

Title	日本の研究の多様性を測る : サイエンスマップを用いたSci-GE0チャートの提唱
Author(s)	阪, 彩香; 伊神, 正貫
Citation	年次学術大会講演要旨集, 29: 726-731
Issue Date	2014-10-18
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12550
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨



日本の研究の多様性を測る -サイエンスマップを用いた Sci-GEO チャートの提唱-

○阪 彩香, 伊神 正貫 (文部科学省 科学技術・学術政策研究所)

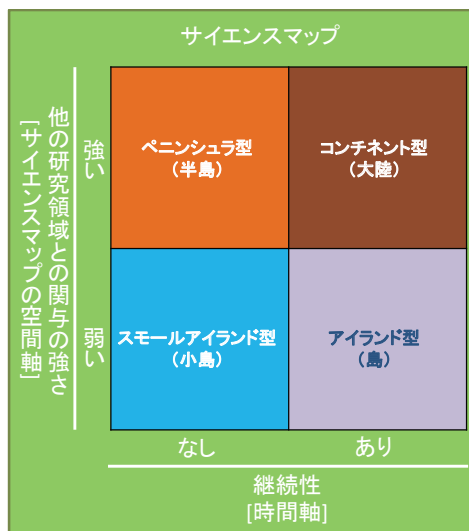
1. 目的

我が国の科学技術・イノベーション政策の根幹となる第4期科学技術基本計画は、2011年から2015年の5年計画であり、その中で、基礎研究の抜本的強化として、独創的で多様な基礎研究の強化と世界トップレベルの基礎研究の強化が挙げられている [1]。現在、第5期科学技術基本計画策定に向けた議論が始まってきているが、その中でもやはりこれらの観点が重要視されると言えるだろう。

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、その中で個々の施策が走ったが、結果として日本の論文数は伸び悩みを見せており、この10年間世界における存在感を低下させている。今一度、世界で行われる研究活動での日本の存在感について、把握を行う必要があり、またその結果を基にした第5期科学技術基本計画策定であるべきである。

では、「基礎研究の多様性」をどのようにモニターすることができるのだろうか。我々は、共引用関係に着目した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把握し、それらが互いにどのような位置関係にあるのか、どのような発展を見せているのかを示したサイエンスマップを定期的に作成し、分析を行っている。この研究領域は、論文の集合体であり、それぞれが独立の研究内容に対応し、ある研究内容を行う研究者コミュニティを指している。そこで、サイエンスマップを基に日本の研究の多様性を測るコンセプトとして、Sci-GEO チャート(Chart represents geographical characteristics of Research Areas on Science Map)の提唱をする¹。

図表 1 研究領域の特徴を分ける Sci-GEO チャート



¹ 本要旨は、研究・技術計画学会第29回年次学術大会のホット 이슈「第5期科学技術基本計画策定に向けた政策分析」における議論に資するために、阪, 伊神(2014)の内容をもとに追記・再構成したものである。詳細については、該当報告書を参照のこと。

2. 手法

サイエンスマップの作成手法については、阪、伊神(2014)を参照されたい[2]。論文分析結果は、トムソン・ロイター社 ESI RF(NISTEP ver.)および”Web of Science(自然科学系)”を基に、筆者らが集計した。Sci-GEO チャート区分における「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、以下のように設計した。

(1) 研究領域の継続性

研究領域の継続性については、時間軸の指標である、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 2010 の研究領域(A)とサイエンスマップ 2012 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。

$$\text{共通度}(\text{Year}A_i; \text{Year}B_j) = M(\text{Year}A_i; \text{Year}B_j) / \sqrt{M(\text{Year}A_i) \times M(\text{Year}B_j)}$$

$M(\text{Year}A_i; \text{Year}B_j)$ 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、 $M(\text{Year}A_i)$ は Year A の研究領域 i のコアペーパー数、 $M(\text{Year}B_j)$ は Year B の研究領域 j のコアペーパー数である。

