

平成 2 1 年 6 月 2 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18700240

研究課題名（和文） ネットワーク分析を用いたマテリアル・イノベーションプロセスの解析

研究課題名（英文） Investigation on material innovation process by network analysis

研究代表者

梶川 裕矢（KAJIKAWA YUYA）

東京大学・大学院工学系研究科・助教

研究者番号：70401148

研究成果の概要：

材料科学分野における近年の顕著なイノベーション事例を例にとり、イノベーションプロセスをネットワーク分析を用いて追跡した。各分野におけるコア論文のネットワーク中での位置の変遷を追跡することで、媒介中心性が将来の被引用数に影響を与えることを見出した。また、クラスタリングおよび可視化を用いることで、急速に研究が進展しつつある萌芽的な研究分野を抽出できることを示し、それらの分析手法を用いて、技術ロードマップ作成を支援できる可能性を示した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,200,000	0	1,200,000
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	360,000	3,960,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・情報図書館学・人文社会情報学

キーワード：情報図書館学、イノベーション、新材料、ネットワーク分析

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 産業における競争力の源泉が、従来の有形資産から、知識・技術といった無形資産にシフトするに従い、将来のイノベーションの核となる技術分野をいち早く認識し、着手することが、国家、企業、大学、いずれにとっても、競争優位性を確保する上で重要な政策課題となっている。

(2) イノベーションがもたらすインパクトに関しては多くの実証研究が存在するものの、イノベーションが生まれる過程に関しては

あまり研究がなされていない。

## 2. 研究の目的

本研究は、目に見えにくい科学技術活動を複雑ネットワーク分析という枠組みで記述し、学術論文がイノベーションの核となっていくプロセスを、材料科学分野におけるケーススタディを通して定量的に分析することで、イノベーションプロセスに関する新たな知見を得ること、科学技術における課題設定・戦略策定に関する意思決定支援ツールの開

発を目的として実施した。

### 3. 研究の方法

- (1)近年の日本の材料科学分野における大きなイノベーションであったカーボンナノチューブの発見、窒化ガリウム系材料による青色発光ダイオードの開発に関して、後にこの分野の核となる論文(コア論文)の学術文献のネットワーク中での位置の変遷を、中心性、媒介性といったネットワーク指標を用いて追跡した。コア論文のネットワーク指標の推移を解析することで、コア論文の出版初期段階での研究領域ならびに個別論文が有するネットワークの特徴量を分析した。
- (2)上記の分析から得られた知見に基づき、エネルギーやバイオといった他分野における近年の学術動向の分析、ならびに、将来における新規有望技術分野・論文の予測を行った。
- (3)上記分析を行いための分析手法の開発と各手法の有効性の検討を行った。

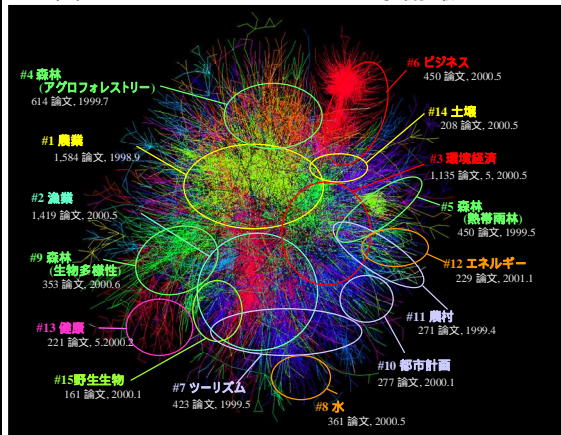
### 4. 研究成果

- (1)ネットワーク指標を用い分析を行うことで、萌芽的研究領域の中での重要論文を特定する、特に将来分野の核となる重要論文を特定することに成功した。具体的には、将来の被引用回数はほぼ媒介中心性と被引用回数で決まること、距離中心性が高い論文の方が近い将来引用されやすいが、遠い将来には相関性が低いこと、クラスタリング係数が高い論文は近い将来引用されづらいが、遠い将来には相関性はないこと、古い論文の方が近い将来引用されやすいが、遠い将来には相関性はないことが分かった。以上の情報を用いて、萌芽的研究領域の中での将来の重要論文、すなわち、多くの引用を獲得するであろう論文を抽出することが可能であることを示した。
- (2)構築した分析手法を用い、サステナビリティ学や、エネルギー技術やバイオ技術といった他分野における近年の学術動向の分析、ならびに、将来における新規有望技術分野・論文の予測を行った。また、そのような分析を通じ、技術ロードマップ作成を支援する手法を提案した。

□図1はサステナビリティ学を対象に分析を行った例である。同一色で描画されているものが同一クラスタに属する引用関係であり、クラスタ番号はクラスタ内に属する論文数の大きいものから順に#1, #2 とふっている。また図では、各クラスタに属する論文の平均出版年も表示している。例えば、最も大きいクラスタは#1の農業クラスタであり、1,584論文を含み、それら論文の平均出版年は1998.9年である。分析からは、サステナビリティ学は、農業、漁業、経済、森林、土壌、ツーリズム、水、都市計画、農村、エネルギー、健康、野生生物とういように、何を持続

