

# 階層型研究分野ネットワークに基づく学術誌の隠れた専門性把握支援 Comprehension of Hidden Specialty Based on Hierarchical Research Field Network

片上 大輔\*<sup>1</sup>      山田 隆志\*<sup>1</sup>      新田 克己\*<sup>1</sup>  
Daisuke Katagami      Takashi Yamada      Katsumi Nitta

\*<sup>1</sup> 東京工業大学大学院総合理工学研究科  
Interdisciplinary Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Institute of Technology,

In this paper, we tried to show covering domain “hidden specialty” of a research fields by offering of the relations between papers in the field to novice researchers by proposed visualization method. We found it is not significantly different between experts and novices concerning the comprehension of actual covering domain of two academic journals in economics by a sorting test of published papers in each journal. Moreover, we confirmed that novices comprehend more clearly and consistently the covering domain of the fields by the developed information visualization system based on hierarchical research field network.

## 1. はじめに

専門領域では、研究者間のネットワーク関係に関して、先端的な研究を担う一部の優れた研究者の集団が存在し、彼らが見えざる大学 (Invisible Colleges) を形成していることが確認されている。このようなメタな視点での隠れた関係性を認知することは価値が高い [Zuccala06]。一方従来の計量書誌学では、研究者間とは別に専門領域間の知識構造の把握を主に引用・被引用解析により行なっていた。この引用・被引用解析による知識構造の把握方法は、論文や図書という文献を単位とし、特定の 1 つの文献の中のみ存在するのではなく、複数の文献に関係することで、重要概念間の相互関係のネットワークとして成立することを前提としている [斎藤 86]。これらの研究は、専門領域の重要な知識を把握するための方法を示すものであり、研究者の情報要求に対して極めて適合性の高い文献の提供には優れているが、研究分野の現状や動向の把握に関しては、その限りではない。その理由として、領域の関係性として文献を単位とした文献間関係性のみを扱っている点がある。インフォーマルな活動が大きな影響を与える見えざる大学の例と同様、その関係性が多面的現象である [Zuccala06] ことを考えると文献を単位とした引用・被引用関係だけでは十分ではない [斎藤 86]。

論文を投稿する際、自分の論文の内容がどの学会に一番適しているかを比較するというのが一般的である。この場合同領域に関連の近い学会が多いほど適切な投稿先に頭を悩ませなければならない。このことは、学会という概念が、同領域に存在する関連の近い別の学会との相対的な関係から投稿者の知識構造の中に形作られるものであるといえる。従来の引用・被引用解析では、文献間関係性を扱うことにより他学会との関係性の深さなどを知ることができた。しかし、学会という一つの研究領域に注目した場合、周辺領域とはどのような関係にあるかなど学会間の違いについて明確に論じることができなかった。このように研究領域自体がカバーする領域を把握することは、初心者だけではなく専門家でも難しい。これには、文献単位関係性ではなく、研究領域を形づくる研究分野という単位に基づく関係性を理解する必要があるだろう。

本論文では、学術論文誌や学術会議がもつ専門領域 (Specialty) の中でも他の周辺学術領域との関係性により相対的

に生まれる対象領域を象徴する研究分野の特徴的な部分集合を隠れた専門性 (Hidden Specialty) と呼び、この専門性を明確にし、その分野の初心者に提供することで、研究分野把握を支援することを試みる。

