートリノ)や反ニュートリノというワードが増加している。

図表 21 太陽電池にかかわるワードの変遷

ワード(翻訳)	ワード(英語)	SM2002	SM2004	SM2006	SM2008	SM2010	SM2012	SM2014	SM2016	総計	平均出現時点
色素増感太陽電池	sensit_solar_cell	0	9	9	28	72	118	112	60	408	2012.2
ポリマー太陽電池	polym_solar_cell	0	1	3	11	37	58	60	47	217	2012.8
ヘテロ接合型太陽電池	heterojunct_solar_cell	0	1	4	7	15	24	37	29	117	2012.9
有機薄膜太陽電池	organ_solar_cell	0	1	1	6	11	22	36	38	115	2013.4
ハイブリッド太陽電池	hybrid_solar_cell	0	0	1	1	2	6	10	10	30	2013.5
量子ドット太陽電池	quantum_dot_solar_cell	0	0	0	2	3	4	8	10	27	2013.6
フィルム型太陽電池	film_solar_cell	0	0	0	0	0	7	10	3	20	2013.6
ペロブスカイト太陽電池	perovskit_solar_cell	0	0	0	0	0	0	31	127	158	2015.6

注 1: 翻訳はより適切なものが存在する可能性がある。英語については単語の語幹を取り出した形で示している。

注 2: 超伝導という言葉を含むハイワードであるが、素粒子研究で用いられているものを色つきのセルで示した。

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・分析を実施。

図表 22 ニュートリノにかかわるワードの変遷

ワード(翻訳)	ワード(英語)	SM2002	SM2004	SM2006	SM2008	SM2010	SM2012	SM2014	SM2016	総計	平均出現時点
太陽ニュートリノ	solar_neutrino	21	32	15	4	5	7	4	2	90	2005.7
大気ニュートリノ	atmosphr_neutrino	10	4	9	5	2	1	1	1	33	2005.8
ニュートリノ質量	neutrino_mass	30	27	17	9	8	6	4	6	107	2006.0
ニュートリノ振動	neutrino_oscil	30	24	29	18	11	7	5	7	131	2006.5
ニュートリノ混合	neutrino_mix	12	12	9	10	12	9	4	3	71	2007.6
ステライルニュートリノ	steril_neutrino	5	1	2	2	1	7	13	5	36	2011.1
ミューニュートリノ	muon_neutrino	1	1	1	2	4	3	5	6	23	2011.7
反ニュートリノ	antineutrino	1	2	1	1	0	7	10	9	31	2012.6

注: 翻訳はより適切なものが存在する可能性がある。英語については単語の語幹を取り出した形で示している。

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。



### 3-5 コアペーパーの論文タイトルを用いた新たな研究領域の兆し探索の可能性: 過去からの知見

サイエンスマップは、共引用関係を用いて研究領域の俯瞰を行っており、論文のグループ化の際には、キーワードは用いていない。しかし、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、以下では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う。

兆しの探索方法については、さまざまなアプローチがあると考えられるが、ここでは研究領域を先導するコアペーパーに注目し、コアペーパーのタイトルに出現する単語の頻度の時系列変化をみる。具体的には、以下の手順をとった。

- ① コアペーパーのタイトルから、ワードを抽出する。その際に、単語 1 つだけではなく、2~4 単語が連続したものも抽出する。単語については語幹を取り出し(Porter Stemmer を用いた)、一般的な単語については分析対象から外した。
- ② 上記で得られたワードの出現回数をカウントし、サイエンスマップ 2002 から 2016 の間で、合計 10 回以上出現したワードを分析対象とした。また、各単語について、その単語をタイトルに含む論文が掲載されているジャーナルの分野分類を用いて、クラリベイト・アナリティクス社の Essential Science Indicators で用いられている 21 分野のいずれかに分類した。
- ③ サイエンスマップ 2002 から 2016 (8 時点) の中で 4 つの連続するマップ(2002~08、2004~10、2006~12、2008~14、2010~16 の 5 期間)を前半と後半に分け、i)後半 2 時点の出現回数、ii)前半から後半にかけての伸び率の情報を用いて、バブルチャートを用いて分野ごとに可視化した。
- ④ 可視化は 5 期間、21 分野について行い、そこから新たな研究領域の兆しと思われる単語を抽出した。その際、可視化に用いる条件は適時調整している。

以下の分析では、既に認識されている「ゲノム編集」、「グラフィエン」、「ニューラルネットワーク」にかかわる単語が、過去どのように出現していたのかをみることで、コアペーパーの論文タイトルを用いた新たな研究領域の兆しの探索の可能性について考察する。他のバブルチャートについてはウェブ版に示した。

#### (ゲノム編集関連ワード)

図表 23 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。ゲノム編集技術を世代に分けると「Zinc Finger Nucleases」は第 1 世代、「Transcription activator-like (TAL) effector」は第 2 世代、「CRISPR」は第 3 世代に対応している。

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ことが分かる。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 世代から第 3 世代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。これらのワードについては、サイエンスマップ上にワードをオーバーレイした図表 16 にも見えている。ただし、ゲノム編集の増加はワードの増加に比べて明確には見えていない。

### (グラフィエン)

図表 24 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。

バブルチャートを見ると、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ている。グラフィエンは 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。コアペーパー中での出現回数もサイエンスマップ 2014&2016 時点で多い(約 1,000 回)こともあり、グラフィエンの研究領域が拡大する様子については、サイエンスマップ上にワードをオーバーレイした図表 17 でも見えている。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(ワードの処理の結果として、バブルチャート上では MoS となっている)。

### (ニューラルネットワーク)

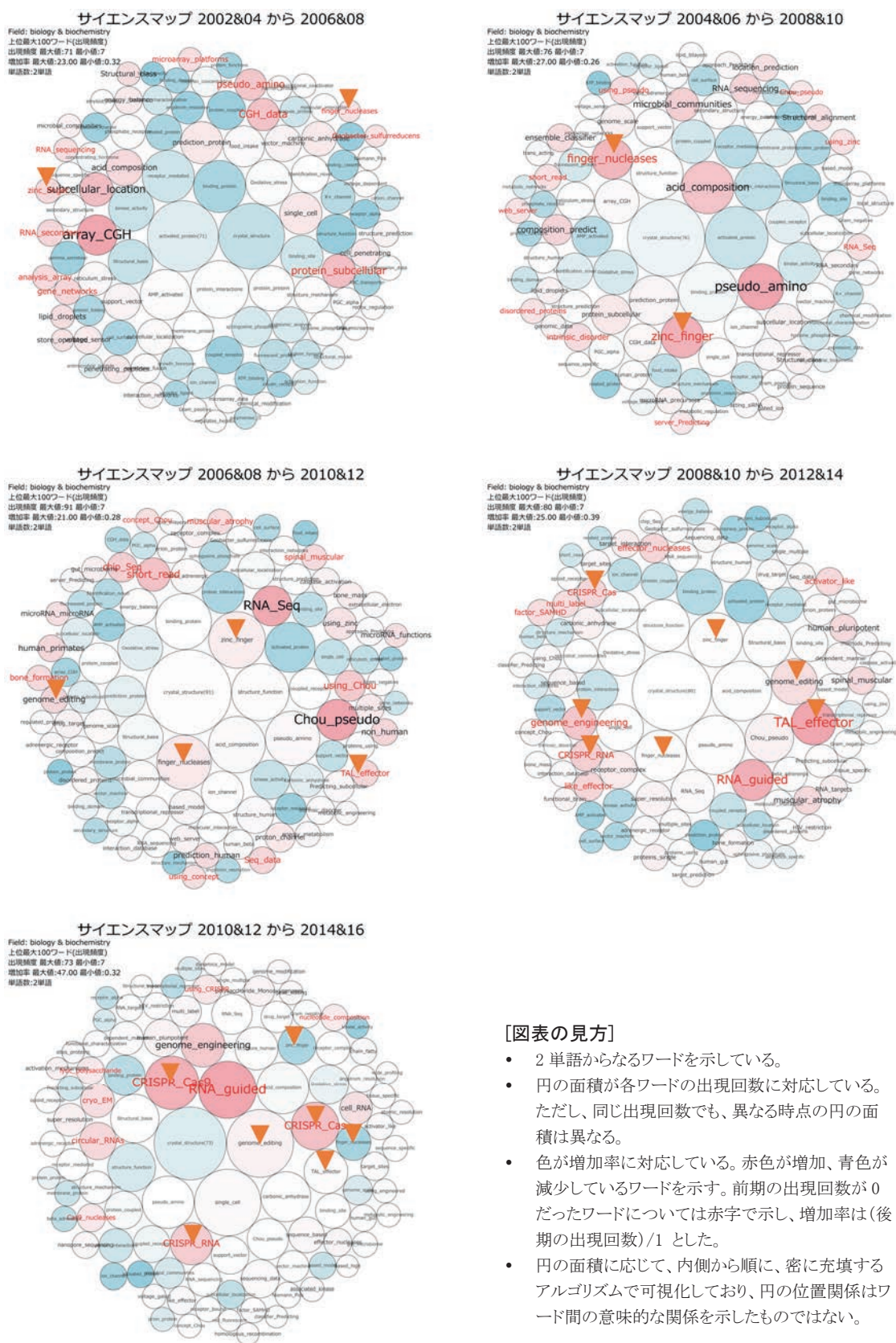
図表 25 には、計算機科学や工学におけるワードの変化をバブルチャートで示す。各期間の後半 2 年の出現回数が上位 100 に入る 2 単語からなるワードを示している。円の大きさが単語の出現回数、色が増加率を示している。ここでは人工知能関連のワードとして、「Neural network」に注目する。

バブルチャートに注目すると、「neural\_network」というワードは、サイエンスマップ 2006&2008 時点で、ワードの出現回数が一番多い。ワードの出現回数の増加率をみると、サイエンスマップ 2002&2004 からサイエンスマップ 2006&2008 にかけて、出現回数が約 20 倍増加しており、この間に何らかのブレイクスルーが起きたことが予想される。Deep learning のブレイクスルーのきっかけとなる論文が、2006 年に公表されており、バブルチャートの動きは、これらの進展と整合的である。その後、「neural\_network」の出現回数は、ここで分析対象とした 5 期間のいずれでも上位 2 位内に入っている。サイエンスマップ上にワードをオーバーレイした結果(図表 18)をみると、単語の出現回数の増加率と比べて、研究領域の増加割合が大きい。この要因として、「neural\_network」についての分析手法や適用先の多様化が考えられる。

以上の結果から、サイエンスマップ上での可視化、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のいずれについても、「ゲノム編集」、「グラフィエン」、「ニューラルネットワーク」の出現を捉えていることが明らかになった。しかし、サイエンスマップ上での可視化では、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、過去の知見をいれ込んだ学習モデル等の開発が有効と考えられる。

図表 23 ゲノム編集の兆し



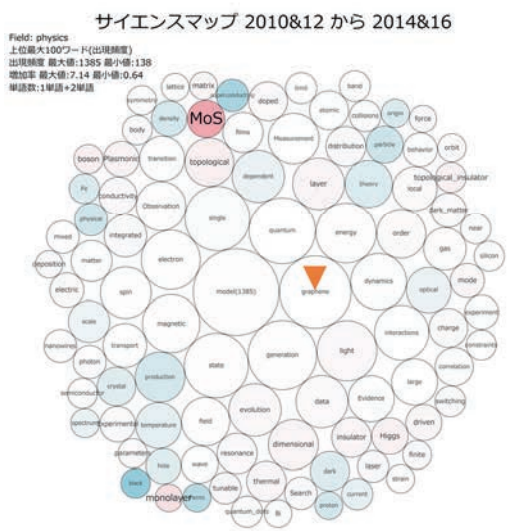
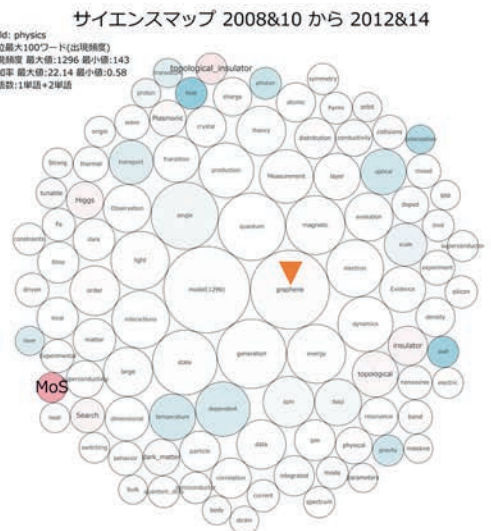
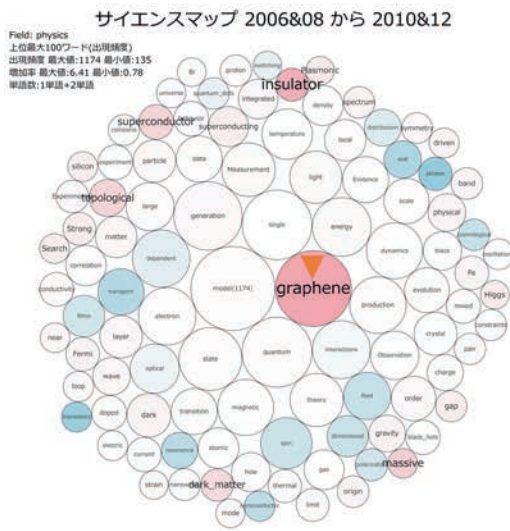
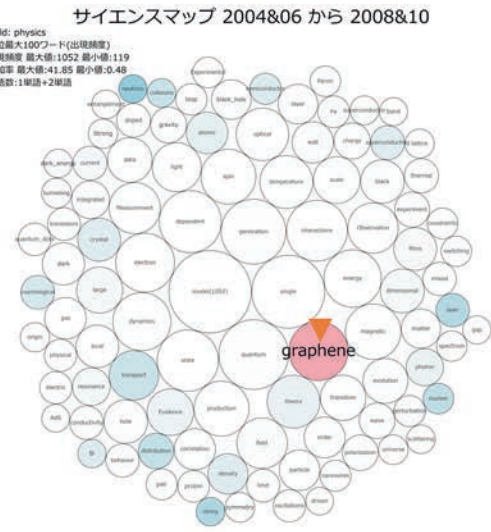
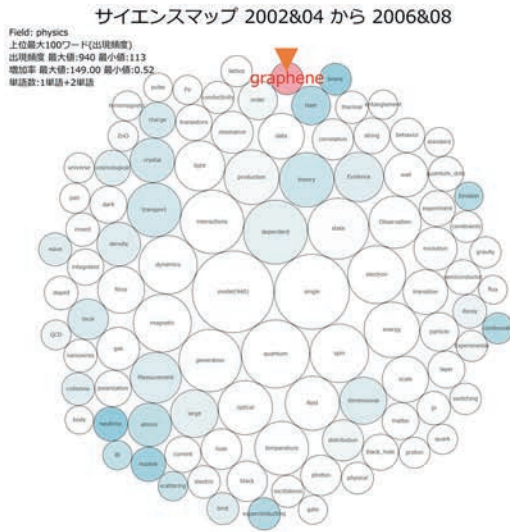
[図表の見方]

- 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・分析を実施。



図表 24 グラフェンの兆し

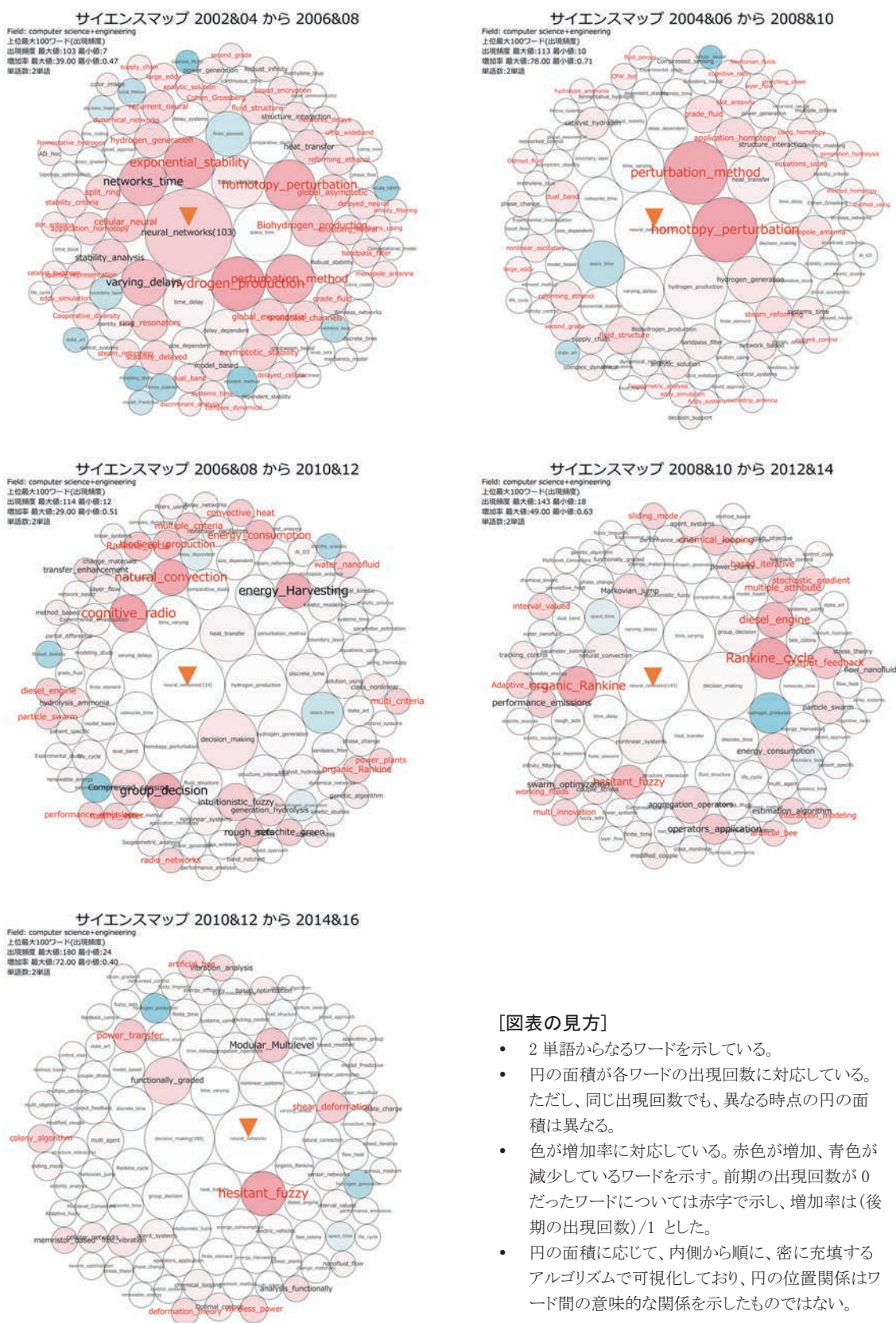


[図表の見方]

- 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。

図表 25 ニューラルネットワークの兆し



[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。



## 4 サイエンスマップにみる研究領域の各種統計

ここでは、サイエンスマップにみる研究領域の各種統計についてまとめる。まず、研究領域を構成するコアペーパー数の分布を確認する。つづいて、学際的・分野融合的領域の状況、国際共著論文率の状況、日本と主要国のシェアの変化、日本と主要国の研究領域の参画割合(研究の多様性)を示す。

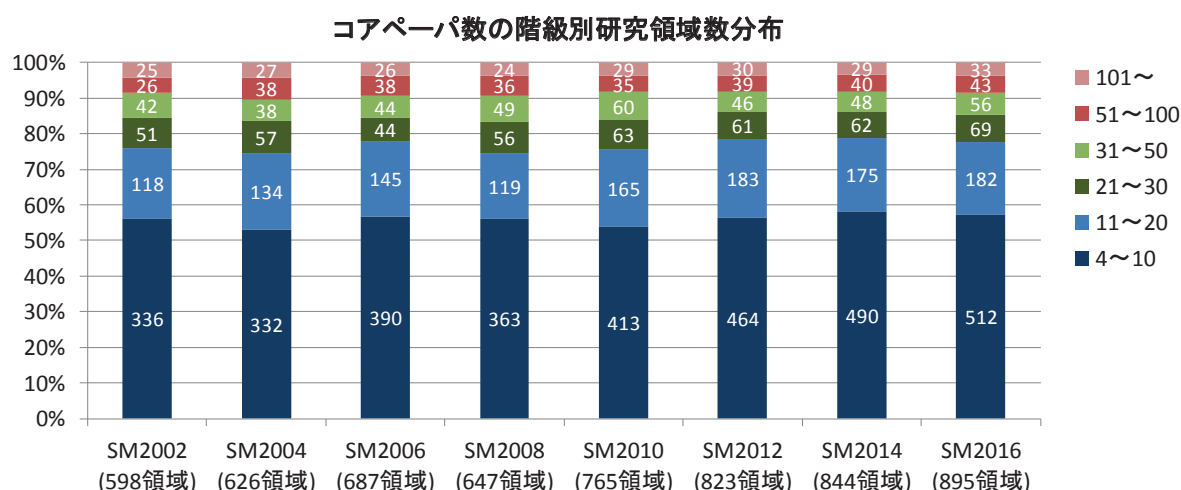
### 4-1 サイエンスマップにおける研究領域とコアペーパーの関係

サイエンスマップでは可視化の単位を研究領域としている。サイエンスマップ 2016 では 895 の研究領域が抽出されているが、それぞれの研究領域に含まれるコアペーパー数はさまざまである。そこで、研究領域のコアペーパー数と研究領域数の関係を分析した(図表 26)。

サイエンスマップ 2002 から 2016 の平均で、コアペーパー数が 10 件以下の研究領域は全研究領域の 56%、20 件以下の研究領域は全研究領域の約 77%を占めており、その割合は大きく変化していない。

また、コアペーパー数が 101 件以上の研究領域についてもいずれのサイエンスマップにおいても 3~4%程度であり、その割合は変化していない。したがって、サイエンスマップの時系列変化の中で研究領域数は増加しているが、いずれかの大きさの研究領域が増加したわけではなく、研究領域の大きさに対しては一様に増加していることが分かる。

図表 26 コアペーパー数の階級別研究領域数



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。

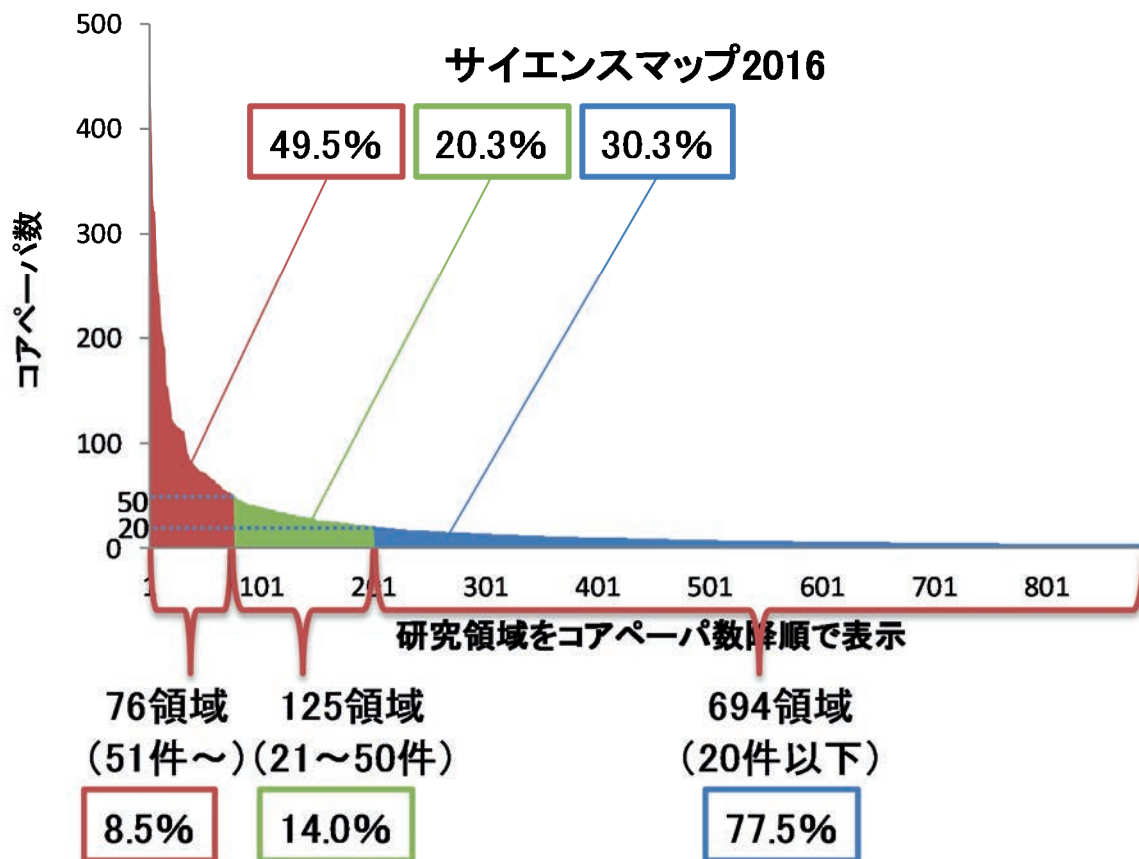
サイエンスマップ 2016 を対象に、研究領域ごとのコアペーパー数を降順で並べて表示した(図表 27)。ここから、51 件以上のコアペーパーを含む研究領域は 76 領域であり、研究領域数では全体の 8.5%であるが、コアペーパー数については全体の 49.5%を占める構造であることが分かる。また、コアペーパー数が 20 件以下の領域が 694 領域あり、研究領域数では全体の 77.5%であるが、コアペーパー数では全体の 30.3%を占めることが分かる。

コアペーパー数をみるということは、各研究領域において研究コミュニティを先導する研究者をモニターしているとも考えられる。即ち、研究領域に含まれるコアペーパー数に分布があることは、国際的に注目を集めている研究領域を取り巻く研究コミュニティも同じように大きさにはばらつきがあり、さまざまであることを意味している。

したがって、サイエンスマップでの主要国の存在感を考える際に、コアペーパー数に占める主要国のシェアでみる方法と、領域に参画しているかどうかでみる方法の 2 つが考えられる。言い換えると、国の存在感を上げる

ことを考えたときには、シェアに注目するのか、研究領域への参画割合、つまり研究の多様性に注目するかを分けて議論した方が良いでしょう。

図表 27 コアペーパー数の階級別研究領域数の分布



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。

## 4-2 サイエンスマップにおける学際的・分野融合的領域の状況

ナノサイエンス研究のように伝統的な分野概念の枠内では捉えきれない、学際的・分野融合的領域の動向を捉えることは、現在の科学の潮流をつかむ上で重要な視点である。そこでまず、研究領域を構成するコアペーパーの分野情報を用いて、特定分野に軸足を持つ研究領域と学際的・分野融合的領域に分類した。分類ルールを以下に示す。

- 研究領域を構成するコアペーパーのうち、6割より多いコアペーパーが、22分野のうちどれか1分野に属する場合 → 特定分野に軸足を持つ研究領域
- 上記条件に当てはまらず、複数の分野のコアペーパーから構成されている場合 → 学際的・分野融合的領域

サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2016 までの研究領域数の時系列変化をみると(図表 28)、全研究領域数は 297 領域増えている。学際的・分野融合的領域は 50 領域、臨床医学軸足領域は 61 領域増加している。サイエンスマップ 2016 において研究領域数が 20 領域を超えている分野で、研究領域数の増加割合が大きいのは、計算機科学、精神医学/心理学、数学、工学である。計算機科学については、サイエンスマップ 2014 からサイエンスマップ 2016 にかけて、研究領域数が 12 から 20 に増加した。

図表 28 分野に軸足を持つ研究領域と学際的・分野融合的領域の数の変化

		サイエンス マップ2002(A)	サイエンス マップ2014	サイエンス マップ 2016(B)	(A)→(B) の差分	(A)→(B) の増加割合
分野 に軸足 を持つ 研究領域 の数	農業科学	8	13	12	4	50%
	生物学・生化学	17	15	16	-1	-6%
	化学	62	55	68	6	10%
	臨床医学	115	169	176	61	53%
	計算機科学	7	12	20	13	186%
	経済・経営学	10	12	16	6	60%
	工学	32	60	72	40	125%
	環境/生態学	18	7	16	-2	-11%
	地球科学	19	33	33	14	74%
	免疫学	2	9	4	2	100%
	材料科学	11	7	11	0	0%
	数学	13	31	33	20	154%
	微生物学	5	7	8	3	60%
	分子生物学・遺伝学	5	14	14	9	180%
	神経科学・行動学	11	19	21	10	91%
	薬学・毒理学	4	7	6	2	50%
	物理学	44	61	62	18	41%
	植物・動物学	32	43	44	12	38%
	精神医学/心理学	8	22	21	13	163%
	社会科学・一般	19	36	33	14	74%
	宇宙科学	6	3	9	3	50%
	学際的・分野融合的領域の数		150	209	200	50
総計		598	844	895	297	50%

注: 生命科学系の分野を紫色で示している。

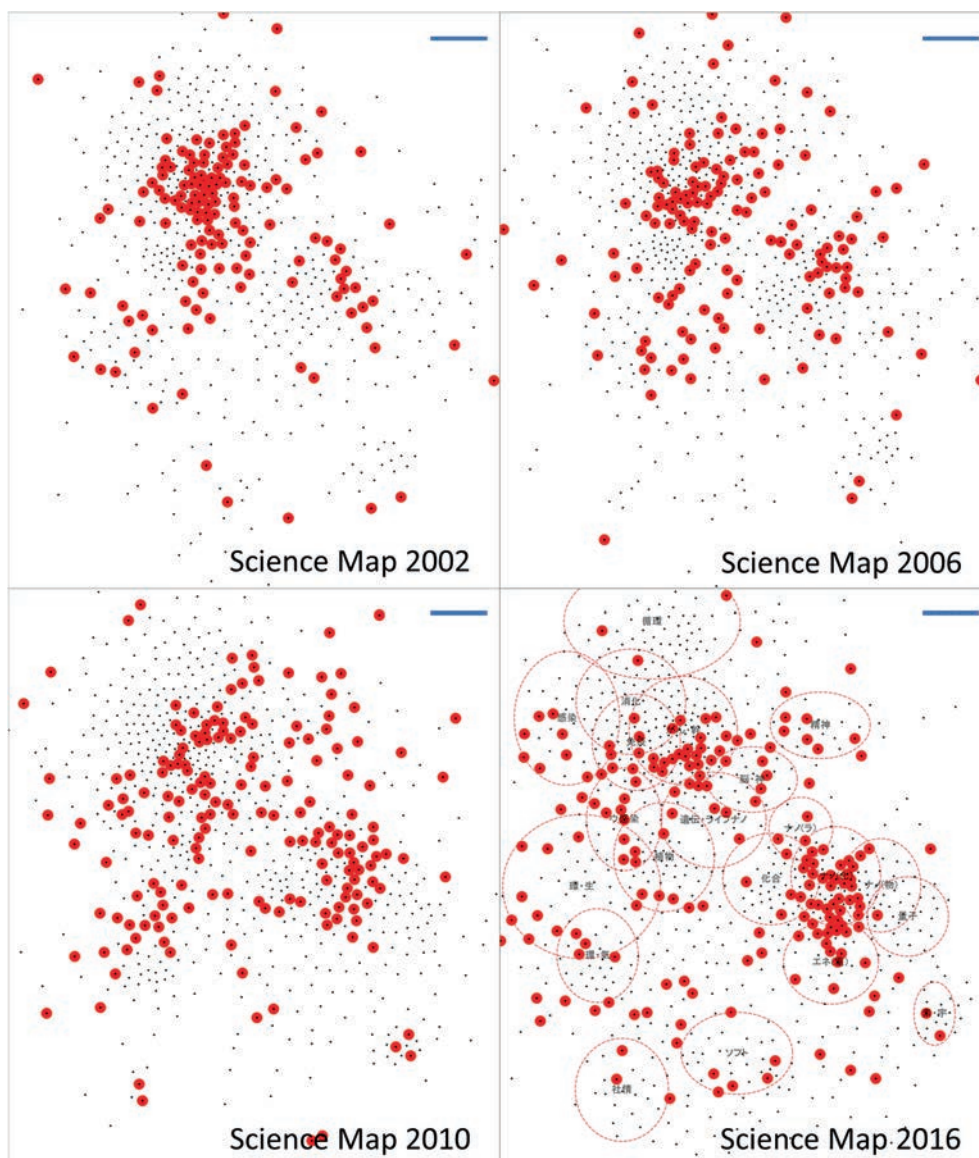
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

さらに、学際的・分野融合的領域のサイエンスマップ上での位置の時系列変化をみると、サイエンスマップ 2002 ではマップ上ある程度固まって位置していたものが、サイエンスマップ上に広がって位置するように徐々に変化してきたことが分かる(図表 29)。

サイエンスマップ 2002 では、学際的・分野融合的領域は生命科学系のあたりに集中していた。その後、サイ

エンスマップ 2006 からは、ナノサイエンスのあたりで学際的・分野融合的領域が多く点在するようになり、最近  
はマップ全体に広がりを持って点在している。これは、現在の科学ではさまざまな知識の組み合わせにより、新  
たな知識が生み出されるようになっていることを示した結果と考えられる。

図表 29 学際的・分野融合的領域のサイエンスマップ上での位置の時系列変化



- 学際的・分野融合的領域
- 特定分野に軸足を持つ領域

注 1: 点が研究領域の位置を示す。コアペーパーの分布を ESI の 22 分野で見たとき、特定分野が 6 割以下の場合、学際的・分野融合的領域とし、赤丸で表示している。

