



日本における科学技術研究トピックの分布構造の抽出と可視化

大倉 典子^{*1} · 恩田 俊平^{*1} · 内田 誠^{*2} · 下村 芳樹^{*3} · 井越 昌紀^{*4}

Extraction and Visualization of the Structure of Topics on Scientific and Technologic Researches in Japan

Michiko OHKURA^{*1}, Shunpei ONDA^{*1}, Makoto UCHIDA^{*2},
Yoshiki SHIMOMURA^{*3}, and Masanori IGOSHI^{*4}

Abstract– This document describes a part of the researches accomplished by the committee on assistance of symbiotic communication in TRAFST (Transdisciplinary Federation of Science and Technology). The purpose of this study is to obtain hypotheses on the active fields and strong relations between fields in science and technology in Japan. For this purpose, we extracted and visualized the structure of topics on scientific and technologic researches from the database of researches in Japan.

Keywords– visualization, scientific and technologic research, transdisciplinary science and technology

1. はじめに

横断型基幹科学技術を形成するひとつの分野として、「人と機械のインタラクションのインタフェース」という視点が存在すると考えられる [1]。著者らは、この視点における特に「人と人工物との共生」という側面に着目し、横断型基幹科学技術研究団体連合（以下、横幹連合）に「共生コミュニケーション支援」調査研究会を発足させ、2005年4月から2007年3月までの2年間、調査研究活動を行なった [2]。本調査研究会の設立時の問題意識は、「人工物の増加による生態系への悪影響、人への悪影響が深刻化している中で、細分化する科学技術が問題解決の役割を果たしていないのではないかと、従来の科学技術の枠組みを越えて結集するためには、新しい

理念とそれを支える横断的な方法論があるのではないかとという視点であった [3]。そこで、このような理念や方法論の芽が、これまでの日本における科学技術研究トピックの分布構造を可視化して俯瞰することで発見できるのではないかとという予測に基づき、「日本における科学技術研究トピックの分布構造の抽出と可視化」をこの調査研究活動の一環として行なった。

この研究の目的は、我が国の研究者データベースより得られる各研究者の所属する学会や各研究者の持つキーワードを基に、研究トピックの分布構造を抽出・可視化し、横幹連合に所属している学会をおもな対象として、現在、科学技術のいかなる分野において活発な研究が行われているのか、どのような研究分野間に強い関係性が存在するのかに関する仮説を得、それを今後の横幹連合や所属学会の活動に役立てることである。

本研究に関わる先行研究として、例えば科学計量学では、論文やジャーナルの引用関係や共引用関係から科学技術分野を俯瞰的にマッピングすることが1970年代から行なわれ、文献 [4] は、その方法論を系統的に紹介し、日本の事例を分析した例を提供した教科書である。また可視化に関しては、例えば文献 [5] を初めとするPNASの“Mapping Knowledge Domain”の特集号では、webからの知識抽出など種々のデータを可視化した研究が掲載されている。さらに本研究で対象とした研究者データベースは「ReaD 研究開発支援総合ディレクトリ」 [6] で

*1 芝浦工業大学工学部 東京都江東区豊洲 3-7-5

*2 東京大学大学院工学系研究科 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

*3 首都大学東京システムデザイン学部 東京都日野市旭が丘 6-6

*4 東京都立大学 東京都八王子市南大沢 1-1 (現, ACP 研究会)

*1 Shibaura Institute of Technology, 3-7-5 Toyosu, Koto-ku, Tokyo, Japan

*2 The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa-shi, Chiba, Japan

*3 Tokyo Metropolitan University, 6-6 Asahigaoka, Hino-shi, Tokyo, Japan

*4 Tokyo Metropolitan University, 1-1 Minamiosawa, Hachioji-shi, Tokyo, Japan

Received: 11 August 2007, 30 September 2007

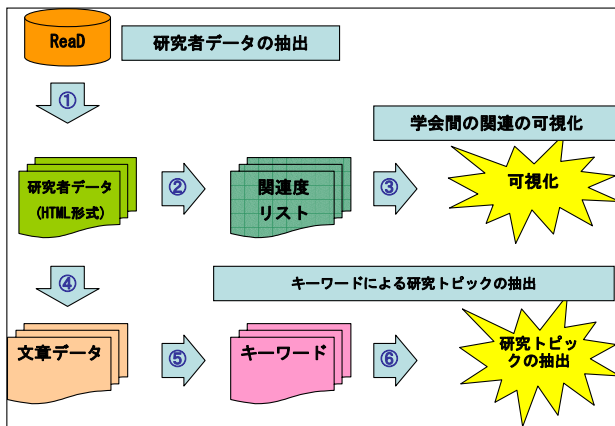


Fig. 1: Schematic diagram

あるが、その前身にあたる「研究者ディレクトリ」を用いた数量化4類による専門分野分類の例もある [7]。

詳細は後述するが、本研究では、研究者の所属する学会間の関連の強さに、文献 [4] において「類似度の指標としてしばしば用いられる」とある cosine の類似度 [8] を採用し、また上記 PNAS の特集号にも「共著者のネットワーク」[9] を掲載している Newman によるクラスタリングアルゴリズム [10] を利用している。しかしその後の可視化の過程においては、類似度に適切な閾値を設定し、上記とは異なるアルゴリズム [11] に基づいて可視化し、さらに独自のアルゴリズム [12] によって彩色を行なっている。

