

Title	学術論文の学際性の測定と評価
Author(s)	梶川, 裕矢; 森, 純一郎
Citation	年次学術大会講演要旨集, 24: 286-291
Issue Date	2009-10-24
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/8630
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

学術論文の学際性の測定と評価

○梶川裕矢, 森純一郎 (東京大学)

要旨

社会から要請される課題の複雑性が増すにつれ、複数領域間、また、基礎と応用に跨った学際的なアプローチの重要性が指摘されるようになってきている。本研究では、引用ネットワーク分析を用いて、学術論文の学際性を測定する複数の指標を提案し、評価する。具体的には、サステナビリティ学をケースとして分析を行い、それぞれの指標を用いて学際性を評価する際の精度、ならびに、各指標を用いて抽出される学際的な論文の特徴について評価を行ったので報告する。

1. 緒言

社会から要請される課題の複雑性が増すにつれ、複数領域間、また、基礎と応用に跨った学際的なアプローチの重要性が指摘されるようになってきている。例えば、持続可能性や少子高齢化といった複雑な課題は単一の学問領域では解決できず、領域間に跨った学際的な研究が重要であるとされている(Kajikawa 2008)。そのような学際的な研究分野の発展のためには、関連する諸分野の知識を適切に動員し、課題に対処することが必要となる。しかし、そのような試みはしばしばその困難さゆえに暗礁に乗り上げることとなる。その第一の理由は、それが学際的であるがゆえに、全体を見渡せる専門家がいらないことである。従って、具体的にどの分野のどのような知識が課題の解決に役立つのか事前に知るのが難しい。第二に、その分野が発展途上であることが挙げられる。学際的な分野はその未熟さ故に学際的であり、成熟した学際分野はそれ自体一つの学問分野と見做すことが適切であろう。

本研究の目的は、そのように全体を見渡すことが困難な学際分野の学際性自体を引用ネットワーク分析という手法を用いて測定し、重要な知識を抽出するための手法を構築することである。引用ネットワーク分析は、日々膨大な数が出版される学術論文の全体の構造を俯瞰し、目的に応じて適切な論文を抽出するための有効な手法である。従来の引用ネットワーク分析においては、共引用、書誌結合、直接引用といった手法を用いてリンクを形成したのち、被引用数などの統計的集計量の算出、ネットワークの可視化やクラスタリングが行われている(Small 1999, Börner et al. 2003, Takeda et al. 2009)。また、時系列分析や論文の平均出版年の算出により萌芽的な研究領域を検出することが可能である (Small 2006, Shibata et al. 2008)。それらの分析により、複雑な学術研究の全体像を粗視的に把握することが可能である。しかし、膨大な量の情報を単純化することによる情報の見落としは避けられない。例えば、我々の研究グループによる先行研究では引用分析を用いて、サステナビリティ学の構造を分析し、引用ネットワークのクラスタリングを行った結果、サステナビリティ学は、農業、森林、水、エネルギーなど持続可能とすべき対象によって分かれていることを明らかにしている(Kajikawa et al. 2007)。しかし、サステナビリティ学は農学や林学、エネルギー工学などの寄せ集めに過ぎないのか、それとも、分野横断的な知識がそこにあるのかといった点は十分に明らかでない。既存の引用ネットワーク分析のクラスタリングを用いた研究では、そのような情報はクラスタリングという粗視的な分析手法による結果に埋もれてしまい、必ずしも明らかではない。

本研究では学際性を測定する指標を設定し、個々の論文の学際性に関する情報を取り出す。複数の指標を設定し、評価を行うことで、その妥当性と有効性を評価する。分析の対象としてはサステナビリティ学を取り上げる。これは、その学際性による。先行研究で抽出した農学や林学、エネルギー工学などは本来相互に関連しているはずである。例えば、森林の存在が農業の生産性に影響を与えるし、造水にはエネルギーが必要だ。本研究では、近年、計量書誌学の分野で研究が盛んになってきた学際性を測る研究(Leydesdorff 2007, Rafols & Meyer 2009))において用いられている複数の指標を、サステナビリティ学に対して適用し評価したので報告する。

2. データと分析手法

媒介中心性はネットワークの中で他のノードを結びつける機能を測定する指標としてよく用いられる。Leydesdorff (2007)はこの媒介中心性を引用ネットワーク分析に適用し、媒介中心性(Betweens

