

## セキュリティ分野の学術俯瞰

井手 達夫<sup>†</sup>、高野 泰朋<sup>‡</sup>、橋本 正洋<sup>‡</sup>

### 要旨

本研究は、大量の文献情報を計量的に扱う計量書誌学分析の一つである引用ネットワーク分析を用いることで、セキュリティ分野全体がどのような知識構造になっているのかを明らかにしたものである。近年セキュリティ分野の研究は増加する一方であり、それらの論文を2000年・2005年・2010年・2015年までに期間を区切り、主として上位10位までの国・組織・研究テーマ等を分析した。その結果、研究の対象は、2000年以降、サイバーセキュリティ分野、安全保障分野の論文が増加しており、すでに主要な研究領域となっていることが明らかになった。また研究の主体は、これまで米国及びその機関が他を圧倒してきたが、近年その全体に占める影響力は低下しつつあり、代わりに中国が存在感を増してきていることが明らかになった。

### Abstract

This research uses bibliometric citation network analysis over a large amount of academic literature, in order to clarify the knowledge structure in the field of security. The analysis comprises the growing of the knowledge structure of security for the years 2000, 2005, 2010 and 2015, mainly focusing on top 10 countries, organizations, and research themes. The results show that there has been a surge in research related to National Security and Cyber Security, which comprise the majority of academic papers in the field, revealing a tight structure that has become a major research area. The United States (US) has played the leading role in the field, by the number of organizations involved, however in recent years the influence of the US is in the middle of a declining process. On the contrary, the Chinese presence has increased.

### 1. はじめに

近年、セキュリティに関する必要性は高まる一方である。グローバル化の進展もあり、2014年における世界各地の紛争の犠牲者は約18万人、難民の数はシリアだけで320万人とされ<sup>[1]</sup>、各地に避難した難民に紛れ込んだテロリストによるテロ事案等の数も増加している。またネットワーク化社会の発展により、情報システム上のセキュリティの重要性も飛躍的に増大し、企業や政

---

Academic Landscape of Security Studies  
Tatsuo Ide, Yasutomo Takano, Masahiro Hashimoto

<sup>†</sup>早稲田大学、<sup>‡</sup>東京工業大学

<sup>†</sup>Waseda University, <sup>‡</sup>Tokyo Institute of Technology

[論文]

2016年9月6日受付

2016年12月8日改定

2017年1月7日受理

© 情報システム学会

府に及ぼすインターネット経済の被害総額は、2013年で約41兆円と増大傾向にあり、サイバー犯罪はインターネット経済全体の15%~20%を占めていると見積もられている<sup>[2]</sup>。

これらの社会的状況から、学術におけるセキュリティの研究も急速に増加している。学術データベース Web of Science Core Collection に収録された“security”で検索できる論文数は、2000年には14644本であったものが、2015年には72892本と約5倍に拡大した。

一方で、セキュリティの語は多義的である。Cambridge Dictionaryによれば、人や組織また国に対する防護や財政、また信頼等幅広い意味を有する。セキュリティの研究も非常に広い分野を包含する。しかし、これまでの研究では、研究者の関心のある特定の内容・分野の研究は数多くなされてきたが、分野全体を学術的に俯瞰する研究は限定的である。それを明らかにすることは、個々の研究の企図を全体の中で改めて意味づけ、情報システムとしての学問の体系化を行う上で意義がある。

そこで本研究では大量の文献情報を計量的に扱う計量書誌学分析の一つである引用ネットワーク分析を用いることでセキュリティ分野の研究全体がどのような知識構造になっているのかを明らかにした。加えて、時系列分析を行うことでその研究動向がどのようなダイナミクスを持つかを探索した。

## 2. 関連研究

学術分野を俯瞰する方法は、expert-based と computer-based の2つのアプローチに二分される<sup>[3]</sup>。セキュリティ分野に

おけるそれぞれのアプローチの先行研究を次に示す。

### 2.1 Expert-based の先行研究

Expert-based とは専門家による研究対象の分析である。セキュリティ分野の Expert-based の先行研究には J. Peter Ed. (2010)、Alan Collins Ed. (2007)、Takeda Ed. (2001) がある。J. Peter らは近年新たに生じてきたセキュリティの内容について、Concept・Subject・Object・Practice に区分し、その各々に関して分析を行っている<sup>[4]</sup>。Alan Collins らは、セキュリティに対するアプローチの方法、分類、そして最後に伝統的及び非伝統的なセキュリティについて列挙し、分析している<sup>[5]</sup>。武田らは、安全保障に関して、国際関係、軍事力・核兵器・軍備管理・国際法等の観点から分析を行っている<sup>[6]</sup>。しかしながら、分析対象の文献数は膨大であるため、Expert-based の分析では全てを分析することは不可能であり、網羅性がない。また、文脈の整合は人が読み解きを行うことから、内容の視点、分類等において、恣意性が排除できない。

### 2.2 Computer-based の先行研究

Computer-based とはコンピュータの情報処理能力を活用した研究対象の分析である。Expert-based に対して、特定の分野全般等大量なデータの処理も可能であることから、恣意性の排除及び網羅性の担保も可能となる<sup>[3]</sup>。セキュリティ分野の Computer-based の先行研究には Kiriyama et al. (2014)、Yogesh et al. (2008) がある。Kiriyama らはエネルギー安全保障に関して、1948年から2012年にわたる64年間の1157の論文を抽出し、国別・

