

NISTEP REPORT No.169

サイエンスマップ 2014

論文データベース分析(2009-2014年)による注目される研究領域の動向調査

2016年9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 正貢	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]
福澤 尚美	科学技術・学術基盤調査研究室 研究員 [サイエスマップと技術のつながり(6-1)の分析実施及び報告書執筆]
村上 昭義	科学技術・学術基盤調査研究室 研究員 [サイエ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]
阪 彩香	科学技術・学術基盤調査研究室 主任研究官 [分析方針検討及び報告書執筆補助]

【Contributors】

Masatsura IGAMI	Director, Research Unit for Science and Technology Analysis and Indicators, National Institute of Science and Technology Policy, MEXT
Naomi FUKUZAWA	Research Fellow, 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
Ayaka SAKA	Senior Research Fellow, Research Unit for Science and Technology Analysis and Indicators, National Institute of Science and Technology Policy, MEXT

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.

「サイエスマップ 2014」, *NISTEP REPORT*, No. 169, 文部科学省科学技術・学術政策研究所.

DOI: <http://doi.org/10.15108/nr169>

“Science Map 2014,” *NISTEP REPORT*, No. 169, National Institute of Science and Technology Policy, Japan.

DOI: <http://doi.org/10.15108/nr169>

サイエンスマップ2014

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2014(2009年～2014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。

サイエンスマップへの参画状況の分析から、世界の研究領域数が拡大する中、日本の参画領域数は停滞していることが確認された。また、研究領域を継続性及び他の研究領域との関係性の観点から分類するSci-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少ないことが明らかになった。

また、今回のサイエンスマップでは、初めての試みとして、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をリンクさせた分析を行った。

Science Map 2014

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 2014 and discussed time series changes of Science Maps since 2002.

Analyses of Science Maps show that the number of research areas in which Japan has participated remains flat since 2008, while the number of research areas in the world has been expanding over time. We introduced a concept of Sci-GEO chart which aims to classify research areas in terms of continuity of research areas and cognitive linkage among other research areas. We applied the Sci-GEO chart to Science Maps 2002 – 2014, 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 2014, we analyzed linkages between the Science Map and technology and linkages between the Science Map and funding information.

(裏白紙)

目次

概要

サイエンスマップ 2014 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. 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)	17
6. サイエンスマップ研究領域情報の詳細の掲載	19

本編

1 はじめに	21
2 調査手法	22
2-1 論文のグループ化による研究領域の俯瞰	22
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	24
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	24
2-4 サイエンスマップの表示方法	25
2-5 研究領域の特徴語抽出	27
2-6 サイエンスマップの特徴と留意点	27
3 サイエンスマップにみる科学研究の状況	28
3-1 サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2014 の研究領域数の変化	28
3-2 サイエンスマップを用いた科学研究の俯瞰	29
3-3 サイエンスマップの時系列変化	40
4 サイエンスマップにみる研究領域の各種統計	47
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	47
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	49
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	52
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	57
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	69
5 研究領域の特徴を分ける Sci-GEO チャート	75
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	75
5-2 研究領域の特徴を分類する Sci-GEO チャート	76
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	80
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	81
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	84
6 サイエンスマップ上への各種情報のオーバーレイ	88
6-1 サイエンスマップと技術のつながりの分析	88

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)	95
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.....	104
7-1 サイエンスマップ 2014 の全研究領域情報の情報の掲載.....	104
7-2 日本の 170 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.....	105
8 まとめと今後に向けて.....	112
8-1 科学研究の潮流と日本.....	112
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.....	112
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.....	114
8-4 次世代サイエンスマップに向けて.....	115

付録(付録は <http://www.nistep.go.jp/sciencemap> からダウンロードしてください)

APPENDIX 1. サイエンスマップ 2014	119
APPENDIX 2. サイエンスマップ 2014 研究領域詳細シート.....	121
APPENDIX 3. サイエンスマップ 2014 コアペーパーの分野分布.....	153
APPENDIX 4. サイエンスマップ活動状況シート(個別大学等).....	173
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).....	325
APPENDIX 6. サイエンスマップ 2014 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.....	355
APPENDIX 7. 特徴語の抽出.....	357
APPENDIX 8. 特徴語を用いた研究領域群の抽出.....	367
APPENDIX 9. 技術とのつながりの分析に使用した特許.....	371
APPENDIX 10. サイエンスマップ TRAJECTORY 表示.....	373

概要

(裏白紙)

サイエンスマップ 2014 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者コミュニティを、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 2014 では、2009 年から 2014 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 7.9 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 844 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 2012 までの 6 時点のサイエンスマップを作製してきた。本概要では適時それらも参照し、サイエンスマップ 2014 の分析の内、以下を紹介する。なお、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は、初めての試みである。

- 科学研究の潮流と日本の状況
 - ・ サイエンスマップ 2014 にみる科学研究の状況
 - ・ 学際的・分野融合的領域の状況
 - ・ 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
- 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）
- 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 2014 にみる科学研究の状況

サイエンスマップ 2014(2009 年から 2014 年)では、国際的に注目を集める研究領域として 844 領域が抽出された。概要図表 1 にサイエンスマップ 2014 を示す。サイエンスマップは、大地にコアペーパーが堆積し形成された科学の山々を上空から捉えた鳥瞰図であり、研究領域は山に例えることができる。

◇ 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 2014 は 7 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 2014 では 844 領域である。研究領域数はサイエンスマップ 2002 から 2014 にかけて 41%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者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 2014 の全体像

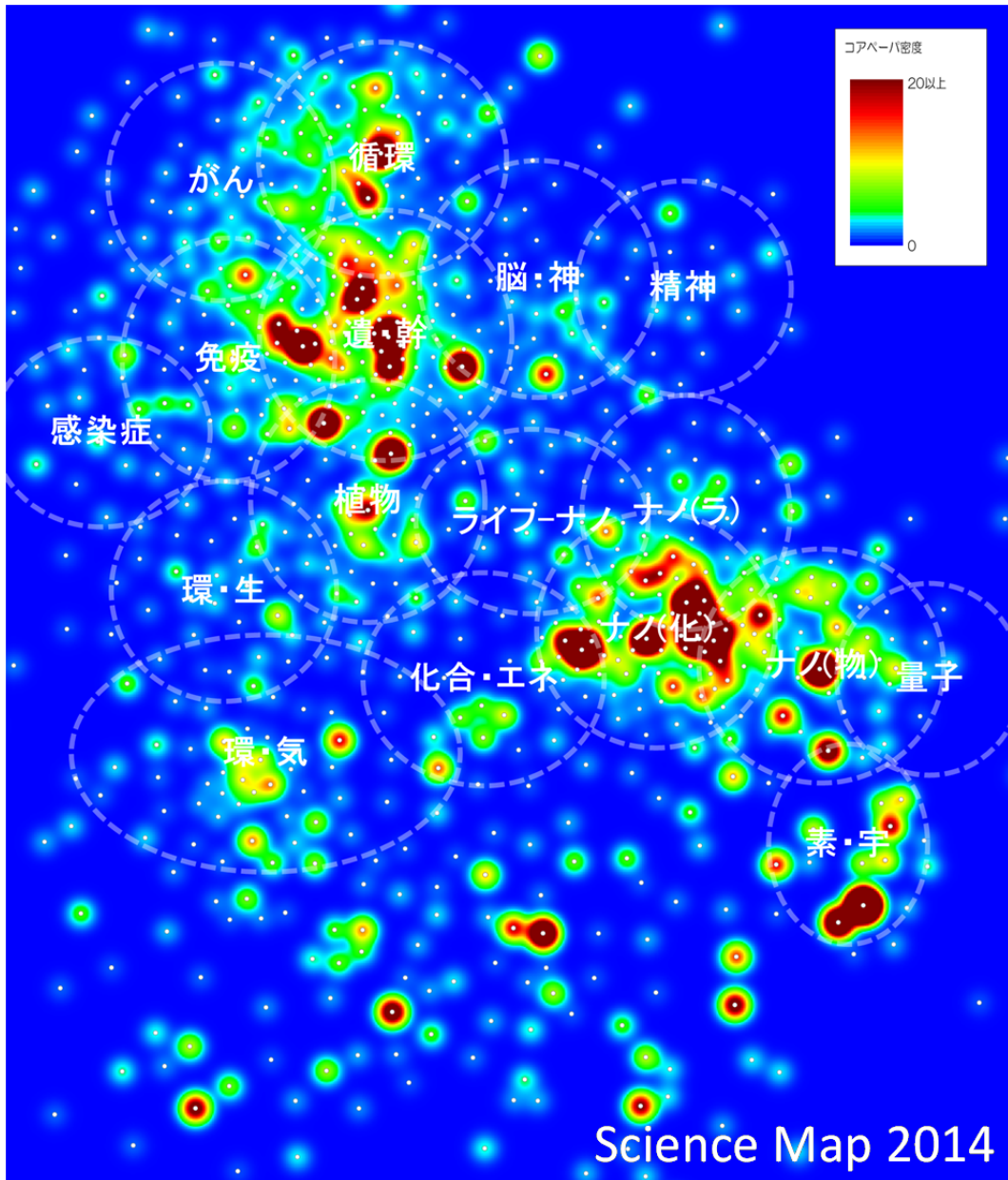
サイエンスマップ 2014 では、844 研究領域それぞれの特徴を表す語(特徴語)の抽出を行った。また、サイエンスマップの大まかな内容を把握しやすいように、共通の特徴語を持つ研究領域の集まり(研究領域群)を定量的に判定し、研究領域群を示すガイドを参考としてマップ上に描いている。

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、『がん研究』、『循環器疾患研究』、『感染症・公衆衛生』、『免疫研究(遺伝子発現制御を含む)』、『遺伝子発現制御・幹細胞研究』、『脳・神経疾患研究』、『精神疾患研究』、『植物・微生物研究(遺伝子発現制御を含む)』といった研究領域群が含まれている。

『植物・微生物研究』の下方には、『環境・生態系研究』、『環境・気候変動研究(観測、モデル)』といった 2 つの研究領域群が見出されている。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、『量子物性科学研究』、『ナノサイエンス研究(物理学)』、『ナノサイエンス研究(化学)』、『ナノサイエンス(ライフサイエンス)』、『化学合成研究・エネルギー創出』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。生命科学系の研究領域群とナノサイエンス研究の間に、『生物メカニズムとナノレベルの現象の交差(ライフ-ナノブリッジ)』地点となる研究領域群が存在する。

なお、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 5 位までの特徴語については、「APPENDIX 2. サイエンスマップ 2014 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 2014 の全体像



短縮形	研究領域群名	短縮形	研究領域群名
がん	がん研究	環・気	環境・気候変動研究(観測、モデル)
循環	循環器疾患研究	ライフ・ナノ	生物メカニズムとナノレベル現象の交差(ライフ・ナノブリッジ)
感染症	感染症・公衆衛生	化合・エネ	化学合成研究・エネルギー創出
免疫	免疫研究(遺伝子発現制御を含む)	ナノ(ラ)	ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)
遺・幹	遺伝子発現制御・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	量子物性科学研究
植物	植物・微生物研究(遺伝子発現制御を含む)	素・宇	素粒子・宇宙論研究
環・生	環境・生態系研究		

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

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

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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(ナノサイエンスや化学にかかわる研究領域群の例)

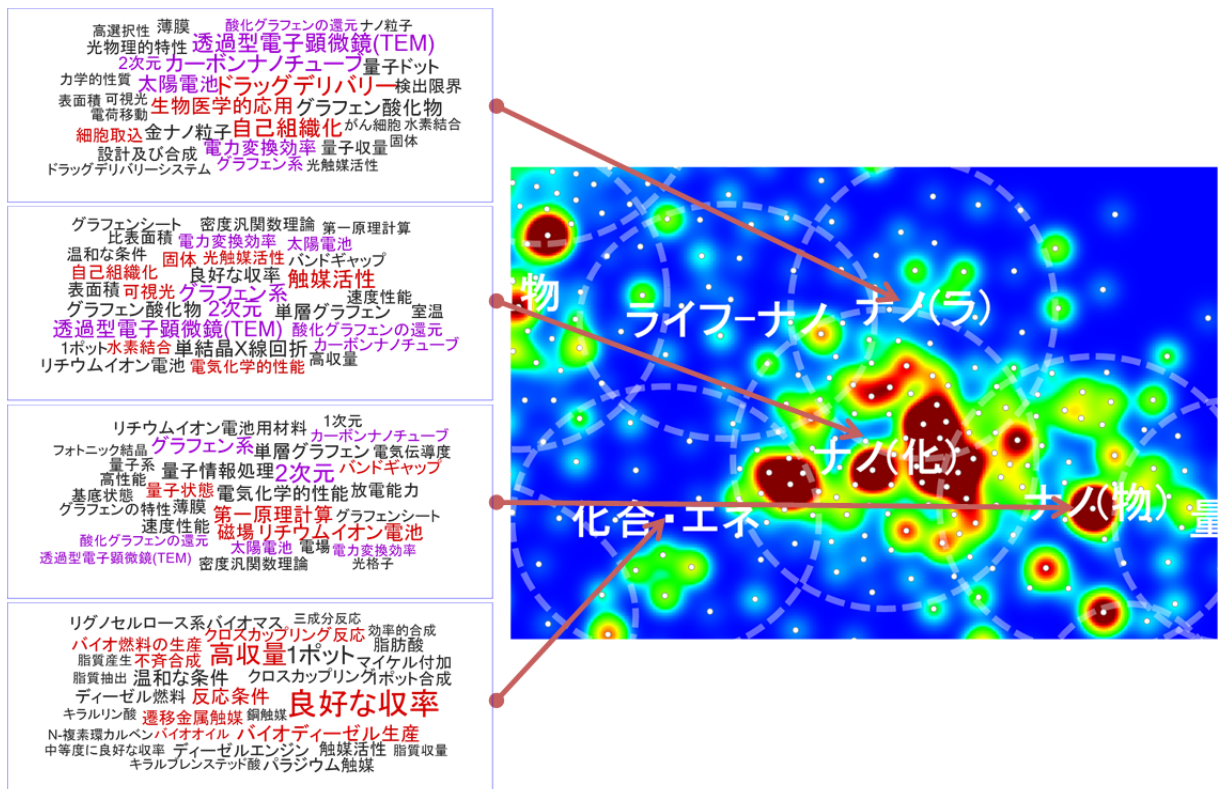
サイエンスマップ 2014 では、研究領域を構成する論文のタイトルやアブストラクトから、研究領域の内容を示す特徴的な言葉(特徴語)を自動抽出している。ここでは、各研究領域で得られた特徴語を、研究領域群単位で集計することで、ナノサイエンスにかかわる研究領域群の状況を見る。

概要図表 2 は、サイエンスマップ 2014 のナノサイエンスや化学合成・エネルギー創出にかかわる研究領域群の部分拡大したものである。ナノサイエンスにかかわる3つの研究領域群において、出現頻度の高い特徴語に注目すると、「透過型電子顕微鏡(TEM)」、「カーボンナノチューブ」、「グラフェン系」、「酸化グラフェンの還元」、「2次元」、「太陽電池」、「電力変換効率」といった特徴語が、いずれの研究領域群においても上位 30 に入っている。

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)』においては、「ドラッグデリバリー」、「自己組織化」、「生物医学的応用」、「細胞取込」という特徴語が多数出現しており、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。また、工業ナノ材料の毒性評価やヒトの健康への影響についての研究領域も、この研究領域群には含まれている。

『ナノサイエンス研究(化学)』では、11 の研究領域において「触媒活性」が特徴語にあがっている。これに「可視光」、「固体」、「電力変換効率」、「電気化学的性能」、「水素結合」、「光触媒活性」といった特徴語がつづく。

概要図表 2 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比例している。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出来ない。赤と紫は報告書中で言及している特徴語である。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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)』においては、「2次元」、「第一原理計算」、「磁場」、「量子状態」、「バンドギャップ」という特徴語が多数出現しており、低次元系に注目した研究が行われていることが分かる。その中でも、特に「グラフェン」にかかわる特徴語が多くみられる。また、この研究領域群には「リチウムイオン電池」を特徴語として持つ研究領域も一定数存在している。

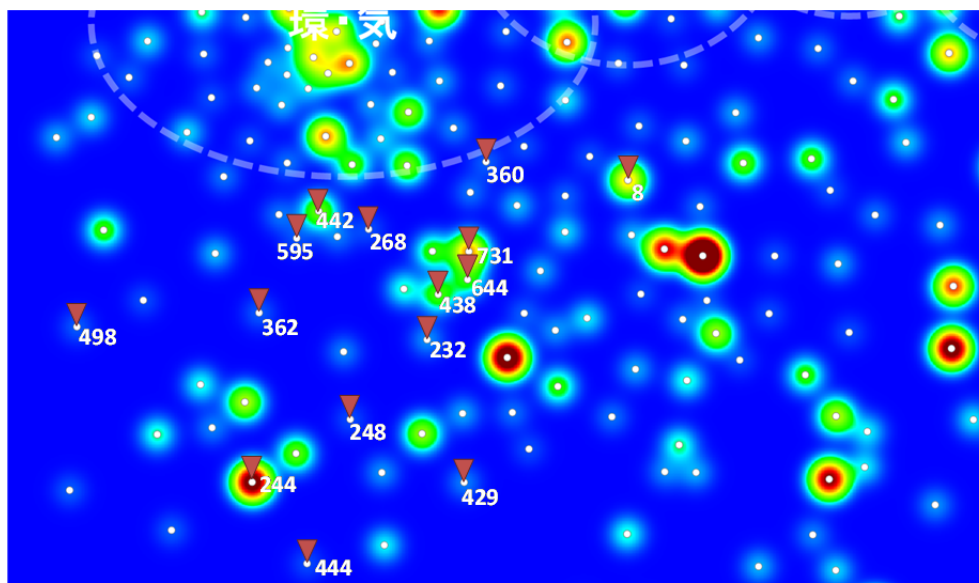
『化学合成・エネルギー創出』に含まれる 10 研究領域において「良好な収率」が特徴語にあがっている。また、「高収量」、「反応条件」、「クロスカップリング反応」、「遷移金属触媒」、「不斉合成」といった化学合成にかかる特徴語の他に、「バイオディーゼル生産」、「バイオ燃料の生産」、「バイオオイル」という特徴語もみられた。

◇ 特徴語から把握する科学研究の状況(人工知能に関連すると考えられる研究領域の例)

人工知能に関連すると考えられる研究領域が、サイエンスマップ 2014 に多く出現していることを確認した(概要図表 3(A))。この部分に存在する研究領域の情報を概要図表 3 (B)に示した。特徴語に注目すると、グループ意思決定、最適化問題、ニューラルネットワーク、ファジー理論、顔認識、音声認識、遺伝的アルゴリズムといった言葉がみられる。人工知能の研究は、遺伝的アルゴリズム、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¹。現状の人工知能の研究は、先に述べたナノサイエンスの研究とは異なり、関連するさまざまな研究が弱く相互に関係しながら進展しているようにみえる²。

概要図表 3 人工知能に関連すると考えられる研究領域(サイエンスマップの下方)

(A) 研究領域の位置



注: 白色又は黄色の丸は研究領域の位置を示している。黄色はコアペーパー数が 20 以上の研究領域である。人工知能に関連すると考えられる研究領域を赤色のマーカーで示している。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

1 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 人工知能にかかわる研究の中でも、論文による成果発表を行うような研究と行わない研究が存在しているため、サイエンスマップでは部分的に観測されている可能性も考えられる。

(B) 研究領域の情報

研究領域ID	特徴語	分野	コアペーパー
244	グループ意思決定; グループ意思決定の問題; 集計演算子; 直感的ファジー集合; Ordered weighted averaging aggregation operator	計算機科学	115
○731	人工蜂コロニーアルゴリズム; 人工蜂コロニー; 粒子群最適化(PSO); 重力探索アルゴリズム; 最適化問題	学際的・分野融合的領域	59
○8	ニューラルネットワーク; 高木-菅野ファジーモデル; ファジー論理制御; 制御システム; ファジー理論にもとづく	工学	53
442	実験結果; 提案手法; 次元圧縮; 顔認識; 状態	工学	30
438	Teaching-learning-based optimization; 最適化アルゴリズム; テストシステム; 多目的最適化; 最適化問題	工学	25
○644	差分進化; 最適化問題; 進化的アルゴリズム; 差分進化アルゴリズム; 粒子群最適化(PSO)	計算機科学	20
○232	Type-2ファジー; Interval Type-2ファジーロジックコントローラ; Type-2ファジー集合; Type-2ファジー機構; Type-2ファジーロジック機構	計算機科学	8
○429	最小二乗サポート・ベクター・マシン(LSSVM); 人工ニューラルネットワーク(ANN); 最適化された最小二乗サポート・ベクター・マシン(LSSVM)モデリング; 強制採収法(EOR); 最小二乗サポート・ベクター・マシン(LSSVM)モデル	工学	7
○498	自動音声認識; ディープニューラルネットワーク(DNN); 大語彙連続音声認識(LVCSR); 混合ガウスモデル(GMM); 隠れマルコフモデル	工学	5
362	ファジールールベース; 進化アルゴリズム; 機械学習; ノンパラメトリック統計検定; データセット	学際的・分野融合的領域	5
○360	ELM(Extreme Learning Machine); 単一隠れ層フィードフォワードニューラルネットワーク; 一般化能力; ニューラルネットワーク; 実験結果	学際的・分野融合的領域	5
○595	スパース表現; 顔認識; スパース表現にもとづく分類; 訓練サンプル; 実験結果	工学	4
○444	人工ニューラルネットワーク(ANN); 人工ニューラルネットワーク(ANN)モデル; ウェーブレット変換; 時系列; 平均二乗誤差(RMSE)	工学	4
○268	ハイパースペクトル画像; ハイパースペクトル画像分類; スペクトル空間; 空間情報; 古典的なサポート・ベクター・マシン(SVM)	地球科学	4
○248	最適化モデル; 提案モデルの有効性; 遺伝的アルゴリズム; ファジー最適化アプローチ; ファジー変数	学際的・分野融合的領域	4

注: 研究領域 ID に円をつけた研究領域は、サイエンスマップ 2012 とのコアペーパーの重なりから継続性がないと判定された領域。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

◇ サイエンスマップの時系列変化

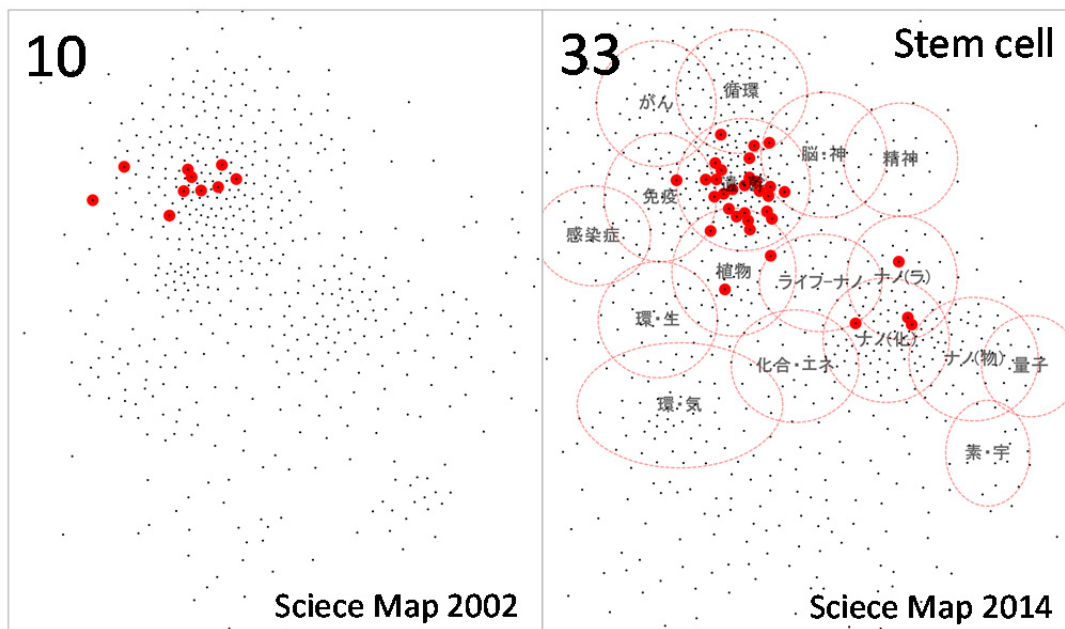
研究領域を構成するコアペーパーのタイトルに含まれる単語の分析から、その単語が使われる研究領域が、サイエンスマップ上でどのように広がっているかについてみる。

概要図表 4 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 2002 時点では、10 研究領域が該当していた。サイエンスマップ 2014 では 33 領域が該当しており、サイエンスマップ 2002 と比べると大きく研究領域数が増加している。

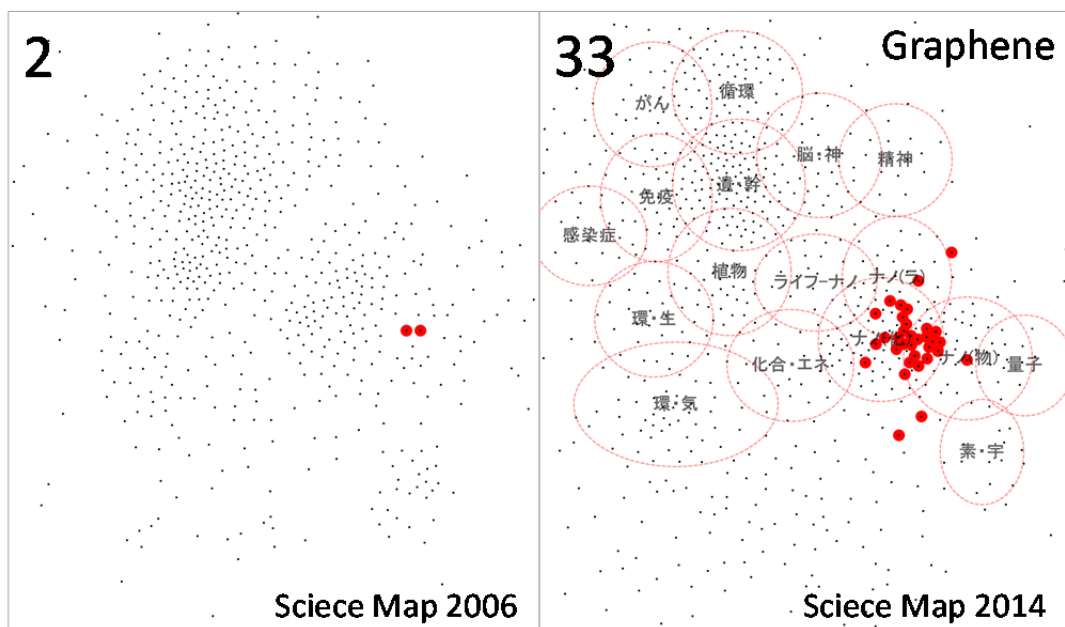
内容を詳しくみると、サイエンスマップ 2006 までは胚性幹細胞(Embryonic stem cell)や造血幹細胞(Hematopoietic stem cell)をタイトルに含むコアペーパーが多かったが、サイエンスマップ 2008 以降では人工多能性幹細胞(Induced pluripotent stem cell)についてのコアペーパーが出現している。数は少ないが、ナノサイエンスにかかわる研究領域群の中にも「Stem cell」を含む研究領域が出現している。幹細胞の誘導や分化にグラフィエン基盤を用いる研究などが該当する。

概要図表 5 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 2006 時点では 2 領域、サイエンスマップ 2010 時点でも 4 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 2014 時点では、33 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。

概要図表 4 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



概要図表 5 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

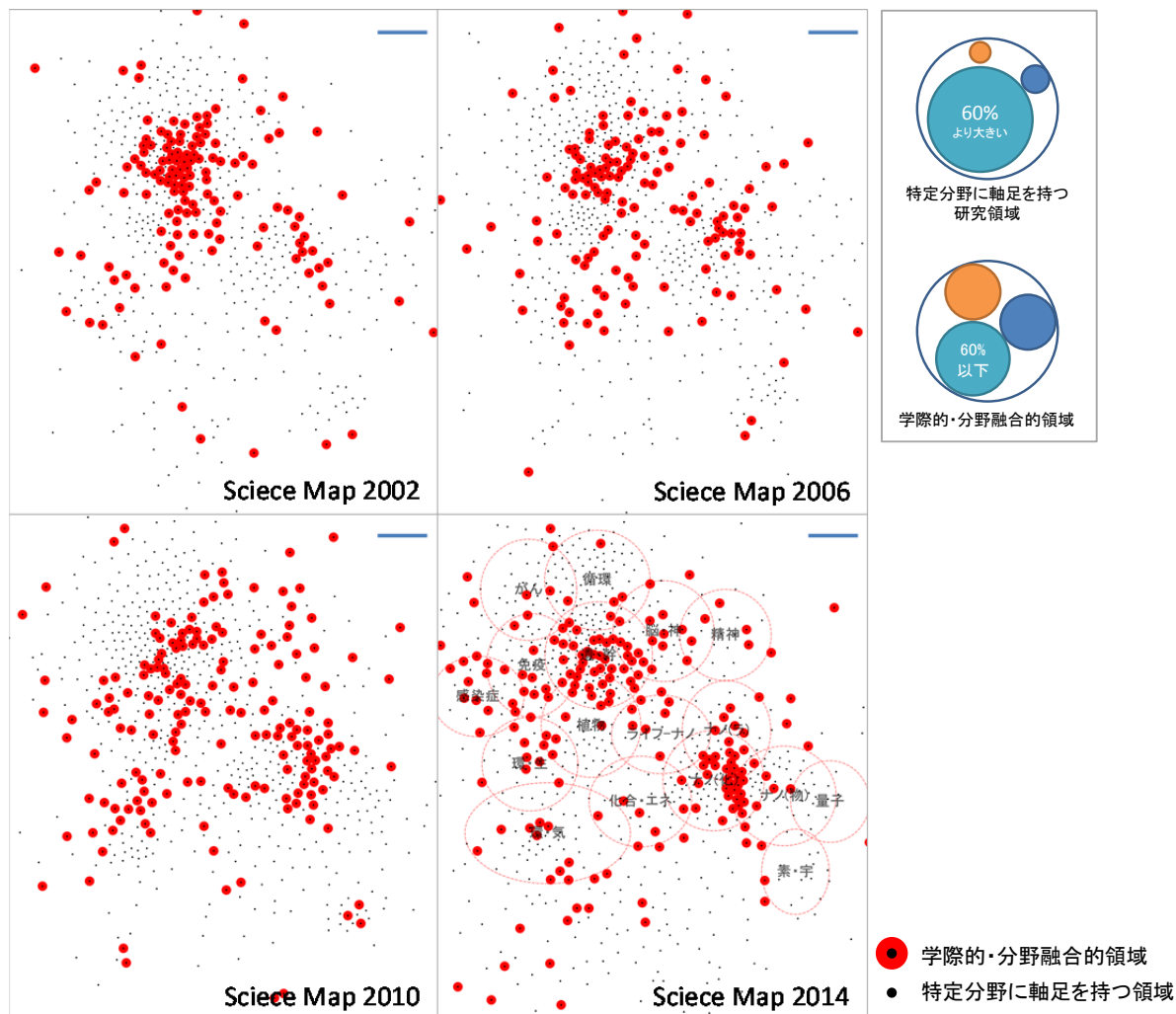
(2) 科学研究全体に広がる学際的・分野融合的領域

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。サイエンスマップ 2002 から時系列でみると、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あまり変化しておらず、サイエンスマップ 2014 においては 25% である。

学際的・分野融合的領域のサイエンスマップ上での位置づけの時系列変化をみると(概要図表 6)、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 2014 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、新たな知識が生まれるようになっていることを示した結果と考えられる。

概要図表 6 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(赤丸が学際的・分野融合的領域)



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割以下の場合には、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。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015年未バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

(3) 世界の研究領域数が拡大する中、停滞する日本の参画領域数

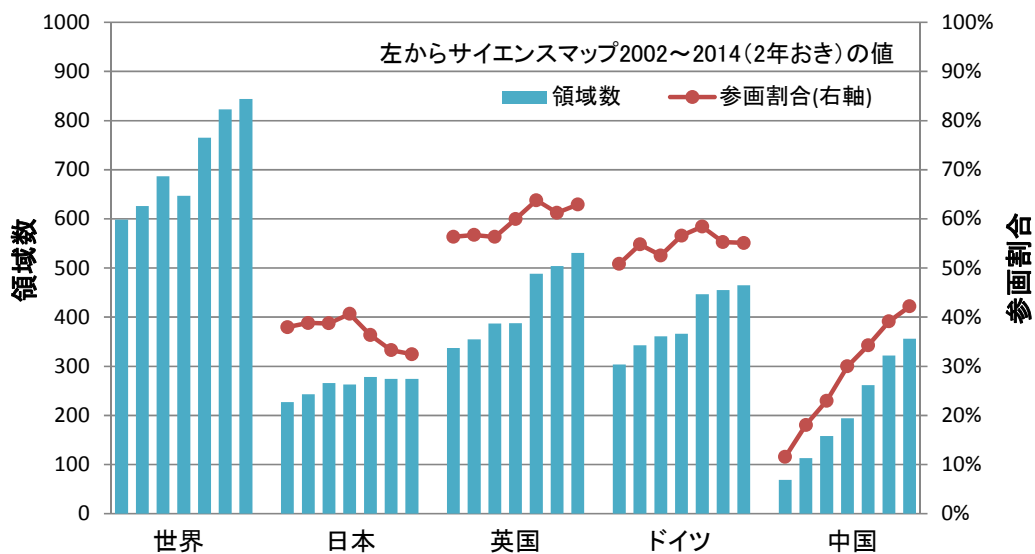
上記のような科学の潮流の中、日本の「存在感」がどのように変わっているかをみる。具体的には、サイエンスマップの研究領域に日本がどれだけ参画しているかに注目する(概要図表 7)。

サイエンスマップ 2002 からの時系列をみると、日本の参画領域数はサイエンスマップ 2008 以降、停滞がみられる。また、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。他方、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 割を保っており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。

つぎに、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。いずれの国ともに、コアペーパーの参画領域数よりサイティングペーパー(Top10%)における参画数の方が多い(概要図表 8)。しかし、サイティングペーパー(Top10%)における参画においても日本は他国に水をあけられており、国際的に注目を集めている研究において、フォロワーの厚みが十分ではないことが分かる。

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 63% となっていることから、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ことが分かる。

概要図表 7 サイエンスマップにおける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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 8 サイエンスマップ 2014 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

サイエンスマップ2014	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	844	274	32%	531	63%	465	55%	356	42%
サイティングペーパー (Top10%)	844	640	76%	774	92%	744	88%	729	86%

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

(4) 日本の存在感の高い研究領域

サイエンスマップ 2014 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 9)。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 9 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
587	鉄系超伝導体; フェルミ面; 単結晶; 超伝導転移温度; スピン密度波	物理学	147	14.8%	4,641
630	薄膜; 磁気トンネル接合; ドメイン・ウォール; 垂直磁気異方性; 電場	物理学	86	13.9%	3,966
819	イオン電池; ナトリウムイオン電池; Naイオン電池; 電極材料; カソード材料	学際的・分野融合的領域	65	13.2%	1,426
836	非小細胞肺癌(NSCLC); 上皮成長因子受容体(EGFR); チロシンキナーゼ阻害剤; 進行した非小細胞肺癌(NSCLC); 上皮成長因子受容体(EGFR)変異	臨床医学	122	11.6%	7,323
678	ゲノムワイド関連; 一塩基多型; 量的形質遺伝子座(QTL); コピー数多型; 候補遺伝子	学際的・分野融合的領域	285	9.4%	12,726
1	有限要素法; 平滑化有限要素法; アイソジオメトリック解析; 要素辺で平滑化; 流体-構造相互作用(FSI)	学際的・分野融合的領域	80	9.4%	1,027
529	硫化水素; 蛍光プローブ; 検出限界; 生細胞; 高選択性	化学	62	9.4%	2,243
844	パラジウム触媒; 良好な収率; クロスカップリング; 銅触媒; 温和な条件	化学	487	9.3%	11,636
823	可視光; 光触媒活性; 可視光照射; 拡張光触媒活性; 光触媒性能	学際的・分野融合的領域	109	9.0%	7,055
334	窒素空孔(NV); 量子情報処理; 電子スピン; 量子ドット; 核スピン	物理学	57	8.3%	2,349

(B)中規模な研究領域(コアペーパーが 21~50 件)で日本シェアが高い上位 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
226	平成23年(2011年)東北沖地震; 沈み込み帯; 大地震; 地震の発生; プレート境界	地球科学	35	42.7%	1,078
649	合成カンナビノイド; 合成麻薬; バスソルト(危険ドラッグ); 質量分析法; 依存性薬物	学際的・分野融合的領域	26	30.8%	638
781	第一原理計算; 2次元; バンドギャップ; 密度汎関数理論計算; 電子物性	物理学	36	25.0%	1,006
635	胃がん; 進行胃がん; 生存期間(OS); リンパ節; 食道がん	臨床医学	32	20.4%	2,430
710	アブジジン酸(ABA); シロイヌナズナ; 非生物学的ストレス; ストレス応答; 植物ホルモンのアブジジン酸(ABA)シグナル	植物・動物学	40	16.1%	1,898
837	二酸化炭素; 環状カーボネート; プロピレンオキシド(PO); プロピレンカーボネート; 環状カーボネートの合成	化学	27	14.8%	1,371
246	アンモニアボラン(AB); 水素貯蔵; 水素発生; アンモニアボラン(AB)の加水分解; 水素貯蔵材	工学	29	13.8%	1,107
32	カソード材料; リチウムイオン電池; 放電能力; 電気化学的性能; リチウムリッチ層	学際的・分野融合的領域	23	13.0%	645
843	ギ酸; ピンサー型錯体; ピンサー型配位子; 二酸化炭素; 触媒活性	化学	25	13.0%	1,435
673	有機発光; 有機発光ダイオード; イリジウム(III)錯体; 最大外部量子効率; 外部量子効率(EQE)	学際的・分野融合的領域	49	12.9%	2,549

(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
377	比表面積; 透過型電子顕微鏡(TEM); メソポーラスシリカ; 交互積層法(LbL法); ソルゲル法	材料科学	5	82.7%	790
336	金属絶縁体転移(MIT); 二酸化バナジウム(VO2); 相転移; 電気二重層; 薄膜	材料科学	7	57.1%	550
102	FLOWERING LOCUS T(FT); 開花時期; 短日; 花成促進; 開花制御	植物・動物学	7	56.0%	158
12	原子力発電所; 福島第一原子力発電所; セシウム134とセシウム137; 福島原発事故; 福島第一原子力発電所の事故	学際的・分野融合的領域	14	52.3%	566
321	シロイヌナズナ; 細胞分裂; 受容体様キナーゼ(RLKs); 茎頂分裂組織; 気孔の発達	植物・動物学	15	47.3%	475
410	重金属; カドミウム; 鉄; 亜鉛; 金属トランスポーター	植物・動物学	12	46.5%	471
86	免疫グロブリン(IgG4)関連; 自己免疫性肺炎; 免疫グロブリン(IgG4)関連疾患; 免疫グロブリン(IgG4)陽性形質細胞; 血清免疫グロブリン(IgG4)レベル	臨床医学	10	42.6%	668
680	脂肪酸; Gタンパク質共役型; Gタンパク質共役受容体; ドコサヘキサエン酸(DHA); 多価不飽和脂肪酸	学際的・分野融合的領域	6	40.1%	630
208	幹細胞; 人工多能性幹細胞(iPS細胞); ヒト胚性幹細胞(hESCs); 網膜色素上皮; 網膜細胞	学際的・分野融合的領域	5	40.0%	269
485	生理学的薬物動態(PBPK); 血液脳関門; P糖タンパク質(P-gp)及び乳がん耐性タンパク質; 乳がん耐性タンパク質; 薬物相互作用	薬学・毒性学	13	35.5%	706

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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

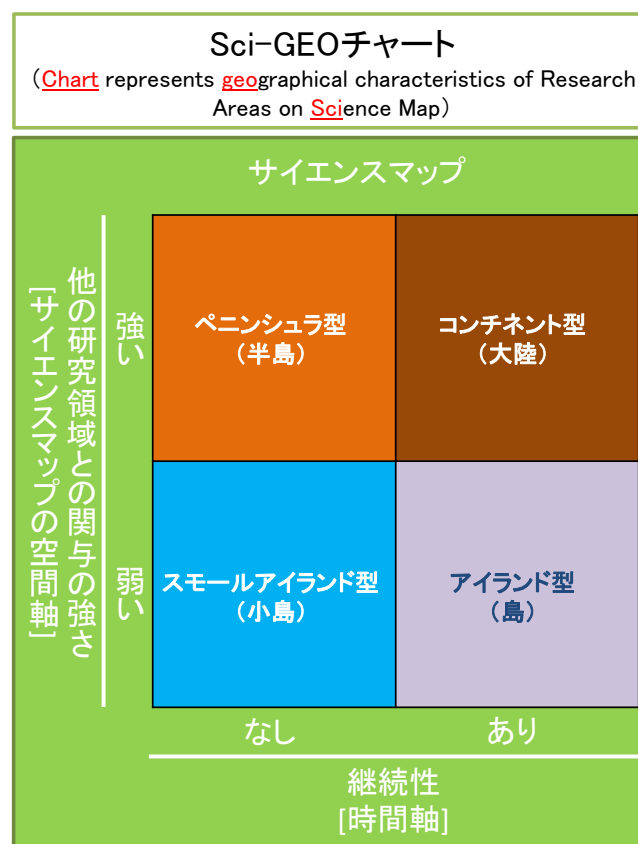
3. Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類と、それを用いた日本の活動状況の理解

(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 10)。

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 10 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 10 Sci-GEO チャートによる研究領域の分類



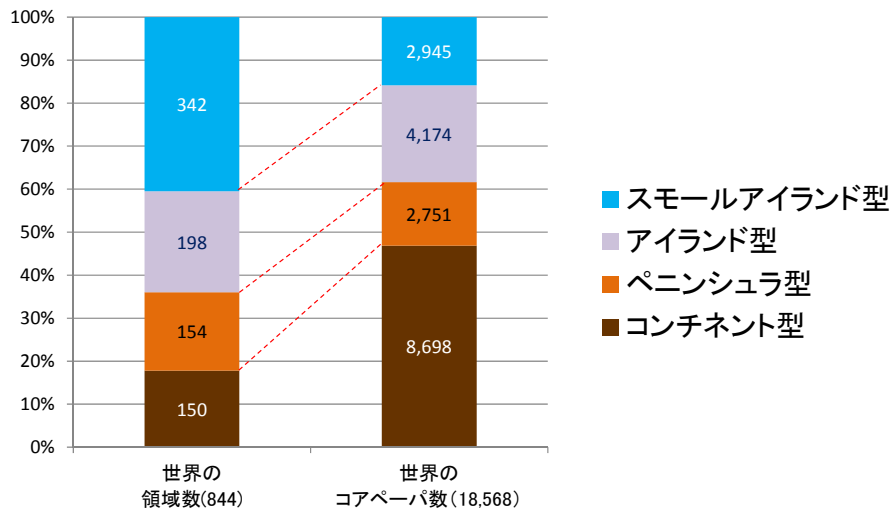
(2) 世界の主要国とは異なる Sci-GEO チャートにみる日本の研究領域タイプのバランス

