

Title	サイエンスマップに見る科学のダイナミクス
Author(s)	阪, 彩香; 伊神, 正貫; 桑原, 輝隆
Citation	年次学術大会講演要旨集, 23: 582-585
Issue Date	2008-10-12
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/7630
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

サイエンスマップに見る科学のダイナミクス

○阪 彩香、伊神正貫、桑原輝隆（文部科学省・科学技術政策研究所）

1. はじめに

世界で産出される研究活動のアウトプットである論文量は現在1年間に約100万件発表されており、一貫した増加傾向にある[1]。また、国際共著論文の占める割合が増加傾向であり、研究活動自体が「単国、単機関、個人」の活動から「複数国、複数機関、団体」活動へと、研究活動の様相の動的变化が指摘されている。つまり、世界の研究者により、研究活動の様相を変えながらも、着実に科学知識が蓄積しているのである。したがって、多くの研究者や科学政策立案者は「科学が進んでいる」ことを実感しているだろうが、どのように進んでいるのか把握することは容易なことではない。

我々は、科学研究の動的变化を定期的に観測することを目的に、科学研究の状況を俯瞰的に可捉えることの出来る地図であるサイエンスマップを作成している[2-7]。このサイエンスマップの特徴は、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。サイエンスマップを用いた科学研究の分析¹は、①論文のグループ化による研究領域の構築、②研究領域のマッピングによる可視化、③注目研究領域の内容分析の3つを経て行なわれる。

本研究では、サイエンスマップ 2004（調査対象年：1999-2004 年）とサイエンスマップ 2006（調査対象年：2001-2006 年）の2時点のデータを用いて、比較分析や専門家へのインタビュー調査を行なうことで、時系列における科学のダイナミクスを記述することとした。

2. サイエンスマップ 2004 と 2006

まず、サイエンスマップから垣間見える科学研究のダイナミクスについて述べる。2004年から2006年の間に、どのような変化があったかを、2つの研究領域相関マップの比較や聞き取り調査の結果をもとに、議論する。

研究領域相関マップで表示したサイエンスマップ 2004 とサイエンスマップ 2006 の比較を図1に示す。サイエンスマップ 2004 とサイエンスマップ 2006 に共通に含まれているコアペーパーをマーカとして用いることで、注目研究領域がどのように発展しつつあるかの把握が可能である。それぞれの図中にはサイエンスマップ 2004 とサイエンスマップ 2006 で共通のコアペーパーが何処に存在しているかの対応関係を示している。黄色の矢印で示したのはコアペーパーの集まりが分裂せずに継続している注目研究領域、赤色の矢印で示したのはコアペーパーの集まりが幾つかのグループに分裂した注目研究領域、青色の矢印で示したのはサイエンスマップ 2006 では融合した注目研究領域である。コアペーパー数が80以上で、コアペーパーの重なりが20以上の注目研究領域間の対応関係を示した。コアペーパーの密度が高い部分には、結果的にサイエンスマップ 2004 から継続しているコアペーパーが多く含まれていることが分かる。これは明白なことに思えるが、逆に言えば研究領域が大きくなるためには、継続的に研究領域の核となり続ける科学知識が必要であるということであろう。以下では、研究領域群毎に科学研究のダイナミクスについてまとめる。