分野別に比較分類し、その連関等を分析している<sup>[7]</sup>。Yogesh らは、Information Systems Frontiers 誌の 1999 年から 2008 年の 10 年間 307 の論文に関して、著者の属性や研究機関別の比較をしている<sup>[8]</sup>。これらの Expert-based の既存研究は、特定のテーマや論文誌に着目して分析しているが、セキュリティ分野全体を分析対象としたものは存在していない。そこで本研究では大量の文献情報を計量的に扱う計量書誌学分析を用いることでセキュリティ分野全体がどのような知識構造になっているのかを明らかにし、加えてそのトレンドがどのようなダイナミクスを持つかを探索した。

### 3. 研究手法

本研究の手法のフローチャートを図 1 に示す。

#### 3.1 データベースの選定(1) (図 1 (1) 以下同様)

セキュリティ分野全体の学術俯瞰をするためには適切なデータベースが必要である。その要件として研究分野のダイナミズムを把握するために、時間的に長期間にわたって収録され、内容的により広範な学術論文を包含し、量的にも十分であることが要求される。そこで、本研究では学術論文データベース Web of Science Core Collection を

選択した。このデータベースは 1900 年からこれまでの論文を収録していること、内容的に 12,500 誌 (2015 年 12 月現在) を超える影響力ある学術雑誌、重要刊行物を含んでおり、その量も十分であり、本研究に適切である。

#### 3.2 対象論文の抽出 (2)

論文検索エンジンである Web of Science を用いて、Web of Science Core Collection に収録されている論文の内、“security”をタイトル・キーワード・アブストラクトに含むものを抽出した。その際、時系列な変化が分かるよう、2000 年・2005 年・2010 年・2015 年までの 4 つのデータセットを作成した。

#### 3.3 引用ネットワークの構築 (3)

得られたデータセットを用いて、各々の論文をノード (図 1 中(3)の丸) として、引用関係をリンク (図 1 中(3)の矢印) として結びつける論文引用ネットワークを作成した。引用ネットワークの作成には、萌芽領域の特定に優れる直接引用で構成されるネットワークを用いた<sup>[9]</sup>。

#### 3.4 クラスタリング (4)

引用ネットワークのうち、最大連結成分を分析対象として抽出した。最大連結成分に対し、Newman 法<sup>[10]</sup>を用いて、セキュリティ分野の研究領域を関連分野ごとのクラ

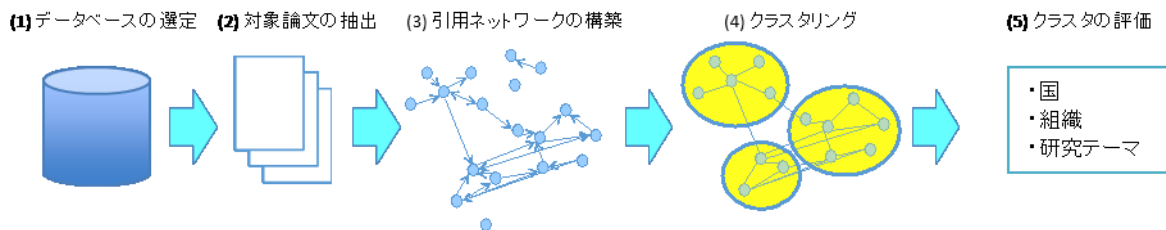


図 1 本研究の手法のフローチャート

表 1 各年代の最大連結成分の論文数及びクラスタ数

	2000年まで	2005年まで	2010年まで	2015年まで
最大連結成分の論文数	709	2745	9616	18381
クラスタ数	26	49	68	86

スタに分割した。最大連結成分の論文数と、それを分割した際のクラスタ数は表 1 のとおりである。

### 3.5 クラスタの評価 (5)

3.4 により得られたクラスタを評価する。まず各クラスタを「安全保障分野」「経済分野」「社会分野」「サイバーセキュリティ分野」の 4 つの分野に分け、その全体及び上位 10 位の中での割合の変化及び各年代の動向を明らかにする。

次に上位 10 位までに焦点を当て、国・組織・研究テーマを明らかにする。

最後に最上位のクラスタに焦点を当て、中心論文著者の国、組織を明らかにする。

分野の分類は Cambridge Dictionary の“Security”に関する定義等を基準に行った。国・組織は、対象のクラスタの中の論文の著者の所属情報を用い頻度を計算した。

研究テーマは、対象のクラスタの中心となる論文のタイトルとアブストラクト等によりその内容を適切に表すものをテーマ名とした。

## 4. 分析結果

### 4.1 研究テーマの変遷

まず全クラスタを「経済分野」「安全保障分野」「社会分野」「サイバーセキュリティ分野」の 4 分野に分け、全体及び上位 10 位内でのそれぞれ各クラスタに含まれる論文数の割合を比較すると表 2 のとおりであった。

全体と上位 10 位の割合の差は最大で 6.6% (2015 年 安全保障分野) で、両者は 4 分野とも増減に関してほぼ同様の傾向を示した。

次に各年代の上位 10 位までの各クラスタの研究テーマを表 3 に示す。クラスタがそのまま大きくなって順位が変わるものや、

表 2 各年代、各分野の全体及び上位 10 位までの割合

		2000年まで	2005年まで	2010年まで	2015年まで
経済分野	全体	67.3%	28.2%	11.8%	8.5%
	上位 10 位まで	68.6%	32.6%	15.5%	9.9%
安全保障分野	全体	0.0%	0.0%	9.5%	10.7%
	上位 10 位まで	0.0%	0.0%	13.0%	17.3%
社会分野	全体	32.7%	16.9%	13.3%	17.8%
	上位 10 位まで	31.4%	13.4%	7.3%	14.2%
サイバーセキュリティ分野	全体	0.0%	54.9%	65.4%	63.1%
	上位 10 位まで	0.0%	53.9%	64.2%	58.6%