サイエンスマップ 2014 で得られた国際的に注目を集めている 844 研究領域のなかで、スモールアイランド型領域は全体の 4 割、コンチネント型領域数は 2 割弱を占めている(概要図表 11(A))。他方、研究領域の中に含まれるコペーパー数に注目すると、コンチネント型領域に 5 割弱の論文が含まれており、スモールアイランド型領域には 2 割弱の論文が含まれている。

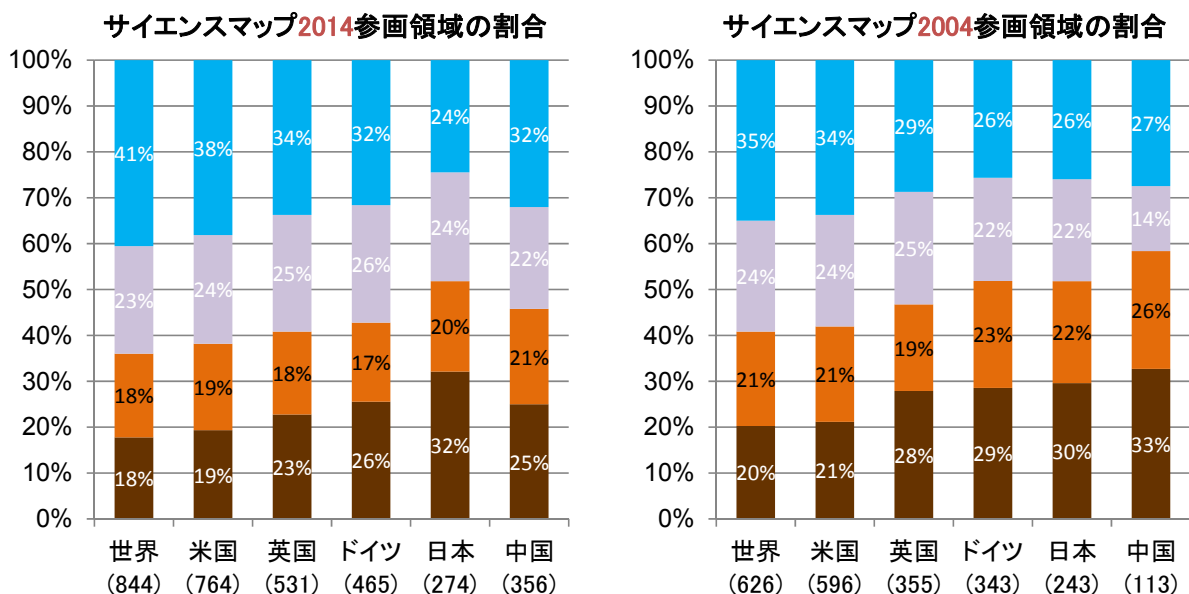
研究領域タイプのバランス(サイエンスマップ 2014)をみると(概要図表 11(B))、日本は、スモールアイランド型が 24%、コンチネント型が 32%であり、世界のバランス(スモールアイランド型 41%、コンチネント型 18%)と違いがある。サイエンスマップ 2004 との比較をみると、過去 10 年で、英国やドイツではスモールアイランド型の割合を増加させている一方、日本の研究領域タイプのバランスについては大きな変化はみられない。サイエンスマップ 2014 における中国の研究領域タイプのバランスは、英国やドイツに近い。

概要図表 11 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 2014 にみる世界の研究領域数とコペーパー数のウェイト



(B) サイエンスマップ 2014 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

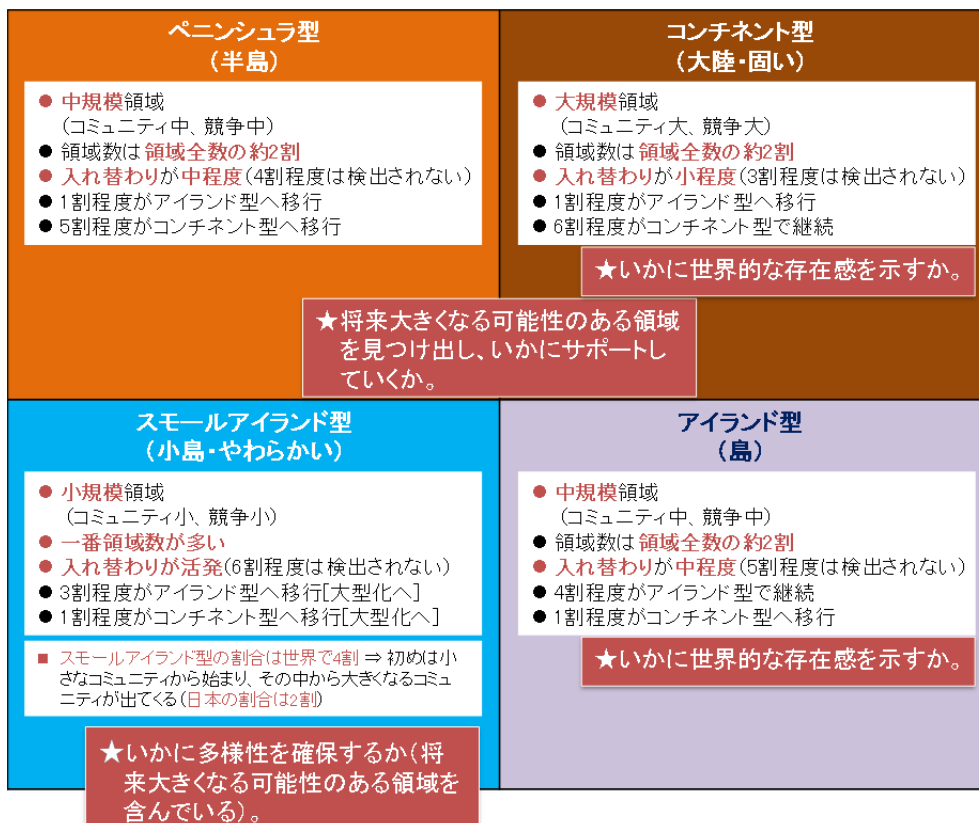
(3) Sci-GEO チャートを用いた研究領域の移行の特徴

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 12)。

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 割程度)やコンチネント型(1 割程度)のような継続性を持って発展する研究領域に移行することを確認した。ただし、6 割程度の領域が次回のサイエンスマップでは検出されず、入れ替わりが活発であることが分かる。これらの事実は、スモールアイランド型領域に対する研究推進に際して、2 つの観点が必要であることを示唆している。第 1 に、このような領域が活発に生み出されるような環境を作ることが必要である。第 2 に、有望なスモールアイランド型領域の継続的な発展を可能とするために、領域に参加する研究者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 割程度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。1 割程度の領域はアイランド型へ移行し、3 割程度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。

概要図表 12 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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、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(概要図表 13)。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 2014 では 2009～2014 年の論文)が、2015 年時点で特許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特許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。

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、特許から引用されている論文の割合は、コアペーパーでは 52.0%であるのに対して、サイティングペーパーでは 22.5%となっている(概要図表 13 のオレンジの矢印)。また、特許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約 15 回特許(2015 年時点)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約 6 回特許(2015 年時点)に引用されている(概要図表 13 の紫の矢印)。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、特許からも注目を集めていることを示している。

概要図表 13 コアペーパーとサイティングペーパーの特許とのつながり

(A) コアペーパーの状況

各サイエンスマップを構成する論文の2015年時点における特許からの引用の状況	研究領域数	コアペーパー数	特許から引用されているコアペーパー		コアペーパーを引用している特許数(論文あたり)
			数	割合	
サイエンスマップ2002	598	15,410	8,007	52.0%	14.8
サイエンスマップ2004	626	15,531	7,597	48.9%	13.3
サイエンスマップ2006	687	15,165	7,040	46.4%	11.3
サイエンスマップ2008	647	15,826	6,251	39.5%	8.4
サイエンスマップ2010	765	17,822	5,664	31.8%	5.9
サイエンスマップ2012	823	18,515	4,176	22.6%	4.4
サイエンスマップ2014	844	18,568	2,145	11.6%	3.0

(B) サイティングペーパーの状況

各サイエンスマップを構成する論文の2015年時点における特許からの引用の状況	研究領域数	サイティングペーパー数	特許から引用されているサイティングペーパー		サイティングペーパーを引用している特許数(論文あたり)
			数	割合	
サイエンスマップ2002	598	449,282	100,873	22.5%	6.0
サイエンスマップ2004	626	475,697	97,194	20.4%	5.4
サイエンスマップ2006	687	510,747	86,924	17.0%	4.6
サイエンスマップ2008	647	544,175	70,406	12.9%	3.7
サイエンスマップ2010	765	617,545	54,126	8.8%	2.9
サイエンスマップ2012	823	675,158	32,266	4.8%	2.3
サイエンスマップ2014	844	768,255	11,245	1.5%	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、2015 年時点で特許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特許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: 特許情報は出願または登録された特許のみを対象としている。特許中の引用が、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。

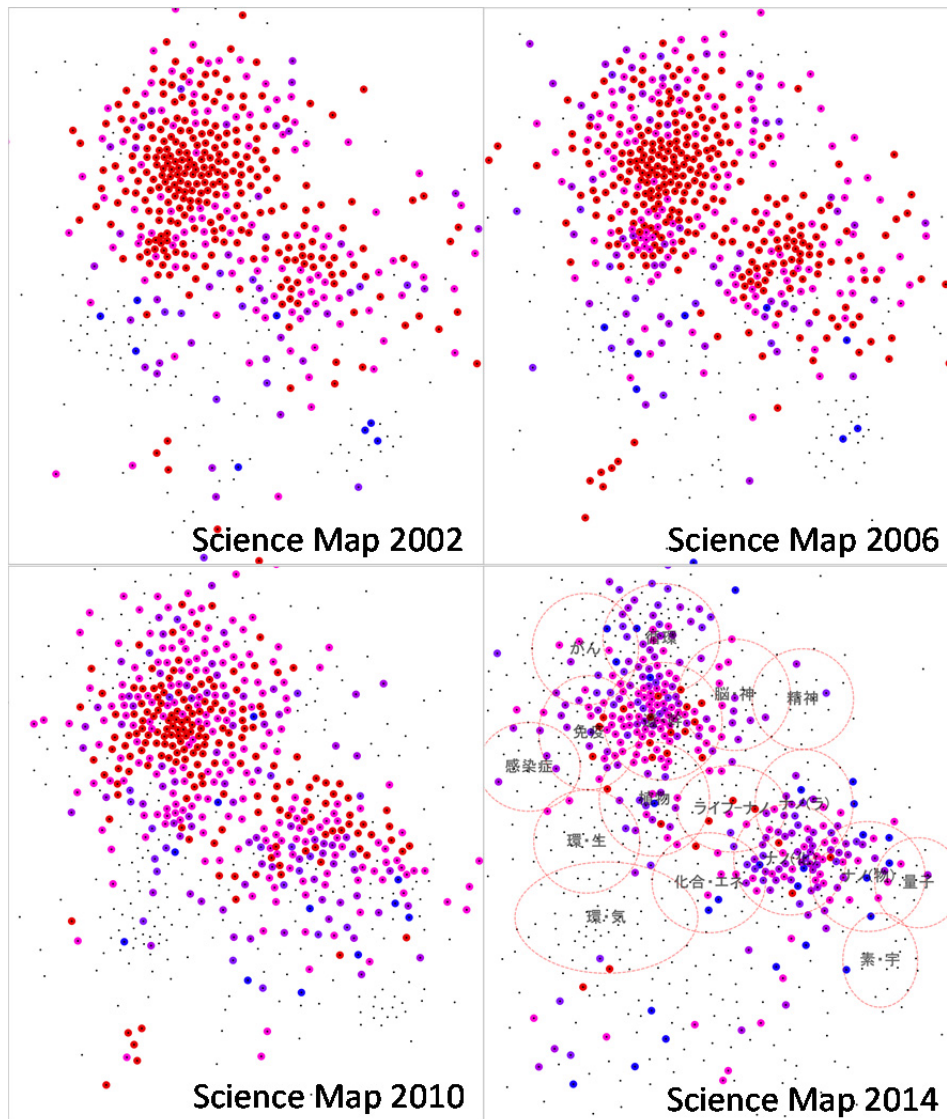
データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。特許データは科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社の Derwent Innovation Index (2015 年 12 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2015 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

(2) 特許からの被引用状況のサイエンスマップ上へのオーバーレイ

概要図表 14 には、各研究領域のコアペーパーのうち、どれ位が特許に引用されているのかを示した。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分かる。

また、サイエンスマップ 2006 からサイエンスマップ 2012 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 15 に示した。特許からの被引用数上位 5 位(各年)に、日本の機関に所属している著者の論文が 7 件含まれる。IGZO 系酸化半導体や 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。

概要図表 14 特許からの被引用状況のサイエンスマップ上へのオーバーレイ



特許に引用されているコアペーパー割合

- 50%以上
- 20%以上～50%未満
- 10%以上～20%未満
- 5%以上～10%未満
- 0%より大きい～5%未満
- 0%

注: 特許情報は出願または登録された特許のみを対象としている。特許中の引用が、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。論文が特許に引用されるまでにはラグがあるため、サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2014 になるにつれ、必然的に特許に引用される論文は少なくなり、時系列での比較は意味を成さない。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社の Derwent Innovation Index (2015 年 12 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2015 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

概要図表 15 特許からの被引用数が多いコアペーパー(上位 5 位)

	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	アブストラクトキーワード
サイエンスマップ 2006	1	690	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	2004年	Tuschl, T	Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, ドイツ	RNAi, Double-stranded RNA (dsRNA)
	2	590	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年	Agami, R	The Netherlands Cancer Institute, オランダ	small interfering RNAs (siRNAs)
	3	550	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年	Hosono, H	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	In-Ga-Zn-O system (a-IGZO)
	4	439	110	物理学	ペニンシュラ型	Thin-film transistor fabricated in single-crystalline transparent oxide semiconductor	SCIENCE	2003年	Nomura, K	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	単結晶性薄膜, InGaO3(ZnO)5
	5	432	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年	Masuda, S	コニカミノルタメカトロニクス株式会社, 日本	ボトムゲート型薄膜トランジスタ, ZnO-TFT
サイエンスマップ 2008	1	550	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年	Hosono, H	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	In-Ga-Zn-O system (a-IGZO)
	2	439	20	物理学	アイランド型	Thin-film transistor fabricated in single-crystalline transparent oxide semiconductor	SCIENCE	2003年	Nomura, K	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	単結晶性薄膜, InGaO3(ZnO)5
	3	432	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年	Masuda, S	コニカミノルタメカトロニクス株式会社, 日本	ボトムゲート型薄膜トランジスタ, ZnO-TFT
	4	424	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年	Fortunato, EMC	ヌエバ・デ・リスボン大学, ポルトガル	ボトムゲート型薄膜トランジスタ, ZnO-TFT
	5	352	647	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Rational siRNA design for RNA interference	NATURE BIOTECHNOLOGY	2004年	Khvorova, A	Dharmacon Inc. (ダーマコン), 米国	RNA干渉, RNA interference (RNAi)
サイエンスマップ 2010	1	381	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年	Park, JS	Samsung SDI Co Ltd (サムスンSDI), 韓国	a-IGZO
	2	378	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年	Nomura, K	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	薄膜トランジスタ
	3	377	606	化学	コンチネント型	Defect energetics in ZnO: A hybrid Hartree-Fock density functional study	PHYSICAL REVIEW B	2008年	Oba, F	京都大学, 日本	密度汎関数、ハートリー-フォック法
	4	254	757	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Genome sequencing in microfabricated high-density picolitre reactors	NATURE	2005年	Rothberg, JM	Life Sci Corp 454, 米国	DNA配列
	5	208	757	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors	CELL	2007年	Yamanaka, S	京都大学, 日本	iPS細胞
サイエンスマップ 2012	1	372	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年	Park, JS	Samsung SDI Co Ltd (サムスンSDI), 韓国	a-IGZO
	2	208	770	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors	CELL	2007年	Yamanaka, S	京都大学, 日本	iPS細胞
	3	117	149	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Biodiesel from microalgae	BIOTECHNOLOGY ADVANCES	2007年	Chisti, Y	Massey Univ.(マッセー大学), ニューージーランド	バイオディーゼル、微細藻類
	4	81	770	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Generation of germline-competent induced pluripotent stem cells	NATURE	2007年	Yamanaka, S	京都大学, 日本	iPS細胞
	5	70	699	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Non-fermentative pathways for synthesis of branched-chain higher alcohols as biofuels	NATURE	2008年	Liao, JC	Univ Calif Los Angeles(カリフォルニア大学ロサンゼルス校), 米国	バイオ燃料、大腸菌

注: 特許情報は出願または登録された特許のみを対象としている。特許中の引用が、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赤色のセルで示した。複数回出現している論文は赤字にしている。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社の Derwent Innovation Index と欧州特許庁の PATSTAT(2015 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

5. サイエンスマップとファンディング情報のリンケージの試み(試行的な分析)

(1) 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

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。謝辞情報を用いた分析には限界があるが¹、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。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クした試行的な分析の結果を紹介する。

本分析では、省庁及び公的資金配分機関のうち、先行研究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を分析対象とした(以降、主要な資金配分機関等と呼ぶ)。概要図表 16 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る。いずれについても、文部科学省が含まれている研究領域数が一番多く、これに日本学術振興会、科学技術振興機構、厚生労働省が続いている。謝辞における文部科学省の出現状況を、サイエンスマップ上にオーバーレイした結果を概要図表 17 に示す。

概要図表 16 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	120	419	527
日本学術振興会	95	392	508
科学技術振興機構	52	232	279
経済産業省	3	28	25
新エネルギー・産業技術総合開発機構	18	87	98
厚生労働省	28	155	216
医薬基盤研究所	5	45	49
農林水産省	7	28	30
農業・食品産業技術総合研究機構	9	38	41
環境省	5	34	33
総務省	1	12	15
情報通信研究機構	2	14	13
日本全体	274	640	756

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ていない(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: 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。

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。

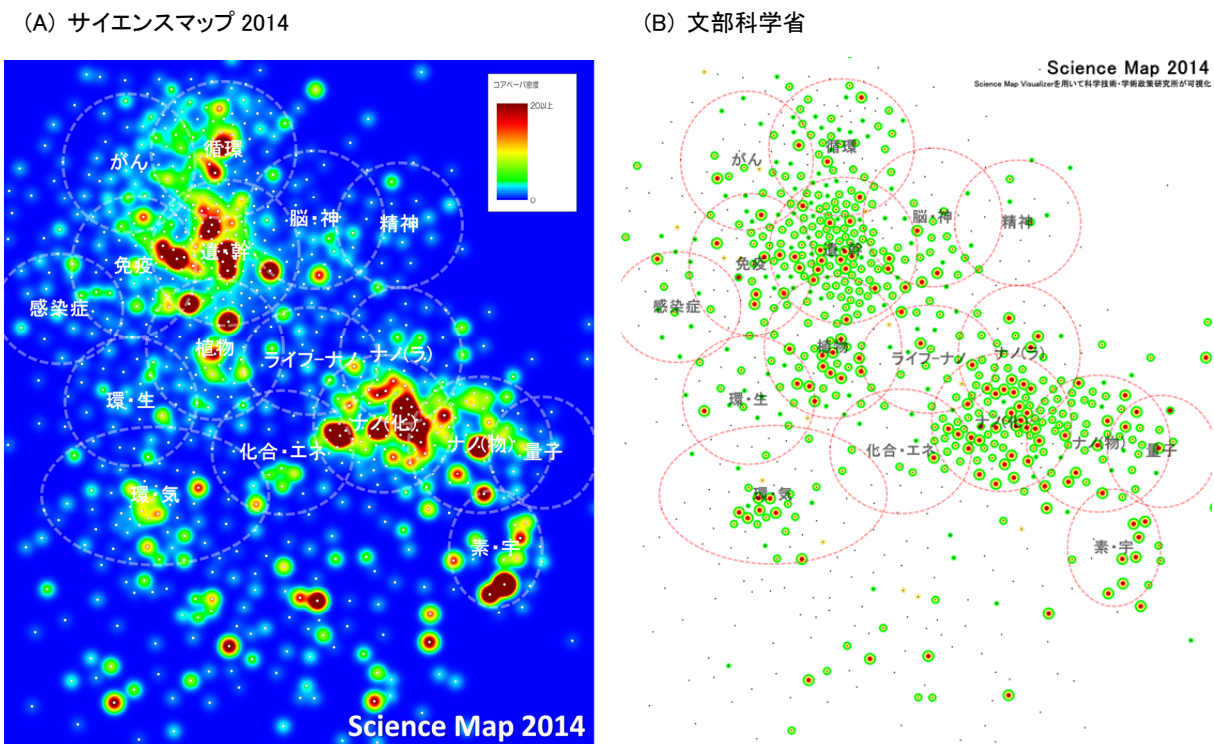
データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

1 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。科学技術・学術政策研究所の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、何らかの理由で著者が記述を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。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出来ない。加えて、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、科学技術・学術政策研究所のデータ・情報基盤構築の一環で整備・公表されている「資金配分機関等名英語表記ゆれテーブル(ver.2016.1)」(<http://www.nistep.go.jp/archives/27385>)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。

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。

論文謝辞中では必ずしもプログラム名まで記述されているわけではない、プログラム名が記述されていても表記が統一されていない、プログラムと配分機関の関係が一致していない場合があるなどの理由で、プログラムレベルの集計は現状では限定的にしか行うことができない。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。

概要図表 17 謝辞情報を用いて文部科学省の出現状況をサイエンスマップ上にオーバーレイした結果(試行的な分析)



注 1: (右図の説明)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。

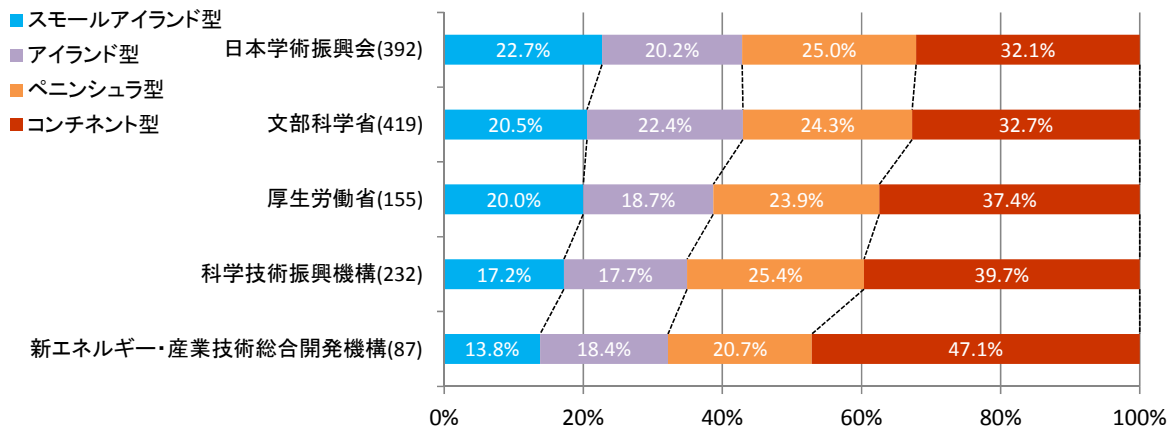
データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

(2) 主要な資金配分機関等の Sci-GEO タイプのバランス

概要図表 18 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 5 つの資金配分機関等を分析対象とした。

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

概要図表 18 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。

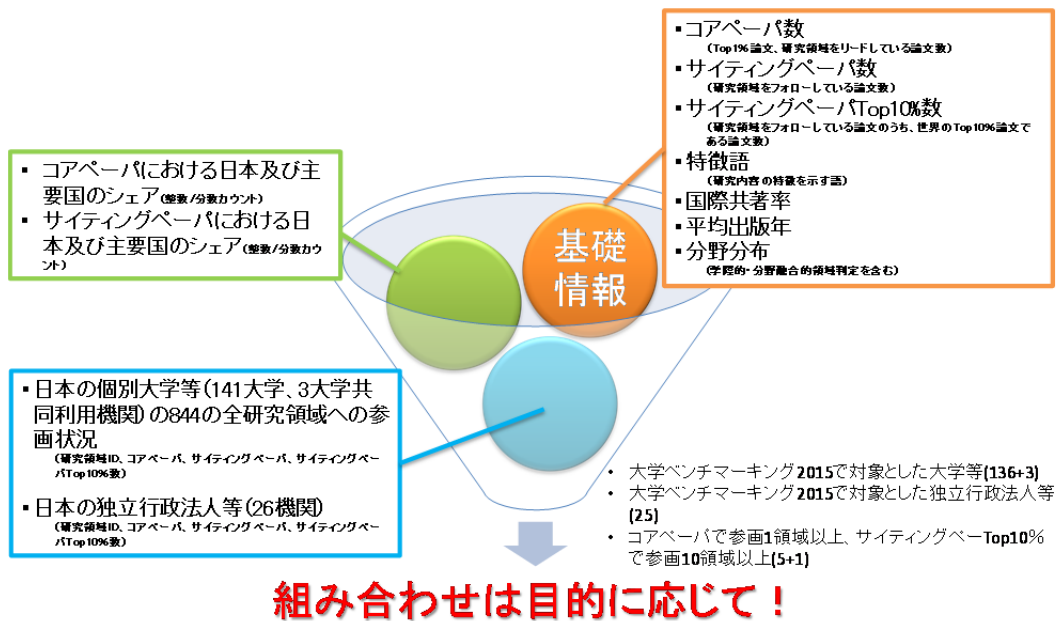
注2: 各省庁及び公的資金配分機関の公的資金には多様なものが含まれている。一例をあげると、文部科学省には「21世紀COEプログラム」、「グローバルCOEプログラム」、「世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)」、「私立大学学術研究高度化推進事業」などのプログラムが含まれている。また、科研費のなかで文部科学省が担当する分も、文部科学省に計上されている。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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2014の844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 19)。

概要図表 19 サイエンスマップ研究領域情報の詳細の掲載



(裏白紙)

本編

(裏白紙)

1 はじめに

中国等の台頭、国際化の進展、我が国の科学技術関係予算の伸び悩みなどを背景に、科学研究における我が国の存在感は低下傾向にある。科学技術への投資が伸び悩み、その配分方法がより重要になる文脈において、基礎研究の抜本強化を目指すのであれば、世界における科学研究の状況を理解するとともに、我が国のポジションについての定量的なエビデンスを構築し、政策決定者が現状認識を共有した上で議論・意志決定を行う必要がある。具体的には、現在の科学研究の潮流、我が国の研究の多様性の状況、我が国が大きな存在感を見せている研究領域の状況、学際的・分野融合的領域の状況、ファンディングと成果のかかわりの状況などについて、その観測方法の確立ならびにデータの積み上げを行うことが重要である。

このような政策側のニーズに答えるべく、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¹。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ており多くの研究が欧米を中心に行なわれている²。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 2002～2012 まで隔年で6時点のマップを継続的に作成しており、そ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)の報告書でも活用された。

本報告書では、最新版となるサイエンスマップ 2014(2009 年～2014 年を対象)とサイエンスマップ 2002～2014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。つぎに、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。

つづいて、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、初めての試みとなる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6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)」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¹。サイエンスマップ 2014 では、論文のグループ化により 844 研究領域が得られた。

サイエンスマップ 2014 では論文のグループ化に、2009～2014 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²)において、被引用数が上位 1% である Top1% 論文(約 7.9 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)。

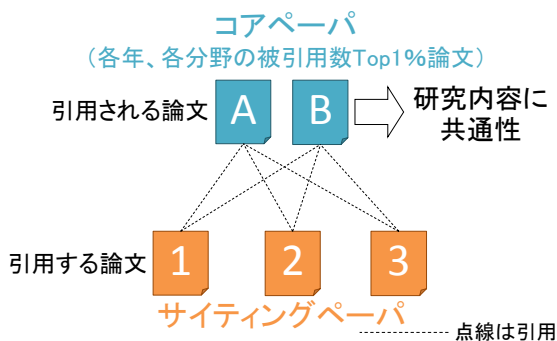
1 サイエンスマップ作成にあたり、重要なステップとなる論文のグループ化方法については、サイエンスマップ 2004 で確定し、その後は同じグループ化方法を使用している。このため、「急速に発展しつつある研究領域調査, NISTEP REPORT No.95 (2005 年 5 月)」(1997 年～2002 年を対象)については、現行の論文のグループ化方法に従い研究領域の構築を行い、「サイエンスマップ 2002」を作成している。

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。

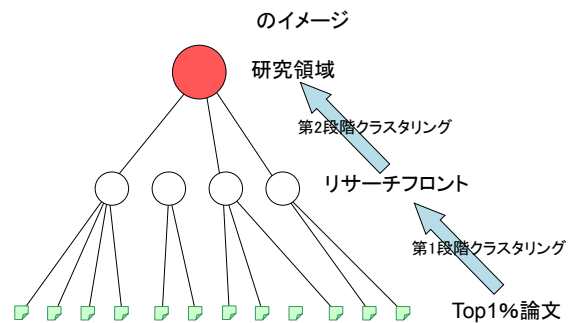
$$N_{\text{norm}} = N_{AB} / \sqrt{N_A N_B} \quad (1)$$

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_{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、トムソン・ロイター社の 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。第1段階のグループ化から、6,828 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、①グループ化を行う際の閾値を 0.3、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 2014 では 844 研究領域を得た。このグループ化の際には、①研究領域をグループ化する際の閾値を 0.1、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.

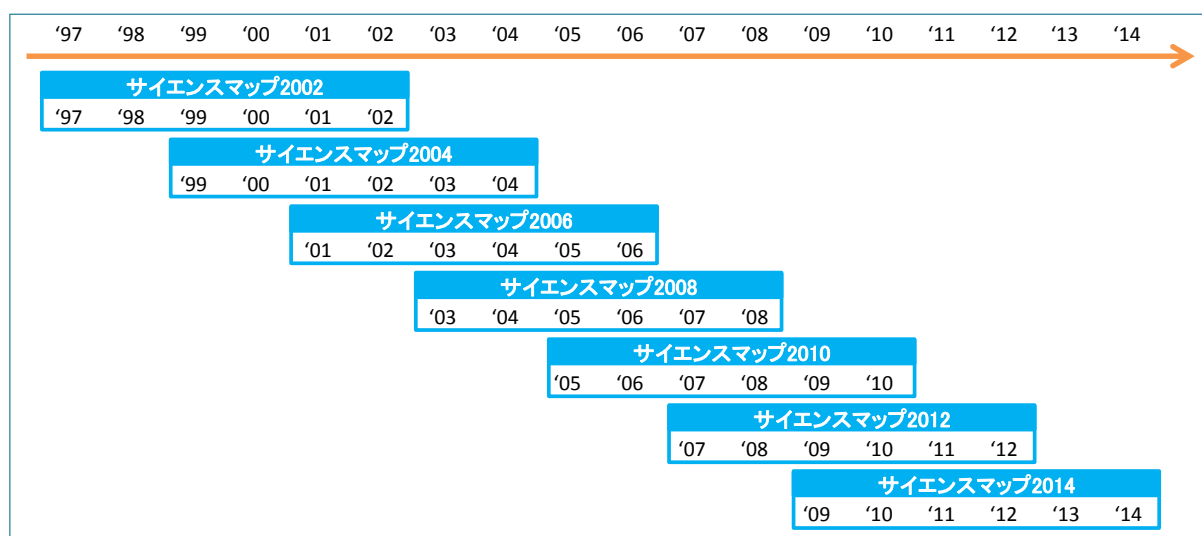
2-2 これまでに作成してきたサイエスマップ間の関係性

科学技術・学術政策研究所では、サイエスマップ 2014 を含めて、これまでに 7 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 2012 とサイエスマップ 2014 をみると、この 2 時点のマップは、2009 年～2012 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。

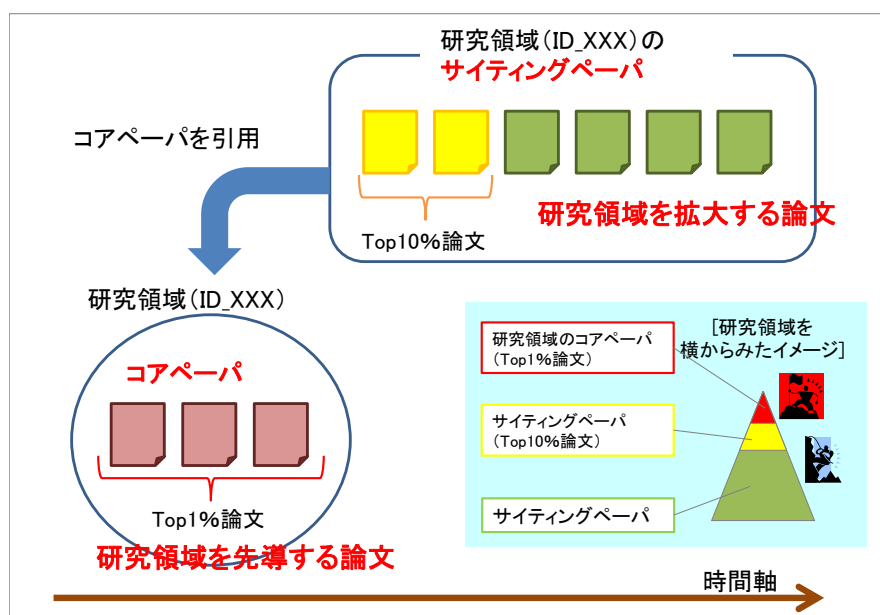
図表 2 コアペーパー、サイティングペーパー、サイティングペーパー(Top10%)の説明

	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	2009-2014年	2009-2014年	2009-2014年
データベース	トムソン・ロイター社 ESI (NISTEP ver.)	トムソン・ロイター社 Web of Science XML (SCIE, 2015年末バージョン)	トムソン・ロイター社 Web of Science XML (SCIE, 2015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。

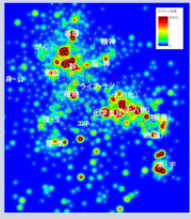

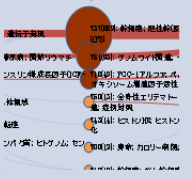
サイエンスマップの地形表示、Dot-link 表示はともに、研究領域間の相互関連を示したものである。サイエンスマップ(地形表示)は、ボリューム感を含めた可視化が可能であると共に統計情報の面的な把握を行うのに適している。他方、サイエンスマップ(Dot-link 表示)では、個別の研究領域に注目した情報の把握が可能である。

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¹⁾)。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成が可能となる。

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。

サイエンスマップの Trajectory 表示は、サイエンスマップ 2008 から 2014 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 10. 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
地形表示(2D, 3D) 	<ul style="list-style-type: none"> 面的な情報の把握が可能 ボリューム感を含めた可視化が可能 	対象 <ul style="list-style-type: none"> 研究領域 可視化方法 <ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 研究領域の内容を示す特徴語 各国の論文シェア 国際共著論文率
Dot-link表示 	<ul style="list-style-type: none"> 個別の研究領域に注目した情報の把握が可能 	対象 <ul style="list-style-type: none"> 研究領域 可視化方法 <ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 学際的・分野融合的領域の分布 特徴語の分布 ファンディング情報 Sci-GEOチャートによる研究領域の分類 大学や公的研究機関の参画状況
Trajectory表示 サイエンスマップ2010 	<ul style="list-style-type: none"> 研究領域の時系列変化についての情報が把握可能 	対象 <ul style="list-style-type: none"> 研究領域 可視化方法 <ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 研究領域の内容を示す特徴語の変遷 Sci-GEOチャートによる研究領域の分類

〈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。

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。

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 2014 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 2014 までの 7 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 2014 では 1.8 倍の約 7.9 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 2014 では 844 研究領域が得られた。サイエンスマップ 2014 の 844 研究領域には、18,568 件のコアペーパーが含まれる。したがって、2009 年から 2014 年間の Top1%論文の約 1/4 が、サイエンスマップに 2014 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 2014 では約 77 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 2014 までの時系列変化

サイエンスマップ	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014
期間	1997-2002	1999-2004	2001-2006	2003-2008	2005-2010	2007-2012	2009-2014
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
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
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	6,828
	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	26,498件
	全研究領域数	598	626	687	647	765	823
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
	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
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

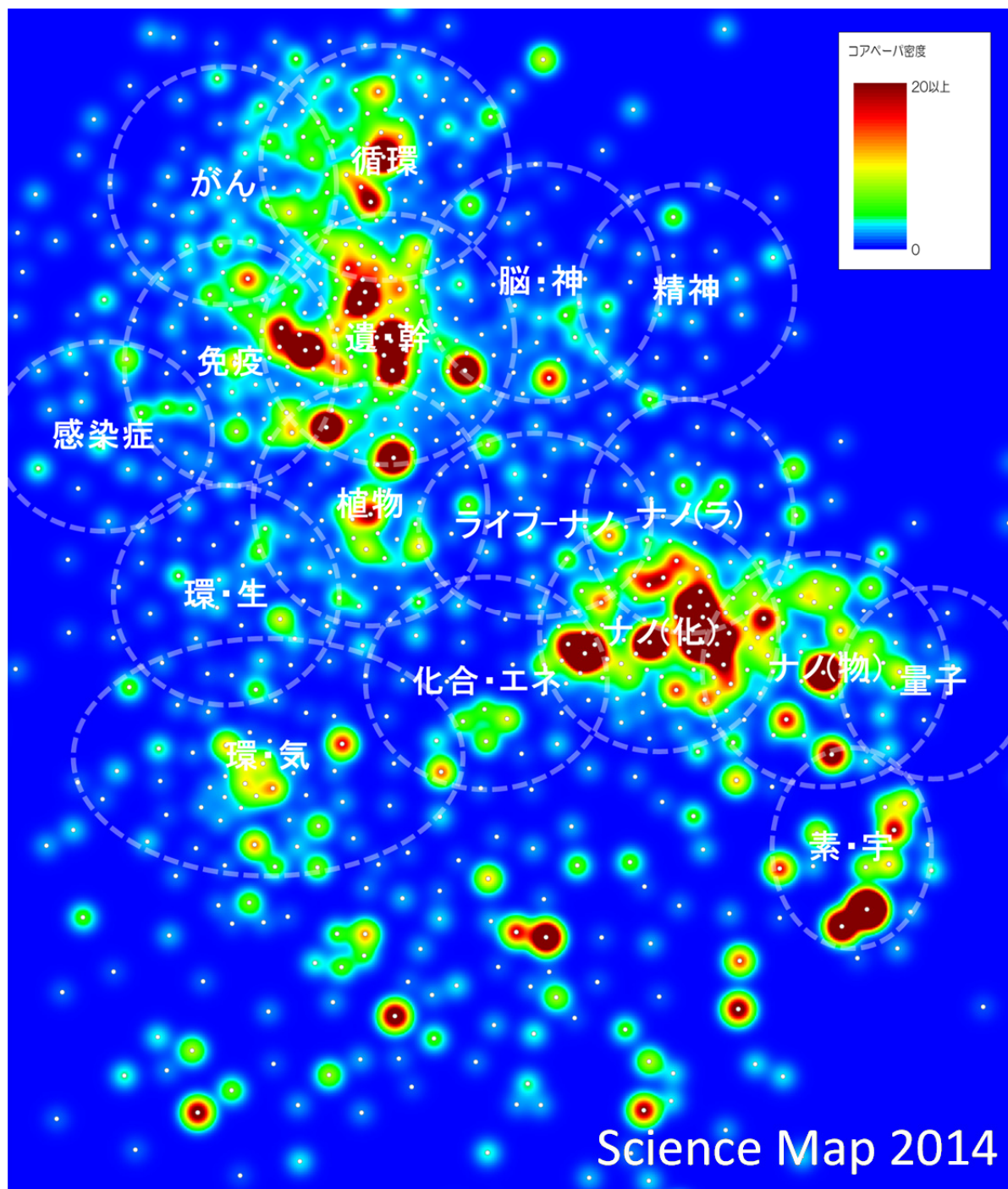
データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

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 2014(地形表示)

図表 6 はサイエンスマップ 2014(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 2014 では論文のグループ化で得られた 844 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 2014(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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 2014 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。

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頻度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 2014 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 2014 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	がん研究	がん
2	循環器疾患研究	循環
3	感染症・公衆衛生	感染症
4	免疫研究(遺伝子発現制御を含む)	免疫
5	遺伝子発現制御・幹細胞研究	遺・幹
6	脳・神経疾患研究	脳・神
7	精神疾患研究	精神
8	植物・微生物研究(遺伝子発現制御を含む)	植物
9	環境・生態系研究	環・生
10	環境・気候変動研究(観測、モデル)	環・気
11	生物メカニズムとナノレベル現象の交差(ライフ-ナノブリッジ)	ライフ-ナノ
12	化学合成研究・エネルギー創出	化合・エネ
13	ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)	ナノ(ラ)
14	ナノサイエンス研究(化学)	ナノ(化)
15	ナノサイエンス研究(物理学)	ナノ(物)
16	量子物性科学研究	量子
17	素粒子・宇宙論研究	素・宇