## 2. 研究分野の階層構造と知識構造化

### 2.1 研究分野の階層構造

一般に研究分野は、様々な領域、組織において階層構造で細かく規定されていることが多い。たとえば、科学技術振興機構や、日本学術振興会および文部科学省の科学研究費補助金においては、研究領域における研究分野が、大分類、中分類、小分類などの階層構造で表現されている。一方、中分類、小分類にあたる多くの各領域においても同様の分野階層構造が規定されており、学会誌の投稿時などに広く利用されている。たとえば、経済学の分野では研究分野の分類体系として JEL 分類体系が提案されており、この分野におけるすべての研究分野がコード化され利用されている。JEL 分類体系は経済学系の学問分野を A-Z に分類し、さらにアルファベットそれぞれに対し 2 階層で細かく分類し整理した体系である。つまり 3 階層構造で分野が分類されている。それぞれの分野はアルファベット 1 文字と数字 2 桁を組み合わせたコード、たとえば C, D5, P41 のように表され、JEL 分類コードと呼ばれる。1 桁のアルファベットが最も大きな枠の大分類を表し、2 桁が中分類を示す記号、3 桁が最も細かいレベルである小分類を示す記号を表している。ユーザは論文投稿時にその論文に関連の深い分野を JEL 分類コードから複数選択する。

### 2.2 研究分野ネットワークによる知識構造化

一般的に論文投稿をする際は、その論文に関連の深い分野カテゴリやキーワードを論文につき 2~5 程度記載する。たとえば、2.1 節で言及したような分野階層構造が整備されている分野では、規定されたリストから小分類のコードを選択する。本論文では整理されたコード間の分野階層構造関係を用いて、投稿された各論文から知識構造化を行なう。ある領域の論文セットの各論文に関連する複数の分野コードから、複数の分野間の関係性を作成することで、対象の領域の研究分野間のネットワークを作成することができる。それぞれの論文に付加された複数のコードを元に論文ごとに論文ネットワークを作り、それを統合したものが学術論文誌全体のネットワークになる。コードにおいては、論文に関連の強い研究分野から順番に記入する慣習

連絡先: 片上大輔, 東京工業大学大学院総合理工学研究科,  
〒226-8502 神奈川県横浜市緑区長津田町 4259J2-53,  
TEL&FAX: 045-924-5218, katagami@ntt.dis.titech.ac.jp

があることが多い。その場合は、付加されているコードにおいて先頭にあるコードを主分野と仮定し、その他のコードは関連分野とすることで半順序関係を作成する。これによって主分野から関連分野へと向けてエッジを作成することが可能になる。構築するネットワークは、頂点集合  $V(G)=\{u,v,w,z\}$  と辺集合  $E(G)=\{uv,uw,uz\}$  からなる一般グラフ  $G=\{V,E\}$  となる。ここで、多重辺は分野間のつながりの強さを表すが、同じコードを 1 つの論文に 2 つ以上つけることは一般的にないためループは存在しない。たとえば、学術論文誌や学術会議などを単位に論文集合を作成する場合は、論文集合に含まれる各論文からまず各論文が関わるネットワークを作成する。論文  $d_1$  に A, B, C, D の分野コードが付けられていた場合はメイン分野となる A とサブ分野 B, C, D をエッジで結合し、頂点集合  $V_1(G_1) = \{A,B,C,D\}$  と辺集合  $E_1(G_1)=\{AB,AC,AD\}$  からなる論文ネットワーク  $G_1=\{V_1,E_1\}$  を作成する。同様に、論文  $d_2$  について、 $V_2(G_2)=\{A,B,E\}$ ,  $E_2(G_2)=\{BA,BE\}$  からなる  $G_2=\{V_2,E_2\}$  を作成する。構築した論文ネットワークを統合することにより論文集合の特性を表すネットワークが作成される。 $G_1, G_2, \dots$  を統合すると、 $V_{ALL}(G_{ALL})=\{A,B,C,D,E\}$ ,  $E_{ALL}(G_{ALL})=\{AB,AC,AD,BE\}$ ,  $w_{ALL}=\{2,1,1,1\}$  からなる重み付き一般グラフ  $G_{ALL}=\{V_{ALL},E_{ALL},w_{ALL}\}$  が作成される。このようにして作成された  $G_{ALL}$  を本研究では研究分野ネットワークと呼ぶ。このネットワークは、各論文の内容に基づき論文著者が付加した情報を用いており、学術論文誌・学術会議等の分野分布を適切に表すことができる。