表3 各年代、各クラスタの研究テーマ

	2000年まで		2005年まで		2010年まで		2015年まで	
	研究テーマ	件数	研究テーマ	件数	研究テーマ	件数	研究テーマ	件数
クラスタ1	社会福祉	122	証券取引	294	暗号技術	971	暗号技術	2043
クラスタ2	証券制度	76	暗号技術	245	金融市場	816	安全保障	1888
クラスタ3	証券価格	61	セキュリティプロトコル	225	安全保障	688	センサーネットワーク	1157
クラスタ4	証券市場	53	社会保障	219	暗号プロトコル	598	資本市場	1078
クラスタ5	転換社債	49	不動産担保証券	129	電力保全	509	生体認証	865
クラスタ6	生活保護	42	アクセス制御	124	社会保障	385	電力保全	837
クラスタ7	証券法規	37	株式市場	109	量子暗号	342	食糧安全	816
クラスタ8	証券価格	33	侵入検出	99	アドホックネットワーク	341	アクセス制御	794
クラスタ9	債務債権	27	Eコマース	96	アクセス制御	332	母子保護	733
クラスタ10	住宅ローン	23	コンピュータセキュリティ	90	侵入検知	292	認証技術	683

分裂または合併して研究テーマが変わるものなどが見受けられる。

更に可視化したクラスタ同士の関係及びその変遷を図2に示す。

その動向の変化を見ると、2000年までは、証券（制度、価格、社債等）を中心とした経済分野のクラスタが相互に引用し合い大きなクラスタ群を形成している。それとは別に社会分野のクラスタ群（「社会福祉」「生活保護」）が存在している。

2005年になると、「暗号技術」「アクセス制御」「コンピュータセキュリティ」などのサイバーセキュリティ分野のクラスタが、相互に連結しながら数多く登場するようになる。そのため、上位10クラスタに現れる経済・社会分野のクラスタは数にして半数を割るようになる。このように、大きく、サイバーセキュリティ分野、経済分野、社会分野の3つのクラスタ群が観測できた。

2010年になると、サイバーセキュリティ分野のクラスタの数は増加し、「暗号技術」が一番大きなクラスタとなった。サイバーセキュリティ分野のクラスタ群とは別に、経済分野（「資本市場」）と社会分野（「社会

保障」）のクラスタが存在し、これに加え新たに安全保障分野（「安全保障」）のクラスタが登場した。また、サイバーセキュリティ分野と緩く繋がるものとして「電力保全」のクラスタも新たに出現した。

2015年になると、論文数の増加とともに、サイバーセキュリティ分野は更に密接に関係しあうようになる。一方、2010年に出現した「安全保障」と「電力保全」のクラスタは発達していることが明らかになった。特に、「安全保障」は2005年では孤立して存在していたが、「電力保全」と近い位置に現れるようになってきていることは興味深い。また、経済分野（「証券市場」）のクラスタは引き続き存在しているが、社会分野として「食料安全」と「母子保護」が新たなクラスタとして出現した。

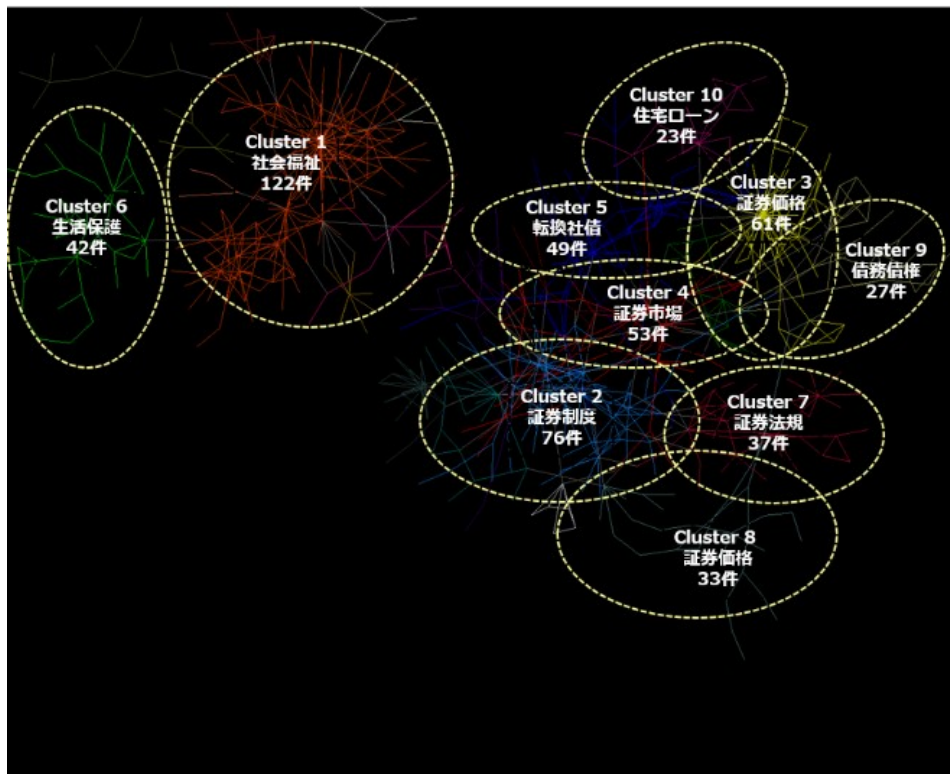


図2 上位10位までのクラスタの研究テーマ (2000年まで)