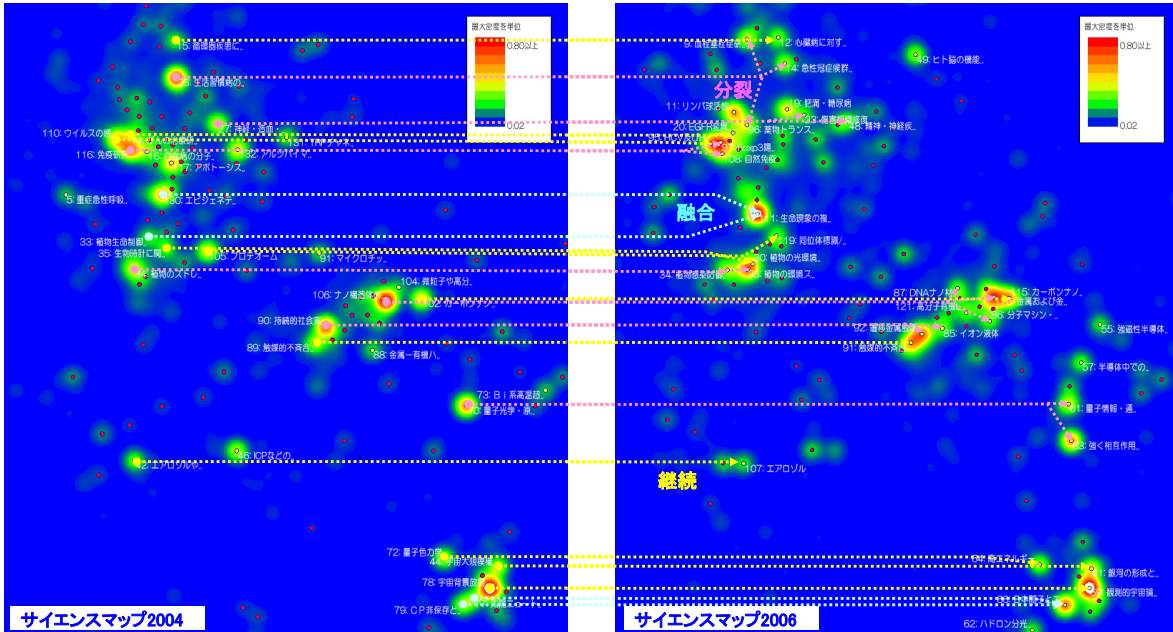
(1) 生命科学系

生命科学系の研究領域エリアにおいて、ポストゲノム研究が、主に植物や菌類を研究対象とする植物科学研究と、動物や菌類を研究対象とする心臓・血管疾患研究、脳研究、肥満研究、がん研究、感染症・免疫研究とをブリッジしつつあることを確認した。この現象には、2つの事項が関与している。1つめは、より複雑で広範な生命現象の調節機構を理解しようとする生命科学の流れである。動物及び植物における生命現象に関する研究は、長らくDNAからRNAへの転写調節機構の解明に主眼がおかれてきた。しかしながら、2000年代に入るとこれに加えて、RNAiを始めとするRNAレベルでの調節機構、タンパク翻訳後の調節機構、ならびに生体内でのタンパク質の局在調節等の研究の発表が多くなされるようになった。サイエンスマップ上では、この動きは「エピジェネティクスによる遺伝子転写制御の研究(2004、ID130)」と「植物生命制御および維持機構の解析(2004、