注 2: 10 単位距離に対応する長さをマップ中にスケールとして示している。

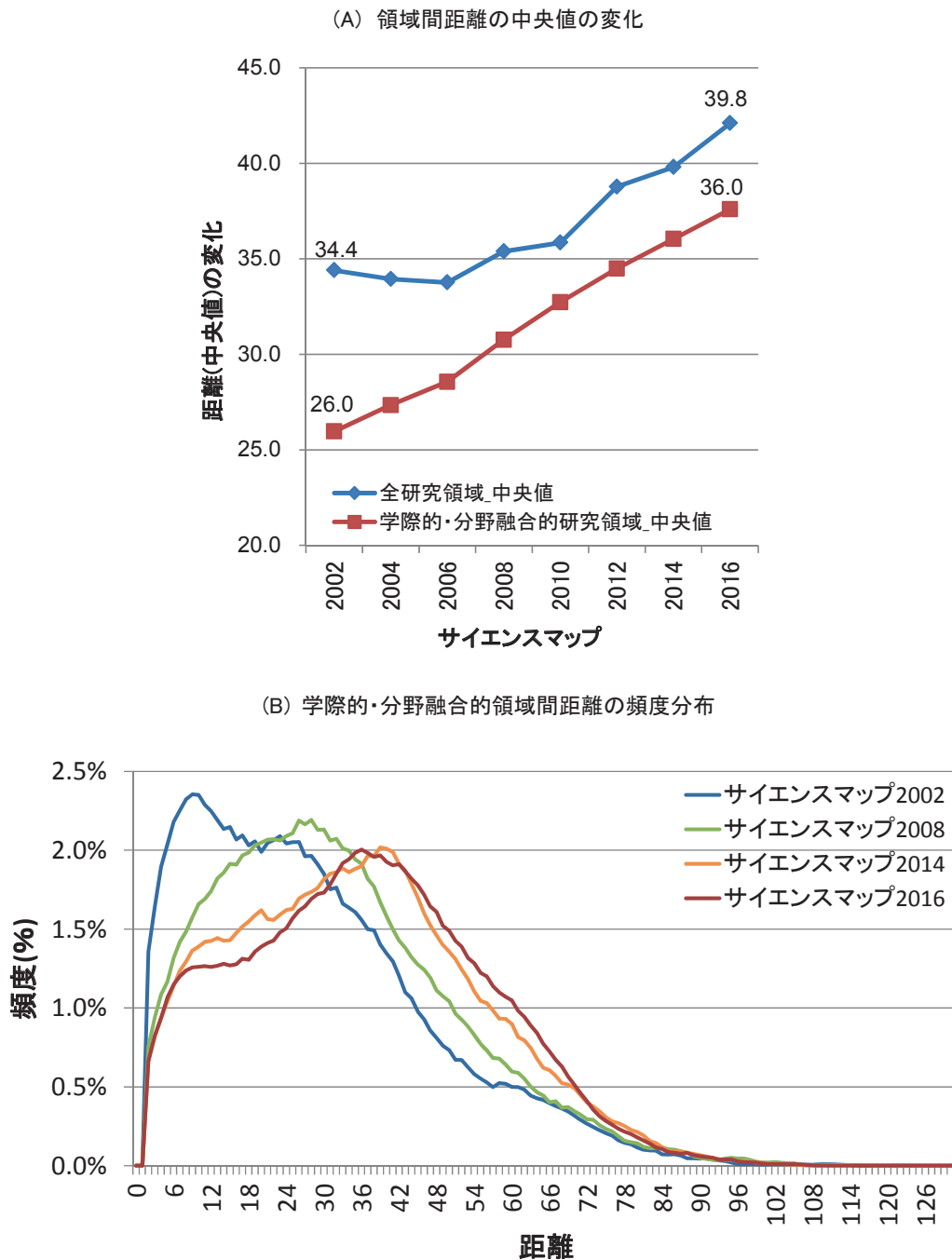
科学技術・学術政策研究所がクオリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer)を実施。

このようなサイエンスマップ上での学際的・分野融合的領域の位置の変化を定量化したのが、図表 30 である。図表 30(A)では、全研究領域の組み合わせと学際的・分野融合的領域間の全ての組み合わせについて距離を求め、その中央値を示している。学際的・分野融合的領域間の距離は、サイエンスマップ 2002 以降上

昇していることが分かる。他方、全研究領域間の距離は、サイエンスマップ 2002～2010 にかけて、横ばい傾向である。このことから学際的・分野融合的領域が、サイエンスマップ上で広く分布する傾向が強まっていることが、定量的にも確認できる。サイエンスマップ 2012 以降については、研究領域数が増加するのに伴い全研究領域間の距離、学際的・分野融合的領域の距離のいずれについても、同じ割合で増加している。

図表 30(B)には、学際的・分野融合的領域間の距離の頻度分布を示した。サイエンスマップ 2016 では、サイエンスマップ 2002 や 2008 と比べ、学際的・分野融合的領域間の距離が長い配置となっていることが、ここからも確認できる。

図表 30 全研究領域間及び学際的・分野融合的領域間の距離の変化



注: 10 単位距離に対応する長さを図表 29 のサイエンスマップ中にスケールとして示している。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクオラレイト・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。



### 4-3 サイエンスマップにみる国際共著論文率の時系列変化

#### 4-3-1 主要国の国際共著論文率の時系列変化

世界全体の論文の状況をみると国際共著論文率が増加しており、研究活動が国・地域のボーダーをまたいで行われるようになってきていることが示されている。そこでサイエンスマップ上での状況を確認するため、図表 31 では、全研究領域における主要国の国際共著論文率の時系列変化を示す。

サイエンスマップ上での世界の国際共著論文率は、全ての論文を対象とした通常国際共著論文率に比べて非常に高い。また、主要国のいずれにおいても、通常に比べて国際共著論文率が非常に高い。

科学技術指標 2018(文部科学省科学技術・学術政策研究所, 調査資料-274 (2018年8月))では、全論文を対象に分野ごとの国際共著論文率を公表している。2016年の国際共著論文率は、全分野では26.9%、分野別にみると比率が高い「環境/生態学・地球科学」や「物理学・宇宙科学」でも35.9%や34.4%である。サイエンスマップでモニターしている国際的に注目を集めている研究領域を対象とする場合、国際共著論文率が非常に高いことが分かる。

図表 31 全研究領域における主要国の国際共著論文率の時系列変化

国際共著率	世界	米国	ドイツ	英国	日本	フランス	韓国	中国
サイエンスマップ2002	28.6%	31.0%	62.6%	60.1%	42.3%	69.7%	64.8%	60.3%
サイエンスマップ2004	30.4%	33.6%	64.2%	64.6%	47.0%	72.4%	64.3%	55.3%
サイエンスマップ2006	33.6%	36.9%	66.8%	68.8%	52.8%	75.4%	62.0%	54.0%
サイエンスマップ2008	36.1%	41.3%	71.7%	73.0%	52.3%	79.3%	65.8%	46.6%
サイエンスマップ2010	38.1%	44.3%	73.3%	75.7%	53.0%	81.1%	66.8%	46.5%
サイエンスマップ2012	41.0%	48.7%	78.0%	79.0%	60.0%	84.3%	72.4%	48.5%
サイエンスマップ2014	44.1%	53.8%	80.4%	82.1%	64.7%	86.4%	73.6%	47.7%
サイエンスマップ2016	47.7%	58.3%	81.5%	81.9%	69.6%	88.4%	71.7%	51.4%

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。

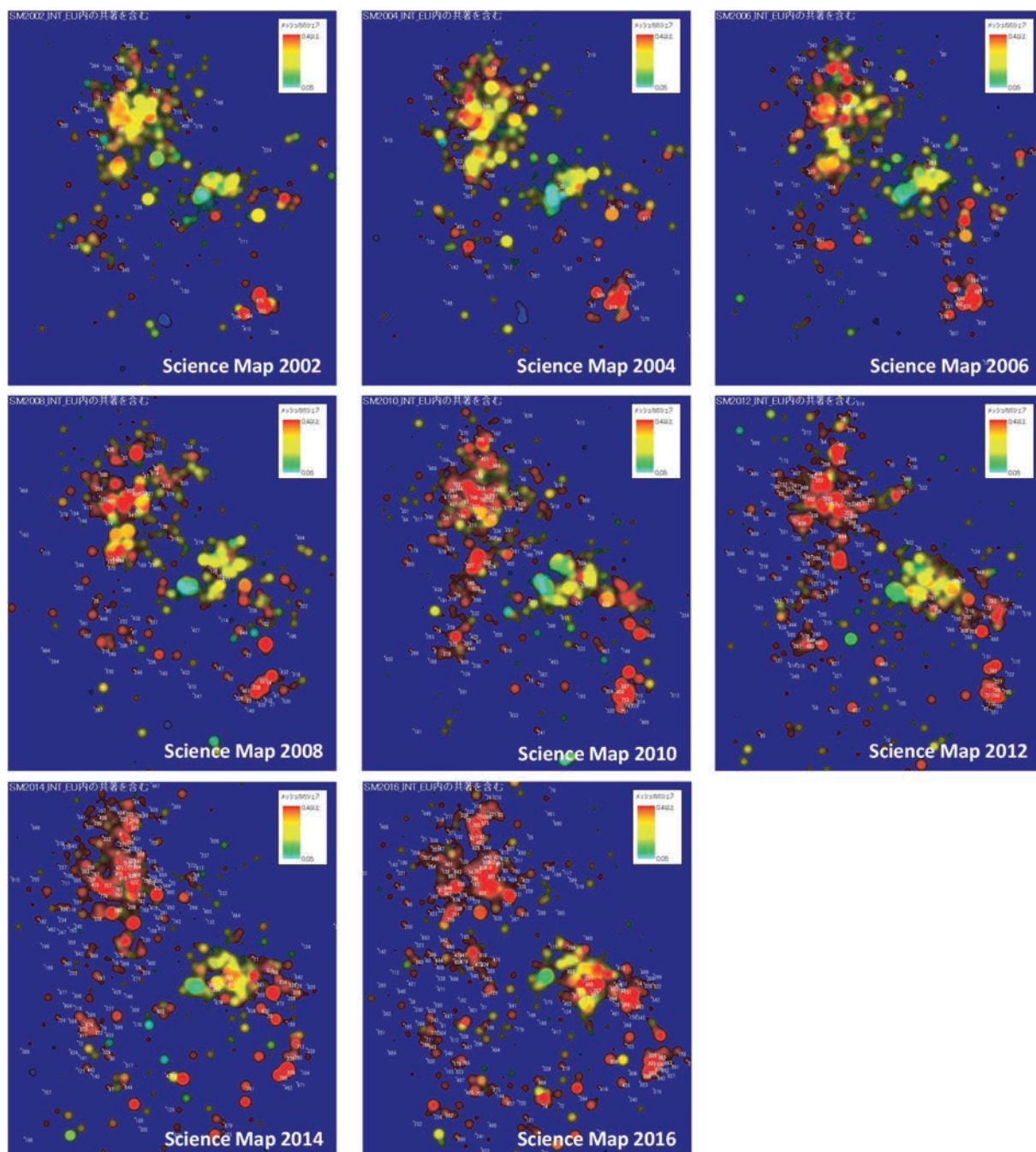
#### 4-3-2 サイエンスマップ上に示した国際共著論文率の時系列変化

サイエンスマップ上に各研究領域の国際共著論文率の情報をオーバーレイし、時系列の変化を見た結果を図表 32 に示す。

ここでは研究領域の国際共著論文率が40%以上の場合赤いグラデーションで示している。サイエンスマップ2002では、マップの右下に位置する素粒子・宇宙論研究領域群が赤い程度であった。しかし、時間を経るうちにサイエンスマップ全体で国際共著論文率が増加していることが分かる。なかでも、生命科学系の領域で、国際共著論文率が14年間で顕著に増加している。

他方で、化学合成にかかわる研究領域が存在するマップの中心部分では、サイエンスマップ2002から2016まで一貫して国際共著論文率が低いことが分かる。このように全体として国際共著論文率は増加しているが、研究内容によって、その研究活動の在り方が異なり、国際共著論文率もサイエンスマップ上では一様ではないことが分かる。

図表 32 サイエンスマップ上に示した国際共著論文率の時系列変化



注: 国際共著論文率が5%を水色で表示し、40%以上を赤色で表示した。数字は、当該研究領域のコアペーパー中の国際共著論文率が40%以上の研究領域の場所とID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、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

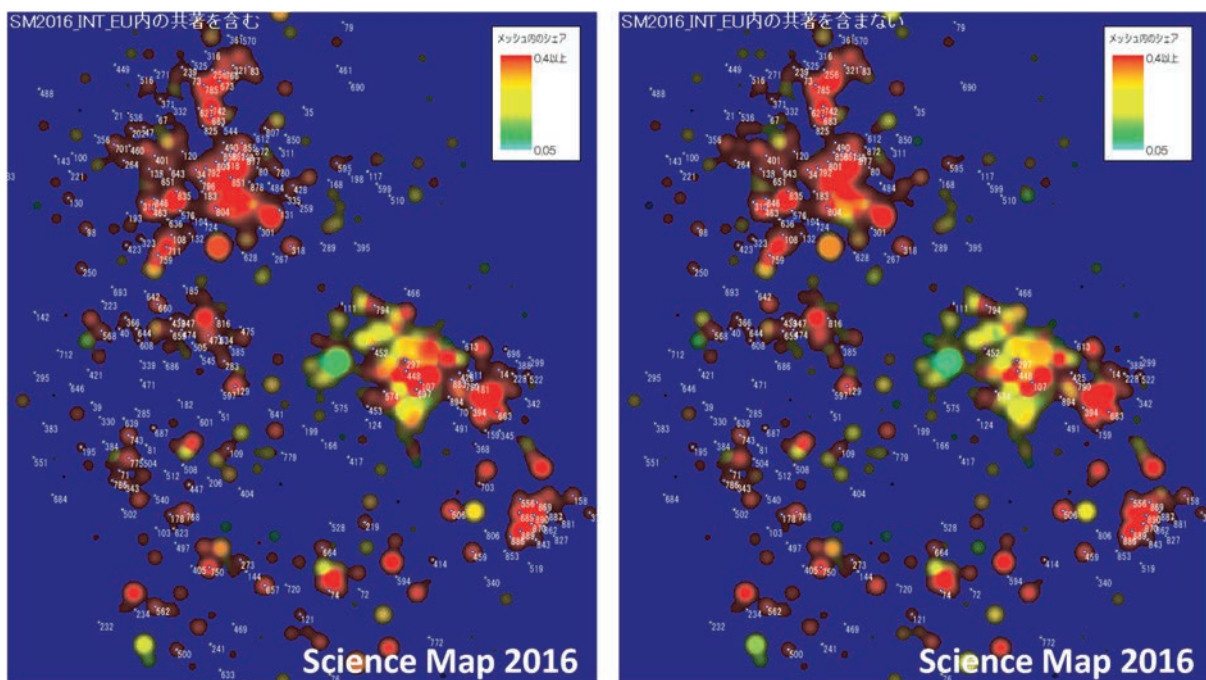
欧州における国際共著論文率の増加の一因として、フレームワークプログラムを通じた国際協力の推進が上げられる。2007～2013 年にかけて実施された第 7 次フレームワークプログラムでも「Cooperation」が一つの柱であった。フレームワークプログラムから生み出された論文の分析から、フレームワークプログラムを通じて、これまで共著関係が無かった国間の共著が増加しているとの結果が示されている<sup>1</sup>。そこで、サイエンスマップにみられる高い国際共著論文率が、欧州連合(EU)内の共著の影響をどの程度受けているのかを調べるため、EU を 1 国として扱い、国際共著論文率について調べた(図表 33)。

図表 33 から分かるように、通常の計算時とあまり大きな変化がみられないことから、サイエンスマップにみられる高い国際共著論文率は、EU 内の共著が増加したことだけが要因ではないことが確認できる。

図表 33 EU(28 カ国)を 1 国として扱った場合の国際共著論文率の状況

(A)EU 内の共著を含む場合[通常の計算]

(B)EU(28 カ国)を 1 国と扱い EU 内共著を含まない場合



注: 国際共著論文率が5%を青色で表示し、40%以上を赤色で表示した。数字は、当該研究領域のコアペーパー中の国際共著論文率が40%以上の研究領域の場所とID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、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

1 J. Hoekman, T. Scherngell, K. Frenken and R. Tijssen, *Journal of Economic Geography*, 13(1), 23(2013).

### 4-3-3 全研究領域の国際共著論文における関与国数と関与機関数

図表 34 には、サイエンスマップ 2002、サイエンスマップ 2016 における、全研究領域の国際共著論文数と、関与国数(中央値、平均値)及び関与機関数(中央値、平均値)を示した。

いずれの国も国際共著論文数は増加している。関与国数及び関与機関数の中央値については、多くの国でサイエンスマップ 2002 の頃と比べて増加しており、多数の国や機関が 1 つの論文に関与するようになっていくことが分かる。また、日本の国際共著論文における、関与国数や関与機関数の中央値をみると、英国やドイツと比べて共に 1 小さい。

なお、関与国数及び関与機関数の平均値については、中央値に比べて大きな変化があるが、これはつぎにみるように非常に多くの国や機関がかかわる少数の論文の影響によるものである。

図表 34 全研究領域における国際共著論文数と関与国数、関与機関数の推移

#### (A) 国際共著論文数

国際共著論文数	世界	米国	ドイツ	英国	日本	フランス	韓国	中国
サイエンスマップ2002	4,413	3,002	1,069	1,146	559	755	114	117
サイエンスマップ2016	9,131	5,524	2,471	2,485	855	1,666	513	2,189

#### (B) 関与国数

関与国数		世界	米国	ドイツ	英国	日本	フランス	韓国	中国
中央値	サイエンスマップ2002	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	3.0	2.0	2.0
	サイエンスマップ2016	2.0	3.0	4.0	4.0	3.0	5.0	4.0	2.0
平均値	サイエンスマップ2002	2.7	2.7	3.6	3.4	3.1	3.8	4.2	4.0
	サイエンスマップ2016	3.7	4.3	6.1	6.0	6.4	7.3	8.4	4.6

#### (C) 関与機関数

関与機関数		世界	米国	ドイツ	英国	日本	フランス	韓国	中国
中央値	サイエンスマップ2002	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0
	サイエンスマップ2016	5.0	6.0	8.0	8.0	7.0	7.0	8.0	4.0
平均値	サイエンスマップ2002	5.3	5.9	7.5	7.4	7.6	8.1	14.6	12.3
	サイエンスマップ2016	10.2	13.4	20.3	20.1	24.1	26.3	31.5	15.3

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。

日本の平均関与機関数に注目すると、サイエンスマップ 2002 の 7.6 機関と比べ、サイエンスマップ 2016 では 24.1 機関と大きく増加している。要因を考えるために、まずサイエンスマップ 2002 と 2016 の国際共著論文での関与機関数の分布を調べた(図表 35)。その結果、関与機関数が 100 機関より多い国際共著論文が 47 件(サイエンスマップ 2002 では関与機関数が 100 より多い国際共著論文数は無し)含まれているため、平均関与機関数が大幅に増加していることが明らかとなった。



図表 35 サイエンスマップ 2002 と 2016 における国際共著論文での機関数の分布

機関数	サイエンス マップ2002	サイエンス マップ2016
2～10	488	539
11～20	19	141
21～30	22	51
31～40	10	28
41～50	10	11
51～60	5	12
61～70	5	10
71～80	0	11
81～90	0	5
91～100	0	0
101～	0	47
全体	559	855

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。

日本が参画する研究領域で、関与機関数が 100 機関より多い研究領域のリストを下記に記す。LHC(大型ハドロン衝突型加速器)を用いた素粒子研究についての 3 つの研究領域、LIGO(レーザー干渉計重力波観測所)を用いた重力波検出についての 1 つの研究領域、糖尿病のゲノムワイド関連解析についての 1 つの研究領域が抽出されている。生命科学系の研究領域においても、素粒子等と同じ規模の関与機関数を持つ研究領域が存在している。

図表 36 日本のかかわる 100 機関より多い国際共著論文が含まれる研究領域リスト

領域 ID	領域特徴語	軸足
436	遺伝子座;2型糖尿病;突然変異体;ゲノムワイド関連解析;形質;一塩基多型;メンデルランダム化;対立遺伝子;ポディマス指数;因果;インスリン;遺伝的リスクスコア;操作変数法;リスク対立遺伝子;メンデルランダム化研究;危険因子;共通変異体	学際的・分野融合的領域
674	重イオン衝突;共形場理論;ホログラフィック;エンタングルメントエントロピー;場の理論;グルーオン(素粒子);ハドロン;AdSブラックホール;大型ハドロン衝突型加速器(LHC);横運動量;ゲージ;RHIC加速器;エントロピー;ジェット;高次スピン;衝突エネルギー;クォークグルオンプラズマ(QGP);大規模イオン衝突実験装置(ALICE)	物理学
689	ブラックホール;連星;中性子星;併合;質量;重力波;検出器;相対性理論;ガンマ線バースト;スピン;LIGO(重力波検出器);advanced-LIGO(重力波検出器);波状構造;VIRGO(重力波検出器);重力波検出器;ガンマ線;r過程(超新星爆発);パルサー(PSR);ブラックホール連星;小型連星;状態方程式;中性子星融合;重力波信号	学際的・分野融合的領域
887	超対称性;質量;大型ハドロン衝突型加速器(LHC);ヒッグス粒子;探索・探索;標準モデル;TeV;暗黒物質;最小超対称性標準模型(MSSM);グレイノ(素粒子);GeV;スクォーク;パラメータ空間;Constrained Minimal Supersymmetric Standard Model(CMSSM);ATLAS実験(LHC);7TeV;CMS実験(LHC);衝突エネルギー;超対称性粒子;超対称性モデル	物理学
890	暗黒物質;ヒッグス粒子;一般極値;銀河;TeV;標準モデル;赤方偏移;宇宙;大型ハドロン衝突型加速器(LHC);宇宙マイクロ波背景放射;プランク;スカラー;電弱;クォーク;トップクォーク;冷たい暗黒物質;Higgsボソン;バリオン音響振動;パラメータ空間;Stephenson-Kilmister-Yang theory;8TeV;衝突エネルギー;最小超対称性標準模型(MSSM)	物理学

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。



## 4-4 サイエンスマップにみる日本と主要国のシェアの変化

### 4-4-1 各国の活動状況を把握するための論文のカウント方法(整数カウント法と分数カウント法)

1980年代前半に比べ現在は、世界で発表される論文量は約40万件から約150万件へ増加しており、世界で行われる研究活動は一貫して量的拡大傾向にある。

そのような状況の下、各国の基礎研究力の計測や国の持っている科学研究力を定量化する「分かりやすい指標」として、量の計測には論文数が、質の計測には被引用数、Top10%論文数、Top1%論文数が用いられる。これらを計算するにあたり、図表37に示すように、「世界の論文への関与度」か「世界の論文の生産への貢献度」のどちらを測りたいかによって、カウント方法を選択する必要がある。

近年、国際共著論文が欧州各国では多く発表されており、カウント方法により、論文数やシェアに差が生じる。したがって、各国の状況の比較を行う際も、得られた結果については、十分吟味し、読み解く必要がある。

整数カウント法と分数カウント法の結果を比較した際に、両者に大きな違いがある場合は、国際共著論文の割合が高い国と考えられる。つまり、その国の独自の研究力をみたいときには分数カウント法の結果を、国際共著関係も含めた全体の研究力をみたいときには整数カウント法の結果をそれぞれ参照されたい。

図表 37 整数カウント法と分数カウント法

	整数カウント法	分数カウント法
カウントの仕方	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 国単位での関与の有無の集計である。</li> <li>□ 例えば、日本のA大学、日本のB大学、米国のC大学の共著論文の場合、日本1件、米国1件と集計する。したがって、1件の論文は、複数の国の機関が関わっていると複数回数えることとなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 機関レベルでの重み付けを用いた国単位での集計である。</li> <li>□ 例えば、日本のA大学、日本のB大学、米国のC大学の共著論文の場合、各機関は1/3と重み付けし、日本2/3件、米国1/3件と集計する。したがって、1件の論文は、複数の国の機関が関わっていても1件として扱われる。</li> </ul>
コアペーパー数をカウントする意味	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 国際的に注目を集める研究領域を先導する論文への「関与度」の把握</li> <li>□ 研究領域の山頂の状況を把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 国際的に注目を集める研究領域を先導する論文への「貢献度」の把握</li> <li>□ 研究領域の山頂の状況を把握</li> </ul>
サイティングペーパー (Top10%) 数をカウントする意味	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 国際的に注目を集める研究領域をフォローしている論文への「関与度」の把握</li> <li>□ 研究領域の山腹の状況を把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 国際的に注目を集める研究領域をフォローしている論文への「貢献度」の把握</li> <li>□ 研究領域の山腹の状況を把握</li> </ul>
サイティングペーパー数をカウントする意味	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 国際的に注目を集める研究領域をフォローしている論文への「関与度」の把握</li> <li>□ 研究領域の裾野の状況を把握</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 国際的に注目を集める研究領域をフォローしている論文への「貢献度」の把握</li> <li>□ 研究領域の裾野の状況を把握</li> </ul>

#### 4-4-2 日本と主要国のコアペーパーにおけるシェアの比較

まず大まかな各国の比較を行うため、整数カウント法と分数カウント法を用いて、全研究領域を構成するコアペーパーにおけるシェアの時系列分析を行った(図表 38)。

日本は、論文生産への関与度(整数カウント法)では、サイエンスマップ 2004 をピークにシェアが低下している。サイエンスマップ 2016 では 6.4%であり、分析を開始してから一番低い値となっている。また、論文生産への貢献度(分数カウント法)においても、一貫して低下傾向にあり、サイエンスマップ 2016 では 3.2%である。

日本のこのような状況と対比して、他国の状況はどうか。米国は、サイエンスマップ 2002 以降、整数カウント法及び分数カウント法どちらにおいてもシェアを低下させている。論文生産にさまざまな国が参加してくるようになってきている現状を鑑みると、最大シェアを誇る米国のシェアは減少傾向となる。しかしながら、依然高いシェアをコアペーパーにおいて保っているという事実は、世界各国が論文生産量を増加させている状況下においても、米国は科学全般に渡って大きな知識の源であり続けていることを物語っている。

英国やドイツは整数カウント法と分数カウント法でのシェアに大きな開きがあり、国際共著論文が多いことが分かる。両国の論文シェアは、整数カウント法では増加傾向、分数カウント法では低下傾向である。

中国と韓国は、整数カウント法、分数カウント法のいずれにおいても、論文シェアが上昇している。特に、中国についてはサイエンスマップ 2002 から 2016 にかけて、著しい上昇を見せている。

図表 38 全研究領域を構成するコアペーパーにおける各国のシェアの時系列変化

##### (A)整数カウント法

コアペーパー 整数カウント法	米国	ドイツ	英国	日本	フランス	韓国	中国
サイエンスマップ2002	62.9%	11.1%	12.4%	8.6%	7.0%	1.1%	1.3%
サイエンスマップ2004	61.9%	12.1%	12.3%	8.7%	7.2%	1.7%	2.7%
サイエンスマップ2006	61.0%	13.5%	12.9%	8.5%	7.5%	1.8%	4.5%
サイエンスマップ2008	57.9%	13.9%	13.4%	8.0%	8.4%	1.9%	7.2%
サイエンスマップ2010	54.5%	14.6%	14.3%	7.2%	8.9%	2.2%	9.0%
サイエンスマップ2012	52.3%	15.1%	15.0%	6.8%	9.3%	2.9%	12.6%
サイエンスマップ2014	50.4%	15.7%	15.5%	6.7%	9.7%	3.4%	17.7%
サイエンスマップ2016	49.6%	15.9%	15.9%	6.4%	9.9%	3.7%	22.3%

##### (B)分数カウント法

コアペーパー 分数カウント法	米国	ドイツ	英国	日本	フランス	韓国	中国
サイエンスマップ2002	53.9%	6.6%	7.5%	6.3%	3.8%	0.7%	0.7%
サイエンスマップ2004	52.1%	7.0%	7.1%	6.1%	3.7%	1.0%	1.7%
サイエンスマップ2006	50.2%	7.5%	6.9%	5.6%	3.6%	1.0%	2.9%
サイエンスマップ2008	46.4%	7.2%	6.7%	5.3%	3.7%	1.0%	5.2%
サイエンスマップ2010	42.4%	7.3%	6.9%	4.7%	3.9%	1.1%	6.4%
サイエンスマップ2012	39.1%	6.9%	6.6%	4.0%	3.6%	1.4%	8.9%
サイエンスマップ2014	36.0%	6.7%	6.3%	3.7%	3.5%	1.6%	12.7%
サイエンスマップ2016	34.0%	6.6%	6.3%	3.2%	3.4%	1.7%	15.6%

注: 全研究領域を構成するコアペーパーにおける各国の論文シェアである。

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。

#### 4-4-3 日本の活動状況

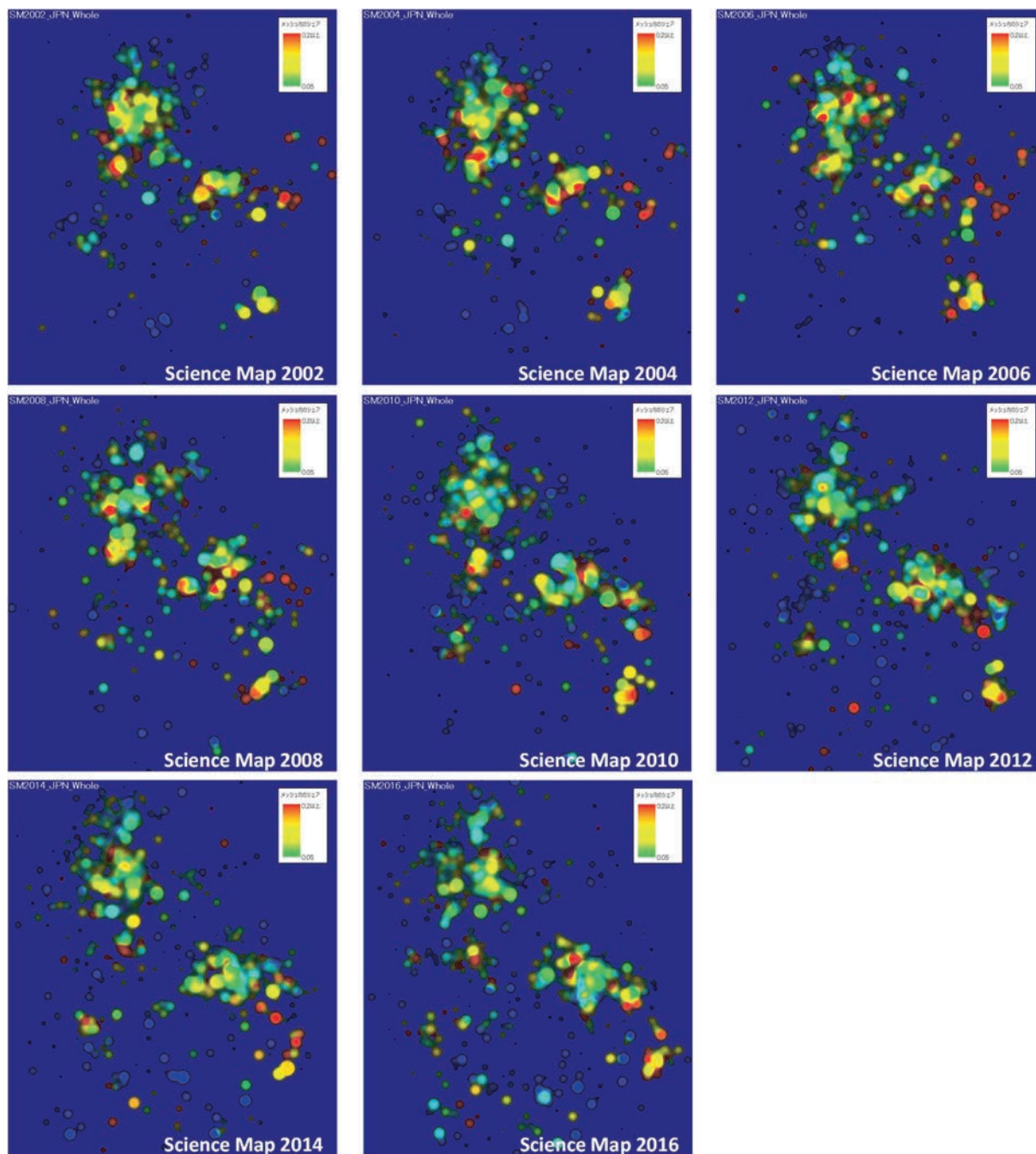
---

ここまで各国のシェアを 1 つの数値で表してきたが、各研究領域のシェアをサイエンスマップ上にオーバーレイさせて俯瞰することで、単純な全体のシェアだけでなく、どのような位置にある研究領域で日本が存在感を持っているのか、存在感を出していない研究領域はどのあたりなのかを可視化することが可能となる。また、シェアの高い研究領域が点在しているのか、集積した面となっているのかを確認することができる。

図表 39 は、サイエンスマップ 2002 から 2016 までのマップ上に、それぞれの時期の各研究領域を構成するコアペーパーにおける日本のシェアの情報をオーバーレイしたものである。シェアの情報は、整数カウント法による。マップ上は、日本のシェアが 5% の部分は水色で示し、20% 以上の部分については赤色で示している。暖色のところほど、日本のシェアが高い。このマップから、日本の場合、赤いところが点在していることが分かる。

図表 40 は、分数カウント法によるシェアの情報を元に、サイエンスマップ 2002 から 2016 までのマップ上に、それぞれの時期の各研究領域を構成するコアペーパーにおける日本のシェアの情報をオーバーレイしたものである。日本の場合、整数カウント法と分数カウント法の結果の傾向は大きく異ならない。しかしながら、こちらの図表においても、強みと言えるシェアの高い研究領域の位置が点在しており、それらが集積した面とはなっていないことが分かる。

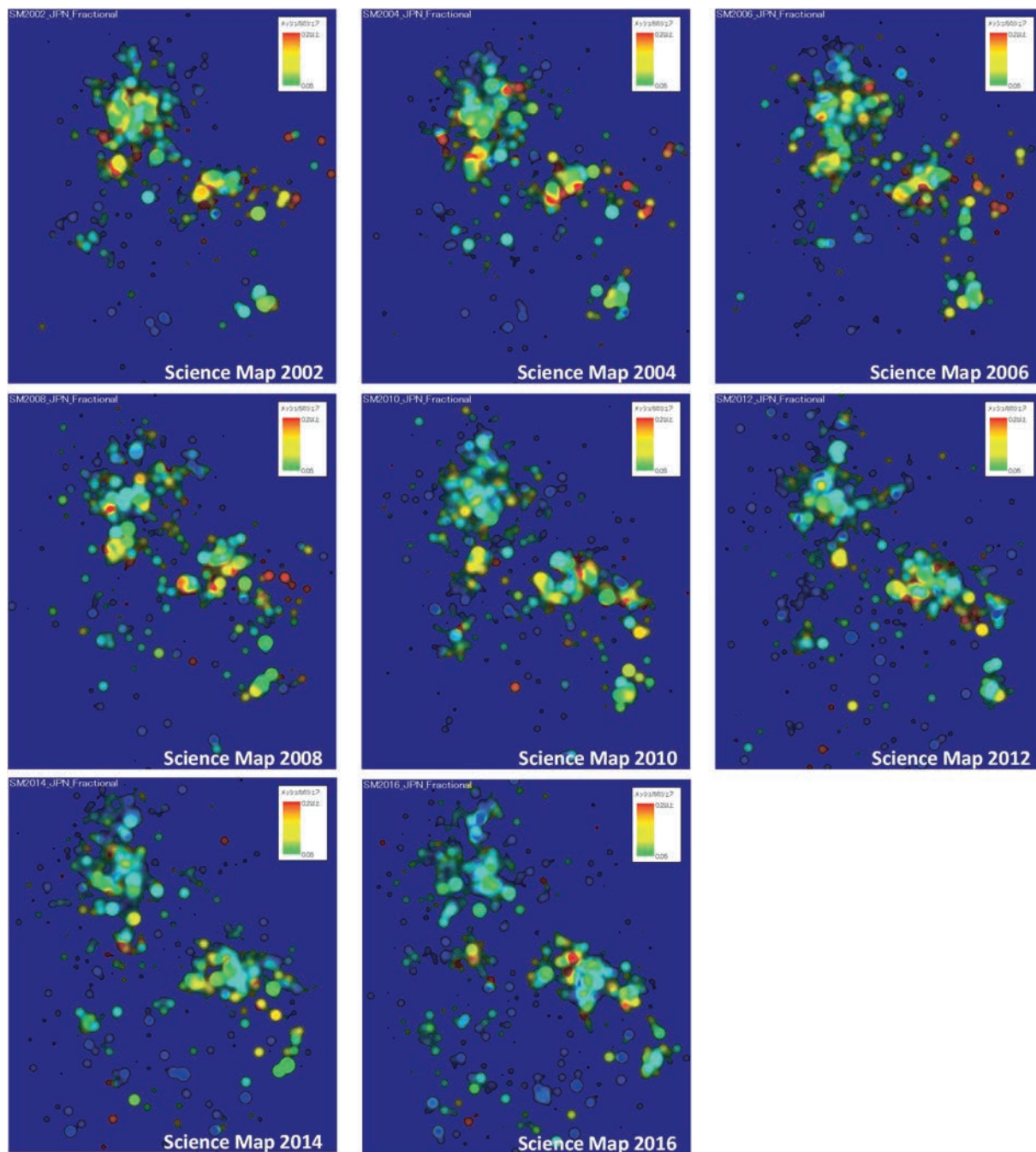
図表 39 サイエンスマップ上に示した日本の論文シェア(整数カウント法)



