

戦略的創造研究推進事業  
(社会技術研究開発)  
平成26年度研究開発実施報告書

「科学技術イノベーション政策のための科学」  
研究開発プログラム

研究開発プロジェクト  
「イノベーション実現のための情報工学を用いた  
アクションリサーチ」

梶川裕矢  
(東京工業大学、准教授)

## 目次

1. 研究開発プロジェクト名 .....	2
2. 研究開発実施の要約 .....	2
2 - 1. 研究開発目標.....	2
2 - 2. 実施項目・内容.....	2
2 - 3. 主な結果.....	2
3. 研究開発実施の具体的内容 .....	2
3 - 1. 研究開発目標.....	2
3 - 2. 実施方法・実施内容.....	2
3 - 3. 研究開発結果・成果.....	4
3 - 4. 会議等の活動.....	23
4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況 .....	23
5. 研究開発実施体制.....	23
6. 研究開発実施者 .....	24
7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など .....	26
7 - 1. ワークショップ等 .....	26
7 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など .....	26
7 - 3. 論文発表.....	26
7 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表） .....	26
7 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等.....	27
7 - 6. 特許出願.....	27

## 1. 研究開発プロジェクト名

イノベーション実現のための情報工学を用いたアクションリサーチ

## 2. 研究開発実施の要約

### 2 - 1. 研究開発目標

本プロジェクトでは、情報工学の手法を用いて論文・特許データの分析、ならびに、ビジネスエコシステムの調査や設計を行う。これにより、イノベーションの実現を目指した研究開発プロジェクトのマネジメントを支援する手法を開発する。

### 2 - 2. 実施項目・内容

- ①研究開発動向の把握と萌芽的研究領域の抽出
- ②複数研究領域の関連性分析による革新的研究開発課題の設計
- ③産業展開可能性の評価
- ④ビジネスエコシステムの構造分析
- ⑤ビジネスエコシステムの設計と評価

### 2 - 3. 主な結果

- ・論文情報等を用いた分析により、運転アシストや自動運転、原子力安全技術、等の分野における研究開発動向や萌芽的研究領域を抽出した。
- ・エコシステムにおける協調行動をシミュレートする理論的なフレームワークを構築し、異なる条件のもとでの協調ネットワークの構造を分析した。

## 3. 研究開発実施の具体的内容

### 3 - 1. 研究開発目標

本プロジェクトでは、情報工学の手法を用いて論文・特許データの分析、ならびに、ビジネスエコシステムの調査や設計を行う。これにより、革新的な研究開発テーマの設計、産業応用可能性の評価、ビジネスエコシステムや政策・制度の設計支援を行うことを目標とする。さらに、他の研究開発プログラムとの協働によりアクションリサーチとして実施することで、イノベーションの実現を目指す。

### 3 - 2. 実施方法・実施内容

- ①研究開発動向の把握と萌芽的研究領域の抽出

論文および特許情報を用いた引用ネットワーク分析により、分析対象とする個々の研究領域における研究開発動向の可視化および萌芽的研究領域の抽出を行う。データは、文部科学省「COI STREAM」ならびに、経済産業省「二酸化炭素削減技術実証試験事業」

等のエネルギー技術に関する研究開発領域等を対象に収集する。データベースは、論文に関しては、機関ライセンスを有する論文データベース(Science Citation Index)を用いデータを収集する。特許に関しては、トムソンロイター社の特許データベース(Derwent World Patents Index)を新たにライセンス契約することで使用し、データを収集する。分析は、研究代表者が既に開発を行っている学術俯瞰システム(<http://academic-landscape.com/>)を用いて分析を行う。分析対象領域が広範に渡るため、分析対象領域に関する知見を有するリサーチアシスタントを雇用し実施に当たった。