これらのクラスタ内キーワードやクラスタ間キーワードの分析およびそれから得られる仮説は、横幹連合やその所属学会の今後の活動の方向にヒントを与えるという意味で有用と考えられる。

2. 研究の概要

本研究は以下の手順で実施した (Fig. 1)。

- ① ReaD 研究開発支援総合ディレクトリ [6] によりインターネット上で管理されている研究者データを取得する。
- ② 研究者データから各研究者の所属学会を抽出し洗浄した後、学会間の関連度を算出する。
- ③ 関連度に基づき、各学会をクラスタリングし可視化する。
- ④ 研究者データから、研究に関するキーワードを含む文章データを抽出する。
- ⑤ 文章データから、テキストマイニングによって、各研究者の持つキーワードを抽出する。
- ⑥ クラスタ情報を基に、クラスタ内やクラスタ間のキーワード等を抽出し、分析することにより、研究

分野内のホットトピックあるいは研究分野間の関係性を作っているトピックに関する仮説を得る。

3. 学会間の関連度の算出と可視化

3.1 研究者データの取得

我が国の研究者に関する属性データベースである研究開発支援総合ディレクトリ ReaD[6] の研究者データベースより、HTML 形式で以下の情報を取得した。

- 氏名
- 研究分野
- 研究分野に関するキーワード
- 現在の研究課題
- ReaD 研究分野
- 所属学会

この中で、研究分野と ReaD 研究分野以外は自由記述であるため、同等の内容であっても表記の異なる場合が存在した。

また取得したレコード数は、約 180,000 件であった。

3.2 所属学会データの洗浄と学会間の関連度の算出

3.2.1 手順

研究者の所属する学会間の関連度を算出するために、まず各研究者の所属学会データを洗浄し、二つの学会に所属する研究者数から cosine の類似度 [8] に基づいて算出した値を「学会間の関連度」とした。

ここで、二つの学会 X, Y の cosine の類似度を算出する計算式は以下の通りである。

$$\text{sim}(X, Y) = \frac{|X \cap Y|}{\sqrt{|X| \cdot |Y|}}$$

$|X \cap Y|$: X と Y の両者に所属している研究者の人数

$|X| \cdot |Y|$: X に所属している研究者の人数と Y に所属している研究者の人数の積

3.2.2 結果

所属学会を抽出できたレコード数は 128,137、その中で IEEE など国外の学会を除き、学会名の後ろの研究会名や役職等の除去等の洗浄を行なった後のレコード数は 98,567、学会数は 18,741 であった。なお、20 名以上の研究者が所属している学会数は 2,263 であった。

ちなみに、所属する研究者の数 (ReaD に所属学会として登録している研究者の数) が 2,000 名以上の学会を、その人数と共に Fig. 2 に示す。

次に、これらの学会間で関連度 (cosine の類似度) を算出した結果より、関連度の大きい学会ペアを、Table 1 に示す。

Table 1: Society pairs with strong relations

Order	Relation	Society name 1	Society name 2
1	0.69	日本血液学会	日本臨床血液学会
2	0.62	日本消化器外科学会	日本外科学会
3	0.60	地域漁業学会	漁業経済学会
4	0.58	人文地理学会	経済地理学会
5	0.57	九州大学哲学会	西日本哲学会
6	0.55	西日本社会学会	日本社会分析学会
7	0.55	日本鼻科学会	日本耳鼻咽喉科学会
8	0.54	日本消化器病学会	日本消化器内視鏡学会
9	0.53	日本血管外科学会	日本心臓血管外科学会
10	0.53	日本助産学会	日本母性衛生学会