3-2-2 生命科学にかかわる研究領域群の状況

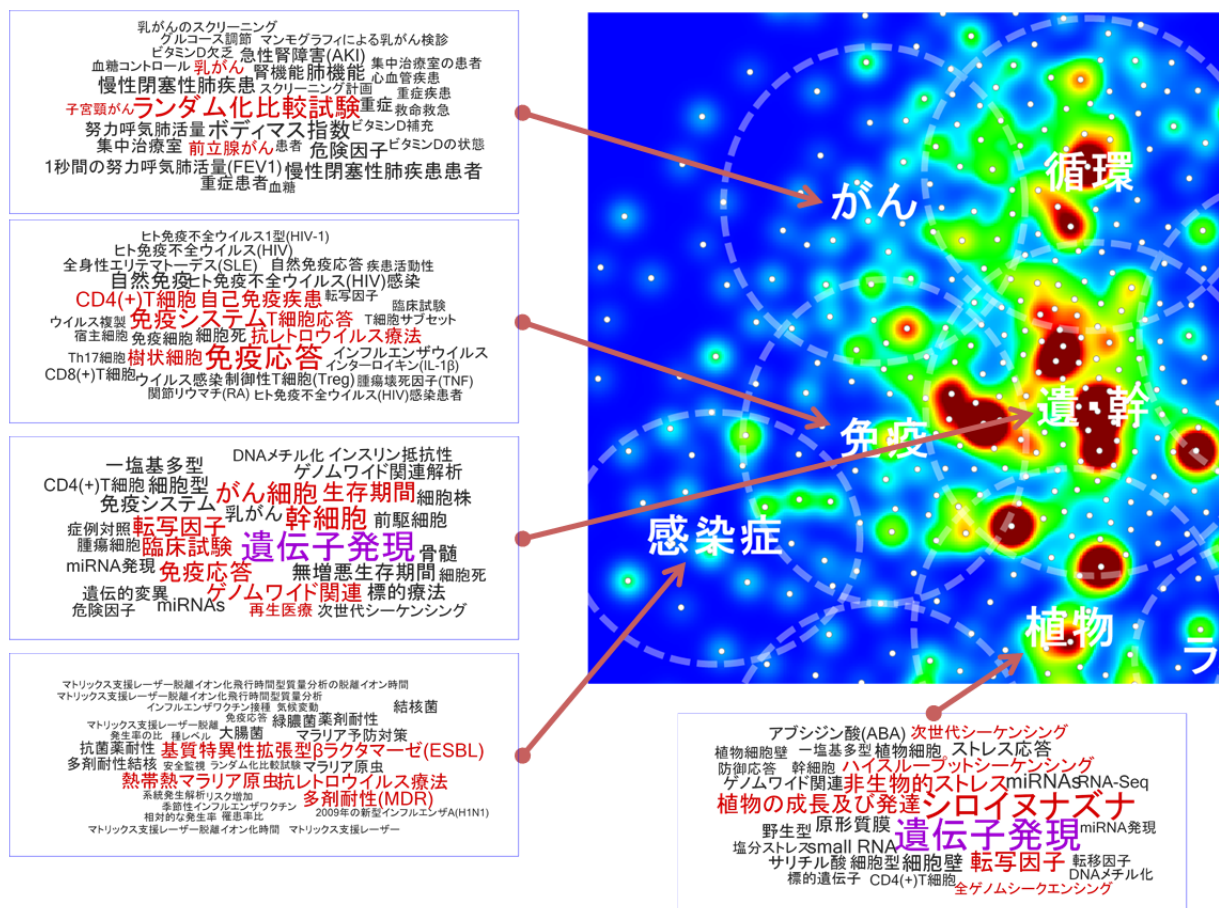
サイエンスマップの左上部分には生命科学にかかわる 8 つの研究領域群が集まり関係しあっている(図表 8 及び図表 9)。

がん研究領域群(図表 8)では、「ランダム化比較試験」という特徴語が最も多く出現しており 7 研究領域でみられた。これに加えて上位 30 の特徴語の中に「前立腺がん」、「乳がん」、「子宮頸がん」といった特徴語がみられていることから、臨床的な観点からのがんについての研究領域が主に含まれていると考えられる。循環器疾患研究領域群との重なりがあることから、肺についての研究領域も一定数存在している。

免疫研究領域群、遺伝子発現制御・幹細胞研究領域群、植物・微生物研究領域群は、マップ上重なり合っており、互いに影響しあいながら進展していることが分かる。遺伝子発現制御・幹細胞研究領域群、植物・微生物研究領域群において、「遺伝子発現」という特徴語が第 1 位に入っている。分子メカニズムの解明という観点から、2 つの研究領域群で共通のアプローチであることが分かる。

それぞれの研究領域群の特徴語に注目すると、免疫・感染症研究領域群に含まれる 15 研究領域において「免疫応答」、10 研究領域において「免疫システム」が特徴語にあがっている。この他に、「CD4(+)T 細胞」、「自己免疫疾患」、「樹状細胞」、「T 細胞応答」、「抗レトロウイルス療法」といった特徴語が、多くの研究領域に含まれている。

図表 8 生命科学にかかわる研究領域群(1)



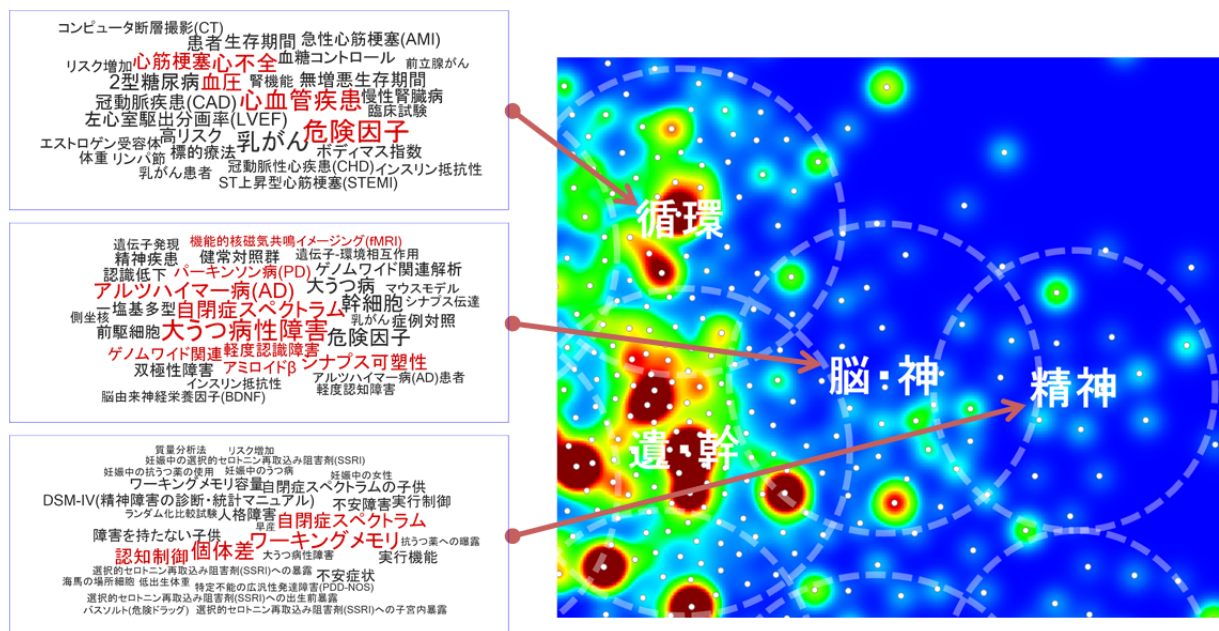
注1: 白丸が研究領域の位置、白色の破線は研究領域群の大まかな位置を示している。
 注2: 特徴語のワードクラウド中の文字の大きさは、特徴語の出現頻度に比例している。各ワードクラウドでは出現数上位 30 までの特徴語を示している。なお、文字の大きさは、研究領域群ごとに決定しているので、研究領域群間では文字の大きさを比べることは出来ない。赤と紫は報告書中で言及している特徴語である。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

遺伝子発現制御・幹細胞研究領域群においては、28 研究領域において「遺伝子発現」が、18 研究領域において「幹細胞」が特徴語にあがっている。これに「がん細胞」、「転写因子」、「免疫反応」、「生存期間」、「臨床試験」、「ゲノムワイド関連」が続いている。また、サイエンスマップ 2012 で特徴語として 1 研究領域でしか抽出されなかった「再生医療」という特徴語が、サイエンスマップ 2014 では 6 研究領域で出現している。また、免疫研究領域群と遺伝子発現制御・幹細胞研究領域群を結ぶ位置に、「ゲノム編集」、「CRISPR」、「TALEN」という特徴語を持つ研究領域が出現している(1 研究領域だけなので、図表 8 中の特徴語には出現していない)。

免疫研究領域群からやや距離をおいて、感染症・公衆衛生領域群がある。ここでは、「多剤耐性(MDR)」、「基質特異性拡張型 β ラクタマーゼ(ESBL)」、「抗レトロウイルス療法」、「熱帯熱マラリア原虫」といった特徴語が出現している。

植物・微生物研究領域群においては、19 研究領域において「遺伝子発現」が特徴語にあがっている。「シロイヌナズナ」、「転写因子」、「非生物的ストレス」、「植物の成長及び発達」という特徴語が多数出現しており、分子生物学的手法による研究が行われていることが分かる。また、遺伝子発現制御・幹細胞研究領域群、植物・微生物研究領域群を結ぶ位置に、「ハイスループットシーケンシング」、「次世代シーケンシング」、「全ゲノムシーケンシング」という特徴語を含む研究領域が存在しており、計測・測定技術の進展が研究の発展に大きくかかわっていることが分かる。

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きな位置を示している。
 注 2: 特徴語のワードクラウド中の文字の大きさは、特徴語の出現頻度に比例している。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出来ない。赤と紫は報告書中で言及している特徴語である。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

遺伝子発現制御・幹細胞研究領域群の上には循環器疾患研究領域群、右には脳・神経疾患研究領域群と精神疾患研究領域群が位置している。循環器疾患研究領域群(図表 9)においては、「危険因子」、「心血管疾患」、「心不全」、「血圧」、「心筋梗塞」といった特徴語が多く研究領域で出現している。がん研究領域群との重なりがあることから、がんについての研究領域も一定数存在している。また、糖尿病についての研究領域もみられる。

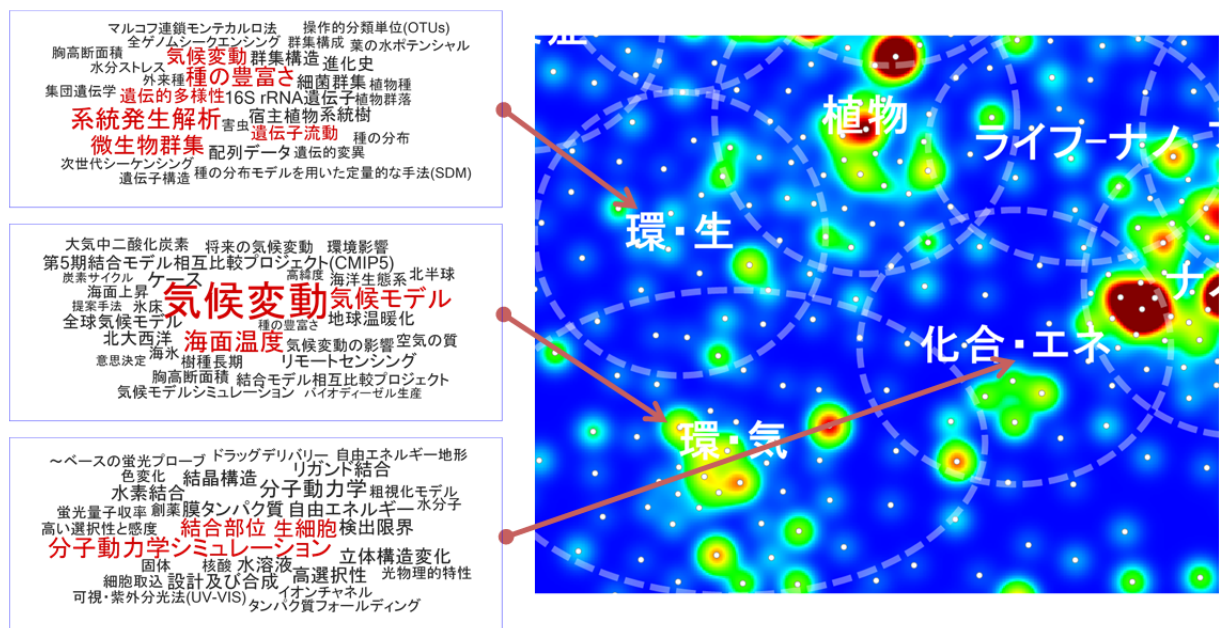
脳・神経疾患研究領域群では、「大うつ病性障害」、「アルツハイマー病(AD)」、「自閉症スペクトラム」、「シナプス可塑性」、「アミロイドβ」、「軽度認知障害」、「パーキンソン病(PD)」という特徴語がみられている。また、「機能的核磁気共鳴イメージング(fMRI)」や「ゲノムワイド関連」という特徴語もみられ、非侵襲型イメージング技術や分子メカニズム的観点からも研究が行われていることが分かる。精神疾患研究領域群では「ワーキングメモリ」、「個体差」、「自閉症スペクトラム」、「認知制御」という特徴語がみられている。

3-2-3 環境研究にかかわる研究領域群等の状況

サイエンスマップ上、植物・微生物研究領域群の下方向では環境・生態系研究領域群、環境・気候変動研究(観測、モデル)領域群といった2つの研究領域群が見出されている(図表 10)。植物・微生物研究領域群と、環境・生態系研究領域群、環境・気候変動研究(観測、モデル)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、もっとも出現頻度の多い特徴語は、「系統発生解析」であり6研究領域で出現している。これに「微生物群集」、「種の豊富さ」(5回)、「気候変動」(4回)が続いている。他にも「遺伝子流動」、「遺伝的多様性」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存在していることが分かる。環境・気候変動研究(観測、モデル)領域群に含まれる研究領域のなかで、もっとも出現頻度の多い特徴語は、「気候変動」であり22研究領域で出現している。これに「気候モデル」(8回)、「海面温度」(8回)が続いている。

図表 10 環境研究にかかわる研究領域群等



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比例している。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出来ない。赤と紫は報告書中で言及している特徴語である。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

生命科学系の研究領域群とナノサイエンス研究の間に、生物メカニズムとナノレベルの現象の交差(ライフナノブリッジ)地点となる研究領域群が存在する。研究対象にかかわる特徴語としては「分子動力学シミュレーション」、「生細胞」、「結合部位」などがみられる。サイエンスマップ 2002 からの時系列変化をみると、生命科学系の研究領域群とナノサイエンス研究の間は、ある研究領域が一か所にとどまって成長するというよりは、ここ

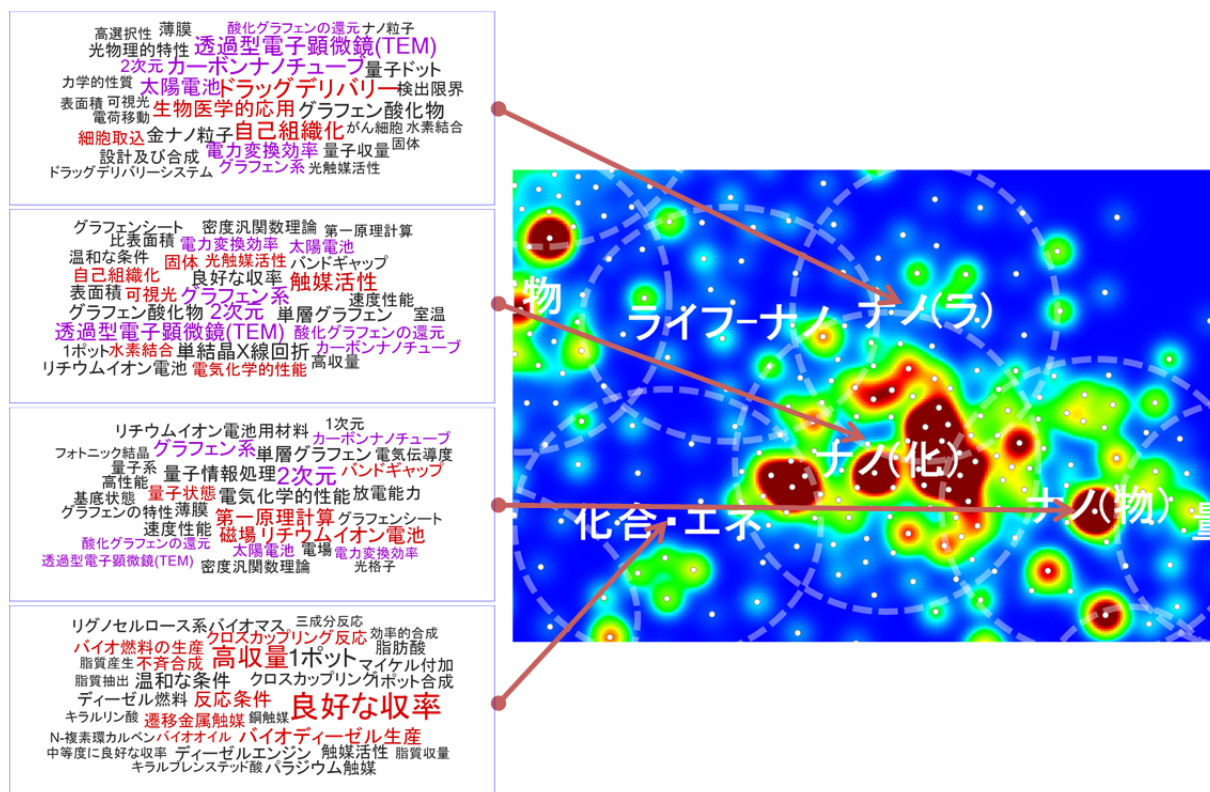
で得られた知識が生命科学系やナノサイエンス研究の研究領域に拡散していくようすが分かる。つまり、この部分は、生物メカニズムとナノレベルの現象の交差(ライフ-ナノブリッジ)地点といえる。

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・エネルギー創出研究領域群の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、マップ上重なり合っており、互いに影響しあいながら進展していることが分かる。これらの研究領域群で、出現頻度の高い上位30の特徴語に注目すると、「透過型電子顕微鏡(TEM)」、「カーボンナノチューブ」、「グラフェン系」、「酸化グラフェンの還元」、「2次元」、「太陽電池」、「電力変換効率」といった特徴語が、いずれの研究領域群においても上位30に入っている。

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比例している。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出来ない。赤と紫は報告書中で言及している特徴語である。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

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、「ドラッグデリバリー」、「自己組織化」、「生物医学的応用」、「細胞取込」という特徴語が多数出現しており、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。また、工業ナノ材料の毒性評価やヒトの健康への影響についての研究領域も、この研究領域群には含まれている。

ナノサイエンス研究(化学)領域群においては、11の研究領域において「触媒活性」が特徴語にあがっている。これに「可視光」、「固体」、「電力変換効率」、「電気化学的性能」、「水素結合」、「光触媒活性」といった特徴

語がつづく。

ナノサイエンス研究(物理学)領域群においては、「2次元」、「第一原理計算」、「磁場」、「量子状態」、「バンドギャップ」という特徴語が多数出現しており、低次元系に注目した研究が行われていることが分かる。その中でも、特に「グラフェン」にかかわる特徴語が多くみられる。また、この研究領域群には「リチウムイオン電池」を特徴語として持つ研究領域も一定数存在している。

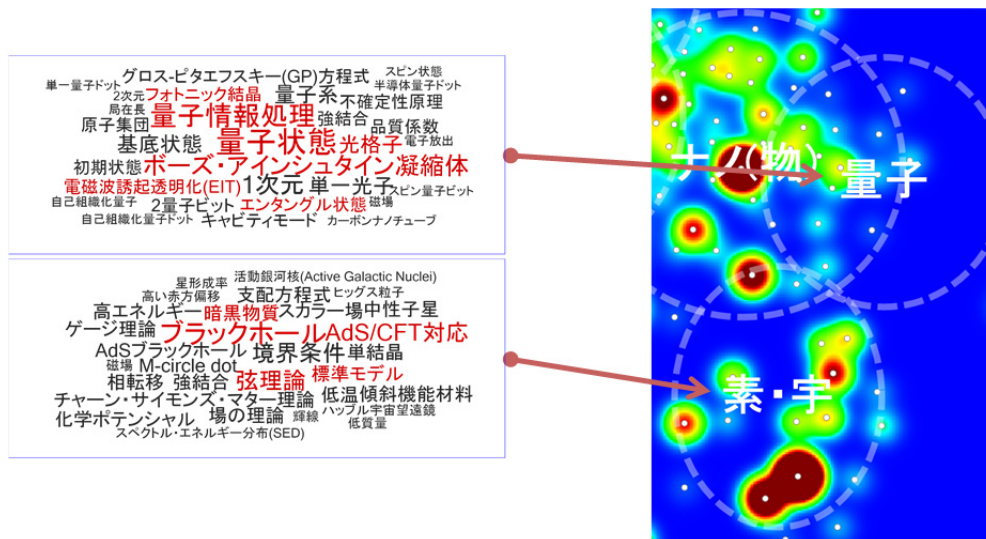
化学合成・エネルギー創出研究領域群に含まれる研究領域の10において、「良好な収率」が特徴語にあがっている。また、「高収量」、「反応条件」、「クロスカップリング反応」、「遷移金属触媒」、「不斉合成」といった化学合成にかかる特徴語の他に、「バイオディーゼル生産」、「バイオ燃料の生産」、「バイオオイル」という特徴語もみられた。

3-2-5 量子物性科学研究、素粒子・宇宙論研究の状況

サイエンスマップの右下には、量子物性科学研究領域群、素粒子・宇宙論研究領域群が位置している(図表12)。それぞれの研究領域群の特徴語に注目すると、量子物性科学研究領域群に含まれる研究領域の6つにおいて「量子状態」、5つにおいて「量子情報処理」が特徴語にあがっている。また、「ボーズ・アインシュタイン凝縮体」、「光格子」、「エンタングル状態」、「フォトニック結晶」、「電磁波誘起透明化(EIT)」といった特徴語も含まれている。

素粒子・宇宙論研究領域群では、「ブラックホール」、「AdS/CFT対応」、「弦理論」、「暗黒物質」、「標準モデル」といった特徴語が出現している。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 量子物性科学研究、素粒子・宇宙論研究



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比例している。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出来ない。赤と紫は報告書中で言及している特徴語である。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 サイエンスマップの下方に位置している研究領域

サイエンスマップの下方には、研究領域群としてくくられていないが、一定の規模を持つ研究領域が存在している(図表 13(A))。この部分に存在する研究領域の中で、コアペーパー数が 20 以上の 25 研究領域の情報を図表 13(B)に示した。

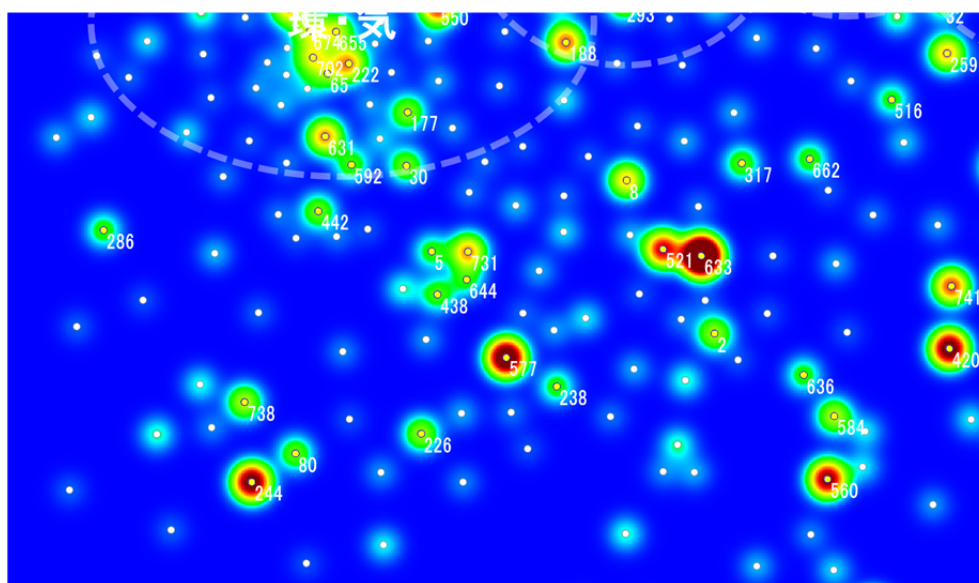
研究領域を構成するコアペーパーの分野を用いて研究領域を分野分類すると¹、25 研究領域のうち、工学が 10 研究領域、計算機科学が 4 研究領域、地球科学、数学、学際的・分野融合的領域がそれぞれ 3 研究領域、宇宙科学と社会科学・一般がそれぞれ 1 研究領域となっている。

図表 13(B)に示した研究領域の特徴語からも分かるように、工学の研究領域については、熱工学、ニューラルネットワーク、画像認識、リチウムイオン電池等、多様な研究テーマにかかわるものが抽出されている。ここで紹介しきれない、個別の研究領域の特徴語については、「APPENDIX 2. サイエンスマップ 2014 研究領域詳細シート」に示している。

また、コアペーパー数が小さいものまで詳細にみると、この位置には人工知能にかかわると思われる研究領域も多数存在している(図表 14(A))。この部分に存在する研究領域の情報を図表 14 (B)に示した。特徴語に注目すると、グループ意思決定、最適化問題、ニューラルネットワーク、ファジー理論、顔認識、音声認識、遺伝的アルゴリズムといった言葉がみられる。人工知能の研究は、遺伝的アルゴリズム、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²。これらの研究が、生命科学系の研究などとは異なり、弱く相互に関係しながら進展していることから、本調査では研究領域群としては抽出されなかった可能性がある³。

図表 13 サイエンスマップの下方に位置している研究領域(コアペーパー数が 20 以上の研究領域)

(A) 研究領域の位置



注: 白色又は黄色の丸は研究領域の位置を示している。黄色はコアペーパー数が 20 以上の研究領域であり、研究領域 ID とともに示している。
データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

1 研究領域の分野の考え方については、「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」に示した。

2 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 人工知能にかかわる研究の中でも、論文による成果発表を行うような研究と行わない研究が存在しているため、サイエンスマップでは部分的に観測されている可能性も考えられる。

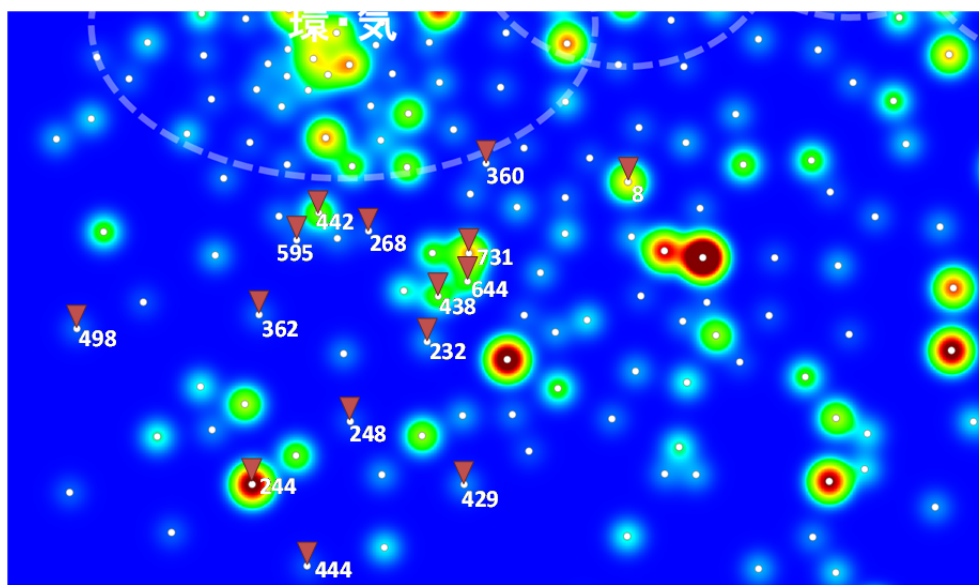
(B) 研究領域の情報

研究領域ID	特徴語	分野	コアペーパー
633	数値例; 線形行列不等式; 時間的に変化; 十分条件; 閉ループシステム	工学	223
577	ジルコンU-Pb年代測定; 中国北部; 126±1Ma(100万年); 部分熔融; 中国北部クラトン	地球科学	134
420	熱伝達; 体積分率; ヌセルト数; 流れ及び熱伝達; 長波長と低レイノルズ数	工学	115
244	グループ意思決定; グループ意思決定の問題; 集計演算子; 直感的ファジー集合; Ordered weighted averaging aggregation operator	計算機科学	115
560	分数階微分方程式; 境界値問題; 不動点定理; 解の存在と一意性; 分数階微分	数学	100
521	行列方程式; 最小二乗; ネットワーク化制御システム(NCSs); 線形行列; 反復アルゴリズム	工学	86
741	ホストの恒星; 視線速度; 光度曲線; 巨大惑星; 惑星系	宇宙科学	72
731	人工蜂コロニーアルゴリズム; 人工蜂コロニー; 粒子群最適化(PSO); 重力探索アルゴリズム; 最適化問題	学際的・分野融合的領域	59
259	抵抗スイッチング; 低抵抗状態; 抵抗ランダム・アクセス・メモリ(ReRAM); 酸素空孔; 抵抗スイッチングの挙動	学際的・分野融合的領域	56
8	ニューラルネットワーク; 高木-菅野ファジーモデル; ファジー論理制御; 制御システム; ファジー理論にもとづく	工学	53
584	分数次; 分数階微分方程式; 分数次導関数; 代数方程式; カオス系	数学	39
738	多入力多出力(MIMO)インターフェイス; チャネル情報(CSI: Channel State Information); 2ウェイリレー; ガウス干渉チャネル; 多入力多出力(MIMO)	計算機科学	39
2	有機ランキンサイクル; 作動流体; 廃熱; 熱源; 廃熱利用	工学	36
226	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震; 沈み込み帯; 大地震; 地震の発生; プレート境界	地球科学	35
442	実験結果; 提案手法; 次元圧縮; 顔認識; 状態	工学	30
80	ラフ集合; ラフ集合論; Attribute reduction; ラフ集合モデル; 支配関係にもとづくラフ集合	計算機科学	29
317	Keller-Segelシステム; 初期データ; 放物型Keller-Segelシステム; 大域的存在; 走化性モデル	数学	27
662	充電率; リチウムイオン電池; 電気自動車; 残存寿命; 拡張カルマンフィルター	工学	25
438	Teaching-learning-based optimization; 最適化アルゴリズム; テストシステム; 多目的最適化; 最適化問題	工学	25
286	法解釈(Statutory interpretation); 連邦法; 連邦政府; 連邦裁判所; 行政法	社会科学・一般	24
636	Entransy散逸; 熱伝達; エントロピー生成; 熱交換器; 熱抵抗	工学	23
5	経済成長; 長期; エネルギー消費; エネルギー消費と経済成長; グレンジャー因果	学際的・分野融合的領域	23
238	上部マントル; 岩流圈-岩石圏境界; レシーバ関数; 100キロに近い; 低速度帯	地球科学	23
516	相変化材料(PCM); 熱エネルギー貯蔵; 潜熱; 示差走査熱量測定; 材相転移材料(PCM)	工学	22
644	差分進化; 最適化問題; 進化的アルゴリズム; 差分進化アルゴリズム; 粒子群最適化(PSO)	計算機科学	20

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

図表 14 サイエンスマップの下方に位置している研究領域(人工知能に関連すると考えられる研究領域)

(A) 研究領域の位置



注: 白色又は黄色の丸は研究領域の位置を示している。黄色はコアペーパー数が 20 以上の研究領域である。人工知能に関連すると考えられる研究領域を赤色のマーカーで示している。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

(B) 研究領域の情報

研究領域ID	特徴語	分野	コアペーパー
244	グループ意思決定; グループ意思決定の問題; 集計演算子; 直感的ファジー集合; Ordered weighted averaging aggregation operator	計算機科学	115
731	人工蜂コロニーアルゴリズム; 人工蜂コロニー; 粒子群最適化(PSO); 重力探索アルゴリズム; 最適化問題	学際的・分野融合的領域	59
8	ニューラルネットワーク; 高木・菅野ファジーモデル; ファジー論理制御; 制御システム; ファジー理論にもとづく	工学	53
442	実験結果; 提案手法; 次元圧縮; 顔認識; 状態	工学	30
438	Teaching-learning-based optimization; 最適化アルゴリズム; テストシステム; 多目的最適化; 最適化問題	工学	25
644	差分進化; 最適化問題; 進化的アルゴリズム; 差分進化アルゴリズム; 粒子群最適化(PSO)	計算機科学	20
232	Type-2ファジー; Interval Type-2ファジーロジックコントローラ; Type-2ファジー集合; Type-2ファジー機構; Type-2ファジーロジック機構	計算機科学	8
429	最小二乗サポート・ベクター・マシン(LSSVM); 人工ニューラルネットワーク(ANN); 最適化された最小二乗サポート・ベクター・マシン(LSSVM)モデリング; 強制採収法(EOR); 最小二乗サポート・ベクター・マシン(LSSVM)モデル	工学	7
498	自動音声認識; ディープニューラルネットワーク(DNN); 大語彙連続音声認識(LVCSR); 混合ガウスモデル(GMM); 隠れマルコフモデル	工学	5
362	ファジールールベース; 進化アルゴリズム; 機械学習; ノンパラメトリック統計検定; データセット	学際的・分野融合的領域	5
360	ELM(Extreme Learning Machine); 単一隠れ層フィードフォワードニューラルネットワーク; 一般化能力; ニューラルネットワーク; 実験結果	学際的・分野融合的領域	5
595	スパース表現; 顔認識; スパース表現にもとづく分類; 訓練サンプル; 実験結果	工学	4
444	人工ニューラルネットワーク(ANN); 人工ニューラルネットワーク(ANN)モデル; ウェーブレット変換; 時系列; 平均二乗誤差(RMSE)	工学	4
268	ハイパースペクトル画像; ハイパースペクトル画像分類; スペクトル空間; 空間情報; 古典的なサポート・ベクター・マシン(SVM)	地球科学	4
248	最適化モデル; 提案モデルの有効性; 遺伝的アルゴリズム; ファジー最適化アプローチ; ファジー変数	学際的・分野融合的領域	4

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

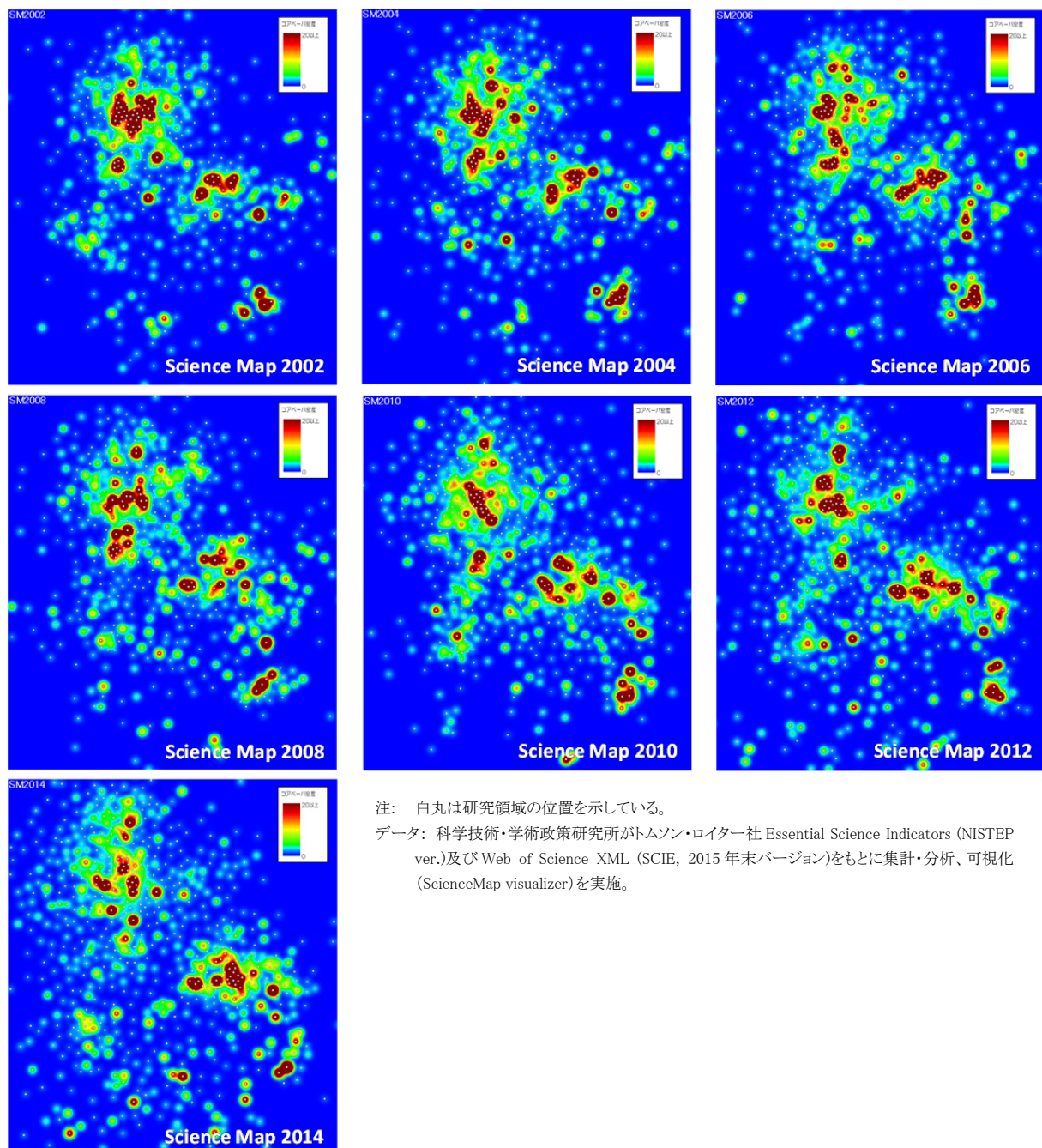
3-3 サイエンスマップの時系列変化

サイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2014 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 15)。

まず、一見するとサイエンスマップ 2002 から 2014 にかけて、明るい色の部分が増えてきているようすが分かる。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 2014 では 844 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の参画による研究者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 15 サイエンスマップ 2002～2014



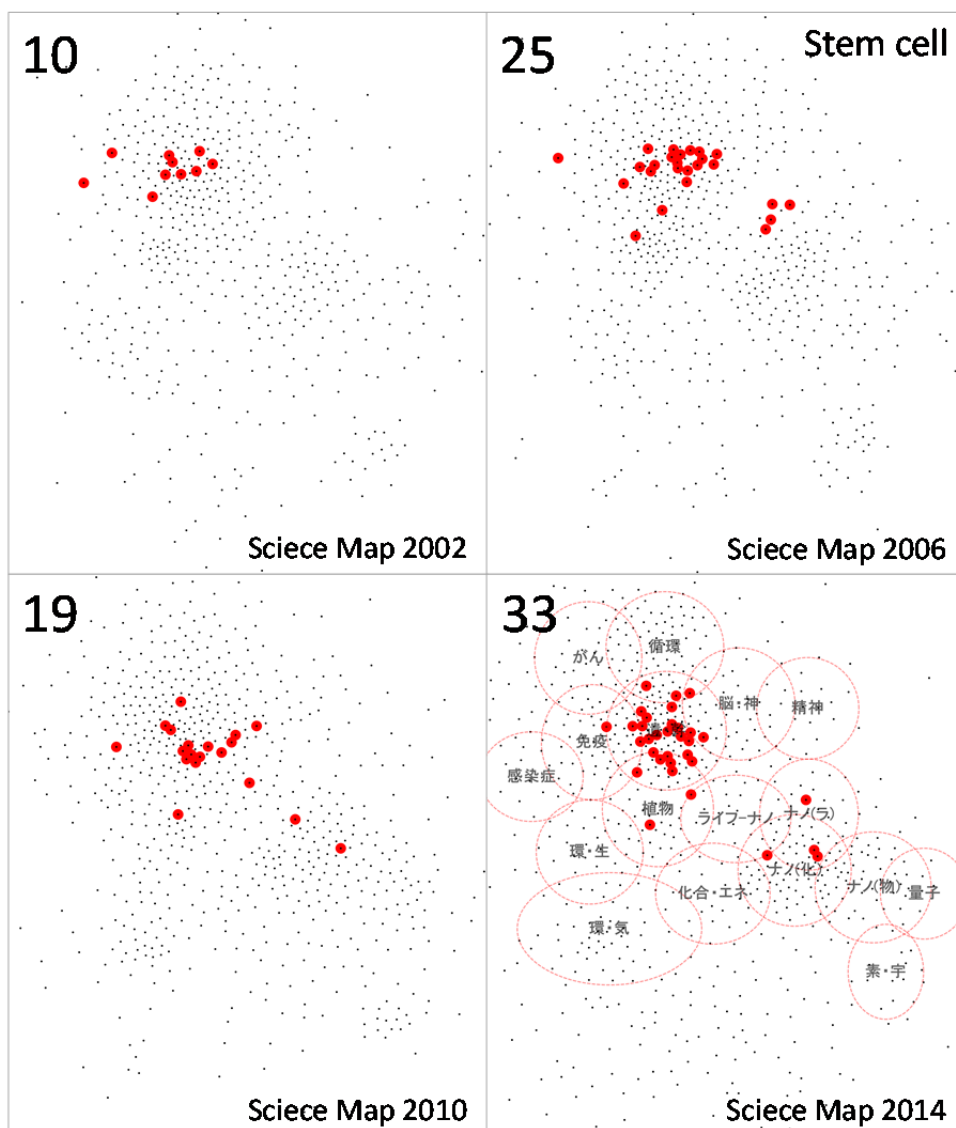
以下では、研究領域を構成するコアペーパーのタイトルに含まれる単語の分析により、その単語が使われる研究領域が、サイエンスマップ上でどのように広がっているかについて分析した結果を紹介する。

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 16 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クした結果である。サイエンスマップ 2002 時点では、10 領域が該当していた。サイエンスマップ 2014 では 33 領域が該当しており、サイエンスマップ 2002 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、サイエンスマップ 2006 までは胚性幹細胞(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 16 コアペーパーのタイトルに「Stem cell」を含む研究領域の変化



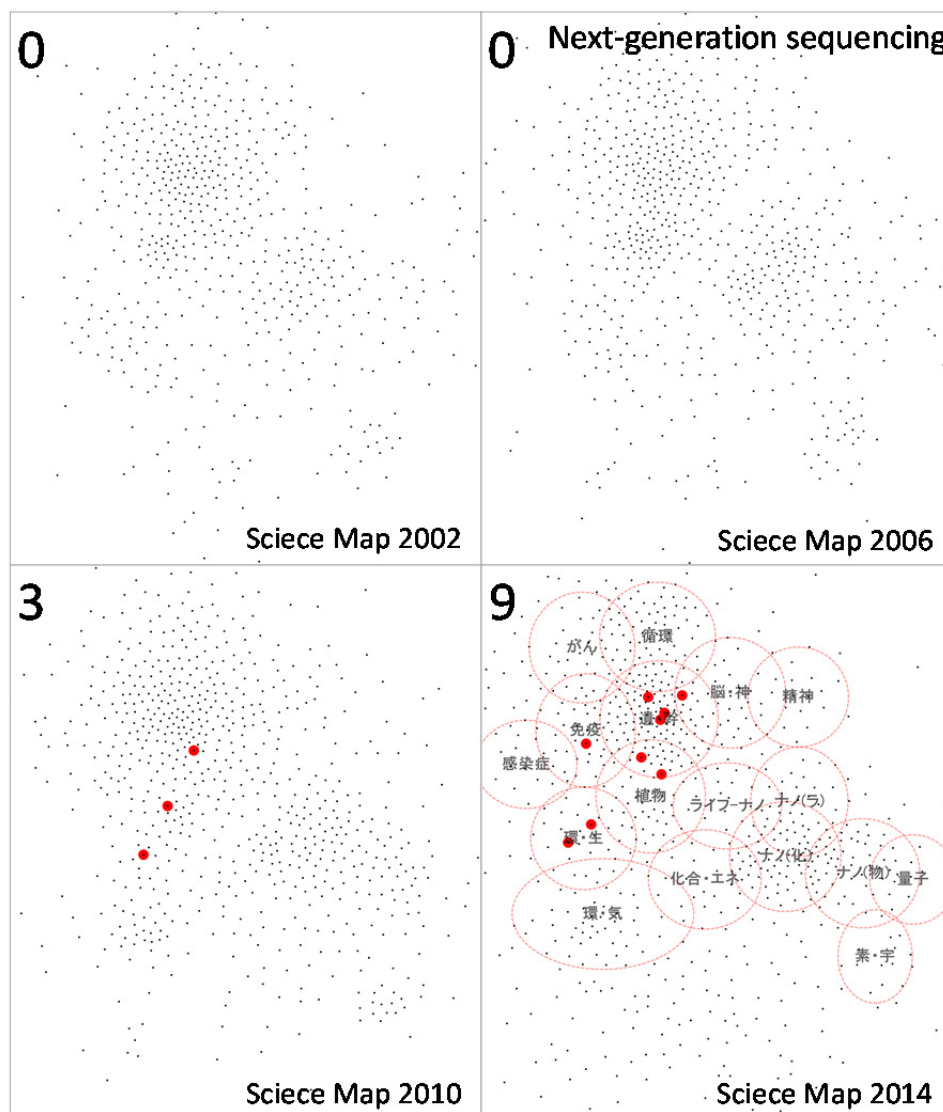
注: 赤丸は検索対象の単語をタイトルに含む論文(部分一致)が構成要素となっている研究領域を示している。左上の数字は該当研究領域数を示す。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