#### ②複数研究領域の関連性分析による革新的研究開発課題の設計

複数の異なる研究領域および技術領域の関連性を、自然言語処理を用いて分析することで、他領域に展開可能な汎用的な研究課題の抽出や、分野横断領域における革新的研究開発課題の候補の抽出を行う。「COI STREAM」に関する分析対象領域の選定や分析、解釈にあたっては、各拠点大学等と議論しながら実施する。分析対象領域が広範に渡りデータ量も膨大なものとなるため、分析データを整理する技術補佐員ならびに、分析対象領域に関する知見を有するリサーチアシスタントを雇用し実施に当たる。また、平成24年度プロジェクト企画調査「情報工学を用いた研究開発課題の設計支援手法の開発」の中で発見することが出来た革新的研究開発課題について更なる検討を進め、本手法の有効性を検証する。

#### ③産業展開可能性の評価

①②で抽出した萌芽的・革新的研究領域および研究開発課題の産業への展開可能性を、論文と特許の「距離」を測定することで分析する。「距離」の測定は、引用ネットワーク分析を用いたトポロジカルな距離と自然言語処理を用いたセマンティックな距離を組み合わせることで行う。これにより、産業応用可能性の評価や産学連携により推進すべきテーマの抽出を行う。さらに当該研究開発課題が関連する産業における主要なアクターを抽出することで、エコシステムの調査に反映させる。

また、エコシステムに関しては、下記の分析を実施する。

#### ④ビジネスエコシステムの構造分析

ビジネスエコシステムの構造分析を効率的・効果的に行うための分析フレームワークを設計する。ビジネスエコシステムやビジネスモデル、ナショナルイノベーションエコシステムに関する先行研究等を調査することで、ビジネスエコシステムの構造を記述し分析するためのフレームワークに関する検討を行う。また、エネルギーや医療等の領域に関するエコシステムの調査を開始する。具体的には、研究開発への協力者等への助言を仰ぎながら、萌芽的技術の開発と商業化に関わるステークホルダー(アクター)を抽出し、当該技術や想定される製品・サービスが既存の技術システム・産業システムに導入される際に各アクターの取り得る意思決定(行動)や相互依存性を分析する。

#### ⑤ビジネスエコシステムの設計と評価

マーケットデザインやエージェントシミュレーション等に関する先行研究を調査し、ビジネスエコシステムに関する理論的根拠を整理する。また、既存の研究成果や事例を整理することで、サプライチェーンやバリューネットワーク、制度等の観点から、エコシステムの構造を類型化し、それぞれの類型について各アクターの取り得る便益等を数理的に解析する。

### 3 - 3. 研究開発結果・成果

#### (1) 情報工学グループ

論文および特許データを用いた研究開発動向の把握と萌芽的研究領域の抽出を、以下の研究開発領域を対象に分析を実施した。

#### I. 自動車の自動運転・運転アシスト

「COI STREAM」事業において、名古屋大学が研究対象としている自動車の自動運転や運転アシストは、世界各国でも長年、官民共同にて実現にむけ様々な施策や研究プロジェクトが講じられている分野である。例えば、我が国では1991年から国土交通省推進の元でASV(Advanced Safety Vehicle)プロジェクト<sup>1</sup>が存在している(表1)。本分野の発展には、交通安全の向上はもとより、物流等のドライバーの代替、および移動が困難な人々へのモビリティの確保など、少子高齢化社会への貢献が期待されている。

表1. ASVプロジェクトの軌跡

	第一期	第二期	第三期	第四期	第五期
期間	1991-1995年	1996-2000年	2001-2005年	2006-2010年	2011-2015年
特徴的な取り組み	安全実験車両の開発、アダプティブクルーズコントロール	車線キープ技術、CMS(追突軽減ブレーキ)、シートベルト自動引き込み等	シート内のドライバーの脈拍、呼吸を計測する生体センサー、車車間通信等	より高度な車車間通信による事故防止システム	ASV-4 を引き継いだ車車間通信による事故防止システム
使用機器	ミリ波レーダー	ミリ波レーダー、車載CMOSカメラ、レーザーレーダー	無線通信機器、圧力変化を計測する生体センサー	カーナビ、GPS、無線lan	カーナビ、GPS、各種無線通信機器