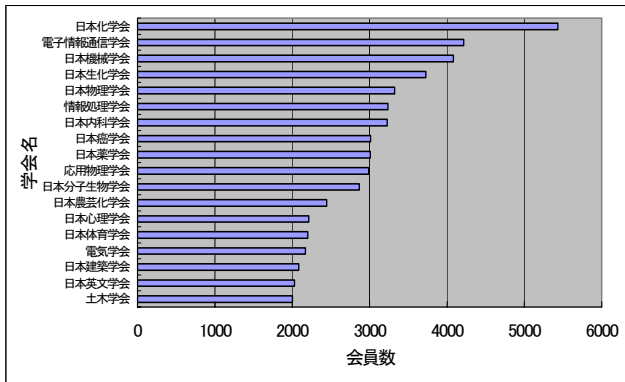


Fig. 2: Societies with many members

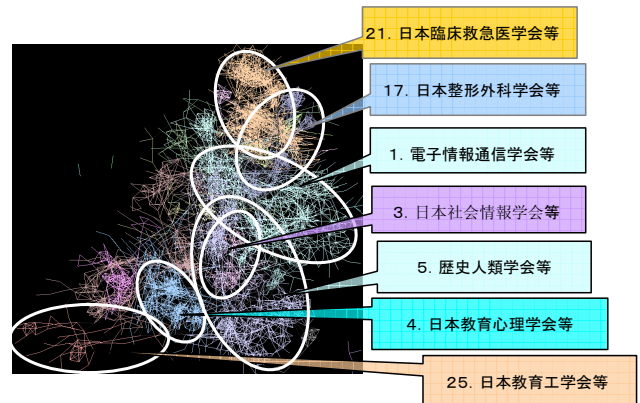


Fig. 3: Network graph

3.3 クラスタリングと可視化

ここで採用したクラスタリングと可視化の手続きは、文献 [10] におけるクラスタリングと可視化の方法に倣った。

具体的には、各学会をノード、学会間の関連度をノード間のエッジで表現することでネットワークを構成し、学会間の関連度の大きな学会同士が同じクラスタに含められるように、このネットワークをネットワークポロジによるクラスタリング手法 [11] によって 30 個のクラスタに分割した。各クラスタに含まれる学会を Table 2 に示す。

また、関連度が 0.06 以上のエッジ 6,711 個をクラスタごとに色分けし可視化した結果を Fig. 3 に示す。ここでは、クラスタの構造を把握しやすくするために、ノードの配置計算には Large Graph Layout 法 [12] を用い、独自の彩色アルゴリズム [13] により、同じクラスタに属するノード間を結ぶエッジ同志を同じ色、異なるクラスタに属するノード間を結ぶエッジを濃灰色で色付けした。

さらに、各クラスタ間の関係を把握するために、以下のような可視化を行なった結果を Fig. 4 に示す。

- 各クラスタをノード
- 各クラスタに含まれる学会数をノードの大きさ
- Fig. 3 におけるクラスタ間のエッジ (異なるクラスタに属する学会間を結ぶエッジ) の数を、ノード間のエッジの太さ

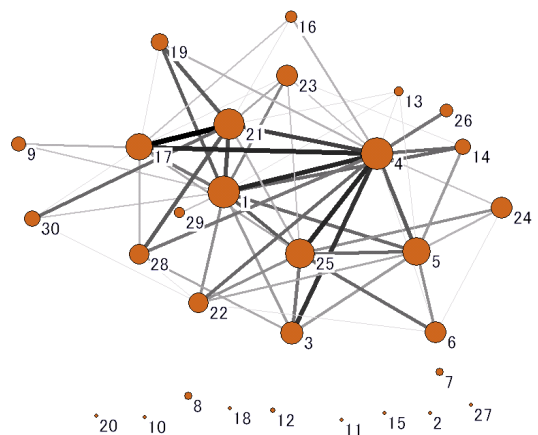


Fig. 4: Relation between clusters

また、他のクラスタとの間にエッジを持たない孤立クラスタを除く 20 個のクラスタについて、学会数とクラスタ内のエッジ数を Table 3 に、クラスタ間のエッジ数を Table 4 に示す。

Fig. 4 と Table 3 から、クラスタ内の学会数は #1 「理工」・#4 「心理・経済」・#21 「医学 (内科)」 の順に多い

Table 2: Clusters and the included societies

#	Cluster name	Societies
1	理工	電子情報通信学会, 精密工学会, 日本機械学会, 情報処理学会, 日本植物工場学会, 日本知能情報ファジィ学会, 映像情報メディア学会, 日本バーチャルリアリティ学会, ヒューマンインタフェース学会, 日本リモートセンシング学会, 日本ロボット学会, 人工知能学会, 日本シミュレーション学会, 日本コンピュータ化学会, 日本化学会, 可視化情報学会, 土木学会等
2	不明	日本土壌微生物学会, 日本シェイクスピア学会
3	社会・福祉	日本社会情報学会, 認知科学会等
4	心理・経済	日本シミュレーション&ゲーミング学会, 日本行動計量学会, オフィスオートメーション学会, 日本経営工学会, 日本オペレーションズリサーチ学会, 日本バイオフィードバック学会, プロジェクトマネジメント学会等
5	史学・哲学・宗教	美術史学会, 日本人類学会等
6	文学	日本文芸学会, 民族芸術学会等
7	音楽	日本ピアノ教育連盟等
8	観光	日本観光学会等
9	医学 (眼科)	日本眼科学会等
10	声楽	二期会, 日本声楽発声学会
11	雪	日本雪工学会, 日本雪水学会
12	知財	日本知財学会, 研究・技術計画学会, 産学連携学会
13	映像・写真	日本写真学会, 日本アニメーション学会等
14	農業経済	日本農業経済学会, 日本船舶海洋工学会等
15	マンガ・記号	日本マンガ学会, 日本記号学会
16	油脂	日本脂質栄養学会, 日本脂質生化学研究会他
17	医学 (整形外科・神経)・薬学	日本整形外科学会, 日本神経学会, 日本薬学会等
18	現代音楽	日本現代音楽協会, 日本作曲家協議会
19	獣医畜産	日本畜産学会, 日本獣医師会等
20	特殊歯科	小児歯科学会, 障害者歯科学会
21	医学 (内科)	日本がん学会, 日本病理学会他
22	服飾・繊維	日本感性工学会, 日本デザイン学会, 家政学会等
23	医学 (生理学)・細菌	内科学会, 日本菌学会, 農芸化学会等
24	比較文化	日本アメリカ史学会, 日本国際文化学会等
25	文化・言語・教育	形の科学会, 情報文化学会, 人間工学会, 言語学会等
26	図書館	日本図書館情報学会, 記録管理学会等
27	リスク・政策	日本リスク研究学会, 環境経済政策学会
28	看護	日本看護科学学会, 日本在宅ケア学会等
29	工学 (省略)	機械学会, ロボット学会等
30	医学 (細胞)	日本顕微鏡学会, 日本生活支援工学会, 日本皮膚科学会等