3-3-2 コアペーパーのタイトルに「次世代シーケンシング(Next-generation sequencing)」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「次世代シーケンシング(Next-generation sequencing)」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 2002、2006 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 2010 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 2014 では 9 領域が該当している。

多くの研究領域は、遺伝子発現制御・幹細胞研究領域群に含まれているが、環境・生態系研究領域群でも 2 領域が該当しており、ライフサイエンスに限らず幅広い研究領域群で、次世代シーケンシング技術が活用されていることが分かる。

図表 17 コアペーパーのタイトルに「Next generation sequencing」を含む研究領域の変化



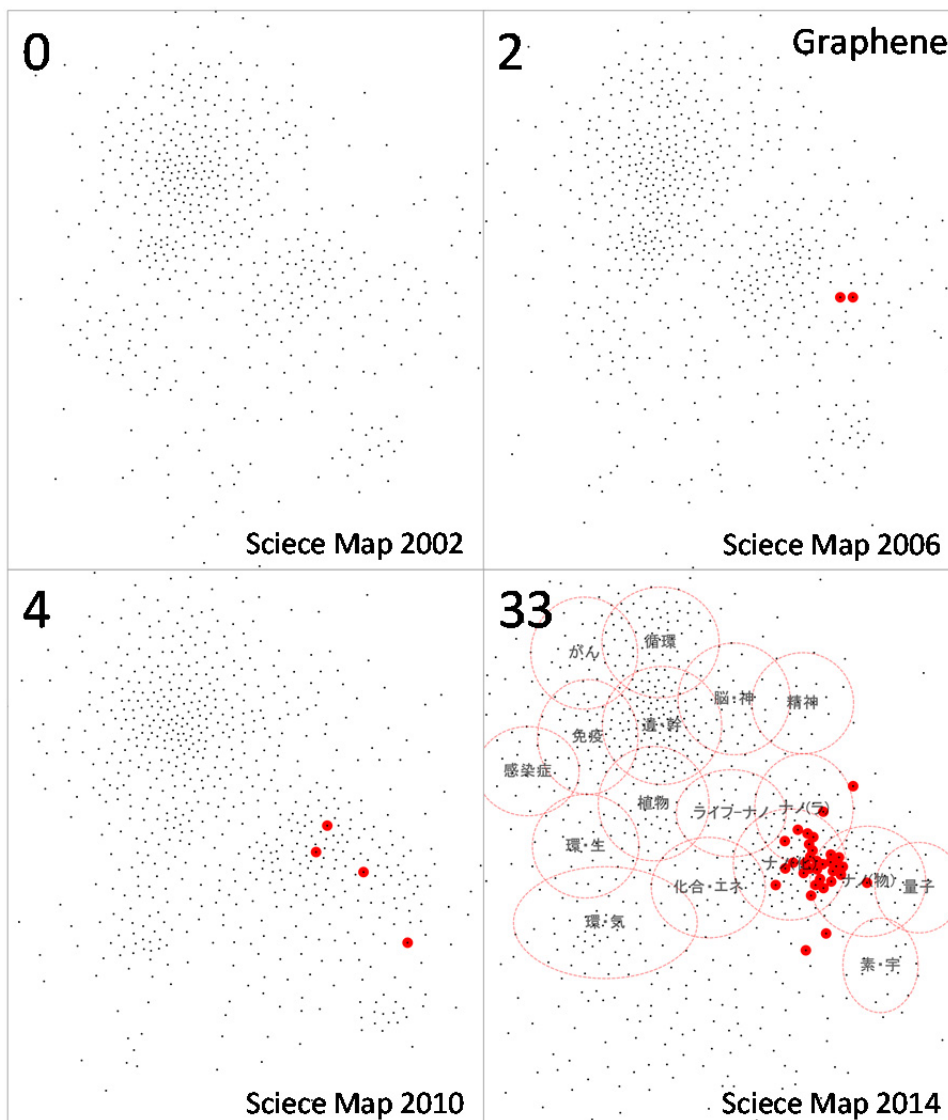
注: 赤丸は検索対象の単語をタイトルに含む論文(部分一致)が構成要素となっている研究領域を示している。左上の数字は該当研究領域数を示す。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

3-3-3 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 18 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 2006 時点では 2 領域、サイエンスマップ 2010 時点でも 4 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 2014 時点では、33 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 18 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



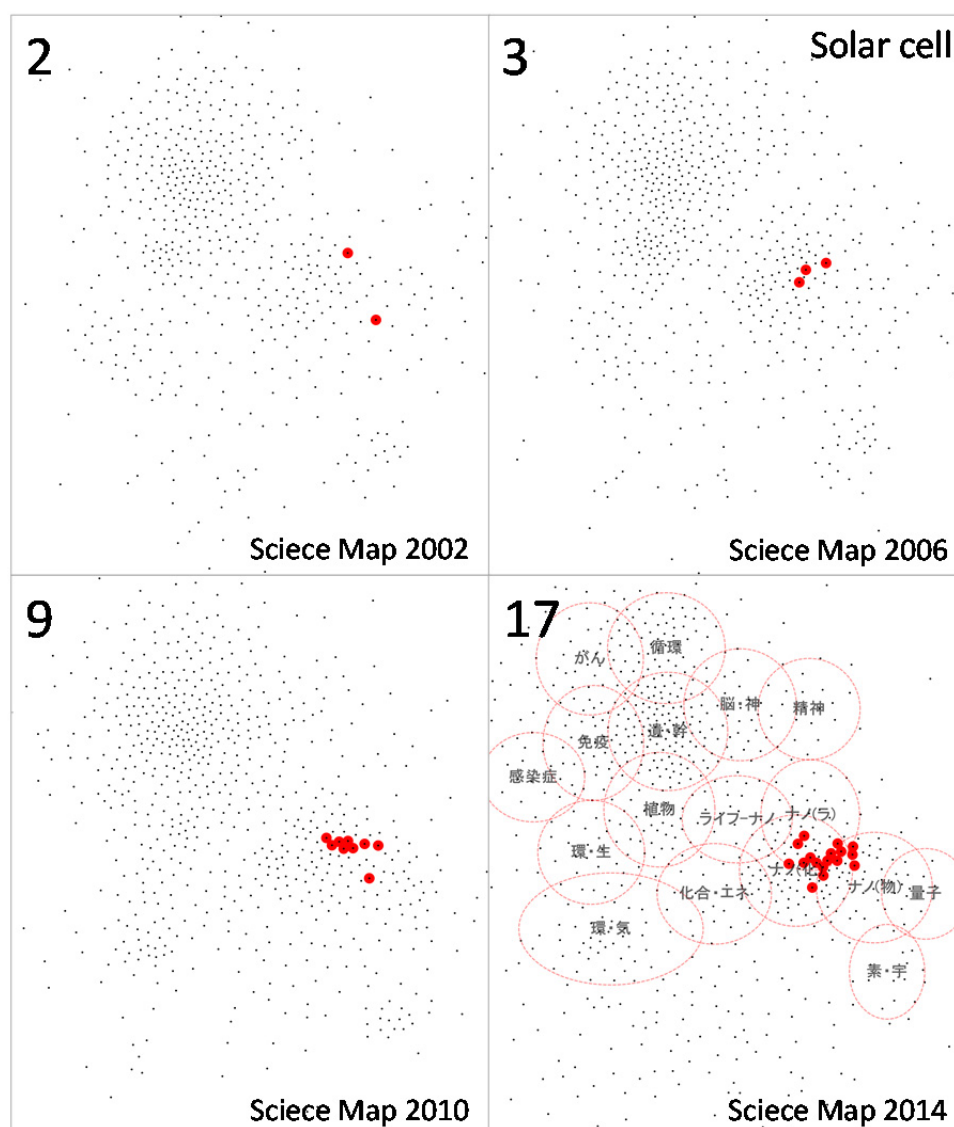
注: 赤丸は検索対象の単語をタイトルに含む論文(部分一致)が構成要素となっている研究領域を示している。左上の数字は該当研究領域数を示す。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

3-3-4 コアペーパーのタイトルに「太陽電池(Solar cell)」を含む研究領域の変化

図表 19 は、コアペーパーのタイトルに「太陽電池(Solar 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 2002、2006 時点では、このキーワードを含む研究領域は、それぞれ 2、3 領域に限られていた。しかし、サイエンスマップ 2010 では 9 領域、サイエンスマップ 2014 では 17 領域となり、該当する研究領域数が増加している。

特徴語に注目すると、「色素増感太陽電池」、「薄膜シリコン太陽電池」、「Copper Zinc Tin Sulfide(CZTS)薄膜」、「量子ドット」などが含まれており、さまざまな材料やアプローチにもとづいた太陽電池の研究が行われていることが分かる。

図表 19 コアペーパーのタイトルに「Solar 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

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試行的な分析

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キーワード(連続する2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、キー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。ここでは試行的な分析結果として、ゲノム、幹細胞、超伝導、ニュートリノにかかわるキーワードの変遷を示す。

図表 20 は、ゲノムにかかわるキー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で、注目するキーワードをタイトルに含むコアペーパーの数と、そのキー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キーワードである。

サイエンスマップ 2002～2006 まではゲノムシーケンスというキー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キーワードが増加し、サイエンスマップ 2008 以降はゲノムワイド関連というキーワードの出現が多くなっている。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 ではゲノム編集、ゲノムエンジニアリングというキーワードが急増しているようすが分かる。

図表 20 ゲノムにかかわるキーワードの変遷

キーワード(翻訳)	キーワード(英語)	SM2002	SM2004	SM2006	SM2008	SM2010	SM2012	SM2014	総計	平均出現時点
完全ゲノム	complete_genome	11	11	12	3	2	1	1	41	2005.1
イネゲノム	rice_genome	6	6	5	1			2	20	2005.1
ゲノム進化	genome_evolution	4	9	5	2	1	1	1	23	2005.5
ゲノムシーケンス	genome_sequence	19	28	29	5	9	8	8	106	2006.2
ヒトゲノム	human_genome	2	8	18	23	21	9	4	85	2008.3
ゲノムワイド関連分析	genome-wide_analysis	1	3	3	6	8	10	6	37	2009.8
ゲノムワイド関連	genome-wide_association			2	28	57	72	34	193	2011.1
全ゲノム解読	whole-genome_sequencing	1	1			2	6	9	19	2011.8
ゲノム編集	genome_editing				1	2	7	20	30	2013.1
ゲノムエンジニアリング	genome_engineering						1	14	15	2013.9

注: 翻訳はより適切なものが存在する可能性がある。単語を見出し語化して集計を行っている。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

図表 21 幹細胞にかかわるキーワードの変遷

キーワード(翻訳)	キーワード(英語)	SM2002	SM2004	SM2006	SM2008	SM2010	SM2012	SM2014	総計	平均出現時点
神経幹細胞	neural_stem	11	5	4	4	6	6	6	42	2007.5
胚性幹細胞	embryonic_stem	19	31	63	56	50	26	17	262	2007.8
幹細胞移植	stem_cell_transplantation	5	9	4	7	4	8	7	44	2008.2
造血幹細胞	hematopoietic_stem	13	17	18	23	15	21	17	124	2008.3
幹細胞	stem_cell	92	119	157	203	222	199	138	1,130	2008.6
心筋幹細胞	cardiac_stem		2	3	7	4	4	2	22	2009.0
間葉系幹細胞	mesenchymal_stem	3	4	18	30	23	15	15	108	2009.2
幹細胞誘導	stem_cell-derived	1	1	3	3	9	2	3	22	2009.3
幹細胞/前駆細胞	stem_progenitor	1	2	3	9	7	8	4	34	2009.5
がん幹細胞	cancer_stem		2	3	15	24	13	1	58	2009.6
人工多能性幹細胞	pluripotent_stem	1			14	52	61	37	165	2011.4

注: 翻訳はより適切なものが存在する可能性がある。単語を見出し語化して集計を行っている。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

図表 21 は、幹細胞にかかわるバイワードの変遷である。全期間にわたって幹細胞というバイワードの出現が一番多い。時系列の変化に注目すると、サイエンスマップ 2006～2010 までは胚性幹細胞というバイワードが多数出現していた。サイエンスマップ 2010 には人工多能性幹細胞(iPS 細胞)にかかわるバイワードが急増した。これに伴い、胚性幹細胞の出現回数は減少している。他には、神経幹細胞、造血幹細胞といった特定の幹細胞についてのバイワードがみられている。

図表 22 は、超伝導にかかわるバイワードの変遷である。サイエンスマップ 2002～2006 にかけては、ニホウ化マグネシウムの超伝導についての論文がコアペーパーに含まれていたが、サイエンスマップ 2008 以降は出現していない。他方で、サイエンスマップ 2010 以降は鉄系超伝導にかかわるバイワードが急増した。このように、超伝導の研究では新規物質の発見とともに研究のトレンドが移り変わっている。この特徴は、物性研究一般にみられる特徴と言えるかも知れない。なお、カラー超伝導、ホログラフィック超伝導というバイワードも出現しているが、これらは素粒子研究で用いられているバイワードである。

図表 23 は、ニュートリノにかかわるバイ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バイ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)というバイワードが増加している。

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。

図表 22 超伝導にかかわるバイワードの変遷

バイワード(翻訳)	バイワード(英語)	SM2002	SM2004	SM2006	SM2008	SM2010	SM2012	SM2014	総計	平均出現時点
ニホウ化マグネシウム超伝導	superconducting_mgb2	13	9	5					27	2003.4
重いフェルミオン超伝導体	heavy-fermion_superconductor	2	6	2					10	2004.0
カラー超伝導	color_superconductivity	10	7	6	2	1			26	2004.2
銅酸化物超伝導体	cuprate_superconductors	5	3	2	1		2	1	14	2005.7
非従来型超伝導	unconventional_superconductivity	2	3	4	2	3	3	1	18	2007.6
鉄系超伝導	iron-based_superconductors					8	4	1	13	2010.9
ホログラフィック超伝導	holographic_superconductors					10	7	1	18	2011.0

注 1: 翻訳はより適切なものが存在する可能性がある。単語を見出し語化して集計を行っている。

注 2: 超伝導という言葉を含むバイワードであるが、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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

図表 23 ニュートリノにかかわるバイワードの変遷

バイワード(翻訳)	バイワード(英語)	SM2002	SM2004	SM2006	SM2008	SM2010	SM2012	SM2014	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	88	2005.5
ニュートリノ質量	neutrino_mass	28	27	17	9	8	6	4	99	2005.5
大気ニュートリノ	atmospheric_neutrino	9	4	9	5	2	1	1	31	2005.6
ニュートリノ振動	neutrino_oscillation	29	23	28	18	11	6	4	119	2005.9
ニュートリノ混合	neutrino_mixing	11	10	8	10	12	9	4	64	2007.4
ステライルニュートリノ	sterile_neutrino	3	1	2	2	1	7	13	29	2010.8

注: 翻訳はより適切なものが存在する可能性がある。単語を見出し語化して集計を行っている。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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。

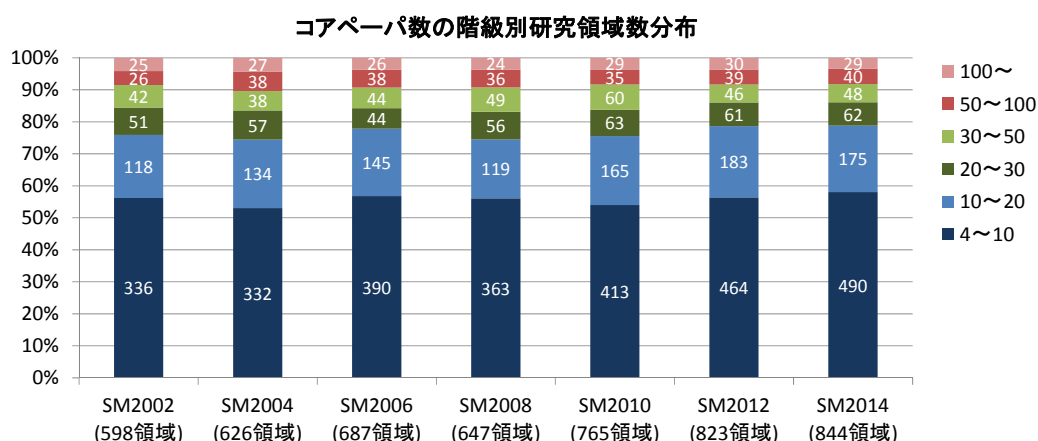
4-1 サイエンスマップにおける研究領域とコペーパーの関係

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 2014 では 844 の研究領域が抽出されているが、それぞれの研究領域が含むコペーパー数はさまざまである。そこで、研究領域のコペーパー数と研究領域数の関係を分析した(図表 24)。

サイエンスマップ 2002 から 2014 の平均で、コペーパーが 10 本以下の研究領域は全研究領域の約 56%、20 本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、コペーパーが 100 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明らかとなった。

図表 24 コペーパー数の階級別研究領域数



データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

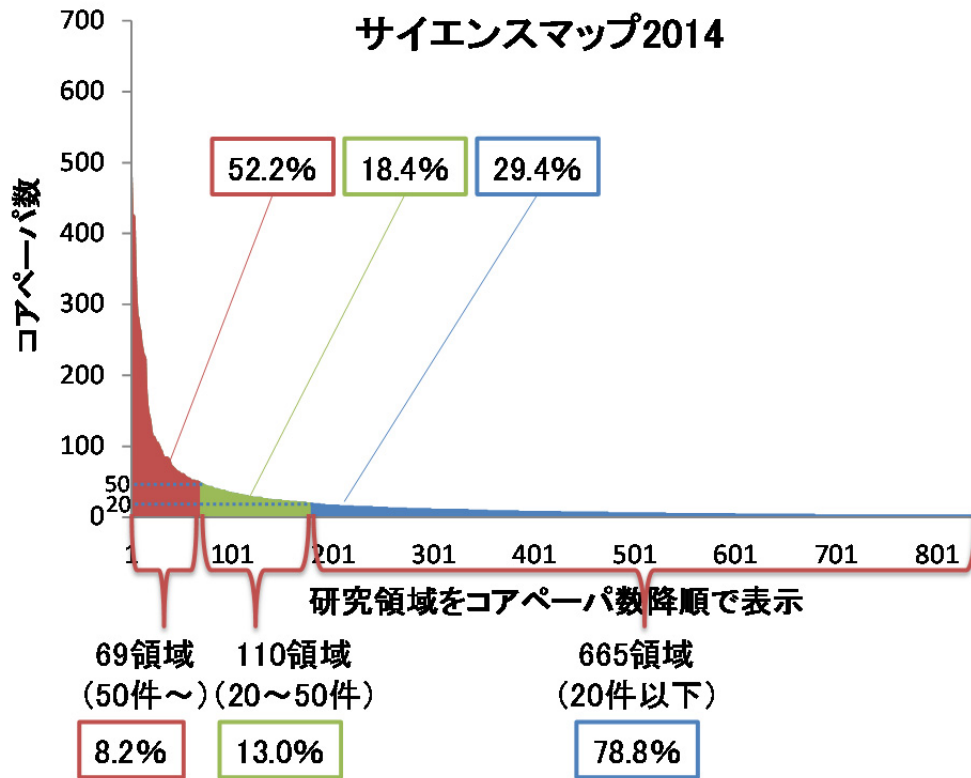
サイエンスマップ 2014 を対象に、研究領域ごとのコペーパー数を降順で並べて表示した(図表 25)。ここから、50 件以上のコペーパーを含む研究領域は 69 領域であり、研究領域数では全体の 8.2%であるが、コペーパー数については全体の 52.2%を占める構造であることが分かる。また、コペーパー数が 20 件以下の領域が 665 領域あり、研究領域数では全体の 78.8%であるが、コペーパー数では全体の 29.4%を占めることが分かる。

コペーパー数を見るということは、各研究領域において研究者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者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、参画領域への参画割合、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だろう。

図表 25 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 2014 までの時系列変化をみると、研究領域数自体が 246 領域増えていることが分かる。研究領域数の観点からみると、学際的・分野融合的領域は 59 領域、臨床医学軸足領域は 54 領域増加している。サイエンスマップ 2014 における研究領域数が 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、精神医学/心理学、数学、社会科学・一般、工学、地球科学である。

図表 26 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2008	サイエンス マップ 2014(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	8	13	5	63%
	生物学・生化学	17	11	15	-2	-12%
	化学	62	64	55	-7	-11%
	臨床医学	115	116	169	54	47%
	計算機科学	7	17	12	5	71%
	経済・経営学	10	9	12	2	20%
	工学	32	44	60	28	88%
	環境/生態学	18	15	7	-11	-61%
	地球科学	19	30	33	14	74%
	免疫学	2	1	9	7	350%
	材料科学	11	7	7	-4	-36%
	数学	13	14	31	18	138%
	微生物学	5	5	7	2	40%
	分子生物学・遺伝学	5	5	14	9	180%
	神経科学・行動学	11	17	19	8	73%
	薬学・毒性学	4	3	7	3	75%
	物理学	44	61	61	17	39%
	植物・動物学	32	36	43	11	34%
	精神医学/心理学	8	12	22	14	175%
	社会科学・一般	19	13	36	17	89%
宇宙科学	6	8	3	-3	-50%	
学際的・分野融合的領域の数		150	151	209	59	39%
総計		598	647	844	246	41%

注: 生命科学系の分野を紫色で示している。

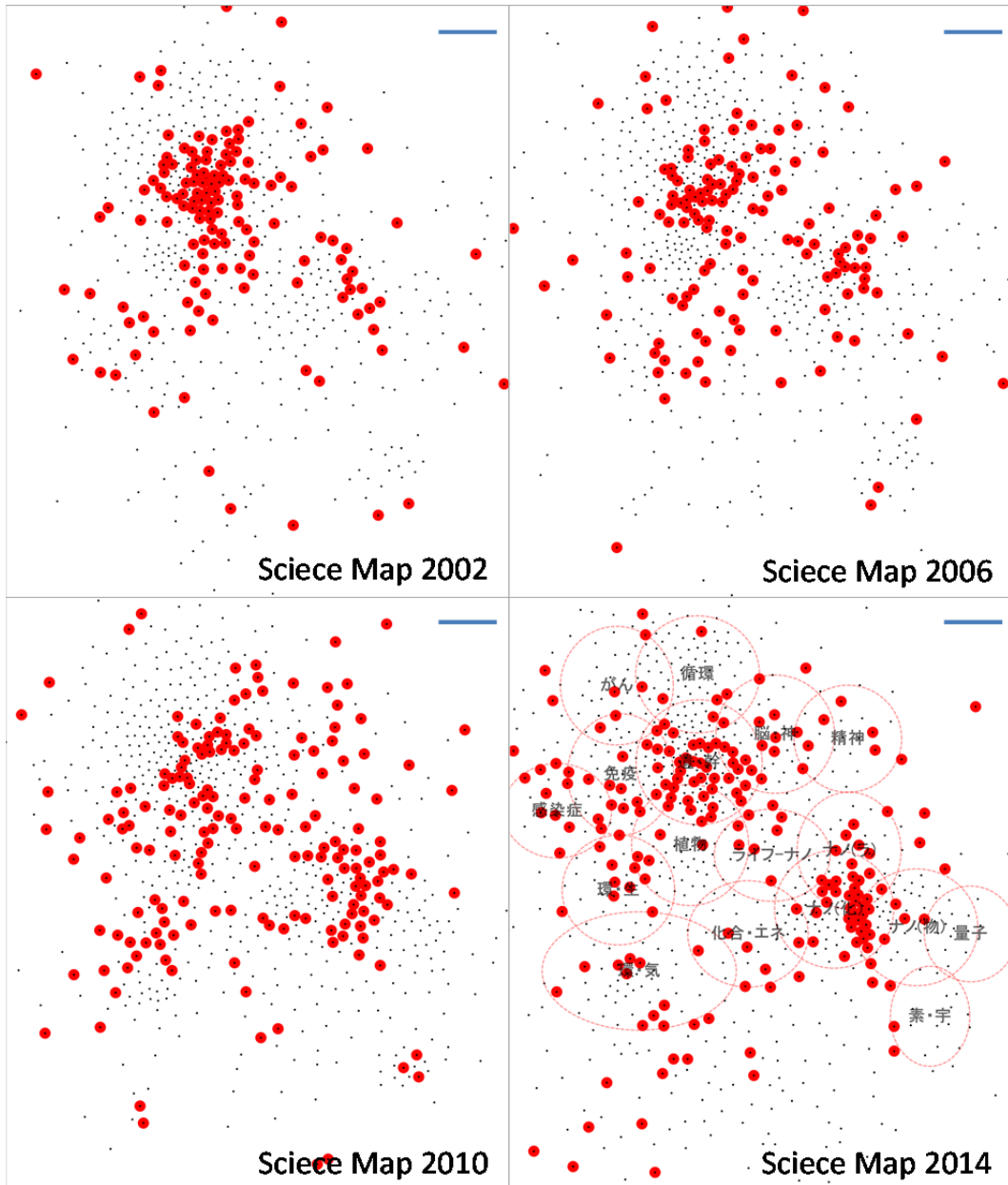
データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

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 27)。

サイエンスマップ 2002 や 2004 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 27 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。

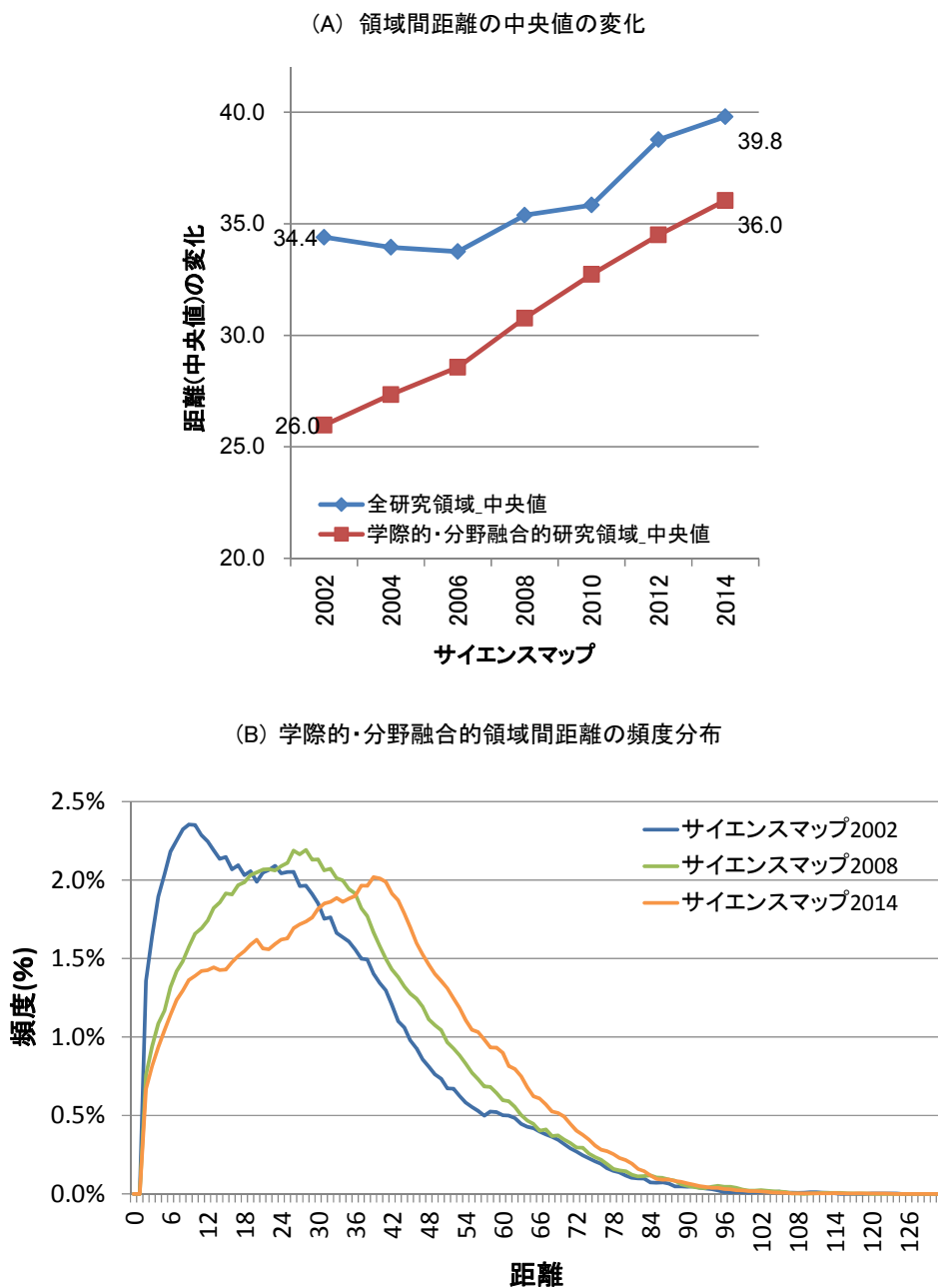
科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化 (ScienceMap visualizer) を実施。

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 28 である。図表 28(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。

図表 28(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 2014 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 28 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 27 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 29 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 2016(文部科学省科学技術・学術政策研究所, 調査資料-251 (2016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。2014年の国際共著論文率は、全分野では 24.7%、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 33.9%や 32.5%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 29 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%

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

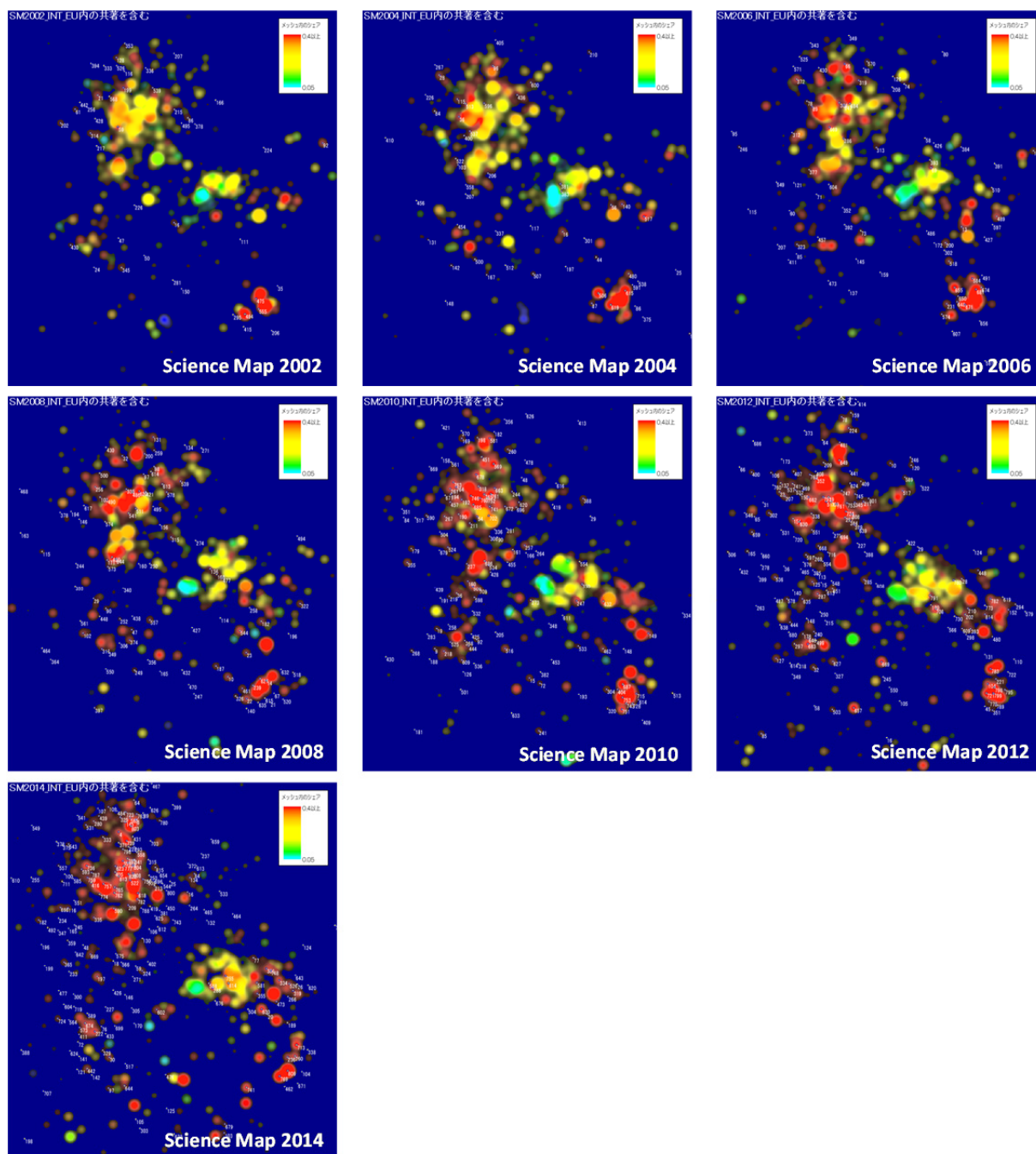
4-3-2 サイエンスマップ上に示した国際共著論文率の時系列変化

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 30 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、国際共著論文率が約 10 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 2014 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 30 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。

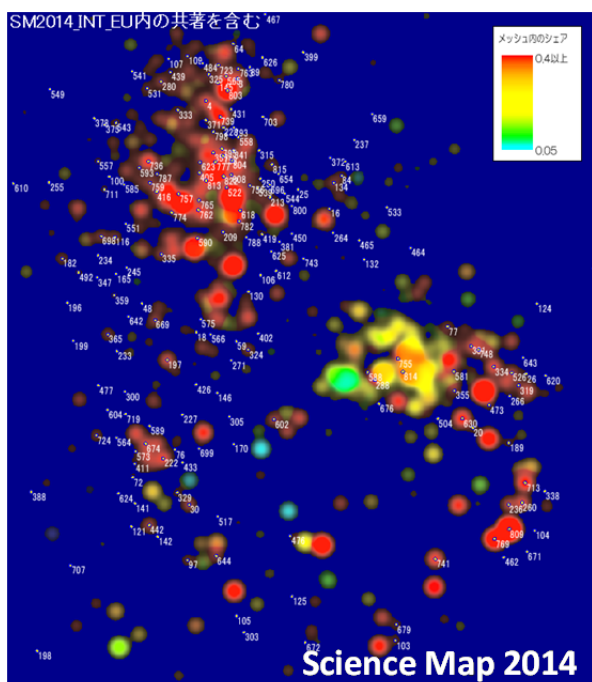
データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

欧州における国際共著比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¹。そこで、サイエンスマップにみられる高い国際共著比率が、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、国際共著共著比率について調べた(図表 31)。

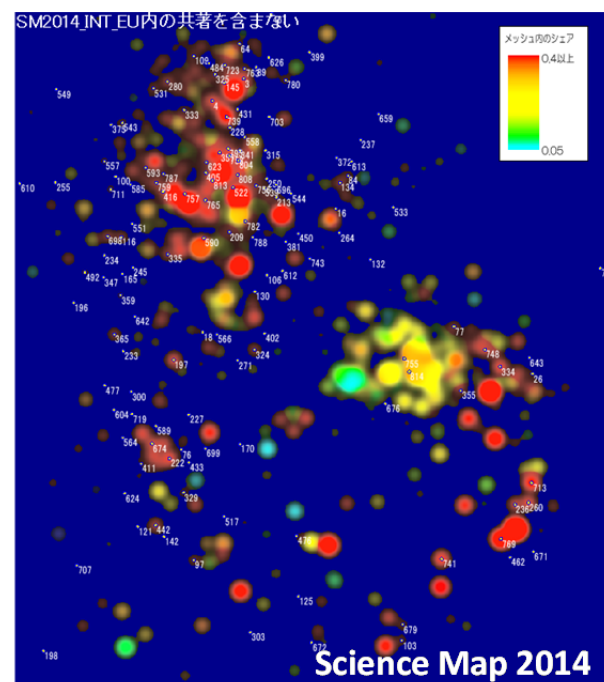
図表 31 から分かるように、通常の計算時とあまり大きな変化がみられないことから、サイエンスマップにみられる高い国際共著共著比率は、EU 内の共著が増加したことだけが要因ではないことが確認できる。

図表 31 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 32 には、サイエンスマップ 2002、サイエンスマップ 2014 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、ともにサイエンスマップ 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ることが分かる。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大きな差があるわけではない。

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動きがあるが、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 32 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2014	8,190	5,036	2,342	2,359	808	1,551	461	1,568

(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2014	2.0	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	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2014	3.5	4.0	5.6	5.5	5.8	6.7	7.8	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2014	5.0	6.0	8.0	7.0	6.0	6.0	7.0	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2014	9.3	11.9	17.4	17.0	20.3	22.1	27.3	14.5

データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 2014 では 20.3 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 2014 の国際共著論文での関与機関数の分布を調べた(図表 33)。その結果、関与機関数が 100 機関より多い国際共著論文が 39 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 33 サイエンスマップ 2002 と 2014 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2014
2～10	488	541
10～20	19	119
20～30	22	46
30～40	10	22
40～50	10	7
50～60	5	11
60～70	5	12
70～80	0	7
80～90	0	3
90～100	0	1
100～	0	39
全体	559	808

データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

関与機関数が 100 機関より多い日本のかかわる国際共著論文が含まれる研究領域リストを下記に記す。素粒子・宇宙論にかかわる研究やゲノム解析や臨床研究にかかわる研究で、多数の機関が関与する研究が実施されている。

図表 34 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
236	重力波; 中性子星; 重力波検出器; ブラックホール; 進歩したレーザー干渉計型重力波天文台(advanced LIGO)	物理学
522	ゲノムワイド関連; 一塩基多型; 2型糖尿病; 遺伝的変異; ボディマス指数	分子生物学・遺伝学
539	乳がん; 乳がんのリスク; ゲノムワイド関連; 乳がん感受性; ゲノムワイド関連解析	分子生物学・遺伝学
713	重イオン衝突; 横運動量; root s(NN) = 2.76TeVでのPb衝突; 相対論的重イオン衝突型加速器(RHIC); クォーク・グルーオン・プラズマ	物理学
808	ヘッジホッグシグナル(Hh)伝達経路; 基底細胞がん; ヘッジホッグシグナル伝達経路; 悪性脳腫瘍; シグナル伝達経路	学際的・分野融合的領域
809	暗黒物質; 標準モデル; ガンマ線; クロスセクション; ヒッグス粒子	物理学

データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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140万件へ増加しており、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35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、読む必要がある。

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 35 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"> □ 国単位での関与の有無の集計である。 □ 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。 	<ul style="list-style-type: none"> □ 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。 □ 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。
コアペーパー数をカウントする意味	<ul style="list-style-type: none"> □ 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 □ 研究領域の山頂の状況を把握 	<ul style="list-style-type: none"> □ 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 □ 研究領域の山頂の状況を把握
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"> □ 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 □ 研究領域の山腹の状況を把握 	<ul style="list-style-type: none"> □ 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 □ 研究領域の山腹の状況を把握
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"> □ 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 □ 研究領域の裾野の状況を把握 	<ul style="list-style-type: none"> □ 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 □ 研究領域の裾野の状況を把握

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 36)。

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 2014 では、6.7%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 2014 では 3.7%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いく現状を鑑みると、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。

図表 36 全研究領域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%

(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%

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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

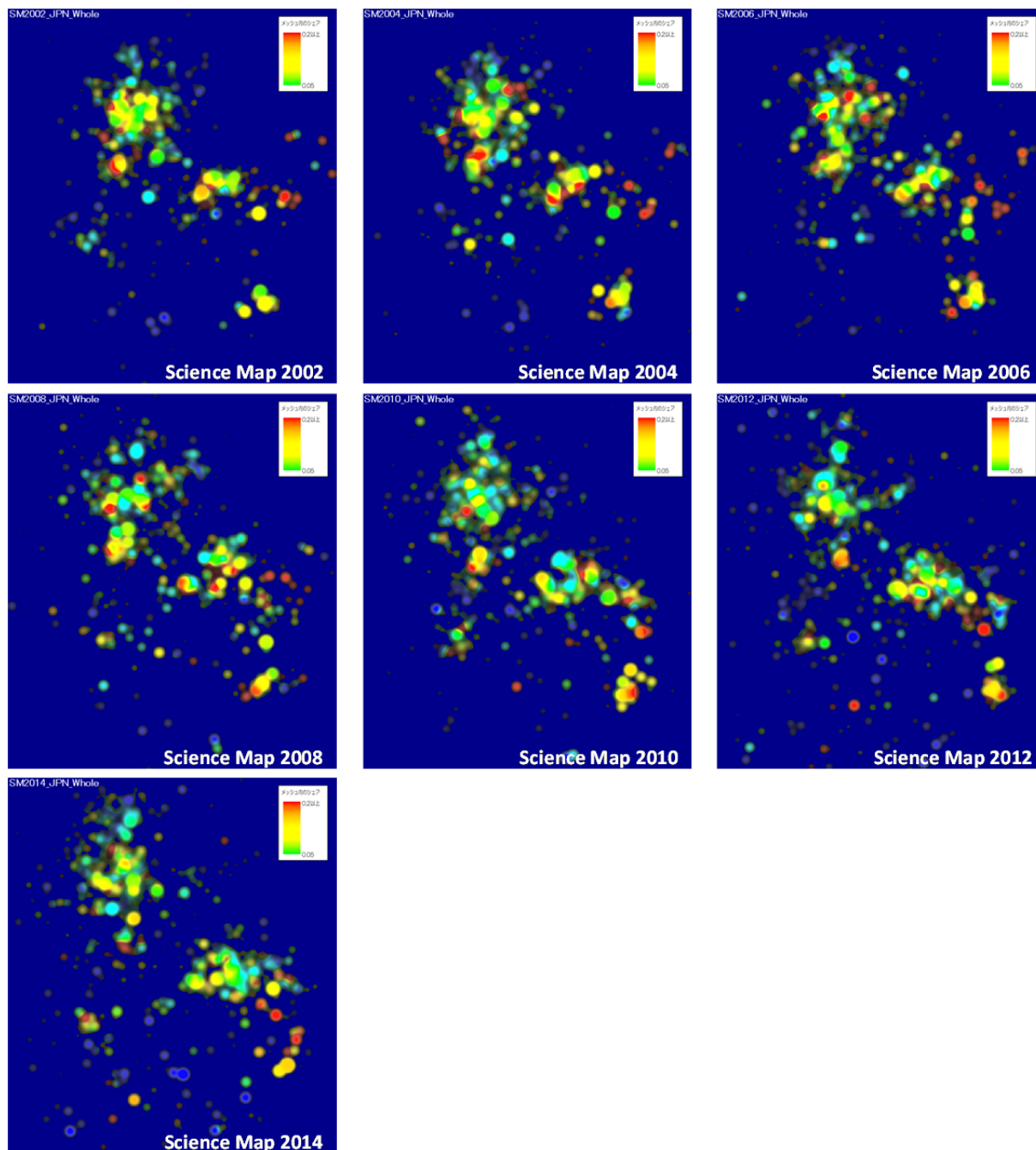
4-4-3 日本の活動状況

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出来る。

図表 37 は、サイエンスマップ 2002 から 2014 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、日本論文シェアが 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 38 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 2014 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。