(2) 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、サイエンスマップの空間上での指標となり、ある研究領域から出ている他の研究領域とのリンク数によって判断した。本分析ではリンク数が 3 以上の研究領域は他の研究領域との関与が強い、2 以下の研究領域は他の研究領域との関与が弱いと考えた。なお、研究領域間のリンクとしては共引用度が 0.02 以上のものを考慮した。

3. 結果

(1) Sci-GEO チャートを用いた研究領域の分類

サイエンスマップは、サイエンスマップ 2002(対象年(以下同):1997-2002 年)、サイエンスマップ 2004(1999-2004 年)、サイエンスマップ 2006(2001-2006 年)、サイエンスマップ 2008(2003-2008 年)、サイエンスマップ 2010(2005-2010 年)、サイエンスマップ 2012(2007-2012 年)と 6 回に亘り、継続的に国際的に注目を集めている研究領域をマッピングすることで科学研究の流れを観測してきた。サイエンスマップの作成の特徴として 6 年間にわたる科学の状況のスナップショットを取りつつ、次のサイエンスマップとの重なりを 4 年分取ることにより、研究領域の継続性の判定が行えることである。この継続的な観察の結果、科学研究には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」がある²。そこで、これらを定量的に分類するために、Sci-GEO チャート(Chart represents geographical characteristics of Research Areas on Science Map)という概念を構築した(図表 1)。

Sci-GEO チャートにおいて、サイエンスマップの時系列変化の中での「硬い部分」「柔らかい部分」について研究領域を継続性(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、過去とマップとの継続性がない場合、他の研究領域との関与が強い「ペニンシュラ型領域」、他の研究領域との関与が弱い「スモールアイランド型領域」に分類した。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様々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だろう。

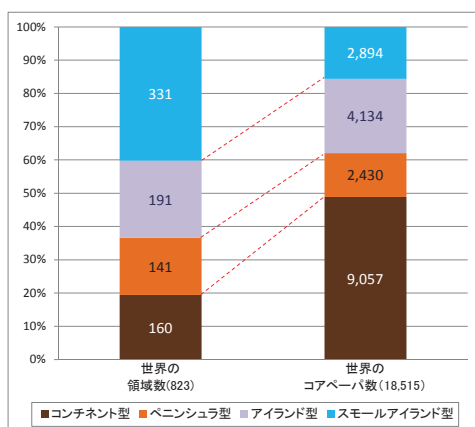
(2) Sci-GEO チャートを用いて見る世界と主要国の研究領域の分類

サイエンスマップ 2012 で得られた国際的に注目を集める 823 研究領域を Sci-GEO チャートに従って分類すると、スモールアイランド型領域の数は 331 領域と全体の 4 割を占めていることが明らかとなった(図表 2)。また、コンチネント型領域の数は 160 領域であり、全体の 2 割程度であった。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 割の論文が含まれ、スモールアイランド型領域には 2 割弱の論文が

² サイエンスマップ(地形表示)のサイエンスマップ 2002 からサイエンスマップ 2012 までの時系列変化を示した動画を科学技術・学術政策研究所のホームページ(<http://www.nistep.go.jp/research/sciencemap>)にて公表している。

含まれている。したがって、国際的に注目を集める研究領域はそれぞれ大きさが異なり、少数の比較的多くの論文数を含む研究領域と、多数の比較的小さいコアペーパーを含む研究領域とから成り立っていることが示された。

