Vol.2009-CSEC-46 No.41
2009/7/3

情報処理学会研究報告
IPSJ SIG Technical Report

情報セキュリティ事象の社会科学的アプローチによる研究の動向

持永　大[†]　杉浦　昌[††]　小松　文子[††]
村野　正泰[†]　赤井　健一郎[†]　上田　昌史[†††]

技術的対策やルールの策定だけでは情報セキュリティ対策には限界があるという声が聞かれる．このため筆者らは，適切な情報セキュリティ対策をとるためには社会心理学や行動経済学などの社会科学的アプローチによる情報セキュリティ事象の分析が必要であると考え，国内外の文献調査を行い，社会科学的なアプローチによる情報セキュリティ事象の研究の動向を調査したので報告する．

Research trends in social scientific approach to information security

DAI MOCHINAGA[†]　MASAHI SUGIURA[††]
AYAKO KOMATSU[††] MASAYASU MURANO[†]
KENICHIRO AKAI[†] MASASHI UEDA[†††]

In this paper, report research trends in social scientific approach to information security. On information security, some said that effect of technical measures or rules are limited. For appropriate measures for information security, we gathered and analyzed related work that utilizes social scientific approach such as social psychology or behavioral economics.

1. はじめに

現在の情報セキュリティ対策はリスクに対応するためのウイルス対策ソフトの導入など技術的な対策やセキュリティポリシーの策定といったマネジメントの対策が中心である．これらの対策は一定の効果を上げているが，情報システムを利用・管理・運用するのが人間であることから，技術的対策やルールの策定だけでは情報セキュリティ対策には限界があるという声が聞かれる．

例えばコンピュータを利用する人間のリスク情報の認知や意思決定のメカニズムは明らかでない．リスク情報認知に係る対策の問題の原因となっているのは情報システムを利用する人間が様々な評価基準を持ち，各個人がそれらを基に行動することから一様な対策では効果を上げづらいことが考えられる．すなわち情報を扱う機器や関係者に対するセキュリティ意識の動機付けでは人間の判断が重要である．また，企業等において経営者が情報セキュリティ対策への最適な投資を判断するための情報は乏しい状況にあるが，企業においては情報セキュリティ対策が投資といった観点から見たときに合理的であるか否かを判断することが重要である．

そこで，情報セキュリティ事象とその対策について社会科学的なアプローチによる分析が行われるようになった．ここでいう社会科学的なアプローチとは心理学，経済学，社会学等の分野において用いられている手法を指す．

これら社会科学的なアプローチのなかには，プレイヤーの振る舞いに重きを置くことで多くの知見を得てきたものもあり，情報セキュリティ分野においてもその成果が期待できる．例えば，ゲーム理論は社会制度設計における利害関係や費用対効果に関する分析に用いられているが，情報セキュリティに関する最適な投資の意思決定問題に対しても適用がされている．

社会科学的な観点から情報セキュリティに関する各事象を分析する試みは，端緒についたばかりであり，現在は技術的側面を除いた様々な側面からの机上分析的な部分が大部分を占めている．しかし，情報セキュリティ事象に対する社会科学的なアプローチに関する論文は増加傾向にあり，その動向を分析することは重要である．

[†] (株)三菱総合研究所
Mitsubishi Research Institute Inc.
[††] (独) 情報処理推進機構
Information-technology Promotion Agency, Japan(IPA)
[†††] 国立情報学研究所
National Institute of Informatics

本論文ではこれらの情報セキュリティ分野における社会科学的手法を用いた研究動向を紹介する．その目的は適用されている情報セキュリティに関する事例や手法を明らかにし，公開されている論文の状況を把握することである．

発表されている研究の多くは海外を中心として行われており，複数の研究会が 2000 年以降に開催されている．これらの研究会から代表的なサンプリングを行い，論文の動向を整理した．

以下に本論文の構成について述べる．

2 章では ELSEVIER 社のデータベース Science Direct におけるキーワード検索を用いることで研究動向を調査した方法と結果を述べる．

3 章では海外で開催されている研究会で発表されている論文の整理から動向把握を行った結果について述べる．動向把握においては各論文が扱っている対象（個人または集団），用いている手法の性質（定量的または定性的，事実解明的または規範的）の分析を行うことでその動向を把握した．