NHTSA(米国運輸省道路交通安全局)は、自動運転をその特徴から5つのレベルに分類している。我が国のASVプロジェクトのみならず、欧米を中心とする海外の自動運転・運転アシストに関する研究プロジェクトの文献調査、及び市場に出ている自動車の調査から、ACCや衝突軽減ブレーキ、レーンキープアシスト、車線検知機能、自動ブレーキのように、レベル1およびレベル2に一部が実用化段階まで来ている一方で、レベル3以上の自動運転の実現には、認識技術・協調制御・信頼性設計といった技術が課題であると確認した[2]。また、運転アシスト技術にあたっては、現在の車載搭載センサーによる1車単独での状況判断から、車載搭載通信機器を用いた、複数車両及び道路間でのネットワークによる状況判断が行われるように推移していくと考えられる。

<sup>1</sup> ASV とは ITS の一環として、エレクトロニクス技術の応用による自動車安全運転支援の推進を目指したプロジェクトである。国内の自動車会社のほとんどが参加しており、これまでに5期行われた。

表2. 自動運転のレベル分け [1]

レベル0	運転者にすべての機能のコントロール権がある。
レベル1	加速、操舵、制動のいずれかの操作を自動車が行う。
レベル2	加速、操舵、制動のうち複数の操作を自動車が同時に行う。
レベル3	基本的な運転操作は自動車が行うが、緊急時の対応のみ、運転者が行う。
レベル4	運転者の存在なしに、自動車がすべての操作を行う。

今後の研究課題とされている認識技術・協調制御について、自動車分野外から、自動車に有益な知識を抽出することを目的に、2015年1月に web of science を利用して、テキスト情報に表3に示したキーワードを含む論文を検索したところ、46,514件該当した。学術俯瞰システムを用いてクラスタリングをおこなったところ最大連結成分は14,977件、134件のクラスタが抽出された。クラスタリング結果は、図1や表4に見られる様に、自動車分野以外からも多くの研究分野が抽出されている。例えば協調制御について、クラスタ1で抽出されたAUV（自律型無人潜水機：水中音響測位システムとGPSを用いた誘導を特徴とし、水中でのデータ収集に主に用いられている）の分野内（図2）には群知能・協調制御に関わる研究[例えば3-5]があり、これらの知識は自動車分野に適用可能だと思われる。また、AUVは、メタンハイドレートのような海底資源の探索が注目を浴びる昨今、研究がより活発に進みそうな分野であり、動向を追う必要があるのではないかと考えられる。

表3. 論文の検索条件

検索ワード	((("automatic" or "autonomous" or "automated" or "unattended" or "unmanned" or "driverless" or "intelligent") and (car\$ or vehicle\$ or operation\$ or driving\$)) or ("self-driven" or "self-driving"))
-------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

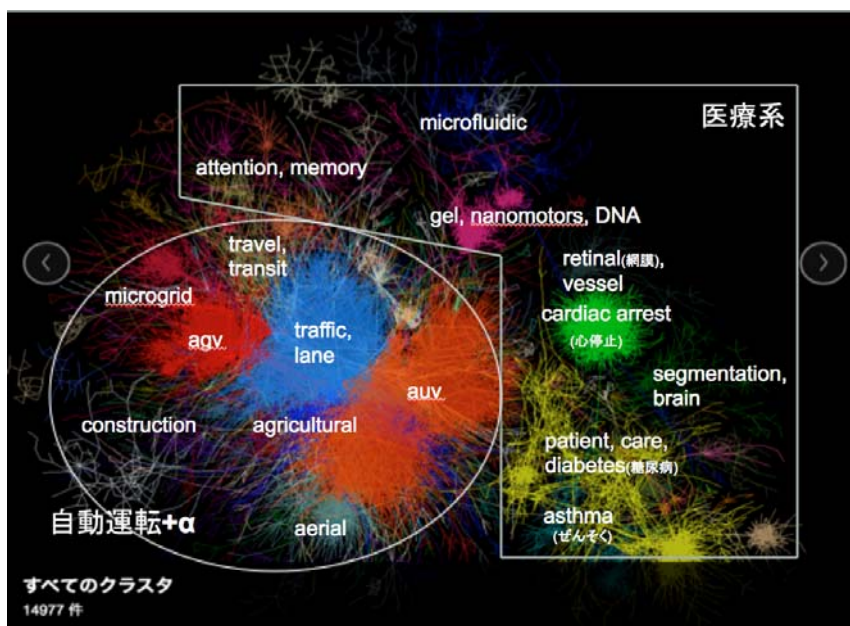


図1. 自動運転技術の俯瞰図

表4. 各クラスターの概要(クラスター1-10までを抽出)