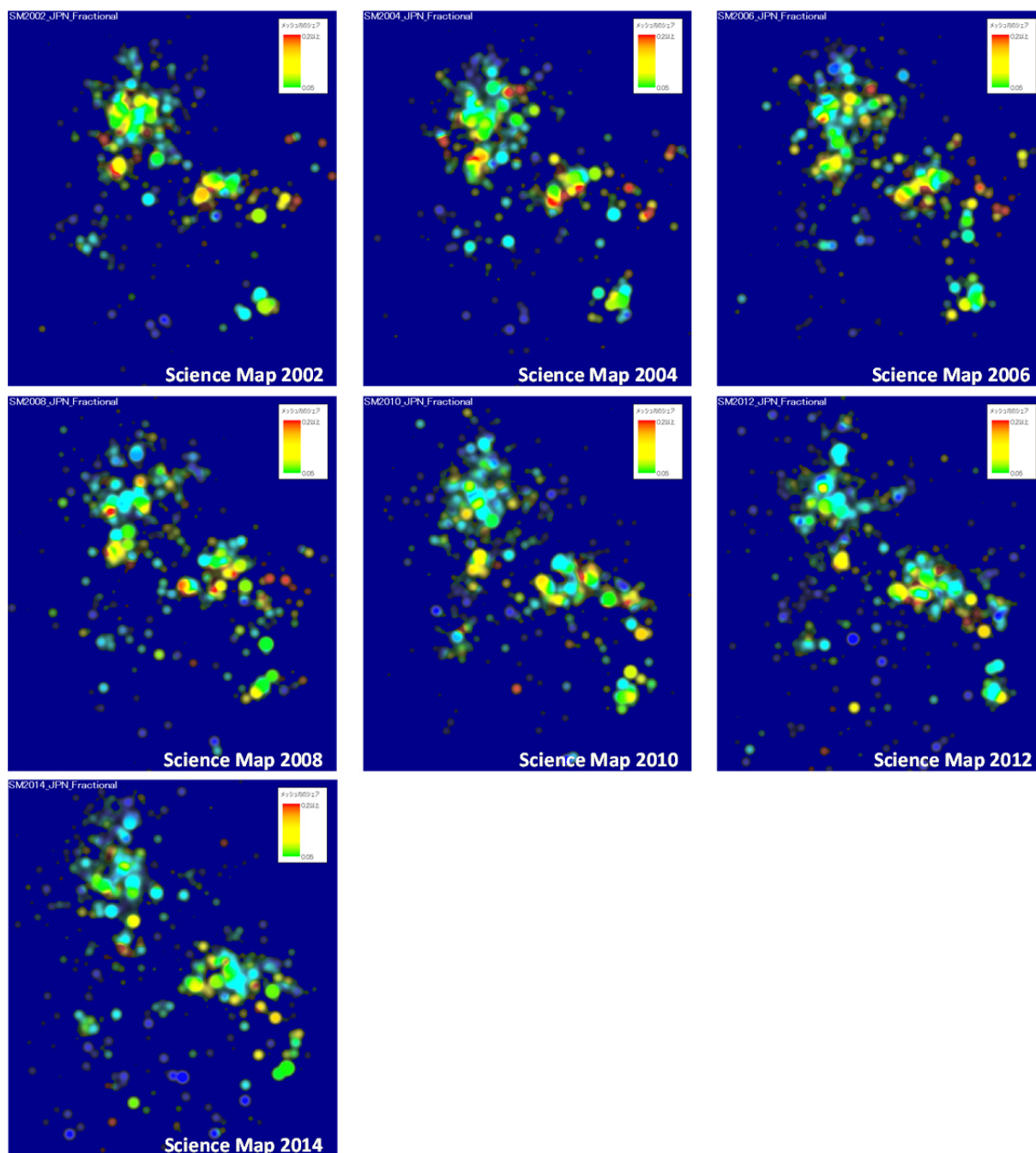
図表 37 サイエンスマップ上に示した日本の論文シェア(整数カウント法)



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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 38 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 39 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)で日本シェアが高い上位 10 領域を示した。

いずれの場合も日本のシェアが高く、「日本の存在感が高い」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出来る。

図表 39 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
587	鉄系超伝導体; フェルミ面; 単結晶; 超伝導転移温度; スピン密度波	物理学	147	14.8%	4,641
630	薄膜; 磁気トンネル接合; ドメイン・ウォール; 垂直磁気異方性; 電場	物理学	86	13.9%	3,966
819	イオン電池; ナトリウムイオン電池; Na-イオン電池; 電極材料; カソード材料	学際的・分野融合的領域	65	13.2%	1,426
836	非小細胞肺癌(NSCLC); 上皮成長因子受容体(EGFR); チロシキナーゼ阻害剤; 進行した非小細胞肺癌(NSCLC); 上皮成長因子受容体(EGFR)変異	臨床医学	122	11.6%	7,323
678	ゲノムワイド関連; 一塩基多型; 量的形質遺伝子座(QTL); コピー数多型; 候補遺伝子	学際的・分野融合的領域	285	9.4%	12,726
1	有限要素法; 平滑化有限要素法; アイソジオメトリック解析; 要素辺で平滑化; 流体-構造相互作用(FSI)	学際的・分野融合的領域	80	9.4%	1,027
529	硫化水素; 蛍光プローブ; 検出限界; 生細胞; 高選択性	化学	62	9.4%	2,243
844	パラジウム触媒; 良好な収率; クロスカップリング; 銅触媒; 温和な条件	化学	487	9.3%	11,636
823	可視光; 光触媒活性; 可視光照射; 拡張光触媒活性; 光触媒性能	学際的・分野融合的領域	109	9.0%	7,055
334	窒素空孔(NV); 量子情報処理; 電子スピン; 量子ドット; 核スピン	物理学	57	8.3%	2,349

(B)中規模な研究領域(コアペーパーが 21~50 件)で日本シェアが高い上位 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
226	平成23年(2011年)東北沖地震; 沈み込み帯; 大地震; 地震の発生; プレート境界	地球科学	35	42.7%	1,078
649	合成カンナビノイド; 合成麻薬; バスソルト(危険ドラッグ); 質量分析法; 依存性薬物	学際的・分野融合的領域	26	30.8%	638
781	第一原理計算; 2次元; バンドギャップ; 密度汎関数理論計算; 電子物性	物理学	36	25.0%	1,006
635	胃がん; 進行胃がん; 生存期間(OS); リンパ節; 食道がん	臨床医学	32	20.4%	2,430
710	アブシジン酸(ABA); シロイヌナズナ; 非生物的ストレス; ストレス応答; 植物ホルモンのアブシジン酸(ABA)シグナル	植物・動物学	40	16.1%	1,898
837	二酸化炭素; 環状カーボネート; プロピレンオキシド(PO); プロピレンカーボネート; 環状カーボネートの合成	化学	27	14.8%	1,371
246	アンモニアボラン(AB); 水素貯蔵; 水素発生; アンモニアボラン(AB)の加水分解; 水素貯蔵材	工学	29	13.8%	1,107
32	カソード材料; リチウムイオン電池; 放電能力; 電気化学的性能; リチウムリッチ層	学際的・分野融合的領域	23	13.0%	645
843	ギ酸; ピンサー型錯体; ピンサー型配位子; 二酸化炭素; 触媒活性	化学	25	13.0%	1,435
673	有機発光; 有機発光ダイオード; イリジウム(III)錯体; 最大外部量子効率; 外部量子効率(EQE)	学際的・分野融合的領域	49	12.9%	2,549

(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
377	比表面積; 透過型電子顕微鏡(TEM); メソポーラスシリカ; 交互積層法(LbL法); ゼルゲル法	材料科学	5	82.7%	790
336	金属絶縁体転移(MIT); 二酸化バナジウム(VO2); 相転移; 電気二重層; 薄膜	材料科学	7	57.1%	550
102	FLOWERING LOCUS T(FT); 開花時期; 短日; 花成促進; 開花制御	植物・動物学	7	56.0%	158
12	原子力発電所; 福島第一原子力発電所; セシウム134とセシウム137; 福島原発事故; 福島第一原子力発電所の事故	学際的・分野融合的領域	14	52.3%	566
321	シロイヌナズナ; 細胞分裂; 受容体様キナーゼ(RLKs); 茎頂分裂組織; 気孔の発達	植物・動物学	15	47.3%	475
410	重金属; カドミウム; 鉄; 亜鉛; 金属トランスポーター	植物・動物学	12	46.5%	471
86	免疫グロブリン(IgG4)関連; 自己免疫性肺炎; 免疫グロブリン(IgG4)関連疾患; 免疫グロブリン(IgG4)陽性形質細胞; 血清免疫グロブリン(IgG4)レベル	臨床医学	10	42.6%	668
680	脂肪酸; Gタンパク質共役型; Gタンパク質共役受容体; ドコサヘキサエン酸(DHA); 多価不飽和脂肪酸	学際的・分野融合的領域	6	40.1%	630
208	幹細胞; 人工多能性幹細胞(iPS細胞); ヒト胚性幹細胞(hESCs); 網膜色素上皮; 網膜細胞	学際的・分野融合的領域	5	40.0%	269
485	生理学的薬物動態(PBPK); 血液脳関門; P糖タンパク質(P-gp)及び乳がん耐性タンパク質; 乳がん耐性タンパク質; 薬物相互作用	薬学・毒性学	13	35.5%	706

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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 2014 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 40 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。

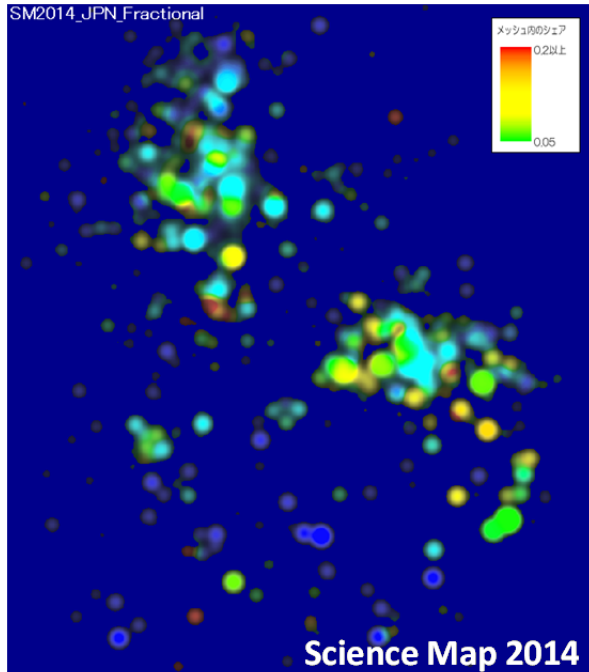
日本と英国、ドイツ、中国の 3 国を比較すると、3 国ではいずれのカウント法においても、シェアの高い研究領域が面的に広がって存在している。他方、日本の場合はシェアの高い研究領域が、ナノサイエンス研究にかかわる領域群や素粒子・宇宙論研究領域群で面的に広がっているものの、基本的にマップ上で離れた場所に点在していることがみられる。

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。

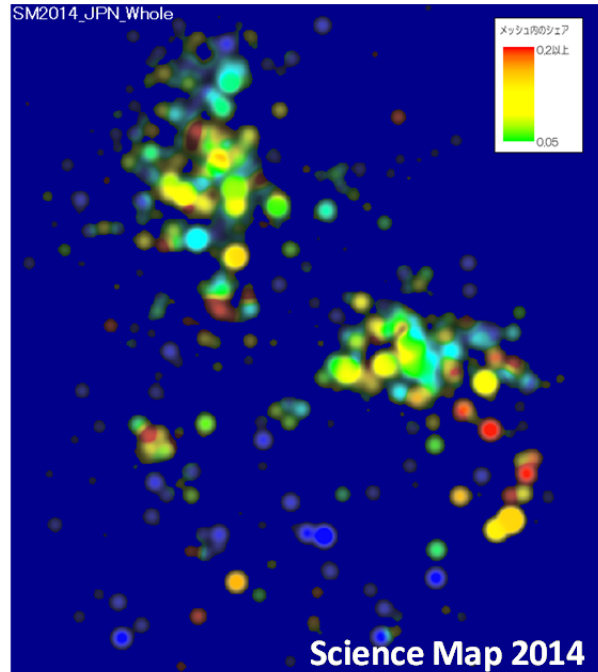
サイエンスマップ上に中国の論文シェア(分数カウント法)をオーバーレイし、その時系列の変化を調べた結果を図表 41 にまとめた。サイエンスマップ 2002 時点では、中国が存在感を示していたのはナノサイエンス研究や素粒子・宇宙論研究にかかわるごく一部の研究領域であった。また、コアペーパーにおける論文シェアも高くない。時間の経過と共に、ナノサイエンス研究にかかわる研究領域においてコアペーパーシェアが増加し、サイエンスマップ 2014 ではナノサイエンス研究を面的にカバーするようになってきている。これらの動きと並行して、活動の範囲が植物・微生物研究領域群にも拡大しつつあり、一部には高いコアペーパーシェアを持つ研究領域も存在している。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ようすが分かる。

図表 40 サイエンスマップ 2014 上に示した論文シェアの日英独中の比較

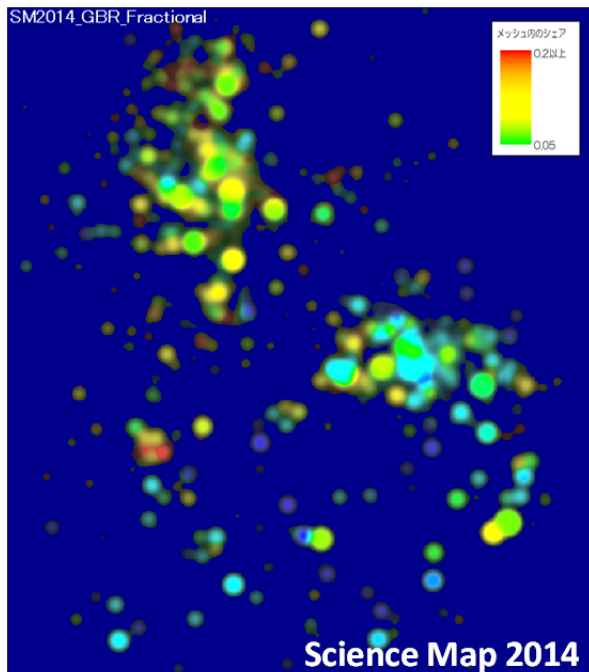
(A) 日本【分数カウント法】



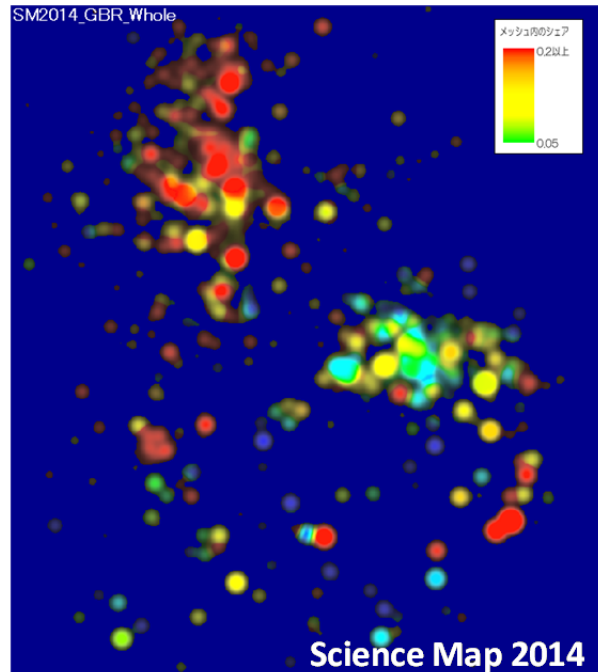
(B) 日本【整数カウント法】



(C) 英国【分数カウント法】



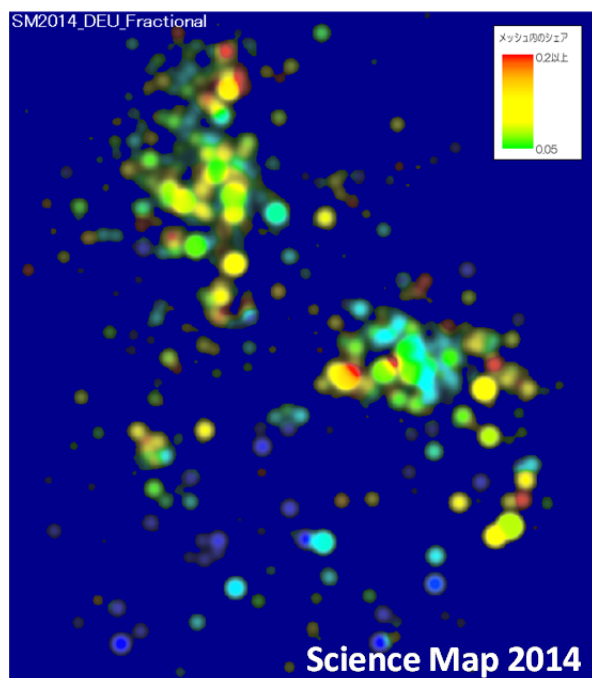
(D) 英国【整数カウント法】



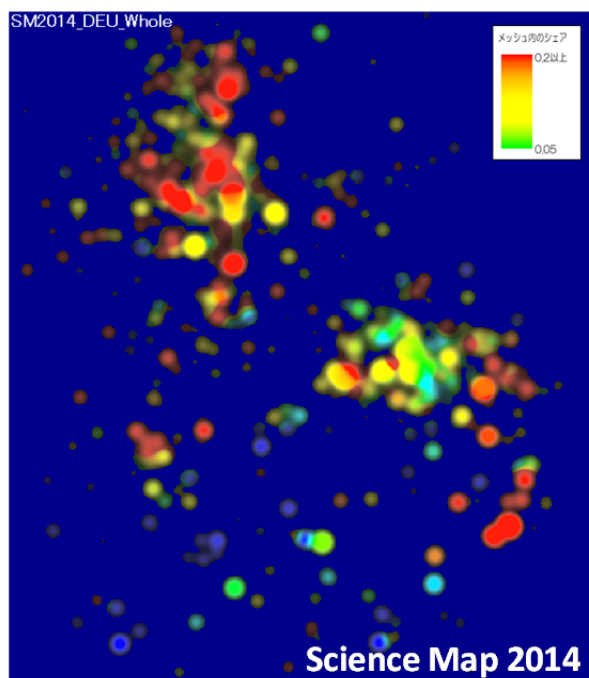
注: 論文シェアが5%を水色で表示し、20%以上を赤色で表示した。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン) をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

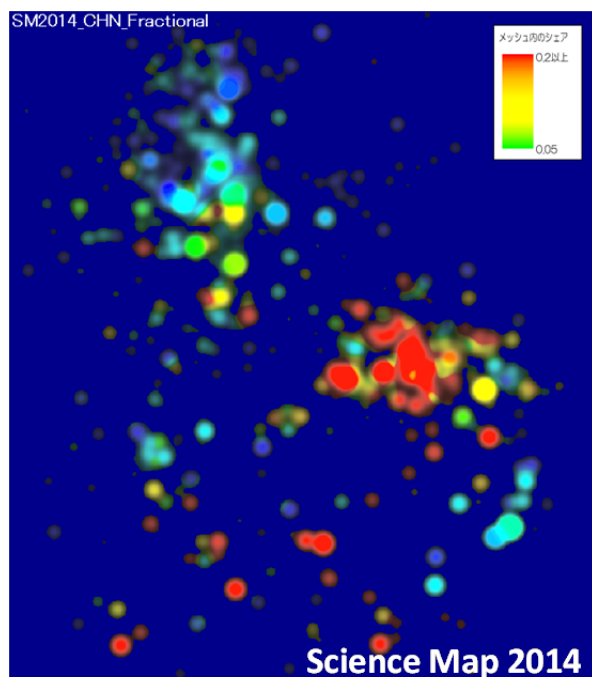
(E) ドイツ【分数カウント法】



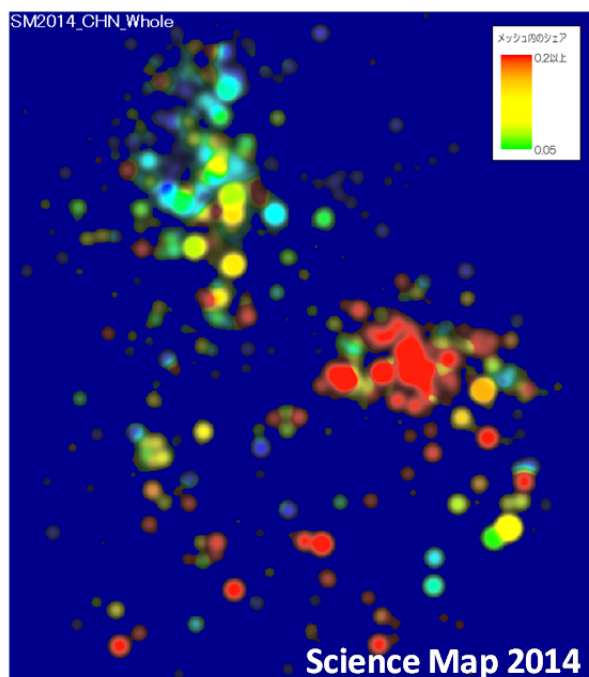
(F) ドイツ【整数カウント法】



(G) 中国【分数カウント法】



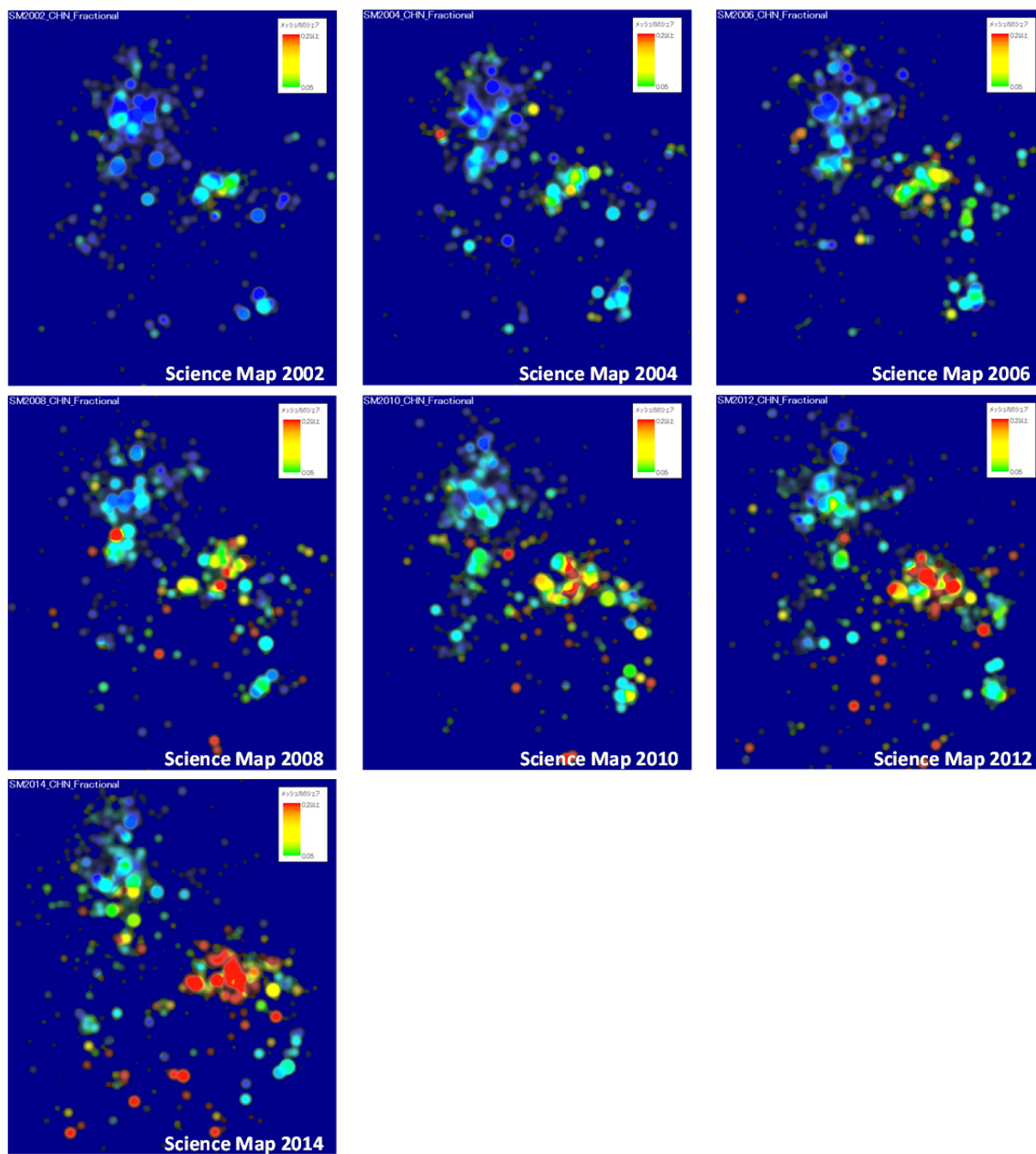
(H) 中国【整数カウント法】



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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 41 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 サイエンスマップ上にみる米国の活動状況

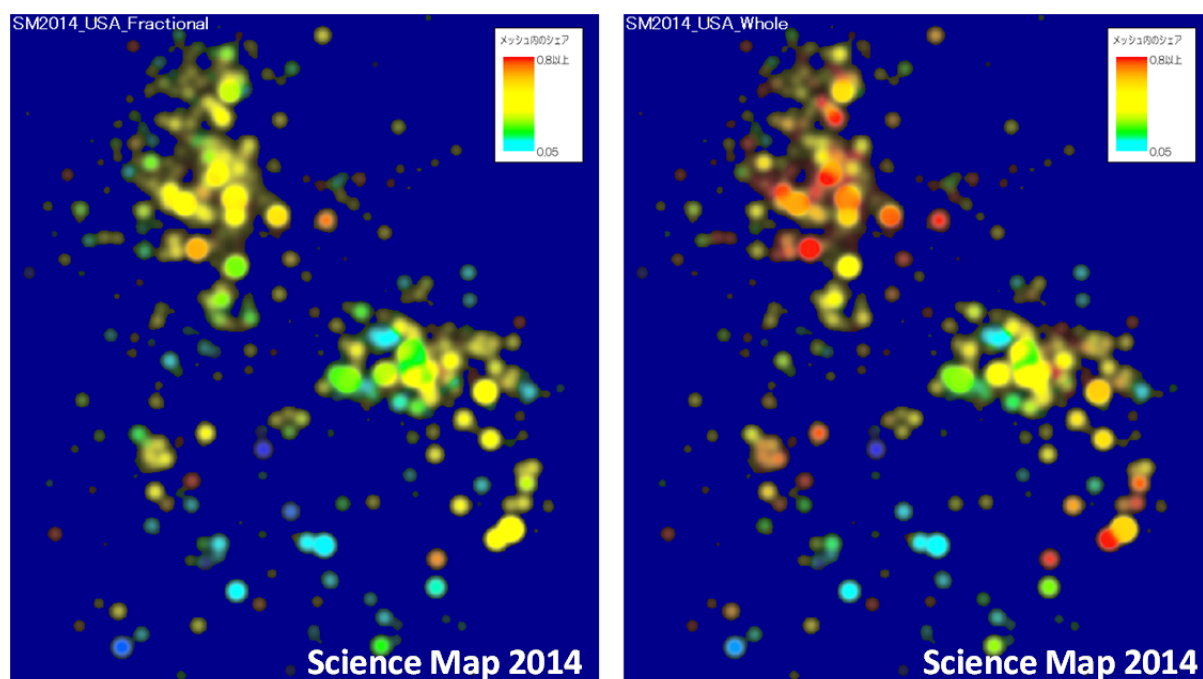
サイエンスマップ 2014 上に、米国の研究領域のシェアの情報をオーバーレイさせた結果を図表 42 に示す。コアペーパーにおける米国論文シェアは図表 36 に示したように、他国と比較しても群を抜いており、科学研究を先導するようすがうかがえる。

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。生命科学や環境にかかわる研究領域群が高い論文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論文シェアが相対的に低い。

図表 42 サイエンスマップ 2014 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

4-4-7 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 43)。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 43 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	56.3%	10.8%	11.4%	8.2%	6.8%	1.3%	2.0%
サイエンスマップ2004	55.0%	11.1%	11.2%	8.1%	6.7%	1.7%	3.5%
サイエンスマップ2006	52.7%	11.6%	11.2%	7.8%	6.7%	2.1%	5.9%
サイエンスマップ2008	50.8%	11.7%	11.7%	7.2%	7.2%	2.3%	8.2%
サイエンスマップ2010	48.7%	12.1%	11.9%	6.6%	7.4%	2.6%	10.6%
サイエンスマップ2012	46.1%	12.1%	12.2%	6.3%	7.6%	3.1%	14.1%
サイエンスマップ2014	43.5%	12.2%	12.2%	6.0%	7.4%	3.5%	19.3%

(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	48.5%	7.2%	7.8%	6.6%	4.4%	0.9%	1.5%
サイエンスマップ2004	46.9%	7.2%	7.4%	6.3%	4.1%	1.2%	2.7%
サイエンスマップ2006	44.2%	7.2%	7.1%	5.9%	3.9%	1.5%	4.6%
サイエンスマップ2008	41.9%	6.9%	7.0%	5.3%	4.0%	1.6%	6.5%
サイエンスマップ2010	39.3%	7.0%	6.7%	4.7%	4.1%	1.8%	8.2%
サイエンスマップ2012	36.0%	6.7%	6.5%	4.4%	3.9%	2.1%	11.1%
サイエンスマップ2014	32.7%	6.4%	6.1%	3.9%	3.6%	2.3%	15.2%

データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

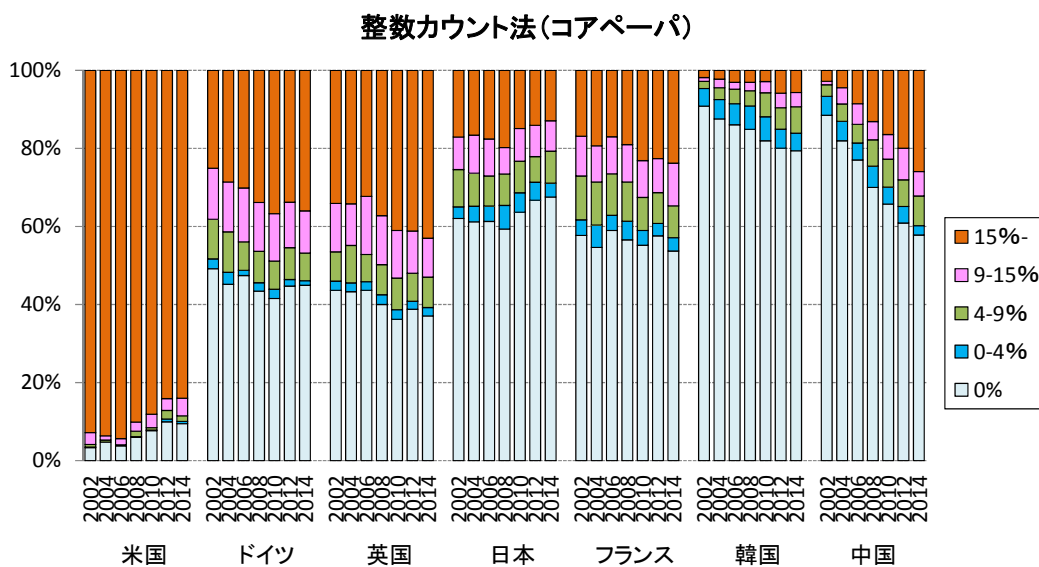
4-5 サイエンスマップにみる日本と主要国の研究領域の参画割合(研究の多様性)の変化

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

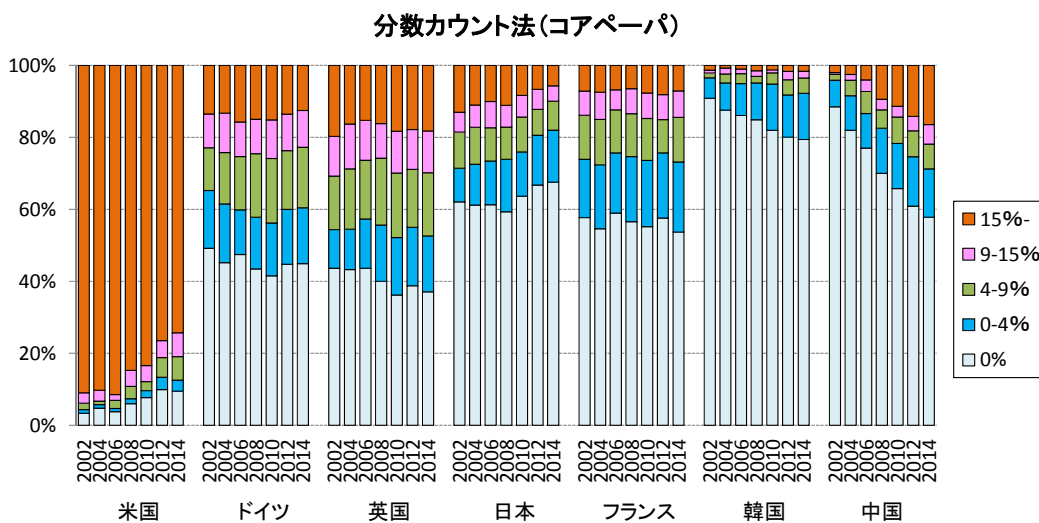
各国の論文シェアごとの全研究領域分布の時系列変化を示す(図表 44)。サイエンスマップ 2002~2008 にかけて、日本の状況は大きく変化していなかったが、サイエンスマップ 2010 以降論文シェアが 0%の研究領域の割合が徐々に増加している。英国、ドイツについては、シェアが 0%の領域の割合が減っていることが分かる。中国は、整数カウント法のみでなく、分数カウント法においても着実に高いシェアを示す研究領域数を増やしている。研究領域数の分布は図表 45 に示す。

図表 44 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



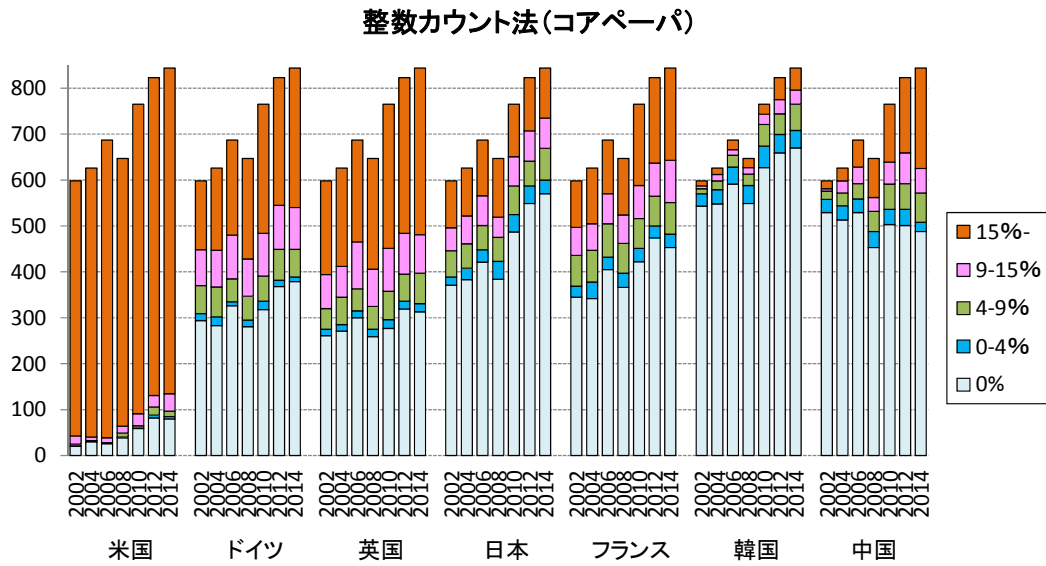
(B)分数カウント法



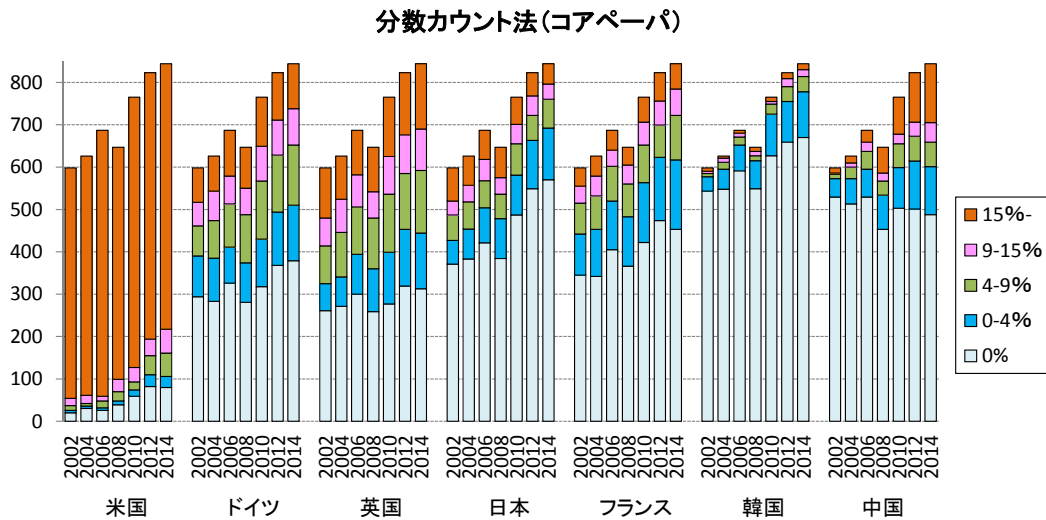
データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

図表 45 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



データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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

サイエン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だろう。

図表 46 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 76 領域に参画のところ、英国は 120 領域、ドイツは 101 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(32%)を基準に考えると、日本は材料科学や宇宙科学の研究領域への参画割合は相対的に高く、計算機科学、経済・経営学、環境/生態学、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 46 サイエンスマップ 2014 における日英独中の参画領域数の比較

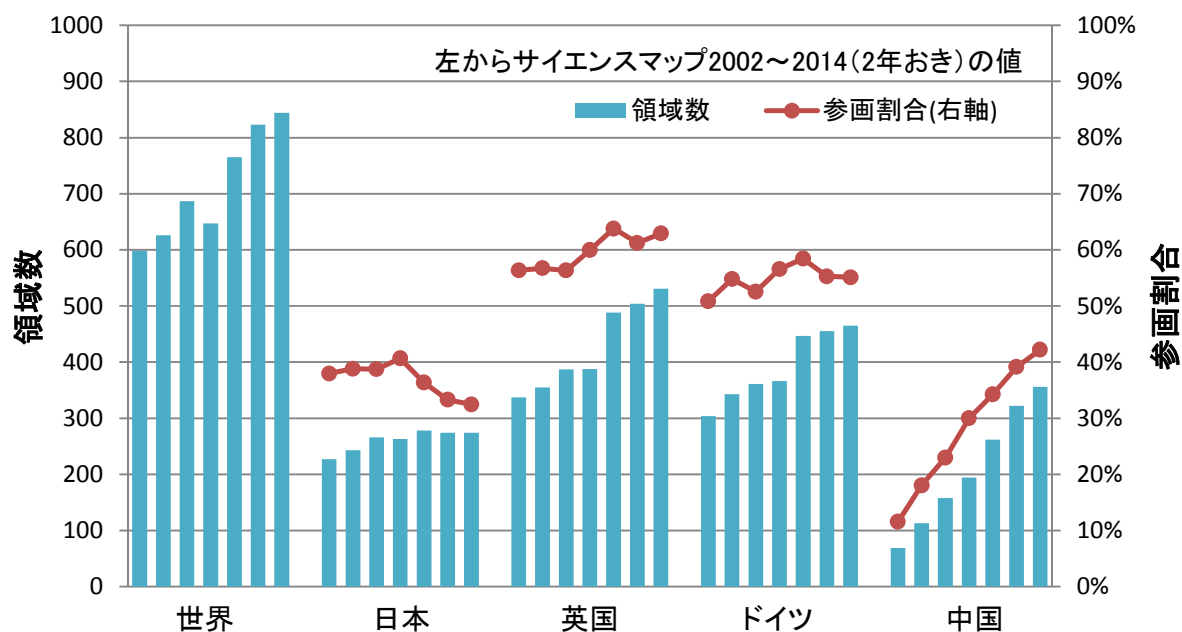
	サイエンス マップ2014	日本	英国	ドイツ	中国	
分野 に軸足を 持つ 研究領域 の数	農業科学	13	3 (23%)	5 (38%)	4 (31%)	3 (23%)
	生物学・生化学	15	5 (33%)	7 (47%)	8 (53%)	7 (47%)
	化学	55	22 (40%)	36 (65%)	28 (51%)	38 (69%)
	臨床医学	169	56 (33%)	133 (79%)	121 (72%)	46 (27%)
	計算機科学	12	1 (8%)	7 (58%)	2 (17%)	9 (75%)
	経済・経営学	12	0 (0%)	10 (83%)	6 (50%)	3 (25%)
	工学	60	8 (13%)	19 (32%)	15 (25%)	38 (63%)
	環境/生態学	7	0 (0%)	3 (43%)	4 (57%)	0 (0%)
	地球科学	33	15 (45%)	24 (73%)	20 (61%)	17 (52%)
	免疫学	9	3 (33%)	5 (56%)	4 (44%)	1 (11%)
	材料科学	7	5 (71%)	2 (29%)	0 (0%)	4 (57%)
	数学	31	4 (13%)	9 (29%)	11 (35%)	20 (65%)
	微生物学	7	3 (43%)	4 (57%)	4 (57%)	6 (86%)
	分子生物学・遺伝学	14	5 (36%)	14 (100%)	8 (57%)	5 (36%)
	神経科学・行動学	19	8 (42%)	15 (79%)	16 (84%)	6 (32%)
	薬学・毒性学	7	3 (43%)	4 (57%)	5 (71%)	0 (0%)
	物理学	61	30 (49%)	43 (70%)	51 (84%)	33 (54%)
	植物・動物学	43	19 (44%)	31 (72%)	31 (72%)	16 (37%)
	精神医学/心理学	22	4 (18%)	16 (73%)	13 (59%)	0 (0%)
	社会科学・一般	36	2 (6%)	22 (61%)	10 (28%)	3 (8%)
宇宙科学	3	2 (67%)	2 (67%)	3 (100%)	2 (67%)	
学際的・分野融合的領域の数	209	76 (36%)	120 (57%)	101 (48%)	99 (47%)	
総計	844	274 (32%)	531 (63%)	465 (55%)	356 (42%)	