注: 論文シェアが5%を水色で表示し、20%以上を赤色で表示した。論文シェアの計算には整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。



図表 40 サイエンスマップ上に示した日本の論文シェア(分数カウント法)



注: 論文シェアが5%を水色で表示し、20%以上を赤色で表示した。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。

#### 4-4-4 日本の存在感の高い研究領域

日本の存在感の高い研究領域を抽出する場合、研究領域の大きさが一様ではないため、コアペーパー数等により条件を付ける必要がある。図表 41 には、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、分数カウントによる日本のシェアが高い上位 10 領域を示した。

いずれの場合も、分数カウントの日本のシェアが高く、「日本の貢献度が高い」領域である。これらの抽出条件を変えることで、さまざまな大きさの研究領域での状況を確認することができる。全研究領域における、コアペーパーにおける日本のシェア等は「APPENDIX 2. サイエンスマップ 2016 研究領域詳細シート」に示した。

図表 41 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	ベニシユラ型
831	金ナノクラスタ;蛍光;チオラート;Au25クラスタ;リガンド;銀ナノクラスタ;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;プニクチド;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;ソリュション;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	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);植物オキシシン;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:ナリング:フルレン: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	ベニンシュラ型
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。

#### 4-4-5 サイエンスマップ上にもみる英国、ドイツ、中国の活動状況

ここからは、英国、ドイツ、中国の活動状況について、日本と比較しながらみる。

サイエンスマップ 2016 上に、日本、英国、ドイツ、中国の研究領域のシェア情報(整数カウント法と分数カウント法)をオーバーレイした結果を図表 42 に示す。

まず、日本と中国は 2 つのカウント方法による可視化結果の差はあまりないが、英国とドイツは整数カウント法の方が分数カウント法に比べ顕著にシェアが高いという特徴がみられる。これまでも述べてきたように、英国やドイツは国際共著論文により科学の世界での存在感を高めている。

日本と英国、ドイツ、中国の 3 国を比較すると、3 国ではいずれのカウント法においても、シェアの高い研究領域が面的に広がって存在している。他方、日本の場合はシェアの高い研究領域が、マップ上で離れた場所に点在していることがみられる。

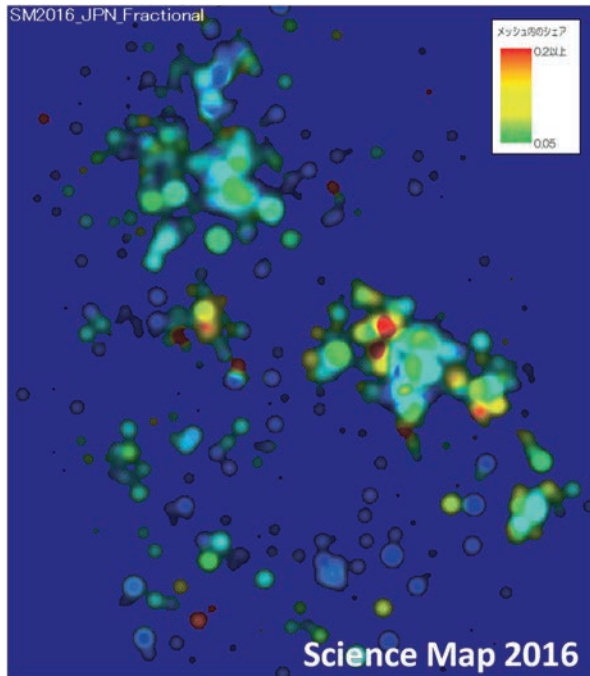
前節で示したように個別の研究領域でみると、日本の研究活動は世界的にも高い存在感を見せているものがあるが、その活動が限定的であり周辺まで広がりを持たない。つまり、周辺まで含めた研究者の層が薄く、マスとしての効力を発揮できていないため、世界での存在感を示すことができていない可能性がある。

サイエンスマップ上に中国の論文シェア(分数カウント法)をオーバーレイし、その時系列の変化を調べた結果を図表 43 にまとめた。サイエンスマップ 2002 時点では、中国が存在感を示していたのはナノサイエンス研究や素粒子・宇宙論研究にかかわるごく一部の研究領域であった。また、コアペーパーにおける論文シェアも高くない。時間の経過と共に、ナノサイエンス研究にかかわる研究領域においてコアペーパーシェアが増加し、サイエンスマップ 2016 ではナノサイエンス研究を面的にカバーするようになってきている。これらの動きと並行して、活動の範囲が生命科学にかかわる研究領域群にも拡大しつつあり、一部には高いコアペーパーシェアを持つ研究領域も存在している。加えて、ソフトコンピューティング関連研究や社会情報インフラ関連研究(IoT 等)においては全体的に高いコアペーパーシェアを示している。このように中国は、個々の研究領域や研究領域群における論文シェアを増しつつ、活動範囲も拡大させている様子が分かる。

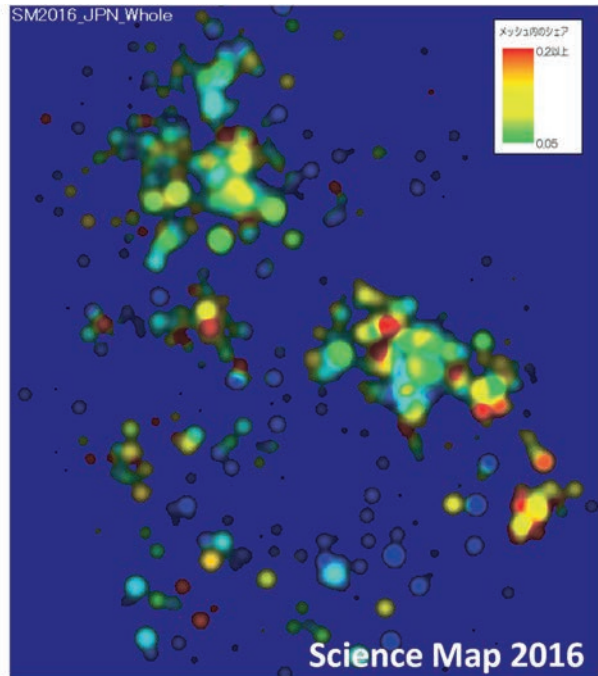


図表 42 サイエンスマップ 2016 上に示した論文シェアの日英独中の比較

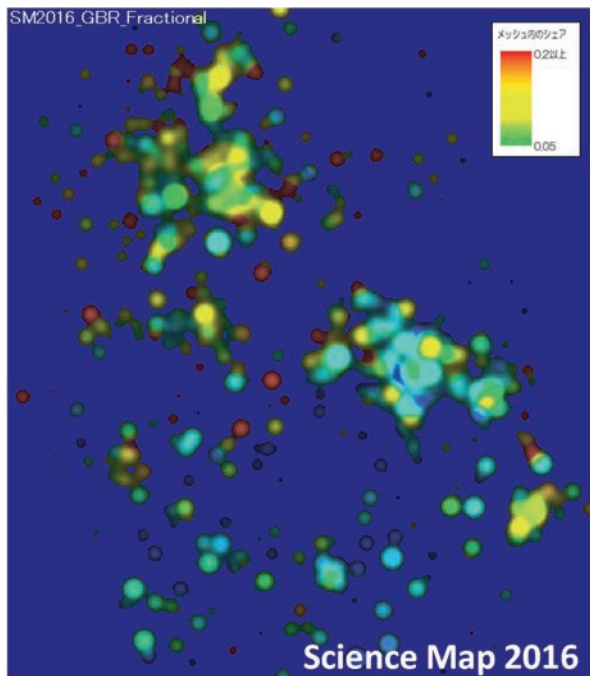
(A) 日本【分数カウント法】



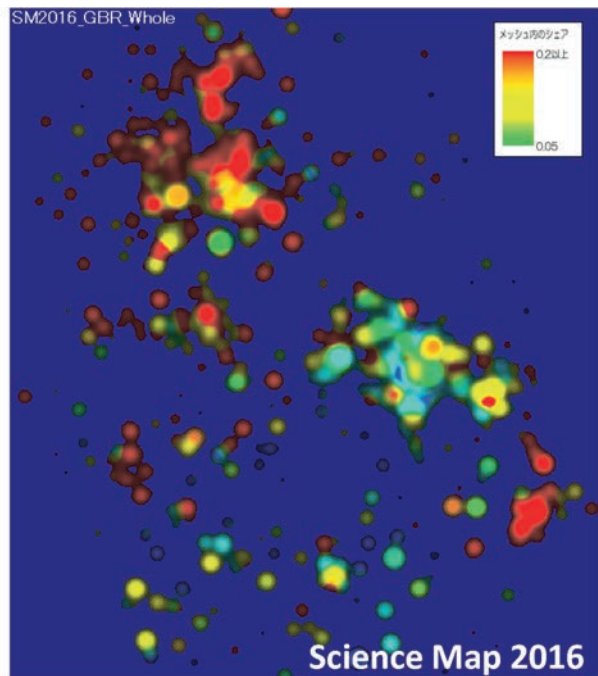
(B) 日本【整数カウント法】



(C) 英国【分数カウント法】



(D) 英国【整数カウント法】

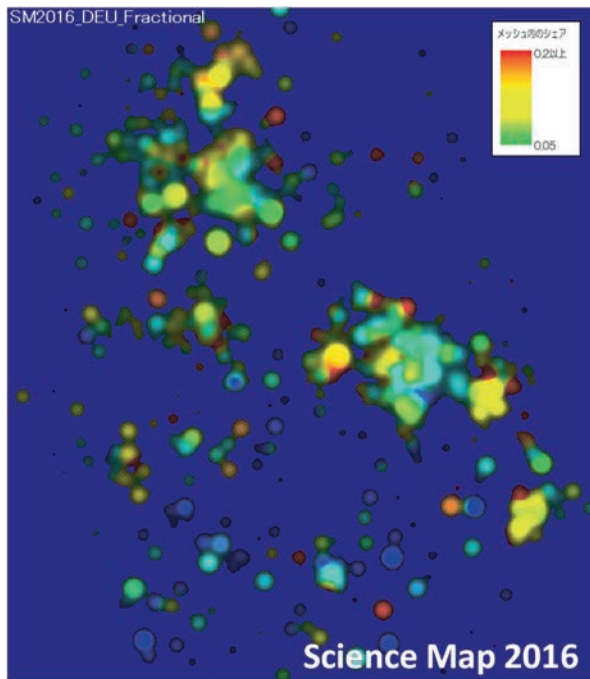


注: 論文シェアが5%を水色で表示し、20%以上を赤色で表示した。

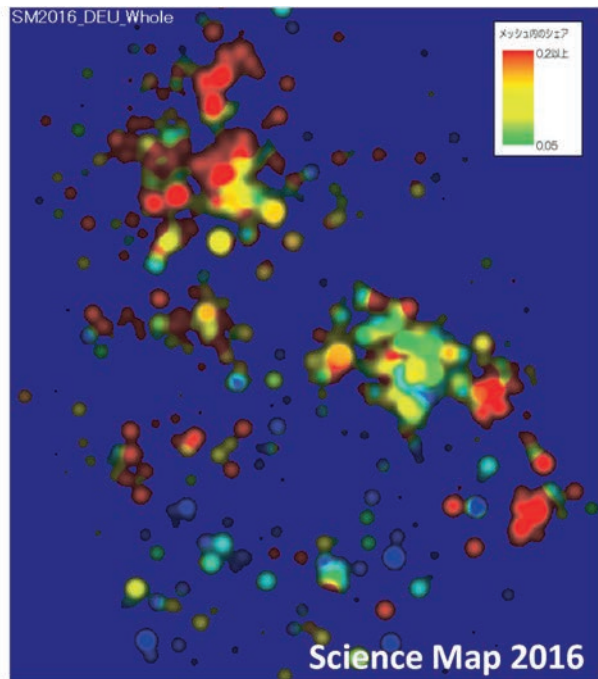
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。



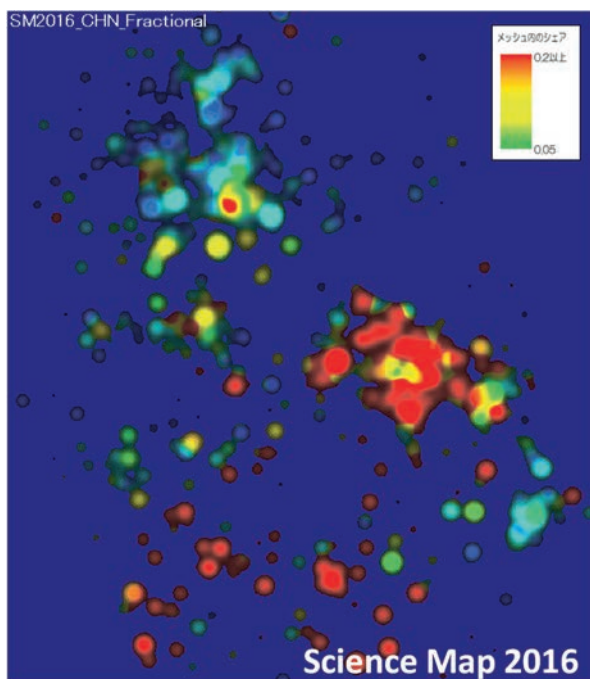
(E) ドイツ【分数カウント法】



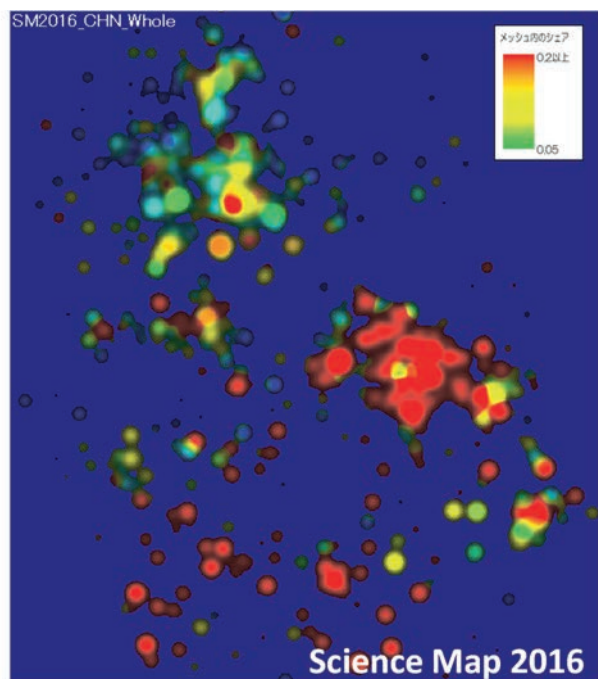
(F) ドイツ【整数カウント法】



(G) 中国【分数カウント法】



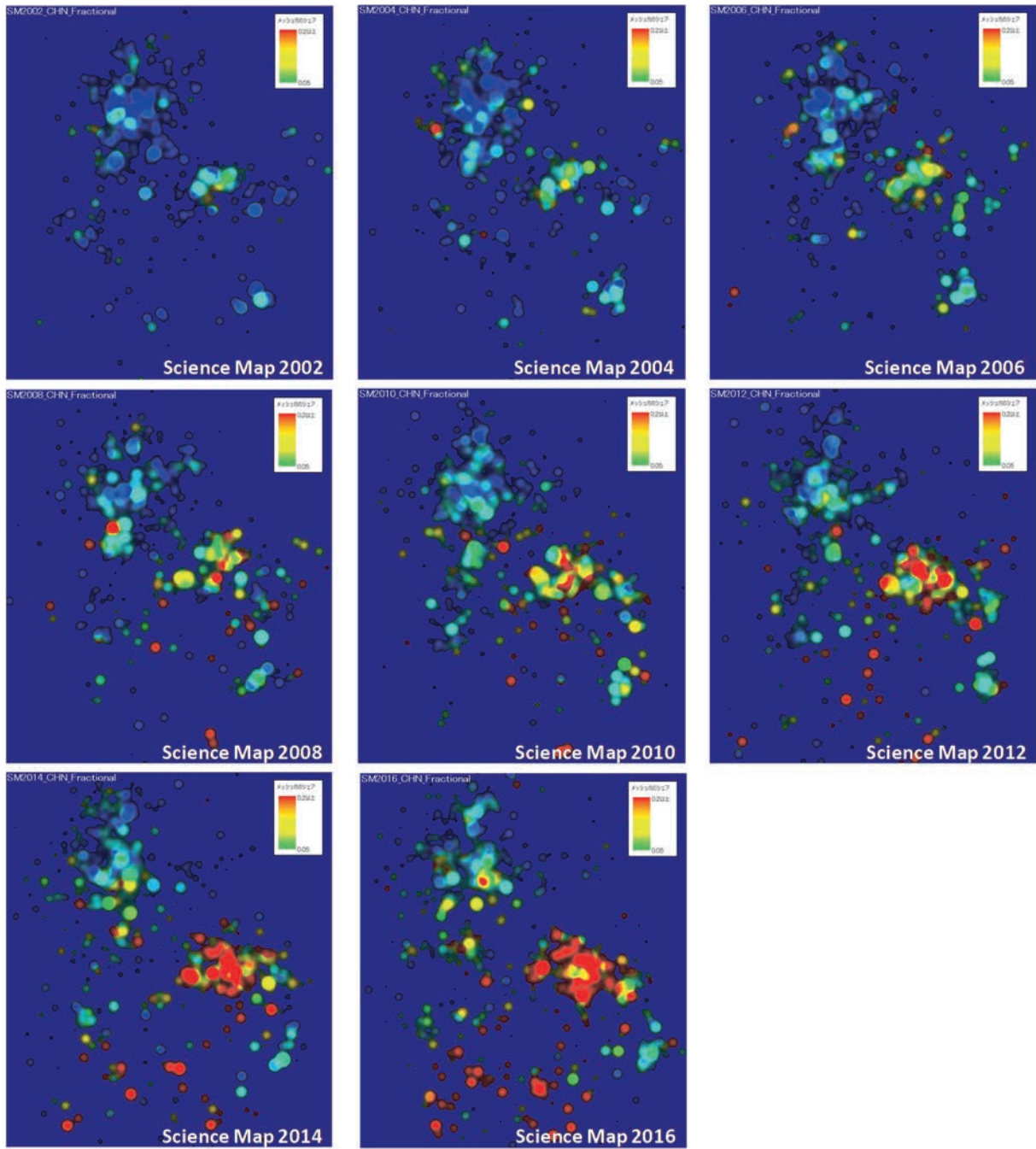
(H) 中国【整数カウント法】



注: 論文シェアが5%を水色で表示し、20%以上を赤色で表示した。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクвали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。

図表 43 サイエンスマップ上に示した中国の論文シェア(分数カウント法)



注: 論文シェアが5%を水色で表示し、20%以上を赤色で表示した。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、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

#### 4-4-6 中国の存在感の高い研究領域

図表 44 には、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)で中国のシェア(分数カウント)が高い上位 10 領域を示した。

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<sup>1</sup>。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 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、図表 41 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、図表 45 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、ソフトウェア関連研究領域群、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。

図表 44 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;正方;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	コンチネント型
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	コンチネント型
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	コンチネント型
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	コンチネント型
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;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	2014.5	アイランド型
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	2012.8	コンチネント型
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	2013.6	コンチネント型
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	コンチネント型

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>

(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	ベニシユラ型
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	ベニシユラ型
465	ラフ集合モデル;3方向意思決定モデル(Three-way Decision);フuzzy;近似;属性縮約;決定論的なラフ集合;ラフ集合理論;多糖;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	コンチネット型
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	コンチネット型
892	光触媒;グラファイト;窒化炭素;光触媒活性;可視光照射;g-C3N4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	ベニシユラ型
48	中国;経済的;州;二酸化炭素排出量;エネルギー効率;環境;二酸化炭素排出;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	コンチネット型
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;符号なしラフシアン;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

(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

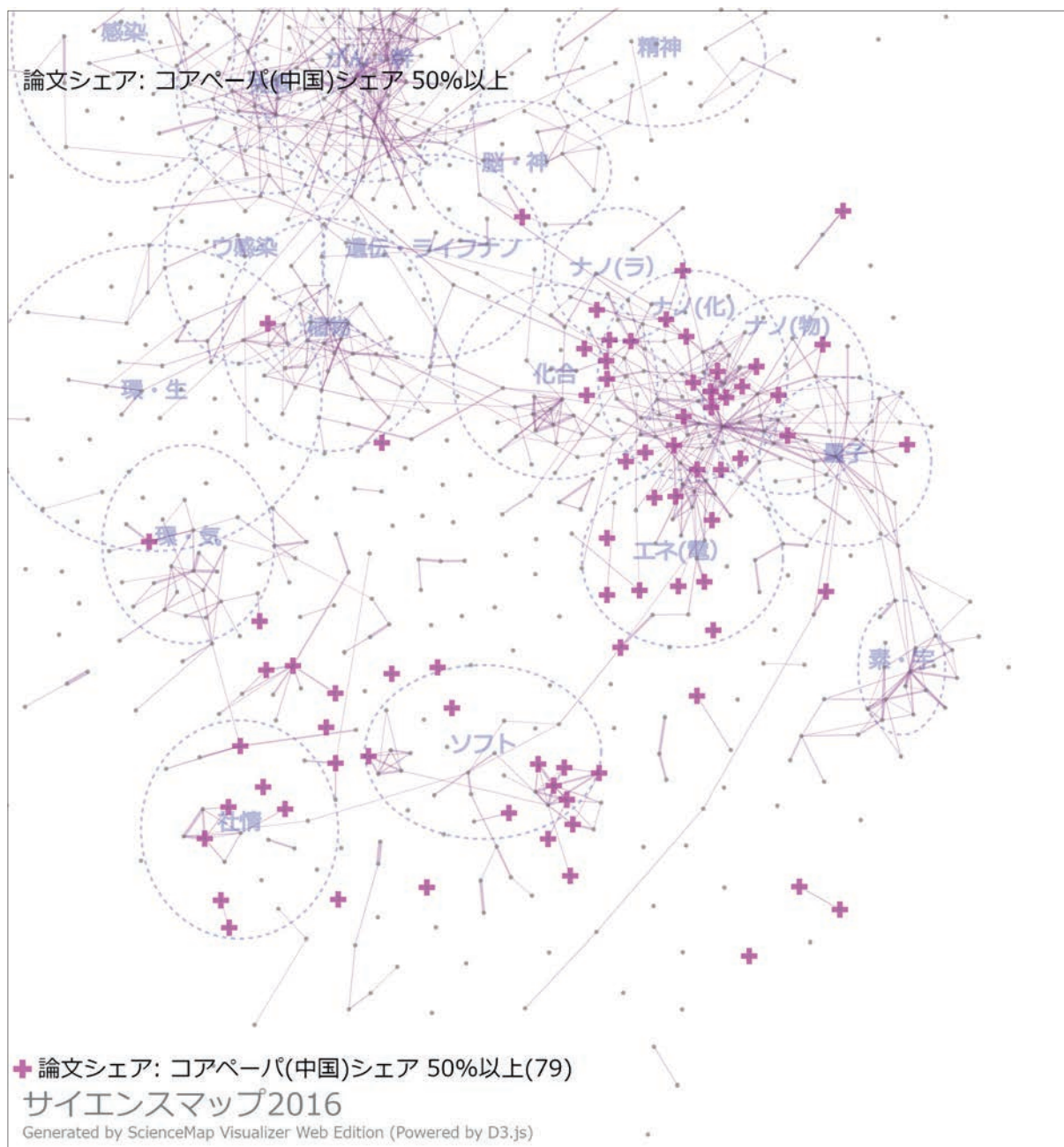
研究領域 ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	中国シェア (コア・分数)	サイティングペーパー数	コアペーパー平均出版年	Sci-GEO研究領域型
245	スーパーキャパシタ;比蓄電容量;電気化学的;ポラスカーボン;表面積;水酸化カリウム;二酸化マンガン;電極;電極材料;窒素	学際的・分野融合的領域	7	100.0%	220	2014.3	ベニシユラ型
706	水素付加;水素化マグネシウム(水素吸蔵合金);合金;水素貯蔵;脱水素;脱離;電気化学的;水素エネルギー;電極;粉砕	学際的・分野融合的領域	4	100.0%	55	2015.3	スモールアイランド型
379	構造ヘルスマニタリング;ブリッジ;センサ配置;手法;コンクリート;具体的;合成;構成;破損検出;分析;最適なセンサ配置;監視システム	工学	4	100.0%	186	2012.5	アイランド型
233	ガス化;超臨界水;油性排水;酸化;化学的酸素要求量;除去;温度;改善;汚泥;沈殿物;健康関連QOL	社会科学・一般	16	97.9%	160	2014.7	スモールアイランド型
640	リチウムイオン電池用正極材料;高電圧;カソード材料;リチウムイオン電池;容量保持率;電解質添加剤;電気化学的性能;塗装;改善;循環	工学	12	91.7%	193	2014.7	スモールアイランド型
78	攻撃;画像暗号化アルゴリズム;カオス画像;セキュリティ;ピクセル;画像暗号化方式;カオス系;カオス;カラー画像;セキュリティ分析	工学	11	90.9%	273	2013.7	アイランド型
527	誘電特性;ファイバー;ナノコンポジット;誘電率;誘電損失;比誘電率;ポリマー;複合;膜;PLGA(乳酸-グリコール酸共重合体)	材料科学	4	90.0%	476	2014.3	スモールアイランド型
389	フラボノイド;親和性;結合;ポリフェノール;酸化防止剤;活動;カテキン;相互作用;多価フェノール;ヒト血清アルブミン	農業科学	4	90.0%	164	2012.3	アイランド型
731	グラフ;頂点;エネルギー;尺度;距離;ネットワーク;合計;木;定義;エントロピー	数学	10	89.0%	144	2014.4	スモールアイランド型
503	中継;ネットワーク;通信;無線;ユーザ;手法;コグニティブ無線;MIMO(multiple-input and multiple-output);シミュレーション;解決法	学際的・分野融合的領域	4	88.8%	131	2013.8	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。



図表 45 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。

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

#### 4-4-7 サイエンスマップ上にみる米国の活動状況

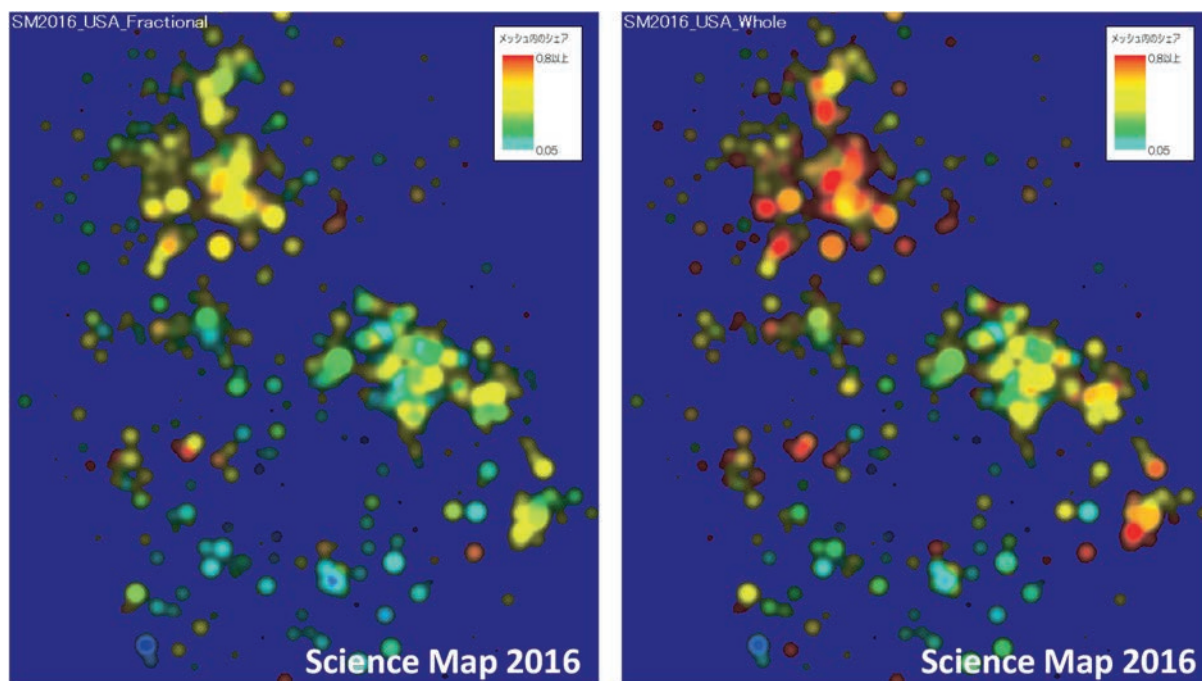
サイエンスマップ 2016 上に、米国の研究領域のシェアの情報をオーバーレイさせた結果を図表 46 に示す。コアペーパーにおける米国論文シェアは図表 38 に示したように、他国と比較しても群を抜いており、科学研究を先導する様子が見えてくる。

しかしながら、サイエンスマップ全体のバランスをみると、コアペーパーにおける論文シェアに濃淡が存在することが分かる。生命科学にかかわる研究領域群が高いコアペーパーシェアを示す状況に比して、化学合成研究やナノサイエンス研究にかかわる研究領域群でのコアペーパーシェアが相対的に低い。また、ソフトコンピューティング関連研究や社会情報インフラ関連研究(IoT 等)においては、いずれもコアペーパーシェアが小さい。先に述べたように、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。

図表 46 サイエンスマップ 2016 上に示した米国の論文シェア(グラデーションの定義が異なるので注意)

(A) 米国【分数カウント法】

(B) 米国【整数カウント法】



注: 論文シェアが5%を水色で表示し、80%以上を赤色で表示した。

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。

#### 4-4-8 サイティングペーパー(Top10%)にみる主要国のシェア

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」と呼び、その中でも被引用数の高い論文については、「サイティングペーパー(Top10%)」と呼ぶ。これらの意味としては、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。他方、サイティングペーパー(Top10%)はコアペーパーをフォローしている論文となり、研究領域を山に例えるならば山の中腹となる。

サイエンスマップ(サイティングペーパー(Top10%))における主要国のシェアの変化を調べたところ、サイエンスマップ 2002 時点と比べて、整数カウント法ではドイツ、英国、フランス、韓国は論文シェアをやや増加させる一方で、米国や日本のシェアは低下している。中国についてはシェアを大幅に増加させている。

分数カウント法では、米国、ドイツ、英国、日本、フランスにおいてシェアが低下傾向にある(図表 47)。他方、韓国のシェアは増加、中国のシェアは大幅な増加をみせている。

サイティングペーパー(Top10%)のシェアにおいても日本は、ドイツや英国に差を付けられている。中国はサイティングペーパー(Top10%)においても、シェアを大きく増加させている。

図表 47 サイティングペーパー(Top10%)における主要国のシェアの変化

##### (A)整数カウント法

サイティングペーパー(Top10%) 整数カウント法	米国	ドイツ	英国	日本	フランス	韓国	中国
サイエンスマップ2002	56.4%	10.9%	11.4%	8.3%	6.9%	1.3%	2.0%
サイエンスマップ2004	55.2%	11.1%	11.2%	8.1%	6.7%	1.7%	3.5%
サイエンスマップ2006	52.8%	11.6%	11.2%	7.8%	6.7%	2.0%	5.9%
サイエンスマップ2008	51.1%	11.7%	11.7%	7.2%	7.2%	2.3%	8.1%
サイエンスマップ2010	48.9%	12.1%	11.9%	6.5%	7.5%	2.6%	10.5%
サイエンスマップ2012	46.4%	12.1%	12.1%	6.3%	7.6%	3.1%	14.1%
サイエンスマップ2014	43.9%	12.2%	12.2%	6.0%	7.5%	3.5%	19.5%
サイエンスマップ2016	42.3%	12.1%	12.5%	5.7%	7.3%	3.8%	23.8%

##### (B)分数カウント法

サイティングペーパー(Top10%) 分数カウント法	米国	ドイツ	英国	日本	フランス	韓国	中国
サイエンスマップ2002	48.6%	7.2%	7.8%	6.6%	4.4%	0.9%	1.4%
サイエンスマップ2004	47.0%	7.1%	7.4%	6.3%	4.1%	1.2%	2.7%
サイエンスマップ2006	44.4%	7.1%	7.1%	5.9%	3.9%	1.5%	4.6%
サイエンスマップ2008	42.1%	6.9%	6.9%	5.3%	4.0%	1.6%	6.3%
サイエンスマップ2010	39.5%	7.0%	6.7%	4.7%	4.1%	1.8%	8.1%
サイエンスマップ2012	36.2%	6.6%	6.5%	4.4%	4.0%	2.0%	11.0%
サイエンスマップ2014	33.0%	6.3%	6.1%	3.9%	3.6%	2.2%	15.3%
サイエンスマップ2016	30.7%	6.0%	5.9%	3.5%	3.3%	2.4%	18.6%

注: サイティングペーパー(Top10%)については、2017 年末の被引用数を用いて決定した。

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・分析を実施。

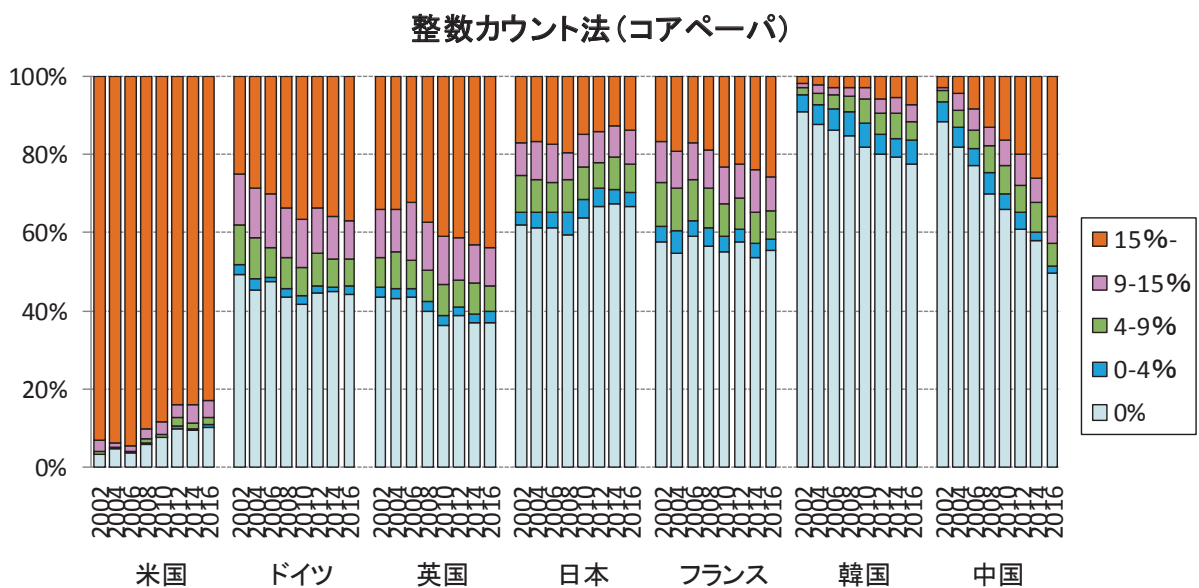
## 4-5 サイエンスマップにみる日本と主要国の研究領域の参画割合(研究の多様性)の変化