### 2.3 階層型研究分野ネットワーク

ネットワーク関係を可視化するツールとしては Aisee, Jung, Cytoscape などが利用されている。しかし、分野の知識構造は 2.1 節で述べたように階層構造で表現されることが多く、従来の可視化ツールでは、この構造を維持しながらわかりやすく表現することが困難である。そこで、本研究では分野階層をもつ研究分野ネットワークを可視化するための階層ネットワークの生成を行なった。生成手法について以下に説明する。

分野階層として 3 階層構造からなる JEL 分類コードを分野階層として考える。たとえば、分野 C(数学的定量的手法)、分野 D(ミクロ経済学)における研究分野体系は、JEL 分類コードを用いて図 1 の様に大分類、中分類、小分類の 3 つの階層構造によって表現することができる。論文に付加された分野がすべて同じ階層レベルにおける関係性であった場合(図 1(a)), たとえば C12 から D41 に関係性があった場合(青点線)は、分野間の関係性が同レベルの階層なので、ノード間をエッジ(赤太線)で結合し 2.2 節の手続きにて各論文ネットワークを作成することができる。作成されたネットワークの上位階層の研究分野間、C1-D4 間、C-D 間にも同様にエッジが張られ、各階層ごとに目的の関係性を可視化することができる。一方、研究分野のキーワードの選択として、異なる階層のコードと一緒に選ばれる場合も存在する。この場合、異なる階層のコード間関係性が存在することになる。たとえば図 1(b)のような場合、C12 から D4 に関係性があるが、D4 という分野は小分類レベルのネットワークとしては D4 に属する分野を特定できず表示することができない。しかし、中分類レベルでの表示を指定した場合、D4 は中分類に存在するが、C12 は中分類レベルでは C1 となり D4 と C1 の間で一本のエッジを作成することができる。大分類における表示も同様の手続きで C, D 間にエッジが作成される。

以上のように、異なる階層レベル間関係性を構築する際に、下位に複数存在する分野ノードを統合した一つの上位分野ノードとして扱いエッジ生成を行なうことで、階層関係をもつ研究

分野間関係性を各階層ごとに可視化・比較を行なうことができる。本研究では、このようにして作成されたネットワークを階層型研究分野ネットワークと定義する。

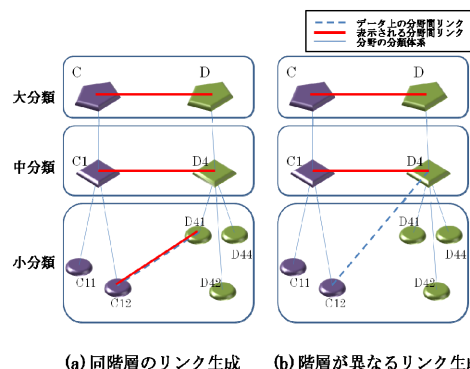


図 1 異なる階層レベルでのエッジ生成

### 2.4 差分グラフ

2 つのグラフを比較するとき有用な手法として差分グラフ [Livingston03]がある。これは 2 つのグラフを指定してどちらの特徴が強いかを色分けによってわかりやすく表示する機能である。またその差分グラフについての統計情報を出力する機能を持つ。本稿では、従来の差分グラフを参考に階層型研究分野ネットワークで利用可能な差分グラフを作成した。差分グラフを作るにはツールウィンドウ内に差分をとる 2 つのネットワークグラフを開き、基準となるネットワークグラフ、および比較対象とするネットワークグラフを指定しコマンドを実行する。2 つのネットワークグラフの差分を出すときには、同じノードを両端に持つエッジ同士でそのエッジ数の減算を行う。しかし、単にエッジ数の絶対値で減算を行うと、文書数が大きく異なったとき明らかな偏りが生じる。そこで、各グラフの文書数に基づき正規化を行う。基準となるネットワークグラフを  $G_1=\{V_1,E_1\}$ 、比較対象とするネットワークグラフを  $G_2=\{V_2,E_2\}$  とし、 $G_1$  の文書数を  $N_1$ 、 $G_2$  の文書数を  $N_2$  とすると、正規化差分グラフ  $D$  (以下単純に差分グラフと呼ぶ) は、 $D\{G_1, G_2\} = G_1 - G_2 \cdot N_1/N_2$  で表される。