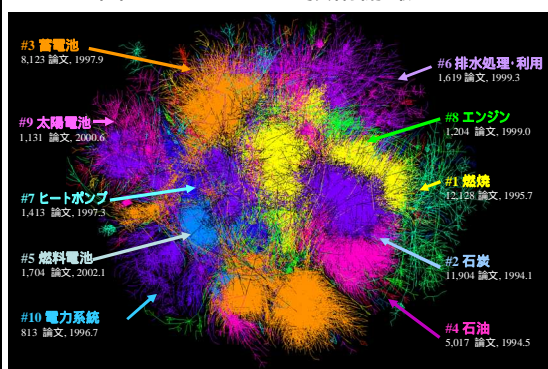
可能とすべきかという対象の設定の仕方により大きく研究領域が分かれていることが分かった。また、エネルギーに関するクラスタが最も平均出版年が若く萌芽的な研究領域であることが分かった。

図1 サステナビリティ学俯瞰マップ



同様の分析をエネルギー技術に関して行ったものが図である。図2の各クラスタは右半分と左半分で大きく性格が異なっている。図右では、石炭や石油といった化石燃料に関するクラスタと、燃焼やエンジンといったそれら化石燃料を電気や動力に変換する過程に関するクラスタが見て取れる。対して、図左では、太陽電池やヒートポンプ、燃料電池といった再生可能エネルギー・省エネ機器、それらをうまく機能させるための蓄電池や電力系統といったクラスタが並んでいる。概して図右のクラスタよりも図左のクラスタの方が平均出版年が若い。平均出版年が若いというのは、直近に出版された論文が多く、近年論文数が増加傾向にある発展しつつある分野であるということと対応する。

図2 エネルギー技術俯瞰マップ



(3)材料分野におけるケーススタディを通して、引用ネットワークのクラスタリング、および時系列情報の可視化により、急速に研究が進展しつつある萌芽的な研究分野を抽出できることを確認した。また、引用分析に旧来より用いられてきた共引用、書誌結合、直接引用という異なる分析手法の比較検討を通じ、直接引用を用いた分析が最も精度が高いということを示唆する結果を得た。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 9 件)

Y. Kajikawa and Y. Takeda

"Citation network analysis of organic LEDs"  
Technological Forecasting and Social Change,  
in press. 査読有

Y. Takeda, S. Mae, Y. Kajikawa, and K.  
Matsushima

"Nanobiotechnology as an emerging research  
domain from nanotechnology: A bibliometric  
approach"

Scientometrics, in press. 査読有

Y. Takeda and Y. Kajikawa

"Optics: a bibliometric approach to detect  
emerging research domains and intellectual  
bases"

Scientometrics 78 (2009) 543-558. 査読有

N. Shibata, Y. Kajikawa, Y. Takeda, and K.  
Matsushima

"Comparative study on methods of detecting  
research fronts using different types of  
citation"

Journal of the American Society for  
Information Science and Technology 60  
(2009) 571-580. 査読有

Y. Kajikawa and Y. Takeda

"Structure of research on biomass and  
bio-fuels: A citation-based approach"  
Technological Forecasting and Social Change  
75 (2008) 1349-1359. 査読有

N. Shibata, Y. Kajikawa, Y. Takeda, and K.  
Matsushima

"Detecting emerging research fronts based on  
topological measures in citation networks of  
scientific publications"

Technovation 28 (2008) 758-775. 査読有

Y. Kajikawa, J. Yoshikawa, Y. Takeda, and K.  
Matsushima

"Tracking emerging technologies in energy  
research: toward a roadmap for sustainable  
energy"

Technological Forecasting and Social Change  
75 (2008) 771-782. 査読有

Y. Kajikawa, J. Ohno, Y. Takeda, K.  
Matsushima, and H. Komiyama

"Creating an academic landscape of  
sustainability science: an analysis of the  
citation network"

Sustainability Science 2 (2007) 221-231. 査読  
有

N. Shibata, Y. Kajikawa, and K. Matsushima

"Topological analysis of citation networks to  
discover the future core papers"

Journal of the American Society for

Information Science and Technology 58  
(2007) 872-882. 査読有

[学会発表](計 19 件)

Y. Kajikawa, M. Hashimoto, I. Sakata, Y.  
Takeda, and K. Matsushima

"Academic Landscape of Innovation Research  
and National Innovation System Policy  
Reformation in Japan and the U.S."

Portland International Conference on  
Management Engineering and Technology  
2009 (PICMET'09) in Portland, U.S.A.  
(August 2-6, 2009).

N. Shibata, Y. Kajikawa, Y. Takeda, I. Sakata,  
and K. Matsushima

"Detecting emerging research fronts in  
regenerative medicine by citation network  
analysis of scientific publications"

Portland International Conference on  
Management Engineering and Technology  
2009 (PICMET'09) in Portland, U.S.A.  
(August 2-6, 2009).