データ： 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

つぎに、サイエンスマップにおける日本、英国、ドイツ、中国の参画領域数の推移を分析した。サイエンスマップ 2002 からの時系列をみると、日本の参画領域数はサイエンスマップ 2008 以降、伸び悩みがみられる。また、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 ポイント低下している。他方、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 割を保っており大きな変化はみられない。したがって、サイエンスマップにおける参画領域割合をみると、日本と英国やドイツとの参画領域割合の差は広がる方向にある。

中国については、着実に参画領域数及び参画領域割合を増加させている。サイエンスマップ 2002 時点では、中国の参画割合は 12%であったが、サイエンスマップ 2014 では 42%となっており、日本よりも高い参画割合となっている。

図表 47 サイエンスマップにおける日英独中の参画領域数(コアペーパー)の推移

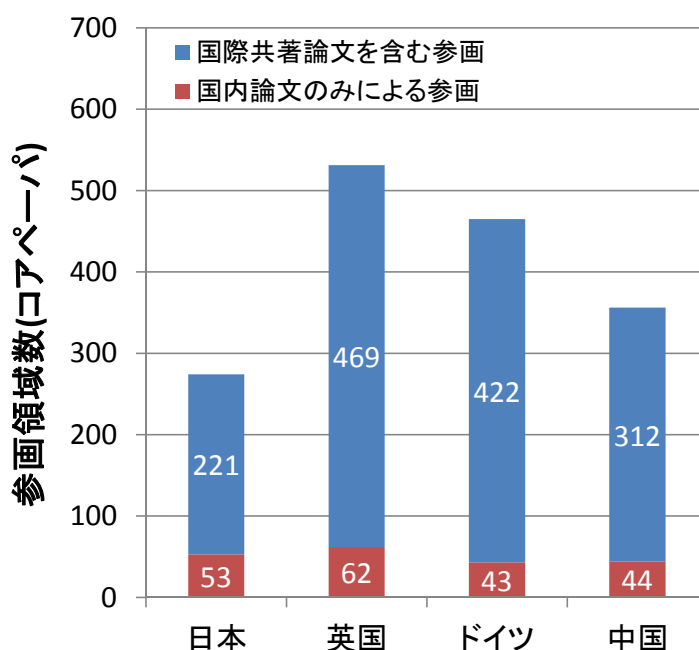


データ： 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

日本に比べて英国やドイツがサイエン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、サイエンスマップ 2014 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 48)。

その結果、国内論文のみによる参画領域の数は、おおむね 40～60 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。

図表 48 サイエンスマップ 2014 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 49(A)では、サイエスマップ 2014 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 274 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 640 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のは、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 63%となっていることが確認された(図表 49(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 49%であり、ドイツの 63%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。

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出来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 49 サイエスマップ 2014 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)

サイエスマップ2014	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	844	274	32%	531	63%	465	55%	356	42%
サイティングペーパー (Top10%)	844	640	76%	774	92%	744	88%	729	86%

(B)

サイエスマップ2014	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	844	274	43%	531	69%	465	63%	356	49%
サイティングペーパー (Top10%)	844	640		774		744		729	

データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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。

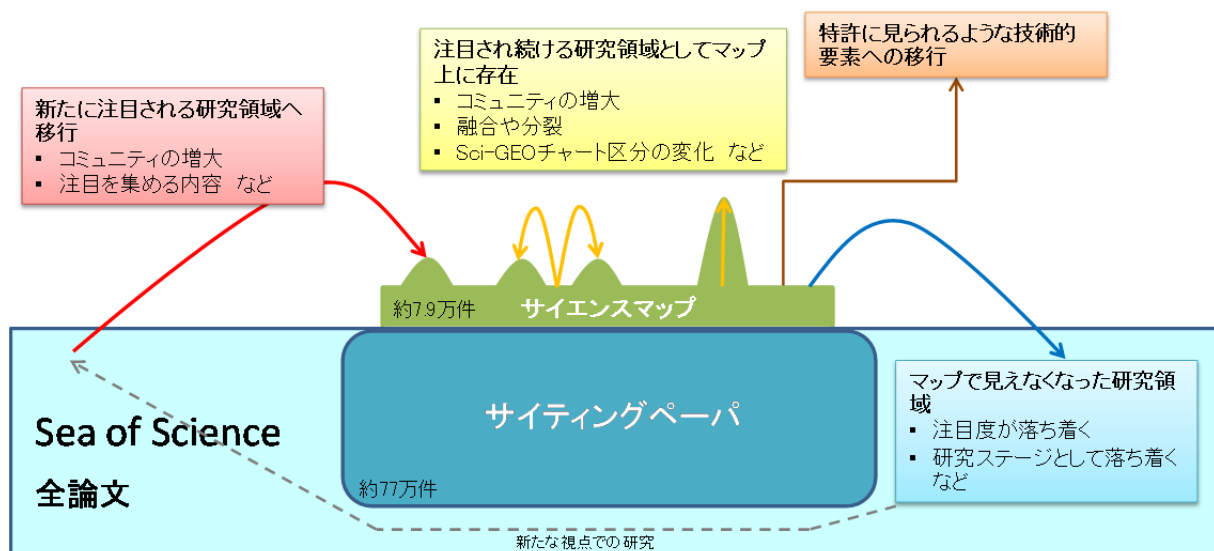
サイエンスマップには、国際的に注目されている研究領域が可視化されているので、そこに継続して存在している研究領域については、コミュニティの増大や融合、分裂といった動きが観測される。ただし、サイエンスマップは閉じた世界では無く、その外側には全論文からなる知識の泉である Sea of Science が存在している。この Sea of Science から、新たに注目される研究領域が形成され、それがサイエンスマップ上でモニタリングされるようになる。

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なのである。

そして、研究領域は、ある研究内容を共にする研究者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 50 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

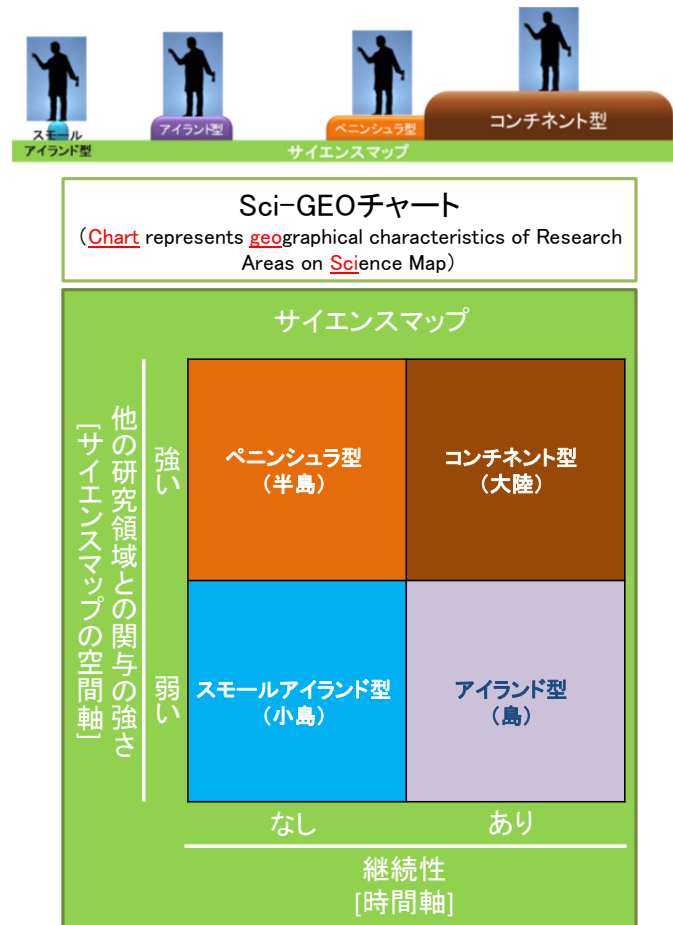
5-2-1 Sci-GEO チャートの考え方

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¹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 51)。

図表 51 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、そして研究は個々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 2012 の研究領域(A)とサイエンスマップ 2014 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

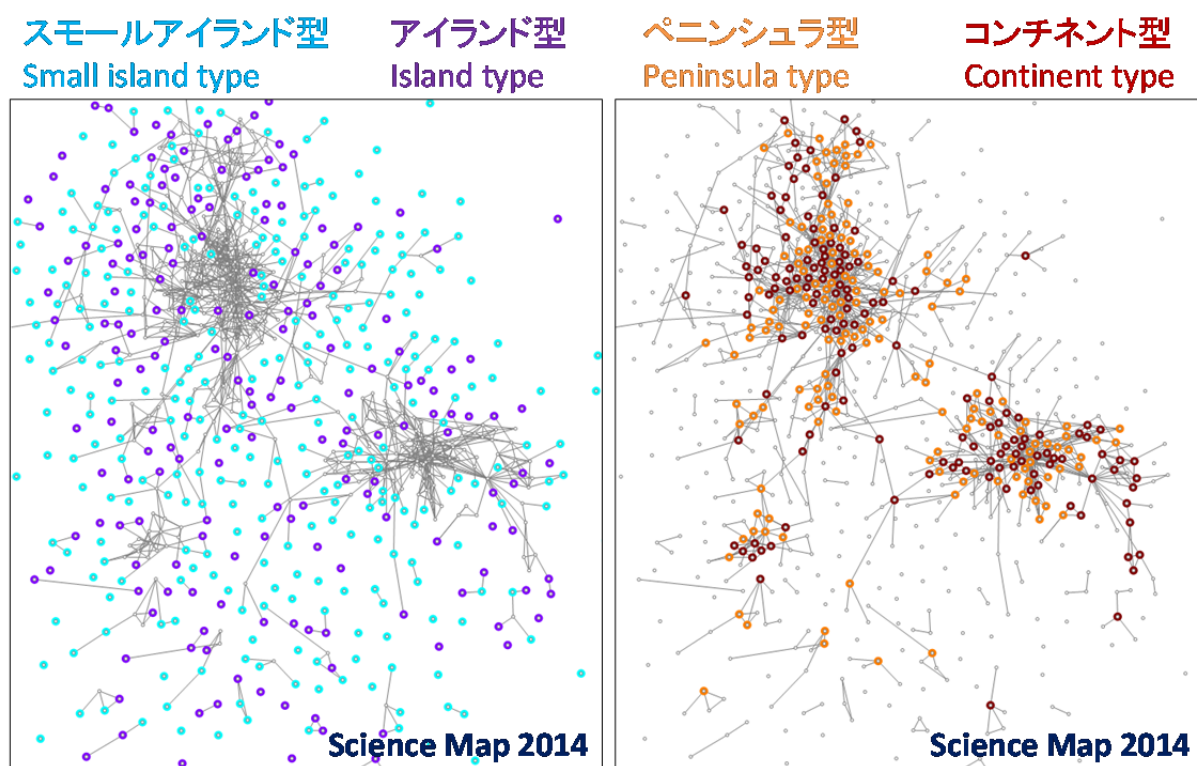
他の研究領域との関与の強さについては、一定以上の共引用度で結びついている研究領域数によって判断した。本分析では、ある研究領域に注目したとき 0.02 以上の共引用度で結びついている研究領域数が 3 以上の場合は、他の研究領域との関与が強い、2 以下の場合は他の研究領域との関与が弱いと考えた。

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 2014 上に示すと図表 52 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 52 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 2014 における研究領域の例を図表 53 に示す。

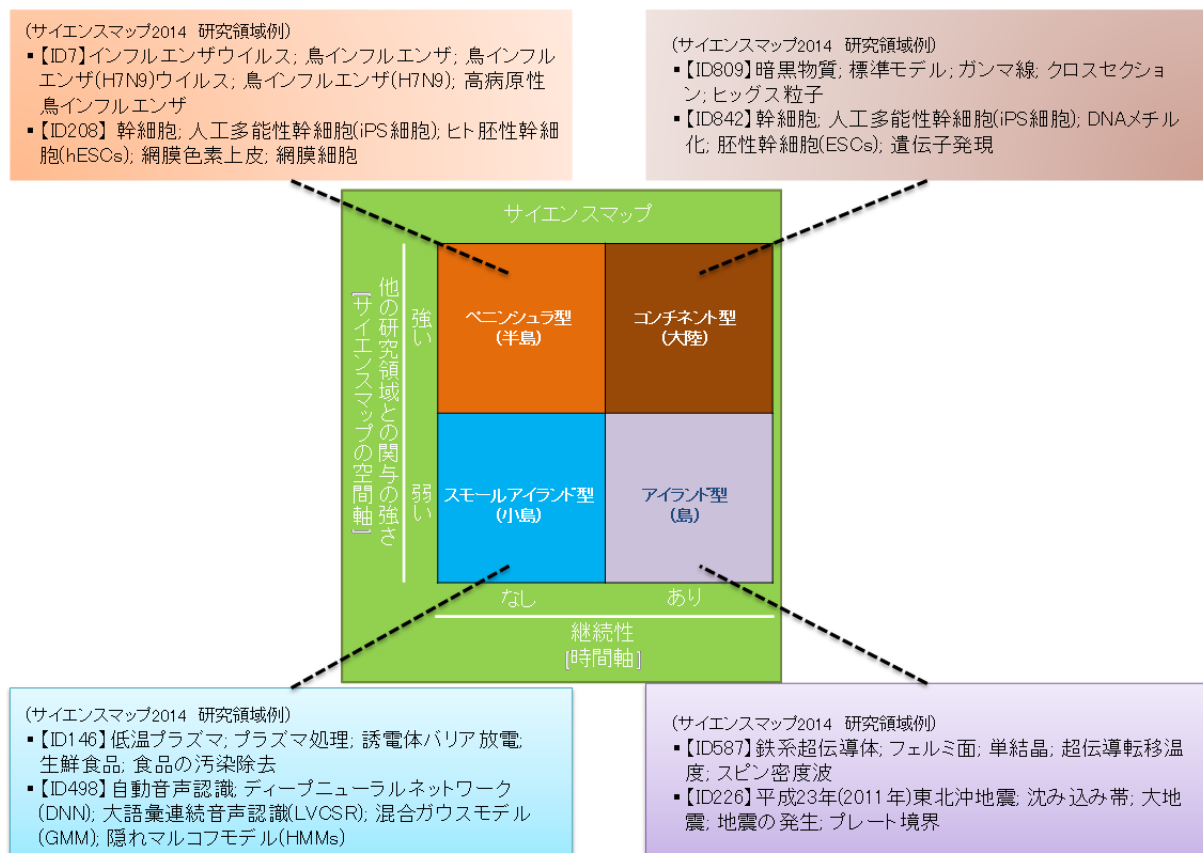
コンチネント型領域には、「【ID809】暗黒物質；標準モデル；ガンマ線；クロスセクション；ヒッグス粒子」、【ID842】幹細胞；人工多能性幹細胞(iPS 細胞)；DNA メチル化；胚性幹細胞(ESCs)；遺伝子発現」に関する領域が含まれる。

ペニンシュラ型領域には、「【ID7】インフルエンザウイルス；鳥インフルエンザ；鳥インフルエンザ(H7N9)ウイルス；鳥インフルエンザ(H7N9)；高病原性鳥インフルエンザ」、【ID208】幹細胞；人工多能性幹細胞(iPS 細胞)；ヒト胚性幹細胞(hESCs)；網膜色素上皮；網膜細胞」に関する領域が含まれる。

アイランド型領域には、「【ID587】鉄系超伝導体；フェルミ面；単結晶；超伝導転移温度；スピン密度波」、【ID226】平成 23 年(2011 年)東北沖地震；沈み込み帯；大地震；地震の発生；プレート境界」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、「【ID146】低温プラズマ；プラズマ処理；誘電体バリア放電；生鮮食品；食品の汚染除去」、【ID498】自動音声認識；ディープニューラルネットワーク(DNN)；大語彙連続音声認識(LVCSR)；混合ガウスモデル(GMM)；隠れマルコフモデル(HMMs)」に関する領域が含まれている。なお、サイエンスマップ 2014 では、「ニューラルネットワーク」を特徴語の一部に含むスモールアイランド型の研究領域が【ID498】も含めて 5 領域出現しており、サイエンスマップ 2012 と 2014 の 2 年間で、ニューラルネットワークを用いた人工知能の研究が盛んになってきたことが分かる。

図表 53 Sci-GEO チャート別研究領域例



データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)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 54)。サイエンスマップ 2014 では 844 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 342 領域と非常に多い。アイランド型領域が 198 領域、ペニンシュラ型領域が 154 領域、コンチネント型領域が 150 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算出した。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。

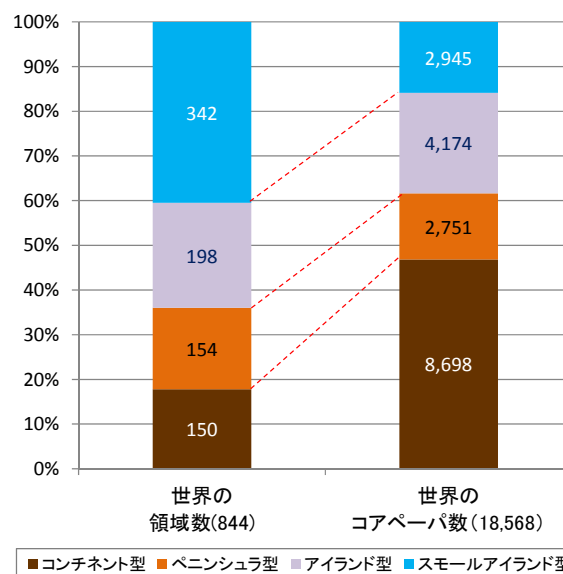
Sci-GEO チャートによるタイプ別の研究領域数とコアペーパー数の関係をまとめた(図表 55)。サイエンスマップ 2014 で得られた国際的に注目を集めている 844 研究領域において、スモールアイランド型領域の数は 342 領域と全体の 4 割を占めている。他方、コンチネント型領域の数は 150 領域であり、全体の 2 割弱であることが分かる。研究領域の中に含まれるコアペーパー数に注目すると、コンチネント型領域に 5 割弱の論文が含まれており、スモールアイランド型領域には 2 割弱の論文が含まれている。

図表 54 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、それぞれのタイプに該当するサイエンスマップ 2004 から 2014 まで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 2014 である。

図表 55 サイエンスマップ 2014 にみる世界の研究領域数とコアペーパー数のウェイト



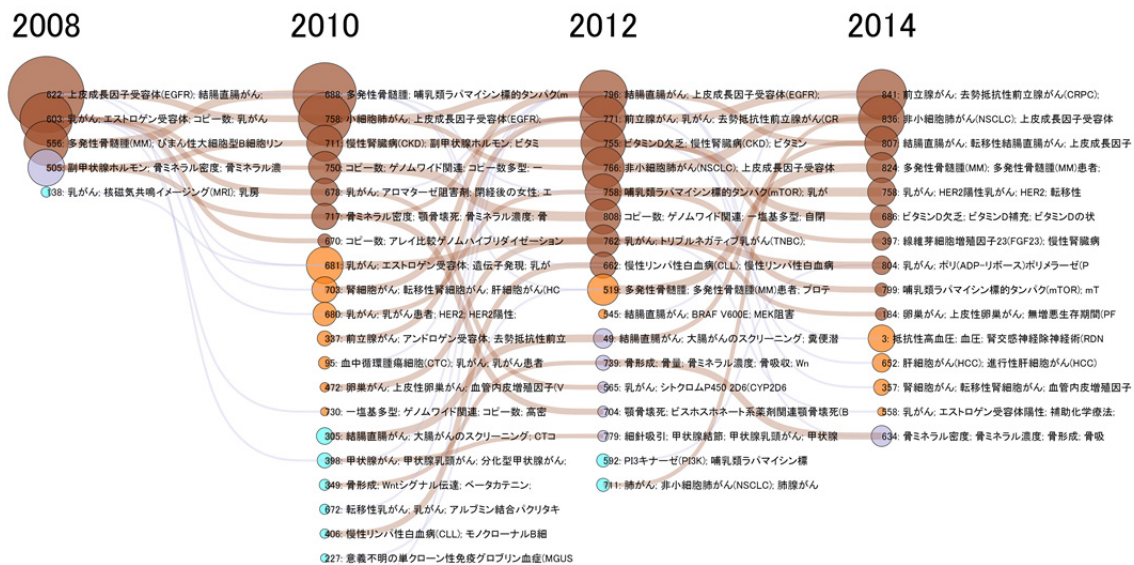
データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

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

Sci-GEO チャートでは、時間的要素(継続性)についても考慮していることが特徴である。そこで、研究領域が移行していく中で、どのように Sci-GEO チャートによる研究領域タイプを移行していくかについて検討した。

研究領域間の知識の流れを捉えるために、サイエンスマップ 2008~2014 の Trajectory 表示を作成した(図表 56)。Trajectory 表示のサイエンスマップの作成方法及び結果について「APPENDIX 10. サイエンスマップ Trajectory 表示(ウェブ版に掲載)」に示した。

図表 56 Trajectory 表示でみる研究領域の移行



注 1: 各研究領域について、研究領域の ID 番号、研究領域の特徴語を示した。各研究領域を示す円については、円の面積がコアペーパー数に比例している。

また、円の色は Sci-GEO チャートによる研究領域タイプを示す。

注 2: 0.2 以上の共通度で結ばれている研究領域間を茶色の線で結んでおり、線の太さは共通度の大きさに対応している。0.2 より小さい共通度で結ばれている研究領域間は紫色の線で結んでいる。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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Trajectory表示のサイエンスマップをベースに、サイエンスマップ2004から2006、サイエンスマップ2006から2008、サイエンスマップ2008から2010、サイエンスマップ2010から2012、サイエンスマップ2012から2014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くかを分析した(図表57)。

図表 57 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%

注: 図表内の SM はサイエンスマップの略である。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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2012からサイエンスマップ2014への移行についてSci-GEOチャート上で示したのが図表58である。

まず、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、30.2%の領域はアイランド型へと移行した。また、6.3%はコンチネン型へ移行した。ただし、63.4%の領域がサイエンスマップ2014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、継続性は高くはないことが分かる。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つ

で発展する研究領域が生み出される。

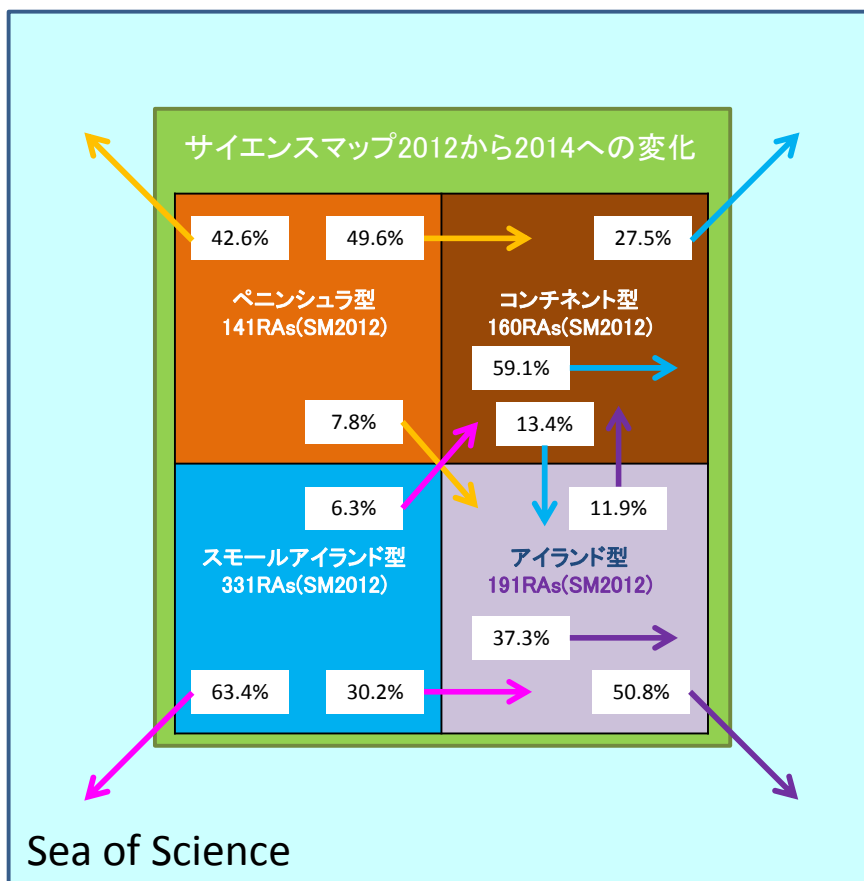
これらの事実は、スモールアイランド型領域に対する研究推進に際して、2つの観点が必要であることを示唆している。第1に、このような領域が活発に生み出されるような環境を作ることが必要である。第2に、有望なスモールアイランド型領域の継続的な発展を可能とするために、領域に参加する研究者コミュニティの大型化を図るような支援が求められる。

サイエンスマップ 2012 のコンチネント型領域については、59.1%の領域がサイエンスマップ 2014 でもコンチネント型領域として継続していた。13.4%の領域はアイランド型へ移行し、27.5%の領域はサイエンスマップ 2014 では検出されなかった。全体で 72.5%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 58 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 59 に示す。ここでは、コア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、サイエンスマップ 2004 とサイエンスマップ 2014 の結果を示している。

サイエンスマップ 2014 において、日本の 274 の参画研究領域の内訳は、コンチネント型が 88、ペニンシュラ型が 54、アイランド型が 65、スモールアイランド型が 67 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 24%、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 41%、コンチネント型 18%)と違いがあることが明らかとなった。

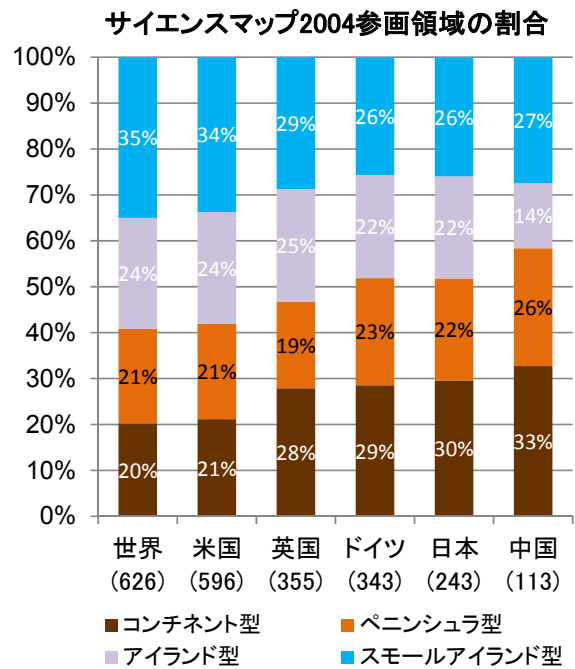
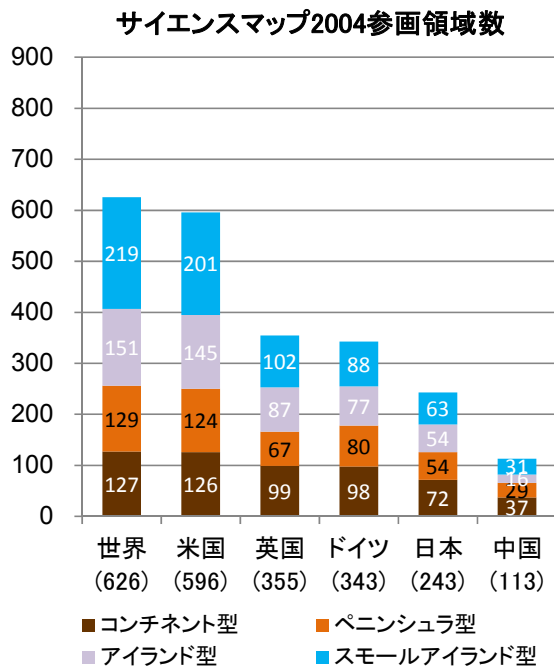
また、サイエンスマップ 2004 との比較をみると、サイエンスマップ 2004 時点では日本、英国、ドイツは比較的類似した Sci-GEO チャートによる研究領域タイプのバランスを持っていたことが分かる。過去 10 年で、英国やドイツではスモールアイランド型の割合を増加させている一方、日本の研究領域タイプのバランスについては大きな変化はみられない。

中国はサイエンスマップ 2004 では、コンチネント型の割合(33%)が高かったが、サイエンスマップ 2014 では 25%となっている。サイエンスマップ 2014 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。

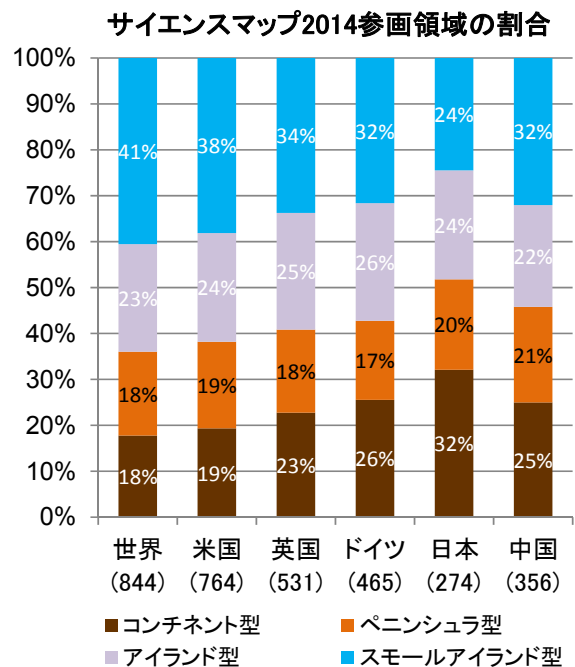
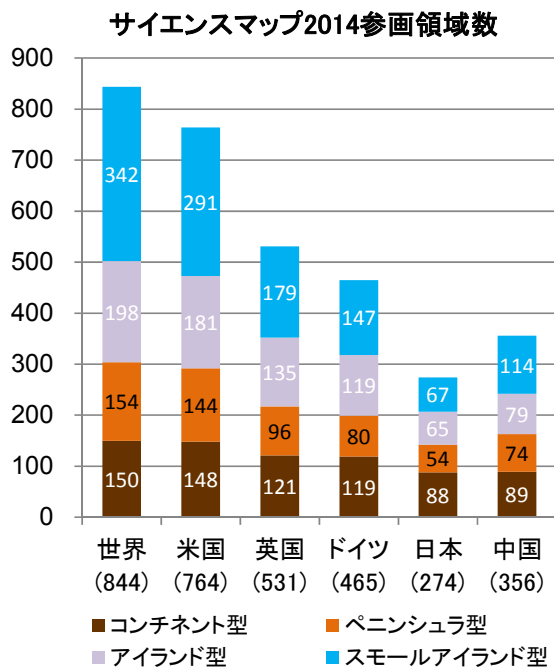
日本としての「存在感」をどう考えるかについて、議論が必要であろう。参画領域数にみる研究の多様性を増やすのか、シェアの確保につなげるために日本の論文数を増やすのか。この選択の違いにより、目指すべき Sci-GEO チャートのバランスは異なる。

図表 59 サイエンスマップ上の主要国の活動状況(2004年と2014年の比較)

(A) サイエンスマップ 2004



(B) サイエンスマップ 2014



データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 2014 の 844 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 60)。

まず、全参画領域数をみると、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 59%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 60 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
		844 領域	274 領域	531 領域	465 領域	356 領域
P	C	154	54	96	80	74
SI	I	150	88	121	119	89
		342	67	179	147	114
		198	65	135	119	79

(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
		844 領域	274 領域	531 領域	465 領域	356 領域
P	C	100%	35%	62%	52%	48%
SI	I	100%	59%	81%	79%	59%
		100%	20%	52%	43%	33%
		100%	33%	68%	60%	40%

データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 2014 の 844 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 61)。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 274 領域であったが、サイティングペーパー(Top10%)では 640 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 97%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 57%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 61 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
		844 領域	640 領域	774 領域	744 領域	729 領域
P	C	154	137	149	151	146
SI	I	150	146	150	150	148
		342	196	289	259	258
		198	161	186	184	177

(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
		844 領域	640 領域	774 領域	744 領域	729 領域
P	C	100%	89%	97%	98%	95%
SI	I	100%	97%	100%	100%	99%
		100%	57%	85%	76%	75%
		100%	81%	94%	93%	89%

データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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。

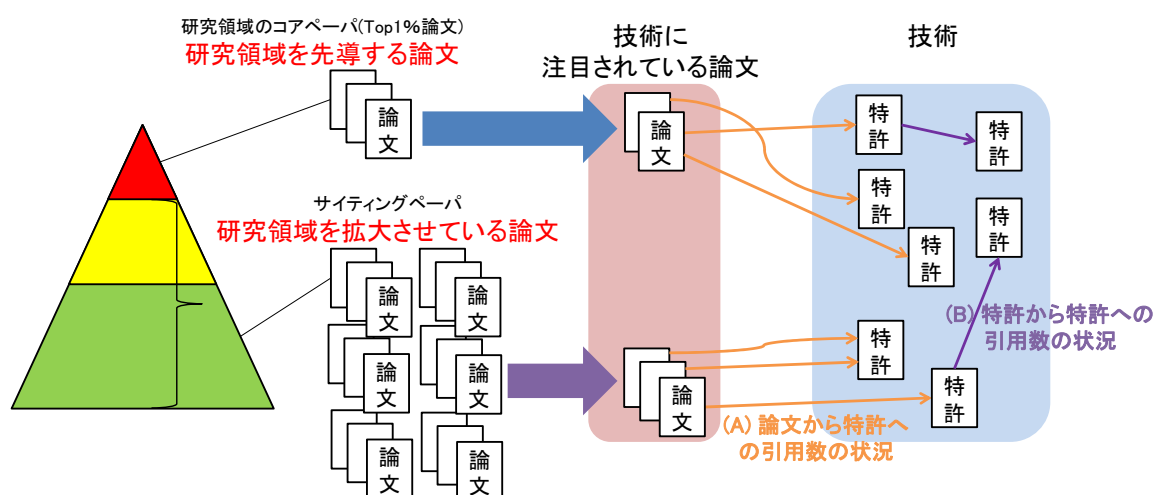
6-1 サイエンスマップと技術のつながりの分析

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、特許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。分析に使用した特許の詳細については「APPENDIX 9. 技術とのつながりの分析に使用した特許」に示した。

図表 62 には、論文と特許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、特許から論文への引用に注目すると、特許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(図表 62 の(A))。また、特許から引用されている特許は、他の技術からの注目度が高い技術である(図表 62 の(B))。

以上を踏まえ、ここでは、論文と特許間の引用と特許と特許間の引用に着目する。

図表 62 論文と特許の引用関係についてのイメージ



図表 63 には、コアペーパーとサイティングペーパーのうち、特許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 2014 では 2009~2014 年の論文)が、2015 年時点で特許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特許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 63 コアペーパーとサイティングペーパーの特許とのつながり

(A) コアペーパーの状況

各サイエンスマップを構成する論文の2015年時点における特許からの被引用の状況	研究領域数	コアペーパー数	特許から引用されているコアペーパー		コアペーパーを引用している特許		
			数	割合	特許数 (論文あたり)	技術分野数	他の特許からの平均被引用数
サイエンスマップ2002	598	15,410	8,007	52.0%	14.8	7.4	8.7
サイエンスマップ2004	626	15,531	7,597	48.9%	13.3	6.7	7.0
サイエンスマップ2006	687	15,165	7,040	46.4%	11.3	5.7	5.9
サイエンスマップ2008	647	15,826	6,251	39.5%	8.4	4.9	5.1
サイエンスマップ2010	765	17,822	5,664	31.8%	5.9	4.4	4.4
サイエンスマップ2012	823	18,515	4,176	22.6%	4.4	4.2	3.8
サイエンスマップ2014	844	18,568	2,145	11.6%	3.0	4.1	3.6

(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2015年時点における特許からの被引用の状況	研究領域数	サイティングペーパー数	特許から引用されているサイティングペーパー		サイティングペーパーを引用している特許		
			数	割合	特許数 (論文あたり)	技術分野数	他の特許からの平均被引用数
サイエンスマップ2002	598	449,282	100,873	22.5%	6.0	6.7	6.9
サイエンスマップ2004	626	475,697	97,194	20.4%	5.4	6.0	5.8
サイエンスマップ2006	687	510,747	86,924	17.0%	4.6	5.3	5.0
サイエンスマップ2008	647	544,175	70,406	12.9%	3.7	4.9	4.4
サイエンスマップ2010	765	617,545	54,126	8.8%	2.9	4.5	3.8
サイエンスマップ2012	823	675,158	32,266	4.8%	2.3	4.3	3.3
サイエンスマップ2014	844	768,255	11,245	1.5%	1.8	4.0	3.0

注1: ここではサイエンスマップを構成するコアペーパーとサイティングペーパー(例えばサイエンスマップ2002では1997年から2002年の論文)が、2015年時点で特許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特許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: 特許情報は出願または登録された特許のみを対象としている。特許中の引用が、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。特許の技術分野数には国際特許分類(IPC)を使用している。IPCは4階層(セクション、クラス、サブクラス、グループ)で構成され分類されているが、ここではグループ単位で集計した。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社の Derwent Innovation Index (2015年12月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2015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特許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、特許から引用されている論文の割合は、コアペーパーでは52.0%であるのに対して、サイティングペーパーでは22.5%となっている。また、特許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約15回特許(2015年時点)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約6回特許(2015年時点)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、特許からも注目を集めていることを示している。

また、論文を引用している特許の技術分野数(国際特許分類(IPC)数)をみると、コアペーパーの方が若干多い傾向がみられるが大きな違いはない。さらに、論文を引用している特許の他の特許からの平均被引用数をみると、コアペーパーを引用している特許の方がサイティングペーパーより多い傾向がみられる。これは、コアペーパーを引用している特許は技術側でも注目されている特許であることを示唆する。

つぎに、図表64には、コアペーパーとサイティングペーパーにおける、特許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、特許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、特許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 64 特許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)

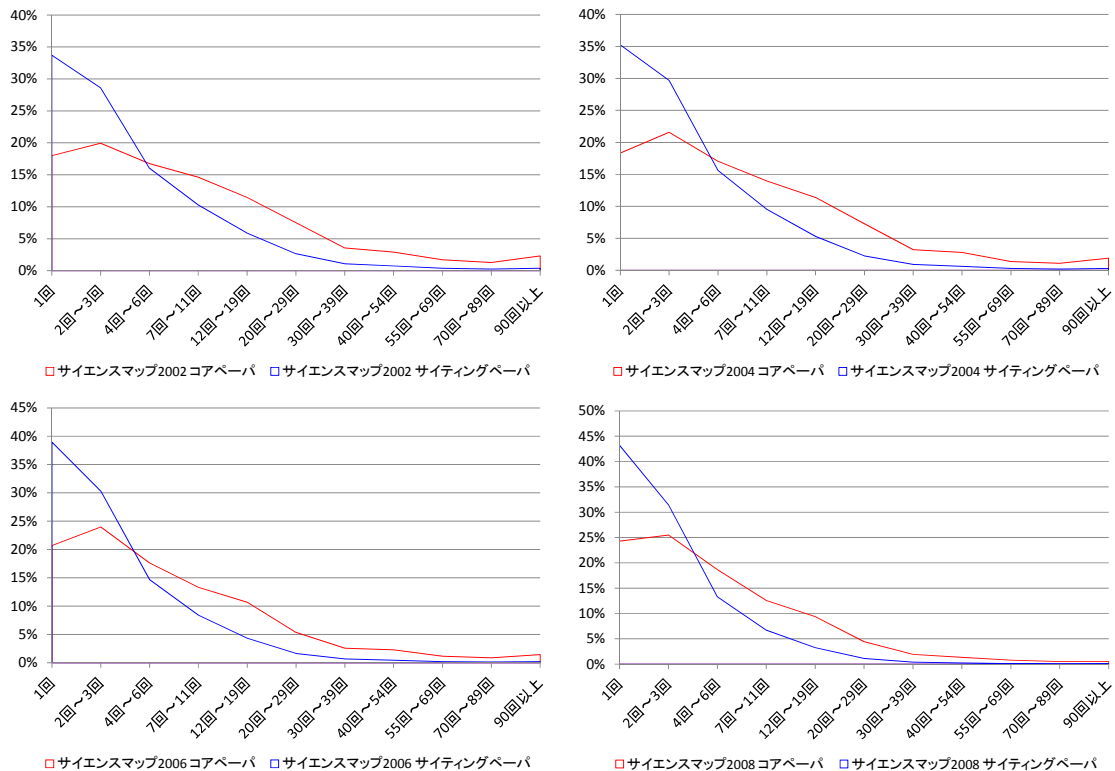
(A) コアペーパー

特許からの被引用数による階級	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
コアペーパー数	8,007	7,597	7,040	6,251	5,664	4,176	2,145
1回	18.0%	18.3%	20.7%	24.3%	30.5%	37.1%	45.8%
2回～3回	19.9%	21.6%	24.0%	25.5%	28.6%	30.2%	31.6%
4回～6回	16.8%	17.0%	17.6%	18.7%	17.5%	15.5%	13.1%
7回～11回	14.6%	14.0%	13.3%	12.6%	11.5%	9.4%	6.2%
12回～19回	11.5%	11.4%	10.7%	9.4%	6.8%	4.7%	2.2%
20回～29回	7.5%	7.3%	5.4%	4.4%	2.7%	1.9%	0.7%
30回～39回	3.5%	3.2%	2.6%	1.9%	1.0%	0.6%	0.3%
40回～54回	2.9%	2.8%	2.3%	1.3%	0.5%	0.3%	0.1%
55回～69回	1.7%	1.4%	1.2%	0.8%	0.4%	0.1%	0.0%
70回～89回	1.3%	1.1%	0.9%	0.5%	0.2%	0.0%	0.0%
90回以上	2.3%	1.9%	1.4%	0.5%	0.2%	0.1%	0.0%