Table 3: Numbers of edges between clusters

#	Cluster name	Number of society	Number of edges in cluster
1	理工	413	1033
3	社会・福祉	72	152
4	心理・経済	365	1016
5	史学・哲学・宗教	197	650
6	文学	59	181
9	医学 (眼科)	14	43
13	映像・写真	6	5
14	農業経済	22	56
16	油脂	10	11
17	医学 (整形外科・神経)・薬学	141	450
19	獣医畜産	23	69
21	医学 (内科)	322	1429
22	服飾・繊維	48	70
23	医学 (生理学)・細菌	56	89
24	比較文化	51	81
25	文化・言語・教育	218	586
26	図書館	11	27
28	看護	43	142
29	工学 (省略)	8	7
30	医学 (細胞)	14	43

Table 4: Numbers of edges between clusters

#	1	3	4	5	6	9	13	14	16	17	19	21	22	23	24	25	26	28	29	30	Total
1	1	1	35	11	0	2	1	11	0	9	14	19	6	7	0	14	0	0	2	2	134
3	1	1	26	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	4	0	0	45
4	35	26	1	16	1	0	1	13	3	38	3	24	12	2	2	39	9	10	0	0	234
5	11	5	16	1	6	0	1	5	0	0	0	0	4	0	3	13	0	0	0	0	64
6	0	0	1	6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	13	0	0	0	0	22
9	2	0	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
13	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4
14	11	0	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	30
16	0	0	3	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
17	9	0	38	0	0	3	0	0	2	1	61	0	1	0	4	0	3	0	1	123	
19	14	0	3	0	0	0	0	0	0	1	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33
21	19	0	24	0	0	0	1	0	0	61	15	0	4	0	3	0	16	0	13	156	
22	6	0	12	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	1	0	1	31	
23	7	0	2	0	0	0	1	0	1	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	17	
24	0	0	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	12	
25	14	0	39	13	13	0	0	0	4	0	3	6	2	6	0	0	0	0	0	100	
26	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
28	0	4	10	0	0	0	0	0	0	3	0	16	1	0	0	0	0	0	0	34	
29	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	13	1	0	0	0	0	0	0	17	

Table 5: In-cluster keywords

Cluster name	keywords
理工	開発, 物性, 構造, 計算機科学, 知能情報学, 材料, 生態, 分子生物学, 制御, 環境保全, 有機化学, 情報通信工学, 機能, 機械システム, 流体工学, 知能機械学, 応用微生物学, 電子デバイス, 電子
社会・福祉	社会福祉関係, 社会学, 教育, 社会福祉学, 社会系心理学, 文化人類学, 教育学, 刑事法学, 民俗学, 民族学, ソーシャルワーク, 社会福祉, 家族, 高齢者, 政治学, 心理学, 地域福祉, 健康科学
心理・経済	社会系心理学, 教育, 経営学, 公衆衛生学, 健康科学, 経済事情, 経済政策, 政治学, 社会学, 会計学, 実験系心理学, 経済理論, 食生活, 教育学, 民事法学, 社会福祉関係, 食品科学, 金融論
医学 (整形外科・神経)・薬学	整形外科学, 神経科学一般, 生物系薬学, 神経内科学, 精神神経科学, 神経薬理学, 神経化学, 神経神経科学, 生理学一般, 筋肉生理学, 耳鼻咽喉科学, 治療, 医療系薬学, 脳神経外科学, 疾患
服飾・繊維	住環境, 家政学一般, 衣, 物性, 高分子構造, 芸術諸学, 美学, 教科教育, 繊維, 生活科学一般, 高分子, 意匠, 建築史, 教育学, 広領域, 美術史, 文化人類学, 構造, 民俗学, 繊維材料, 高分子材料
文化・言語・教育	教育学, 体育学, 言語学, 音声学, 英米文学, 教科教育, 英語, 教育, 国語学, 日本語学, 社会系心理学, 社会学, 教育工学, 社会福祉関係, 日本語教育, 環境生理学, 栄養生理学, 体力医学
看護	看護サービス, 看護, 臨床看護学, 地域看護学, 基礎, 老年看護学, 地域, 健康科学, 教育, 公衆衛生学, 基礎看護学, 社会系心理学, 教育学, 社会学, 社会福祉関係, 家族, 開発, 公衆衛生, 高齢者
文化・言語・教育	教育学, 体育学, 言語学, 音声学, 英米文学, 教科教育, 英語, 教育, 国語学, 日本語学, 社会系心理学, 社会学, 教育工学, 社会福祉関係, 日本語教育, 環境生理学, 栄養生理学, 体力医学