4 章では行われている研究の動向について，以上の結果をまとめた．

2. データベースからの検索

論文データベースを用いてキーワード検索を行うことで，情報セキュリティ分野，社会科学分野の論文数と両方にまたがる論文数の比較を行った．使用した論文データベースの概要，検索に用いたキーワード，検索結果について以下に述べる．

2.1 検索方法

検索方法と論文データベースの概要について述べる．今回検索に使用した論文データベースは ELSEVIER 社の Science Direct である．これは最大規模のフルテキストデータベースであり，2500 誌以上のジャーナルに加え，6000 タイトル以上の電子ブックを格納している．当該論文データベースの特徴は対象としている領域がコンピュータ科学，社会科学といった本調査に必要な学術分野をカバーいることと，分野横断的な検索が可能であることである．ELSEVIER 社によれば，当該論文データベースは全科学技術文献の 25%以上を収録しているとされる．

具体的なカバー領域は 2,000 以上の科学・技術・医学・社会科学分野であり，今回関連する分野の一部を下記に示す．

- Computer Science（コンピュータ科学）
- Psychology（心理学）
- Social Science （社会科学）
- Decision Science（意思決定科学）
- Economics, Econometrics and Finance（経済学，計量経済学，財政）
- Engineering（工学）

検索方法として，論文データベースの検索に使ったキーワードについて述べる．利用したキーワードは「情報セキュリティ」に関する類義語と社会科学分野に関係するキーワードである．

情報セキュリティの類義語として，「information security」に加え「computer security」を検索対象とした．また，社会科学分野に関係するキーワードとして，「social science」，「psychology」，「economics」，「investment」，「game theory」を検索対象とした．（以下ではとくに明示をしない限り，「information security」と「computer security」を情報セキュリティ分野のキーワードと呼び，「social science」，「psychology」，「economics」，「investment」，「game theory」をまとめて「社会科学分野のキーワード」と呼ぶ．）

当該論文データベースに登録されている題目，著者，概要，本文，参考資料に上記のキーワードが含まれている論文の検索結果について述べた後，検索結果の時系列トレンドについて述べる．

2.2 検索結果から得られる動向

2.2.1 1 つのキーワードで検索した場合の推移

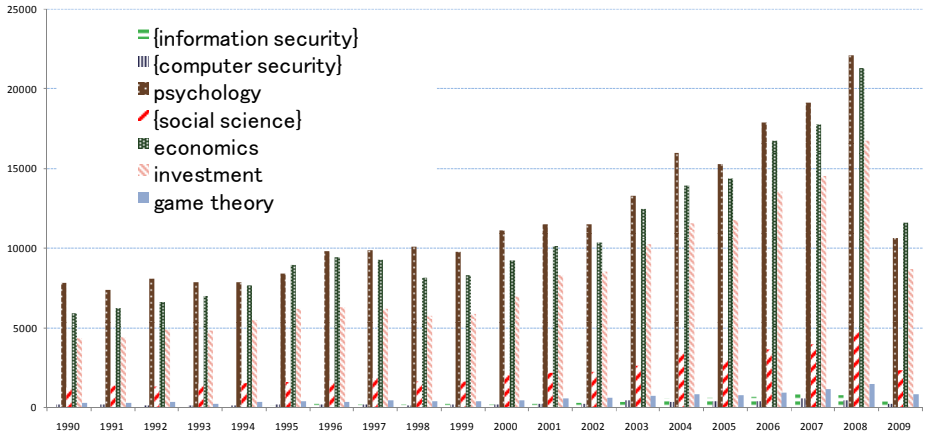


図 1 単一キーワードによる検索結果

各キーワードを単体で入力した際の検索結果を図 1 に示す．これより，1990 年以降は

ほぼ一貫して，情報セキュリティ分野，社会科学分野のキーワードを含む論文の数が増加していることがわかる．また，情報セキュリティ分野のキーワードを含む論文数は，社会科学分野のキーワードを含む論文数に対して数分の一に留まっている．ただし，この結果は論文データベースのカバー率や，キーワードの選択等に依存することに留意する必要がある．