(B) サइटिंगペーパー

特許からの被引用数による階級	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
サイティングペーパー数	100,873	97,194	86,924	70,406	54,126	32,266	11,245
1回	33.7%	35.2%	39.0%	43.2%	49.3%	57.1%	64.8%
2回～3回	28.6%	29.7%	30.3%	31.5%	31.4%	29.0%	26.5%
4回～6回	16.0%	15.6%	14.7%	13.3%	11.3%	8.8%	6.0%
7回～11回	10.3%	9.5%	8.4%	6.7%	4.9%	3.3%	1.9%
12回～19回	5.9%	5.3%	4.3%	3.3%	2.0%	1.3%	0.5%
20回～29回	2.6%	2.3%	1.6%	1.1%	0.7%	0.4%	0.1%
30回～39回	1.1%	0.9%	0.7%	0.4%	0.2%	0.1%	0.1%
40回～54回	0.7%	0.6%	0.5%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%
55回～69回	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
70回～89回	0.3%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
90回以上	0.4%	0.3%	0.2%	0.1%	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特許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、2015年時点で特許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特許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: 特許情報は出願または登録された特許のみを対象としている。特許中の引用が、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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.) 及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社の Derwent Innovation Index (2015 年 12 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2015 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特許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特許に、その知識が参考にされるというよりは、複数の特許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 65)。特許に引用されたことがあるコアペーパー割合(サイエンスマップ 2004)は、ペニンシュラ型とコンチネント型で平均(図表 63 の 48.9%)より高く、それぞれ 62%と 52%である。この傾向はサイエンスマップ 2004 から 2014 で同様にみられる。また、コアペーパーを引用している特許数(論文あたり)は、コンチネント型で多い傾向がみられる。ただし、コアペーパーを引用している特許の技術分野数では大きな違いはみられない。また、コアペーパーを引用している特許の他の特許からの平均被引用数については大きな違いはみられない。

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、技術から注目されており、その中でも、時間軸における継続性があるコンチネント型の研究領域は、多くの特許から注目される傾向にあることが分かる。

図表 65 Sci-GEO タイプによるコアペーパーの特許とのつながり

	Sci-GEO	コアペーパー数	特許から引用されているコアペーパー		コアペーパーを引用している特許		
			数	割合	特許数 (論文あたり)	技術分野数	他の特許からの 平均被引用数
サイエンスマップ 2004	スモールアイランド型	2,206	750	34%	11.5	6.1	7.6
	アイランド型	2,281	845	37%	10.3	6.3	7.5
	ペニンシュラ型	3,012	1,858	62%	11.2	6.9	6.5
	コンチネント型	8,032	4,144	52%	15.1	6.9	7.0
サイエンスマップ 2006	スモールアイランド型	2,155	753	35%	8.7	5.0	6.2
	アイランド型	2,096	814	39%	9.0	5.4	6.2
	ペニンシュラ型	2,538	1,398	55%	10.8	5.6	5.7
	コンチネント型	8,376	4,075	49%	12.5	6.0	5.9
サイエンスマップ 2008	スモールアイランド型	2,413	643	27%	6.1	5.2	4.9
	アイランド型	3,270	1,102	34%	8.6	4.4	5.8
	ペニンシュラ型	1,417	532	38%	5.4	4.7	4.6
	コンチネント型	8,726	3,974	46%	9.1	5.2	5.0
サイエンスマップ 2010	スモールアイランド型	3,028	638	21%	4.7	4.2	4.7
	アイランド型	2,507	506	20%	6.4	3.9	4.8
	ペニンシュラ型	2,994	1,002	33%	5.3	4.6	4.5
	コンチネント型	9,293	3,518	38%	6.2	4.5	4.2
サイエンスマップ 2012	スモールアイランド型	2,894	334	12%	3.6	4.4	5.0
	アイランド型	4,134	479	12%	4.1	3.7	4.1
	ペニンシュラ型	2,430	567	23%	3.5	4.0	3.2
	コンチネント型	9,057	2,796	31%	4.7	4.2	3.8
サイエンスマップ 2014	スモールアイランド型	2,945	142	5%	2.3	4.0	2.5
	アイランド型	4,174	226	5%	2.6	3.5	4.4
	ペニンシュラ型	2,751	395	14%	2.3	3.7	2.9
	コンチネント型	8,698	1,382	16%	3.3	4.3	3.6

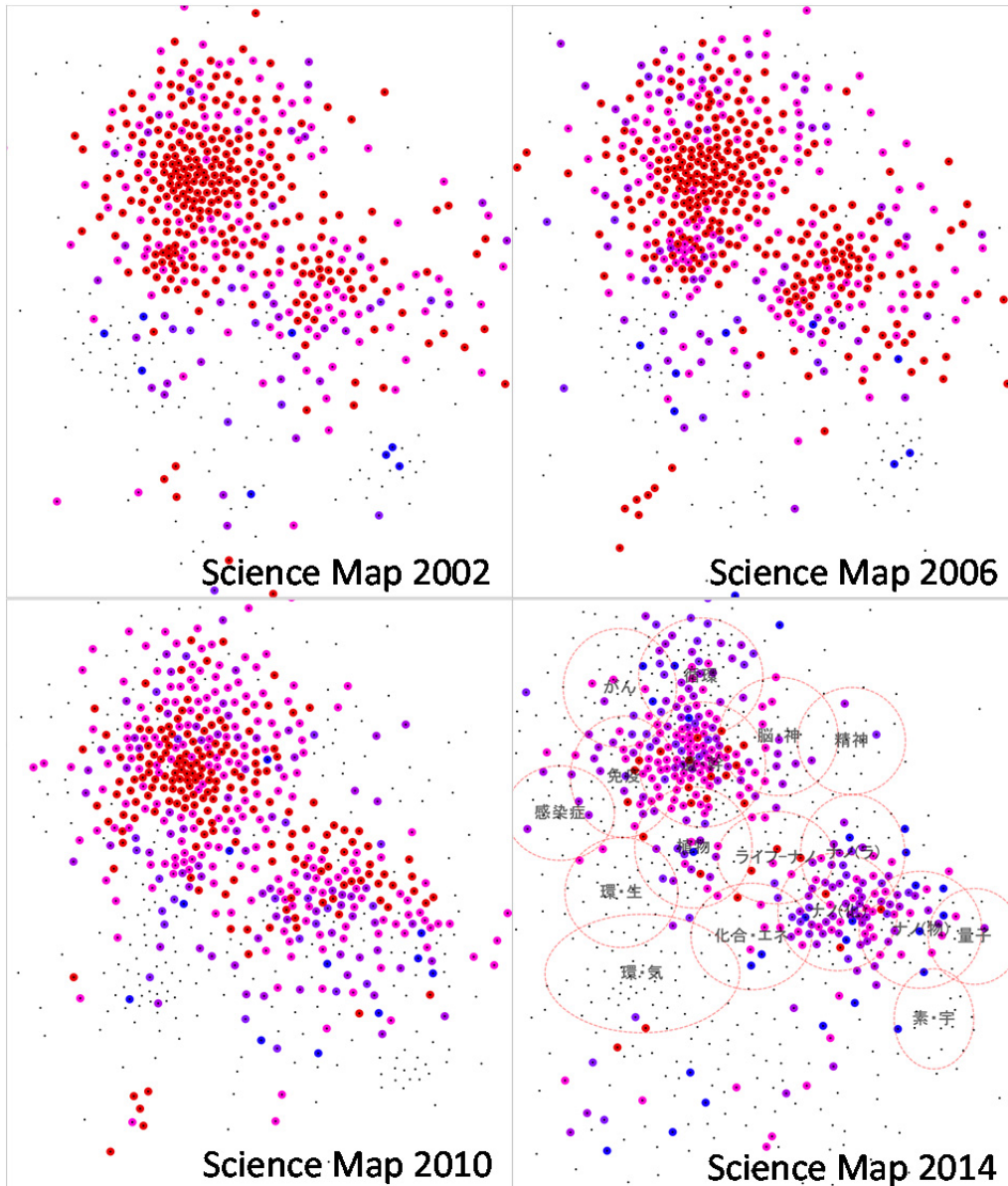
注 1: ここではサイエンスマップを構成するコアペーパーとサイティングペーパー(例えばサイエンスマップ 2002 では 1997 年から 2002 年の論文)が、2015 年時点で特許からどのように引用されているかを分析している。したがって、昔のサイエンスマップほど特許からの被引用数が大きくなるので、異なる時点のサイエンスマップ間の結果の比較はできない。

注 2: 特許情報は出願または登録された特許のみを対象としている。特許中の引用が、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。特許の技術分野数には国際特許分類(IPC)を使用している。IPC は 4 階層(セクション、クラス、サブクラス、グループ)で構成され分類されているが、ここではグループ単位で集計した。サイエンスマップ 2002 では継続性が判断できないため Sci-GEO チャートによる分析は行わない。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社の Derwent Innovation Index (2015 年 12 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2015 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

図表 66 では、各研究領域のコアペーパーのうち何割が特許から引用されているのかをサイエンスマップ上に示している。研究領域の中でも、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分かる。

図表 66 特許からの被引用状況のサイエンスマップ上へのオーバーレイ



特許に引用されているコアペーパー割合

- 50%以上
- 20%以上～50%未満
- 10%以上～20%未満
- 5%以上～10%未満
- 0%より大きい～5%未満
- 0%

注1: ここではサイエンスマップを構成するコアペーパーとサイティングペーパー(例えばサイエンスマップ 2002 では 1997 年から 2002 年の論文)が、2015 年時点で特許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特許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: 特許情報は出願または登録された特許のみを対象としている。特許中の引用が、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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.) 及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社の Derwent Innovation Index (2015 年 12 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2015 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

ここで、サイエンスマップ 2006 からサイエンスマップ 2012 を対象に、特許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 68)。

特許からの被引用数が多い上位 5 のコアペーパーをみると、日本の機関に所属している著者の論文が 7 件含まれる。論文のアブストラクトから、IGZO 系酸化半導体や 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。

図表 67 には、特許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 5~7%程度を占めている。分析に使用している特許受理官庁に日本特許庁が含まれないことや、図表 36 の全研究領域を構成するコアペーパーにおける日本シェア(サイエンスマップ 2012 で 4.0%)よりも高いことを勘案すると、特許から引用されているコアペーパーに占める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。

図表 67 特許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

	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2011	サイエンス マップ2012
日本	7.2%	6.6%	6.4%	6.2%	5.2%	5.1%	5.0%
米国	56.5%	55.1%	52.9%	50.9%	48.8%	46.9%	45.2%
ドイツ	6.3%	7.1%	6.8%	6.5%	6.9%	6.9%	6.8%
フランス	3.6%	3.5%	3.4%	3.4%	3.4%	3.5%	3.3%
英国	6.9%	6.6%	7.0%	6.3%	6.5%	6.2%	5.7%
中国	0.6%	1.2%	2.0%	3.1%	3.9%	5.5%	6.9%
韓国	0.5%	0.9%	1.2%	1.3%	1.4%	1.5%	1.6%

注: 特許情報は出願または登録された特許のみを対象としている。特許中の引用が、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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社の Derwent Innovation Index (2015 年 12 月抽出)と欧州特許庁の PATSTAT(2015 年秋バージョン)をもとに集計・分析を実施。

図表 68 特許からの被引用数が多いコアペーパー(上位 5 位)

	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	アブストラクトキーワード
サイエンスマップ 2006	1	690	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	2004年	Tuschl, T	Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, ドイツ	RNAi, Double-stranded RNA (dsRNA)
	2	590	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年	Agami, R	The Netherlands Cancer Institute, オランダ	small interfering RNAs (siRNAs)
	3	550	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年	Hosono, H	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	In-Ga-Zn-O system (a-IGZO)
	4	439	110	物理学	ペニンシュラ型	Thin-film transistor fabricated in single-crystalline transparent oxide semiconductor	SCIENCE	2003年	Nomura, K	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	単結晶性薄膜, InGaO3(ZnO)5
	5	432	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年	Masuda, S	コニカミノルタメカトロニクス株式会社, 日本	ボトムゲート型薄膜トランジスタ, ZnO-TFT
サイエンスマップ 2008	1	550	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年	Hosono, H	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	In-Ga-Zn-O system (a-IGZO)
	2	439	20	物理学	アイランド型	Thin-film transistor fabricated in single-crystalline transparent oxide semiconductor	SCIENCE	2003年	Nomura, K	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	単結晶性薄膜, InGaO3(ZnO)5
	3	432	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年	Masuda, S	コニカミノルタメカトロニクス株式会社, 日本	ボトムゲート型薄膜トランジスタ, ZnO-TFT
	4	424	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年	Fortunato, EMC	ヌエバ・デ・リスボン大学, ポルトガル	ボトムゲート型薄膜トランジスタ, ZnO-TFT
	5	352	647	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Rational siRNA design for RNA interference	NATURE BIOTECHNOLOGY	2004年	Khvorova, A	Dharmacon Inc. (ダーマコン), 米国	RNA干渉, RNA interference (RNAi)
サイエンスマップ 2010	1	381	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年	Park, JS	Samsung SDI Co Ltd (サムスンSDI), 韓国	a-IGZO
	2	378	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年	Nomura, K	東京工業大学; 科学技術振興機構 ERATO, 日本	薄膜トランジスタ
	3	377	606	化学	コンチネント型	Defect energetics in ZnO: A hybrid Hartree-Fock density functional study	PHYSICAL REVIEW B	2008年	Oba, F	京都大学, 日本	密度汎関数、ハートリー-フォック法
	4	254	757	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Genome sequencing in microfabricated high-density picolitre reactors	NATURE	2005年	Rothberg, JM	Life Sci Corp 454, 米国	DNA配列
	5	208	757	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors	CELL	2007年	Yamanaka, S	京都大学, 日本	iPS細胞
サイエンスマップ 2012	1	372	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年	Park, JS	Samsung SDI Co Ltd (サムスンSDI), 韓国	a-IGZO
	2	208	770	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Induction of pluripotent stem cells from adult human fibroblasts by defined factors	CELL	2007年	Yamanaka, S	京都大学, 日本	iPS細胞
	3	117	149	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Biodiesel from microalgae	BIOTECHNOLOGY ADVANCES	2007年	Chisti, Y	Massey Univ.(マッセー大学), ニュージーランド	バイオディーゼル、微細藻類
	4	81	770	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Generation of germline-competent induced pluripotent stem cells	NATURE	2007年	Yamanaka, S	京都大学, 日本	iPS細胞
	5	70	699	学際的・分野融合的領域	コンチネント型	Non-fermentative pathways for synthesis of branched-chain higher alcohols as biofuels	NATURE	2008年	Liao, JC	Univ Calif Los Angeles(カリフォルニア大学ロサンゼルス校), 米国	バイオ燃料、大腸菌

注: 特許情報は出願または登録された特許のみを対象としている。特許中の引用が、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赤色のセルで示した。複数回出現している論文は赤字にしている。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社の Derwent Innovation Index と欧州特許庁の PATSTAT(2015 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¹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以下の 12 の省庁及び公的資金配分機関を分析対象とした(以降、主要な資金配分機関等と呼ぶ)。

図表 69 分析対象とした 12 の主要な資金配分機関等

文部科学省	医薬基盤研究所
日本学術振興会	農林水産省
科学技術振興機構	農業・食品産業技術総合研究機構
経済産業省	環境省
新エネルギー・産業技術総合開発機構	総務省
厚生労働省	情報通信研究機構

注： 主要な資金配分機関等については、2014 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出来ない。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、科学技術・学術政策研究所のデータ・情報基盤構築の一環で整備・公表されている「資金配分機関等名英語表記ゆれテーブル(ver.2016.1)」(<http://www.nistep.go.jp/archives/27385>)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 70 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。いずれについても、文部科学省が含まれている研究領域数が一番多く、これに日本学術振興会、科学技術振興機構、厚生労働省が続いている。

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「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。

図表 70 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	120	419	527
日本学術振興会	95	392	508
科学技術振興機構	52	232	279
経済産業省	3	28	25
新エネルギー・産業技術総合開発機構	18	87	98
厚生労働省	28	155	216
医薬基盤研究所	5	45	49
農林水産省	7	28	30
農業・食品産業技術総合研究機構	9	38	41
環境省	5	34	33
総務省	1	12	15
情報通信研究機構	2	14	13
日本全体	274	640	756

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「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。

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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

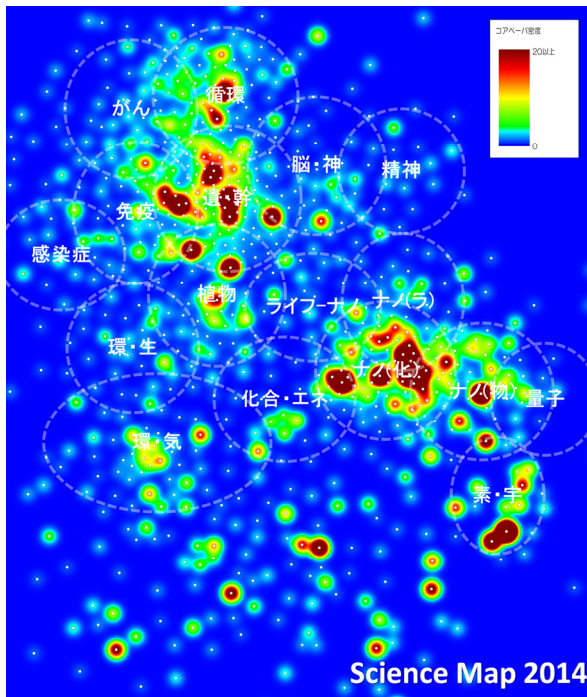
図表 71(B)から(M)には、主要な資金配分機関等の活動状況を示している。文部科学省と日本学術振興会については、サイエンスマップ全体をカバーしていることが分かる。科学技術振興機構については、文部科学省や日本学術振興会と比べると、カバーする範囲がより集中していることが分かる。経済産業省及び新エネルギー・産業技術総合開発機構は、主にナノサイエンス研究をカバーしているが、新エネルギー・産業技術総合開発機構については、カバーしている範囲が、遺伝子発現制御・幹細胞研究にまで広がっている。

厚生労働省及び医薬基盤研究所については、植物・微生物研究よりマップ上方に位置しているがん研究、循環器疾患研究といった臨床研究にかかわるものや免疫研究や遺伝子発現制御・幹細胞研究をカバーしている。農林水産省と農業・食品産業技術総合研究機構は植物・微生物研究をカバーしており、環境省は環境・気候変動研究(観測、モデル)を主にカバーしているようすが分かる。総務省と情報通信研究機構は、量子物性科学研究をカバーしている。

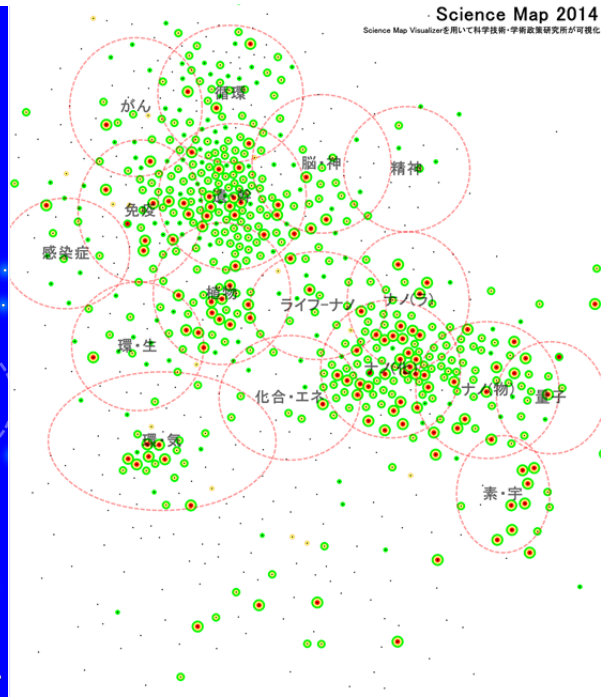
なお、科学技術という視点で考えるとサイエンスマップで観測できる範囲は、研究の成果が論文(Article や Review)の形で発表される範囲に限られている。したがって、ここで見ているのは科学研究という視点で見たときに、主要な資金配分機関等がどのような研究領域をカバーしているかという情報である。

図表 71 サイエンスマップ 2014 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)

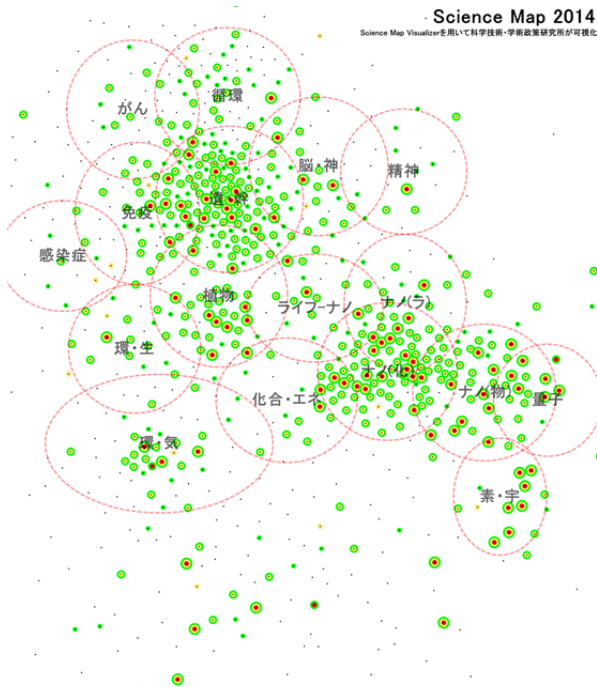
(A) サイエンスマップ 2014



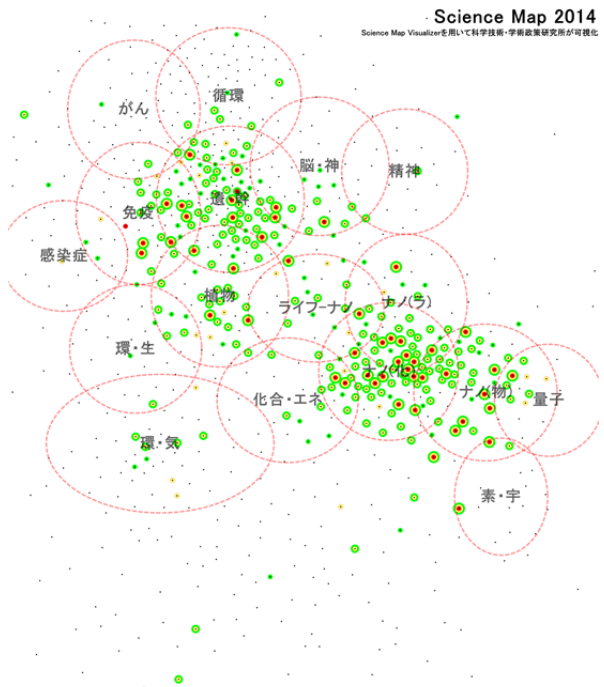
(B) 文部科学省



(C) 日本学術振興会



(D) 科学技術振興機構



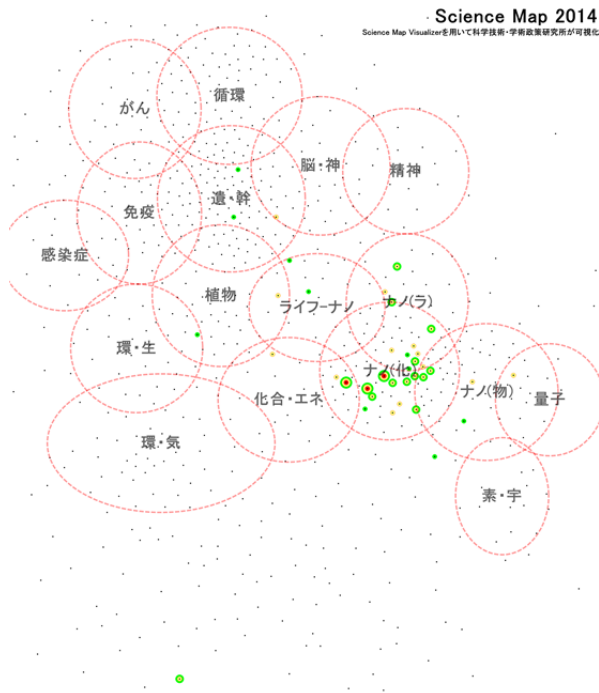
注 1: 図表中の黒の点の位置が、研究領域の位置に対応している。研究領域を先導するコアペーパーの謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を赤色で示している。コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の中で、被引用数が世界の上位 10%に入る論文の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を黄色で示している。また、コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(2 件以上)、研究領域を緑色で示している。

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。

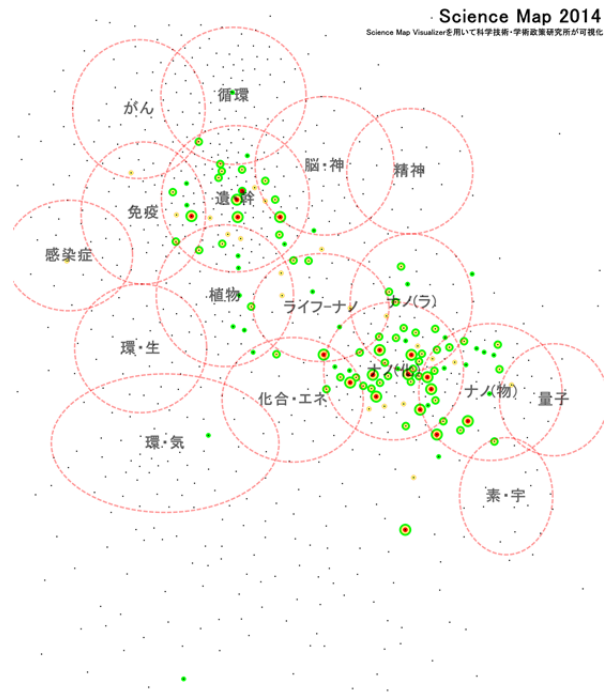
データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

図表 71 サイエンスマップ 2014 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)

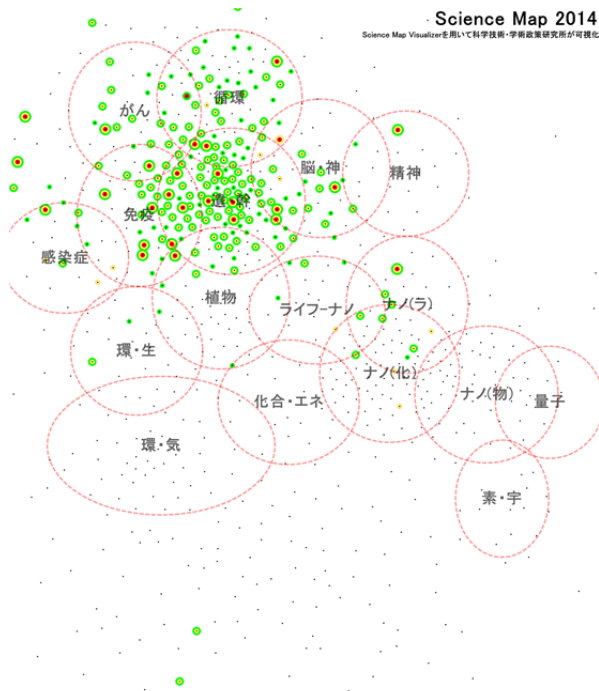
(E) 経済産業省



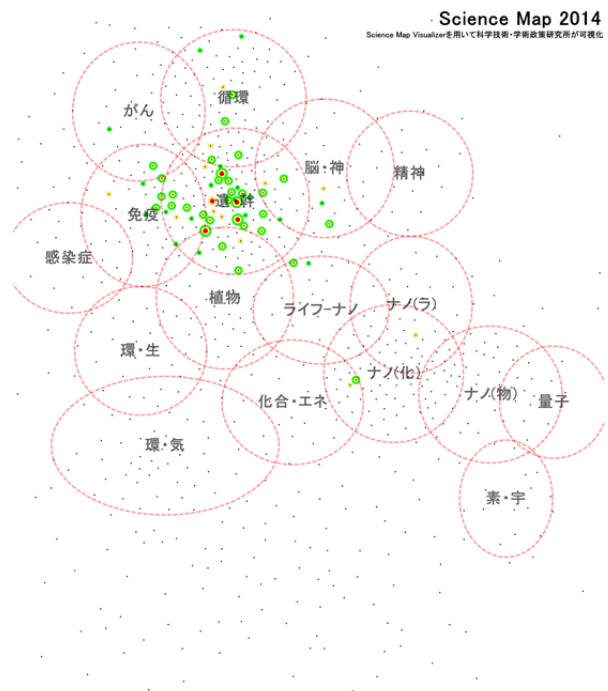
(F) 新エネルギー・産業技術総合開発機構



(G) 厚生労働省



(H) 医薬基盤研究所



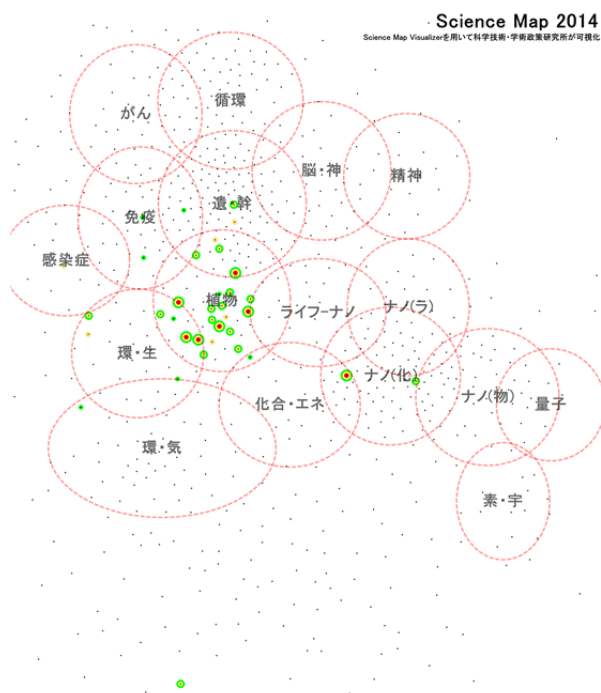
注 1: 図表中の黒の点の位置が、研究領域の位置に対応している。研究領域を先導するコアペーパーの謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を赤色で示している。コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の中で、被引用数が世界の上位 10%に入る論文の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(1 件以上)、研究領域を黄色で示している。また、コアペーパーを引用する論文(サイティングペーパー)の謝辞中に当該資金配分機関が含まれる場合(2 件以上)、研究領域を緑色で示している。

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。

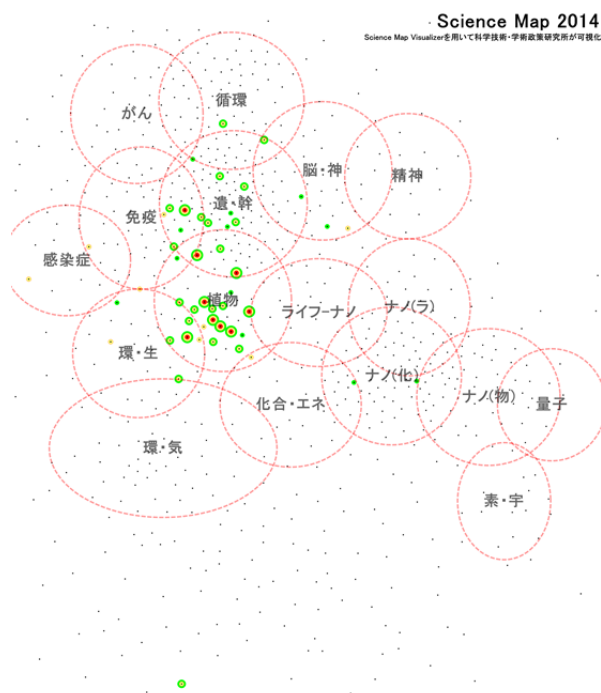
データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

図表 71 サイエンスマップ 2014 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)

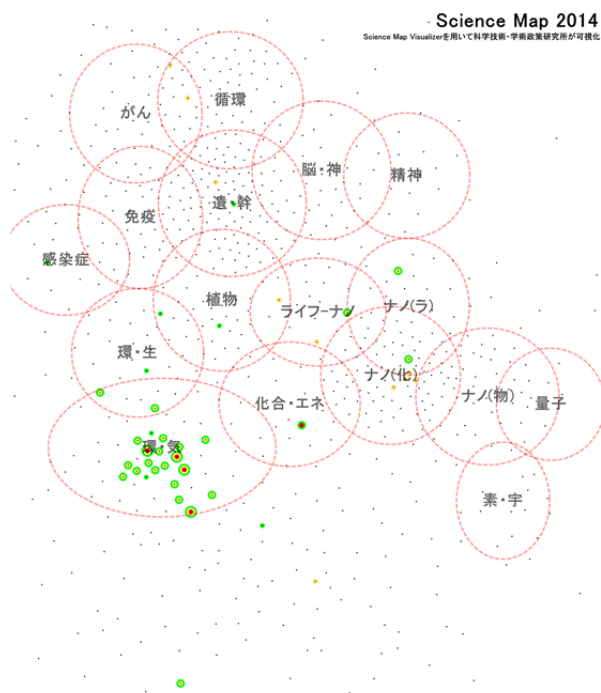
(I) 農林水産省



(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。

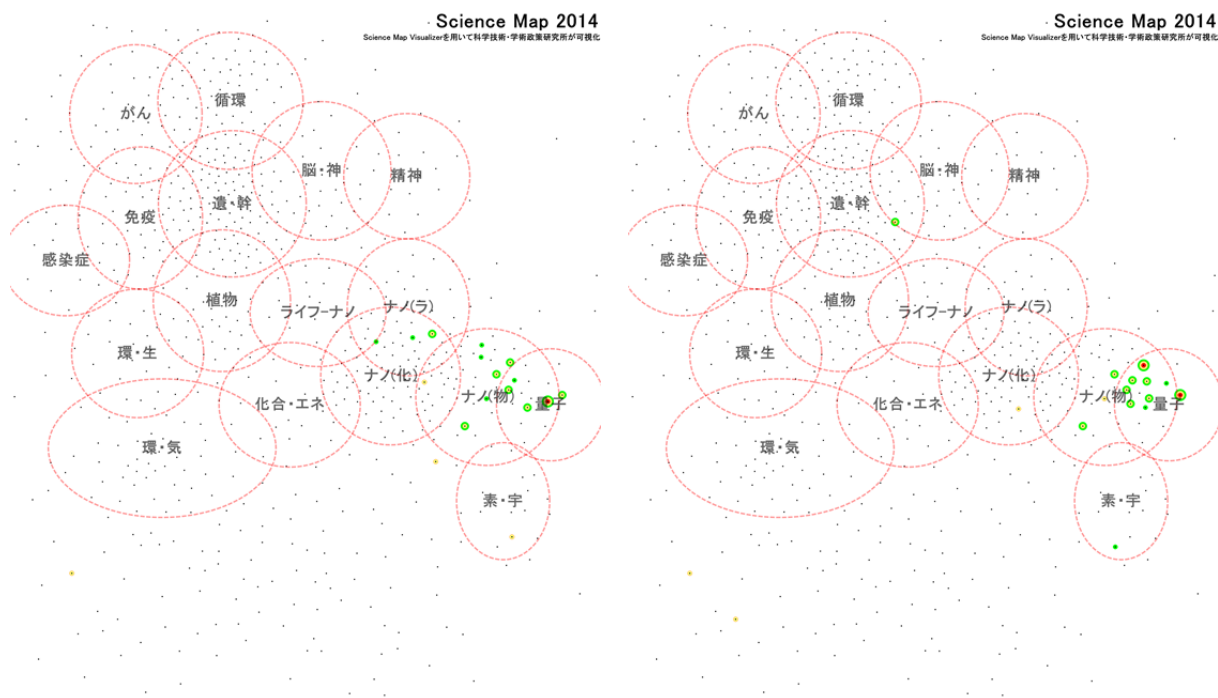
注 2: 謝辞情報に基づくオーバーレイの結果である。JST や NEDO 等については、著者の所属機関に名前が書かれる場合もあり、所属機関情報のオーバーレイの結果と必ずしも一致しない可能性がある。

データ: 科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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 71 サイエンスマップ 2014 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) 総務省

(M) 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

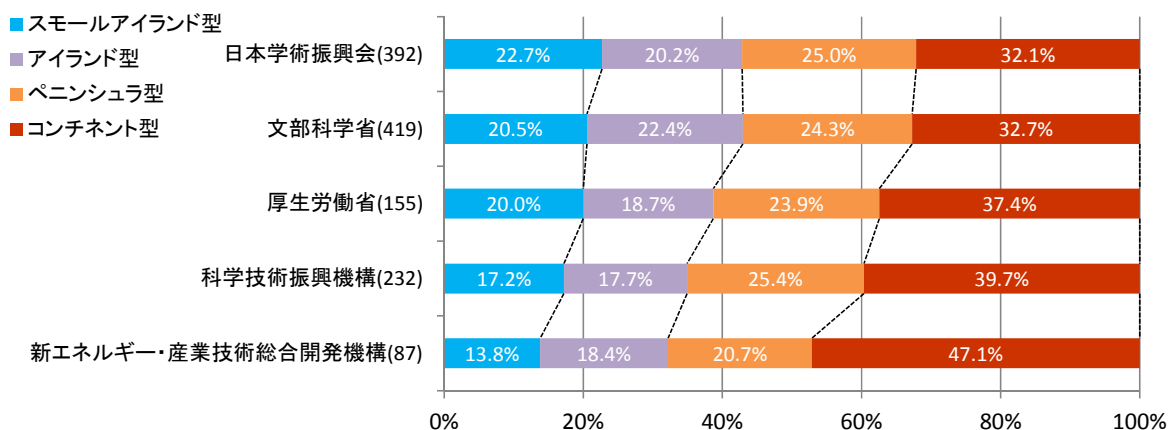
6-2-2 Sci-GEO タイプと主要な資金配分機関等の活動状況の関係

図表 72 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 5 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 72 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ていない(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: 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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。

【統一課題番号について】

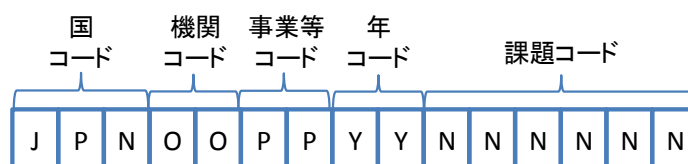
科学技術・学術政策研究所の先行研究¹では、データベース分析及び事例分析の結果を踏まえ、謝辞情報を用いた事業やプログラムレベルの分析を可能とし、研究者への負担も軽減するための方策として、我が国で統一した課題番号(統一課題番号)を導入することを提案している。以下では、当該報告書の抜粋を示す。詳細については、当該報告書を参照願いたい。

(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(統一課題番号)の導入が有効と考えられる。統一課題番号は、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 統一課題番号のイメージ



参考図表 3 に統一課題番号のイメージを示す。本調査研究から、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、統一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、統一課題番号に「JPN」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 統一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 [JPNO1P112NNNNN1, JPNO1P212NNNNN2, JPNO1P213NNNNN4]; and Japan Science and Technology Agency [JPNO2P112NNNNN1]

参考図表 4 は統一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²。薄い青色で示した部分は、統一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)

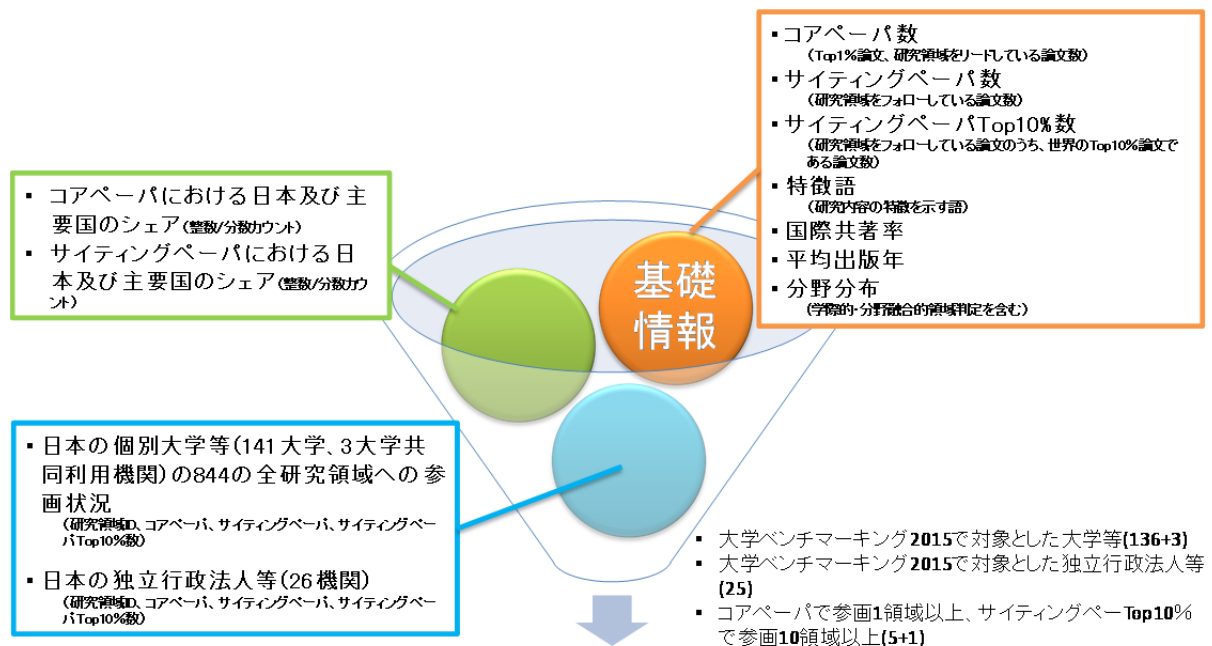
2 資金配分機関等名については、FundRefでも登録対象となっているので、統一化した名称をFundRefに登録することで資金配分機関名の表記バリエーションを少なくすることが可能と考えられる。FundRefはCrossRefが提供する研究資金情報と論文を結びつけるシステムであり、2013年5月から運用が始まっている。FundRefを通じて、論文と研究資金情報を結びつけることで、資金提供機関などは研究資金が関与した論文のDOIやメタデータを得ることが出来る。

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 2014 の全研究領域情報の情報の掲載

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 2014 の 844 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 73)。

図表 73 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170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170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。170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25特殊法人・独立行政法人。
- 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5大学及び1特殊法人・独立行政法人。

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.2015.1)」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。辞書の更新時期が2015年1月のため、機関の名称は2015年1月時点の情報である。