が, クラスタ内のエッジ数は「医学 (内科)」が際立って多く, 次いで「理工」・「心理・経済」が多いことが判った。さらに, クラスタ内のエッジ数が最高で 1,000 以上であるのに対し, クラスタ間のエッジ数は, #21「医学 (内科)」と #17「医学 (整形外科・神経)・薬学」の 61 が最高であり, 極めて少ないことが Table 4 からわかる。また Table 4 から, #4「心理・経済」は他のクラスタとのクラスタ間エッジ数の多いクラスタと言える。

以上から, 学会の大小やエッジの関連度の強弱を考慮していない中での議論ではあるが, 「理工」クラスタは, その内包する学会数が多く, その中での連携は比較的多いが, 他分野との連携が「心理・経済」に比べて少ないことがわかる。一方「心理・経済」は, クラスタ内の連携・他クラスタとの連携いずれも数が多く, ハブ的役割を果たすクラスタとなっていることがわかる。

4. クラスタ内キーワード・クラスタ間キーワード

4.1 文章データの抽出とキーワードの抽出

3.1 で取得した研究者データから, 「氏名」を主キーとして「研究分野」, 「研究分野に関するキーワード」, 「現在の研究課題」, 「Read 研究分野」の 4 項目の文章データを抽出した。さらにそれらの文章データから, 形態素解析 [14] により, 各研究者の持つキーワードを抽出した。最も出現頻度の高いキーワードは「研究」で, それ以降の頻出キーワードは「社会学」, 「教育」, 「教育学」, 「社会福祉関係」, 「社会系心理学」, 「英語」, 「英米文学」, 「開発」, 「分子生物学」, 「物性」, 「文化人類学」, 「言語学」, 「構造」であった。また, 研究者の平均所持キーワード数は約 9 個であった。

4.2 クラスタ内キーワード・クラスタ間キーワードの抽出

あるクラスタ内の学会に所属している研究者のキーワードを「クラスタ内キーワード」, 所属する学会が複数のクラスタにまたがっている研究者のキーワードを, その複数のクラスタ間の「クラスタ間キーワード」と定義する。データベースから各クラスタの主要な「クラスタ内キーワード」を抽出した。その一部を Table 5 に示す。また Table 3, Table 4 においてクラスタ内エッジとクラスタ間エッジの数が大きく異なっていたことから推測されるように, Table 5 から「クラスタ間キーワード」を見出すことは難しい。そこでデータベースから抽出した「クラスタ間キーワード」の一部を Table 6 に示す。

4.3 キーワードの分析

Table 6 から, 例えば「理工」のクラスタ内キーワードである「社会システム工学」は「心理・経済」のクラスタ内キーワードでもあり, また, この両クラスタ間のクラスタ間キーワードでもある。これは, 「社会システム工学」という研究分野が「理工」クラスタ内においても「心理・経済」クラスタ内においても活発な研究分野であり, また両クラスタ間の連携も活発な研究分野である可能性を示唆していると考えられる。

これに対し, 複数のクラスタの共通なキーワードであるにもかかわらず, 両クラスタのクラスタ間キーワードとなっていないキーワードもある。これを「理工」クラスタと他のクラスタに関して, データベースから抽出してまとめたものの一部を, Table 7 に示す。Table 7 において「他クラスタ名称」が「社会・福祉」の場合, キーワード分類が「共通 (C)」に含まれるキーワード (例えば「社会学」, 「社会福祉関係」) は, これらが「理工」ク