2.2.2 キーワードを組み合わせて検索した場合の推移

情報セキュリティと社会科学分野のキーワードを組み合わせて検索した結果を図 2 に示す．これより，情報セキュリティ分野の検索結果数とキーワードを組み合わせた検索数を比較すると，社会科学分野のキーワードで検索される論文は，情報セキュリティ分野における主要な部分を占めていないことがわかる．大まかな傾向としては，情報セキュリティ分野の論文数の増加に比例して，社会科学分野にも関連する論文数は絶対数として増加している．

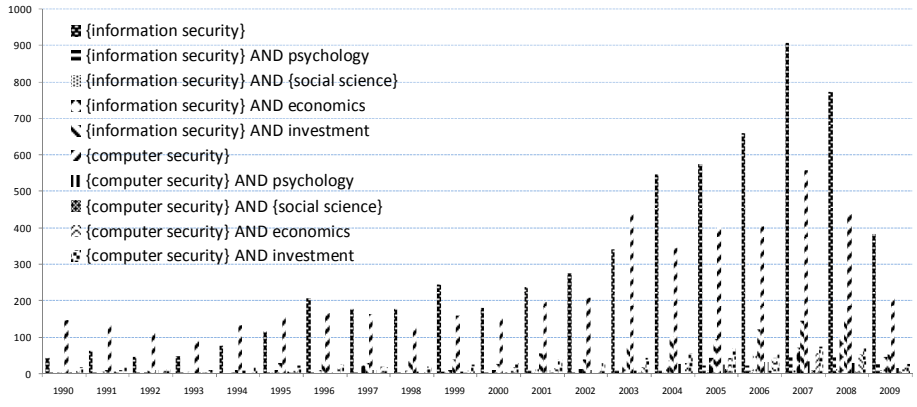


図 2　キーワードの組み合わせによる検索結果

表 1　キーワードの組み合わせによる検索結果

検索キーワード	[information security]	[information security] AND psychology	[information security] AND [social science]	[information security] AND economics	[information security] AND investment	[information security] AND [game theory]
総数	6251	247	76	509	1098	50
1989以前	170	11	6	18	33	0
1990	43	2	1	2	12	0
1991	62	2	1	6	10	0
1992	46	2	0	3	7	0
1993	48	2	0	5	5	0
1994	76	1	1	3	9	0
1995	116	4	3	11	28	1
1996	207	4	0	9	34	1
1997	179	4	1	22	28	2
1998	179	2	0	8	35	1
1999	243	6	2	10	39	2
2000	180	4	1	10	26	2
2001	238	9	4	15	55	0
2002	275	4	0	12	39	0
2003	342	9	2	20	71	0
2004	546	15	4	35	102	1
2005	574	22	8	42	96	2
2006	660	23	9	57	120	7
2007	909	46	12	71	144	6
2008	774	48	12	104	152	19
2009	384	27	9	46	53	6

検索キーワード	[computer security]	[computer security] AND psychology	[computer security] AND [social science]	[computer security] AND economics	[computer security] AND investment	[computer security] AND [game theory]
総数	5412	270	71	445	735	54
1989以前	651	26	9	44	70	2
1990	146	3	0	8	18	0
1991	140	5	3	11	16	0
1992	111	9	0	11	13	1
1993	95	2	2	10	11	0
1994	133	8	1	3	17	0
1995	160	6	2	10	22	0
1996	166	3	0	14	24	0
1997	164	11	1	20	16	1
1998	134	5	1	7	20	1
1999	158	5	2	7	24	1
2000	157	4	0	16	28	0
2001	197	10	4	15	39	1
2002	208	9	0	11	30	0
2003	438	7	2	17	42	2
2004	346	26	1	28	54	5
2005	402	24	13	42	68	4
2006	405	31	7	43	55	9
2007	559	33	11	55	73	7
2008	437	29	6	52	69	12
2009	205	14	6	21	26	8

表 1 から，「information security」のみをキーワードとする検索結果と，社会科学分野のキーワードと組み合わせた際の検索結果の比較を行うと，「economics」，「investment」のキーワードの組み合わせた場合に「information security」の検索結果数に対して約 10%～20%の検索数となることがわかった．