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

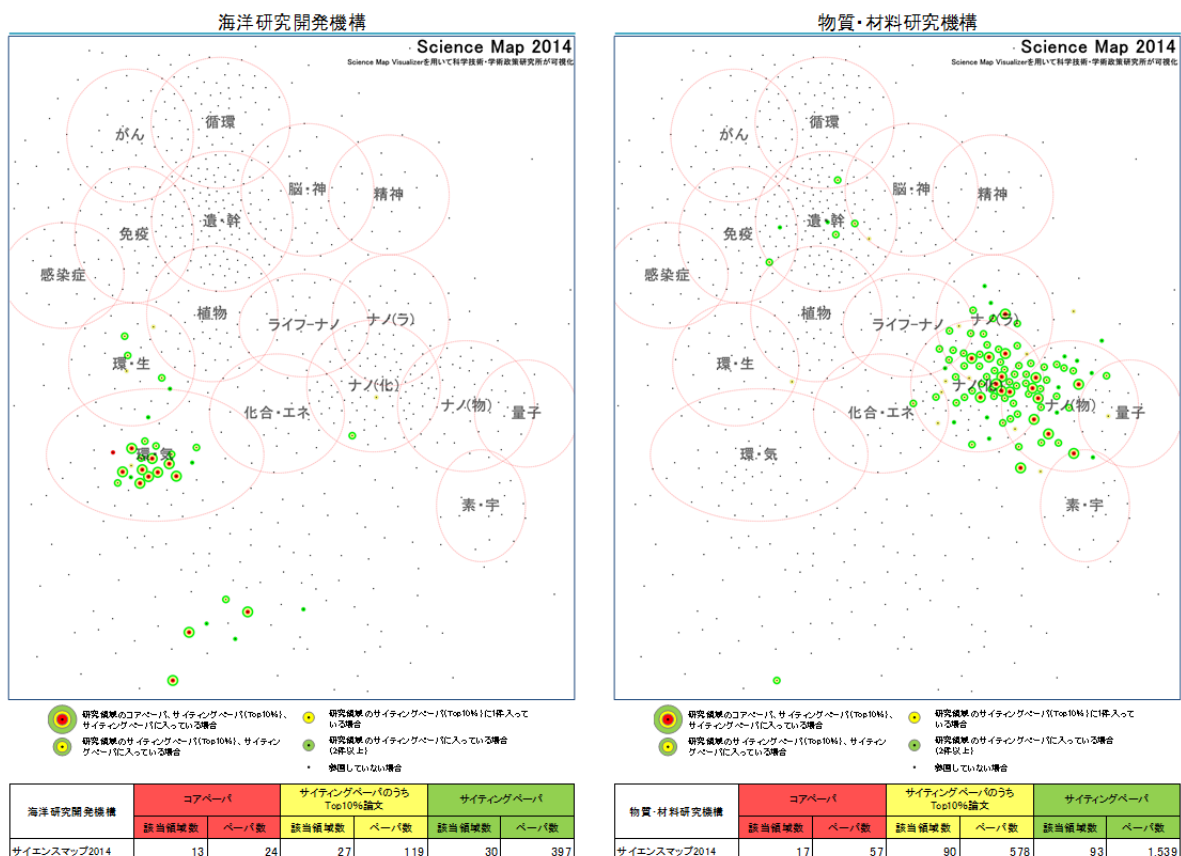
日本の170大学・公的研究機関等のサイエンスマップ活動状況シートをみる際に、以下のような点に着目すると興味深いと考えられる。

〈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出来る(図表 74)。

図表 74 サイエンスマップ活動状況シートの比較

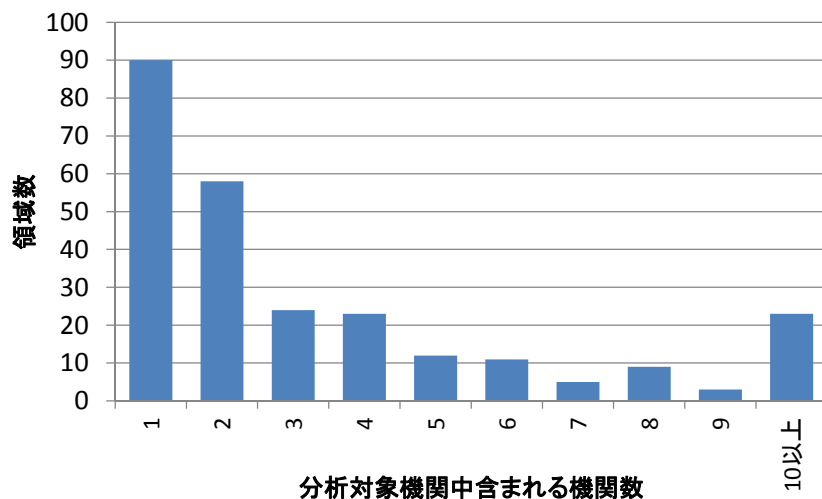


データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualizer)を実施。

また、サイエンスマップ 2014 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 90 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 75)。

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 76 に示す。ID86 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 77 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分かる。

図表 75 サイエンスマップ 2014 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

図表 76 サイエンスマップ 2014 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)
809	35	暗黒物質、標準モデル、ガンマ線、クロスセクション、ヒッグス粒子	物理学	648	65.0%	2012.0	コンチネント型	15.1%	5.1%
810	31	免疫応答、自然免疫、免疫システム、インターロイキン(IL-17)、クロストリジウム・ディフィシル感染症	学際的・分野融合的領域	353	53.8%	2011.6	コンチネント型	9.6%	4.6%
86	25	免疫グロブリン(IgG4)関連、自己免疫性膵炎、免疫グロブリン(IgG4)関連疾患、免疫グロブリン(IgG4)陽性形質細胞、血清免疫グロブリン(IgG4)レベル	臨床医学	10	40.0%	2011.2	アイランド型	60.0%	42.6%
267	25	C型肝炎ウイルス、慢性C型肝炎、C型肝炎ウイルス感染、ペグインターフェロン、C型肝炎ウイルス遺伝子型1	臨床医学	106	52.8%	2012.3	コンチネント型	7.5%	6.7%
836	24	非小細胞肺癌、上皮成長因子受容体(EGFR)、チロシキナーゼ阻害剤、進行した非小細胞肺癌、上皮成長因子受容体(EGFR)変異	臨床医学	122	53.3%	2011.3	コンチネント型	21.3%	11.6%
842	24	幹細胞、人工多能性幹細胞(iPS細胞)、DNAメチル化、胚性幹細胞(ES細胞)、遺伝子発現	学際的・分野融合的領域	427	53.2%	2011.5	コンチネント型	7.3%	2.9%
678	22	ゲノムワイド関連、一塩基多型、量的形質遺伝子座、コピー数多型、候補遺伝子	学際的・分野融合的領域	285	59.6%	2011.6	コンチネント型	14.7%	9.4%

データ：科学技術・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 年末バージョン)をもとに集計・分析を実施。

図表 77 サイエンスマップ 2014 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
176	イオン性液体; 電気二重層; 常温イオン性液体; ビス(トリフルオロメチルスルホニル)イミド; ~系イオン性液体	学際的・分野融合的領域	10	40.0%	2009.9	スモールアイランド型	10.0%	10.0%	岩手大学
574	電位依存性ナトリウムチャネル; 選択フィルター; イオンチャネル; 電位センサー; ナトリウムチャネル	生物学・生化学	6	0.0%	2011.8	ベニンシュラ型	16.7%	16.7%	大阪大学
758	乳がん; HER2陽性乳がん; HER2; 転移性乳がん; ヒト上皮成長因子受容体	臨床医学	45	68.9%	2011.3	コンチネント型	2.2%	0.3%	大阪大学
18	アルミニウム耐性; アルミニウム(AI)毒性; 酸性土壌; アルミニウム誘導; アルミニウムストレス	植物・動物学	8	62.5%	2010.8	スモールアイランド型	50.0%	34.4%	岡山大学
109	急性腎障害(AKI); 好中球ゼラチナーゼ関連リポカリン; 血清クレアチニン; 心臓外科学; 重症患者	臨床医学	12	75.0%	2011.8	コンチネント型	8.3%	1.4%	岡山大学
565	冠動脈疾患(CAD); 経皮的冠動脈インターベンション; 冠血流予備量比(FFR); 冠動脈バイパス; 侵襲的な冠動脈造影	臨床医学	39	61.5%	2011.2	ベニンシュラ型	2.6%	0.2%	岡山大学
566	耐塩性; 塩分ストレス; Na ⁺ 輸送; 塩分耐性; シロイヌナズナ	植物・動物学	6	66.7%	2010.7	ベニンシュラ型	33.3%	11.1%	岡山大学
618	再生医学; 細胞外マトリックス; 幹細胞; 再生医療; 組織工学	臨床医学	6	66.7%	2010.7	コンチネント型	16.7%	3.3%	岡山大学
115	定常流型の; フローケミストリー; フローリアクター; 連続フロー合成; フロー条件	化学	11	27.3%	2011.5	アイランド型	9.1%	9.1%	京都大学
344	微生物群集; 植物成長; 細菌群集; 群集構造; プラント関連	学際的・分野融合的領域	9	33.3%	2012.9	スモールアイランド型	11.1%	3.7%	京都大学
387	線維芽細胞増殖因子21(FGF21); 脂肪組織; グルコース及び脂質代謝; 線維芽細胞増殖因子21(FGF21)レベル; 脂質代謝	学際的・分野融合的領域	5	40.0%	2011.0	スモールアイランド型	20.0%	4.0%	京都大学
531	エビデンスの質; メタ分析; ランダム化比較試験; バイアスのリスク; Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation(GRADE)	社会科学・一般	15	100.0%	2011.8	スモールアイランド型	6.7%	0.4%	京都大学
600	シロイヌナズナ; アミノ酸; 光呼吸代謝; 光呼吸回路; トリカルボン酸の中間物	植物・動物学	4	50.0%	2010.8	ベニンシュラ型	50.0%	14.6%	京都大学
791	遷移金属フリー; 不活性アレーンの直接アリール化; クロスカップリング; カリウムtert-ブトキシド(金属アルコキシド); 不活性アレーンの直接C-H結合アリール化	化学	9	22.2%	2012.3	スモールアイランド型	11.1%	11.1%	京都大学
73	非ステロイド性抗炎症薬; 結腸直腸がん; 低用量アスピリン; がんのリスク; リスク低下	臨床医学	5	60.0%	2011.4	コンチネント型	20.0%	2.9%	熊本大学
483	肉牛; トロピカルコンボジット(TCOMP); コブウシ(Bos primigenius indicus); ゲノムワイド関連; 熱帯に適応した肉牛	学際的・分野融合的領域	4	25.0%	2013.3	スモールアイランド型	25.0%	3.6%	神戸大学
614	miRNAs; 遺伝子発現; small RNA; 小さなノンコーディングRNA(ncRNAs); miRNA発現	学際的・分野融合的領域	8	37.5%	2009.9	コンチネント型	12.5%	1.3%	神戸大学
353	大域的安定; 基本再生産数; 流行モデル; エンデミックな平衡解; 大域的漸近安定	数学	13	53.8%	2010.4	スモールアイランド型	15.4%	6.4%	静岡大学
15	量子ドット; カーボンナノチューブ; グラフェン量子ドット; グラフェン酸化物; 蛍光カーボンナノチューブ	学際的・分野融合的領域	56	28.6%	2011.1	コンチネント型	3.6%	2.1%	信州大学
174	角膜コラーゲン架橋(CXL); コラーゲン架橋; 遠視力; 進行性円錐角膜の患者; 14人の患者の目	臨床医学	5	60.0%	2011.2	スモールアイランド型	20.0%	13.3%	千葉大学
152	モジュラーマルチレベル変換器(MMC); シミュレーションと実験結果; 三準位; コンデンサ電圧; 電圧源及び変換器	工学	17	47.1%	2010.7	アイランド型	17.6%	17.6%	東京工業大学
20	LaAlO ₃ /SrTiO ₃ ; LaAlO ₃ /SrTiO ₃ 界面; 2次元電子; 2次元電子ガス; 酸化膜界面	物理学	12	75.0%	2010.8	コンチネント型	8.3%	4.2%	東京大学
23	電気自動車; スマートグリッド; Vehicle-to-grid(V2G); 電力網; 電力系統	工学	13	30.8%	2010.8	ベニンシュラ型	7.7%	3.8%	東京大学
51	グアヤコールの水素化脱酸素反応(HDO); バイオオイル; モデル化合物; フェノールからシクロヘキサンの水素化; 触媒活性	学際的・分野融合的領域	9	33.3%	2010.4	スモールアイランド型	11.1%	3.7%	東京大学
103	分数階微分方程式; 分数階微分; 安定性と収束; 有限差分法; 空間分数階拡散方程式	数学	13	69.2%	2010.5	スモールアイランド型	15.4%	11.5%	東京大学
203	ワイヤレス電源; ワイヤレス電源システム; 電力伝達効率; ワイヤレス送電; 非接触給電	工学	5	0.0%	2011.4	スモールアイランド型	20.0%	20.0%	東京大学
217	注意バイアス; 認知バイアスの修正; 不安障害; 社会不安; 社会不安障害(SAD)	精神医学/心理学	10	20.0%	2010.4	スモールアイランド型	10.0%	2.0%	東京大学
278	翻訳後修飾; NAD(+)-依存; ヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)阻害剤; リジンアセチル化; ヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)	学際的・分野融合的領域	20	40.0%	2010.6	コンチネント型	5.0%	0.8%	東京大学
290	慢性B型肝炎; B型肝炎ウイルス; B型肝炎ウイルスのDNA; HBs抗原; 慢性B型肝炎患者	臨床医学	27	59.3%	2010.9	アイランド型	7.4%	4.0%	東京大学
309	素素固定; 鉄モリブデン補助因子; 活性部位; MoFeタンパク質; 二窒素錯体	化学	9	33.3%	2011.9	スモールアイランド型	11.1%	11.1%	東京大学

図表 77 サイエンスマップ 2014 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
443	経頭蓋直流電流刺激(tDCS); 偽経頭蓋直流電流刺激(tDCS); 陽極経頭蓋直流電流刺激(anodal tDCS); 非侵襲的脳刺激; 反復経頭蓋磁気刺激法(rTMS)	学際的・分野融合的領域	8	50.0%	2013.0	スモールアイランド型	12.5%	4.2%	東京大学
509	熱伝導率; 熱輸送; 格子熱伝導率; フォノン平均自由行程; ボルツマン輸送方程式	物理学	9	44.4%	2011.6	ベニンシュラ型	11.1%	5.6%	東京大学
691	RNA誘導型サイレンシング複合体; アルゴノートタンパク質; 遺伝子サイレンシング; 翻訳抑制; miRNAs	学際的・分野融合的領域	4	50.0%	2011.5	コンチネント型	25.0%	5.0%	東京大学
821	鉄触媒; 移動水素化; 鉄触媒; 鉄(II)錯体; クロスカップリング反応	化学	16	31.3%	2012.4	ベニンシュラ型	6.3%	3.1%	東京大学
82	塩分ストレス; 非選択性陽イオンチャネル; 耐塩性; 原形質膜; ストレス耐性	植物・動物学	15	46.7%	2013.9	スモールアイランド型	6.7%	6.7%	東北大学
127	急性肝炎(AP); 臓器不全; 壊死性肝炎; 重症急性肝炎(SAP)	臨床医学	7	28.6%	2012.1	スモールアイランド型	14.3%	1.3%	東北大学
279	金属ガラス(MG); バルク金属ガラス(BMG); セン断帯; 塑性変形; 力学的性質	学際的・分野融合的領域	4	0.0%	2011.5	スモールアイランド型	25.0%	25.0%	東北大学
285	好気性酸化; アルコール類の好気性酸化; アルデヒド及びケトンへのアルコールの酸化; ベンジルアルコールの酸化; TEMPO触媒による好気性酸化	化学	4	25.0%	2013.0	スモールアイランド型	25.0%	12.5%	東北大学
319	量子ウォーク; 離散時間量子ウォーク; ランダムウォーク; 量子情報処理; 1次元	物理学	15	73.3%	2011.1	アイランド型	6.7%	1.3%	東北大学
416	多発性硬化症; 再発寛解型多発性硬化症(MS)(RRMS); 再発寛解型多発性硬化症(MS)(RRMS)患者; 多発性硬化症患者; スフィンゴシン-1-リン酸(S1P)	臨床医学	21	85.7%	2011.3	アイランド型	4.8%	1.6%	東北大学
458	単分子磁石; 磁気特性; 遅い磁気緩和; 構造と磁気的性質; イオン	化学	73	50.7%	2011.7	コンチネント型	1.4%	0.3%	東北大学
480	再生医学; 骨再生医学; マイクロアーケ酸化(MAO)及び電気泳動堆積(EPD)法; マイクロアーケ酸化; 模擬体液	材料科学	7	28.6%	2014.0	スモールアイランド型	14.3%	5.7%	東北大学
504	リチウムイオン電池; カソード材料; 放電能力; リチウムイオン電池用材料; 電気化学的性能	材料科学	6	66.7%	2010.8	ベニンシュラ型	16.7%	8.3%	東北大学
588	水素貯蔵; 水素放出と取込み; Mg(BH4)2; 水素化ホウ素金属; 水素放出	学際的・分野融合的領域	5	80.0%	2012.8	スモールアイランド型	40.0%	26.7%	東北大学
778	がん細胞; オートファジーの役割; がんにおけるオートファジーの役割; 細胞死; オートファジーの阻害	学際的・分野融合的領域	5	40.0%	2012.4	ベニンシュラ型	20.0%	2.5%	東北大学
90	グリア細胞; シナプス伝達; シナプス可塑性; NMDA型グルタミン酸受容体; ニューロンの活動	神経科学・行動学	8	37.5%	2011.5	アイランド型	12.5%	3.1%	富山大学
750	薄膜; CZTS薄膜; 太陽電池; バンドギャップ; 薄膜シリコン太陽電池	学際的・分野融合的領域	34	20.6%	2010.9	アイランド型	11.8%	7.8%	長岡技術科学大学
548	早期再分極; プルガダ症候群(BRS); 心室細動(VF); 心臓突然死; 特発性心室細動(IVF)	臨床医学	7	57.1%	2010.7	アイランド型	14.3%	14.3%	長崎大学
638	重症患者; クレアチンクリアランス(CLCR); 集中治療室; 持続注入; 治療薬物モニタリング	学際的・分野融合的領域	4	50.0%	2012.0	スモールアイランド型	25.0%	6.3%	広島大学
748	表面プラズモンポラリトン(SPP); ハイブリッドプラズモン導波路; 場; 表面プラズモン; 屈折率	物理学	29	65.5%	2010.7	コンチネント型	3.4%	3.4%	広島大学
275	力学的性質; ダブルネットワーク(DN); 架橋結合; 再生医学; ダブルネットワーク(DN)ハイドロゲル	学際的・分野融合的領域	4	50.0%	2013.3	スモールアイランド型	25.0%	25.0%	北海道大学
538	ヒドロキシメチルフルフラール(HMF); レプリン酸; イオン性液体; 固体酸触媒; バイオマス由来への変換	化学	34	23.5%	2011.0	コンチネント型	5.9%	5.9%	北海道大学
814	光触媒活性; アナターゼ型酸化チタン; 可視光; 拡張光触媒活性; 高い光触媒活性	化学	18	61.1%	2010.1	ベニンシュラ型	5.6%	5.6%	北海道大学
233	サンゴ礁; インド太平洋; サンゴ礁の魚; コロナールトライアングル(Coral Triangle); 海洋生物多様性	植物・動物学	9	77.8%	2013.8	スモールアイランド型	11.1%	0.7%	宮崎大学
171	元素分析; 赤外分光法; 単結晶X線回折; ポリオキシメタレート(POM); ケギン型; 元素分析及び赤外線分析による特性評価	化学	4	25.0%	2011.0	スモールアイランド型	25.0%	12.5%	山口大学
288	構造指向剤; 酸サイト; 触媒性能; ゼオライト構造; 表面積	化学	16	75.0%	2012.0	スモールアイランド型	18.8%	3.2%	大阪府立大学
376	陸上植物; 緑藻; ミクラステリアス属緑藻; 系統発生解析; 植物の進化	学際的・分野融合的領域	7	28.6%	2011.6	スモールアイランド型	0.0%	0.0%	沖縄科学技術大学院大学
357	腎細胞がん; 転移性腎細胞がん; 血管内皮増殖因子(VEGF); チロシンキナーゼ阻害剤; 無増悪生存期間	臨床医学	15	93.3%	2010.9	ベニンシュラ型	13.3%	0.6%	近畿大学
787	関節リウマチ(RA); ヤヌスキナーゼ(JAK); キナーゼ阻害剤; ヤヌスキナーゼ(JAK)阻害剤; リウマチの治療	臨床医学	10	70.0%	2011.5	コンチネント型	10.0%	0.7%	産業医科大学
195	E型肝炎ウイルス; E型肝炎ウイルス感染; E型肝炎ウイルスのRNA; 抗E型肝炎ウイルス; E型肝炎ウイルス遺伝子型3	学際的・分野融合的領域	14	50.0%	2011.6	アイランド型	7.1%	7.1%	自治医科大学

図表 77 サイエンスマップ 2014 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
3	抵抗性高血圧; 血圧; 腎交感神経除神経術(RDN); 抵抗性高血圧患者; カテーテルベースの腎除神経術	臨床医学	42	76.2%	2012.0	ベニンシュラ型	2.4%	0.2%	東海大学
467	浅大腿動脈; 一次開存率; 薬剤溶出性ステント; バルーン血管形成術; 重症下肢虚血を有する患者	臨床医学	5	100.0%	2011.2	アイランド型	20.0%	1.4%	東京慈恵会医科大学
421	抗体介在性拒絶反応(AMR); ドナー特異的抗体; 腎移植のレシピエント; 抗ヒト白血球抗原(HLA)抗体; 移植臓器の生存率	臨床医学	12	50.0%	2010.8	コンチネント型	8.3%	0.3%	東京女子医科大学
469	植込み型除細動器; 遠隔モニタリング; 心臓再同期療法(CRT); 不適切なショック; 心不全	臨床医学	7	28.6%	2011.7	スモールアイランド型	14.3%	1.0%	東京女子医科大学
317	Keller-Segelシステム; 初期データ; 放物型Keller-Segelシステム; 大域的存在; 走化性モデル	数学	27	59.3%	2011.0	スモールアイランド型	3.7%	3.7%	東京理科大学
1	有限要素法; 平滑化有限要素法; アイソジオメトリック解析; 流体構造物相互作用; 数値例	学際的・分野融合的領域	80	55.0%	2011.6	アイランド型	16.3%	9.4%	早稲田大学
643	量子ドット; 核スピン; 電子スピン; 磁場; InAs/GaAs量子ドット	物理学	4	100.0%	2011.5	スモールアイランド型	25.0%	8.3%	情報・システム研究機構
669	遺伝子流動; 生殖的隔離; 生態的な分化; 分離選抜; 遺伝的分化	学際的・分野融合的領域	25	64.0%	2012.0	ベニンシュラ型	4.0%	1.3%	情報・システム研究機構
352	熱帯低気圧; 気候変動; 海面温度; 海面上昇; 熱帯低気圧の変化	地球科学	6	50.0%	2011.5	コンチネント型	33.3%	7.4%	海洋研究開発機構
564	気候変動; 海洋生態系; 食物網; 生態系モデル; 栄養段階	植物・動物学	6	83.3%	2010.3	アイランド型	16.7%	0.7%	海洋研究開発機構
411	気候変動; 気候モデル; 極端降水量; 極端な気候; 豪雨	地球科学	6	66.7%	2012.0	コンチネント型	16.7%	2.4%	国立環境研究所
793	頭頸部扁平上皮がん; 頭頸部がん; ヒトパピローマウイルス; 転移性頭頸部扁平上皮がん; 再発又は転移～の患者	臨床医学	4	75.0%	2013.3	スモールアイランド型	25.0%	1.5%	国立がん研究センター
771	2型糖尿病; がんのリスク; 糖尿病; 乳がん; がん細胞	臨床医学	35	28.6%	2011.5	コンチネント型	2.9%	2.9%	国立国際医療研究センター
52	再灌流傷害; 虚血再灌流; 梗塞面積; 遠隔虚血プレコンディショニング(RIPC); 心筋梗塞	臨床医学	18	22.2%	2011.7	アイランド型	5.6%	0.5%	国立循環器病研究センター
698	結核菌; 多剤耐性結核; 広範囲薬剤耐性(XDR); 結核菌; 多剤耐性(MDR)	臨床医学	21	85.7%	2012.5	アイランド型	9.5%	0.6%	国立病院機構
246	アンモニアボラン(AB); 水素貯蔵; 水素発生; アンモニアボラン(AB)の加水分解; 水素貯蔵材	工学	29	13.8%	2010.3	アイランド型	13.8%	13.8%	産業技術総合研究所
329	ウォーター・フットプリント; ライフサイクルアセスメント; 環境影響; 水の消費量; 水不足	学際的・分野融合的領域	11	72.7%	2011.6	スモールアイランド型	9.1%	0.5%	産業技術総合研究所
359	ネッタインマカ(Aedes aegypti); 共生細菌ボルバキア感染; 共生細菌ボルバキア株; 共生細菌ボルバキア; ヒトスジマカ(Aedes albopictus)	学際的・分野融合的領域	11	72.7%	2010.4	アイランド型	9.1%	3.0%	産業技術総合研究所
395	効果量; 心理科学; 帰無仮説; メタ分析; 出版バイアス	精神医学/心理学	25	16.0%	2012.8	アイランド型	4.0%	0.8%	日本学術振興会
262	2次元PICシミュレーション; レーザーパルス; イオン加速; 放射圧加速; 陽子ビーム	物理学	6	50.0%	2010.2	スモールアイランド型	33.3%	19.0%	日本原子力研究開発機構
230	果実の熟成; 果実形成; トマト果実; トマト(Solanum lycopersicum); アブシジン酸(ABA)	植物・動物学	14	42.9%	2011.1	スモールアイランド型	7.1%	7.1%	農業・食品産業技術総合研究機構
259	抵抗スイッチング; 低抵抗状態; 抵抗ランダム・アクセス・メモリ(ReRAM); 酸素空孔; 抵抗スイッチングの挙動	学際的・分野融合的領域	56	28.6%	2011.5	アイランド型	5.4%	3.3%	物質・材料研究機構
525	ペルオキシダーゼのような活動; 酸化セリウムナノ粒子; ペルオキシダーゼ基質; 触媒活性; 内因性ペルオキシダーゼのような活動	学際的・分野融合的領域	12	25.0%	2010.3	ベニンシュラ型	8.3%	4.2%	物質・材料研究機構
56	ヒトゲノム; 長散在型反復配列-1(LINE-1); 転移因子; LINE-1(L1)レトロトランスポゾン; 可動性遺伝因子; L1のレトロ転移	分子生物学・遺伝学	4	50.0%	2012.0	ベニンシュラ型	50.0%	5.2%	理化学研究所
77	X線自由電子レーザー; X線パルス; SLAC Linac Coherent Light Source (LCLS); レーザーパルス; 硬X線	物理学	17	82.4%	2011.9	アイランド型	5.9%	5.9%	理化学研究所
215	パリティ時間(PT)対称; 対称; 非エルミート; パリティ時間(PT); 損益	物理学	33	51.5%	2011.3	ベニンシュラ型	3.0%	0.3%	理化学研究所
412	自走式粒子; 集団運動; 活性物質; 活性粒子; 自己推進	物理学	24	41.7%	2012.4	スモールアイランド型	4.2%	1.0%	理化学研究所
471	グリッド細胞; 内側嗅内皮質(MEC); 内側嗅内皮質(MEC)における細胞; 場所細胞; 頭方位	神経科学・行動学	13	23.1%	2012.3	スモールアイランド型	7.7%	1.9%	理化学研究所
580	miRNAs; 神経幹細胞(NSCs); 幹細胞; 中枢神経系; 遺伝子発現	神経科学・行動学	5	20.0%	2009.8	コンチネント型	20.0%	20.0%	理化学研究所
623	薬剤性肝障害; 薬物性肝障害; スティーブンス・ジョンソン症候群; スティーブンス・ジョンソン症候群と中毒性表皮壊死症; 薬物副作用	学際的・分野融合的領域	8	75.0%	2011.1	ベニンシュラ型	12.5%	2.3%	理化学研究所

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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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

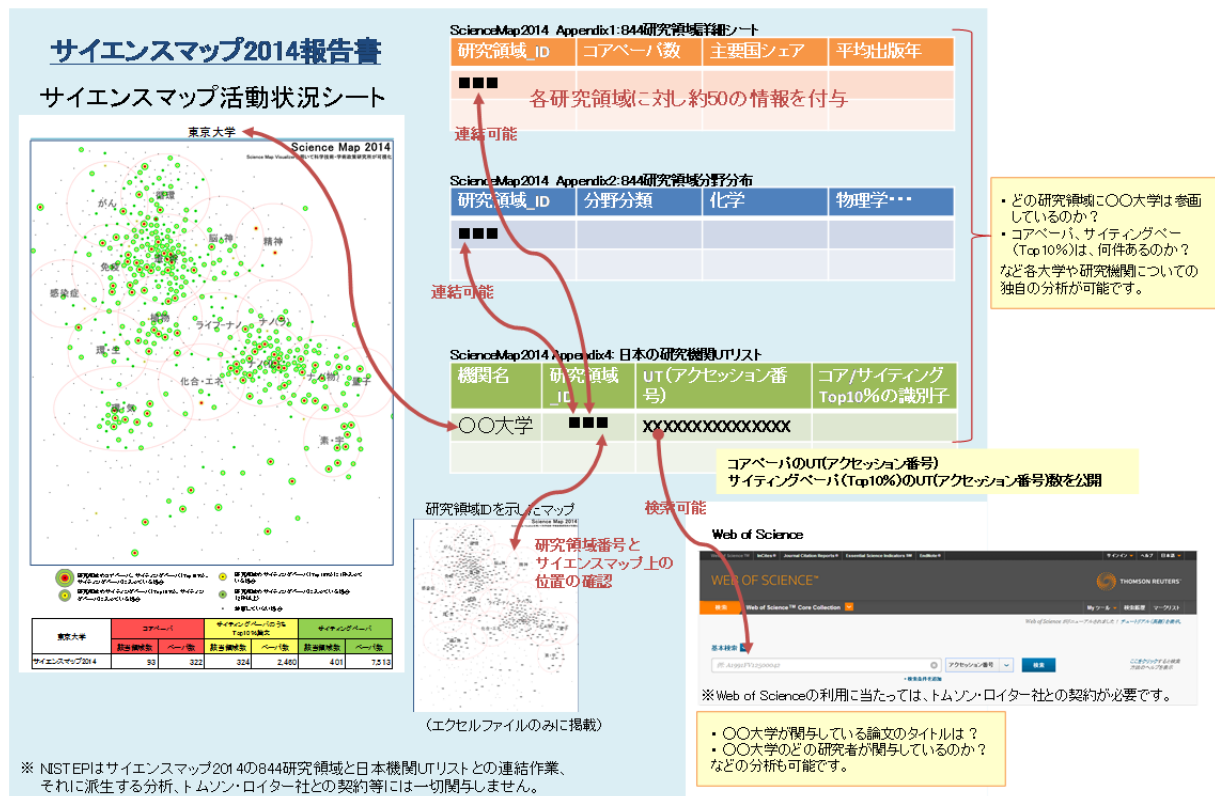
本報告書の「APPENDIX 6. サイエンスマップ 2014 にみる日本の個別大学等及び公的研究機関等の UT (アクセッション番号)リスト」ではさらに、分析対象である大学・公的研究機関等について、下記のような論文レベルでの詳細な分析をそれぞれ独自に行うことが出来るように、Web of Science の論文識別番号(アクセッション番号)も掲載している。

〈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 78 サイエンスマップ 2014 の全研究領域情報と

日本の 170 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 まとめと今後に向けて

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 2014 では、2009 年から 2014 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 7.9 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、844 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 2014 にみる科学研究の状況

サイエンスマップ 2014 (2009 年から 2014 年) では、国際的に注目を集める研究領域として 844 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 41% 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者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。サイエンスマップ 2002 から時系列でみると、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あまり変化しておらず、サイエンスマップ 2014 においては 25% である。

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 2014 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) 世界の研究領域数が拡大する中、停滞する日本の参画領域数

サイエンスマップ 2002 からの時系列をみると、日本の参画領域数はサイエンスマップ 2008 以降、伸び悩みがみられる。また、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 ポイント低下している。他方、英国やドイツの参画領域数は増加しており、参画割合も 5~6 割を保っている。したがって、サイエンスマップにおける参画領域割合をみると、日本と英国やドイツとの参画領域割合の差は広がる方向にある。

中国については、着実に参画領域数及び参画領域割合を増加させている。サイエンスマップ 2002 時点では、中国の参画割合は 12% であったが、サイエンスマップ 2014 では 42% となっており、日本よりも高い参画割合となっている。

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

(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 2014 で得られた国際的に注目を集めている 844 研究領域のなかで、スモールアイランド型領域は全体の 4 割、コンチネント型領域数は 2 割弱を占めている。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 5 割弱の論文が含まれており、スモールアイランド型領域には 2 割弱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 2014)をみると、日本は、スモールアイランド型が 24%、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 41%、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 2014 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。

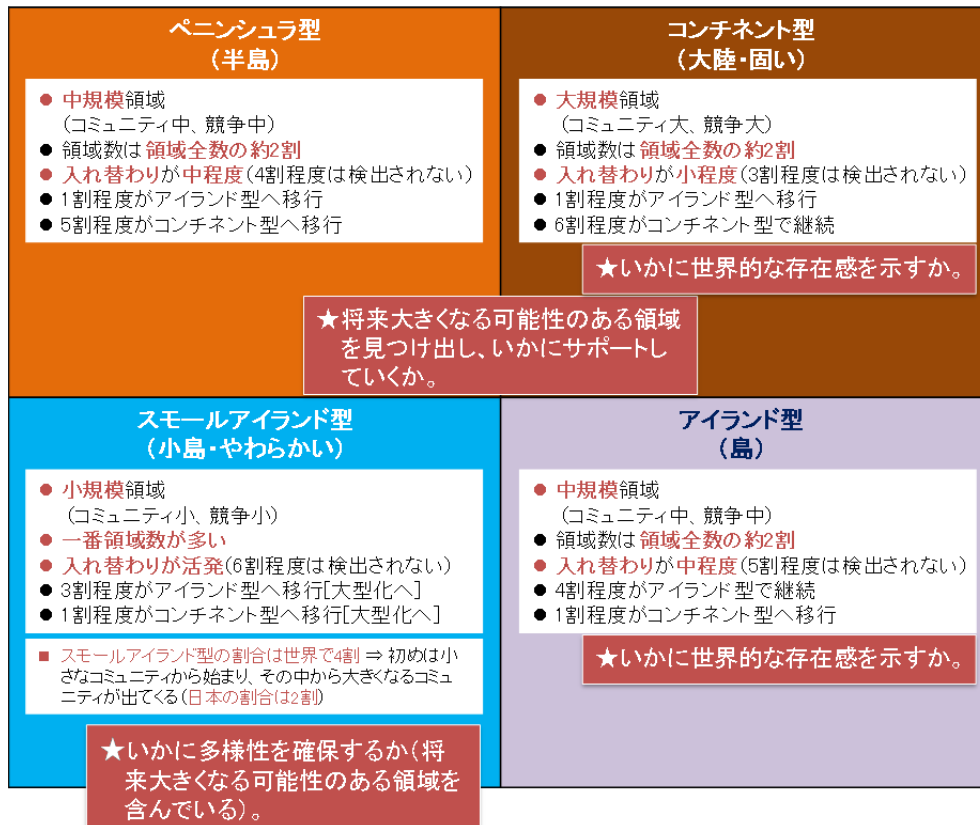
日本としての「存在感」をどう考えるかについて、議論が必要と考えられる。参画領域数にみる研究の多様性を増やすのか、シェアの確保につながる日本の論文数を増やしたいのか。この選択の違いにより、目指すべき Sci-GEO チャートのバランス設定が変わる。

(3) Sci-GEO チャートを用いた研究領域の移行の特徴

サイエンスマップ 6 時点間において、Sci-GEO チャートを用いた研究領域の移行を分析した。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 割程度)やコンチネント型(1 割程度)のような継続性を持って発展する研究領域に移行することを確認した。ただし、6 割程度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者コミュニティの大型化を図るような支援が適切なタイミングで求められるであろう。

コンチネント型領域については、6 割程度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。1 割程度の領域はアイランド型へ移行し、3 割程度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 79 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・学術政策研究所がトムソン・ロイター社 Essential Science Indicators (NISTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2015 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見るために、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。

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に引用されたことがある論文の割合が高い傾向がみられた。例えば、サイエンスマップ 2002 では、特許から引用されている論文の割合は、コアペーパーでは 52.0%であるのに対して、サイティングペーパーでは 22.5%となっている。また、特許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約 15 回特許(2015 年時点)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約 6 回特許(2015 年時点)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。

なお、サイエンスマップ 2006 からサイエンスマップ 2012 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みたところ、日本の機関に所属している著者の論文が 7 件含まれていた(IGZO 系酸化半導体や iPS 細胞(人工多能性幹細胞)にかかわる論文)。これら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。

(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¹。

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。

8-4 次世代サイエンスマップに向けて

第8回科学技術予測調査(2003～2004年度)の「急速に発展しつつある研究領域調査」において、論文データベースを用いた科学研究の観測を初めて実施してから10年以上の調査の蓄積を経て、現行のサイエンスマップの調査手法はほぼ確立したと言える。調査の進化と並行して行政等における認知度も向上し、サイエンスマップ調査の結果は、各種審議会や資金配分機関等における目標設定の基礎資料等として活用されるようになった。また、行政との相互作用は、サイエンスマップの改善や科学技術・学術政策研究所の分析能力の向上にもつながった。

他方で、分析手法や可視化手法は常に進展しており、なかでも近年の機械学習等の人工知能技術の進展は目覚ましい。加えて、エビデンスに基づく科学技術・学術政策立案が求められる中で行政ニーズも高度化しつつある。サイエンスマップをさらに進化させ、科学技術・学術政策の立案において、これまで以上に有効な情報源とするため、調査手法の再検討を行う適当な時期が訪れたといえる。ここでは、次世代サイエンスマップに向けた方向性を4点まとめる²。

(科学知識とそれが生み出される活動の関係性の理解)

科学研究の状況を一目で俯瞰できるサイエンスマップは、本報告書で紹介したように、それ自体でさまざまな情報を含んでいる。しかしながら、それは研究活動の結果得られた成果を可視化したものであり、それが生み出される活動(研究資金、研究チーム、研究の動機等)との関係性については、一層の理解が必要である。

これまで以上に、科学技術イノベーション政策に役立つマップとするためには、科学の知識とそれが生み出される活動の関係性の分析が必要であろう。研究領域における機関や研究者間の協力や競争の状況、研究資金の状況などの情報をサイエンスマップとリンクすることなどが、この例としてあげられる。これによって、研究領域の形成と研究活動の関連が分析可能になるであろう。

研究領域中の機関や研究者ネットワークの分析を正確に行うには、機関や研究者の名寄せが必要となる。サイエンスマップ 2008 においては、研究領域中の機関ネットワークの可視化を実施したが、機関名の名寄せは限定的なものであった。その後、SciREX 事業のデータ・情報基盤構築において、我が国の大学・公的機関

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。

2 ここでの議論は、伊神正貫、阪彩香、梶川裕矢、「科学技術知識のマッピング研究の現状と今後の課題」、研究・技術計画学会 25 回年次学術大会(東京、2010年10月9-10日)をベースに、その後の研究等の進展を含めて記述している。

の網羅的な辞書の整備、それらを用いた論文名寄せが可能となった。これらを活用することで、研究領域における機関の協力や競争の状況のより精緻な把握が可能になると考えられる。

また、サイエンスマップに研究資金等の情報をリンクするには、本報告書で述べたように論文の謝辞情報の活用が有効と考えられる。しかしながら、本文で述べたように現状では謝辞情報を用いた資金情報の把握には限界がある。この限界を乗り越えるには、統一課題番号のようにデータ間のリンクを容易にする仕組みの構築が必須である。

(可視化範囲の拡大)

これまでのサイエンスマップにおいても、人文・社会科学や情報通信分野に関係する研究領域が一部含まれていたが、明示的に分析対象としてはいなかった。

分析対象に人文・社会科学のジャーナルを含めたり、情報通信分野で成果の公表媒体となっているプロシーディングスを分析対象に含めたりすることで、これまでのサイエンスマップでは見えなかった研究領域やその関係性が明らかになる可能性がある。例えば、急速な進展を遂げている人工知能技術等が、科学研究全般にどのような影響を与えているのか/与えていないのかを分析することが出来れば、それらは科学技術・学術政策立案の上でも貴重なエビデンスになると考えられる。

また、サイエンスマップは Top1%論文をグループ化することで、研究領域の俯瞰を行っているが、この対象を Top10%まで広げることで、これまでは観測されなかった研究領域(例えば、科学研究でも応用に近いもの)などの把握が出来るようになる可能性がある。

(科学と技術の間の知識交換の測定への応用)

科学と技術の関係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科学に限られている。科学や技術をより俯瞰的に観測するには、例えば特許などの情報を通じて技術を俯瞰したテクノロジーマップも作成する必要がある。

本報告書では、特許文献中で引用されている論文の情報(サイエンスリンケージ)に注目し、サイエンスマップと技術のつながりについての分析を行った。その結果、研究領域を先導する論文は特許からも引用される傾向が大きいこと、研究領域の種類によって技術とのつながりの度合が異なることを明らかにした。

サイエンスマップとテクノロジーマップを作成し、サイエンスリンケージ等を通じて両者の関係性及び時系列変化をみることで、科学と技術の間の知識交換やアクターの変化、その分野依存性も観測できるようになるであろう。

(科学技術の状況の実時間観測)

定量的な手法を用いて科学や技術の状況を把握するために、マッピングは強力な手法となりえる。しかしながら、マップから得られる情報は近過去のものとならざるを得ず、最新の科学研究の情報を知りたいという行政ニーズとはかい離がある。

このギャップを埋める方法の一つとして、サイエンスマップ 2008 で実施したインタラクティブマップのように、ある時点のマップをもとに、専門家の意見を収集していく方法が有効であろう。現状のサイエンスマップでは、研究領域を構成する論文のタイトルやアブストラクトのテキストマイニングから、研究領域の内容を示す特徴語を自動抽出しているが、それらの日本語への翻訳は人手で行っており時間がかかる。機械学習等を活用することで、研究領域名やそれらを含む概念を瞬時に抽出することができれば、マップの速報性を向上することができる。更に考えを進めれば、各種データベースとマッピング機能を直に連結することで、科学や技術の状況の実時間観測も可能となるかも知れない。

(多様な関係者との対話及び共進化)

現行サイエンスマップの発展過程でみられたような、科学技術・学術政策研究所の分析者とユーザ(行政関係者、大学や公的研究機関の関係者等)との相互対話を通じて、継続的に分析手法を改善していくことが必要である。また、サイエンスマップから得られるのは膨大な情報を取りまとめたものに過ぎず、それを活用する側の能力も併せて向上していく必要がある。さもないと、データへ過度に依存し、行政等の目利き機能を逆に阻害する可能性もある。

以上、今後の方向性をまとめた。ここで述べた問題意識の多くは、サイエンスマップ 2002～2014 を実施する中でも認識されていたものである。したがって、一朝一夕で実現できるものではなく、これまでのように継続した調査の蓄積が必要である。次世代サイエンスマップは、その蓄積の結果として形作られていくだろう。

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。

NISTEP REPORT No.169

サイエンスマップ 2014

2016年9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: 03-3581-4910 FAX: 03-3503-3996

Science Map 2014

September 2016

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/nr169>

SCIENCE MAP 2014



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