

2C28 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

○伊神正貫，桑原輝隆（文科省・科学技術政策研）

1. 研究の目的

我が国では、第2期科学技術基本計画において初めて優先分野が明示され、また、総合科学技術会議の設立により研究開発資源、特に予算配分の戦略的重点化が行われるなど、科学技術を巡る環境は大きく変化してきている。

科学技術に対する投資の充実を図るためには、国の財政事情が逼迫する中で、投資を最大限に活用するための重点化が一層求められる状況にある。このような重点化政策を進めるうえで重要なことは、優先順位付けを行う上で必要となる情報を有効に提供し、その上で政策決定者が的確な決定をなせるようにすることである。

科学技術が急速な発展を見せる現在の状況下では、今後の重点化政策を考える上で、ナノテクノロジーなどの新興科学技術領域をいち早く把握する事が重要である。しかし、新興科学技術領域の把握には最先端の専門知識が必要となる為、科学技術全体に対して俯瞰的な視点で新興科学技術領域を把握することは容易ではない。

本研究は、過去数年間に論文の出版件数が急増している科学技術領域を論文データベースの分析によって明らかにする事を最終目的とする。今回はその前段階として、論文データベースを用いた科学技術領域の探索手法について報告する。

なお、本研究は平成 15 年度科学技術振興調整費の「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」の一環として実施された。

2. 研究の概要

2.1. 研究に用いた基礎データ

科学技術領域の把握には Thomson ISI 社のデータベース Essential Science Indicators に含まれるリサーチフロント(以後レベル 1RF と記述)を用いた。レベル 1RF とは論文の共引用関係によって関連づけられた、類似したテーマに関する論文の集まりである。レベル 1RF 形成のメカニズムは以下の通りである。

- ① レベル 1RF は、ISI データベースに収録されている論文で、分野毎、各年の中で引用数が top 1%に入る論文で構成される。
- ② 共引用の数がある閾値を超えた段階から、レベル 1RF の形成が始まる(図 1 左参照)。ここで、共引用とは、ある論文で2つの論文が同時に引用される事を示し、共引用で結びつけられた論文をコアペーパーと呼び、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ぶ。
- ③ 該当する科学技術領域の進展につれて、共引用で結びつけられる論文数は増加し、コアペーパーの数は増加していく(図 1 右参照)。なお、レベル 1RF は 2 ヶ月毎に随時更新され、コアペーパーの数は増減する。また、レベル 1RF が消滅、あるいは分割する場合もある。

本研究では、2003 年 3 月 1 日アップデート分の Essential Science Indicators データベースに含まれるレベル 1RF (臨床医学、化学、物理学など 22 分野 5221 個)を基礎データとして用いた。レベル 1RF はフロント ID で分類されており、レベル 1RF の概念を示すキーワード群、レベル 1RF を構築するコアペーパー数、コアペーパーの平均出版年などの情報が登録されている。表 1 にレベル 1RF の例を示す。

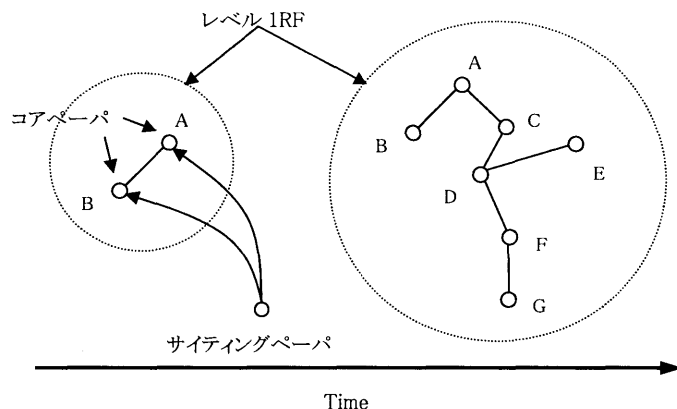


図1 レベル 1RF の形成メカニズムの模式図

表1 レベル 1RF の例(CARBON NANOTUBE に関連するもの)

フロント ID	キーワード群	コアペーパー数	コアペーパーの平均出版年	サイティングペーパー数
5847	CARBON NANOTUBE FIELD-EFFECT TRANSISTORS USING TOP GATE ELECTRODES; CARBON NANOTUBE TRANSISTORS; SEMICONDUCTING SINGLE-WALL CARBON NANOTUBES; AMBIPOLAR ELECTRICAL TRANSPORT; CONTROLLING DOPING	3	2002	24
5301	HYDROGEN STORAGE USING CARBON ADSORBENTS; SONICATED CARBON MATERIALS; CARBON NANOTUBES; CARBON NANOSTRUCTURES; RECENT ADVANCES	4	2001.5	42
4771	CARBON NANOTUBE-MAGNESIUM OXIDE CUBE NETWORKS; PATTERNED GROWTH; DISCRETE CATALYTIC NANOPARTICLES; SCALABLE CVD SYNTHESIS; HIGH-PURITY SINGLE-WALLED CARBON NANOTUBES	4	2001.7	23
4445	VERTICALLY ALIGNED CARBON NANOTUBES USING PLASMA ENHANCED CHEMICAL VAPOR DEPOSITION; SITU GROWN VERTICALLY ALIGNED CARBON NANOFIBER; ELECTROPHOTONIC APPLICATIONS USING CARBON NANOTUBE LINE EMITTERS DIRECTLY GROWN	6	2000.5	116
4441	SINGLE WALL CARBON NANOTUBES; MULTIWALLED CARBON NANOTUBES; TENSILE LOAD; TENSILE LOADING; BREAKING MECHANISM	2	2000	90