$G_1$  と  $G_2$  間の全ての頂点  $v_i$  ( $i=0,1,\dots,m$ ) とエッジ  $e_j$  ( $j=0,1,2,\dots,n$ ) に対して同様に計算するとグラフ  $D\{G_1, G_2\}$  は (1)式および(1)式のように定義する。ただし、 $V_{G_1G_2} = V_1 - V_2$ ,  $E_{G_1G_2} = E_1 - E_2$ ,  $w_{G_1G_2} = w_1 - w_2$  とする。

$$D\{G_1, G_2\} = \{V_{G_1G_2}, E_{G_1G_2}, w_{G_1G_2}\} \quad (1)$$

この差分グラフにおいては、計算した頂点数、エッジ数に関して正だけではなく負の値も生じる。正の場合はグラフ  $G_1$  側の方が強い関係を持つ頂点およびエッジ、負の場合はグラフ  $G_2$  側の方が強い関係を持つ頂点およびエッジとして捉えられる。そこで  $G_1$  および  $G_2$  の 2 つのグラフの頂点数およびエッジ数について差分をとった値を差分頂点数  $\deg(V_{G_1G_2})$ 、差分エッジ数  $\deg(E_{G_1G_2})$  と呼び、それぞれ(2)式および(3)式のように定義する。

$$\deg(V_{G_1G_2}) = \{v_0, \dots, v_i, \dots, v_m\} \quad (v_i \in V_{G_1G_2}) \quad (2)$$

$$\deg(E_{G_1G_2}) = \{e_0, \dots, e_i, \dots, e_m\} \quad (e_i \in E_{G_1G_2}) \quad (3)$$

たとえば、X 学会(または X 年)と Y 学会(または Y 年)における研究分野ネットワークを比較したい場合、X を基準に差分ネットワークを作成すると、差分次数が正の時には Y の特徴として赤エッジで表示し、差分次数が負の時には、X の特徴として青エッジで表示する。エッジの太さは差分の大きさを表す。差分グラフは視覚的にどちらの特徴が強いかがわかるようにエッジに色が付けられる。差分エッジ数が正の時は赤、負の時は青に色

分けられる。また差分エッジ数の絶対値に比例してエッジの太さが調整される。また、統計情報として差分グラフの差分次数、差分エッジ数についてそれぞれ上位 10 位までと下位 10 位までの情報を別ウィンドウに一覧で出力することが可能である。

### 3. 学術論文誌の公表論文分類実験

本実験では、専門家と対象領域外の初心者ユーザが実際のどの程度対象の専門領域を理解しているかを調査すること、そして前述の可視化手法を使用することで専門性の違いを初心者ユーザに対して明確に捉えることを支援できるかを調べることの 2 つを目的とする。そこで、近年分野の細分化の激しい経済学領域を対象分野として、専門家と初心者ユーザが学術論文誌の専門性をどれくらい把握しているかを調査し、さらに可視化手法の支援効果について検証する。

#### 3.1 実験設定

経済学分野には、Journal of Economic Behavior and Organization(以下 JEBO)および Journal of Economic Dynamics and Control(以下 JEDC)という 2 つの学術論文誌が存在する。それぞれの学術論文誌の目的と扱っている分野は、一般には Aims and Scope として公表されており、まとめるとそれぞれ、JEBO: 経済学における意志決定、組織(行動、意志決定)、経済活動の変化、JEDC: 経済活動や制御、経済学、ファイナンスにおける計算機の利用やその発展、と理解することができる。しかしながら、これら 2 つの分野は、その類似性から一般には論文誌の特徴の違いがわかりにくく、特にこの分野の初心者には区別が付きにくい。そこで JEDC と JEBO の 2 誌を実験対象として、1996 年から 2005 年までの 10 年分の文献情報 1,495 件とそれに付属するタイトル、アブストラクト、JEL 分類コード情報を用いる。被験者は 31 名とし、経済学部の大学の教員やポスドクなど経済学に精通している専門家 8 名、経済学に関して全く素養のない情報系の大学院生 23 名からなる。各被験者に対し 30 問の論文分類を行なうため、専門家に 240 問、初心者に 660 問のべ 900 問の論文の分類により実験の評価を行なう。