他のキーワードでは，10%以下の検索数であることから情報セキュリティ事象に対して，社会科学的な手法がとられる場合には経済学，投資に関するものが多かったことが分かる．また，時系列に割合を比較した図 3 から，このトレンドは 1990 年以降続いていることが分かる．

また，「information security」の場合と同様に，「computer security」について社会科

学分野のキーワードを組み合わせて検索を行った．その結果，「computer security」というキーワードについても先と同じく，情報セキュリティ事象に対して，社会科学的な手法がとられる場合には経済学，投資に関するものが多いことがわかった．

以上をまとめると，論文データベースを用いて検索した結果，情報セキュリティ分野における，社会科学的分析手法を用いているものは主要な部分を占めていないことが分かった．

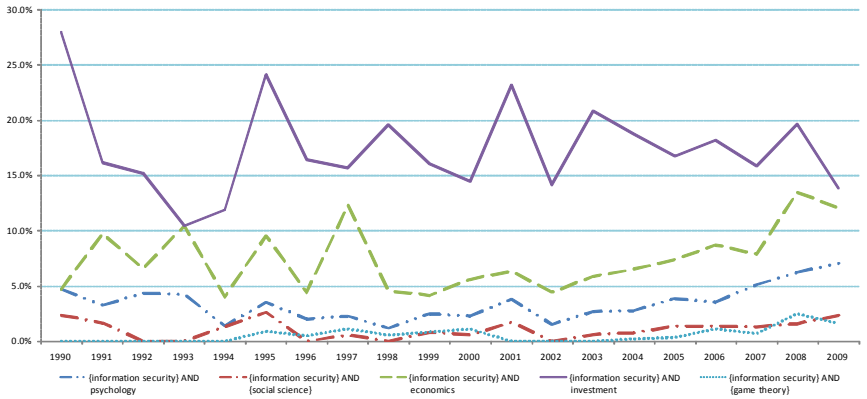
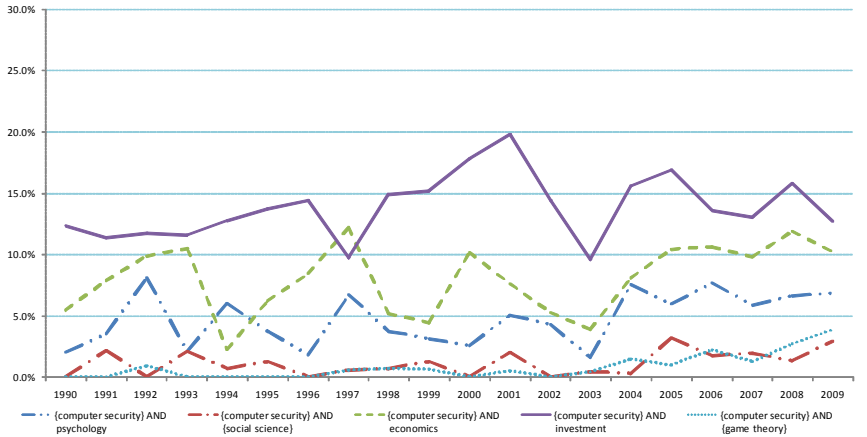


図 3「information security」と社会科学分野のキーワードによる検索結果の時系列変化



2000 年以降「情報セキュリティ」と「社会科学分野」のキーワードを組み合わせた件数は「investment（投資）」「economics（経済学）」の場合，「情報セキュリティ分野のキーワード」のみによる論文の検索結果に対して 2 割程度と比較的多く研究されているが，「psychology（心理学）」や「social science（社会科学）」といった観点からの研究はあまり行われていない．また，「社会科学分野のキーワード」のみによる論文の検索結果と比較しても，「情報セキュリティの分野キーワード」を含む論文の数は少なく，今後の研究課題となると予想される．