クラスター番号	件数	概要
1	2,802	AUV, UAVに見られる通信技術・タスク分散・協調制御
2	2,295	高速道路走行を主とした自動運転技術
3	1,082	糖尿病患者の健康状態の自動診断システム
4	961	工場等における物資の搬送に用いられるAGVのデザイン・制御
5	555	効率性の向上を目指した農業機械の自動化
6	480	心停止時に使用するAEDの技術研究
7	480	小規模電力システムの自動運転
8	454	UAVをもちいた画像認識,リモートセンシング
9	378	ネットワーク理論等を用いた移動時間の予測
10	274	自動化された無意識下の行動に関わる理論的・概念的 research

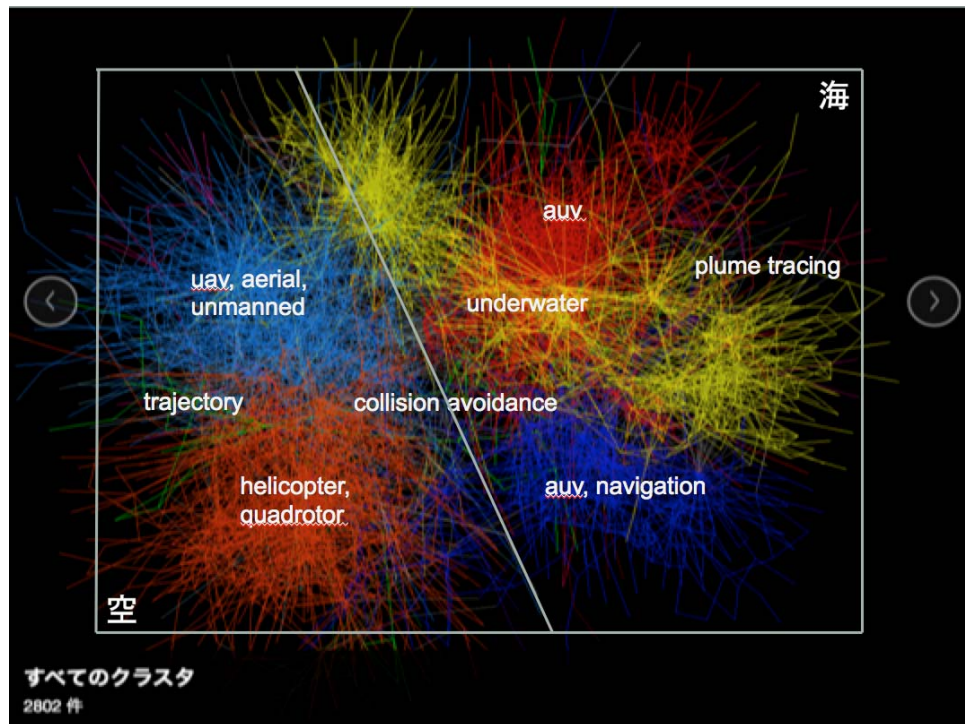


図2. クラスター1の俯瞰図

今回用いた検索キーワードは、結果的に自動車分野外の知の俯瞰を得る事ができたが、より広く分野外の知を得るためには、キーワードの改善が期待できる。自動運転技術は、周囲の環境をいかに知覚し、その情報をもとに出力をどう変化させて安全な運転を実現するか、という点において、本質的にはマルチエージェントシステムの考え方に類似している(図3)ことに注目し、今後広く論文や特許のデータ構築を考えたい。