#### 3.2 専門家と初心者における研究分野把握の精度比較

ユーザがどの程度学術論文誌がカバーする専門性を把握しているかを調査するため、本研究では、学会誌投稿論文分類実験を行なった。前述の学術論文誌 2 誌 JEDC と JEBO において過去 10 年に掲載された 1,495 件のうち 2004 年と 2005 年の 2 年間に掲載された 30 件を無作為抽出し、どちらの論文誌に掲載されたかを分類した。被験者は、各論文に付属の書誌データ(タイトル、アブストラクト、キーワード、JEL 分類コードと、JEL に基づくいくつかの統計情報)をもとに、分類を行なう。統計情報としては、各論文誌における JEL 分類コードの出現頻度、他の JEL 分類コードと使用される JEL 分類コードのランキング、共起率の高い JEL 分類コードのペアのランキングを提供した。分類の分析のために 30 件の論文における分類問題の難易度を事前に設定した。各問題の難易度のレベルは、実際に掲載された双方の論文誌の Aims and Scope に各論文の内容がふさわしいかどうかの基準を元に、レベル I (Easy)、レベル II (Hard) の 2 レベルとし、経済学の専門家をお願いし前述の全ての情報を参照した上でその判定を行なった。30 件の内訳は、JEDC に掲載された論文は 17 件で、そのうちレベル I 12 件、レベル II 5 件、JEBO に掲載された論文は 13 件で、そのうちレベル I 9 件、レベル II 4 件である。被験者は前述の専門家 8 名、初心者 11 名、システム利用者 12 名とする。実験手順は以下の通り。

1. 被験者は Web サイト上に作成した 30 問の分類問題の書誌情報をみる。
2. 前述の各論文誌における Aims and Scope、分類問題の書誌情報を参照しながら、解答として、JEBO か JEDC のどちらかを選択する。
3. 実験の最後に 2 誌の違いについて気づいた点についてアンケートに答える。

実験条件は以下の 2 条件を設けた。実験群: 提案手法により前述の論文分類実験を行なう。統制群: 書誌データを見ながら、論文分類実験を行なう。実験群では、提案手法を使用し、学術論文誌が持つ研究領域関係を示すグラフをユーザがフィルタリングしながら可視化することで、情報提供を行なった。

図 5 に初心者と専門家、全ての被験者、システム利用者の上記 30 問における正答率を示す。ここで、正答はあくまでも実際に掲載された実状とあっているかを示しているものであり、掲載された学術論文誌に掲載するのが妥当であるかを示しているものではないことに注意されたい。また、問題は 30 問あるが、選択する学術論文誌は 2 誌しかないため、ランダムでも正答率は約 5 割になる。正答数の平均は初心者が 17.09 (標準誤差(SE) 1.06)、専門家が 20.00 (0.95) と若干専門家が上回ったが Welch の検定により検証したところ有意差はなかった。しかし、提案手法を使った初心者と、支援なしで行なった初心者で有意差(\*\* $p < .01$ )があった。また、5.2 節の実験における専門家の結果(図 5)平均 20.00 よりもよい 21.25 のスコアを獲得した。標準誤差は、初心者の 1.06、専門家の 0.95 に比べて、システムを利用した初心者は 0.25 と小さい値を獲得した。

図 5 の結果を難易度レベル別に分析すると図 6 のようになった。レベル I の問題に関しては、初心者は正答率の平均が 0.65 (0.05) と低いが、専門家は 0.78 (0.06)、システム利用者は 0.91 (0.01) と非常に高い。一方レベル II の問題では、初心者と専門家ではほぼ同じ値を示した。