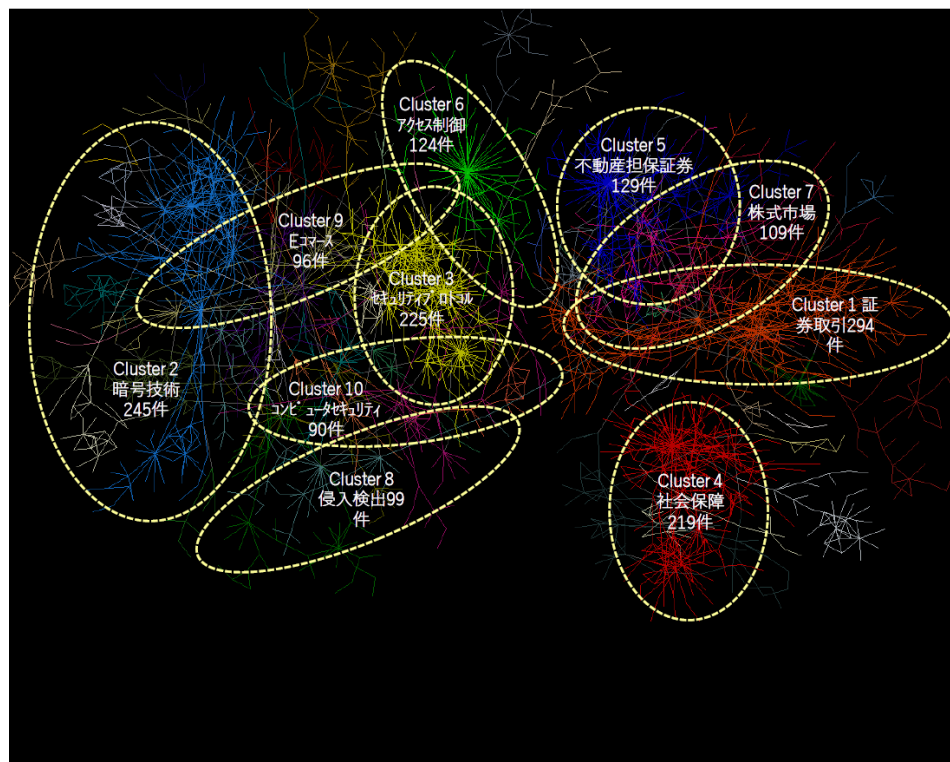


図3 上位10位までのクラスタの研究テーマ (2005年まで)

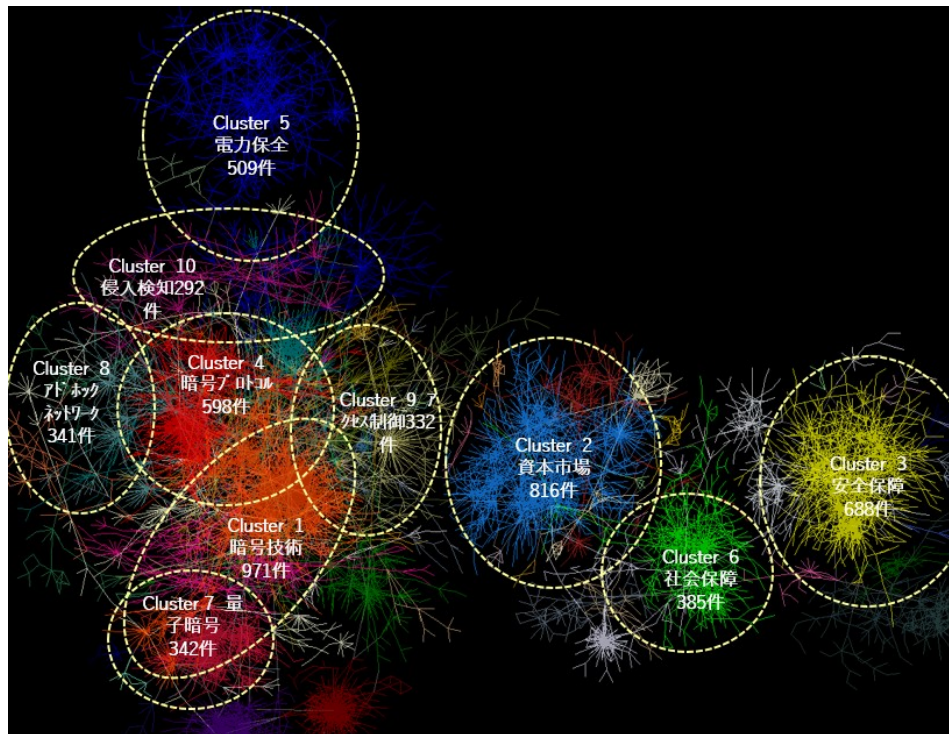


図4 上位10位までのクラスタの研究テーマ (2010年まで)