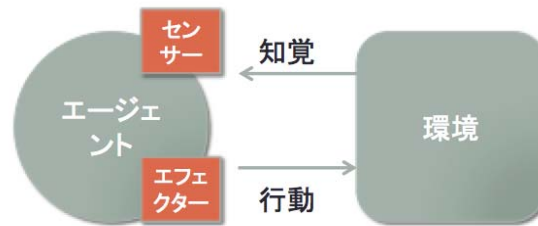


図3 マルチエージェントシステム

以上は、研究分野における他分野の知識の応用への考察だったが、自動運転の実現には過失責任など法整備の課題が大きな壁としてある。事故が起きた際の責任の所在はどこにあるのかという問題は、表1の自動運転がレベル3からレベル4の段階に入るにあたって非常に困難な課題である。そこで、本研究では、他分野での過失責任に関する処置の文献調査を行った結果、以下の慣習や規則が参考になりうると考える。

・ 無過失責任主義

無過失責任主義とは、消費者保護のため、損害の発生について行為者に故意や過失がない場合でも、行為者が損害賠償の責任を負うことをいう[6]。この考え方は、1972年に成立したニュージーランドの事故補償制度から始まった。これは、民事上の損害賠償請求権を廃止し、国の財源を用いた社会保険のシステムで損害を補償することで、責任の所在が曖昧な場合でも消費者を保護しようとした政策である。日本でも、医療分野においてこの考え方が導入されている。2009年、日本医療機構評価機構により、産科医療補償制度が成立された。この制度は分娩時の医療事故により障害等が発生した際に、過失の有無に関わらず補償金を支払い、早期の患者救済を目指すとともに、事故原因の究明と医療の質の向上を目指すものである。

・ 無人航空機 (UAV) の運用に関する法律

無人航空機は、自動運転の課題を技術的にも社会的においても大きな部分を共有するものであるが、特に安全性やプライバシーの観点で他国に比べ厳しく規制をしいていたアメリカが徐々にではあるが、UAVの商業利用を緩和している。現状としては運用者がすべての責任をおうことになっているが、アメリカを中心として各国で自動車より先に実用化が進む無人航空機運用に関する議論は、自動車の自動運転実用化に際して、非常に参考になると考えられ、今後の動向が見守られる。

次年度は分析結果をCOI拠点等と共有するとともに、上記の点を含めた関連分野での取り組み等に関する分析を合わせて行いながら、自動運転等の技術の社会実装を進める上での課題を明確化していく。

## II. 健康医療情報システム

「COI STREAM」事業ビジョン1において実施しているプロジェクトには健康医療情報の活用という点で共通する拠点が複数ある。特に、未病状態の被験者から生活習慣や遺伝といった情報を、また特定の病気を発病した患者への症状や治療などの情報を長期間に渡り収集し、後の病気の発症や身体の変化との関連性を検証するコホート研究がさかんである。コホート研究は特に発病の危険因子をとらえる研究として有望視されているが、あ



りとあらゆる要因のサンプルを長期間にわたって収集することは困難であり、収集する検査項目や環境要因等のデータは各研究毎に選択される。収集対象とするデータの俯瞰・検証と、効率的なサンプリングや研究間の適切・効率的な情報共有が、今後の健康医療情報システムの発展に寄与すると考え、以下のように研究を実施した。

### 主要死因とコホート研究の比較

米国 NCHS (National Center for Health Statics) [7]に掲載されている死因上位 15 種のうち、不慮の事故と自殺(suicide)の 2 種を除いた 13 種に関して、2015 年 1 月に web of science を利用し、関連する研究およびコホート研究に関する論文の書誌データを収集した。検索クエリについては NCHS の資料の他、WHO[8]、英国 ONS(Office for National Statics) [9]等の各国政府からでている資料や、BBC[10]等の報道資料をもとに、該当する疾病の表記を収集・精査し決定した(表 5)。なお、脳血管発作に関しては該当単語の stroke\*が他の分野でも使用されることから、今回は Cerebrovascular\*のみを検索対象とし、参考値としている。また、コホート研究の調査には、表 5 の検索クエリに cohort\*を加えたものとした。対象の疾病に関するコホート関連の論文件数を全論文件数で割ったものをコホート論文率とし、その疾病におけるコホート研究の進行度・活性度を示す指標として定義した(表 6)。