¹ サイエンスマップの作成に関する詳しい手法については、2B07を参照のこと。

ID33)が融合し「生命現象の複階層的な調節機構(2006、ID111)」を形成した事例(図 2 に青色の矢印で示した動き)として観測されている。

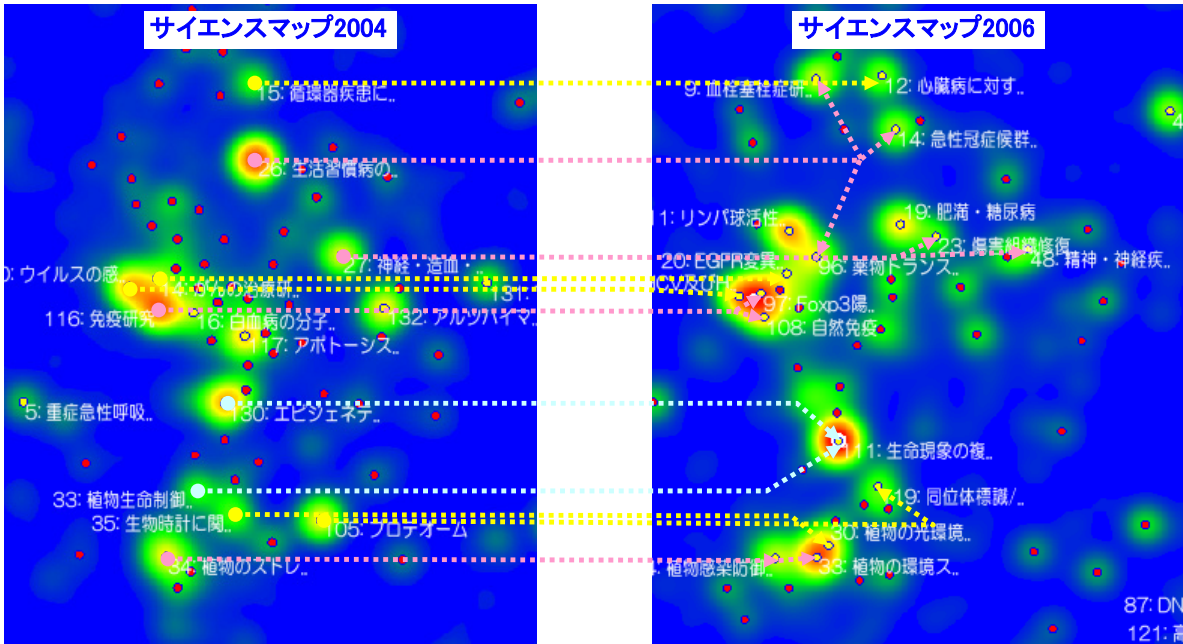
図 1 サイエンスマップ 2004 とサイエンスマップ 2006 の比較



(注) コアペーパー数が 80 以上の注目研究領域について領域名の一部を示した図、コアペーパー数が 80 以上の注目研究領域の位置を黄色の丸、コアペーパー数が 80 より小さい注目研究領域の位置を赤色の丸で示している。

データ: Thomson Scientific 社 “Essential Science Indicators”に基づき科学技術政策研究所が集計

図 2 生命科学系研究の変化



(注) 黄色の矢印で示したのはコアペーパーの集まりが分裂せずに継続している注目研究領域、赤色の矢印で示したのはコアペーパーの集まりが幾つかのグループに分裂した注目研究領域、青色の矢印で示したのはサイエンスマップ 2006 では融合した注目研究領域である。コアペーパー数が 80 以上で、コアペーパーの重なりが 20 以上の注目研究領域間の対応関係を示した。コアペーパー数が 80 以上の注目研究領域の位置を黄色の丸、コアペーパー数が 80 より小さい注目研究領域の位置を赤色の丸で示している。

データ: Thomson Scientific 社 “Essential Science Indicators”に基づき科学技術政策研究所が集計

2つめは、タンパク質研究の位置づけの変化である。サイエンスマップ 2004 では、「プロテオーム研究(2004、ID105)」は、化学合成と生命科学系の間のやや孤立した位置だったが、サイエンスマップ 2006 では、継続された研究領域である「同位体標識/定量的質量分析/タンパク質解析(2006、ID119)」がポストゲノム研究領域群の中へと位置している。タンパク質の質量分析に関する研究は、島津製作所の田中耕一氏が、生体高分子の質量分析法のための「脱離イオン化法」の開発が評価され、ノーベル化学賞を受賞したことから分かるように、従来の「化学」の要素を強く持つ研究であった。モデル生物を対象としたゲノム解読の進んでいく中で、タンパク質を網羅的に調べる研究に注目が集まり、質量分析の手法が生命科学系の研究に積極的に取り込まれ、現在ではポストゲノム群の手法の一つとして定着したという科学の流れを読み取ることができる。