2.2. レベル 2RF の形成

レベル 1RF の中には類似のテーマを取扱っているにも関わらず、共引用される頻度が少ないために独立のレベル 1RF として存在するものがある。表 1 はレベル 1RF の内、キーワードとして CARBON NANOTUBE(以後 CNT と記述)を含むものの例である。ここでフロント ID5847 は CNT を用いた電界効果型トランジスタ、フロント ID5301 は CNT などカーボン材料の水素吸蔵を扱ったフロントである。全レベル 1RF 中では 39 個が CNT をキーワードとして含む。

本研究ではレベル 1RF より大きな科学技術領域の概念を抽出し、類似なレベル 1RF 間の関連性を把握する事を目的としている。この為、類似のテーマを扱ったレベル 1RF をクラスタリングする事で、レベル 1RF より大きな概念を示すレベル 2RF の構築を行った。

レベル 2RF のクラスタリングにはレベル 1RF と同様に共引用関係を用いた。その際、レベル 2RF の構築に用いる閾値の値を、レベル 1RF 形成の条件より小さな値に設定した。分析の結果、最終的には 679 のレベル 2RF が得られた。表 2 に CNT に関するレベル 2RF を示す。レベル 2RF もレベル 1RF と同様にフロント ID で分類され、レベル 2RF の概念を示

キーワード群、レベル 2RF を構築するレベル 1RF 数、レベル 2RF を構築するレベル 1RF に属するコアペーパー全体の平均出版年などの情報が登録されている。CNT に関するレベル 2RF は全部で 36 個のレベル 1RF から構成されている。

表 2 レベル 2RF の例(CARBON NANOTUBE に関連するもの)

フロント ID	キーワード群	レベル 1RF 数	コアペーパーの平均出版年
188	SINGLE-WALLED CARBON NANOTUBES USING BINARY (FE; INDIVIDUAL SINGLE-WALLED CARBON NANOTUBES; ATOMICALLY RESOLVED SINGLE-WALLED CARBON NANOTUBES; VERTICALLY ALIGNED CARBON NANOTUBES USING PLASMA ENHANCED CHEMICAL VAPOR DEPOSITION	36	1999.16

2.3. マップの作成

レベル 2RF に含まれるレベル 1RF 間の関連性を視覚的に表現する事を目的として、レベル 2RF のマップを作成した。図 2 に CNT に関するレベル 2RF のマッピングの結果を示す。マップの見方は以下の通りである。

- マップに描かれている円が 1 つのレベル 1RF に対応している。
- 円の半径はレベル 1RF のサイティングペーパー数に対応している。
- レベル 1RF 間の関連性を示す為に、ひとつのレベル 1RF から最も強い共引用関係が見られるレベル 1RF に対して線が引かれている。
- 黒色のレベル 1RF はサイティングペーパー数の増加率が顕著なレベル 1RF を示す。
- 斜線のレベル 1RF は 2002 年に新規に現れたレベル 1RF を示す。

マップの作成は Force-directed-placement method を用いて行った。初期状態としてランダムな円の配置を与え、すべての円を力の働く方向に移動させることにより、徐々にそれらの位置を調節した。各円にかかる力が最小となった配置を最終結果とした。各円に働く力は共引用関係に基づいて計算される引力、および斥力の合計で評価した。

2.4. CNT のレベル 2RF の内容について

図 2 に CNT のレベル 2RF のマップを示す。本レベル 2RF は CNT の基礎物性から応用に関するレベル 1RF で構成されている。主なトピックスは以下の通りである。

- 単層、多層 CNT の合成
- CNT の基礎物性(力学特性、電子状態、電気伝導)
- CNT を用いた電界放出型電子源
- CNT への水素やリチウムの吸蔵
- CNT を用いた化学センサー
- CNT を用いた電界効果型トランジスタ