表 5. 検索クエリ

病名	検索クエリ
心臓病	(heart* disease*) or (heart* failure*)
がん	(cancer*) or (malignant (neoplasm* or tumor*))
下気道感染症	(lower respiratory (disease* or infection*)) or emphysema* or bronchitis*
(脳血管発作)	cerebrovascular*
アルツハイマー	alzheimer* or dementia*
糖尿病	diabete* not (diabete* insipidus*)
インフルエンザ・肺炎	influenza* or flu or pneumonia*
腎臓病	nephritis* or nephrotic or nephrosis* or (kidney disease*)
敗血症	septicemia* or (blood* poison*) or sepsis* or septicaemia*
肝炎・肝硬変	(liver* disease*) or cirrhosis*
高血圧	hypertension* or hypertensive*
パーキンソン病	parkinson* not ((parkinson* syndrome*) or parkinsonism*)
肺臓炎	pneumonitis*

表 6. 検索対象疾病と 2011 年米国年間死亡者数・論文件数とコホート論文率

病名	死亡者数	全論文件数	コホート論文件数	コホート論文率
心臓病	596339	417411	28048	6.720
がん	575313	1562366	61390	3.929
下気道感染症	143382	62862	3588	5.708
(脳血管発作)	(128931)	(39520)	(3051)	(7.720)
アルツハイマー	84691	209693	8451	4.030

糖尿病	73282	363633	24031	6.609
インフルエンザ・肺炎	53662	219289	7128	3.251
腎臓病	45731	140856	8369	5.942
敗血症	35539	90953	4276	4.701
肝炎・肝硬変	33539	203383	8070	3.968
高血圧	27477	372996	16734	4.486
パーキンソン病	23107	118295	2703	2.285
肺臓炎	18090	11098	275	2.478
相関係数		0.728	0.802	0.278

年間死亡者数と総論文件数の比較、またコホート論文率との比較により糖尿病と腎臓病病に関しては総論文件数に対してコホート研究が盛んであり、パーキンソン病、肺臓炎、がんに関しては、今後コホート分析などの発展が見込まれるのではないかと推察できる。今後、研究動向の詳細を分析し、その原因を検討する。また各疾病の平均論文出版年、治療満足度など論文件数以外のファクターも考慮した分析を経て、コホート研究の対象選定において提言することを目指す。

#### 効率的なサンプリングや研究間の適切・効率的な情報共有の提案

コホート研究は、サンプリングの技術的、また社会的制約から、プロジェクトによって、対象とする病気やサンプリングの時期（未病段階・発病後）やサンプリング項目（生活習慣や遺伝子情報）が異なり、また数も限られているため、データの共有ならびに相互活用が困難である。論文の俯瞰分析の結果に基づき、データ接続の困難性の要因とその影響を下記の様に整理した。

図4はコホート研究のデータを分類しそれらの間の関係性を整理したものである。コホート研究が対象とする病気の環境要因（生活習慣から遺伝までの様々な factor）、身体の変化（signal）、治療（treatment）とその結果（result）の関連性を把握することで、効率的に病気の発症（outbreak）の予防、予測、発見、または治療（treatment）に寄与すると期待される。しかし、現実には上記の制約条件のもと、収集分析されるデータは一部に留まっている。そのため、図4のような全体図の中でどこが現在欠如しているのかを知ることは容易ではない。たとえば、糖尿病患者にインスリンを投与するなどの効果を調べた論文 [11]はtreatmentとresultとの関連性を、喫煙と肺がんの相関を調べた論文[12]はfactor1とoutbreak1の関連性を分析していて、図4に示した他の知識との関連性が触れられる事は少ない。