図表 2 サイエンスマップ 2012 に見る世界の領域数とコアペーパー数のウェイト

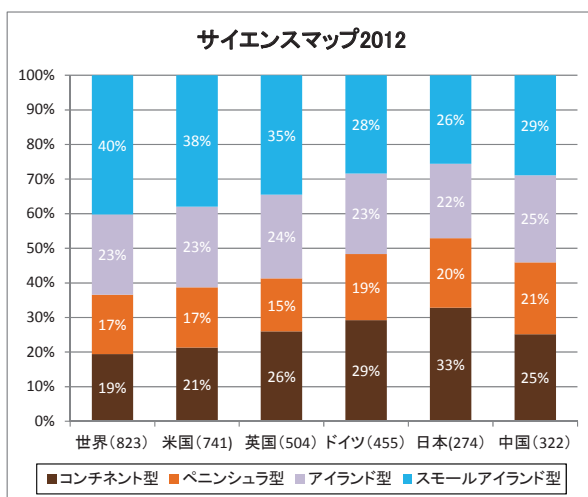
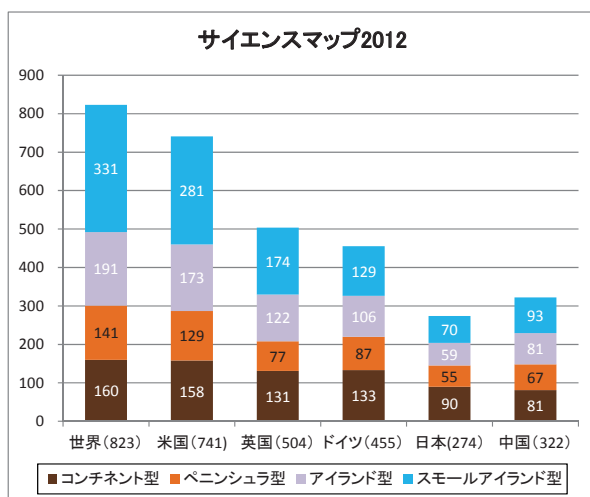


データ:筆者らがトムソン・ロイター社 ESI・リサーチフロントデータ(NISTEP ver.)を基に、集計、分析を実施。

図表 3 サイエンスマップ 2012 に見る主要国の参画領域数とそのウェイト

(A)参画領域数

(B)参画領域数における各 Sci-GEO 型のウェイト



データ:筆者らがトムソン・ロイター社 ESI・リサーチフロントデータ(NISTEP ver.)を基に、集計、分析を実施。

次に、主要国の参画状況について、Sci-GEO チャートを用いて分析した(図表 3)。本分析における、研究領域への参画とは、研究領域のコアペーパーに当該国の関わる論文が 1 件以上含まれていた場合、参画しているとみなす。日本の参画領域数についてみると、274 研究領域に参画しており、その内訳は、コンチネント型が 90、ペニンシュラ型が 55、アイランド型が 59、スモールアイランド型が 70 である。米国や英国やドイツと、日本を比較すると、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ことが明らかとなった。また近年論文数の伸びの著しい中国であるが、Sci-GEO チャートに照らし合わせ参画領域を見てみると、いずれの型の領域だけに特化しているわけではなく、またいずれの型の領域においても日本は参画数で差を付けられていることが分かる。

さらに、Sci-GEO チャートによる研究領域の型のウェイトを見ると、日本の場合、スモールアイランド型が 26%、コンチネント型が 33%であり、世界のバランス(スモールアイランド型 40%、コンチネント型 19%)と比較すると、コンチネント型へ重きがあることが分かる。これは、国際的に注目を集めている大型の研究コミュニティによる研究をより多くリードもしくは追随しているが、一方で参画領域数の少なさは主要国と比べても際立っている。

これらの結果は、科学の流れの中での「日本の存在感」をどう考えるかについて、議論のポイントとなるだろう。参画領域数に見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すために戦略的に大きな研究者コミュニティでの活動を進めるのか。この選択の違いにより、目指すべき日本の Sci-GEO チャートのウェイト設定が変わってくるであろう。

(3) Sci-GEO チャートを用いた研究領域の移行の特徴

Sci-GEO チャートにより分類される研究領域の特徴をさらに分析するために、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(図表 4)。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、ここから一定の確率でアイランド型(3 割弱)やコンチネント型(1 割)のような継続性を持って発展する研究領域が生み出されることを確認した。ただし、約 6 割の領域が次のサイエンスマップでは検出されず、入れ替わりが活発であることが分かる。