### 4-5-1 日本と主要国の論文シェアごとの全研究領域分布の時系列変化

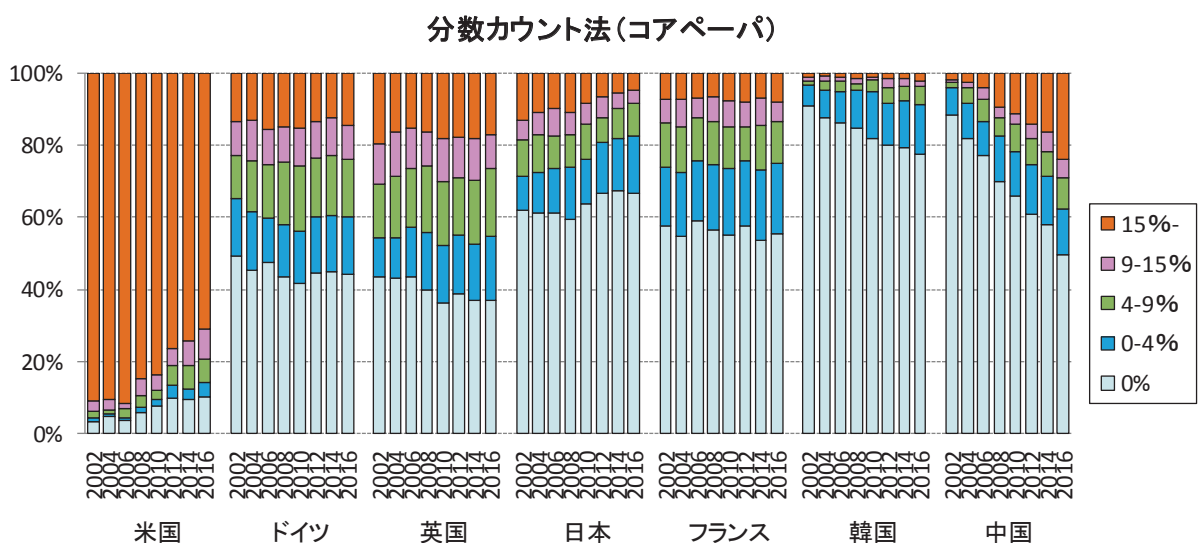
各国の論文シェアごとの全研究領域分布の時系列変化を示す(図表 48)。サイエンスマップ 2002~2008 にかけて、日本の状況は大きく変化していなかったが、サイエンスマップ 2010~2014 にかけて、論文シェアが 0%の研究領域の割合が徐々に増加した。サイエンスマップ 2016 では、シェアが 0%の研究領域の割合はわずかに減少した。英国、ドイツについては、シェアが 0%の研究領域の割合が長期的に減っていることが分かる。中国は、整数カウント法のみでなく、分数カウント法においても着実に高いシェアを示す研究領域数を増やしている。研究領域数の分布は図表 49 に示す。

図表 48 各国の論文シェアごとの全研究領域分布の時系列変化

#### (A)整数カウント法



#### (B)分数カウント法



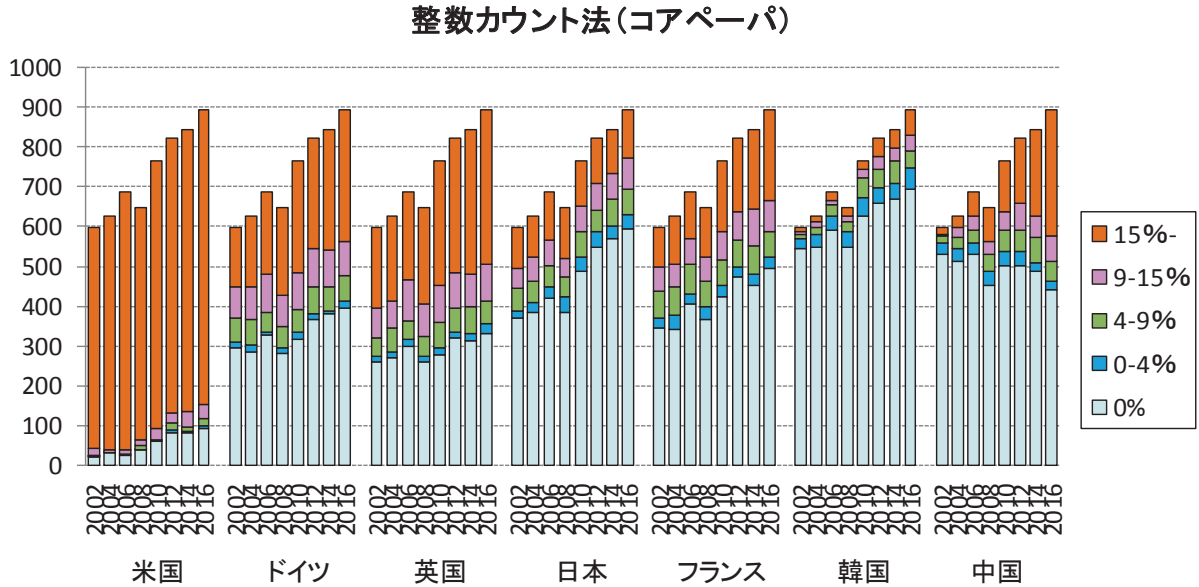
注: 論文シェアの区切りは 0%、4%未満(0%を除く)、4%以上 9%未満、9%以上 15%未満、15%以上となっている。

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。

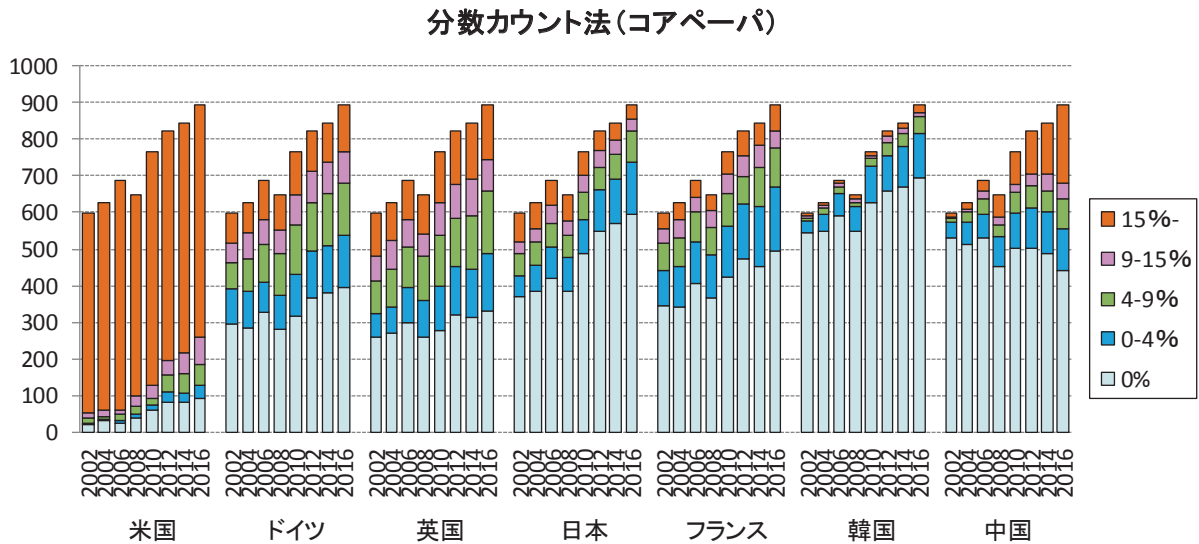


図表 49 各国の論文シェアごとの全研究領域数の時系列変化

(A)整数カウント法



(B)分数カウント法



注： 論文シェアの区切りは0%、4%未満(0%を除く)、4%以上9%未満、9%以上15%未満、15%以上となっている。  
 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。

#### 4-5-2 日本と主要国の参画領域数(コアペーパー)の比較

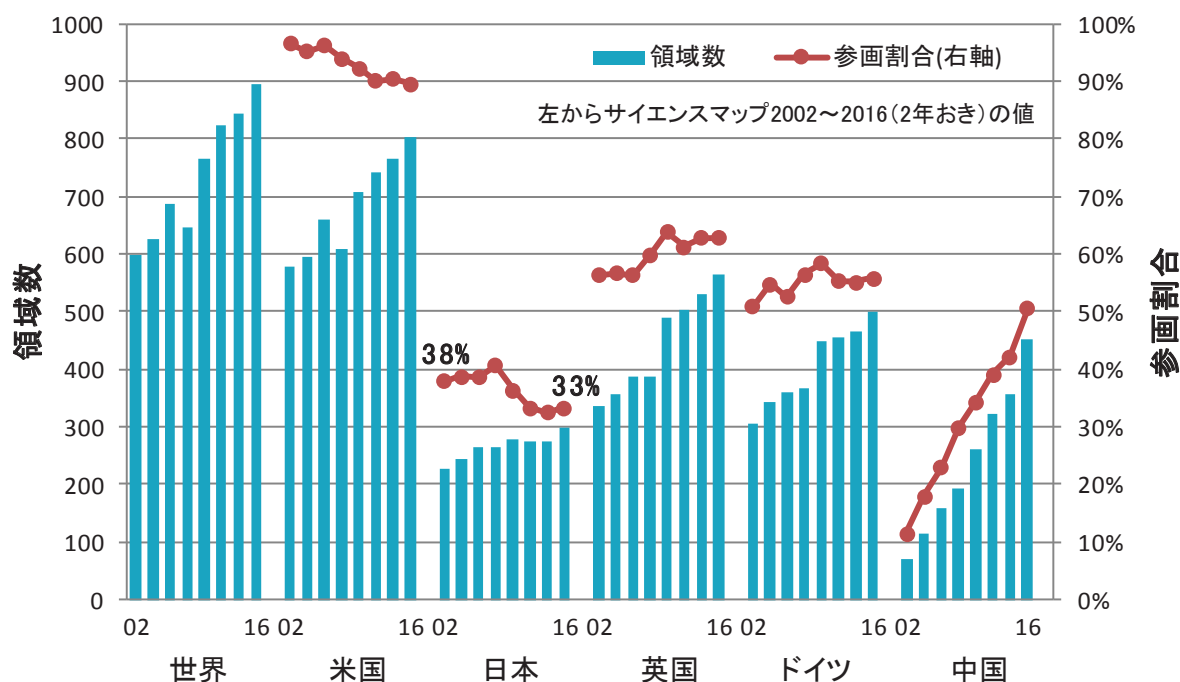
サイエスマップの研究領域にどれだけ参画しているかをみることは、国際的に注目を集める研究領域をどれだけカバーできているか、どれだけの多様性を持っているかという点の指標となる。

まず、サイエスマップにおける米国、日本、英国、ドイツ、中国の参画領域数の推移を図表 50 に示す。サイエスマップ 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スマップ 2008 以降、伸び悩みがみられていた。しかし、サイエスマップ 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、サイエスマップ 2008 では 41%あったが、サイエスマップ 2014 では 32%へと 9 ポイント低下した。サイエスマップ 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。

図表 50 サイエ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。

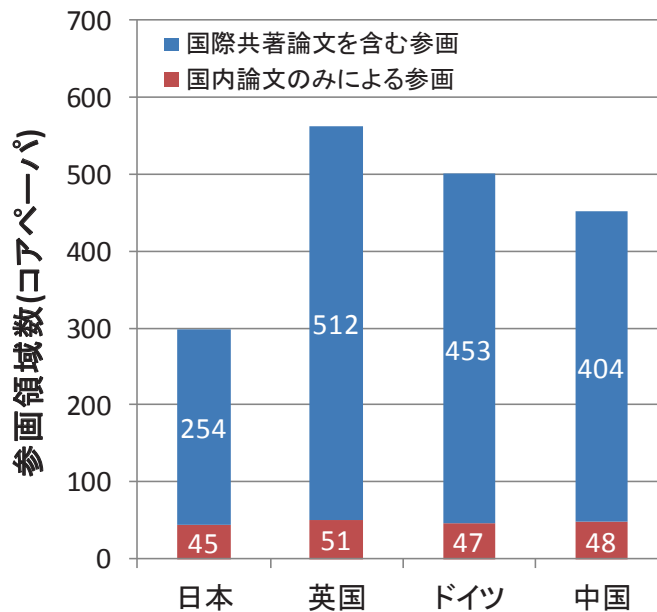
日本に比べて英国やドイツがサイエスマップ上での参画割合を高く維持している背景として、国際共著論文率が高いことが関係していると考えられる。そこで、サイエスマップ 2016 の日本、英国、ドイツ、中国の参画領域において、国際共著論文が含まれている参画領域と、国内論文のみによる参画領域に分類した(図表 51)。

その結果、国内論文のみによる参画領域の数は、おおむね 50 領域であり、4 カ国で大きな差が無いことが分かった。つまり、日本は国際共著論文も含むような形で研究領域に参画していく、つまり国際共著論文を成果として出す国際共同研究活動も含めた研究活動が行われる領域で、英国やドイツと大きく差をつけられてい

ることが分かる。中国についても、国内論文のみによる参画領域数は 48 領域にとどまっている。

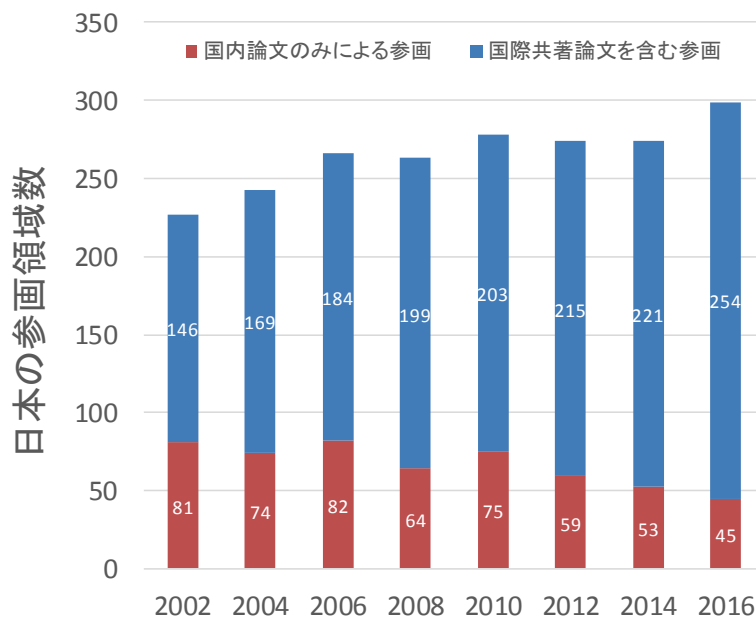
図表 52 には、日本の参加領域数と国際論文の関係を示した。国内論文のみによる参画領域が長期的に減少する中、国際共著論文による参画領域は増加している。特に、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけては、国際共著論文による参画領域が 33 増加し、国内論文のみによる参画領域は 8 減少している。つまり、サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけての、日本の参画領域数の増加は、国際共著論文による参画領域の増加によるものであると言える。

図表 51 サイエンスマップ 2016 における日英独中の参加領域数と国際論文の関係



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。

図表 52 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。

図表 53 では、サイエンスマップの研究領域のコアペーパーに1件以上関与していたら、参画しているとみなし、日本、英国、ドイツ、中国の参画領域数の比較を分野ごとに示した。

英国やドイツと比較して、日本の参加領域数の差が大きいのは、臨床医学と学際的・分野融合的領域であることが分かる。学際的・分野融合的領域においては、日本が 69 領域に参画のところ、英国は 120 領域、ドイツは 113 領域に参画している。

つぎに、分野ごとに研究領域への参画割合をみる。研究領域全体への参画割合(33%)を基準に考えると、日本は宇宙科学、物理学、植物・動物学の研究領域への参画割合は相対的に高く、経済・経営学、社会科学・一般については参画割合が10%を切っている。臨床医学や学際的・分野融合的領域については、参画領域数という観点からは英国やドイツと差が広がる要因となっている。しかし、研究領域全体への参画割合を基準として考えると、臨床医学や学際的・分野融合的領域への参画割合は、日本の全体とほぼ同じくらいの値である。

図表 53 サイエンスマップ 2016 における日英独中の参画領域数の比較(分野別)

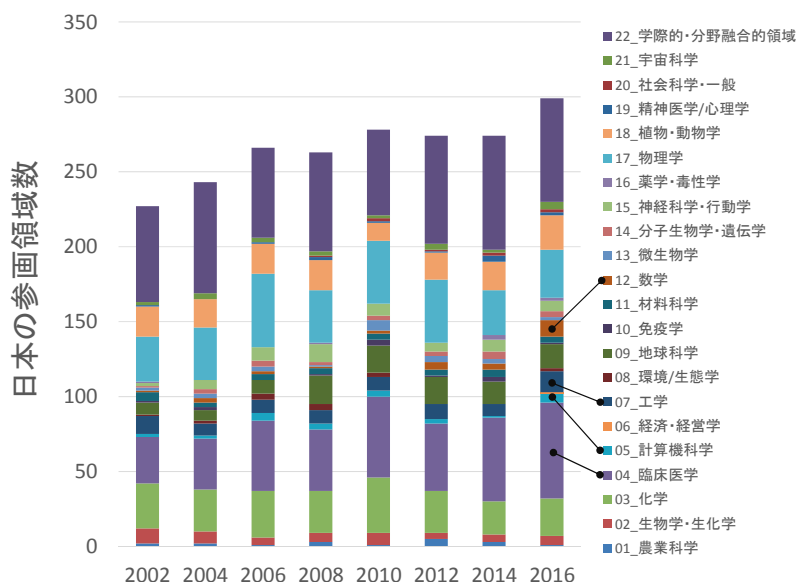
	サイエンス マップ2016	日本	英国	ドイツ	中国	
分野 に軸足を 持つ 研究領域 の数	農業科学	12	1 (8%)	4 (33%)	2 (17%)	4 (33%)
	生物学・生化学	16	6 (38%)	9 (56%)	6 (38%)	4 (25%)
	化学	68	25 (37%)	34 (50%)	48 (71%)	45 (66%)
	臨床医学	176	64 (36%)	143 (81%)	115 (65%)	56 (32%)
	計算機科学	20	6 (30%)	8 (40%)	1 (5%)	17 (85%)
	経済・経営学	16	1 (6%)	9 (56%)	6 (38%)	6 (38%)
	工学	72	14 (19%)	26 (36%)	18 (25%)	59 (82%)
	環境/生態学	16	2 (13%)	12 (75%)	8 (50%)	5 (31%)
	地球科学	33	16 (48%)	25 (76%)	22 (67%)	18 (55%)
	免疫学	4	1 (25%)	1 (25%)	3 (75%)	1 (25%)
	材料科学	11	4 (36%)	4 (36%)	5 (45%)	8 (73%)
	数学	33	11 (33%)	11 (33%)	13 (39%)	22 (67%)
	微生物学	8	2 (25%)	5 (63%)	4 (50%)	2 (25%)
	分子生物学・遺伝学	14	4 (29%)	10 (71%)	6 (43%)	7 (50%)
	神経科学・行動学	21	7 (33%)	16 (76%)	15 (71%)	3 (14%)
	薬学・毒性学	6	2 (33%)	5 (83%)	4 (67%)	1 (17%)
	物理学	62	32 (52%)	49 (79%)	49 (79%)	43 (69%)
	植物・動物学	44	23 (52%)	29 (66%)	34 (77%)	24 (55%)
	精神医学/心理学	21	2 (10%)	14 (67%)	8 (38%)	2 (10%)
	社会科学・一般	33	2 (6%)	20 (61%)	11 (33%)	3 (9%)
宇宙科学	9	5 (56%)	9 (100%)	9 (100%)	5 (56%)	
学際的・分野融合的領域の数	200	69 (35%)	120 (60%)	113 (57%)	117 (59%)	
総計	895	299 (33%)	563 (63%)	500 (56%)	452 (51%)	

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。



図表 54 に日本の分野別参画領域数の時系列変化を示す。サイエンスマップ 2014 から 2016 にかけて、臨床医学で 8 領域、数学で 7 領域、工学で 6 領域、計算機科学で 5 領域が増加している。サイエンスマップ 2014 における参画領域は、数学で 4 領域、工学で 8 領域、計算機科学で 1 領域であったので、大幅に増加していることが分かる。数学、工学、計算機科学について、日本が参画している研究領域を図表 55 に示す。

図表 54 日本の分野別参加領域数の時系列変化



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。

図表 55 数学、工学、計算機科学における日本の参加領域 (サイエンスマップ 2016)

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	コアペーパー数(日本)
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	5
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	4
756	演算子;ハーディ空間;機能・関数;実数空間 $R^n$ ;最大;有界性;著者;無限;加重;積分	数学	24	3
200	強収束;変分不等式;ヒルベルト空間;不動点問題;非拡張;反復アルゴリズム;分割;SFP(Split Feasibility Problem);分割可能性;共通不動点	数学	16	2
732	方程式;存在;分数;実数空間 $R^n$ ;シュレディンガー方程式;ソリューション;デルタ;非局所;キルヒホッフ型;ラプラス演算子	数学	114	2
772	遅延;感染症モデル;グローバル;ウイルス;漸近安定;安定性;細胞;大域的安定;免疫応答;平衡	数学	4	2
327	崩壊率・減衰速度;ソリューション;時間減衰;最適;ポルツマン方程式;グローバル;圧縮可能;システム;初期;ポアソン	数学	7	1
350	ランダム;ポリマー;変動;Kardar-Parisi-Zhang方程式;次元;フォーミュラ;普遍性;手法;ブラウン運動;普遍性クラス	数学	13	1
604	確率的;ランダムアトラクタ;存在;非自立的;ブルバック;ノイズ;動力学系;方程式;分数;非整数ブラウン運動	数学	6	1
703	方程式;ソリトン解;パルス;光学的;非線形性;次元;正確;波;波動解;シュレディンガー方程式	数学	13	1
731	グラフ;頂点;エネルギー;尺度;距離;ネットワーク;合計;木;定義;エントロピー	数学	10	1

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。

図表 55 数学、工学、計算機科学における日本の参加領域(サイエンスマップ 2016)(続き)

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	コアペーパー 数(日本)
118	フレーム;壁;予混合;温度;空気;小型燃焼器;燃焼;燃料;フロー;熱	工学	5	2
524	モジュラマルチレベル変換器;コンデンサ電圧;高電圧直流;サブモジュール;出力;シミュレーション;コントローラ;モデル予測制御;電流;予測制御	工学	36	2
542	中国;エネルギー効率;再生可能エネルギー;経済的;ポリシー;政策;消費;排出・放出;二酸化炭素放出;国立開発	工学	5	2
725	遅延;コントローラ;ファジー;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	2
61	最大電力点追跡;電圧;変換器;光発電システム;太陽;光起電力;日よけ;グリッド;DC-DCコンバータ;コントローラ	工学	22	1
96	頻度・周波数;コイル;無線電力伝送;磁気;距離;電力伝達システム;カップリング;ワイヤレス電源システム;誘導電力;ワイヤレス電力伝送	工学	21	1
105	プラグイン電気自動車;エネルギー;需要;負荷;スマートグリッド;帯電;電力系統;装入;プラグインハイブリッド自動車;充電	工学	6	1
121	マイクログリッド;電圧;出力;コントローラ;分散・分布;負荷;変換器;アイランド化マイクログリッド;手法;ドループ	工学	18	1
122	真菌;細菌;空中;屋内;微生物;コミュニティ;環境;ヒト;屋内空気;サンプル	工学	7	1
127	画質評価;メトリック;歪み;主観的;知覚;No reference型;視覚・ビジュアル;ビデオ;データベース;参照画像	工学	17	1
290	触媒;バイオディーゼル生産;エステル交換;メタノール;油;モル比;酸化カルシウム;温度;ヘテロジニアス;酸	工学	15	1
511	Li4Ti5O12(電池材料);リチウムイオン電池;アノード材料;放電;速度性能;二酸化チタン;炭素;電気化学的;高速・高率;電気化学的性能	工学	8	1
680	車両;インスタンス;ルート問題;解決法;排出・放出;顧客;ヒューリスティック;ロジスティクス;輸送経路問題;タイムウィンドウ	工学	9	1
779	燃料;温度;フレーム;1-ブタノール;燃焼;着火遅れ時間;実験的;当量比;層流;速度論	工学	6	1
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	7
562	プロトコル;ユーザ;ノード;通信;無線センサネットワーク;経路・パスウェイ;エネルギー;シミュレーション;解決法;移動性	計算機科学	38	2
218	Machine to Machine(M2M);ネットワーク;スマートグリッド;無線;エネルギー;Machine to Machine(M2M)通信;パワー;モノのインターネット(IoT);手法;解決法	計算機科学	4	1
410	ソフトウェア定義ネットワーク;コントローラ;OpenFlow;コントロールプレーン;仮想的;手法;資源;インターネット;可動性;スイッチ	計算機科学	4	1
621	言語;グループ意思決定;直感的ファジー;集約演算子;Hesitant fuzzy sets(ファジイ集合);ファジー集合;区間値;加重;情報;意思決定者	計算機科学	111	1
783	アンテナ;無線;チャンネル;MIMO(multiple-input and multiple-output);中継;ユーザ;秘密;送信・伝染;エネルギー;基地局	計算機科学	112	1

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。

### 4-5-3 日本と主要国の参画領域数の比較(コアペーパーとサイティングペーパー(Top10%)の分析)

サイエンスマップの研究領域のうち、研究領域を先導するコアペーパーとそれらをフォローしているサイティングペーパー(Top10%)における参画状況を比較することで、フォロワーの厚みを確認することができる。図表 56(A)では、サイエンスマップ 2016 におけるコアペーパーとサイティングペーパーでの日本、英国、ドイツ、中国の参画領域数を比較した。

日本の場合、コアペーパーの参画領域数は 299 領域であるのに対し、サイティングペーパー(Top10%)における参画数は 694 領域と多い。コアペーパーよりサイティングペーパー(Top10%)の参画数の方が多いため、他国も同じである。

しかし、サイティングペーパー(Top10%)における参画数及びその参画割合をみると、日本はコアペーパーの時と同様に、英国やドイツに大きく水をあけられている。国際的に注目を集める研究におけるフォロワーの厚みという観点から見ても、やや不安が残る結果である。さらに、コアペーパーにおける参画数とサイティングペーパー(Top10%)における参画数の比をみると、日本が 43%であるのに対して英国は 69%、ドイツは 62%となっていることが確認された(図表 56(B))。

中国については、サイティングペーパー(Top10%)における参画数については、ドイツとほぼ同じ規模である。しかし、コアペーパーにおける参画数とサイティングペーパー(Top10%)における参画数の比は 56%であり、ドイツの 62%と比べて低いため、コアペーパーによる参画領域数が少なくなっている。ただし、サイエンスマップ 2014 における、コアペーパーにおける参画数とサイティングペーパー(Top10%)における参画数の比は 49%であったので、その割合は着実に上昇している。

研究領域を山に例えるならば、この割合は山頂と中腹のバランスである。日本は、中腹に研究者が居る割には十分に山頂まで登ることができていないと考えられる。研究領域に参画しているフォロワーである研究者を、研究領域を先導する研究者に引き上げる必要もあるだろう。

図表 56 サイエンスマップ 2016 におけるコアペーパーとサイティングペーパー(Top10%)での日英独中の参画領域数

(A)

サイエンスマップ2016	世界	日本		英国		ドイツ		中国	
	領域数	参画領域数	割合	参画領域数	割合	参画領域数	割合	参画領域数	割合
コアペーパー	895	299	33%	563	63%	500	56%	452	51%
サイティングペーパー (Top10%)	895	694	78%	816	91%	803	90%	806	90%

(B)

サイエンスマップ2016	世界	日本		英国		ドイツ		中国	
	領域数	参画領域数	コア/ サイティング	参画領域数	コア/ サイティング	参画領域数	コア/ サイティング	参画領域数	コア/ サイティング
コアペーパー	895	299	43%	563	69%	500	62%	452	56%
サイティングペーパー (Top10%)	895	694		816		803		806	

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。

## 5 研究領域の特徴を分ける Sci-GEO チャート

### 5-1 サイエンス全体とサイエンスマップの範囲との関係

サイエンスマップは国際的に注目を集める研究領域を俯瞰している。このサイエンスマップの研究領域のコーアペーパーに対して、サイティングペーパーがあり、その周りに他の論文があると考えられる。

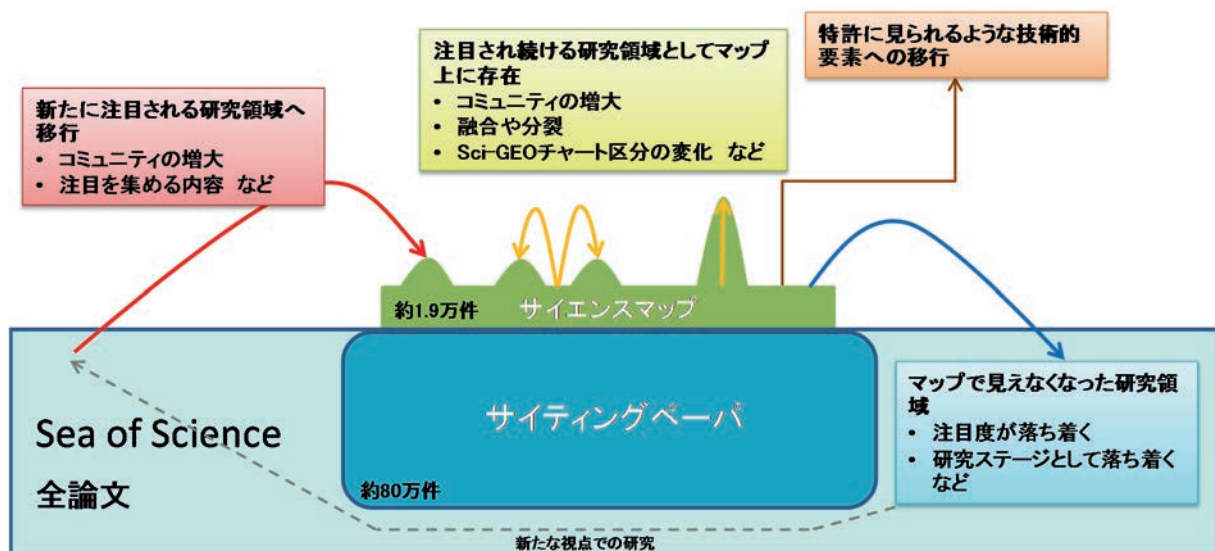
サイエンスマップには、国際的に注目されている研究領域が可視化されているので、そこに継続して存在している研究領域については、コミュニティの増大や融合、分裂といった動きが観測される。ただし、サイエンスマップは閉じた世界では無く、その外側には全論文からなる知識全体(Sea of Science)が存在しているといえる。この Sea of Science から、新たに注目される研究領域が形成され、それがサイエンスマップ上でモニタリングされるようになる。

一連の研究活動の中では、応用に向かうフェーズ、テーマとしてのある一定のところでのまとめをおこなうフェーズなど、さまざまなフェーズがある。この観点からみると、サイエンスマップで検出されないようになる領域として、①特許にみられるような技術的要素へ移行したもの、②研究ステージとして落ち着いたもの、③注目度が落ち着いたものが考えられる。このような検出されなくなった研究領域についても、そこで得られた知識は蓄積されており、無くなるものではない。また、どちらのパターンについても、次のフェーズに入るような何らかの発見等があれば、新たに注目される研究領域として、再びサイエンスマップ上で検出されるようになる。

このように、サイエンス全体の中でサイエンスマップは、サイエンスの研究が多くの注目を浴び、進展していくフェーズを切り取ったものであり、これらの周りに位置する知識があつてこそ成立する循環型のシステムといえる。

そして、研究領域は、ある研究内容を共にする研究コミュニティを示しているので、このような研究領域の循環には、研究者の世代交代や専門分野間の移動などのダイナミクスも関与してくると考えられる。

図表 57 サイエンスの全体像とサイエンスマップの関係(イメージ)





## 5-2 研究領域の特徴を分類する Sci-GEO チャート

### 5-2-1 Sci-GEO チャートの考え方

近年、論文を研究成果としての公表媒体とするような研究活動の全般に係る科学技術・学術政策の議論をする際、「苗床としての基礎研究」「基礎研究の多様性」「選択と集中」といった論点が提示される。しかしながら、これまでの政策議論では、必ずしも定量的なエビデンスが十分に提示されず議論がなされ、過去の経験や海外の施策などを参考に政策が進められてきた。しかし、結果として日本はサイエンスマップにみる国際的に注目を集める研究領域において、この10年間その存在感を低下させている。

「基礎研究の多様性」を担っているのはどのような研究領域なのか、その中でもどのような研究領域が「選択と集中」の候補となりえるのか。また、「基礎研究の多様性」と「選択と集中」のバランスをどのように考えれば良いのか。現在の研究開発費をいかにより効率良く活用していくかという論点のように、その配分方法がより重要になる文脈においては、これらの問いについて、定量的なエビデンスを構築し、政策決定者が認識を共有した上で議論を行う必要がある。

このような問いに答えるため、サイエンスマップ 2012 の報告書<sup>1</sup>では、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(図表 58)。

図表 58 研究領域の特徴を分けるジオチャート



1 文部科学省科学技術・学術政策研究所, サイエンスマップ 2010&2012, NISTEP REPORT No. 159 (2014年7月)

サイエンスマップを継続的に観測していると、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。これらの「硬い部分」「柔らかい部分」については、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)を用いることで分類できる。科学研究は過去の知見に基づいて行われること、そして研究は独立してではなくその間にさまざまな関係性をもって成り立っていることから考えても妥当な分類と言える。

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」とする。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」とする。

「研究領域の継続性」と「他の研究領域との関与の強さ」については、以下のように設定した。

#### ○ 研究領域の継続性

研究領域の継続性については、研究領域間のコアペーパーの共通度を用いて判定した。例えば、サイエンスマップ 2014 の研究領域(A)とサイエンスマップ 2016 の研究領域(B)の場合、両者が共通度 0.2 以上でつながっている場合、研究領域(B)は継続性があると判定した。共通度については、以下の式で計算している。

$$\text{共通度}(YearA.i;YearB.j) = M(YearA.i;YearB.j) / \sqrt{M(YearA.i) \times M(YearB.j)}$$

ここで、 $M(YearA.i;YearB.j)$  は Year A の研究領域  $i$  と Year B の研究領域  $j$  で共通なコアペーパー数、 $M(YearA.i)$  は Year A の研究領域  $i$  のコアペーパー数、 $M(YearB.j)$  は Year B の研究領域  $j$  のコアペーパー数である。