＜植物科学研究＞

ポストゲノム研究と植物科学研究との繋がりが強まったことにより、研究領域の性格に変化があり、分裂した研究領域が見られた。サイエンスマップ 2004 の「植物のストレス応答(2004、ID34)」が、サイエンスマップ 2006 では「植物の環境ストレス応答/代謝プロファイリング/細胞構造とリン脂質代謝(2006、ID33)」と「植物感染防御/植物免疫」に分裂した。2000 年代に入り、モデル植物における遺伝子同定、遺伝子間ネットワークの研究、トランスクリプトーム解析、メタボローム解析などの解析が活発化し、より詳細な研究が進み、それぞれの研究コミュニティを形成するに至ったと考えられる。専門家からは、今後は環境問題や食糧問題との関係が重視されるであろうとの指摘があった。サイエンスマップ 2004 に引き続き日本は植物科学で健闘しているが、中国も存在感を増しつつあり、今後の動向を注視する必要がある。

＜臨床医学＞

臨床医学は、科学の中でも変化が速い分野である。臨床医学に直結または関わりのある研究領域は、サイエンスマップ 2004 時点から、それぞれ研究領域のサイズが大きくなり継続している、もしくはサイズが大きくなったため分裂している。また、サイエンスマップ 2006 では、今後の発展が見込まれる研究領域が、生命科学系の周辺に多く点在しており、次の注目研究領域の芽が既に育ちつつある。

(2) 化学合成、ナノサイエンス

生命科学やナノサイエンスで、分子レベルでの研究が進展するなかで、過去に比べて化学の守備範囲が広がっている。ナノサイエンスは着実に発展している。サイエンスマップからは化学合成とナノサイエンスを繋ぐ研究の量が増えつつある様子が見えている(図 3)。

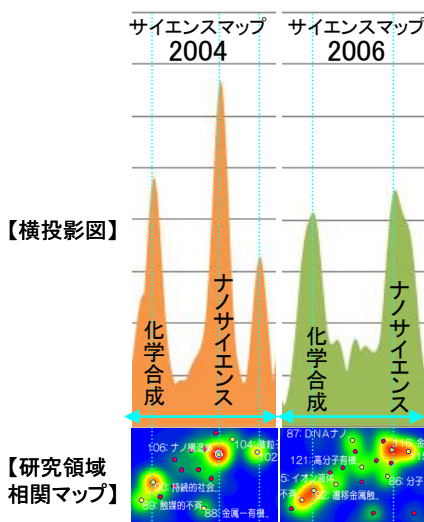
＜化学合成＞

有機触媒を用いた不斉合成についての研究が急成長を見せた。化学の基本は化学構造式レベルで物質を理解するという点である。生命科学やナノサイエンスで、分子レベルでの研究が進展するなかで、過去に比べて化学の守備範囲が広がっている。研究領域関連マップ上でも化学は、生命科学と物理の間に存在しており、この状況を反映した結果となっている。

＜ナノサイエンス＞

ナノサイエンスは着実に発展している。サイエンスマップ 2004 では「ナノ構造体の作成および分子・デバイスへの応用に関する研究(2004、ID106)」の 1 構成要素であった「分子マシン・単分子導電体による超分子ナノデバイスに関する研究(2006、ID86)」、「DNA ナノ材料・デバイス(2006、ID87)」が独立した研究領域として見出されるまでに拡大している。サイエンスマップからは化学合成とナノサイエンスを繋ぐ研究の量が増えつつある様子が見えている。

図 3 化学合成とナノサイエンスの間に研究領域が増加している様子



データ: Thomson Scientific 社 “Essential Science Indicators” に基づき科学技術政策研究所が集計

(3) 物性研究、素粒子・宇宙論

物性研究では、量子コンピューティングや超伝導が注目研究領域として抽出された(図 4)。素粒子・宇宙論では、欧州原子核研究機構(CERN)の LHC (Large Hadron Collider)の始動に伴い、今後は理論の検証と実験による新現象の発見が相互に刺激しあい研究が進展することが予想される。