2.3 国内と海外の論文の動向比較

海外と国内の論文の動向について述べる．前述したように海外では，1990 年以前より情報セキュリティに関する経済的分析や投資などに関わる研究が一定比率を占めている．また，2000 年以降には，情報セキュリティに関する投資や経済学を中心とした社会科学的分析手法の適用に関する研究会が開催されている．正確な比較は難しいが，例えば，我が国の代表的な論文データベースである CiNii で，2007 年度に公表された「情報セキュリティ」及び「投資」が含まれる論文数を調べると 3 件（「情報セキュリティ（613 件）」の 0.5%）であった．同様に，「情報セキュリティ」及び「経済」が含まれる論文数は 17 件（同 2.8%）であった．これは，上に述べたように同様の条件で海外論文を検索した示した結果のそれぞれ 144 件（「Information Security（909 件）」の 15.8%），71 件（同 7.8%）と比較すると大幅に少ない．比較条件は厳密に同じではないことに留意する必要はあるが，このことから日本国内よりも海外のほうが情報セキュリティ事象に対する社会科学的分析は盛んに行われている傾向がある．

3. 海外の研究会における論文の動向

3.1 調査方法と対象学会

3.1.1 調査方法

情報セキュリティ対策においては，技術的な対策だけでなく個人・組織の行動を理解するための社会科学的手法の有用性を知る必要がある．したがって，情報セキュリティの問題に対して社会科学的手法がどのように適用されているのかを明らかにするため，過去の文献を調査することが有効である．そこで情報セキュリティ事象に対する社会科学的手法に関する文献調査を行った．文献調査に際しては，情報セキュリティ事象に対して社会科学的な手法を適用しモデル化，分析がなされている既存の研究成果を収集した．対象とする情報源の選定基準を下記に示す．

対象とする情報源の選定基準

- 比較的近年（ここ 5 年以内程度）に行われた研究である
- 社会科学的手法として情報セキュリティに適用されている
- プレイヤーの心理・行動をモデル化し，意思決定メカニズム等を分析することを目的としている

今回の調査では以上の選定基準を基に論文を収集した後に，それらの概要を整理するとともに扱われている事例，手法についての関係性を分析した．

3.1.2 調査した学会・研究会

調査対象としては，社会科学的観点から情報セキュリティを捉えようとする目的意識が明確な，以下のような学会・研究会を選定し，そこでの研究を網羅的に調査することとした．これは社会科学的観点から情報セキュリティを研究する活動全体の傾向を反映する一種の代表的なサンプリングとして，これらの学会・研究会を見なすことが出来ると考えたためである．

- Workshop on the Economics of Information Security (WEIS)
- Interdisciplinary Workshop on Security and Human Behavior（SHB）
- Usability, Psychology and Security USENIX (UPSEC)
- 情報処理学会　情報セキュリティ心理学とトラスト研究グループ（SPT）
- 電子情報通信学会　技術と社会・倫理研究会（SITE）

3.2 取り上げられている事象と手法の関係

ここでは，分析手法と対象について事例の関係を分析する．

入手された研究内容について，取り扱われている事例と分析手法の関係を把握するための整理を行った．我々は分析手法の分類方法として以下に挙げる，定量的分析手法・定性的分析手法による分類と事実解明的分析手法・規範的分析手法という側面から分析を行った．

また，調査した論文の中で扱われている手法を「経済的手法」「ゲーム理論的手法」「心理学的手法」「その他手法」と分類した．　ここで，「経済学的手法」とは経済学で用いられる経済モデルを適用した論文に加え，経済学から派生した行動経済学などの分野の知見を利用しているものとした．「ゲーム理論的手法」とは，目的をもった複数の主体の存在する状況下でゲーム理論の立場から分析したものとした．「心理学的手法」とは，プレイヤーの行動を心理学的に分析しているものとした．「その他手法」は以上に該当しない手法を総称したものである．

今回調査した上記の手法が適用されている論文の数については下記のとおりである．

- 経済学的手法を用いた論文　10 件
- ゲーム理論を用いた論文　4 件
- 心理学的手法を用いた論文　11 件
- その他手法を用いた論文　18 件

3.2.1 定量的分析手法と定性的分析手法

概要調査を行った論文を事例と分析手法の関係に基づいて整理するために，分析手法による違いを横軸にとり対象としている事例を縦軸にとり論文を配置した．ここでの横軸は経済的な指標や損益関数などを用いる数値的な扱いをするものを定量的とし，インタビューや観察結果などを扱うものを定性的な分析とした．縦軸は対象としている事例が扱う範囲を示しており，プライバシーに関する認識等の個人の行動に焦点をあてたものと組織の行動に焦点をあてたものに分類した．