#### ○ 他の研究領域との関与の強さ

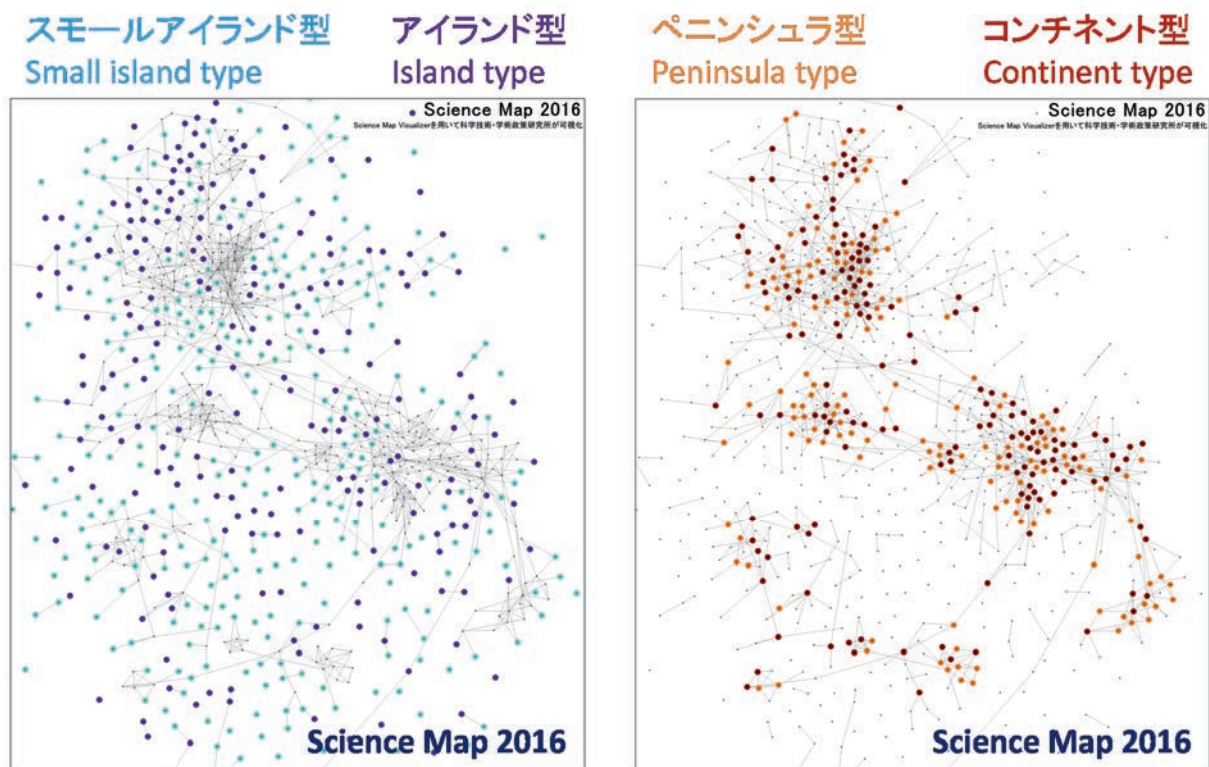
他の研究領域との関与の強さについては、一定以上の共引用度で結びついている研究領域数によって判断した。本分析では、ある研究領域に注目したとき 0.02 以上の共引用度で結びついている研究領域数が 3 以上の場合は、他の研究領域との関与が強い、2 以下の場合は他の研究領域との関与が弱いと考えた。

## 5-2-2 サイエンスマップにみる Sci-GEO チャートによる研究領域タイプの位置

Sci-GEO チャートによる研究領域の分類をサイエンスマップ 2016 上に示すと図表 59 のとおりである。コンチネント型領域とペニンシュラ型領域はネットワークの中心部に位置し、スモールアイランド型とアイランド型はそれらを取り巻くような配置となっている。

3-3 で示したサイエンスマップの時系列変化との対応をみると、コンチネント型、ペニンシュラ型はマップ上で山を形成している部分、アイランド型、スモールアイランド型は島や小島を形成している部分に対応しており、Sci-GEO チャートが研究領域の特徴を良く表現していることが確認できる。

図表 59 サイエンスマップ上にみる研究領域の特徴と位置の関係



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。

### 5-2-3 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプの研究領域例

Sci-GEO チャートの研究領域タイプごとに、サイエンスマップ 2016 における研究領域の例を図表 60 に示す。

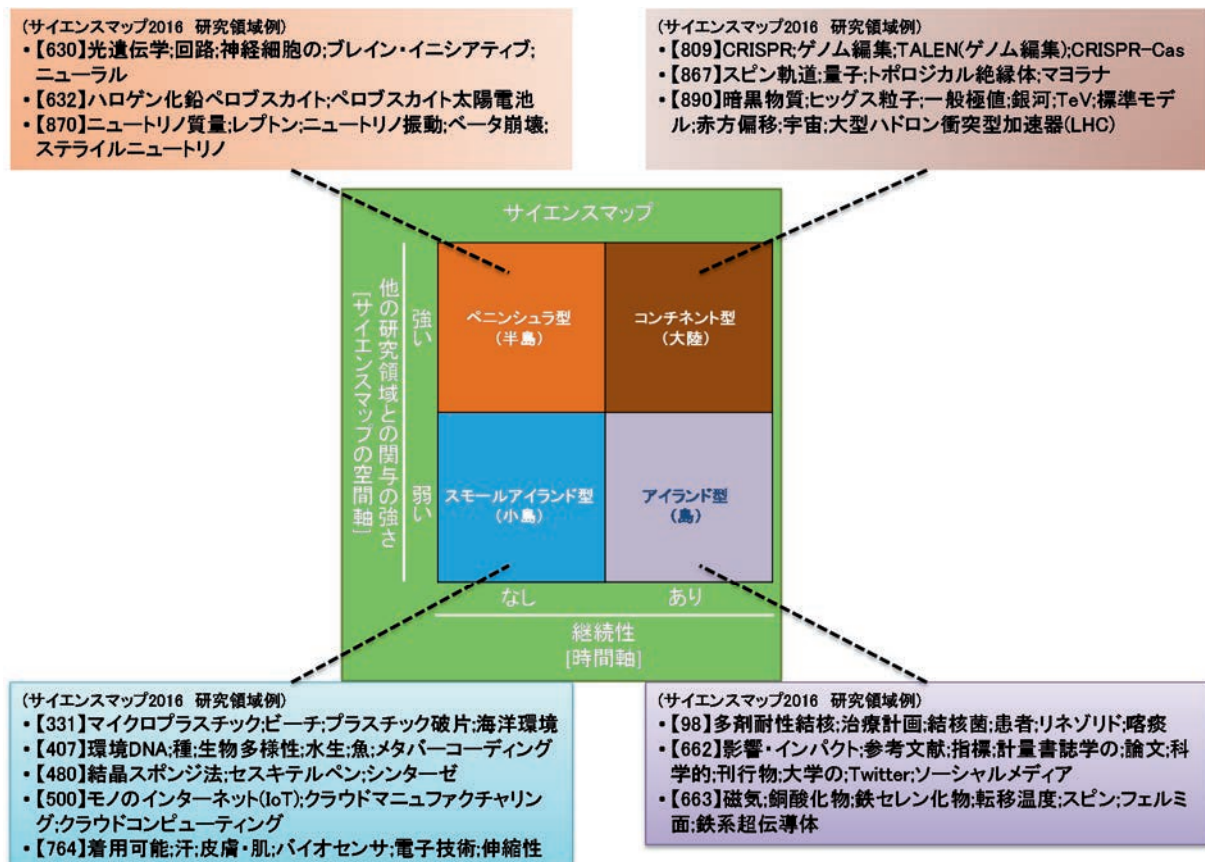
コンチネント型領域には、「【809】CRISPR;ゲノム編集;TALEN(ゲノム編集);CRISPR-Cas」、「【867】スピン軌道;量子;トポロジカル絶縁体;マヨラナ」、「【890】暗黒物質;ヒッグス粒子;一般極値;銀河;TeV;標準モデル;赤方偏移;宇宙;大型ハドロン衝突型加速器(LHC)」に関する領域が含まれる。

ペニンシュラ型領域には、「【630】光遺伝学;回路;神経細胞の;ブレイン・イニシアティブ;ニューラル」、「【632】ハロゲン化鉛ペロブスカイト;ペロブスカイト太陽電池」、「【870】ニュートリノ質量;レプトン;ニュートリノ振動;ベータ崩壊;ステライルニュートリノ」に関する領域が含まれる。

アイランド型領域には、「【98】多剤耐性結核;治療計画;結核菌;患者;リネゾリド;喀痰」、「【662】影響・インパクト;参考文献;指標;計量書誌学の;論文;科学的;刊行物;大学の;Twitter;ソーシャルメディア」、「【663】磁気;銅酸化物;鉄セレン化物;転移温度;スピン;フェルミ面;鉄系超伝導体」に関する領域が含まれる。

スモールアイランド型領域には、「【331】マイクロプラスチック;ビーチ;プラスチック破片;海洋環境」、「【407】環境 DNA;種;生物多様性;水生;魚;メタバーコーディング」、「【480】結晶スポンジ法;セスキテルペン;シンターゼ」、「【500】モノのインターネット(IoT);クラウドマニファクチャリング;クラウドコンピューティング」、「【764】着用可能;汗;皮膚・肌;バイオセンサ;電子技術;伸縮性」に関する領域が含まれている。

図表 60 Sci-GEO チャート別研究領域例



注: 特徴語については、研究領域の内容が分かると思われる範囲で示している。

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 年バージョン)をもとに集計・分析を実施。



### 5-3 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプの研究領域数とコアペーパー数との関係

Sci-GEO チャートによる研究領域タイプ別に該当研究領域数を比較した(図表 61)。サイエンスマップ 2016 では 895 研究領域が抽出されているが、そのうちスモールアイランド型領域が 355 領域と非常に多い。アイランド型領域が 229 領域、ペニンシュラ型領域が 150 領域、コンチネント型領域が 161 領域となっている。また、Sci-GEO チャートによる研究領域タイプ別の平均コアペーパー数をみると、スモールアイランド型が一番少なく、コンチネント型が一番多いことが分かる。

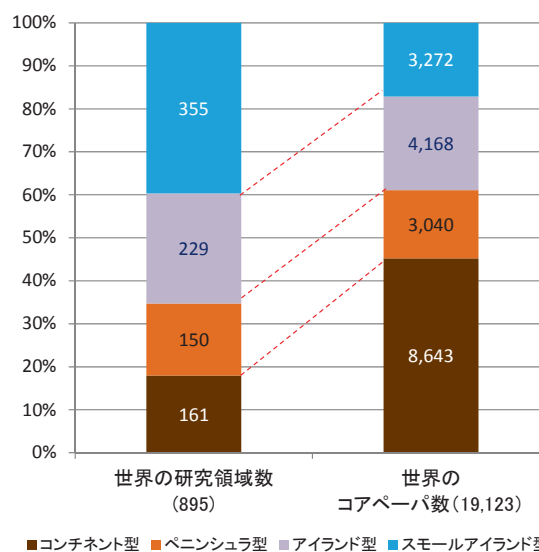
Sci-GEO チャートによるタイプ別の研究領域数とコアペーパー数の関係をまとめた(図表 62)。サイエンスマップ 2016 で得られた国際的に注目を集めている 895 研究領域において、スモールアイランド型領域の数は 355 領域と全体の 4 割を占めている。他方、コンチネント型領域の数は 161 領域であり、全体の 18% であることが分かる。研究領域の中に含まれるコアペーパー数に注目すると、コンチネント型領域に 45% の論文が含まれており、スモールアイランド型領域には 17% の論文が含まれている。

図表 61 Sci-GEO チャートにおける研究領域タイプの特徴



注: 各タイプの平均コアペーパー数は、サイエンスマップ 2016 における各タイプの平均コアペーパー数である。研究領域数(RA: Research Area)はサイエンスマップ 2016 である。

図表 62 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



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。



このTrajectory表示のサイエスマップをベースに、サイエスマップ2004から2006、サイエスマップ2006から2008、サイエスマップ2008から2010、サイエスマップ2010から2012、サイエスマップ2012から2014、サイエスマップ2014から2016の間において、Sci-GEOチャートの研究領域タイプをどのように移り変わっていかを分析した(図表64)。また、サイエスマップ2014からサイエスマップ2016への移行についてSci-GEOチャート上で示したのが図表65である。

図表 64 研究領域タイプ間の移行

SM2004→2006		SM2006				SM2004 領域数	移行確率			SM2004→ 2006 継続数	SM2004→ 2006 継続割合
		(1)スモール アイランド 型	(2)アイラン ド型	(3)ペニン シュラ 型	(4)コンチネ ント型		(X)→(2)	(X)→(4)	(X)→無		
SM2004	(1)スモールアイランド型	0.0	62.5	0.0	20.5	219	28.5%	9.4%	62.1%	83	38%
	(2)アイランド型	0.0	44.2	0.0	20.8	151	29.3%	13.8%	57.0%	65	43%
	(3)ペニンシュラ型	0.0	13.4	0.0	62.6	129	10.4%	48.5%	41.1%	76	59%
	(4)コンチネント型	0.0	14.9	0.0	80.1	127	11.7%	63.1%	25.2%	95	75%

SM2006→2008		SM2008				SM2006 領域数	移行確率			SM2006→ 2008 継続数	SM2006→ 2008 継続割合
		(1)スモール アイランド 型	(2)アイラン ド型	(3)ペニン シュラ 型	(4)コンチネ ント型		(X)→(2)	(X)→(4)	(X)→無		
SM2006	(1)スモールアイランド型	0.0	87.0	0.0	28.0	257	33.9%	10.9%	55.3%	115	45%
	(2)アイランド型	0.0	42.6	0.0	18.4	142	30.0%	13.0%	57.0%	61	43%
	(3)ペニンシュラ型	0.0	23.3	0.0	59.7	141	16.5%	42.4%	41.1%	83	59%
	(4)コンチネント型	0.0	31.3	0.0	87.7	147	21.3%	59.7%	19.0%	119	81%

SM2008→2010		SM2010				SM2008 領域数	移行確率			SM2008→ 2010 継続数	SM2008→ 2010 継続割合
		(1)スモール アイランド 型	(2)アイラン ド型	(3)ペニン シュラ 型	(4)コンチネ ント型		(X)→(2)	(X)→(4)	(X)→無		
SM2008	(1)スモールアイランド型	0.0	68.2	0.0	35.8	248	27.5%	14.4%	58.1%	104	42%
	(2)アイランド型	0.0	63.2	0.0	22.8	169	37.4%	13.5%	49.1%	86	51%
	(3)ペニンシュラ型	0.0	4.1	0.0	47.9	92	4.5%	52.1%	43.5%	52	57%
	(4)コンチネント型	0.0	19.9	0.0	82.1	138	14.4%	59.5%	26.1%	102	74%

SM2010→2012		SM2012				SM2010 領域数	移行確率			SM2010→ 2012 継続数	SM2010→ 2012 継続割合
		(1)スモール アイランド 型	(2)アイラン ド型	(3)ペニン シュラ 型	(4)コンチネ ント型		(X)→(2)	(X)→(4)	(X)→無		
SM2010	(1)スモールアイランド型	0.0	75.1	0.0	21.9	286	26.3%	7.7%	66.1%	97	34%
	(2)アイランド型	0.0	58.6	0.0	15.5	156	37.5%	9.9%	52.6%	74	47%
	(3)ペニンシュラ型	0.0	23.1	0.0	76.9	168	13.8%	45.8%	40.5%	100	60%
	(4)コンチネント型	0.0	26.3	0.0	87.7	155	17.0%	56.6%	26.5%	114	74%

SM2012→2014		SM2014				SM2012 領域数	移行確率			SM2012→ 2014 継続数	SM2012→ 2014 継続割合
		(1)スモール アイランド 型	(2)アイラン ド型	(3)ペニン シュラ 型	(4)コンチネ ント型		(X)→(2)	(X)→(4)	(X)→無		
SM2012	(1)スモールアイランド型	0.0	100.0	0.0	21.0	331	30.2%	6.3%	63.4%	121	37%
	(2)アイランド型	0.0	71.2	0.0	22.8	191	37.3%	11.9%	50.8%	94	49%
	(3)ペニンシュラ型	0.0	11.0	0.0	70.0	141	7.8%	49.6%	42.6%	81	57%
	(4)コンチネント型	0.0	21.5	0.0	94.5	160	13.4%	59.1%	27.5%	116	73%

SM2014→2016		SM2016				SM2014 領域数	移行確率			SM2014→ 2016 継続数	SM2014→ 2016 継続割合
		(1)スモール アイランド 型	(2)アイラン ド型	(3)ペニン シュラ 型	(4)コンチネ ント型		(X)→(2)	(X)→(4)	(X)→無		
SM2014	(1)スモールアイランド型	0.0	108.0	0.0	30.0	342	31.6%	8.8%	59.6%	138	40%
	(2)アイランド型	0.0	72.4	0.0	21.6	198	36.6%	10.9%	52.5%	94	47%
	(3)ペニンシュラ型	0.0	16.7	0.0	66.3	154	10.9%	43.0%	46.1%	83	54%
	(4)コンチネント型	0.0	33.0	0.0	68.0	150	22.0%	45.3%	32.7%	101	67%

注: 図表内の SM はサイエスマップの略である。

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。

サイエンスマップ 2014からサイエンスマップ 2016 への移行に注目すると、継続性がなく他の研究領域との関係の弱いスモールアイランド型領域は、31.6%の領域はアイランド型へと移行した。また、8.8%はコンチネン型へ移行した。ただし、59.6%の領域がサイエンスマップ 2016 では検出されなかった。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が、継続性は高くないことが分かる。ただし、ここから一定の割合でアイランド型やコンチネン型のような継続性を持って発展する研究領域が生み出される。

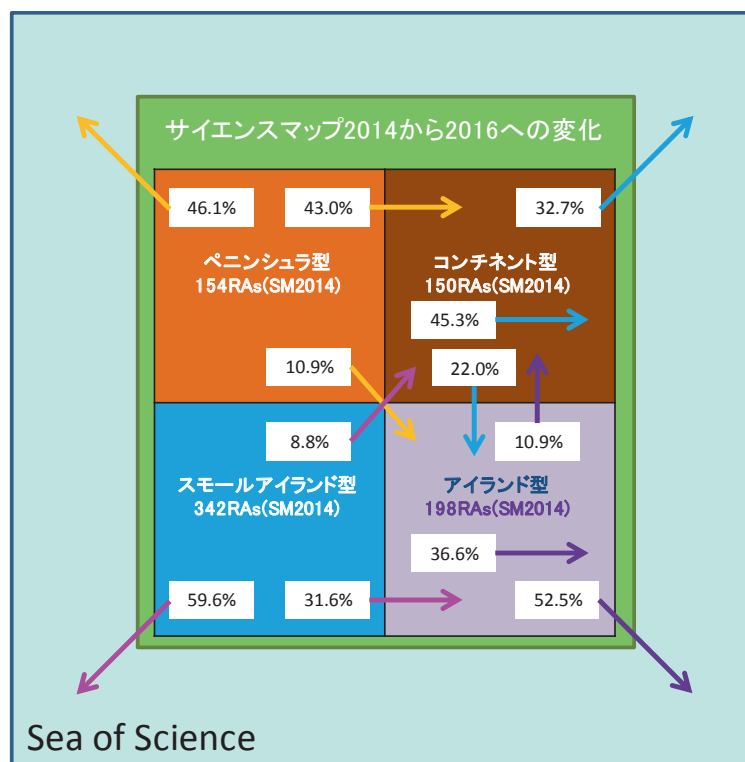
これらの事実は、スモールアイランド型領域に対する研究推進に際して、2つの観点が必要であることを示唆している。第1に、このような研究の多様性を担う領域が活発に生み出されるような環境を作ることが必要である。第2に、有望なスモールアイランド型領域の継続的な発展を可能とするために、領域に参加する研究コミュニティの大型化を図るような支援が求められる。

サイエンスマップ 2014 のコンチネン型領域については、45.3%の領域がサイエンスマップ 2016 でもコンチネン型領域として継続していた。22.0%の領域はアイランド型へ移行し、32.7%の領域はサイエンスマップ 2016 では検出されなかった。全体で 67%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。しかし、継続して国際的に注目を集めている研究領域では、それに参画する研究者の数も多いと予想されるので、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と考えられる。

なお、Sci-GEO チャートの研究領域タイプによって、その重要性に違いがあるわけではない点には注意が必要である。いずれの Sci-GEO チャートの研究領域タイプにおいても、国際的に注目を集めている研究領域であることに変わりはない。

図表 65 研究領域の Sci-GEO チャート移行パターン



注: スモールアイランド型、ペニンシュラ型の研究領域は、1 時点前のサイエンスマップと継続性が無い研究領域であるので、これらの型に向かう矢印は存在しない。

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。



## 5-5 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプにみる日本と主要国の状況

Sci-GEO チャートによる研究領域タイプにみる日本と主要国の状況を図表 66 に示す。ここでは、コペーパーに当該国の論文が1論文以上含まれている場合を参画領域とみなし、各研究領域タイプへの参画数を求めている。時系列での変化をみるため、サイエスマップ 2004 とサイエスマップ 2016 の結果を示している。

サイエスマップ 2016 において(図表 66(A))、日本の 299 の参画研究領域の内訳は、コンチネント型が 97、ペニンシュラ型が 59、アイランド型が 73、スモールアイランド型が 70 である。

日本と英国やドイツを比較すると、スモールアイランド型において参画数に一番差がついている。Sci-GEO チャートによる研究領域タイプのバランスをみると、日本の場合、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。

サイエスマップ 2004(図表 66(B))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。過去 12 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。

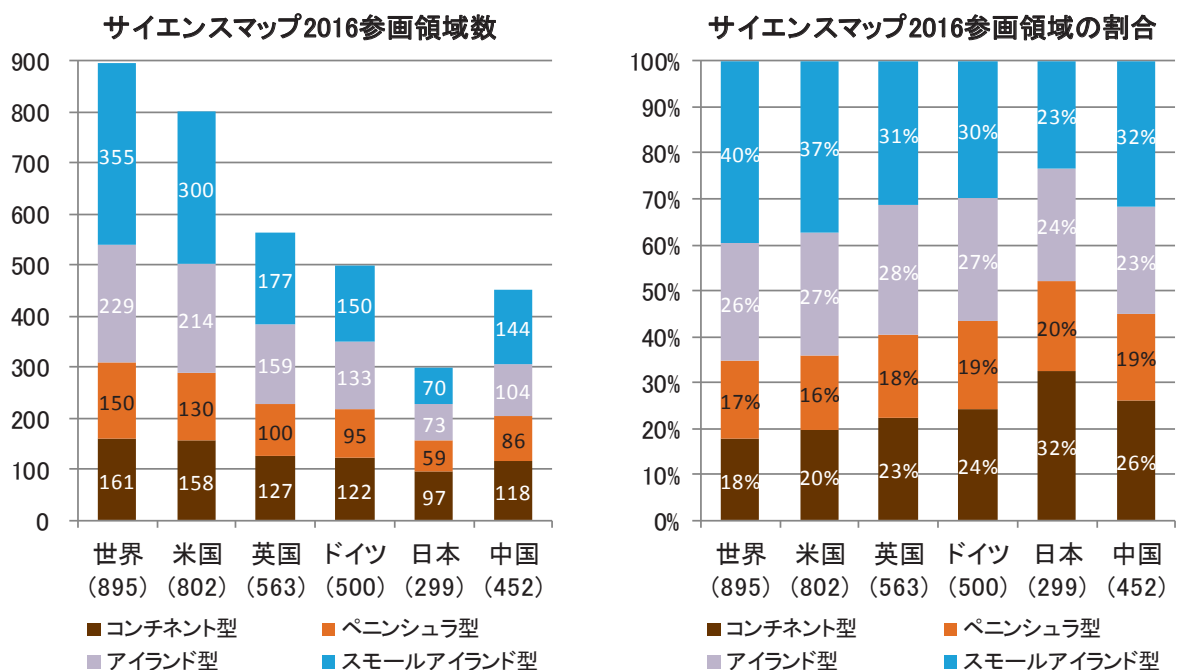
中国はサイエスマップ 2004 では、コンチネント型の割合(33%)が高かったが、サイエスマップ 2016 では 26%となっている。サイエスマップ 2016 における中国の研究領域タイプのバランスは、英国やドイツに近い。

サイエスマップ 2002 から 2016 にかけての、日本の Sci-GEO チャートによる研究領域タイプのバランスを図表 66(C)に示す。日本の研究領域数は、サイエスマップ 2014 から 2016 にかけて増加しているが、研究領域タイプのバランスに大きな変化は見られない。

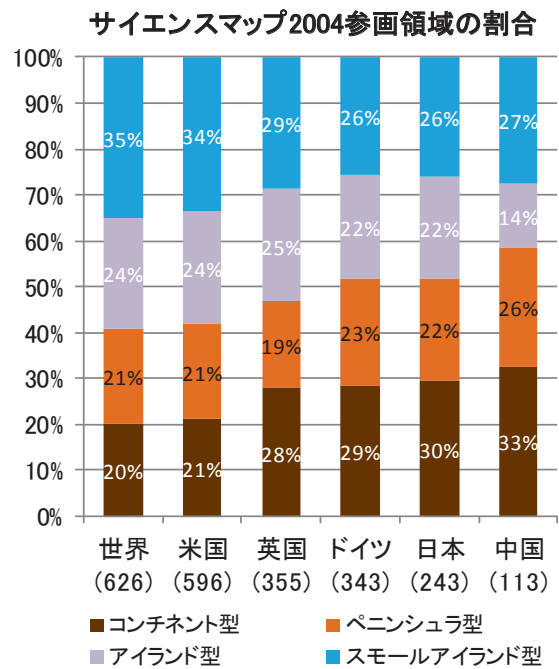
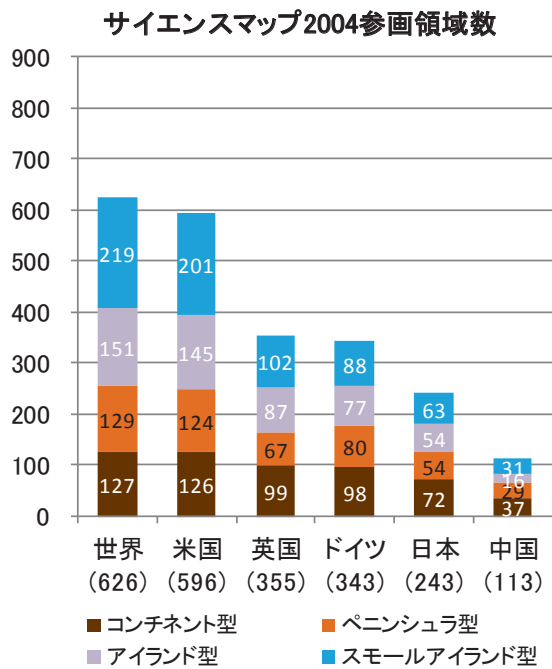
日本としての「存在感」をどう考えるかについて、議論が必要であろう。参画領域数にみる研究の多様性を増やすのか、シェアの確保につなげるために日本の論文数を増やすのか。この選択の違いにより、目指すべき Sci-GEO チャートのバランスは異なる。

図表 66 サイエスマップ上の主要国の活動状況

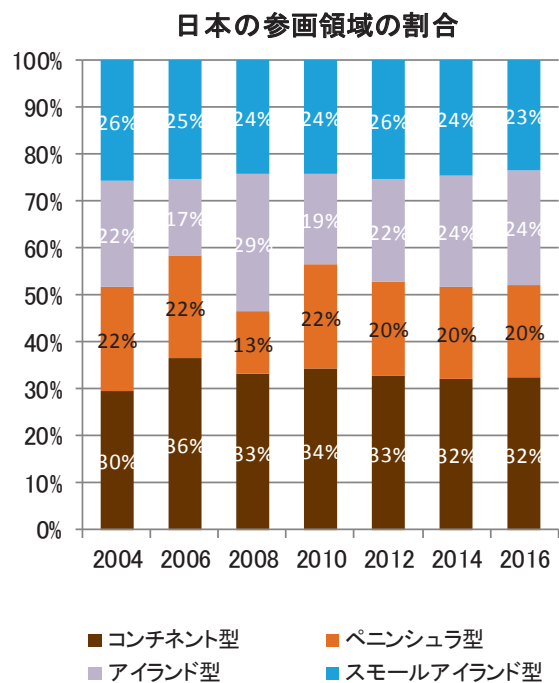
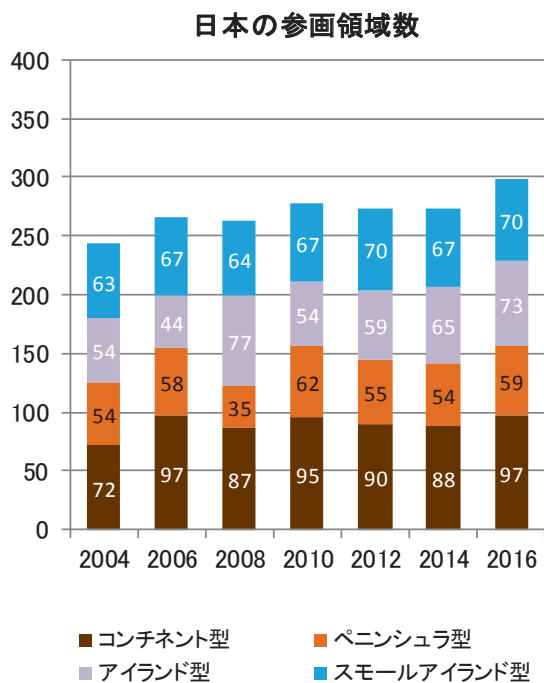
(A) サイエスマップ 2016



(B) サイエンスマップ 2004



(C) 日本の時系列変化



データ: 科学技術・学術政策研究所がクオリア・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。

### 5-5-1 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプにみる日英独中のコアペーパーにおける参画状況

サイエンスマップ 2016 の 895 領域において、日本、英国、ドイツ、中国における各領域のコアペーパーへの参画状況について比較を行った(図表 67)。

まず、全参画領域数をみると、日本は英国とドイツには大きく水をあけられているが、特にスモールアイランド型領域において差がついていることが分かる。

それぞれの Sci-GEO チャートによる研究領域タイプに占める各国の参画領域割合を示したのが(B)である。日本の場合、世界のコンチネント型領域の 60%をカバーしている一方、スモールアイランド型領域については 20%に留まっている。

図表 67 コアペーパーにおける参画領域数とその Sci-GEO タイプとの関係

#### (A)コアペーパーにおける参画領域数

コアペーパーにおける参画領域数		世界	日本	英国	ドイツ	中国
		895 領域	299 領域	563 領域	500 領域	452 領域
P	C	150	59	100	95	86
SI	I	355	70	177	150	144
		161	97	127	122	118
		229	73	159	133	104

#### (B)Sci-GEO タイプにおける参画領域割合

各Sci-GEO区分でのカバー率 (コアペーパー)		世界	日本	英国	ドイツ	中国
		895 領域	299 領域	563 領域	500 領域	452 領域
P	C	100%	39%	67%	63%	57%
SI	I	100%	20%	50%	42%	41%
		100%	60%	79%	76%	73%
			32%	69%	58%	45%

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。

## 5-5-2 Sci-GEO チャートによる研究領域タイプにみる日英独中のサイティングペーパー(Top10%)における参画状況

サイエンスマップ 2016 の 895 領域において、各領域のサイティングペーパー(Top10%)への参画状況を、日本、英国、ドイツ、中国で比較を行った(図表 68)。サイティングペーパー(Top10%)は、研究領域を山と例えた場合の山腹にあたり、層の厚みと考えられる。

まず、全参画領域数をみると、日本のコアペーパーの場合は 299 領域であったが、サイティングペーパー(Top10%)では 694 領域である。このようにコアペーパーによる参画領域に比べて、サイティングペーパー(Top10%)の参画領域数の方が多くなることは主要国で同じである。

しかしながら、サイティングペーパー(Top10%)の参画においても、英国とドイツには大きく水をあけられており、特にスモールアイランド型領域において差がついていることが分かる。

それぞれの Sci-GEO チャートによる研究領域タイプに占める各国の参画領域割合を示したのが(B)である。日本の場合、世界のコンチネント型領域の 98%をカバーしており、参画割合として高いことが分かる。他方で、スモールアイランド型領域の 59%であり、Sci-GEO タイプの中でもその参画率の濃淡があることが示された。

図表 68 サイティングペーパー(Top10%)における参画領域数とその Sci-GEO タイプとの関係

### (A)サイティングペーパー(Top10%)における参画領域数

サイティングペーパー (Top10%)に おける 参画領域数		世界	日本	英国	ドイツ	中国
		895 領域	694 領域	816 領域	803 領域	806 領域
P	C	150	137	145	142	146
SI	I	355	211	290	287	288
		161	158	161	160	161
		229	188	220	214	211

### (B)Sci-GEO タイプにおける参画領域割合

各Sci-GEO区分で のカバー率 (Top10%)		世界	日本	英国	ドイツ	中国
		895 領域	694 領域	816 領域	803 領域	806 領域
P	C	100%	91%	97%	95%	97%
SI	I	100%	59%	82%	81%	81%
		100%	98%	100%	99%	100%
		100%	82%	96%	93%	92%

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。



## 6 サイエンスマップ上への各種情報のオーバーレイ

ここでは、サイエンスマップ上に各種の情報をオーバーレイした2つの分析について紹介する。

一つ目は、サイエンスマップと技術のつながりの分析である。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、研究の成果が論文の形で発表される範囲に限られている。ここでは、特許文献中で引用されている論文の情報を用いることで、サイエンスマップと技術のつながりについて分析した結果を紹介する。

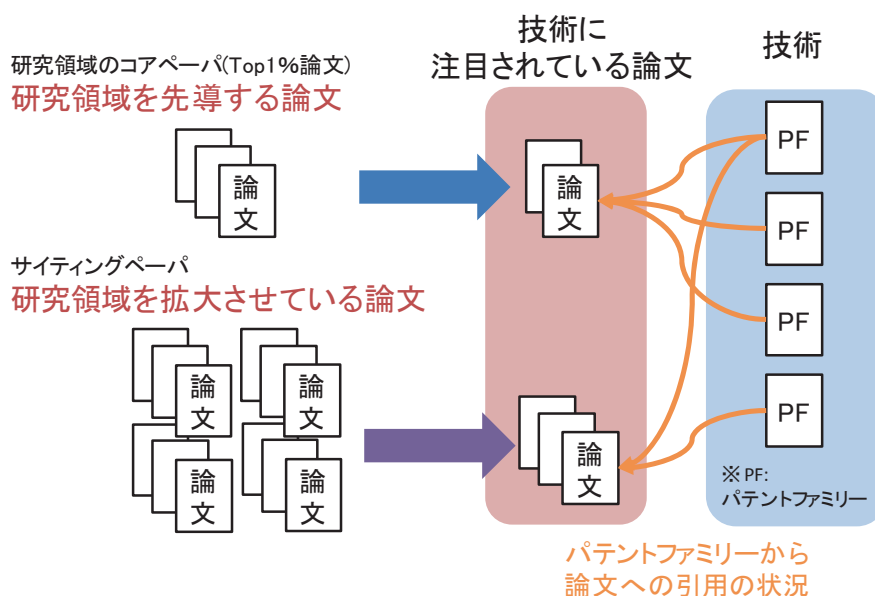
二つ目は、サイエンスマップ上にファンディング情報をオーバーレイした分析である。論文の謝辞情報に含まれる、研究資金の情報は、インプットとアウトプットとの関係性を分析する上で、重要な情報である。そこで、サイエンスマップに出現している日本の論文について謝辞情報を分析することで、サイエンスマップとファンディング情報をリンケージした試行的な分析結果について紹介する。

### 6-1 サイエンスマップと技術のつながりの分析

ここでは、サイエンスマップと技術のつながりについて分析した結果を述べる。具体的には、パテントファミリー<sup>1</sup>からのコアペーパー及びサイティングペーパーへの引用の状況を分析することにより、科学と技術とのつながりをみる。その際、コアペーパーとサイティングペーパーで傾向に違いがあるのかを比較する。