Table 6: Between-cluster keywords

「理工」-「心理・経済」	食品科学, 栄養科学, 都市計画, 建築計画, 応用微生物学, 応用生物化学, 実験系心理学, 食生活, 知能情報学, 交通工学, 国土計画, 住環境, 社会システム工学, 生化学, 食品一般, 家政学一般, 衣, 住宅問題, 住居地域計画, 影響, 保存法
「理工」- 「医学(整形外科・神経)・薬学」	化学系薬学, 有機化学, 生物系薬学, 物理系薬学, 分子生物学, 開発, 有機化学反応, 動物生理, 合成, 細胞生物学, 代謝, 合成化学, 用いる, 天然有機化合物, 機能生物化学, 有機化学一般, 生物有機科学, 生化学, 医薬分子機能学, 複素環化合物
「理工」-「文化・言語・教育」	教育工学, 知能情報学, 計算機科学, 科学教育, 教科教育, 設備, 建築環境, 情報システム学, 情報図書館学, 教育, 情報教育, 用いる, 言語学, 音声学, 教育学, 開発, CAI, 情報通信工学, データベース, 教科教育学, 自然語処理
「心理・経済」- 「医学(整形外科・神経)・薬学」	精神神経科学, 教育, 実験系心理学, 社会系心理学, 小児科学, 精神医学, 神経科学一般, 教育学, 精神障害, 公衆衛生学, 健康科学, 治療, 社会学, 神経科学, 診断, 発達, 薬理学一般, 神経内科学, 応用生物化学, 社会福祉関係, 生化学
「心理・経済」-「医学(内科)」	小児科学, 食生活, 公衆衛生学, 健康科学, 臨床看護学, 看護サービス, 看護, 食品科学, 栄養科学, 神経科学一般, 食生活学, 神経内科学, 治療, 疾患, 人類遺伝学, 教育, 胎児, 社会系心理学, 栄養生理学, 環境生理学, 体力医学
「心理・経済」- 「文化・言語・教育」	教育学, 教育, 社会系心理学, 体育学, 教科教育, 社会学, 住環境, 健康科学, 社会福祉関係, 家政学一般, 公衆衛生学, 衣, 教育工学, 実験系心理学, 文化人類学, 幼児教育, 音声学, 環境生理学, 言語学, 体力医学, 栄養生理学
「医学(整形外科・神経)・薬学」- 「医学(内科)」	生物系薬学, 整形外科学, 細胞生物学, 分子生物学, 疾患, 治療, 生理学一般, 薬理学一般, 耳鼻咽喉科学, 機能系基礎歯科学, 形態系基礎歯科学, 医学, 神経内科学, 神経科学一般, 化学系薬学, 診断, 運動器系, 医療系薬学, 開発, 生理
「医学(整形外科・神経)・薬学」- 「文化・言語・教育」	環境生理学, 体力医学, 栄養生理学, 体育学, スポーツ医学, 公衆衛生学, 健康科学, 整形外科学, 循環器内科学, スポーツ科学, 影響, 及ぼす, リハビリテーション, 生理, 筋肉生理学, 運動, 生理学一般, 医学, 科学技術史, 科学社会学,
「医学(内科)」- 「文化・言語・教育」	体育学, 環境生理学, 体力医学, 栄養生理学, 公衆衛生学, 健康科学, 応用健康科学, 及ぼす, 影響, 肥満, 身体組成, 運動, 食生活, 運動療法, スポーツ医学, 生理学一般, スポーツ科学, 生理, 関連, 状態, 耳鼻咽喉科学

ラスト内キーワードであり、かつ「社会・福祉」クラスタ内キーワードであることを示している。またキーワード分類「クラスタ間(B)」に含まれるキーワードは、これらが「理工」クラスタと「社会・福祉」クラスタのクラスタ間キーワードであることを示している。さらにキーワード分類「C → B」に含まれるキーワード(例えば「機能」、「構造」)は、これらのキーワードが「理工」クラスタ内キーワードであり、かつ「社会・福祉」クラスタ内キーワードでありながら、この両クラスタのクラスタ間キーワードではないことを示している。すなわちこれらのキーワードは、両クラスタの今後の連携が期待されるキーワードであることが推測される。

5. 考察

Table 6, Table 7 からはいろいろな可能性が読み取れる。

例えば、「心理・経済」-「文化・言語・教育」間のクラスタ間キーワードには、「社会福祉関係」、「住環境」などが含まれるが、「理工」-「心理・経済」間や「理工」-「文化・言語・教育」間のクラスタ間キーワードには、これらは含まれていない。しかし「理工」クラスタ内キーワードには「社会福祉関係」があることから、この研究分野は「理工」クラスタと「心理・経済」あるいは「文化・言語・教育」などのクラスタとの連携が今

後期待されるポテンシャルを秘めていると推測され、この傾向は例えば「福祉科学」と呼ばれるような新領域の対象分野の今後の成長として考えられる。

また Table 7 から、「理工」クラスタと「服飾・繊維」クラスタの両クラスタに含まれ、クラスタ間キーワードには含まれないキーワードとして「知能情報学」、「感性情報学」、「感性工学」があり、これらの研究分野は、今後両クラスタ間の連携強化が期待される分野であると推測される。この傾向は例えば「感性ロボティクス」と呼ばれるような新領域の対象分野の今後の成長として考えられる。

同様に「理工」と「心理・経済」の両クラスタに含まれ、クラスタ間キーワードには含まれないキーワードに「処理」、「診断」、「法」などがある。これらは「もの」そのものやその構造ではなく、「もの」を用いて行なわれる「こと」に関するキーワードである。このことは、これらと他の語との共起などの分析をしていないため断定はできないが、例えば本来「もの」に直接的に関係するクラスタである「理工」に属する研究者の研究分野が「もの」のみならず「こと」へ拡大していることを示唆しており、また一方、これらのキーワードがクラスタ間キーワードに含まれないことは、本来これら二つのクラスタの連携による拡大が期待される「もの」と「こと」を統合的に扱う分野の研究が未成熟であることを暗示している。一方で、文献 [15] で詳述しているように、サービ