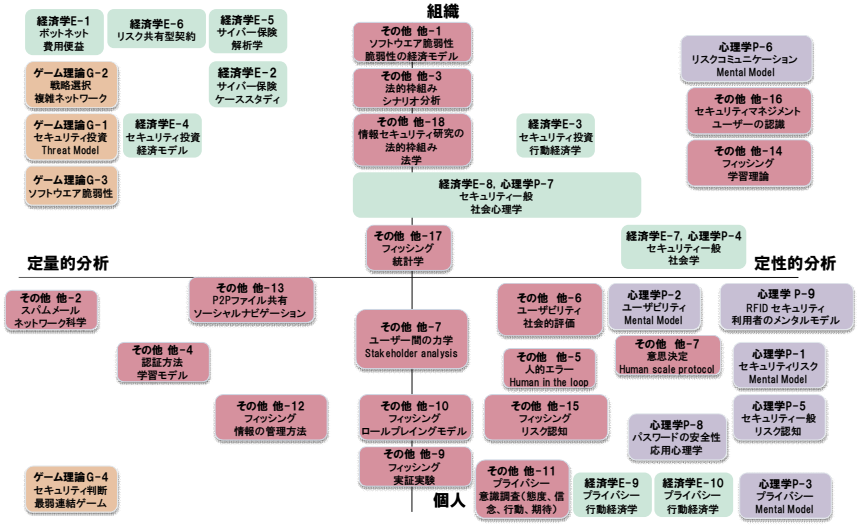


図 4　分析手法と対象事例の関係

事例と分析手法を整理する際に，想定している研究領域を図 5 に示す．

図中の記号において「経済学 E-1 ボットネット　費用便益」と記述のあるものは「経済学的手法を用いた論文に分類し、ボットネットを事例として取り上げ、費用便益の手法を用いて研究が行われている」ことを示す。

定性的手法が組織に対して適用されている分野においてはセキュリティポリシーの普及など組織内におけるセキュリティ意識の普及啓発につながる研究がなされており，フィッシング対策の学習の効率性やリスクコミュニケーション，セキュリティマネジメントなどの事例が対象となっている．

定量的手法が組織に対して適用されている分野においては，企業などの組織がセキュリティに対する投資を行う際の価値判断をする事例が取上げられており，手法としてはゲーム理論や費用便益といった経済性を扱うものが多い．

定量的手法が個人に対して適用されている分野においては，スパムメールやボット対策など個人の意思決定につながる研究がなされており，個人の意思決定に関わる場合にゲーム理論を用いた研究が行われている．

定性的手法が個人に対して適用されている分野においては，プライバシーやパスワード管理といった事例が扱われている．適用手法としては心理学が多くみられ個人の行動や認識を分析する研究が行われている．