図表 69 には、論文とパテントファミリーの引用関係についてのイメージを示す。まず、コアペーパーは研究領域を先導する論文であり、サイティングペーパーは研究領域を拡大させている論文である。つぎに、パテントファミリーから論文への引用に注目すると、パテントファミリーに多数引用されている論文は技術から注目されている論文であると考えられる。以上を踏まえ、ここでは、論文とパテントファミリー間の引用に着目する<sup>2</sup>。

図表 69 論文とパテントファミリーの引用関係についてのイメージ



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 本項目で用いたサイエンスリンケージのデータベースには主に USTPO(米国特許商標庁)、EPO(欧州特許庁)、WIPO(世界知的所有権機関)への出願中の論文への引用情報が含まれる。

図表 70 には、コアペーパーとサイティングペーパーのうち、パテントファミリーから引用されている論文の割合がどのくらいかを示している。なお、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1997～2002年の論文、サイエンスマップ2016では2011～2016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。

図表 70 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

(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इटिंग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。

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。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。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。

つぎに、図表71には、コアペーパーとサイティングペーパーにおける、パテントファミリーからの被引用数の階級別の状況を示す。分布をみると、コアペーパーはサイティングペーパーと比べて、パテントファミリーからの被引用数が少ない論文が占める割合が相対的に小さく、パテントファミリーからの被引用数が多い論文が占める割合が相対的に大きいことが分かる。

図表 71 パテントファミリーからの被引用数による階級別論文数割合(コアペーパーとサイティングペーパー)

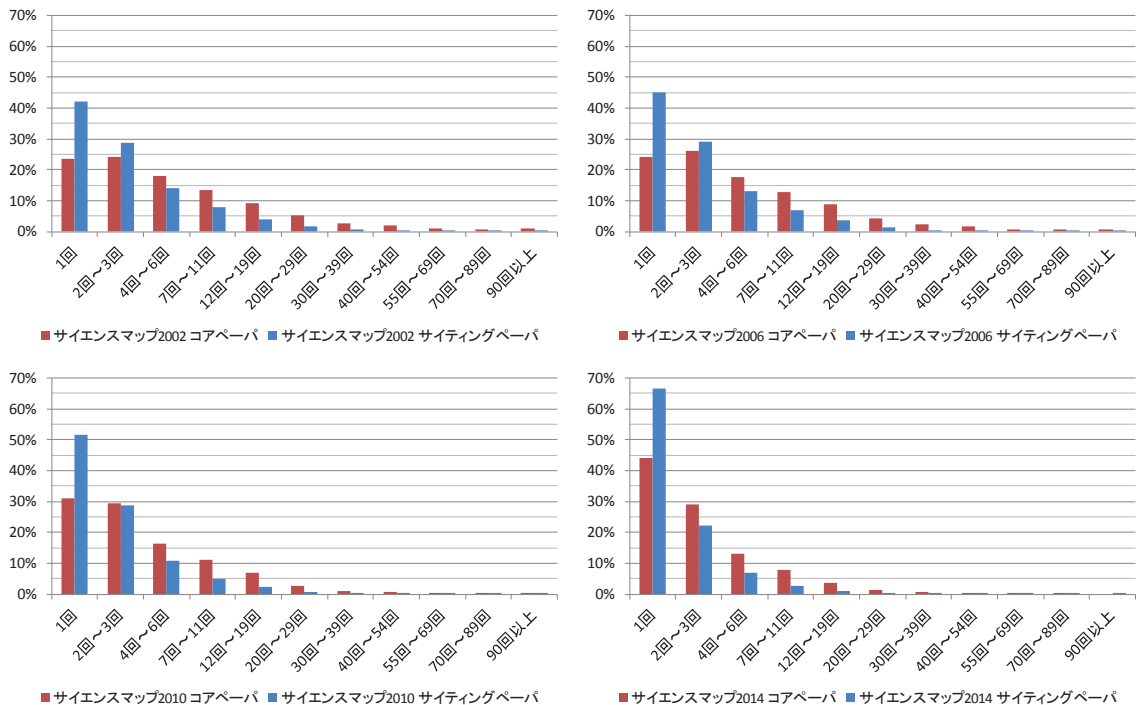
(A) コアペーパー

PFからの被引用数階級	サイエンスマップ2002	サイエンスマップ2004	サイエンスマップ2006	サイエンスマップ2008	サイエンスマップ2010	サイエンスマップ2012	サイエンスマップ2014	サイエンスマップ2016
コアペーパー数	7,438	7,187	6,751	6,227	5,988	4,942	3,347	1,821
1回	23.4%	23.4%	24.1%	26.7%	31.1%	36.9%	43.9%	53.1%
2回~3回	24.1%	25.2%	26.0%	27.3%	29.3%	29.5%	29.1%	27.0%
4回~6回	17.8%	16.1%	17.7%	17.1%	16.4%	14.5%	12.9%	10.9%
7回~11回	13.3%	13.5%	12.8%	12.5%	11.1%	9.5%	8.0%	5.4%
12回~19回	9.3%	9.8%	8.9%	8.4%	6.8%	5.8%	3.7%	2.2%
20回~29回	5.2%	5.0%	4.3%	3.7%	2.6%	2.2%	1.2%	0.8%
30回~39回	2.5%	2.8%	2.3%	1.7%	1.1%	0.7%	0.6%	0.4%
40回~54回	2.1%	1.9%	1.8%	1.2%	0.7%	0.5%	0.2%	0.1%
55回~69回	0.9%	1.0%	0.9%	0.5%	0.4%	0.2%	0.1%	0.1%
70回~89回	0.6%	0.5%	0.5%	0.4%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%
90回以上	0.9%	0.8%	0.7%	0.4%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%

(B) サइटिंगペーパー

PFからの被引用数階級	サイエンスマップ2002	サイエンスマップ2004	サイエンスマップ2006	サイエンスマップ2008	サイエンスマップ2010	サイエンスマップ2012	サイエンスマップ2014	サイエンスマップ2016
サイティングペーパー数	89,982	89,991	84,180	73,208	63,553	46,521	24,894	9,370
1回	42.2%	42.5%	44.9%	47.4%	51.5%	58.6%	66.7%	72.2%
2回~3回	28.7%	29.2%	29.1%	29.4%	28.9%	26.1%	22.3%	19.2%
4回~6回	13.9%	13.7%	13.0%	12.3%	11.0%	8.8%	6.9%	5.5%
7回~11回	8.0%	7.7%	6.9%	6.0%	5.0%	3.9%	2.7%	2.0%
12回~19回	4.0%	3.9%	3.6%	3.1%	2.4%	1.7%	1.0%	0.8%
20回~29回	1.6%	1.5%	1.3%	1.0%	0.7%	0.5%	0.3%	0.2%
30回~39回	0.7%	0.6%	0.5%	0.4%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%
40回~54回	0.4%	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%
55回~69回	0.2%	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
70回~89回	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
90回以上	0.2%	0.1%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

(C) コアペーパーとサイティングペーパーにおけるパテントファミリーからの被引用数による階級別論文数割合



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。特許データは科学技術・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。

コアペーパーは研究領域を先導する論文であり、サイティングペーパーは研究領域を拡大させている論文である。以上を踏まえると、研究領域を先導する論文は、技術からも注目されており、その論文に注目しているパテントファミリー数も多いことが分かる。よって、科学において研究領域を先導するような知識が、技術にも参考にされているということが示唆される。また、コアペーパーは少数のパテントファミリーに、その知識が参考にされるというよりは、複数のパテントファミリーに知識が参考にされる傾向にあることが分かった。

さらに、コアペーパーを対象に Sci-GEO チャートによる分析を行った(図表 72)。パテントファミリーに引用されたことがあるコアペーパー割合は、多くの年でペニンシュラ型とコンチネント型で平均(図表 70)より高い。コアペーパーを引用しているパテントファミリー数(論文あたり)は、サイエンスマップにより異なる。これは、後で述べるように、各サイエンスマップにはパテントファミリーから非常に多くの回数引用される論文が少数存在しており、それらの被引用数に平均値が影響を受けているためである。

このことから、平均的にみると、他の研究領域との関係が強い研究領域(ペニンシュラ型とコンチネント型)が、技術から注目される傾向にあるが、Sci-GEO 型に関係なく技術から非常に高い注目を浴びる論文がごく少数存在するケースがあることが分かる。

図表 72 Sci-GEO タイプによるコアペーパーのパテントファミリーとのつながり

	Sci-GEO	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2004	スモールアイランド型	2,206	702	32%	9.0
	アイランド型	2,281	800	35%	7.2
	ペニンシュラ型	3,012	1,760	58%	8.2
	コンチネント型	8,032	3,925	49%	10.9
サイエンスマップ2006	スモールアイランド型	2,155	696	32%	7.1
	アイランド型	2,096	789	38%	6.7
	ペニンシュラ型	2,538	1,326	52%	10.4
	コンチネント型	8,376	3,940	47%	9.7
サイエンスマップ2008	スモールアイランド型	2,413	650	27%	5.1
	アイランド型	3,270	1,107	34%	9.9
	ペニンシュラ型	1,417	512	36%	5.0
	コンチネント型	8,726	3,958	45%	8.1
サイエンスマップ2010	スモールアイランド型	3,028	681	22%	4.4
	アイランド型	2,507	576	23%	7.8
	ペニンシュラ型	2,994	1,062	35%	5.3
	コンチネント型	9,293	3,669	39%	6.7
サイエンスマップ2012	スモールアイランド型	2,894	427	15%	3.9
	アイランド型	4,134	580	14%	5.4
	ペニンシュラ型	2,430	704	29%	3.8
	コンチネント型	9,057	3,231	36%	5.3
サイエンスマップ2014	スモールアイランド型	2,945	247	8%	2.9
	アイランド型	4,174	328	8%	2.8
	ペニンシュラ型	2,751	632	23%	2.9
	コンチネント型	8,698	2,140	25%	4.2
サイエンスマップ2016	スモールアイランド型	3,272	133	4%	1.9
	アイランド型	4,168	224	5%	2.1
	ペニンシュラ型	3,040	303	10%	2.8
	コンチネント型	8,643	1,161	13%	3.3

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。





図表 74 には、パテントファミリーから引用されているコアペーパーに占める主要国の割合を示す。米国から発表されたコアペーパーの割合が顕著に高いが、日本のコアペーパー割合も 4～7%程度を占めている。図表 38 の全研究領域を構成するコアペーパーにおける日本のシェア(サイエンスマップ 2016 で 3.2%)よりも高いことを勘案すると、パテントファミリーから引用されているコアペーパーでの日本の割合は主要国と比較しても健闘していると言える。

その様子は、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日本のシェアをみると明確である。図表 75 をみると、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、次に述べるように一部のコアペーパーが、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。

ここで、サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2016 を対象に、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の上位 5 位に注目することで、どの研究領域のどのような内容の論文が引用されているのかを具体的に例としてみる(図表 76)。

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 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のべ 13 件含まれる。論文のアプリケーションから、IGZO 系酸化化合物半導体や 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。

図表 74 パテントファミリーから引用されているコアペーパーに占める主要国の割合

	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	7.1%	58.3%	5.8%	3.5%	6.8%	0.5%	0.5%
サイエンスマップ2004	6.6%	57.0%	6.8%	3.6%	6.4%	1.1%	0.8%
サイエンスマップ2006	6.2%	54.9%	6.7%	3.4%	6.7%	2.0%	1.1%
サイエンスマップ2008	6.1%	52.9%	6.6%	3.6%	6.1%	2.9%	1.2%
サイエンスマップ2010	5.1%	50.7%	6.8%	3.5%	6.3%	3.6%	1.2%
サイエンスマップ2012	5.0%	48.7%	6.9%	3.6%	6.1%	5.3%	1.5%
サイエンスマップ2014	4.4%	47.8%	6.9%	3.5%	5.7%	6.8%	1.6%
サイエンスマップ2016	4.4%	49.4%	6.5%	3.1%	6.1%	7.6%	2.0%

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。論文数の集計には分数カウント法を使用した。

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。

図表 75 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。

図表 76 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

図表 76 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・学術政策研究所がアリペイト・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・分析を実施。特許データは科学技術・学術政策研究所がアラペイト・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。



## 6-2 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(試行的な分析)

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。そこで、ここではサイエンスマップに出現している日本の論文について謝辞情報を分析することで、サイエンスマップとファンディング情報をリンケージした試行的な分析結果について報告する。

ここでは、省庁及び公的資金配分機関のうち、科学技術・学術政策研究所による先行研究<sup>1</sup>から論文の謝辞における出現回数が多いことが明らかになっている 12 の省庁及び公的資金配分機関に、内閣府と 2015 年 4 月 1 日に設立された国立研究開発法人日本医療研究開発機構を加え、分析対象とした(以降、主要な資金配分機関等と呼ぶ)。なお、日本医療研究開発機構については、2015 年 4 月 1 日に設立されたため、サイエンスマップ 2016 の対象年の最後の約一年半のみをカバーしている。

図表 77 分析対象とした 14 の主要な資金配分機関等

文部科学省	農林水産省
独立行政法人日本学術振興会	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
国立研究開発法人科学技術振興機構	環境省
経済産業省	内閣府
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	国立研究開発法人日本医療研究開発機構
厚生労働省	総務省
国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所	国立研究開発法人情報通信研究機構

注： 主要な資金配分機関等については、2018 年度の科学技術関係予算の大きい省庁順に、省庁とその所管の公的資金配分機関を並べた。

なお、先行研究からも明らかになっているように、論文の謝辞を用いたファンディング情報の把握には、つぎに述べるような限界が存在する。したがって、以下で紹介する結果は、各公的資金配分機関の特徴を大まかに示したものである点は留意願いたい。

まず、研究者が研究の実施に公的研究資金を活用したとしても、それらの全てが論文の謝辞に書かれているとは限らない。先行研究から日本論文(2009 年～2012 年)のなかで、謝辞の記述がなされているのは約 6 割であることが示されている。謝辞に公的研究資金の活用が述べられない原因として、資金提供側が謝辞の記述ルールを示していない、著者が記述を何らかの理由で行わないなどが考えられる。また、一部の資金配分機関等では謝辞に加えて、著者所属に資金配分機関等の名称が記述される場合がある。

また、謝辞に公的研究資金の活用が記述されていても、その表記の仕方が統一されておらず、そのまま分析を行うことはできない。また、プログラムと資金配分機関の関係が一致していない場合もある。ここでは、サイエンスマップ 2014 で整備した資金配分機関等名の英語表記ゆれテーブルを学習データとした、機械学習による名寄せ(scikit-learn に含まれているニューラルネットワークの機能(MLPClassifier))と目視による確認を併用することで、資金配分機関等名の名寄せを行った。

1 文部科学省科学技術・学術政策研究所, 論文の謝辞情報を用いたファンディング情報把握に向けて—謝辞情報の実態把握とそれを踏まえた将来的な方向性の提案—, NISTEP NOTE(政策のための科学) No. 13 (2014 年 12 月)

## 6-2-1 サイエンスマップを用いた主要な資金配分機関等の活動状況把握

図表 78 には、主要な資金配分機関等のサイエンスマップ上での出現状況をまとめた。ここでは、1)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)、2)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(1 件以上)、3)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(2 件以上)について示している。

各省庁及び公的資金配分機関の公的資金には多様なものが含まれている。一例をあげると、文部科学省には「世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)」、「グローバル COE プログラム」、「博士課程教育リーディングプログラム」などのプログラムが含まれている。また、科研費のなかで文部科学省が担当する分も、文部科学省に計上されている。内閣府については、「最先端研究開発支援プログラム(FIRST)」、「最先端・次世代研究開発支援プログラム(NEXT)」、「革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)」、「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」が含まれている。

図表 78 主要な資金配分機関等の謝辞における出現状況(試行的な分析)

主要な資金配分機関等	コアペーパー	サイティング (Top10%)	サイティング ペーパー
文部科学省	106	424	534
独立行政法人日本学術振興会	100	450	563
国立研究開発法人科学技術振興機構	50	261	300
経済産業省	1	30	23
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構	11	61	78
厚生労働省	21	136	183
国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所	3	35	36
農林水産省	7	38	41
国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構	5	38	29
環境省	10	39	42
内閣府	28	134	148
国立研究開発法人日本医療研究開発機構	3	75	89
総務省	0	9	19
国立研究開発法人情報通信研究機構	3	11	11
<b>日本全体</b>	<b>299</b>	<b>694</b>	<b>771</b>

注 1: 試行的な分析の結果である。謝辞に公的研究資金の活用が書かれない(資金提供側が謝辞の記述ルールを示していない)、プログラムと資金配分機関の関係が一致していない、謝辞に公的研究資金の活用が記述されていても、その表記の仕方が統一されていないなどの理由で、現状の謝辞情報を用いた分析には限界がある。

注 2: 文部科学省には「世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)」、「グローバル COE プログラム」、「博士課程教育リーディングプログラム」などのプログラムが含まれている。また、科研費のなかで文部科学省が担当する分も、文部科学省に計上されている。

注 3: ここでは、1)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)、2)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%にはいる論文の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、3)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(2 件以上)について示している。

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。

図表 79(B)から(O)には、主要な資金配分機関等の活動状況を示している。文部科学省と日本学術振興会については、サイエンスマップ全体をカバーしていることが分かる。科学技術振興機構については、文部科学省や日本学術振興会と比べると、カバーする範囲がより集中していることが分かる。経済産業省及び新エネルギー・産業技術総合開発機構は、主にナノサイエンス研究に関連する研究領域群をカバーしているが、新エネルギー・産業技術総合開発機構については、カバーしている範囲が、がんゲノム解析・遺伝子治療、幹細胞研究領域群にまで広がっている。

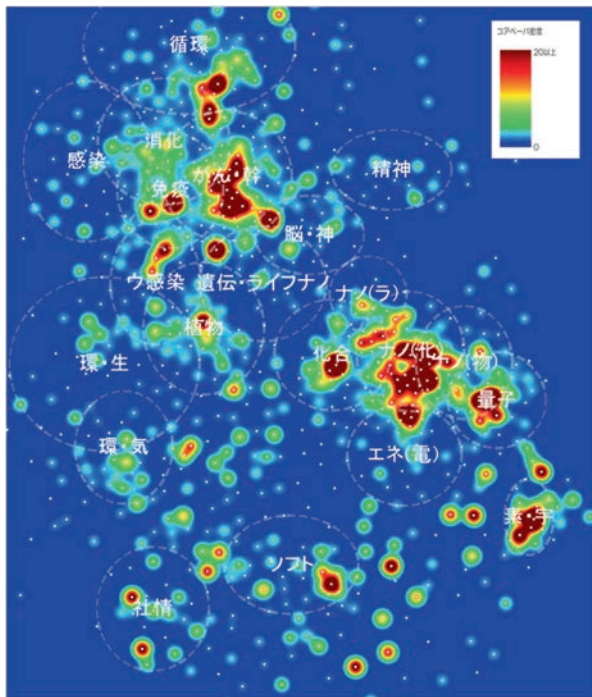
厚生労働省、医薬基盤・健康・栄養研究所、日本医療研究開発機構は、植物科学研究領域群よりマップ上方に位置している循環器系疾患研究領域群など臨床研究にかかわるものや、免疫研究領域群、がんゲノム解析・遺伝子治療、幹細胞研究領域群をカバーしている。2015年4月1日に設立された日本医療研究開発機構については、サイエンスマップ 2016 の対象年の最後の約一年半のみをカバーしているが、既にその活動がサイエンスマップ上で観測されつつあることが明らかになった。

農林水産省と農業・食品産業技術総合研究機構は植物科学研究領域群をカバーしており、環境省は環境・気候変動研究領域群を主にカバーしている。総務省と情報通信研究機構は、量子情報処理・物性研究領域群をカバーしている。内閣府も、比較的幅広い範囲の研究領域をカバーしている。

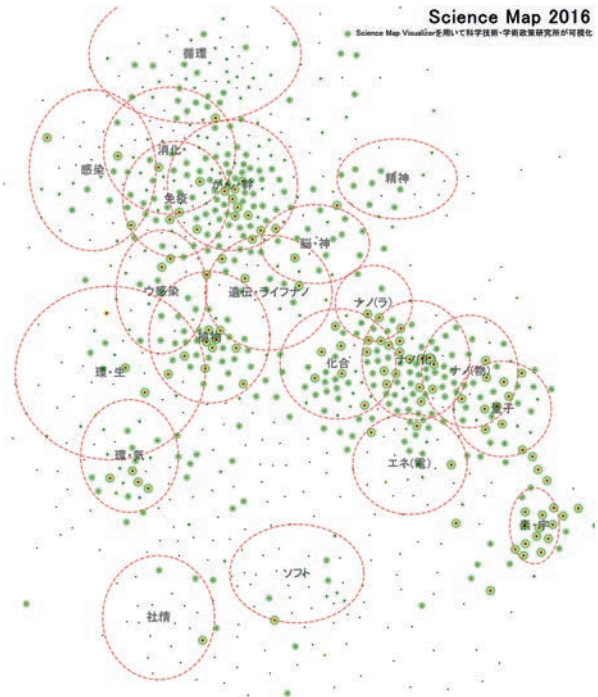
なお、科学技術という視点で考えるとサイエンスマップで観測できる範囲は、研究の成果が論文(Article や Review)の形で発表される範囲に限られている。したがって、ここで見ているのは科学研究という視点で見たときに、主要な資金配分機関等がどのような研究領域をカバーしているかという情報である。

図表 79 サイエンスマップ 2016 にみる主要な資金配分機関等(謝辞情報を用いたオーバーレイ、試行的な分析)

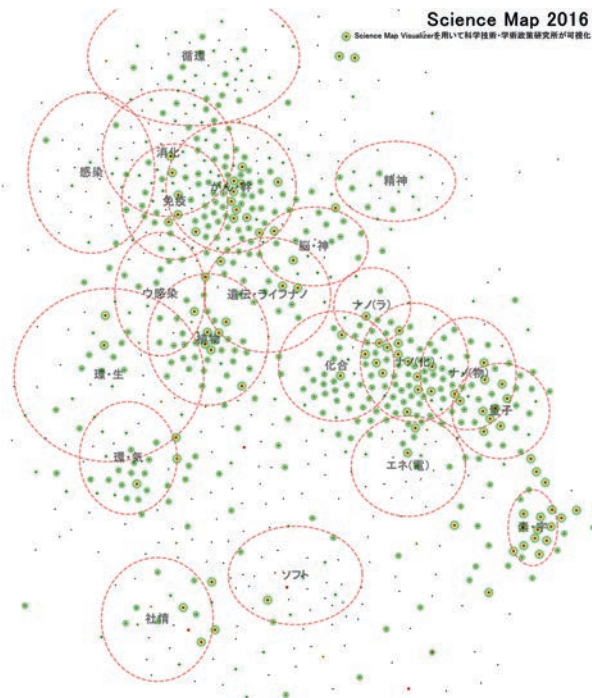
(A) サイエンスマップ 2016



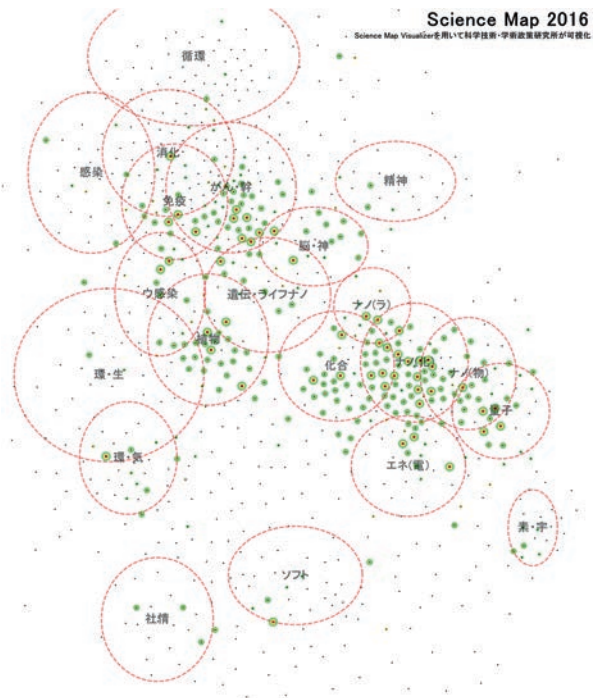
(B) 文部科学省



(C) 日本学術振興会



(D) 科学技術振興機構



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(1 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(2 件以上)、研究領域を緑色で示している。

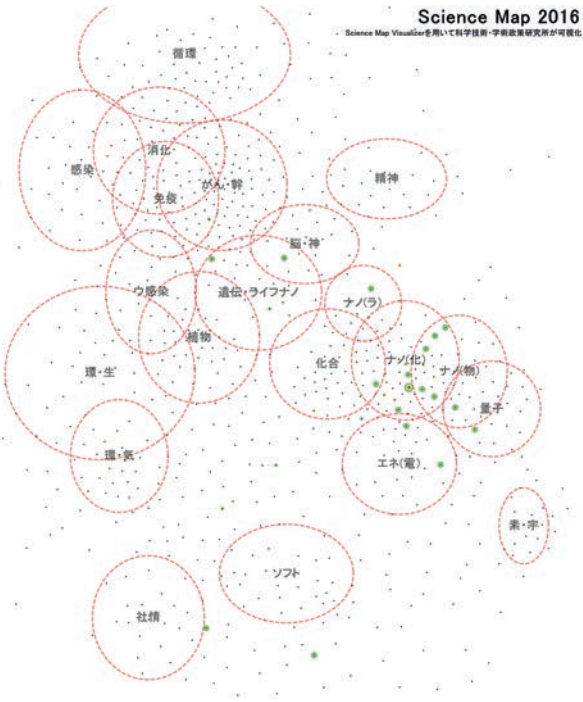
注 2: 謝辞情報に基づくオーバーレイの結果である。JST や NEDO 等については、著者の所属機関に名前が書かれる場合もあり、所属機関情報のオーバーレイの結果と必ずしも一致しない可能性がある。

データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・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。

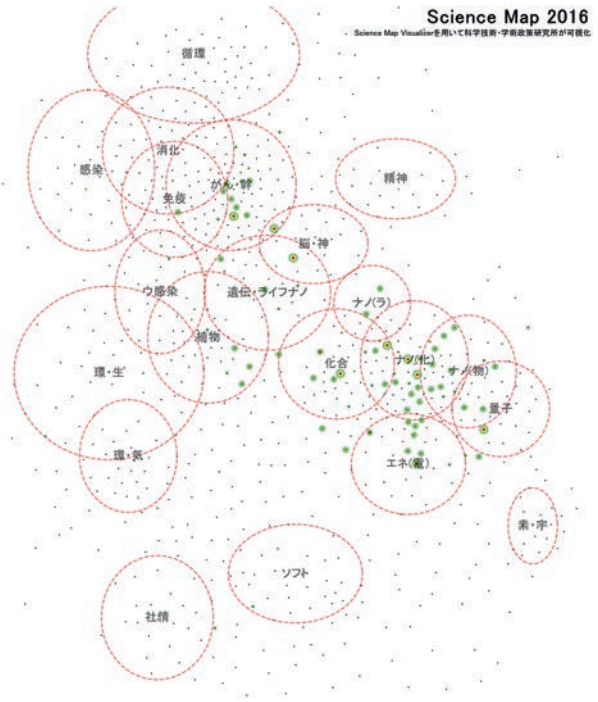


図表 79 サイエンスマップ 2016 にみる主要な資金配分機関等(謝辞情報を用いたオーバーレイ、試行的な分析)(続き)

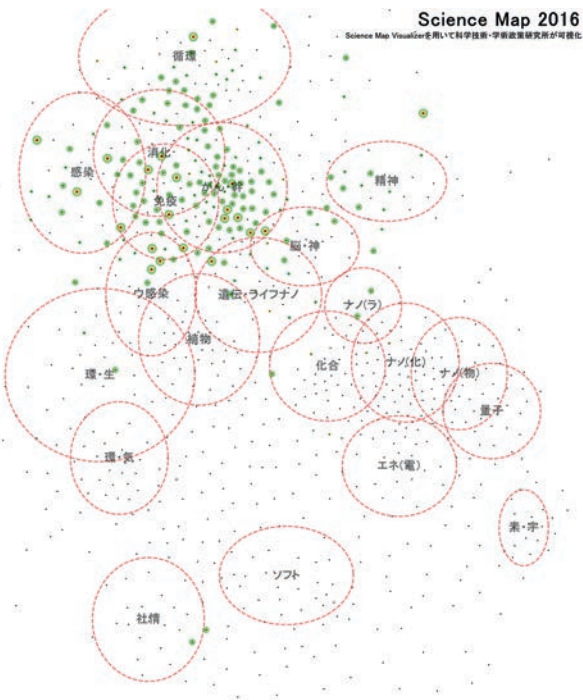
(E) 経済産業省



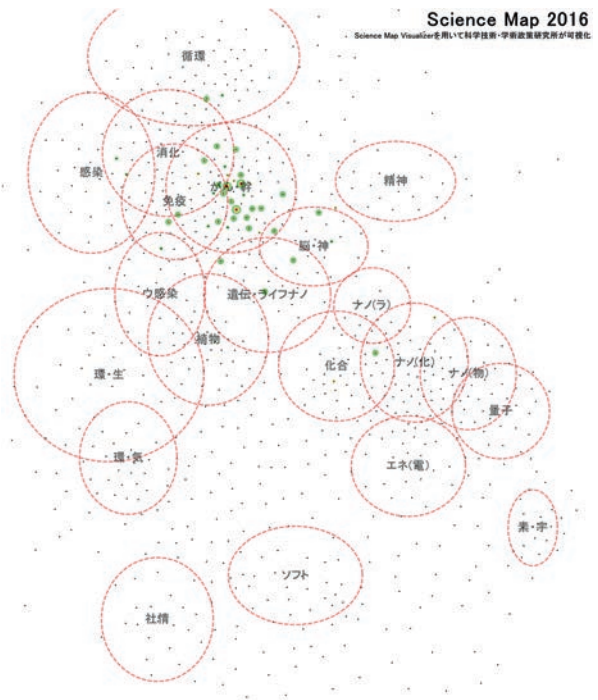
(F) 新エネルギー・産業技術総合開発機構



(G) 厚生労働省



(H) 医薬基盤・健康・栄養研究所



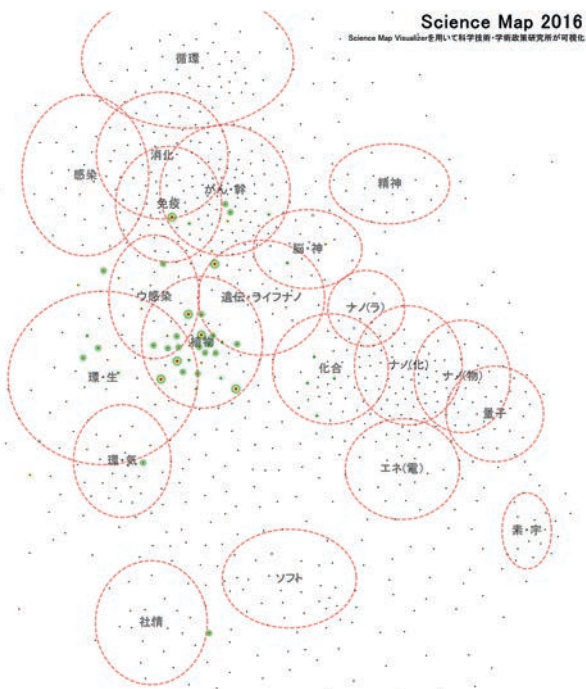
注 1: 図表中の黒の点の位置が、研究領域の位置に対応している。研究領域を先導するコアペーパーの謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を赤色で示している。コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の中で、被引用数が世界の上位 10%に入る論文の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を黄色で示している。また、コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(2 件以上)、研究領域を緑色で示している。

注 2: 謝辞情報に基づくオーバーレイの結果である。JST や NEDO 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。

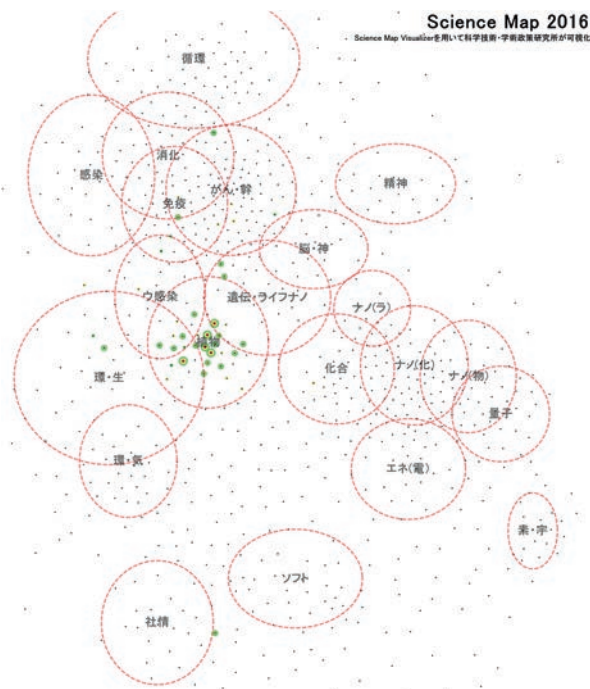
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

図表 79 サイエンスマップ 2016 にみる主要な資金配分機関等(謝辞情報を用いたオーバーレイ、試行的な分析)(続き)

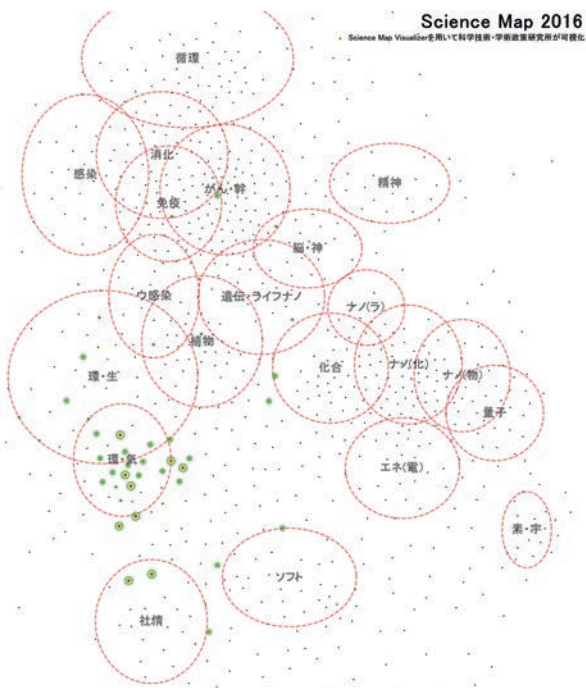
(I) 農林水産省



(J) 農業・食品産業技術総合研究機構



(K) 環境省



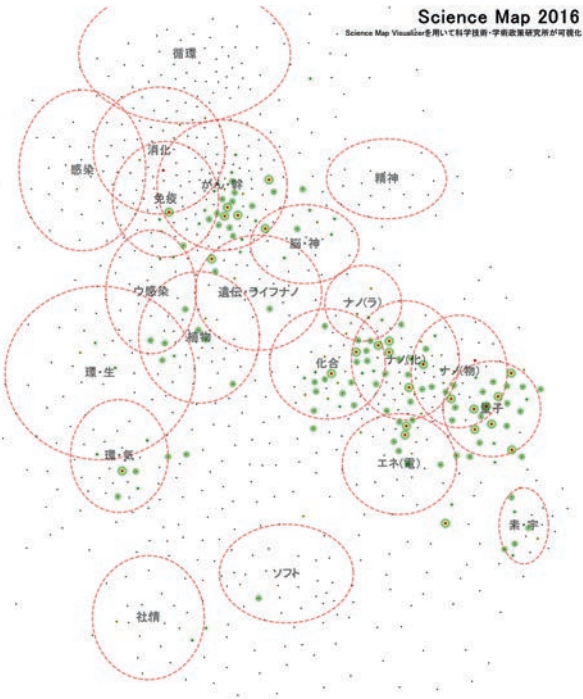
注 1: 図表中の黒の点の位置が、研究領域の位置に対応している。研究領域を先導するコアペーパーの謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を赤色で示している。コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の中で、被引用数が世界の上位 10%に入る論文の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を黄色で示している。また、コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(2 件以上)、研究領域を緑色で示している。