Table 7: Relation between 「理工」 cluster and other clusters

Name of other cluster	Class of keyword	Keyword
-社会・福祉	Common(C)	社会学, 社会福祉関係, 開発, 教育, 機能, 構造, 文化人類学, 社会系心理学, 影響, ネットワーク, 教育学, 民俗学 等
	Between-cluster(B)	社会福祉関係, 社会学, 知能情報学, 自然災害科学, 都市, コミュニティ, 開発, 災害, 社会系心理学, 教育, 実験系心理学, 高齢化, 社会システム工学 等
	C \wedge -B	機能, 構造, 文化人類学, 影響, ネットワーク, 教育学, 民俗学, 環境, 環境保全, 都市計画 等
-心理・経済	Common(C)	開発, 教育, 食品科学, 影響, 経済事情, 社会系心理学, 構造, 経済政策, 知能情報学, 栄養科学, 社会システム工学 等
	Between-cluster(B)	食品科学, 栄養科学, 都市計画, 建築計画, 応用微生物学, 応用微生物学, 実験系心理学, 食生活, 知能情報学, 交通工学, 国土計画, 住環境, 社会システム工学, 生化学, 食品一般 等
	C \wedge -B	処理, 環境動態解析, 電子, 電気材料工学, 法, 研究開発, 電子デバイス, 材料力学, 機械材料, 加工学, 物理化学, 診断, 建築構造 等
-医学(整形外科・神経)・薬学	Common(C)	分子生物学, 開発, 構造, 化学系薬学, 細胞生物学, 解析, 影響, 機能, 解明, 神経科学一般, 生物系薬学, 生化学, 神経薬理学, 物理系薬学 等
	Between-cluster(B)	化学系薬学, 有機化学, 生物系薬学, 物理系薬学, 分子生物学, 開発, 有機化学反応, 動物生理, 合成, 細胞生物学, 代謝, 合成化学, 天然有機化合物, 機能生物化学 等
	C \wedge -B	知能情報学, 材料力学, 機械材料, 整形外科学, 機械システム, 知能機械学, 機能材料, 関係, システム工学, リハビリテーション, 薬物相互作用, 抗ヒスタミン薬 等
-服飾・繊維	Common(C)	物性, 構造, 開発, 機能材料, 知能情報学, 高分子構造, 広領域, 繊維, 住環境, 複合材料, 応用, 環境保全, 計算機科学, 高分子, 家政学一般 等
	Between-cluster(B)	物性, 高分子構造, 繊維, 高分子合成, 高分子, 構造, 合成, 高分子材料, 複合材料, 高分子化学, 機能材料, 高分子化学一般, 繊維材料, 家政学一般, 衣, 住環境 等
	C \wedge -B	知能情報学, 広領域, 教科教育, 流体工学, トライボロジー, 設計工学, 環境, 教育工学, 教育学, 感性情報学, 感性工学 等
-看護	Common(C)	開発, 基礎, 影響, 教育, 評価, 構造, 健康科学, 公衆衛生学, 社会学, 地域 等
	Between-cluster(B)	無し
	C \wedge -B	開発, 基礎, 影響, 教育, 評価, 構造, 健康科学, 公衆衛生学, 社会学, 地域 等

スというキーワードのもとに「もの」と「こと」の高度統合による高付加価値実現の重要性が経済分野ならびに工学分野の双方で認識されつつある現状を踏まえれば、これらのキーワードを中心に今後両クラスタ間の連携強化が期待される分野であると推測される。この傾向は例えば「サービス工学」と呼ばれるような新領域の対象分野の今後の成長として考えられる。

さらに、「理工」クラスタと「医学(整形外科・神経)・薬学」クラスタ間はこれまで化学分野・生物分野の連携が多く行われてきているが、潜在的には「知能情報学」, 「システム工学」等の研究分野に連携の可能性がある。また「理工」クラスタと「看護」クラスタには、多数の共通キーワードがあるにもかかわらずクラスタ間キーワードが存在しないことから、これらのクラスタ間の連携のポテンシャルが示唆される。この傾向は、例えば今年度から横幹連合の調査研究会として発足した、医薬品の使

用の安全を高めるための「医薬品インタフェース」と呼ばれるような新領域の対象分野の今後の成長として考えられる。

なお以上の解析結果や考察については、以下の点に留意する必要がある。

- 今回対象とした研究開発支援総合ディレクトリ ReaD [6] の研究者データベースは、国内の大学や公的研究機関等に勤務する研究者のみのデータベースであり、日本の研究者全体の動向が反映されているわけではない。
- 「研究分野」や「ReaD 研究分野」が自由記述ではないことから、抽出されたキーワードに、文部科学省科学研究費の分野分類名称に起因するものが含まれている。