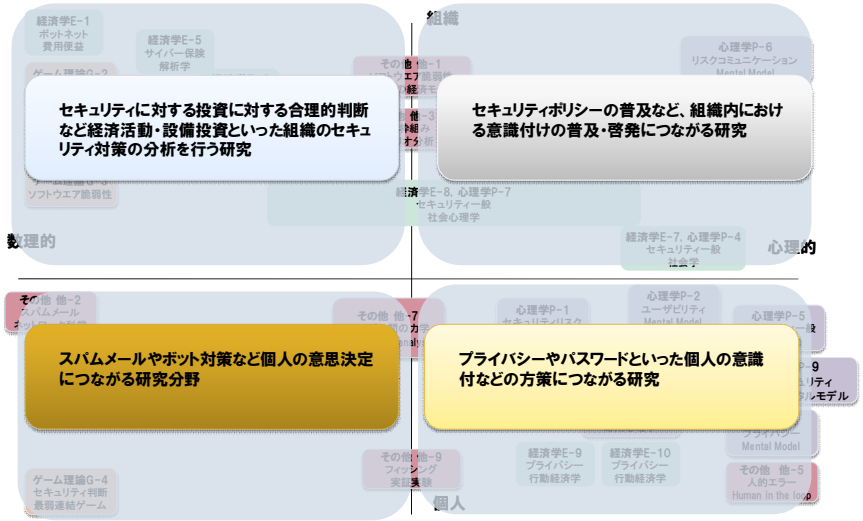


図 5 事例と分析手法の整理と研究分野の対応関係

個別事例について，分野別の分布状況を図 6 に示す．取上げた項目としては投資・保険などの経済合理性に関わる事例を扱う分野，セキュリティに対する投資戦略を扱う分野，法律的な枠組みを中心に扱う分野，フィッシングに対する対策を扱う分野，プライバシーの認識を扱う分野について，それぞれ集中していることがわかる．このことから取上げている事例と手法には一定の対応関係があることがわかった．事例の特色として定量的な分析，定性的な分析が向くものがあることが予想される．

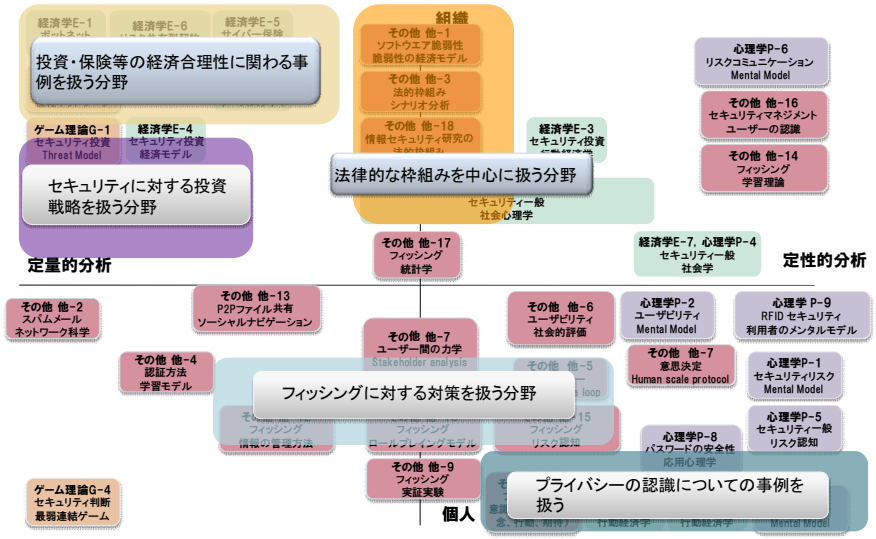


図 6 個別事例と整理の対応関係

3.2.2 事実解明的分析手法と規範的分析手法

手法の特性を事実解明的分析と規範的分析に分けて図 7 に示すような整理を行った．ここで事実解明的分析とは過去または現在に起きている事例について価値判断を交えず事例を構造化する分析を行うことであり，規範的分析とは事実解明的な分析を基に規範を導出する分析であるとする．

今回概要を調査した結果，情報セキュリティ事例に対する社会科学的な研究は事実解明的な分析が大勢を占めた．一方で規範的分析は与えられた目的に対してどのような対策を選択すべきかということが問題となることから，扱われる事例の経済性を議論することが多く，投資などの事例に対してゲーム理論や費用便益を用いた分析が行われていることがわかった．

一方で，今回の概要調査から規範的解明が行われていない事例については，今後事実的な解明を基にした研究の展開が見込まれる．事実解明的な分析から規範的分析へと取り扱いが移行している例としてはソフトウェアの脆弱性情報の共有がある．この例では経済モデルを用いた事実解明的分析が行われている一方で，ゲーム理論を用い