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 段階として、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 段階として、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 割程度の領域が次のサイエンスマップでもコンチネント型領域として継続している。2 割弱の領域はアイランド型へ移行し、2 割強の領域は次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、そこでの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 4 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	62.5	0.0	20.5	219.0	28.5%	9.4%	62.1%	83	38%
	(2)アイランド型	0	44.2	0.0	20.8	151.0	29.3%	13.8%	57.0%	65	43%
	(3)ペニンシュラ型	0	13.4	0.0	62.6	129.0	10.4%	48.5%	41.1%	76	59%
	(4)コンチネント型	0	14.9	0.0	80.1	127.0	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	87.0	0.0	28.0	257.0	33.9%	10.9%	55.3%	115	45%
	(2)アイランド型	0	42.6	0.0	18.4	142.0	30.0%	13.0%	57.0%	61	43%
	(3)ペニンシュラ型	0	23.3	0.0	59.7	141.0	16.5%	42.4%	41.1%	83	59%
	(4)コンチネント型	0	31.3	0.0	87.7	147.0	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	68.2	0.0	35.8	248.0	27.5%	14.4%	58.1%	104	42%
	(2)アイランド型	0	63.2	0.0	22.8	169.0	37.4%	13.5%	49.1%	86	51%
	(3)ペニンシュラ型	0	4.1	0.0	47.9	92.0	4.5%	52.1%	43.5%	52	57%
	(4)コンチネント型	0	19.9	0.0	82.1	138.0	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	75.1	0.0	21.9	286.0	26.3%	7.7%	66.1%	97	34%
	(2)アイランド型	0	58.6	0.0	15.5	156.0	37.5%	9.9%	52.6%	74	47%
	(3)ペニンシュラ型	0	23.1	0.0	76.9	168.0	13.8%	45.8%	40.5%	100	60%
	(4)コンチネント型	0	26.3	0.0	87.7	155.0	17.0%	56.6%	26.5%	114	74%

データ: 筆者らがトムソン・ロイター社 ESI・リサーチフロントデータ(NISTEP ver.)を基に、集計、分析を実施。

(4) サイエンスマップ 2008 に見る WoS-KAKEN 論文、JST 論文の含まれる領域の特徴分析

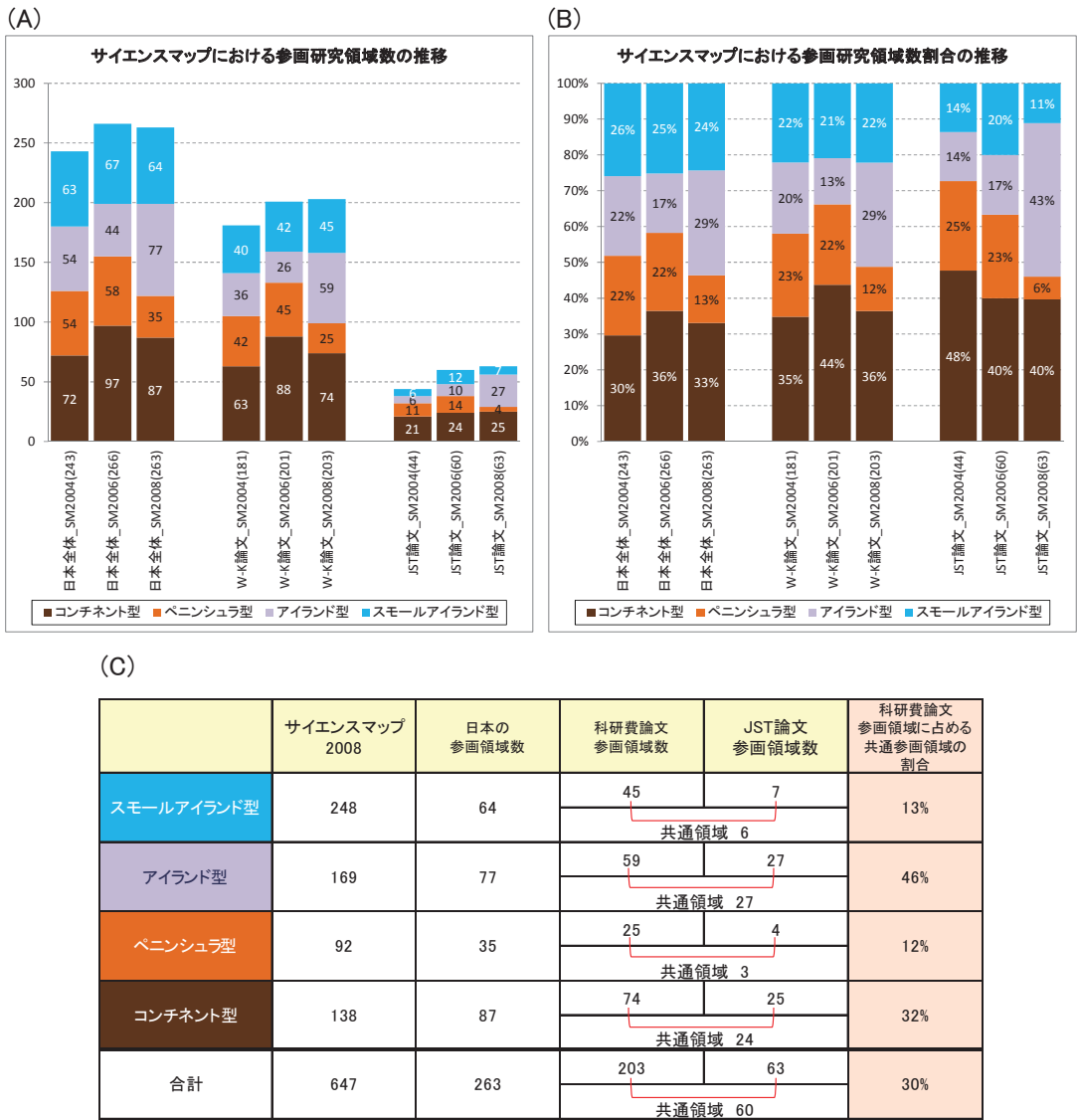
これまでに示してきた結果は、Sci-GEO チャートによる研究領域タイプによって、研究を推進するための最適な方策(課題数、研究チームの規模、研究資金の規模)が異なることを示唆している。そこで、ファンディングがこのサイエンスマップの Sci-GEO チャートによる研究領域タイプとどのような関係を持っているかを分析した。