6. まとめ

現在，科学技術のいかなる分野において活発な研究が行われているのか，どのような研究分野間に強い関係性が存在するのかに関する仮説を得ることを目的として，研究者の属性キーワードを基に研究トピックの分布構造を可視化し，解析を行った．

学会をクラスタリングした結果，理工クラスタは学会数も多く，その中での連携も活発であるが，心理・経済クラスタの方が，他クラスタとの連携が活発であり，ハブ的役割を果たすクラスタとなっていることがわかった．さらに各クラスタ内やクラスタ間のキーワードについて解析を行った結果，今後の連携にポテンシャルのある研究分野が複数推測された．

これらはいずれも，横幹連合に所属する学会間の連携を意識して推測した結果である．横幹連合の使命は，単独の学会では解決の困難な「知の統合」や「知の活用」の実現にあると考えられる．今後は，横幹連合が核となり，これらの連携が促進されることを期待する．

参考文献

- [1] 大倉典子: 人と機械のインタラクションのためのインタフェース, 学術の動向, Vol.10, No.8, pp. 52-55, 2005.
- [2] 横幹連合「共生コミュニケーション支援」調査研究会: 「共生コミュニケーション支援」成果報告書, 2007.
- [3] 井越, 下村: 人工物との共生における一考察, 精密工学会誌, Vol.73, No.9, pp. 999-1004, 2007.
- [4] 藤垣裕子他: 研究評価・科学論のための科学計量学入門, 丸善, 2004.
- [5] R. M. Shiffrin and K. Borner: Mapping knowledge domains, Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A., Vol.101, suppl.1, pp. 5183-5185, 2004.
- [6] 研究開発支援総合ディレクトリ ReaD, <http://read.jst.go.jp/>
- [7] 山下康弘: 科学研究費補助金における専門分野分類の分析, 研究・技術計画学会第13回年次学術大会講演要旨集, pp. 27-32, 1998.
- [8] L. Hamers et al.: Similarity Measures in Scientometric Research: The Jaccard Index versus Salton's Cosine Formula, Information Processing and Management, Vol.25, No.3, pp. 315-318, 1989.
- [9] M. E. J. Newman: Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration, Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A., Vol.101, suppl.1, pp. 5200-5205, 2004.
- [10] 内田, 柴田: ブログ記事ネットワークからの emerging topic の抽出と可視化, 人工知能学会 全国大会 3D2-03, 2006.
- [11] M. E. J. Newman: Fast algorithm for detecting community structure in networks, Physical Review E69, 066133, 2004.
- [12] Large Graph Layout, <http://apropos.icmb.utexas.edu/lgl/>
- [13] M. Uchida and S. Shirayama: Formation of patterns from complex networks, Journal of Visualization, Vol.10, No.3, 2007 (in press).

- [14] ChaSen - 形態素解析器, <http://chasen-legacy.sourceforge.jp/>
- [15] 下村芳樹他: サービス工学の提案 - 第1報, サービス工学のためのサービスのモデル化技法-, 日本機械学会論文集 C 編, Vol.71, No.702, pp. 315-322, 2005.

大倉 典子



1976年東京大学工学部計数工学科数理コース卒業, 1978年同大学院工学系研究科修士課程修了, 1995年同大学院工学系研究科後期博士課程修了, 博士(工学). (株)日立製作所, (株)日立超LSIエンジニアリング, (株)ダイナックスを経て, 1999年より芝浦工業大学工学部教授. 人にやさしい情報の提示法の研究やインタラクティブシステムの研究に従事. 日本バーチャルリアリティ学会, ヒューマンインタフェース学会などの会員.

恩田 俊平



2007年芝浦工業大学工学部情報工学科卒業. 同年4月より, (株)ジャパンシステムに勤務. 在学中, 日本における科学技術研究トピックの分布構造の抽出と可視化の研究に従事.

内田 誠



2004年3月東京大学工学部卒業. 2006年同大学院工学系研究科修士課程修了, 同年同大学院後期博士課程に入学. 複雑ネットワーク分析, 複雑系シミュレーション, ネットワーク可視化等の研究に従事. 情報処理学会, 日本機械学会, 電子情報通信学会会員.

下村 芳樹



1984年九州工業大学工学部卒業. 工学博士. 三田工業株式会社, 川崎重工業株式会社を経て, 2001年東京大学・人工物工学研究センター・サービス工学研究部門助教授, 2005年より首都大学東京大学院システムデザイン研究科システムデザイン専攻教授. 主としてサービス工学, 設計工学, ライフサイクル工学, 自己修復機械, 群制御等の研究に従事.

井越 昌紀



1967年東京工業大学大学院機械工学専攻修士修了, 工学博士, 三菱重工業(株), ((財)機械振興協会技術研究所を経て, 1991年東京都立大学工学部教授, 現名誉教授, NPO-CEO協議会 ACP 研究会代表, 人と機械の知的協調, 意匠曲面形状処理, CAD/CAM, 遠隔作業支援, などの研究に従事.