Centrality, B)を用いて学際性を評価できるとしている。また、Rafols & Meyer (2009)は学際性を測る指標として、当該文献が引用している文献の引用文献(RefRef)が属している、カテゴリー数(N)、Shannon の情報量(H)、Simpson の多様性(I)、Strling(S)を用いて評価している。各指標の定義は以下の通りである。

$$H = -\sum_i p_i \ln p_i$$

$$I = 1 - \sum_i p_i^2$$

$$S = 1 - \sum_{i,j} s_{i,j} p_i p_j$$

ただし、 p_i はカテゴリー*i*に属する RefRef の割合、 $s_{i,j}$ はカテゴリー*i, j*間の距離である。

我々のサステナビリティ学分野における既存研究では、引用ネットワークを Newman(2004)の手法を用いてクラスタリングを行い、可視化することで全体像の分析を行っている。従って、本研究でも同様に Newman 法を用いたクラスタリングを行い、各クラスタをカテゴリとした。また、 s_{ij} としては、クラスタ間のリンク数を各クラスタのノード数で正規化したものを用いた。

上記指標に加え、クラスター分散度(Participation coefficient, P) (Guimera & Amaral 2005)、次数中心性(Degree, D)を測定した。

3. 結果と考察

まず、クラスタリング結果を表1に示す。表1には上位17のクラスタの名称、含まれる論文数、最も掲載論文数が多い雑誌名を表示している。ただし、クラスタの名称はクラスタ内において被引用回数の多い論文のタイトル、アブストラクト、また、クラスタ中の論文の主な掲載雑誌から著者が判断した。

表1：主要なクラスタの特徴

#	Cluster name	# papers	Major Journals
1	Agriculture	3859	Agriculture Ecosystems & Environment
2	Ecology (Forestry, Fishery)	3385	Forest Ecology and Management
3	Business & Economics	3195	Ecological Economics
4	Urban & Landscape Planning	1360	Landscape and Urban Planning
5	Forestry	1024	Forest Ecology and Management
6	Water Resource & Agri	766	Agricultural Water Management
7	Energy	621	Energy Policy
8	Urban Water	609	Water Science and Technology
9	Health	556	Health Policy and Planning
10	Bio-energy	496	Biomass & Bioenergy
11	Fishery (Aquaculture)	397	Aquaculture
12	Tourism	294	Tourism Management
13	Climate Change	219	Climate Policy
14	Pest Management	181	Journal of Forestry
15	Grassland	178	Veterinary Parasitology
16	Land Use	170	Journal of Geography In Higher Education
17	Technology and Society	162	Energy Policy

次に各論文の学際性を既に述べた指標を用いて計測した。表1に各指標間の Pearson の相関係数を示す。NとS、IとH、BとDは相関性が高い。そこで、以下では、N、S、P、Bの4指標に対して評価を行うこととした。評価は各指標の上位50論文に対して、CA (Correctly Assigned)、WA (Wrongly Assigned)、ID (Interdisciplinary)のいずれかを当てはめた。CAはその論文が属するクラスタの分類に当てはまっている場合をいい、分野を横断している、すなわちクラスタを跨った内容だとはいえない場合の評価ラベル

である。例えば、Agriculture クラスタにおける”Agricultural sustainability and intensive production practices”や、Ecology (Forestry, Fishery) クラスタにおける”Towards sustainability in world fisheries”、Health クラスタにおける”Sustainability science: an integrated approach for health-programme planning” が CA に当てはまる。WA は、本来別のクラスタに属すべき論文が統計的なクラスタリング手法の性質上、誤って別のクラスタに分類されてしまっていると判断できる場合に付与される評価ラベルである。例えば、Business & Economics クラスタにおける”Remote sensing of tropical forest environments: towards the monitoring of environmental resources for sustainable development”や、Ecology (Forestry, Fishery) クラスタにおける”Contested waters: Conflict, scale, and sustainability in aquatic socioecological systems” が WA に該当する。ID は分野横断的な論文に対するもので、Urban & Landscape Planning クラスタの”Becoming ecosynchronous, Part 2. Achieving sustainable development via personal development”や、Water クラスタの”A systems approach to the evaluation of natural resource management initiatives”、Urban & Landscape Planning クラスタの”Sustainability and beyond”が ID であると評価できる。