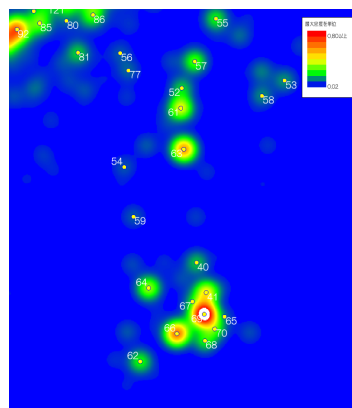
<物性研究>

物性研究には、主に量子コンピューティングや超伝導についての注目研究領域が含まれている。サイエンスマップ 2004 から 2006 の比較を見ると「強磁性半導体スピントロニクス(2006、ID55)」、「半導体中でのスピンの電氣的制御/固体素子による量子コンピュータ(2006、ID57)」が論文量を増している。物性研究の位置は、化学合成と素粒子・宇宙論の間にあることは今後も変わらないだろうが、抽出される注目研究領域は時代によって変化するだろうとの指摘が専門家から得られた。

<素粒子・宇宙論>

サイエンスマップ 2004 と 2006 を比較すると、一部の注目研究領域の融合が見られるが、基本的にはサイエンスマップ 2004 で観測された注目研究領域が継続している。これは素粒子・宇宙論においては統一場理論の構築や宇宙の起源の理解といった究極の目標が定まっており、その目標に向かって研究が進化し続けている為だと思われる。素粒子・宇宙論の研究領域群と他の研究領域群との関連性は大きく変わらないことが予想され、サイエンスマップの時系列変化を観測した場合も、マップ上の素粒子・宇宙論の位置は変化せず、研究の内容が変化し続けると考えられる。

図 4 サイエンスマップ 2006 (物性研究/素粒子・宇宙論拡大図)



データ: Thomson Scientific 社 “Essential Science Indicators” に基づき科学技術政策研究所が集計

素粒子・宇宙論は実験と理論がお互いを刺激しあい進む分野である。これまででは、理論が先行してきたが、欧州原子核研究機構(CERN)の LHC (Large Hadron Collider)の始動に伴い、今後は理論の検証と実験による新現象の発見が相互に刺激しあい研究が進展することが予想される。

3. まとめ

サイエンスマップ 2004 とサイエンスマップ 2006 の比較分析や専門家へのインタビューから、科学研究は 2 時点の間においても着実に変化しつつあることが確認された。また、研究領域群によって、変化の仕方に特徴が見られた。生命科学に関わる研究領域群は、各研究領域が拡大、分裂、融合、継続と様々なフェーズへの位相が比較的短いスパンで見られる一方、素粒子・宇宙論に関わる研究領域群では、継続のフェーズが中心である。さらに、化学合成とナノサイエンスの間では、研究領域群が融合される様子が見られている。すなわち、科学を俯瞰するサイエンスマップで、科学の地殻変動の様子を捉えることが出来たと言えよう。

(参考文献)

- [1] 阪 彩香、桑原輝隆、調査資料-158 世界の研究活動の動的変化とそれを踏まえた我が国の科学研究のベンチマーキング, 2008 年 9 月
- [2] 伊神正貫、桑原輝隆、論文データベースを用いた新興科学技術領域の俯瞰的探索手法, 研究・技術計画学会第 18 回年次学術大会, 2003 年 11 月
- [3] 伊神正貫、阪 彩香、桑原輝隆、論文データベースによる研究領域の俯瞰的探索, 研究・技術計画学会第 19 回年次学術大会, 2004 年 10 月
- [4] 科学技術政策研究所, NISTEP REPORT No.95 急速に発展しつつある研究領域調査, 2005 年 5 月
- [5] 阪 彩香、伊神正貫、桑原輝隆、論文データベースを用いたサイエンスマップ作成と研究領域の動向分析, 研究・技術計画学会第 21 回年次学術大会, 2006 年 10 月
- [6] 科学技術政策研究所, NISTEP REPORT No.100 サイエンスマップ 2004, 2007 年 3 月
- [7] 阪 彩香、伊神正貫、桑原輝隆, NISTEP REPORT No.110 サイエンスマップ 2006, 2008 年 6 月