た情報共有のあり方を議論する規範的な分析が行われていることから，現在事実解明的分析の進んでいる分野においては今後規範的分析が進んでいくものと考えられる．

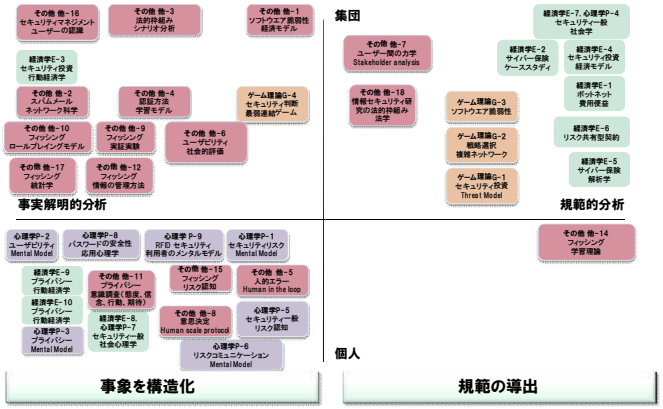


図 7　事実的分析と規範的分析による整理

3.3 文献の概要から得られる論文の動向

文献の概要から得られる論文の動向として，現在起きている事象を構造化しその発生要因を探る事実解明的な分析が多くを占める．今後の規範の導出として用いられている手法をみると経済学，ゲーム理論といった定量的な研究手法を用いているものが多い．新たな動きとして学習理論1)やユーザー間の力学2)などの分野でも研究が始まっており今後は規範を導出するための研究対象・手法の種類が増加していくものと思われる．

4. 研究の動向と今後

情報セキュリティ分野の研究では多くの技術的な対策がなされてきたが，社会科学的な手法を用いた利用者・運用者といった立場にある人々の関係性・心理性を研究することで，効果的な対策を上げようとする動きが強まっていることがわかった．

社会科学的な手法は，これまで社会や人間を対象として多くの成果を上げてきた．事実解明的分析や規範的分析を行うことで，今ある問題を明らかにし，今後あるべき姿を示すことに貢献してきた．技術的対策が中心的であった情報セキュリティ事象に対して社会科学的手法を適用することで分野横断的な研究の隆盛が期待される．

情報セキュリティ事象に対する社会科学的手法の適用は取り組みが広まりつつあるが，多くの取り組みは海外が中心としたものが多く，日本の研究者によるものは少ない．特に海外では理論を検証するための実験も行われつつあり，様々な専門性を持つ研究者によって分野横断的な研究が行われていることがわかった．

世界的に研究が進んでいる分野でもあり，我が国でも情報処理学会　情報セキュリティ心理学とトラスト研究グループ（SPT）　電子情報通信学会　技術と社会・倫理研究会（SITE）で興味深い研究について議論がされており，今後は研究分野，研究対象事例が拡大していくものと思われる．

5. おわりに

本論文では社会科学的なアプローチによる情報セキュリティ事象の研究の動向を調査した結果を報告した．今回の調査内容は，多くの研究成果の一部ではあるが技術的対策やルールの策定だけなく，人間そのものに注目した研究が進んでいることを示している．その背景には，従来行われてきた情報セキュリティ対策には限界があるという声があることが挙げられる．

しかしながら，社会科学的な観点から情報セキュリティに関する各事象を分析する試みは端緒についたばかりであり，現在は技術的側面を除いた様々な側面からの机上分析的な部分が大部分を占めている．本来は，事象の分析を行った場合には，実証による検証が必要であるが，費用等の面からあまり実証的に示される例は少ないと考えられる．また，情報セキュリティに関する事象において分析対象として取上げられている事例も多いとはいえない．

情報セキュリティ対策を効果的に行うためには、実際に機器を利用・管理・運用する立場の人間に着目しその行動特性などに注目した研究が考えられる．

謝辞　本稿には，(独) 情報処理推進機構の委託調査，「情報セキュリティ事象の社会科学的分析に関する調査」によって実施された成果が含まれる．当該調査の内容は独立行政法人情報処理推進機構による IPA セキュリティセンターの Web ページ http://www.ipa.go.jp/security/index.html において報告書が公開される予定である．

参考文献

1) Steve Sheng, et al.: Anti-Phishing Phil: The Design and Evaluation of a Game That Teaches People Not to Fall for Phish, Symposium On Usable Privacy and Security
2) Dave Clark: A Social Embedding of Network Security Trust,Constraint, Power, and Control, Interdisciplinary Workshop on Security and Human Behaviour (SHB 2008)(2008).