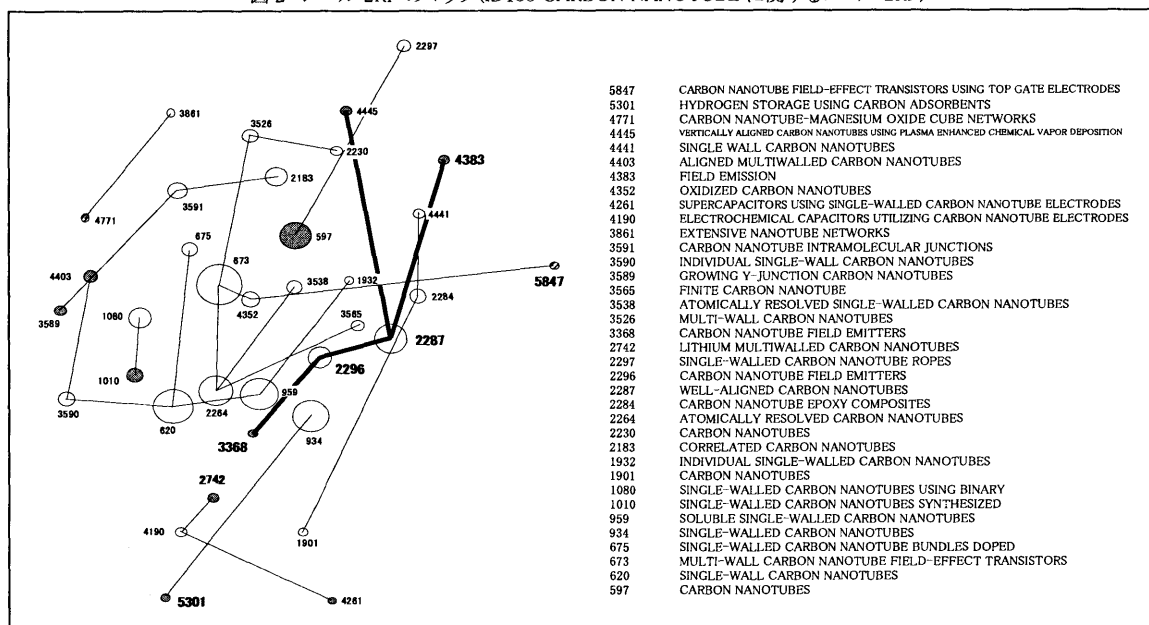
レベル 1RF の繋がりを詳細に分析することで、技術の発展過程を検証することも可能である(図 2 中、太線で示したリンク)。1998 年に、ニューヨーク州立大の Ren らは、Ni を蒸着したガラス基板上で炭化水素を分解すると、配向の揃った CNT が生成する事を示した。ID2287(WELL-ALIGNED CARBON NANOTUBES)は、Ren らの論文をコアペーパーとするレベル 1RF である。この方法は、CNT を単に大量生産するだけでなく、電界放出ディスプレイをはじめとするデバイスを研究開発する際にも、重要な加工手段として注目されている。ID2287 とリンクしている ID4383(FIELD EMISSION), 3368(CARBON NANOTUBE FIELD EMITTERS), 2296(CARBON NANOTUBE FIELD EMITTERS)は CNT を用いた電界放出型電子源に関するレベル 1RF である。ID4383, 3368 は共にサイティングペーパー数の増加率が顕著なレベル 1RF であり、Ren らの論文が

発端となり、CNTを用いた電界放出型電子源の研究が進展した事が分かる。

また、CNTへの水素やリチウムの吸蔵に関するレベル1RF(ID2742, ID5301)もサイティングペーパー数の増加率が顕著となっている。マップ上、最も新しいレベル1RFはID5847(CARBON NANOTUBE FIELD-EFFECT TRANSISTORS USING TOP GATE ELECTRODES)であり、CNTを用いた電界効果型トランジスタに関するものである。

これらの傾向から、CNTの研究は基礎物性の理解の段階から、電界放出型電子源をはじめとする電子デバイス、燃料電池やリチウム2次電池の電極材料など応用を目指した研究に移行しつつあることが分かる。

図2 レベル2RFのマップ(ID188 CARBON NANOTUBEに関するレベル2RF)



Certain data included herein are derived from information prepared by the Institute for Scientific Information®, Inc. (ISI®), Philadelphia, Pennsylvania, USA: © Copyright Institute for Scientific Information® 2003. All rights reserved.

3. まとめと今後の予定

本報告では、論文データベースを用いた科学技術領域の探索手法について述べ、CNTに関するレベル2RFの事例を紹介した。本手法の特徴は、論文の共引用関係を用いることで類似のテーマを持った論文がクラスタリングされる点にある。これらの作業はデータベース分析により自動的に実行可能であることから、論文データベースによる俯瞰的な科学技術領域の把握が可能となる。また、レベル2RFに含まれるレベル1RFのマップを作成する事で、技術間の関連性が視覚的に表現される。

ここでは、CNTに関する1事例のみを紹介したが、今後は残りのレベル2RFに関する分析を進め、特に注目すべき科学技術領域の抽出、及びその内容の詳細分析を実施する予定である。