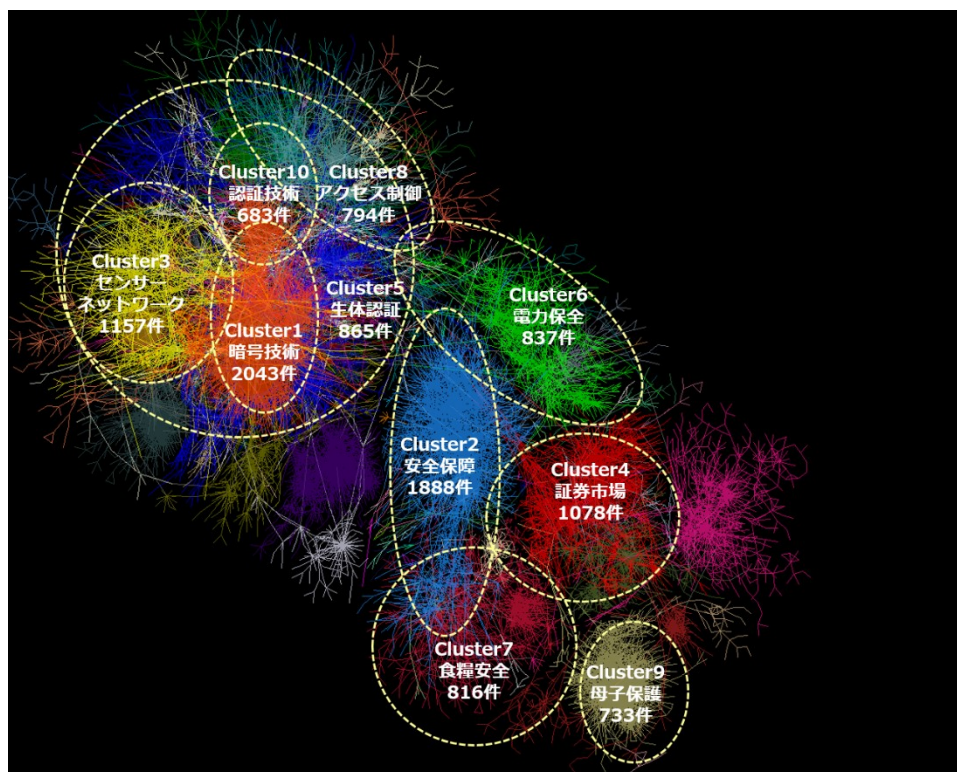


図5 上位10位までのクラスタの研究テーマ (2015年まで)

#### 4.2 クラスタの中心論文著者の国・組織の変遷

全論文の中から、各年代の国別の論文数を比較し表 4 に示す。

これを見ると各年代にわたって米国が最

も多く論文を出版している。2005 年以降は中国が 2 位、英国が 3 位の順位で変わっていない。2010 年以降はドイツが 4 位、カナダが 5 位の順も固定してきている。日本は、2000 年は 7 位、2005 年は 9 位、2010 年は 8 位となり、2015 年には 10 位以下と

表 4 各年代の国別の論文数

	2000 年まで		2005 年まで		2010 年まで		2015 年まで	
1	USA	295	USA	1046	USA	2778	USA	5128
2	England	28	China	159	China	1171	China	2670
3	Canada	25	England	128	England	525	England	1216
4	France	5	Taiwan	125	Canada	418	Canada	908
5	Israel	5	Germany	96	Germany	394	Germany	794
6	Netherlands	5	Canada	94	Taiwan	386	Australia	718
7	Japan	5	France	90	South Korea	326	Taiwan	693
8	Belgium	4	Australia	84	Japan	323	India	663
9	Spain	4	Japan	84	France	322	South Korea	580
10	Italy	3	South Korea	79	Australia	293	France	565

表 5 各年代の組織別の論文数

	2000 年まで		2005 年まで		2010 年まで		2015 年まで	
1	Natl Bur Econ Res	21	Ibm Corp	50	Chinese Acad Sci	95	Chinese Acad Sci	234
2	Univ Penn	12	Stanford Univ	39	Shanghai Jiao Tong Univ	91	Shanghai Jiao Tong Univ	155
3	Univ Chicago	12	MIT	36	Ibm Corp	87	Univ Illinois	148
4	Univ Calif Los Angeles	12	Natl Bur Econ Res	32	MIT	73	Xidian Univ	137
5	NYU	11	Univ Penn	32	Stanford Univ	72	Univ Waterloo	131
6	Stanford Univ	10	NYU	31	Harvard Univ	72	Harvard Univ	127
7	Univ Calif Berkeley	9	Harvard Univ	27	Univ Illinois	70	Stanford Univ	123
8	MIT	8	Columbia Univ	25	Univ Waterloo	65	Univ Toronto	116
9	Univ Virginia	8	Univ Calif Berkeley	25	NYU	61	Purdue Univ	112
10	Univ Minnesota	7	Univ Wollongong	24	City Univ Hong Kong	60	Beijing Univ Posts & Telecommun	110

(凡例 ■ : 米国 ■ : カナダ ■ : 中国 ■ : オーストラリアの研究機関)