注 2: 謝辞情報に基づくオーバーレイの結果である。JST や NEDO 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。

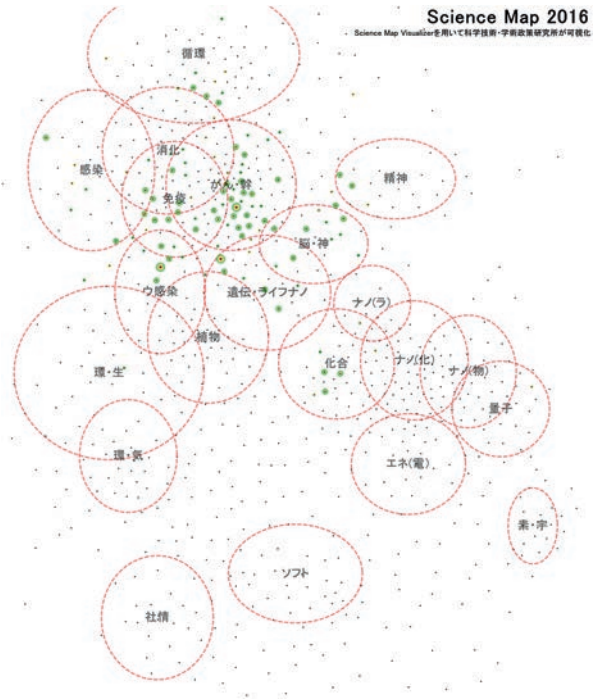
データ: 科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

図表 79 サイエンスマップ 2016 にみる主要な資金配分機関等(謝辞情報を用いたオーバーレイ、試行的な分析)(続き)

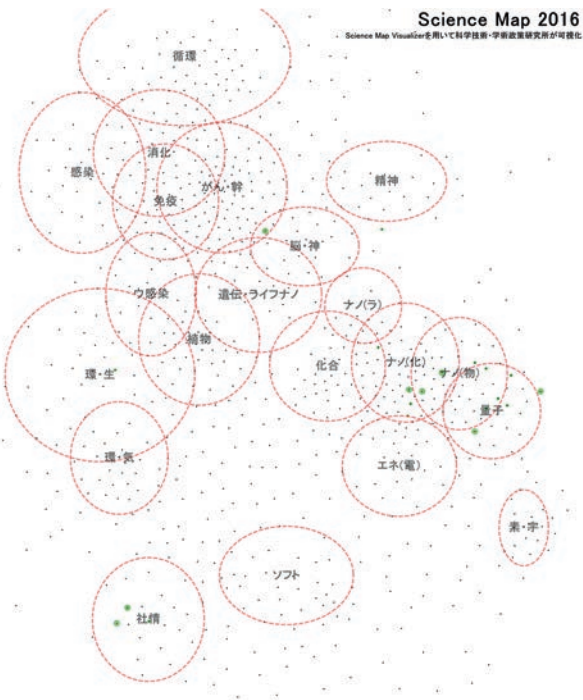
(L) 内閣府



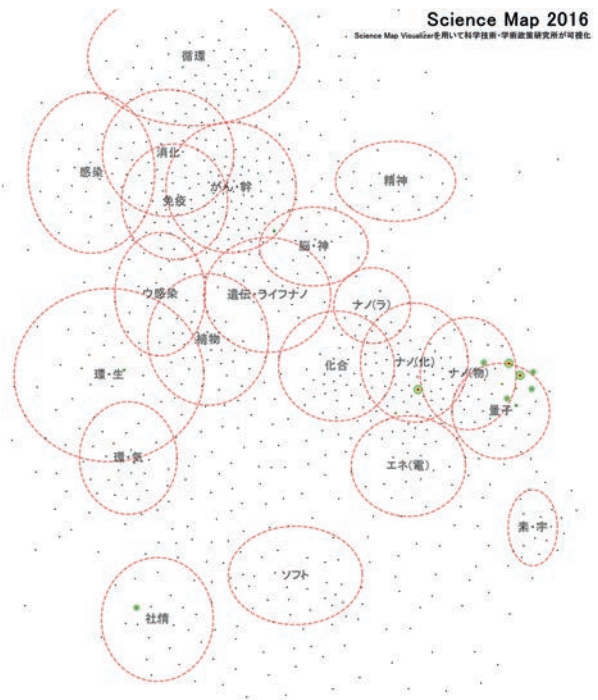
(M) 日本医療研究開発機構



(N) 総務省



(O) 情報通信研究機構



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(1 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(2 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 や NEDO 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・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。



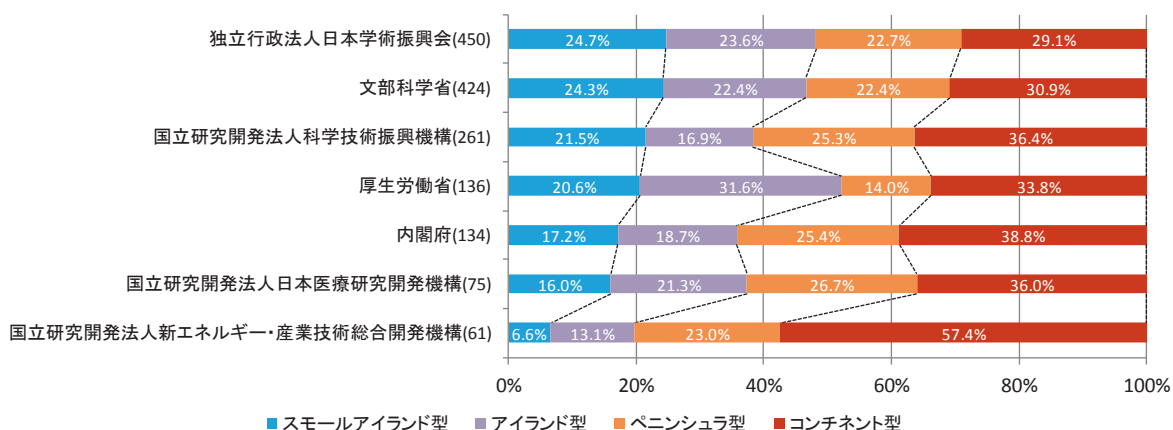
## 6-2-2 Sci-GEO タイプと主要な資金配分機関等の活動状況の関係

図表 80 は、主要な資金配分機関等が関与している研究領域の Sci-GEO タイプのバランスを示した結果である。コペーパーでは参画領域数が少ないので、ここではサイティングペーパー(Top10%)を対象とし、その中でも関与している研究領域数が 50 以上の 7 つの資金配分機関等を分析対象とした。

スモールアイランド型の割合に注目すると日本学術振興会の割合が一番高く、新エネルギー・産業技術総合開発機構の割合が一番低い。他方で、コンチネント型の割合に注目すると、スモールアイランド型とは逆に、新エネルギー・産業技術総合開発機構の割合が一番高く、日本学術振興会の割合が一番低くなっている。

Sci-GEO タイプを用いて分類すると、資金配分機関によってバランスが異なることが分かる。

図表 80 主要な資金配分機関等の Sci-GEO タイプのバランス(サイティングペーパー(Top10%))(試行的な分析)



注 1: 試行的な分析の結果である。謝辞に公的研究資金の活用が書かれない(資金提供側が謝辞の記述ルールを示していない)、プログラムと資金配分機関の関係が一致していない、謝辞に公的研究資金の活用が記述されているが、その表記の仕方が統一されていないなどの理由で、現状の謝辞情報を用いた分析には限界がある。

注 2: 各省庁及び公的資金配分機関の公的資金には多様なものが含まれている。一例をあげると、文部科学省には「21 世紀 COE プログラム」、「グローバル COE プログラム」、「世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)」、「私立大学学術研究高度化推進事業」などのプログラムが含まれている。また、科研費のなかで文部科学省が担当する分も、文部科学省に計上されている。

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。

本章の冒頭で述べたように、謝辞情報を用いた分析には限界がある。しかし、論文への資金配分機関等の関与を統一的に把握する手段は、現状では謝辞情報しか存在しない。謝辞に記述されている資金配分機関等の名寄せを完全に行うことは不可能であるので、今後は、我が国で統一された課題番号等を導入し、それらの利活用を進めることで、公的研究資金とそこから生み出される成果の対応付けが、より効果的に可能となるような仕組みを整備していくことも必要である。



## 【体系的課題番号について】

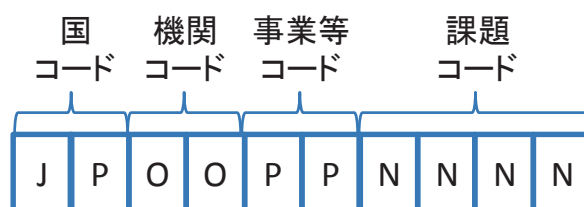
科学技術・学術政策研究所の先行研究<sup>1</sup>では、データベース分析及び事例分析の結果を踏まえ、謝辞情報を用いた事業やプログラムレベルの分析を可能とし、研究者への負担も軽減するための方策として、我が国で統一した課題番号(体系的課題番号)を導入することを提案している。以下では、当該報告書の抜粋を示す。詳細については、当該報告書を参照願いたい。

### (以下、報告書の抜粋)

謝辞情報を用いた事業やプログラムレベルの分析を可能とし、研究者への負担も軽減するには、1)謝辞における資金配分機関名等の記述方法の統一化、2)我が国で統一した課題番号(体系的課題番号)の導入が有効と考えられる。体系的課題番号は、少なくとも次に示すような特徴を備える必要がある。

- ① 日本の研究資金であることが分かるようにする
- ② 資金配分機関等、事業・プログラム等、助成開始年、個別の研究課題の情報を識別子として含める
- ③ 桁数を固定し、途中にスペースを入れない

参考図表 3 体系的課題番号のイメージ



参考図表 3 に体系的課題番号のイメージを示す。先行研究から、記述言語が日本語の論文では、謝辞情報の収録率が著しく低いことが明らかになっているが、体系的課題番号が明示的に決まっていれば、データベース作成会社における謝辞情報の抽出も容易になると考えられる。また、体系的課題番号に「JP」の文字列を含めることで、謝辞に記載されているのが日本の資金配分機関等であることが明確になる。表記バリエーションのクリーニングの際に、国情報が含まれておらず、類似の名称の他国機関との判別がつかない事例もみられた。国際共著論文の割合は年々増加していることから、他国機関との区別を明確にするためにも国情報は必要である。また、我が国の資金配分機関等の存在感を示すことにもつながると考えられる。

参考図表 4 体系的課題番号を用いた謝辞の記述イメージ

This work was supported by Japan Society for the Promotion of Science [JPNO1P1NNN1, JPNO1P1NNN2, JPNO1P2NNN1]; and Japan Science and Technology Agency [JPNO2P1NNN1]

参考図表 4 は体系的課題番号を用いた謝辞の記述イメージである。黄色で示した部分は資金配分機関等名の情報である。この部分について、表記バリエーションを少なくするには、謝辞における資金配分機関等名の記述方法の統一化が必要である<sup>2</sup>。薄い青色で示した部分は、体系的課題番号に対応している。事業やプログラムに依らず表記フォーマットが統一されているので、研究者の記述の手間の削減にもつながると考えられる。

1 文部科学省科学技術・学術政策研究所、論文の謝辞情報を用いたファンディング情報把握に向けて—謝辞情報の実態把握とそれを踏まえた将来的な方向性の提案—, NISTEP NOTE(政策のための科学) No. 13 (2014年12月)、当該報告書では体系的課題番号のことを統一課題番号と呼んでいるが同じ概念である。

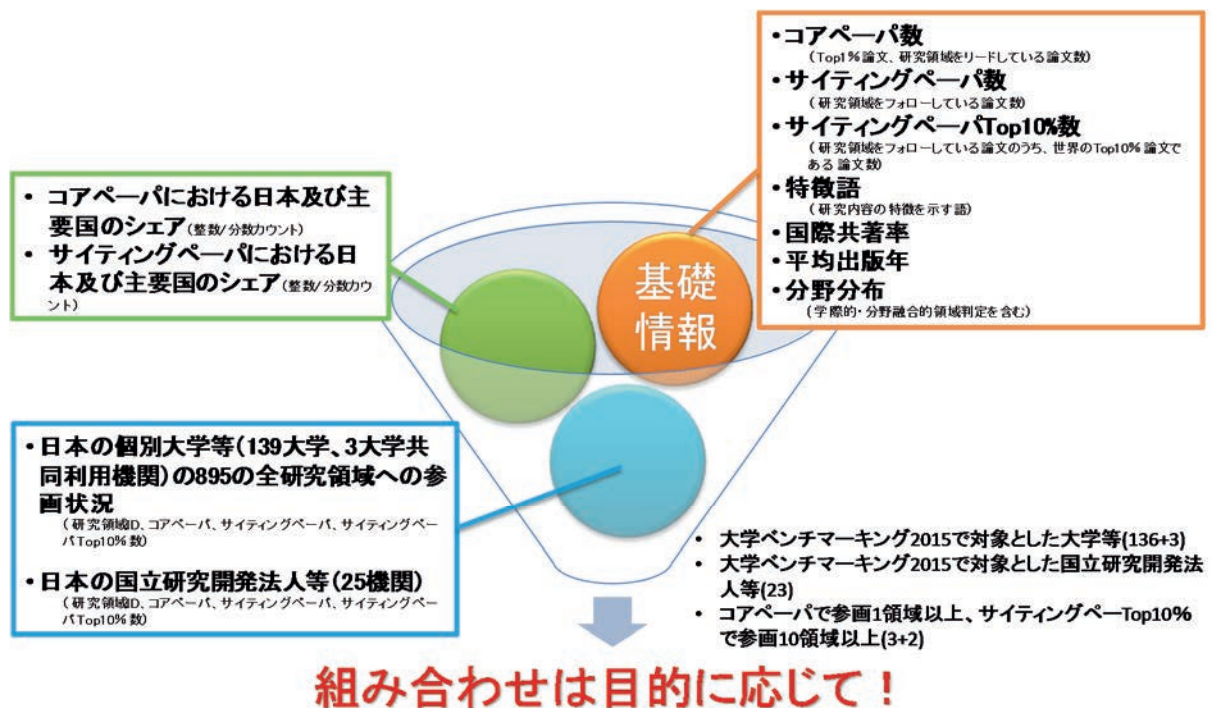
2 資金配分機関等名については、FundRefでも登録対象となっているので、統一化した名称をFundRefに登録することで資金配分機関名の表記バリエーションを少なくすることが可能である。FundRefはCrossRefが提供する研究資金情報と論文を結びつけるシステムであり、2013年5月から運用開始された。FundRefにより、論文と研究資金情報を結びつけることで、資金提供機関などは研究資金が関与した論文のDOIやメタデータを得ることができる。

## 7 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

### 7-1 サイエンスマップ 2016 の全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(図表 81)。

図表 81 サイエンスマップ研究領域情報の詳細の掲載



## 7-2 日本の167大学・公的研究機関等のサイエンスマップ活動状況シート

---

本調査では、下記の条件に当てはまる日本の167大学・公的研究機関等を抽出し、サイエンスマップ活動状況シートを作成した。167大学・公的研究機関等のサイエンスマップ活動状況シートについては、「APPENDIX 4. サイエンスマップ活動状況シート(個別大学等)」及び「APPENDIX 5. サイエンスマップ活動状況シート(個別公的研究機関等)」に掲載したので参照いただきたい。

### 〈対象機関〉

- 文部科学省科学技術・学術政策研究所，研究論文に着目した日本の大学ベンチマーキング2015，調査資料-243(2015年12月)にて、調査対象となった2004-2013年の論文数が1,000件以上の136大学及び3大学共同利用機関法人。
- 文部科学省科学技術・学術政策研究所，研究論文に着目した日本の大学ベンチマーキング2015，調査資料-243(2016年2月追加版)にて、調査対象となった2004-2013年の論文数が1,000件以上の23国立研究開発法人等<sup>1</sup>。
- コアペーパーでの参画領域数が1以上かつサイティングペーパー(Top10%)での参画領域数が10以上の3大学及び2国立研究開発法人等。

なお、日本の機関名名寄せには、科学技術・学術政策研究所がSciREX事業の一環として実施しているデータ・情報基盤構築で作成した「NISTEP 大学・公的機関名辞書(ver.2018.1)」及びNISTEP論文機関名同定プログラム(Web of Scienceバージョン)を用いた。大学については2017年10～12月にかけて、その他の機関については主に2017年7月までに調査した結果であるため、それ以降の機関や組織の新設・改廃等についての情報は反映されていない。

---

<sup>1</sup> 当該報告書では25の特殊法人・独立行政法人を調査対象としていたが、法人の統合により2018年8月時点では23となっている。また、2015年4月1日以降、調査対象の多くの法人が、国立研究開発法人となったので、本報告書では国立研究開発法人等と表現している。

## 7-2-1 サイエンスマップ活動状況シートから分かること

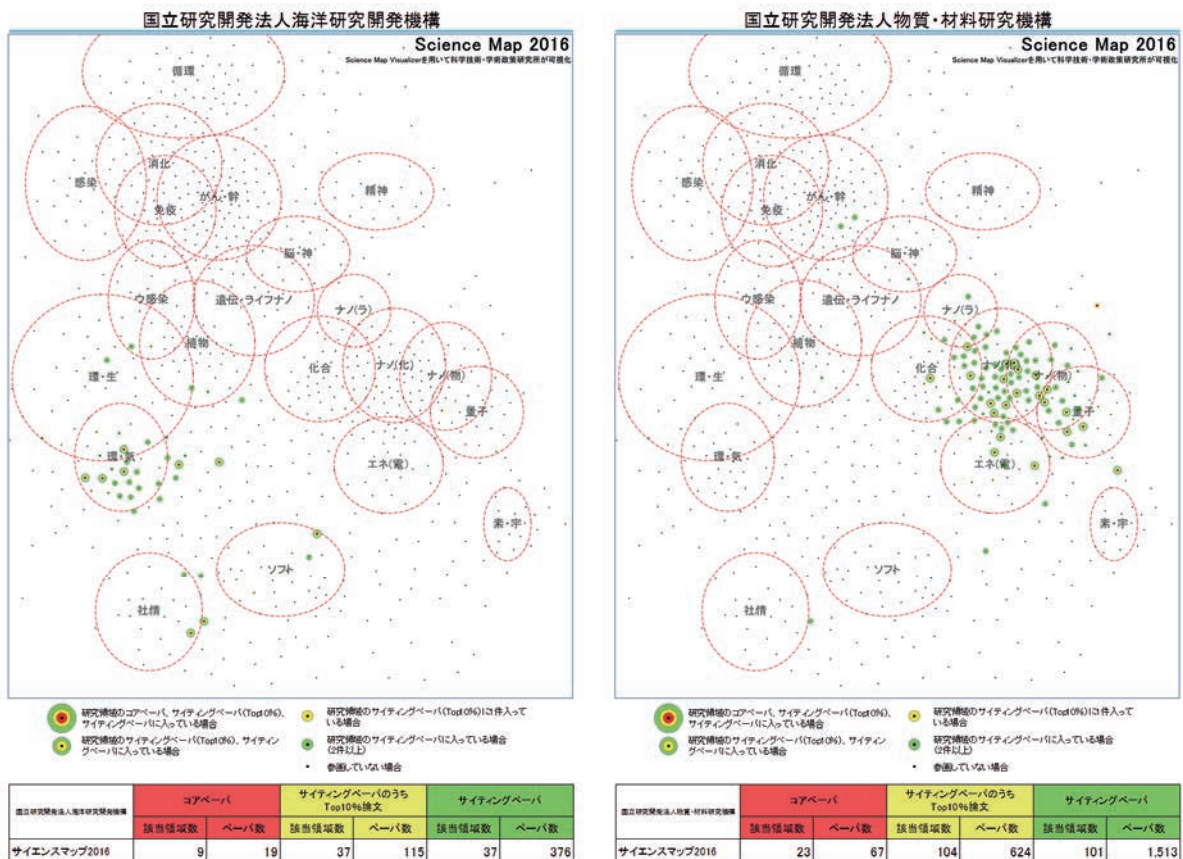
日本の 167 大学・公的研究機関等のサイエンスマップ活動状況シートをみる際に、以下のような点に着目すると興味深いと考えられる。

### 〈サイエンスマップ活動状況シートをみるポイント〉

- 研究領域を先導する論文(コアペーパー)は、どの程度あるか？ある場合は、どのような研究領域群に含まれる研究領域なのか？
  - 研究領域をフォローしている論文(サイティングペーパー)は、どの程度あるか？ある場合は、どのような研究領域群に含まれる研究領域なのか？
  - 参画している領域は、サイエンスマップ上、ある程度固まっているのか？散らばっているのか？
  - 比較対象機関のシートと比較すると、参画している研究領域数や、該当論文数はどのような差があるか？
  - 比較対象機関のシートと比較すると、参画している領域の配置にどのような差があるか？
- ただし、本調査分析で見えてきたように研究領域にはコアペーパー数にもばらつきがあり、また Sci-GEO チャートによる研究領域タイプにも 4 種類があるので、それらも勘案し比較を行うのがよいだろう。

例えば、サイエンスマップを比較することで、定量的観点から、海洋研究開発機構と物質・材料研究機構の研究活動範囲の違いを示すことができる(図表 82)。

図表 82 サイエンスマップ活動状況シートの比較



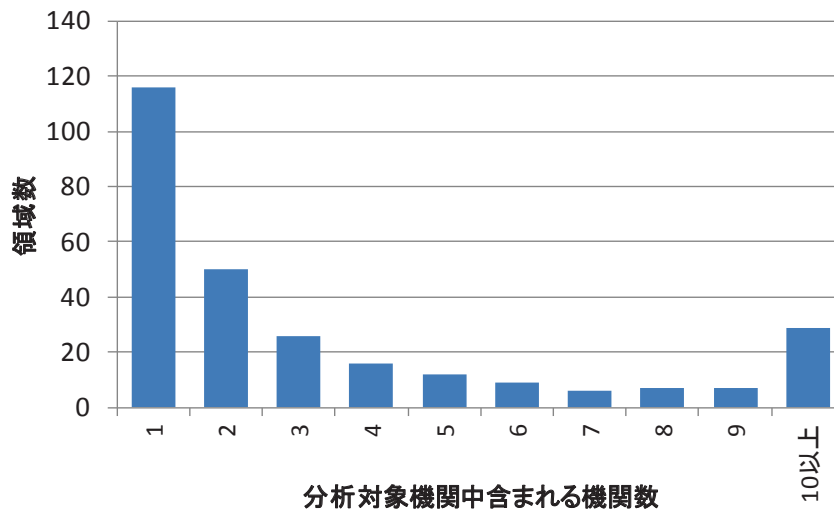
データ：科学技術・学術政策研究所がクラリベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。



また、サイエンスマップ 2016 における分析対象機関と研究領域の関係を見てみると、20 機関以上の分析対象機関がかかわっている領域がある一方、分析対象機関のうち 1 機関がかかわっている領域が 120 程度あることが、分布を調べることで明らかとなった(図表 83)。

20 機関以上の分析対象機関がかかわっている領域を図表 84 に示す。ID59 を除くといずれもコアペーパー数が多い研究領域であることが分かる。分析対象機関のうち 1 機関がかかわっている領域のリストは図表 85 である。研究領域レベルでみることで各機関の個性が見えてくることが分かる。

図表 83 サイエンスマップ 2016 における分析対象機関と研究領域の関係



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。

図表 84 サイエンスマップ 2016 において 20 機関以上の分析対象機関がかかわっている領域リスト

領域ID	参画機関数	研究領域の特徴語	22分野分類	コアペーパー数	国際共著率	平均出版年	Sci-GEO 研究領域型	日本シェア(整数)	日本シェア(分数)
59	26	免疫グロブリン関連疾患;免疫グロブリン;血清免疫グロブリン;患者;自己免疫性肺炎;形質細胞;肺炎;診断;自己免疫;病変	臨床医学	15	46.7%	2013.4	アイランド型	60.0%	36.2%
770	26	アルツハイマー病;側索硬化症;アミロイドβ;軽度認知障害;機能的結合;神経変性;前頭側頭型認知症;認知症;前頭側頭;TDP-43	神経科学・行動学	240	47.9%	2013.3	コンチネント型	7.5%	3.7%
890	26	暗黒物質;ヒッグス粒子;一般極値;銀河;TeV;標準モデル;赤方偏移;宇宙;大型ハドロン衝突型加速器(LHC);宇宙マイクロ波背景放射	物理学	390	72.6%	2013.8	コンチネント型	12.6%	2.0%
849	24	NLRP3(免疫系タンパク質);Irisin(ホルモン);脂肪細胞;脂肪組織;NLRP3インフラマソーム;インフラマソーム活性化;カスパーゼ;褐色脂肪;腸内細菌叢;自然リンパ球系細胞	学際的・分野融合的領域	290	57.6%	2013.3	コンチネント型	8.3%	3.5%
880	22	神経膠腫;5-ヒドロキシメチルシトシン;甲状腺がん;エピジェネティック;イソクエン酸デヒドロゲナーゼ1;神経膠芽細胞腫;脱メチル化;5メチルシトシン;ピルビン酸キナーゼM2(PKM2);BRAF阻害剤	学際的・分野融合的領域	190	52.1%	2013.0	コンチネント型	10.5%	6.0%
879	21	長鎖ノンコーディングRNA;マクロドメイン;クロマチン;骨髄異形成症候群(MDS);lncRNA;ヒストン;HOTAIR(Hox transcript antisense intergenic RNA);プロモドメイン含有タンパク質4;ヒストンメチル基転移酵素EZH2;プロモドメイン	学際的・分野融合的領域	245	37.6%	2013.4	ペニンシュラ型	7.8%	4.2%
749	20	金属有機構造体;配位高分子;光学機械;量子不一致;水;量子相関;化合物;ベンゼンジカルボキシレート;連結;環状カーボネート	学際的・分野融合的領域	333	40.2%	2013.3	ペニンシュラ型	9.3%	6.7%

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。

図表 85 サイエンスマップ 2016 において分析対象機関のうち 1 機関がかかわっている領域リスト

領域ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コア ペーパー数	国際 共著率	平均 出版年	Sci-GEO 研究領域型	日本シ ェア(整 数)	日本シ ェア(分 数)	分析対象 機関名
344	眼:網膜;光干渉断層撮影血管造影法;血管・導管;黄斑性の;毛細管;脈絡膜;SD光干渉断層法(SD-OCT);脈絡膜新生血管;中心窩無血管領域	臨床医学	15	46.7%	2014.9	スモールアイランド型	6.7%	6.7%	旭川医科大学
511	Li4Ti5O12(電池材料);リチウムイオン電池;アノード材料;放電;速度性能;二酸化チタン;炭素;電気化学的;高速・高率;電気化学的性能	工学	8	25.0%	2012.3	アイランド型	12.5%	1.8%	岩手大学
121	マイクログリッド;電圧;出力;コントローラ;分散・分布;負荷;変換器;アイランド化マイクログリッド;手法;ドループ	工学	18	66.7%	2013.2	コンチネント型	5.6%	5.6%	大阪大学
626	イオンチャネル;ボア;電圧センサー;膜;Navチャネル;ナトリウムチャネル;電位依存性ナトリウムチャネル;選択性;電圧ゲートナトリウムチャネル;電圧感知ドメイン	生物学・生化学	6	33.3%	2012.5	コンチネント型	33.3%	18.5%	大阪大学
162	象牙質;樹脂;結合強度;自己エッチング;エッチ・アンド・リンス;エナメル質;接着剤系;歯科;復旧・修復・復元;微量引張試験	臨床医学	4	100.0%	2011.5	スモールアイランド型	25.0%	16.7%	岡山大学
614	植物;耐塩性;植物の根;塩分ストレス;葉;NaCl;遺伝子;交互輸送機構;カリウム;トランスポーター	植物・動物学	11	54.5%	2013.2	コンチネント型	9.1%	3.0%	岡山大学
686	植物の根;植物;アルミニウム耐性;遺伝子;土壌;アルミニウム;リンゴ酸;アルミニウム毒性;酸性土;酸	植物・動物学	4	100.0%	2013.3	アイランド型	50.0%	18.8%	岡山大学
471	植物;カドミウム;酸化防止剤;エチレン;苗;外因性;グルタチオン;プロリン;塩分ストレス;蓄積	植物・動物学	7	71.4%	2015.4	スモールアイランド型	42.9%	16.7%	香川大学
482	フレイル;筋肉量;マーストリヒト・サルコペニア研究;高齢者;強度;骨格筋;物理的;老人;体;摂取	臨床医学	37	43.2%	2013.8	アイランド型	2.7%	0.1%	鹿児島大学
117	注意欠陥多動障害;脳;子供;症状;機能的;皮質;メチルフェニデート;成人;連結性;機能的磁気共鳴画像法(fMRI)	精神医学/心理学	5	80.0%	2012.0	スモールアイランド型	40.0%	10.7%	九州大学
256	リスク;血圧;患者;収縮期;心血管疾患;高血圧症;脳梗塞;高血圧;心血管;収縮期血圧介入試験	臨床医学	6	83.3%	2015.8	ベニンシュラ型	16.7%	2.8%	九州大学
327	崩壊率;減衰速度;ソリューション;時間減衰;最適;ボルツマン方程式;グローバル;圧縮可能;システム;初期;ポアソン	数学	7	42.9%	2012.3	スモールアイランド型	14.3%	7.1%	九州大学
618	ゲル化剤;オルガノゲル;超分子;ヒドロゲル;溶媒;自己集合;メタゲル;配位;応答性;自己	化学	4	0.0%	2012.3	スモールアイランド型	25.0%	25.0%	九州大学
657	ノード;ゲーム;多重ネットワーク;協力;ソーシャル;複雑ネットワーク;流行;拡散;相互依存;相互依存ネットワーク	学際的・分野融合的領域	59	61.0%	2014.1	スモールアイランド型	8.5%	2.9%	九州大学
698	経済成長;エネルギー消費;長期;中国;二酸化炭素排出量;二酸化炭素放出;都市化;環境クズネット曲線;共和分国	学際的・分野融合的領域	78	35.9%	2013.7	スモールアイランド型	1.3%	1.3%	九州大学
731	グラフ;頂点;エネルギー;尺度;距離;ネットワーク;合計;木;定義;エントロピー	数学	10	30.0%	2014.4	スモールアイランド型	10.0%	2.5%	九州大学
776	持続降圧呼吸;患者;無呼吸低呼吸指数;閉塞性睡眠時無呼吸;心血管;眠気;口腔器具;高血圧;リスク;血圧	臨床医学	4	50.0%	2012.8	アイランド型	25.0%	2.1%	九州大学
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	57.7%	2014.2	ベニンシュラ型	3.8%	1.0%	京都大学
154	o-カルボラン;誘導体・導関数;ケージ;ホウ素クラスターリガンド;アニオン;ホウ素中性子捕獲療法;含有;調合;合成・構成	化学	11	9.1%	2014.9	スモールアイランド型	9.1%	9.1%	京都大学
371	システムティック;レビュ;メタアナリシス;コクラン;ライブラリー(EBM);報告;品質の証拠;バイアスのリスク;比較対照試験;検索;探索(Embase)医学薬学データベース;証拠	社会科学・一般	15	100.0%	2011.8	アイランド型	6.7%	0.4%	京都大学
631	二次有機エアロゾル;大気;PM2.5;薄霧;汚染;粒子形成;エアロゾル質量;イソプレン;新粒子形成;エアロゾル質量分析計	地球科学	69	59.4%	2013.7	コンチネント型	2.9%	0.6%	京都大学
793	非対称;オキシインドール;エナンチオ選択的;反応;キラル;触媒;収率;環状付加;合成・構成;イサチン	化学	41	31.7%	2012.8	コンチネント型	2.4%	2.4%	京都大学
795	モノマー;共重合体;原子移動ラジカル重合;鎖;メタクリル酸;分子量;開始剤;触媒;単電子移動リビングラジカル重合;可逆的付加開裂連鎖移動	化学	39	28.2%	2014.7	ベニンシュラ型	2.6%	2.6%	京都大学
800	配列;モノマー;共重合;ラジカル;合成・構成;アセンブリ;一本鎖ナノ粒子;一本鎖;制御された;遮断	化学	9	22.2%	2014.1	スモールアイランド型	22.2%	8.3%	京都大学
823	結晶;ゲスト;有機ケージ;多孔性;共有結合性;ガス;材料;分離;分子;超分子	化学	8	50.0%	2013.6	ベニンシュラ型	12.5%	2.1%	京都大学
840	連続フロー;反応;パッチ;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	47.6%	2013.7	アイランド型	9.5%	9.5%	京都大学
859	ヒト上皮成長因子受容体2;HER2陽性;トラスツズマブエムタンシン;ネオアジュバント;転移性;アントラサイクリン;化学療法;転移性乳がん;三種陰性乳がん;陽性乳がん	臨床医学	40	62.5%	2012.5	コンチネント型	2.5%	0.1%	京都大学
5	グラフェン量子ドット;カーボンドット;蛍光;フォトルミネッセンス;カーボン量子ドット;蛍光炭素;量子収量;カーボンナノドット;光ルミネッセンス;カーボンナノ粒子	学際的・分野融合的領域	34	17.6%	2012.5	コンチネント型	5.9%	3.5%	信州大学
350	ランダム;ポリマー;変動;Kardar-Parisi-Zhang方程式;次元;フォールミラ普遍性;手法;ブラウン運動;普遍性クラス	数学	13	53.8%	2013.5	アイランド型	7.7%	1.5%	千葉大学
662	影響;インパクト;参考文献;指標;計量書誌学の;論文;科学的;刊行物;大学の;Twitter;ソーシャルメディア	社会科学・一般	39	25.6%	2014.4	アイランド型	2.6%	2.6%	筑波大学

図表 85 サイエンスマップ 2016 において分析対象機関のうち 1 機関がかかわっている領域リスト(続き)