Y. Kajikawa, S. Fujimoto, Y. Takeda, I. Sakata,  
and K. Matsushima

"Detection of emerging research fronts in solar  
cell research"

12th International Conference on  
Scientometrics and Informetrics (ISSI2009), in  
Rio de Janeiro, Brazil (14-17, July, 2009).

Y. Takeda, N. Shibata, Y. Kajikawa, I. Sakata,  
and K. Matsushima

"Tracking modularity in citation networks"

12th International Conference on  
Scientometrics and Informetrics (ISSI2009), in  
Rio de Janeiro, Brazil (14-17, July, 2009).

Y. Kajikawa, and J. Mori

"Interdisciplinary research detection in  
Sustainability Science"

Tracking and evaluating interdisciplinary  
research: metrics and maps, workshop in  
conjunction with 12th International  
Conference on Scientometrics and  
Informetrics (ISSI2009), in Rio de Janeiro,  
Brazil (14-17, July, 2009).

N. Shibata, Y. Kajikawa, Y. Takeda, I. Sakata,  
and K. Matsushima

"Detecting emerging core papers in solar cell  
by citation network analysis of scientific  
publications"

The 18th International Conference for  
Management of Technology (IAMOT2009), in  
Florida, U.S.A. (5-9, April, 2009).

Y. Kajikawa, M. Yarime, Y. Takeda, K.  
Matsushima, and H. Komiyama

"Academic landscape of sustainability  
science"

Alliance for Global Sustainability Annual  
Meeting 2009 (AGS2009), in Zurich,

Switzerland (26-29, January, 2009).

Y. Matsui, T. Hayashi, H. Tomobe, Y. Kajikawa, K. Matsushima, and Y. Yamaguchi  
"Visualization of nano risk research field to clarify domains year by year"

International Conference on Safe Production and Use of Nanomaterials (NANOSAFE 2008), in Grenoble, France, (November 3-7, 2008).

Y. Kajikawa

"Structure of knowledge in sustainability science and structuring data and knowledge for sustainability"

21st International CODATA Conference, Scientific Information for Society-from Today to the Future, in Kyiv, Ukraine (5-8 October, 2008).

M. Yarime, Y. Takeda, and Y. Kajikawa

"Towards Institutional Analysis of Sustainability Science: An Examination of the Patterns of Research Collaboration"

14th Annual International Sustainable Development Research Conference, in New Delhi, India, (September 21-23, 2008).

Y. Kajikawa, Y. Takeda, and K. Matsushima

"Computer-Assisted Roadmapping: A Case Study in Energy Research"

Portland International Conference on Management Engineering and Technology 2008 (PICMET'08) in Cape Town, South Africa, (July 27 - 31, 2008).

M. Yarime, Y. Takeda, and Y. Kajikawa

"Patterns of collaboration in emerging fields of trans-disciplinary science: the case of sustainability science"

Portland International Conference on Management Engineering and Technology 2008 (PICMET'08) in Cape Town, South Africa, (July 27 - 31, 2008).

M. Yarime, Y. Takeda, and Y. Kajikawa

"Patterns of collaboration in emerging fields of trans-disciplinary science: the case of sustainability science"

25th DRUID Celebration Conference 2008 on Entrepreneurship and Innovation: Organizations, Institutions, Systems and Regions, in Copenhagen, Denmark, June 17-20 (2008).

梶川裕矢・森純一郎

「ネットワーク指標を用いた学際的な論文の抽出」

情報知識学会第17回(2009年度)年次大会(東京、2009年5月16日)

前野武史・武田善行・梶川裕矢・坂田一郎・松島克守

「技術ロードマップ作成の新たな試みに関する研究～燃料電池分野を事例に～」

研究・技術計画学会第23回年次学術大会(東京、2008年10月12-13日)

武田善行・梶川裕矢

「モジュラリティに基づくリサーチフロントと学問の階層構造の分析」

情報知識学会創立20周年記念大会(東京、2008年5月23-24日)

梶川裕矢・大野順子・武田善行・松島克守・小宮山宏

「サステナビリティ・サイエンスの知識の構造化のための学術俯瞰」

化学工学会第73年会(浜松、2008年3月17-19日)

坂田一郎・梶川裕矢・武田善行

「しごと能力研究の学術俯瞰マップ」

2007年度第1回しごと能力学会関東部会・研究会(東京、2008年3月17-19日)

橋本正洋・坂田一郎・梶川裕矢・武田善行・松島克守

「イノベーションの学術俯瞰マップ」

研究・技術計画学会第22回年次学術大会(東京、2007年10月27日-10月28日)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

<http://metatechnica.t.u-tokyo.ac.jp/kajikawa/Study.htm>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

梶川 裕矢 (KAJIKAWA YUYA)

東京大学・大学院工学系研究科・助教

研究者番号: 70401148

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

なし