なった。

全論文の中から、各年代の組織別の論文数を比較すると、表 5 のとおりとなった。

これを見ると 2005 年までは上位 10 位は、2005 年のオーストラリアウーロンゴン大学を除き、すべて米国の研究機関であった。

しかし 2010 年以降、1 位・2 位はそれぞれ中国の中国科学院、上海交通大学となった。

2015 年にはトロント大学、ウォータールー大学とカナダの機関も上位に入るようになってきた。日本の研究機関の中で 10 位以内に入る機関はなかった。

### 4.3 主要研究テーマにおける中心論文著者の国・組織の変遷

前記 10 クラスターのうち、2005 年に現出

し、2010 年及び 2015 年までの範疇の中で、共に 1 位である暗号技術に関して、中心論文著者の国、組織上位 5 位までを表 6 に示す。

これをみると、国別に 2010 年までの段階で、米中の全体に占める割合が逆転し、中国が 1 位となっている。組織別に 2010 年の段階で上海交通大学が、また 2015 年の段階で中国科学院が 1 位、上海交通大学が 2 位となり、全般動向における順位と同じになった。日本は常に 3 位を占めているが、組織として上位を占めているところは 2005 年までに東京大学が入っているのみであった。

## 5. 考察

### 5.1 研究の対象

表 6 「暗号技術」における各年代の中心論文著者の国・組織

2005 年まで			2010 年まで			2015 年まで		
内容	件数	割合	内容	件数	割合	内容	件数	割合
暗号技術	245		暗号技術	971		暗号技術	2043	
USA	69	28.2%	Peoples R China	245	25.2%	Peoples R China	528	25.8%
Peoples R China	38	15.5%	USA	189	19.5%	USA	341	16.7%
Japan	29	11.8%	Japan	88	9.1%	Japan	150	7.3%
South Korea	21	8.6%	Australia	62	6.4%	France	128	6.3%
Australia	19	7.8%	South Korea	62	6.4%	Australia	120	5.9%
Ibm Corp	18	7.3%	Shanghai Jiao Tong Univ	38	3.9%	Chinese Acad Sci	65	3.2%
Univ Wollongong	13	5.3%	Univ Wollongong	34	3.5%	Shanghai Jiao Tong Univ	65	3.2%
Stanford Univ	9	3.7%	Ibm Corp	27	2.8%	Univ Wollongong	54	2.6%
Univ Tokyo	9	3.7%	Xidian Univ	26	2.7%	Xidian Univ	52	2.5%
NYU	8	3.3%	Chinese Acad Sci	25	2.6%	Ibm Corp	34	1.7%

各年代、各分野における全体、上位 10 位までの割合の割合をグラフにしたものが図 6 である。これを見ると、2000 年代には経済分野が最も大きく、社会分野がそれに続き、サイバーセキュリティ分野、安全保障分野はクラスタとして現れていなかった。ところが 2005 年にサイバーセキュリティ分野が、2010 年に安全保障分野がクラスタとして現れると共に急激に増加し、前者は既に過半数を超え、後者も全体の約 2 割に届こうとするほどの規模である。

これらは、社会全体がネットワーク化されつつある中で、サイバーセキュリティに関する知見が求められていること、及びグローバル化に伴う国際情勢の不安定化により、安全保障上の知見が求められていることの現れであると考えられる。

次に上位 10 位までの各クラスタの動的な変化を示したのが図 7 である。クラスタ

中の中心となる論文に着目し、異なる年代のクラスタにも出現している場合には矢印で示した。クラスタの動的変化の中で特徴的な変化は 3 つある (図 7 中の太矢印)。

1 点目は暗号技術のクラスタである。2005 年では 2 位で出現し、その後 2010 年・2015 年と 1 位となっている。2010 年で出現した暗号プロトコルのクラスタは 2015 年には暗号技術の一つの大きなクラスタへと融合している。サイバーセキュリティの中核技術である暗号技術が、研究としても最大の領域になっていることを示している。

2 点目は、侵入検出のクラスタ (2005 年 8 位) が、アドホックネットワーク (2010 年 8 位) →センサーネットワーク (2015 年 3 位) へと発展していることである。ネットワーク上のセンシング技術は、近年注目される Internet of Things (IoT) 関連クラスタであるが、2005 年・2010 年と 8 位であっ