表 2：指標間の Pearson の相関係数

	N	H	I	S	P	B	D
N	1	0.475	0.202	0.061	0.082	0.050	0.082
H		1	0.889	0.340	0.132	0.009	0.000
I			1	0.411	0.180	0.002	0.011
S				1	0.045	0.001	0.007
P					1	0.002	0.074
B						1	0.553
D							1

表 3 は各指標の評価結果である。50 論文中、各評価ラベルに該当するものを示し、そのパーセンテージを()内に示してある。表 3 からは、N が最もパフォーマンスが悪く、次に、S、P、そして B が最も成績が良い。ただし、B は D と高い相関を持っていることに注意しなくてはならない。B が高い学際的な論文は D との相関が高いことから予測できるように Nature や Science といった権威ある雑誌に掲載されている総説やマニフェスト的な論文が多く見られた。また、その他の指標を用いて抽出される学際的な論文も用いる指標によってそれぞれ特徴が見られた (付録)。P の高い論文は哲学や、人間と社会、政策に焦点を当てたものが多く、S の高いものはサステナビリティの研究に共通のツールやフレームワーク、サステナビリティの社会的な側面を扱っていた。また、N の大きいものは総説やケーススタディが多かった。

表 3：評価結果

	CA	WA	ID
N	24 (48)	14 (28)	12 (24)
S	30 (60)	5 (10)	15 (30)
P	2 (4)	32 (64)	16 (32)
B	22 (44)	3 (6)	25 (50)

4 結言

引用ネットワークのクラスタリングや可視化は学術分野の全体像を把握するための有効な手法であるが、しばしば萌芽的な分野、学際性の高い分野の存在を見落としがちである。本研究では引用ネットワーク中の各論文のトポロジカルな位置を表す複数の指標をサステナビリティ学における論文集合に対して適用した。各指標間の相関性を分析することで、各指標を 4 つのカテゴリに整理した。これらのうち、媒介中心性はリンク数との相関が強いものの、最も効率的に学際性の高い論文を抽出できた。

ただし、各指標を用いて抽出される学際性のある論文はそれぞれ違った特色を持っており、各指標を組み合わせて適切に用いることで、様々な見地から学際性の高い論文を抽出できる可能性が示された。

(謝辞)

本研究に対し有益なご助言を下された英国 Sussex 大学 SPRU の Ismael Raols 博士に感謝致します。本研究は、NEDO 産業技術研究助成事業「技術ロードマップ構築を支援する学術俯瞰の方法論の構築および学術俯瞰システムの開発」平成 21 年度～23 年度、および、科学研究費補助金若手研究(B)「引用ネットワーク分析におけるリンク形成手法に関する研究」(平成 21 年度-23 年度)の助成を得て実施したものであり、ここに謹んで謝意を表します。

(付録)

B の高い学際的な論文

Title	Source
Environment and development - sustainability science	Science
Sustainable development - A critical-review	World Development
The report of the ecological society of america committee on the scientific basis for ecosystem management	Ecological Applications
Conditions for the sustainability of biomass based fuel use	Energy Policy
Entering the century of the environment: A new social contract for science	Science
The sustainable biosphere initiative - an ecological research agenda - A report from the ecological-society-of-america	Ecology
'Sustainability' in ecological economics, ecology and livelihoods: A review	Prog. Human Geogr.
New visions for addressing sustainability	Science
The concept of sustainable economic-development	Env. Conservation
Shifting paradigms for sustainable development - implications for management theory and research	Academy Of Management Review
The concept of environmental sustainability	Ann. Rev. Ecology And Systematics
Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems	Ecosystems
Environmental sustainability: universal and non-negotiable	Ecological Applications
Command and control and the pathology of natural resource management	Conservation Biology
Catastrophic shifts in ecosystems	Nature

P の高い学際的な論文

Title	Source
Becoming ecosynchronous, part 2. Achieving sustainable development via personal development	Sustainable Development
Contradictions in sustainability	Env. Conserv.
Struggling with sustainability - A comparative framework for evaluating sustainable development programs	World Development
The concept of sustainability - origins, extensions, and usefulness for policy	Soc. Nat. Res.
Open citizens' juries and the politics of sustainability	Political Studies
Making sense of sustainability - 9 answers to what should be sustained	Rural Sociology
Sustainability and beyond	Ecol. Econ.
Operationalising sustainability science for a sustainability directive? Reflecting On three pilot projects	Geographical Journal
A systems approach to the evaluation of natural resource management initiatives	J. Env. Management

Accounting for the environmental "bottom line" along the us-mexico border	Ann. Asso. Am. Geo.
Setting ecological restoration goals for technical feasibility and scientific validity	Ecol. Eng.
Indicators of sustainability: challenges and opportunities at the interface of science and policy	Environmental Management
'Sustainability' in ecological economics, ecology and livelihoods: A review	Prog. Hum. Geo.