実験後のアンケートでは、分類実験を通して 2 誌の違いに関して気づいた点(推測も含む)について、自由記述形式で可能な限り記述してもらった。実験群においては、各研究分野における次数、研究分野ネットワーク、差分グラフの 3 つの観点から、統制群においては、専門家と初心者が書誌データの総合的な観点から記述を行った。ここでは、研究分野把握の度合いを示す要素として、記述内容を 2 誌の違いにおける(1)研究分野の分類に関する記述(Classification)、(2)研究分野間のつながりに関する記述(Link)、(3)研究分野がカバーする範囲や差異に関する記述(Cover)の 3 つに分類し、被験者の割合を比較した。結果を図 7 に示す。統制群である初心者と専門家をみると、ほぼ全記述が(1)分類になっており、研究分野間の特徴的なつながりである(2)や(3)に関しては、2 誌の違いとしてあまり気にとめていないことがわかる。特に、専門家においてはそれが顕著であり、(1)以外の記述はなかった。提案手法を用いた実験群では、提案手法から得られる情報である、研究分野の次数の統計データ(Degree)、研究分野ネットワークグラフ(N-Graph)、差分グラフ(C-Graph)の 3 つの観点から 2 誌の違いについて気づいた点についてアンケートにおいて記述してもらった。Degree では、(1)のみの記述は、書誌データを利用した統制群とほぼ同じであるが、N-Graph や C-Graph の機能を利用することで(2)、(3)に関する記述を行なう被験者が大幅に増えていることがわかる。 $\chi^2$ による独立性検定を行なった結果、研究分野把握の要因に関して、提案手法の機能(N-Graph と C-Graph)の利用ありとなしの間には有意に差があった( $\chi^2(4) = 11.126$ , \* $p < .05$ )。初心者と専門家の間では、研究分野把握の要因には違いがでなかったが、2 誌分類の判断根拠に関する記述内容を調べると、専門

家と初心者で大きく異なった。初心者は、主に 2 つの基準で分類を行っていた。1 つめは、あるキーワードがでてくるかどうかで判断している。また、2 つめは、Aims and Scope から自分で抽象的な基準を作成し、それに当てはまるかどうかで判断している。それに対して、専門家はいずれも実際の研究分野とトピックを熟知しており、それらのトピックが 2 誌のどちらにあてはまるかで理解している。提案手法を用いた判断根拠をみると、専門的知識がまったくないにも関わらず各研究分野間のつながりや、カバー範囲、差異などについての違いが多く述べられており、それらを考慮して分類を行なったことが確認できた。