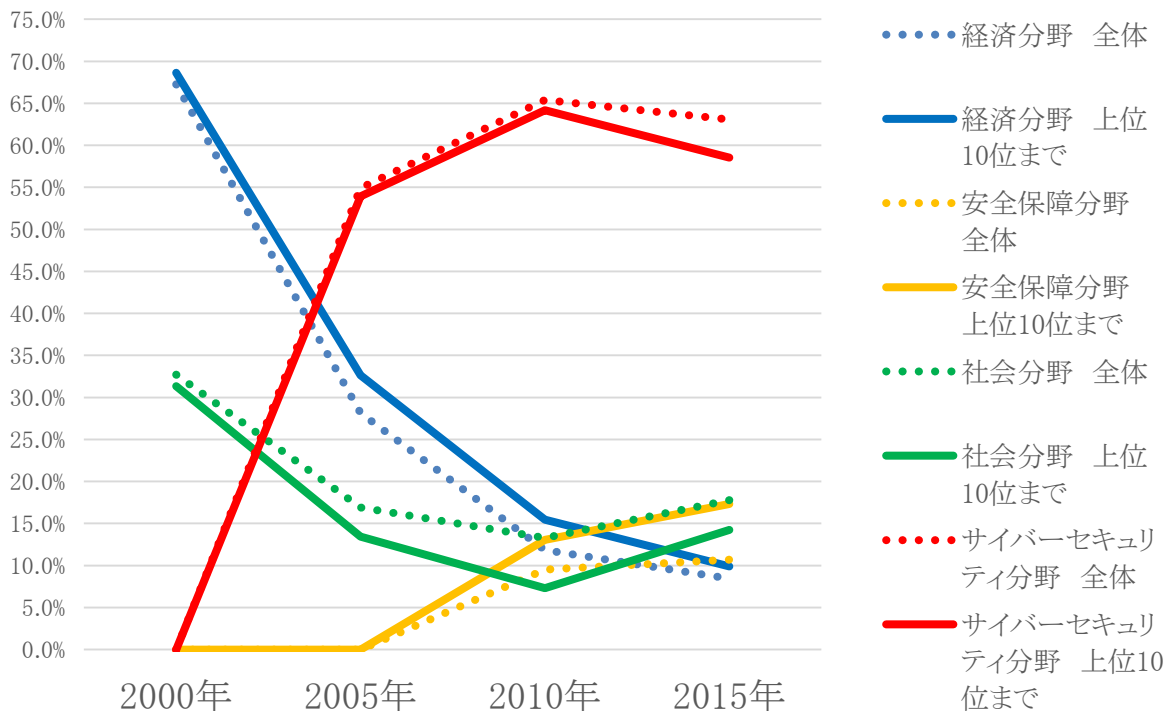


図 6 各年代、各分野における全体、上位 10 位までの割合比較

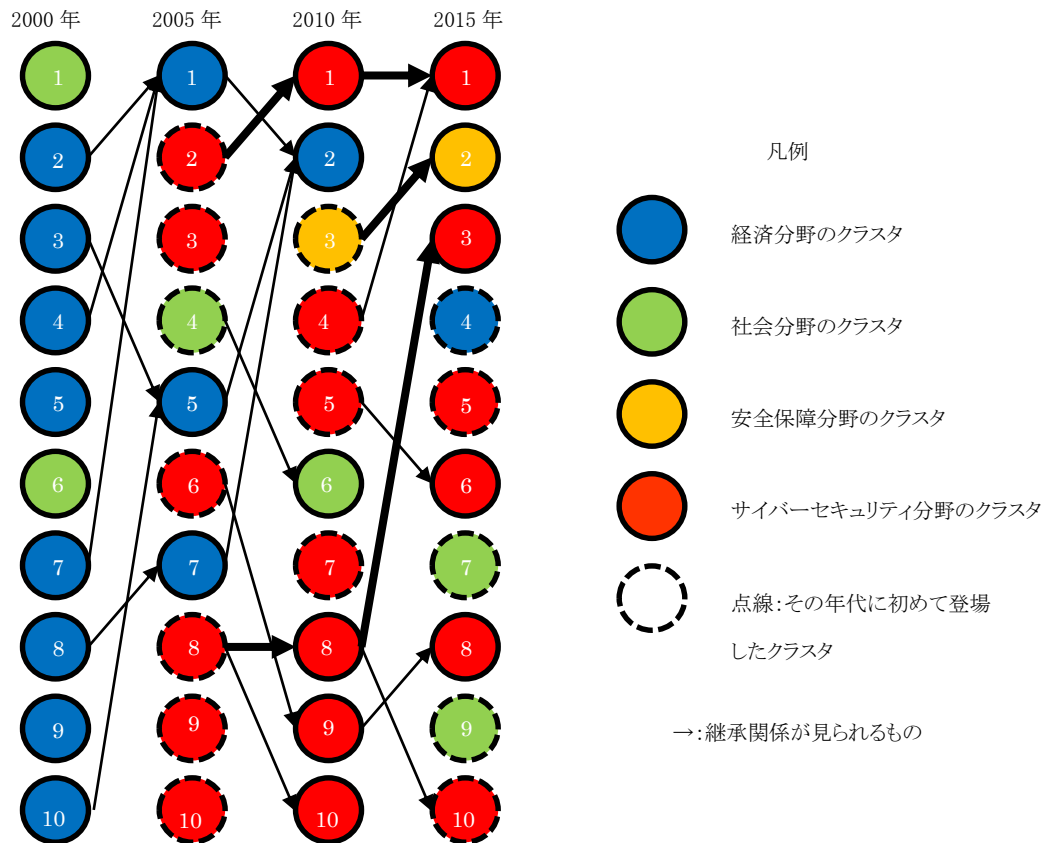


図 7 各年代ごとの各クラスターの動的変化

たものが 2015 年では 3 位と急上昇した。センサーネットワーク分野での研究が、現在注目されている IoT のセキュリティ研究の中核として存在していると考えられる。

3 点目は安全保障のクラスターである。初めて現出した 2010 年には論文数 1177 本で 3 位であったものが、2015 年には 2 位となり論文数も 3 倍の 3278 本となっている。中心となる論文はほぼそのままであるが、全体のキーワードは前者が “war”、“International Relation” といったものであったことから、“Food Security” “Climate” といったより根源的な内容に変化している。これは議論の拡大に伴い、深化してきていることを表すものだと考えられる。

## 5.2 研究の主体

表 1 の最大連結成分の論文数と表 4 の国別論文数から、上位 5 位の国の全体の論文数に対する割合を計算し、グラフにすると図 8 のとおりとなった。これによると米国は一貫して 1 位を占めているが、その相対的な割合は低下している一方、中国の割合が増加している。