S の高い学際的な論文

Title	Source
Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis	Ecological Economics
Good governance and sustainability: A case study from pakistan	International Journal Of Health Planning And Management
Development of a framework for sustainable uses of resources: more paper and less plastics?	Environment International
Microsystems technology for remote monitoring and control in sustainable agricultural practices	Journal Of Environmental Monitoring
Matrix analysis to evaluate sustainability: the tropical tree aquilaria crassna, a heavily poached source of agarwood	Biological Conservation
The emergy analysis of loop circuit	Environmental Monitoring And Assessment
Ecological footprints and human appropriation of net primary production: a comparison	Land Use Policy
Structural-change, power-politics, and community organizations in africa - challenging the patterns, puzzles and paradoxes	World Development
No incentive for change: the influence of local interests in northwest frontier province, pakistan	Health Policy And Planning
Assessing the performance of sustainable technologies: a framework and its application	Building Research And Information
Institutions and planned socioeconomic change - 4 approaches	Public Administration Review
Sustainability of social programs A comparative case study analysis	American Journal Of Evaluation

N の高い学際的な論文

Title	Source
'Sustainability' in ecological economics, ecology and livelihoods: A review	Prog. Hum. Geo.
Sustainable development in a post-brundtland world	Ecological Economics
Operationalising sustainability science for A sustainability directive? Reflecting on three pilot projects	Geographical Journal
Conditions for the sustainability of biomass based fuel use	Energy Policy
Sustainability potential analysis (SPA) of landfills - A systemic approach : theoretical considerations A systemic	Journal of Cleaner Production
Stakeholder participation for environmental management: A literature review	Biological Conservation
Post-sustainable development	Sust. Dev.
Participatory indicator development: what can ecologists and local communities learn from each other?	Ecological Applications
Cultural ecology (and political ecology) in the 'environmental borderlands': exploring the expanded connectivities within geography	Progress in Human Geography
Vulnerability	Global Env. Change

Accounting for the environmental "bottom line" along the us-mexico border	Ann. Asso. Am. Geo
An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities	Ecological Economics

(参考文献)

- Börner K., Chen C., Boyack K.W. (2003) "Visualizing knowledge domains." *Annual Rev Info Sci Technol* 37:179–255
- Guimera, R., Amaral, L.A.N. (2005) "Functional cartography of complex metabolic networks". *Nature* 433: 895-900
- Kajikawa, Y., Ohno, J., Takeda, Y., Matsushima, K., Komiyama, H. (2007) "Creating an academic landscape of sustainability science: an analysis of the citation network" *Sustain Sci* 2: 221-231
- Kajikawa, Y. (2008) "Research core and framework of sustainability science" *Sustain Sci* 3: 215-239
- Leydesdorff, L. (2007) "Betweenness Centrality as an Indicator of the Interdisciplinarity of Scientific Journals" *J Am Soc Info Sci Technol* 58: 1303–1319
- Newman M.E.J.(2004) "Fast Algorithm for detecting community structure in networks." *Phys Rev E* 69:066133
- Rafols, I., Meyer, M. (2009) "Diversity and network coherence as indicators of interdisciplinarity: Case studies in bionanoscience" *Scientometrics*, in press.
- Shibata N., Kajikawa Y., Takeda Y., Matsushima K.(2008) " Detecting emerging research fronts based on topological measures in citation networks of scientific publications" *Technovatin* 28: 758-775.
- Small, H. (1999) "Visualizing science by citation mapping", *J Am Soc Info Sci Technol* 50: 799-813
- Small, H. (2006) "Tracking and predicting growth areas in science", *Scientometrics* 68: 595–610
- Takeda Y., Mae S., Kajikawa Y., Matsushima K.(2009) "Nanobiotechnology as an emerging research domain from nanotechnology: a bibliometric approach" *Scientometrics* 78:543-558