領域ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コア ペーパー数	国際 共著率	平均 出版年	Sci-GEO 研究領域型	日本シ ェア(整 数)	日本シ ェア(分 数)	分析対象 機関名
445	極低温;双極子;双極子モーメント;相互作用;トラップ;電気双極子;電気双極子モーメント;状態;量子;ボースアインシュタイン凝縮	物理学	22	27.3%	2014.0	コンチネント型	9.1%	6.8%	電気通信大学
96	頻度・周波数;コイル;無線電力伝送;磁気;距離;電力伝送システム;カップリング;ワイヤレス電源システム;誘導電力;ワイヤレス電力伝送	工学	21	23.8%	2012.7	アイランド型	4.8%	4.8%	東京大学
105	プラグイン電気自動車;エネルギー;需要;負荷;スマートグリッド;帯電;電力系統;装入;プラグインハイブリッド自動車;充電	工学	6	33.3%	2012.2	コンチネント型	16.7%	11.1%	東京大学
147	経頭蓋直流電流刺激;モーター・運動;陽極;偽経頭蓋直流電流刺激;皮膚;興奮性;経頭蓋交流電流刺激;脳刺激;脳陰極	学際的・分野融合的領域	18	38.9%	2013.4	アイランド型	5.6%	1.9%	東京大学
159	インターフェイス;チタン酸ストロンチウム;LaAlO3/SrTiO3ヘテロ構造;酸化物;ヘテロ構造;二次元電子ガス;スピン;電子;ランタンアルミニウム;磁気	物理学	11	72.7%	2011.6	アイランド型	9.1%	4.5%	東京大学
283	酵素;真菌;バイオマス;セルロース;多糖;溶解性多糖モノオキシゲナーゼ;リグニン;腐敗;セルラーゼ;分解	生物学・生化学	25	64.0%	2013.9	コンチネント型	4.0%	0.2%	東京大学
334	推進;粒子;活動的な;自己;マイクロモーター;スライマー;ヤヌス粒子;運動;動作;流体力学	物理学	53	47.2%	2013.5	アイランド型	1.9%	0.6%	東京大学
410	ソフトウェア定義ネットワーク;コントローラOpenFlow;コントロールプレーン;仮想化;手法;資源;インターネット;可動性;スイッチ	計算機科学	4	25.0%	2014.3	スモールアイランド型	25.0%	25.0%	東京大学
470	microRNA;標的;発現;制御;調整;タンパク質;mRNA;細胞;CCR4-NOT複合体;翻訳;遺伝子サイレンシング	学際的・分野融合的領域	4	50.0%	2011.5	アイランド型	25.0%	5.0%	東京大学
610	ニトロゲナーゼ;リガンド;複合体;二窒素;鉄;金属;反応;アンモニア;補因子;減少;削減	化学	11	27.3%	2013.2	アイランド型	9.1%	9.1%	東京大学
649	接触角;超疎水性表面;コーティング;水;表面;防水;自浄;水滴;超疎水性;湿潤	学際的・分野融合的領域	19	47.4%	2012.5	スモールアイランド型	5.3%	1.3%	東京大学
705	土壌;植物の根;植物種;アーバスキュラー菌根菌;真菌群集;共生;多様性;ホスト-宿主;外胚葉性	植物・動物学	15	60.0%	2013.7	ベニンシュラ型	6.7%	0.6%	東京大学
853	Ia型超新星;爆発;白色矮星;前駆;質量;光度曲線;射出物;スペクトル;星周媒質;SN 2011fe(Ia型超新星)	宇宙科学	8	75.0%	2012.0	ベニンシュラ型	37.5%	2.0%	東京大学
862	暗黒物質;粒子;暗黒光子;ボゾン;銀河;標準モデル;ゲージ集団;ヒッグス粒子;遺物	物理学	7	85.7%	2014.9	ベニンシュラ型	14.3%	2.0%	東京大学
45	電気化学的;リチウムイオン電池;電解質;マグネシウム二次電池;充電式;材料;アノード;カチオン;電解質溶液;エネルギー	学際的・分野融合的領域	11	36.4%	2014.0	ベニンシュラ型	18.2%	4.9%	東京工業大学
524	モジュラマルチレベル変換器;コンデンサ電圧;高電圧直流;サブモジュール;出力;シミュレーション;コントローラ;モデル予測制御;電流;予測制御	工学	36	47.2%	2013.2	アイランド型	5.6%	5.6%	東京工業大学
195	木質部;解剖学的;年輪;気候;年間の濃度変動;血管・導管;初期ウッド;木部形成;年内;マツ属	植物・動物学	14	85.7%	2015.6	スモールアイランド型	7.1%	2.4%	東京農工大学
118	フレーム;壁;予混合;温度;空気;小型燃焼器;燃焼;燃料;フロー熱	工学	5	40.0%	2012.6	スモールアイランド型	40.0%	30.0%	東北大学
124	水素化ホウ素-フッ化物系;水素貯蔵;脱水素;四水素化ホウ素イオン;温度;水素化ホウ素リチウム;放出;四水素化ホウ素;金属;分解	学際的・分野融合的領域	4	100.0%	2012.5	アイランド型	25.0%	8.3%	東北大学
193	NMOスペクトル障害;患者;多発性硬化症;ミエリンオリゴデンドロサイト糖タンパク質;アクアポリン4;視神経炎;臨床;抗体;中枢神経系;抗アクアポリン4抗体	神経科学・行動学	7	71.4%	2014.4	アイランド型	42.9%	8.0%	東北大学
218	Machine to Machine(M2M);ネットワーク;スマートグリッド;無線;エネルギー;Machine to Machine(M2M)通信;パワー;モノのインターネット(IoT);手法;解決法	計算機科学	4	25.0%	2011.0	スモールアイランド型	25.0%	25.0%	東北大学
310	疾患;NF-E2関連因子2;フマル酸ジメチル;テリフルノミド;患者;再発寛解型多発性硬化症;多発性硬化症;病変;再発;中枢神経系	学際的・分野融合的領域	15	100.0%	2012.1	コンチネント型	6.7%	2.2%	東北大学
557	高エントロピー合金;微細構造;固溶体;面心立方格子構造;温度;体心立方格子構造;機械的性質;強度;単相;材料	材料科学	26	38.5%	2013.8	スモールアイランド型	3.8%	0.5%	東北大学
562	プロトコル;ユーザー;ノード;通信;無線センサネットワーク;経路;パスウェイ;エネルギー;シミュレーション;解決法;移動性	計算機科学	38	89.5%	2013.8	ベニンシュラ型	5.3%	2.6%	東北大学
822	二酸化炭素の還元;電極;電極触媒;電気化学的還元;ファラデー効率;加電圧;反応;金属;表面;酸塩	化学	34	26.5%	2013.3	コンチネント型	2.9%	0.6%	東北大学
829	ゲムシタピン;膵管腺がん;膵臓がん;生存;転移性;FOLFIRINOX療法;中和抗体;患者;全生存期間;ゲムシタピン;ナブパクリタキセル併用療法	臨床医学	14	42.9%	2013.4	コンチネント型	7.1%	0.4%	東北大学
854	腸管幹細胞;WNT(wingless/integrase-1);ロイシブリッチリピート含有Gタンパク質共役型受容体5(LGR5);βカテニン;陰窩;Wntシグナル伝達;上皮;マウス;腸上皮;恒常性	分子生物学・遺伝学	11	45.5%	2011.6	コンチネント型	9.1%	1.3%	東北大学
868	がん細胞;オートファジー;細胞死;経路;パスウェイ;膵臓がん;生存;誘導・誘発;アポトーシス;セルラー;タンパク質	学際的・分野融合的領域	6	33.3%	2012.7	コンチネント型	16.7%	2.1%	東北大学
133	分離;アゾール耐性;抗真菌;アスペルギルス・フミガーツス;患者;ポリコナゾール;cyb51A遺伝子;アスペルギルス症;臨床;免疫性アスペルギルス症	学際的・分野融合的領域	4	75.0%	2015.3	スモールアイランド型	25.0%	1.1%	長崎大学
113	重力;暗黒エネルギー;理論;宇宙論;物質;方程式;スカラ場;宇宙空間;修飾・修正;状態方程式	物理学	15	60.0%	2011.6	ベニンシュラ型	20.0%	5.9%	名古屋大学

図表 85 サイエンスマップ 2016 において分析対象機関のうち 1 機関がかかわっている領域リスト(続き)

領域ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コア ペーパー数	国際 共著率	平均 出版年	Sci-GEO 研究領域型	日本シ ェア(整 数)	日本シ ェア(分 数)	分析対象 機関名
172	自己集合;バッチ状;ナノ粒子;コロイド;DNA;ヤヌス粒子;相互作用;共重合体;建築用ブ ロック;超格子	化学	14	14.3%	2013.7	ベニンシュラ型	7.1%	1.4%	名古屋大学
343	物質収支;気候;氷河;雪;湖;デブリカバ;降水;沈澱;氷;ヒマラヤ;数値地形モデル	地球科学	22	77.3%	2013.2	ベニンシュラ型	4.5%	0.5%	名古屋大学
378	電子;誘導体;導関数;移動度;化合物;合成;構成;有機;電界効果トランジスタ;アザセ ン;ヘテロアセン	学際的・分野融合 的領域	5	20.0%	2013.8	スモールアイラ ンド型	20.0%	6.7%	奈良先端科学技 術大学院大学
783	アンテナ;無線;チャネル;MIMO(multiple-input and multiple-output);中継;ユーザ;秘 密;送信;伝染;エネルギー;基地局	計算機科学	112	53.6%	2013.6	コンチネント型	0.9%	0.3%	新潟大学
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	18.2%	2014.3	アイランド型	45.5%	45.5%	浜松医科大学
290	触媒;バイオディーゼルの生産;エステル交換;メタノール;油;モル比;酸化カルシウム;温 度;ヘテロジニアス;酸	工学	15	26.7%	2015.3	スモールアイラ ンド型	6.7%	2.7%	弘前大学
407	環境DNA;種;生物多様性;水生;魚;メタバームコーディング;生態系;鯉;検出;分類学的	環境/生態学	33	12.1%	2014.1	スモールアイラ ンド型	3.0%	3.0%	広島大学
712	種(動物植物分類上の)属;苔類の科;植物;多様化;こけ類;化石;植物;天然樹脂の化 石;系統;ゼニ苔類	植物・動物学	4	100.0%	2015.0	スモールアイラ ンド型	25.0%	0.7%	広島大学
452	機械的性質;上ドゲル;靱性;アルギン酸塩;ポリマー;交差結合;自己回復;強度;ダブ ルネットワーク;材料	材料科学	4	75.0%	2013.8	アイランド型	25.0%	25.0%	北海道大学
639	植生;種;植物;北極;低木;高山;気候変動;ツンドラ;生態系;温暖化	環境/生態学	4	100.0%	2012.0	スモールアイラ ンド型	50.0%	1.5%	北海道大学
696	軌道角運動量;光渦;通信;偏光;分極;ポルテックスビーム;波長;シングル・マルチモ ドファイバ;軌道角運動量モード;モード分割多重通信;トポロジカルチャージ	物理学	11	72.7%	2013.1	アイランド型	9.1%	9.1%	北海道大学
771	分離;株;結核;全ゲノム配列決定;配列;志賀毒素産生大腸菌;分類;志賀毒素;O157; 溶血性尿毒症性症候群	学際的・分野融合 的領域	17	41.2%	2012.2	アイランド型	5.9%	2.0%	宮崎大学
680	車両;インスタンス;ルート問題;解決法;排出;放出;顧客;ヒューリスティック;ロジステ ィクス;輸送経路問題;タイムウィンドウ	工学	9	55.6%	2012.7	スモールアイラ ンド型	11.1%	2.8%	秋田県立大学
732	方程式;存在;分数;実数空間Rn;シュレディンガー方程式;ソリユーション;デルタ;非局 所;キルヒホッフ型;ラプラス;演算子	数学	114	37.7%	2013.9	アイランド型	1.8%	1.8%	大阪市立大学
702	ゲノム遺伝的;一塩基多型;種;マーカー;シーケンシング;形質;量的形質遺伝子座; シーケンシングによるジェノタイプング;人口;個体数	学際的・分野融合 的領域	46	34.8%	2013.7	コンチネント型	2.2%	0.0%	沖縄科学技術大 学院大学
271	腎;活性酸素種;NADPHオキシダーゼ4(NOX4);糖尿病性腎症;酸化ストレス;糖尿病; マウス;タコ足細胞;腎臓;糸球体	臨床医学	4	75.0%	2015.3	スモールアイラ ンド型	25.0%	2.8%	川崎医科大学
604	確率的;ランダムアトラクタ;存在;非自立的;ブルバック;ノイズ;動力学系;方程式;分数; 非整数ブラウン運動	数学	6	16.7%	2012.5	スモールアイラ ンド型	16.7%	8.3%	久留米大学
416	イオンチャネル;細胞;神経細胞の;機械受容;膜;機械的;タンパク質;Piezo1チャネル;触 覚;機械的シグナル伝達	学際的・分野融合 的領域	9	22.2%	2013.1	スモールアイラ ンド型	11.1%	1.9%	慶應義塾大学
570	迷走神経刺激;自律;心不全;心室;患者;セラピー;副交感神経;心拍数;左;慢性心不全	臨床医学	9	77.8%	2014.9	ベニンシュラ型	11.1%	7.4%	慶應義塾大学
678	炎症性腸疾患;潰瘍性大腸炎;クローン病;インフリキシマブ;患者;腫瘍壊死因子;アダ リムマブ;寛解;臨床的寛解;抗体	臨床医学	43	51.2%	2013.5	アイランド型	2.3%	0.2%	慶應義塾大学
138	全身性エリテマトーデス;ループス腎炎;患者;B細胞;疾患;自己免疫;ペリウムマブ;臨 床;B細胞活性化因子;セラピー	臨床医学	22	63.6%	2013.8	コンチネント型	4.5%	0.6%	産業医科大学
401	関節リウマチ;患者;トファシチニブ;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;トシリマブ;寛解;阻害剤	臨床医学	26	88.5%	2014.0	コンチネント型	11.5%	8.0%	産業医科大学
130	E型肝炎ウイルス感染;抗E型肝炎ウイルス抗体;E型肝炎ウイルスのRNA;E型肝炎ウ ィルス;肝臓;血清陽性率;遺伝子型;E型肝炎ウイルス遺伝子型3;患者;急性肝炎	臨床医学	18	61.1%	2014.4	アイランド型	11.1%	1.1%	自治医科大学
34	骨髄増殖性疾患;突然変異;患者;ルキソリチニブ;JAK2-V617F遺伝子変異;ヤヌスキ ナーゼ;カルレチキュリン;真性多血症;原発性骨髄線維症;本態性血小板血症	臨床医学	37	86.5%	2013.9	ベニンシュラ型	2.7%	2.7%	順天堂大学
61	最大電力点追跡;電圧;変換器;光発電システム;太陽;光起電力;日よけ;グリッド;DC- DCコンバータ;コントローラ	工学	22	45.5%	2012.5	スモールアイラ ンド型	4.5%	3.0%	上智大学
529	植物;葉緑体;ストレス;遺伝子;色素体;逆行性;シロイヌナズナ;信号;活性酸素種;発現	植物・動物学	15	53.3%	2015.0	ベニンシュラ型	6.7%	1.7%	上智大学
42	ドナー特異的抗体;同種移植;拒絶;患者;腎臓移植;抗HLA抗体;移植レシエント;抗 体介在性拒絶反応(AMR);移植片生着;抗原	臨床医学	9	55.6%	2013.7	アイランド型	11.1%	0.5%	東京女子医科大 学
361	患者;心室;不適切なショック;移植;皮下植込み型除細動器;心臓;植込み型除細動 器;植込み型除細動器療法;心臓再同期療法;植込み型除細動器	臨床医学	5	100.0%	2013.4	コンチネント型	20.0%	1.4%	東京女子医科大 学
506	裂け目;割れ目;骨折;数値;有限要素;アイソジオメトリック解析;非一様有理Bスプライン ;等方性;有限要素法;フェーズフィールド;流体;構造相互作用	学際的・分野融合 的領域	82	74.4%	2013.3	アイランド型	13.4%	7.6%	早稲田大学
388	光学的;量子ドット;スピニ;キャビティ;単一光子源;単一光子;状態;励起子;フォトリック; 量子情報	物理学	8	62.5%	2014.3	コンチネント型	12.5%	2.1%	情報・システム研 究機構



図表 85 サイエンスマップ 2016 において分析対象機関のうち 1 機関がかかわっている領域リスト(続き)

領域ID	研究領域の特徴語	22分野分類	コア ペーパー数	国際 共著率	平均 出版年	Sci- GEO 研究領域型	日本シエ ア(整数)	日本シエ ア(分数)	分析対象 機関名
38	対流:季節内;インド洋:熱帯;マッデン・ジュリアン振動;異常:降水・沈澱:水分;気候変動;マッデン・ジュリアン振動のダイナミクス	地球科学	14	42.9%	2013.7	スモールアイランド型	28.6%	6.4%	海洋研究開発機構
479	熱帯低気圧:解像度・分解能;気候モデル;シミュレーション;海洋:大西洋;グローバル:降水・沈澱;海面温度:北	地球科学	9	44.4%	2014.2	アイランド型	33.3%	5.5%	海洋研究開発機構
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	46.2%	2013.3	コンチネント型	3.8%	1.9%	国立環境研究所
384	降水・沈澱:温度;気候:傾向;生物季節学;正規化植生指数;春:生態系;気候変動;草原	学際的・分野融合的領域	7	85.7%	2012.3	ペニンシュラ型	28.6%	6.4%	国立環境研究所
502	排出・放出:グローバル;シナリオ;気候政策;エネルギー;気候変動;炭素:標的;二酸化炭素回収・貯留:減少	学際的・分野融合的領域	9	100.0%	2014.9	スモールアイランド型	33.3%	3.6%	国立環境研究所
858	転移性大腸がん;セツキンマブ;患者:カーステンラット肉腫ウイルスがん遺伝子ホモログ(KRAS);無増悪生存期間;化学療法;全生存期間;突然変異;BRAF阻害剤;ペバシズマブ	臨床医学	17	88.2%	2012.6	コンチネント型	5.9%	0.3%	国立がん研究センター
408	ジカウイルス;デングウイルス;蚊;小頭症;デング熱ワクチン;血清型;フラビウイルス;感染;抗体;熱	学際的・分野融合的領域	73	34.2%	2015.5	スモールアイランド型	1.4%	1.4%	国立国際医療研究センター
139	凝固障害;輸血;外傷患者;血液;血小板;抽気;蘇生;フィブリノーゲン;プラスマトラネキサム酸	臨床医学	15	40.0%	2013.5	コンチネント型	6.7%	1.0%	国立循環器病研究センター
565	抵抗スイッチング;デバイス;マルチフェロイック;強誘電性;偏光・分極;薄膜トンネル接合;ピスマスフェライト;ヘテロ構造;電圧	材料科学	8	50.0%	2012.3	アイランド型	12.5%	2.1%	産業技術総合研究所
540	宇宙線照射生成核種Be-10;水堆石;氷河期;照射年代;丸石;宇宙線生成核種;氷床;氷河融解;最終氷期極相期;生産速度	地球科学	8	87.5%	2014.4	アイランド型	12.5%	3.1%	日本原子力研究開発機構
81	作物モデル;気候変動;影響・インパクト;コムギ;作物収量;農業;土壌;不確定性;シミュレーション;トウモロコシ	学際的・分野融合的領域	7	100.0%	2013.3	アイランド型	14.3%	1.8%	農業・食品産業技術総合研究機構
700	遺伝子;果実の熟成;エチレントマト果実;発現;アブジシン酸;果実発育;イテゴ;制御・調整;生物発生説	植物・動物学	7	28.6%	2011.7	アイランド型	14.3%	14.3%	農業・食品産業技術総合研究機構
590	抵抗スイッチング;フィラメント;ニューロモーフイック;メモリスタ;抵抗変化型メモリ;シナプス;メムリスタデバイス;電圧;リセット;スパイク	学際的・分野融合的領域	12	33.3%	2012.2	アイランド型	16.7%	4.0%	物質・材料研究機構
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	20.2%	2013.2	コンチネント型	1.1%	0.6%	物質・材料研究機構
811	グラフェン;プラズモン;表面プラズモン;メタマテリアル;テラヘルツ波;光学的;光検出器;プラズモン共鳴;導波路;吸収	物理学	97	49.5%	2012.7	コンチネント型	7.2%	1.1%	物質・材料研究機構
841	リン酸銀;光触媒活性;分解;可視光照射;複合;光触媒性能;強化・増強;電子;ローダミンB;二酸化チタン	学際的・分野融合的領域	9	33.3%	2011.9	コンチネント型	44.4%	32.2%	物質・材料研究機構
14	パリティ時間対称;光学的;ソリトン;パリティ対称性;利得;非線形;非エルミート;損失・喪失;導波路;利益及び損失	物理学	26	65.4%	2012.8	コンチネント型	15.4%	2.5%	理化学研究所
267	試験管内;培養;肝毒性;幹細胞;回転楕円体;遺伝子;薬剤性肝障害;HepG2細胞;肝臓;ヒト肝細胞	薬学・毒性学	8	62.5%	2014.0	アイランド型	12.5%	0.5%	理化学研究所
298	グリッド細胞;発火;海馬;神経細胞の;内側嗅内皮質;場所細胞;メモリ・記憶;嗅内皮質;ラット;中間の	神経科学・行動学	12	16.7%	2013.1	コンチネント型	8.3%	2.1%	理化学研究所
438	皮質;脳;新皮質;ヒト;大脳皮質;ニューラル;前駆;細胞;神経細胞の;神経前駆細胞	神経科学・行動学	7	28.6%	2012.4	スモールアイランド型	14.3%	14.3%	理化学研究所
628	薬理ゲノミクス;患者;チトクロムP450酵素CYP2D6;薬理遺伝学;臨床;遺伝子型;CYP3A5;代謝群;医薬;クロビドグレル	薬学・毒性学	6	66.7%	2014.5	スモールアイランド型	16.7%	3.7%	理化学研究所
654	メタ表面;光学的;プラズモン;偏光・分極;誘電体;メタマテリアル;ビーム;波長;電磁石・電磁気の;テラヘルツ波	物理学	73	58.9%	2013.7	コンチネント型	5.5%	1.5%	理化学研究所
812	量子;量子ビット;共振器;光子;状態;キャビティ;回路;超伝導;マイクロ波;ゲート	物理学	25	56.0%	2012.8	コンチネント型	20.0%	6.7%	理化学研究所
874	遺伝子発現;単細胞;細胞型トランスクリプトーム;シークエンシング;質量サイトメトリ;RNA;セラー;メチル化;異質性(Heterogeneity)	学際的・分野融合的領域	36	38.9%	2014.1	コンチネント型	2.8%	0.3%	理化学研究所
98	多剤耐性結核;治療計画;結核菌;患者;リネゾリド;喀痰;広範囲薬剤耐性;ペダキリン;超多剤耐性結核菌;多剤耐性結核菌	臨床医学	25	92.0%	2013.4	アイランド型	16.0%	0.6%	国立病院機構
122	真菌;細菌;空中;屋内;微生物;コミュニティ;環境;ヒト;屋内空気;サンプル	工学	7	42.9%	2014.0	スモールアイランド型	14.3%	3.6%	日本学術振興会

注: 分析対象機関名の五十音順で結果を示している。大学等の名称を国公立別で示し、その後に公的研究機関等の名称を示している。  
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。

## 7-2-2 サイエンスマップ活動状況シートの詳細分析

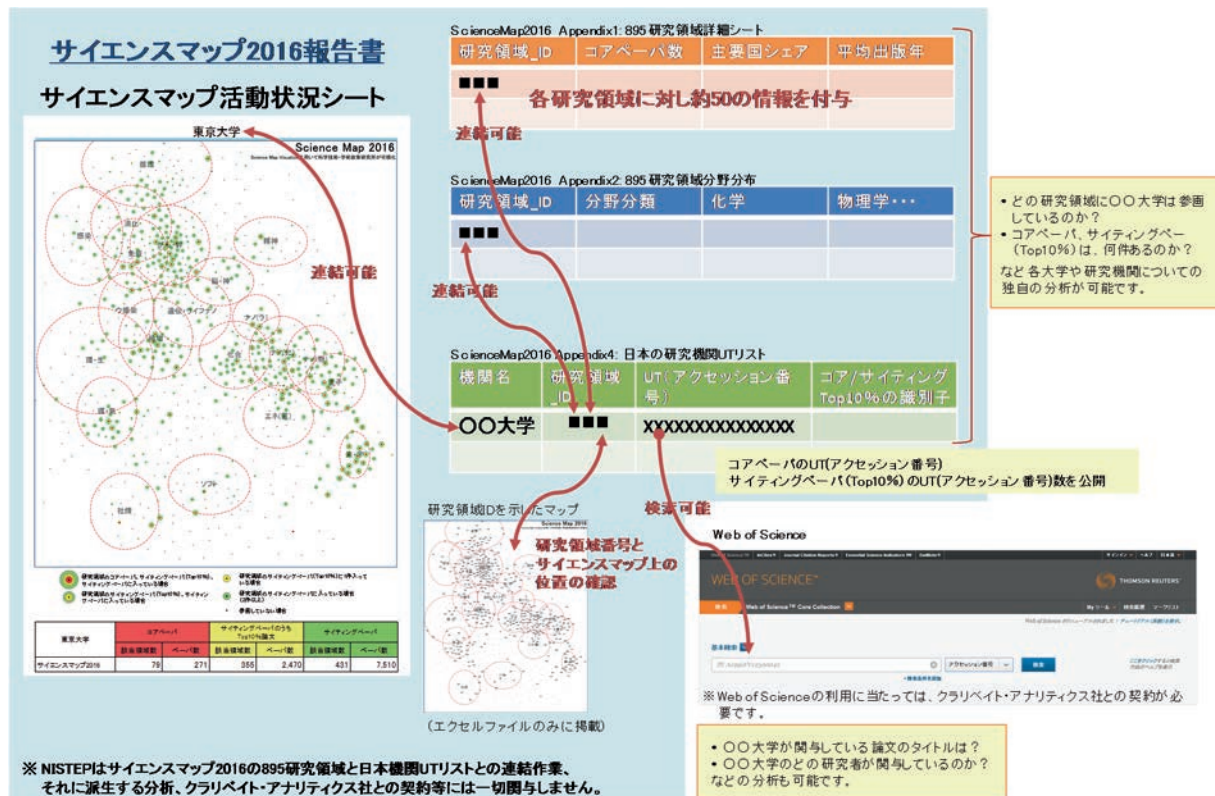
本報告書の「APPENDIX 6. サイエンスマップ 2016 にみる日本の個別大学等及び公的研究機関等の UT (アクセッション番号)リスト」ではさらに、分析対象である大学・公的研究機関等について、下記のような論文レベルでの詳細な分析をそれぞれ独自に行うことができるように、Web of Science の論文識別番号(アクセッション番号)も掲載している。

### 〈サイエンスマップ活動状況シートの詳細分析〉

- どんな研究領域に当該大学・公的研究機関等は参画しているのか？
- コアペーパー、サイティングペーパー(のうち、Top10%論文数)は、何件あるのか？
- 当該大学・公的研究機関等が関与している論文のタイトルは？
- 当該大学・公的研究機関等のどの研究者が関与しているのか？

図表 86 サイエンスマップ 2016 の全研究領域情報と

日本の 167 大学・公的研究機関等の個別該当 UT(アクセッション番号)のリストの連結イメージ



---

## 8 まとめ

---

サイエンスマップは科学研究の状況を定期的に観測することを目的に、科学技術・学術政策研究所において実施している調査であり、マッピングの対象を研究領域としている点が特徴である。

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)の被引用数が上位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)行うことで、895 研究領域が得られた。これまで作成してきたサイエンスマップとの時系列分析の結果も含めて、以下に調査結果をまとめる。

---

### 8-1 科学研究の潮流と日本

---

#### (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。サイエンスマップ 2002 の 598 領域と比べると、国際的に注目を集める研究領域数は 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。

#### (2) 研究全体に拡散する学際的・分野融合的領域

学際的・分野融合的領域の動向を捉えることは、現在の科学の潮流をつかむ上で重要な視点である。国際的に注目を集める研究領域に占める学際的・分野融合的領域の割合は、サイエンスマップ 2014 から僅かに低下し、サイエンスマップ 2016 では 22%であった。

サイエンスマップ 2002 では、学際的・分野融合的領域は生命科学系のあたりに集中していた。サイエンスマップ 2006 からは、ナノサイエンス研究のあたりで学際的・分野融合的領域が増加しており、サイエンスマップ 2016 では多数の学際的・分野融合的領域がみられる。これらの変化に加えて、学際的・分野融合的領域がマップ全体に点在するようになっている。これは、現在の科学ではさまざまな知識の組み合わせにより、新たな知識が生み出されるようになっていることを示した結果と考えられる。

#### (3) 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

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%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。サイエンスマップの参画割合をみると、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。日本の参画領域の内訳をみると、国際共著を通じての参画領域数が増加している。他方、英国やドイツの参画割合は 5~6 割を保持しており、日本と英国やドイツとの参画領域割合の差は依然として大きい。

#### (4) 中国の先導により形成される研究領域数が拡大

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。なかでも、中国のシェアが 50%以上を占める研究領域数が 79 領域存在している。

これらの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。

### (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)という概念を新たに導入した。

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かかわりの強さ(空間軸)を用いて分類する。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」に分類する。

### (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。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、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。

日本としての「存在感」をどう考えるかについて、議論が必要と考えられる。参画領域数にみる研究の多様性を増やすのか、シェアの確保につながる日本の論文数を増やしたいのか。この選択の違いにより、目指すべき Sci-GEO チャートのバランス設定やそれを実現するための資金配分等の方針が変わる。

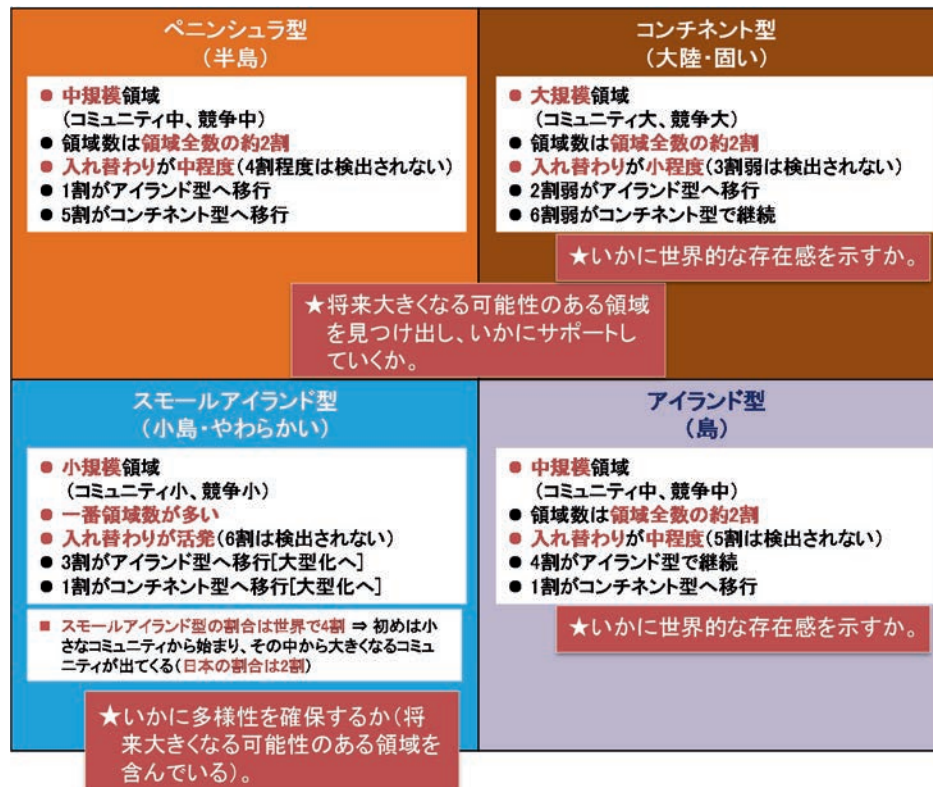
### (3) Sci-GEO チャートを用いた研究領域の移行の特徴

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)やコンチネント型(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、かなり安定的であることが分かる。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。



図表 87 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、推進策を考える際のポイントである。

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。

### 8-3 サイエンスマップへのさまざまな情報のオーバーレイ

#### (1) サイエンスマップと技術のつながりの分析

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、特許ファミリー(特許)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。

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特許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、特許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。また、特許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 回特許ファミリー(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 回特許ファミリーに引用されている。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、特許ファミリーからも注目を集めていることを示している。

また、特許からの被引用状況を研究領域ごとにみると、生命科学系にかかわる研究領域、ナノサイエンスにかかわる研究領域は技術とのつながりが強いことが改めて確認された。

特許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 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のべ 13 件含まれる。論文の抽象度から、IGZO 系酸化化合物半導体や 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。

## (2) 主要な資金配分機関等情報のサイエンスマップ上へのオーバーレイ

サイエンスマップに出現している日本の論文について謝辞情報を分析することで、サイエンスマップとファンディング情報をリンケージするための試行的な分析を実施した。

サイエンスマップ上で、我が国の主要な資金配分機関等の状況をみると、文部科学省、日本学術振興会、科学技術振興機構については、おおむねマップの全体をカバーしていることが明らかになった。また、他の省庁や資金配分機関については、例えば経済産業省及び新エネルギー・産業技術総合開発機構は、主にナノサイエンス研究をカバーしているなど、資金配分機関等が主なターゲットとする科学研究が可視化される<sup>1</sup>。

資金配分機関等のカバーしている研究領域を Sci-GEO タイプを用いて分類すると、資金配分機関によってバランスが異なることが明らかになった。スモールアイランド型の割合に注目すると日本学術振興会の割合が一番高く、新エネルギー・産業技術総合開発機構の割合が一番低い。他方で、コンチネント型の割合に注目すると、スモールアイランド型とは逆に、新エネルギー・産業技術総合開発機構の割合が一番高く、日本学術振興会の割合が一番低くなっている。

今回の分析では、2015年4月1日に設立された日本医療研究開発機構についても分析対象とした。サイエンスマップ 2016 の対象年の最後の約一年半のみをカバーしているが、既にその活動がサイエンスマップ上で観測されつつあることが明らかになった。

### 8-4 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

サイエンスマップは、共引用関係を用いて研究領域の俯瞰を行っており、論文のグループ化の際には、キーワードは用いていない。しかし、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 2002 から 2016 を構成するコアペーパーの論文タイトルに出現する単語の頻度に注目し、既に認識されている「ゲノム編集」、「グラフエン」、「ニューラルネットワーク」にかかわる単語が、過去どのように出現していたのかをみることで、コアペーパーの論文タイトルを用いた新たな研究領域の兆しの探索を試みた。分析の結果、サイエンスマップ上での可視化、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のいずれについても、「ゲノム編集」、「グラフエン」、「ニューラルネットワーク」の出現を捉えていることが明らかになった。ただし、サイエンスマップ上での可視化では、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、新しい研究領域のトレンドを見つけるためには、研究領域の中身まで理解する必要がある。

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、感度のよ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。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。

1 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をカバーしているかという情報である。

---

## 謝辞

---

本報告書の分析のうち、特徴語の抽出・和訳については、国立研究開発法人科学技術振興機構の協力を得て実施しました。ご協力をいただいた国立研究開発法人科学技術振興機構情報企画部の治部真里氏、渡邊勝太郎氏、松本尚也氏、江上周作氏に、御礼申し上げます(所属は 2017 年度末時点)。

ファイル容量が大きいため、本ファイルに付録は掲載していません。  
付録のデータは「<http://www.nistep.go.jp/sciencemap>」からダウンロードしてください。



(裏白紙)

NISTEP REPORT No.178

サイエンスマップ 2016

2018年 10月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所  
科学技術・学術基盤調査研究室

〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-2-2 中央合同庁舎第7号館 東館 16階  
TEL: 03-6733-4910 FAX: 03-3503-3996

Science Map 2016

October 2018

Research Unit for Science and Technology Analysis and Indicators  
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)  
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan

<http://doi.org/10.15108/nr178>

# SCIENCE MAP 2016



<http://www.nistep.go.jp>