表 5 の各年代の組織別の論文数では、2000 年までは上位 10 位すべてが米国の研究機関であったものが、2015 年には中国が 1 位、2 位を占めるようになっており、考え併せ、米国以外の国、特に中国の占める割合が上昇していることが明らかになった。

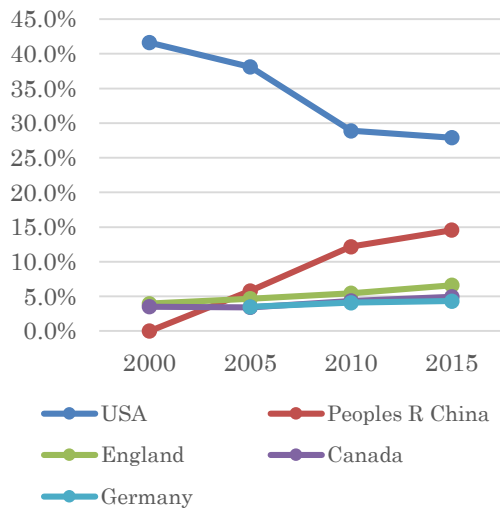


図 8 上位 5 位の国別論文数の全体に占める割合

### 5.3 研究の主体と対象の関係

表 6 を見ると暗号技術のクラスタでは、国別で、1 位であった米国を 2010 年までに追い抜いて、中国が 1 位となっている。組織別では 1 位 IBM を 2010 年までに追い抜いて上海交通大学、ついで中国科学院が 1 位になっているのに加え、西安电子科技大学が 2010 年以降 4 位を保っている。このことは、中国は全体の中で占める割合は米国に劣るものの、サイバーセキュリティのコア技術である暗号に関しては集中して資産を投資していること、また中でも、上記 3 大学がその中心となっていると言える。

だが一方で引用回数の多い主要論文の上位 10 位の中に中国国籍の著者は現れていない。明確に中国国籍の著者が上位に現れるのは 2005 年までで 30 位、2010 年までで 27 位、2015 年までで 30 位であった。このことは、中国では量的に多くの論文が作成されているものの、質的には未だトップ

レベルに達していないということができると考える。

## 6. 結論

本研究は、学術論文データベース Web of Science Core Collection から“security”に関する論文を抽出した上で、論文引用ネットワークを用いて上位 10 の国・組織と研究テーマを中心に時系列な分析を行った。その結果、研究の対象は、サイバーセキュリティ分野、安全保障分野の論文が増加しており、全セキュリティ論文の内、前者は過半数、後者は 2 割近くを占め、すでに主要な研究領域となっていることが明らかになった。

研究の主体は、これまで米国及びその機関が他を圧倒してきたが、論文数から近年その全体に占める割合は低下しつつあり、代わりに中国が存在感を増してきていることが明らかになった。

併せて本研究では、セキュリティの研究を「経済分野」「社会分野」「安全保障分野」「サイバーセキュリティ分野」に区分してその動向を把握したが、すべてのクラスタがそのカテゴリに分類できたこと、可視化したクラスタの遷移もその 4 つの区分で説明できたことから、それが有効であったものとする。

本論文の限界としては、大量の論文データ解析にはコンピュータを用いた汎用的な処理を行っていることから属人性が低いものの、クラスタのテーマや動向の分析は筆者らが行っているためある程度の解釈の幅が存在する可能性がある。今回の結果を複数の専門家に提示することでより分析を深化し、精度を高めることができると考える。

本研究は、上位 10 位までの国・組織・研究テーマのみに着目しているため、残念ながら日本の研究動向は明らかにできていない。これは、日本の研究力が相対的に弱体化していることを示唆する。将来の研究として、分析範囲を広げて日本が強いセキュリティ分野を示しつつ、日本全体としての国際的なポジショニングを検討していくことが重要である。

### 参考文献

- [1] The International Institute for Strategic Studies “Armed Conflict Survey 2015” Armed Conflict Survey pp. 104-107, May 2015
- [2] Mcfee “Net Losses- Estimating the Global Costs of Cybercrime” Center for Strategic and International Studies p. 7, June 2014
- [3] R. N. Kostoff, R. Boylan, and G. R. Simons “Disruptive technology roadmaps” Technol. Forecast. Soc. Change, Vol. 71, No. 1–2, pp. 141–159, January- February 2004
- [4] J. Peter Burgess Ed “The Routledge Handbook of New Security Studies”, Routledge, January 2010
- [5] Alan Collins “Contemporary Security Studies” Oxford University Press, February 2016
- [6] 武田康裕 神谷万丈 編 防衛大学校安全保障学研究会「安全保障学入門」亜紀書房 2009 年
- [7] Eriko Kiriya and Yuya Kajikawa “A multilayered analysis of energy security research and the energy supply process” Applied Energy, Vol. 123, February 2014
- [8] Yogesh K. Dwivedi Banita Lai Navonil Mustafee Michael D. Williams “Profiling a decade of Information Systems Frontier’s research” Information Systems Frontiers, Vol. 18, Issues 81, pp. 87-102, March 2009
- [9] N. Shibata, Y. Kajikawa, Y. Takeda, K. Matsushima “Comparative study on methods of detecting research fronts using different types of citation” J. Am. Soc. Info. Sci. technol., 60, pp.571-580 March 2009.
- [10] Newman MEJ “Fast Algorithm for detecting community structure in networks.” Physical Review, Vol. 69, June 2004