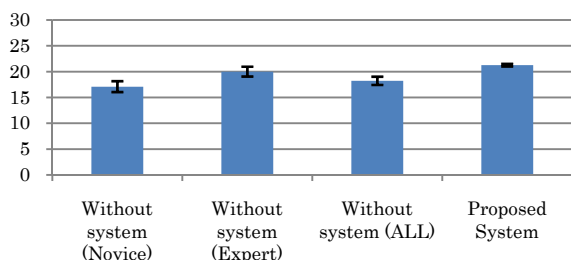


図 5 JEBO 誌と JEDC 誌において掲載された 30 文献の分類実験における正答数

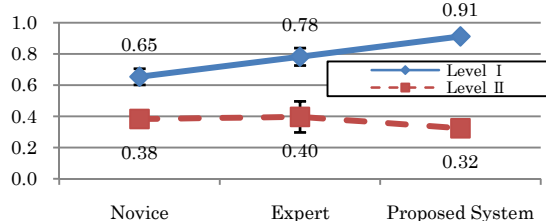


図 6 難易度別正答率

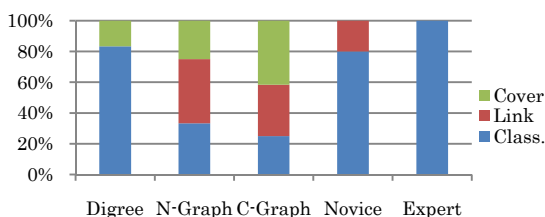


図 7 研究分野の関係性把握に関する割合

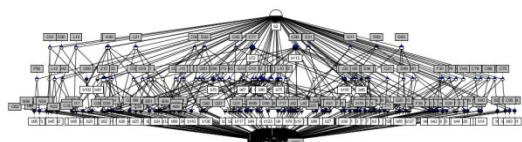


図 8 JEBO の書誌情報から作成した概念束

### 3.3 知識構造化と可視化支援の意味付けに関する考察

研究分野という単位によって行う専門領域の知識構造化を、形式概念分析(Formal Concept Analysis) [鈴木 07]を用いることで、その意味づけを考えてみる。形式概念分析は、データ構造

分析手法の一つであり、概念データを思考単位として、概念構造の明確化や事象の分析、データ可視化およびデータ依存関係などを明らかにする手法である。オブジェクトを各公表論文、属性を研究分野とした形式概念分析によって作成された各学会誌の全階層における概念束は図 8 のように表現される。ノードであるコンセプトが Hasse 図上に配置され、データ構造や包含関係の把握が可能な図式になっている。この概念束は、各学会誌の特徴を表しているといえるが、規模が大きくなり学会間の類似性が高くなるほどその違いを把握することは困難な問題となる。形式概念分析では、人間と対話的に、もしくは計算機的手法を用いて、まとまりのある属性やオブジェクトを統合するなどして、複雑な関係性から、より人間にわかりやすい概念束を構築していく[鈴木 07]。それに対し、提案した階層型研究分野ネットワークでの可視化では、各階層において JEDC と JEBO の両学会誌の差分を、局所的にユーザの要求に応じて提供することによって、両学会誌の違いを明確化し、安定した情報支援を行っており、人間の理解に即した同様の手続きを支援したと考えることができる。形式概念分析でも文脈(コンテキスト)間の排他的論理和をとることで、各学会誌の差分を表す概念束を作ることができないが、本論文のような分野間の関係性を構築しようとする研究分野数の 2 乗の属性が必要になり、複雑すぎるため可視化することに意味はない。提案手法による成果は、色、形状、位置、大きさなどのビジュアルプロパティを使ったシンプルなインタフェースにより、情報の階層構造を表現することによってユーザの理解を促進することが重要であるとするビジュアルインタフェースデザインの原則[Cooper07]にも一致する。

### 4. まとめ

本研究では、投稿された論文の研究分野関係がもつ関係性を明確にし、ユーザに提供することで、研究分野が持つ専門性把握を支援することを試みた。まず、研究分野把握の精度比較実験により、専門家と初心者の把握能力に有意差がないこと、および、専門家と初心者では把握の内容が大きく異なることがわかった。さらに、提案手法により研究分野間の階層的關係性をネットワーク化し可視化を行なうことで、初心者の研究分野把握を、専門家よりも高く、かつ安定して提供できることを確認した。また、専門家の分野把握においても専門分野の知識に基づき分類することに焦点が絞られていることで逆にトピック間の関係性や研究領域がカバーする範囲の差異などにはほとんど考慮がされないという危うさを示唆した。

### 参考文献

[Zuccala06] A. Zuccala: Modeling the Invisible College, Journal of the American Society for Information Science and Technology, Vol. 57, No. 2, 2006  
 [斎藤 86] 斎藤泰則: 専門領域の重要概念とその相互関係ー共引用文脈の内容分析に基づく知識構造の抽出ー, Library and Information Science, No.24, pp.145-154, 1986  
 [Livingston03] G. Livingston, G. Li, L. Hao and X. Li: The Induction and Analysis of Gene Networks, the Proceedings of Critical Assessment of Microarray Data Analysis (CAMDA), 2003  
 [鈴木 07] 鈴木治, 室伏俊明: 形式概念分析ー入門・支援ソフト・応用ー, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.19, No.2, pp.103-142, 2007  
 [Cooper07] A. Cooper, R. Reinmann and D. Cronin: About Face3 -The Essentials of Interaction Design-, Wiley Publishing, Inc., 2007