富澤らは、科学研究費助成事業データベースと 科学論文書誌データベースの高精度データ接続を行い報告している[3]。この高精度データ接続により、KAKEN 成果情報の論文のうち、Web of Science に連結された論文を「WoS-KAKEN 論文」と言う。また、比較対象として科学技術振興機構(JST)を取り上げる。JST のファンディングを受けた論文は、著者所属に JST と含まれることとなっているため、これらの論文を「JST 論文」とした。

研究領域の特徴を分ける Sci-GEO チャートにしたがって、WoS-KAKEN 論文参画領域と JST 論文参画領域を分類した(図表 5)。

WoS-KAKEN 論文参画領域については、日本全体とほぼ同様の傾向である。JST 論文参画領域を見ると、特にアイランド型とコンチネン型が多いのが特徴である。これまでは、定性的に科研費は我が国の研究の多様性を支え、JST は戦略的に研究を推進していると言われていたが、その様子が定量的にとらえられていると言える。

図表 5 サイエンスマップにおける WoS-KAKEN 論文、JST 論文の特徴



(注 1) 科研費論文(WoS-KAKEN 論文)とは、科研費成果データベースに収録された成果と Web of Science が連結された論文を指す。

(注 2) JST 論文とは、Web of Science に収録されている論文のうち、著者所属に JST の記載のある論文を指す。

データ: 筆者らがトムソン・ロイター社 ESI・リサーチフロントデータ(NISTEP ver.)を基に、集計、分析を実施。

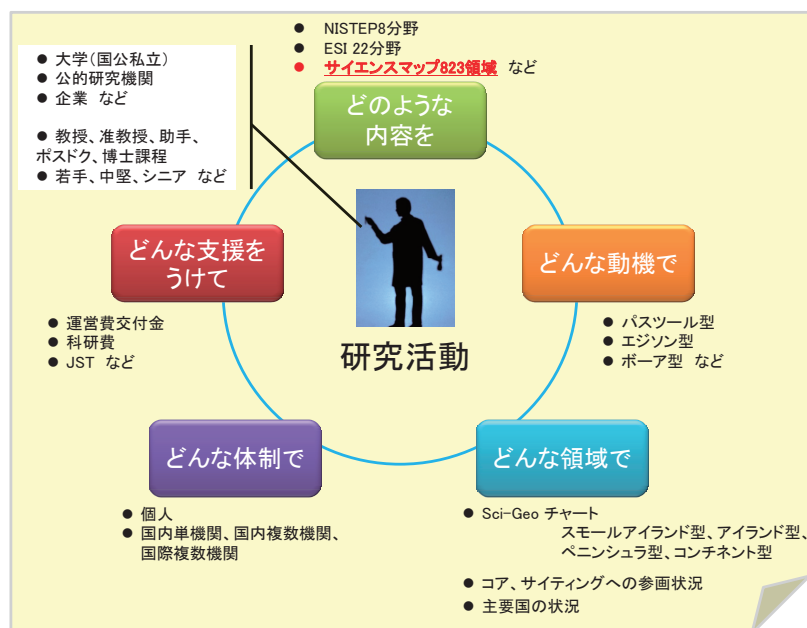
4. 今後の課題

研究活動がどのような要素から成り立っているかを図表 6 にまとめた。少なくとも、①どのような内容を、②どのような動機を持ち、③どのような領域において、④どのような体制で、⑤どのような支援を受けて実施しているかの5視点を考える必要がある。本研究で提唱した Sci-GEO チャートにより、研究という活動を考える際の「③どんな領域で」という視点の指標が一つ増えたと言える。今後はこれらの視点間をリンケージしていくことで、研究活動の状況の理解を深化させていくこととなる。

サイエンスマップでは、国際的に注目を集めている研究領域を中心に、その上にさまざまな情報をオーバーレイしている。これは、別の言葉でいえば、上記で述べた①～⑤の状況をリンケージさせることで、①～⑤の状況を一体的に理解しようとしているということである。これらの理解は、政策立案における議論を質的に変化させる可能性がある。例えば、国際化という視点で見ても、サイエンスマップからは研究領域によって国際化の状況が異なることや、英国やドイツなどは国際化を通じてサイエンスマップ上の参画領域を増やしていることなどが明らかになっている。さらに、別の研究からは、現実の具体的な課題の解決を動機とするエジソン型と比べて、基礎原理の追及を動機とするボーア型の研究プロジェクトでは、国際共同研究となる割合が高いことも示唆されている[4]。これらの情報により、科学技術・学術政策における国際化の意味づけがより明確になるのではないだろうか。

また、研究資金の種類や金額の情報とサイエンスマップをリンクできれば、研究を推進する上で必要な研究資金や研究チームの規模の理解も深まると考えられる。Sci-GEO チャートの分析からみたように、世界において注目されている研究領域の4割が入れ替わりの活発なスモールアイランド型の研究領域であり、約2割が継続し他の研究領域との関係性の強いコンチネント型領域である。この両者のバランスを日本としてどのように設定するか議論をすすめることにより、研究資金の配分システムの実質的な改革案が生まれるのではないだろうか。

図表 6 研究活動の関わる要素



参考文献

- [1] 第4期科学技術基本計画 (<http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/4honbun.pdf>)
- [2] 阪 彩香, 伊神正貴, サイエンスマップ 2010&2012—論文データベース分析 (2005 年から 2010 年および 2007 年から 2012 年)による注目される研究領域の動向調査—[NISTEP REPORT No.159] (<http://www.nistep.go.jp/research/sciencemap>)
- [3] 富澤宏之, 伊神正貴, 阪 彩香(2013), 「科学研究費助成事業データベースと科学論文書誌データベースの高精度データ接続」, 研究・技術計画学会年次学術大会講演要旨集, 28, pp.1067-1070(<http://hdl.handle.net/10119/11891>)
- [4] 伊神正貴, 長岡貞男, 科学研究プロジェクトの動機が研究マネジメント, チーム構成および研究成果に与える影響を探る—日米の科学者を対象とした大規模調査による実証研究—, 日本知財学会誌, 10(3) pp. 33-45, 2014 年 3 月