図 4.コホート研究の対象



そこで、factorからoutbreak1まで（未病状態）の関連性を対象とするコホート研究に注目し、研究の俯瞰と、離散したコホート研究をつなげる研究用データベース構築に向けた検討を以下のように行った。

まず、研究代表者らが開発した学術俯瞰システムを使用して未病状態に関する世界的なコホート研究動向の調査を行った。2014年10月にweb of scienceを利用して、書誌情報にCohort\*及びparticipantを含みpatientを含まない論文に検索したところ、24382件該当した。学術俯瞰システムを用いてクラスタリングをおこなったところ最大連結成分は16633件、152件のクラスタが抽出された。その結果として、食生活や睡眠、喫煙などのfactor、糖尿病のマーカールなどのsignal、癌や循環器疾患のようなoutbreakがそれぞれのクラスタに分散して含まれることが判明した。また、図5、表7にクラスタ全体の概要を示す。

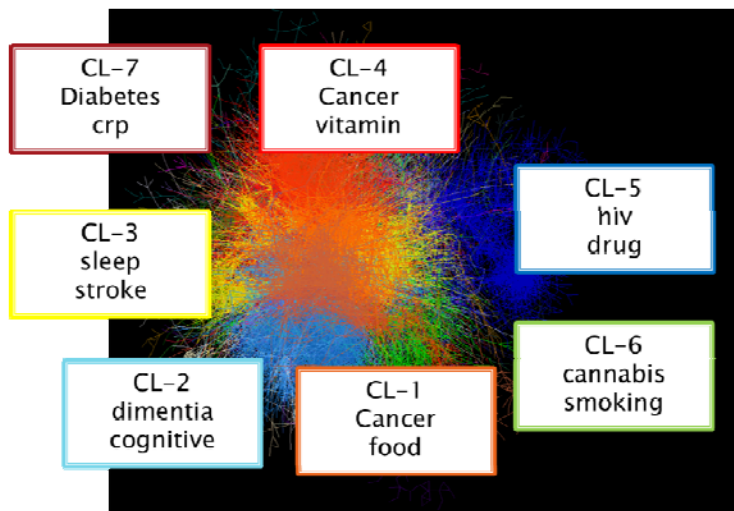


図5. クラスタ全体概要(500件未満は省略)

表7. クラスタ全体概要(500件未満は省略)

番号	件数	概要
クラスタ1	3063件	食生活と癌の関係
クラスタ2	2656件	主に循環器にかかわる高齢者の疾患
クラスタ3	2258件	睡眠、喫煙等の生活習慣と死亡率の関係
クラスタ4	1350件	生活習慣等の調査方法の有効性について
クラスタ5	1280件	エイズの原因、リスク因子について
クラスタ6	695件	青年期のたばこ、大麻の影響
クラスタ7	614件	糖尿病のマーカールについて

多くのコホート研究では、多大な労力のもと、少数のoutbreakのために少数factorやsignalの情報を収集するが、例えばデータ収集の際に、複数のコホート研究で協力をして複数のfactorやsignalの情報を収集することが効率的ではないか。例えば、Riboliら[13]は、食生活などの生活習慣とがんの関係を調査し、3C Study Group[14]は血管の状態と痴呆・認知症の関係が調査されている。このとき、Riboliらの論文で調査している項目と3C

Study Groupの論文で調査している項目の両方、つまり生活習慣と血管の状態をそれぞれの被験者からデータを集めれば、サンプル数は増え、より効果的な研究結果が期待できるのではないか。そのような協力を促すために、どのようなfactor, signalが注目され、どのようなoutbreakと結び付けられているか、コホート研究データベースのindexを作成すべきである。また多くの研究が、factorとoutbreak、signalとoutbreakの研究をおこなっているが、同じoutbreakにつながるfactorとsignalの関連性に関する研究を提案したい。

以上のような仮説のもと、今後、factorとoutbreakをつなげる単語をリストアップ（検索リスト）し、検索リストの単語が含まれる文を論文より抽出、構文解析により、検索リストの単語がつながっているfactor, signalとoutbreakの抽出をおこなっていく。

### III. 原子力安全技術

本年度は原子力安全技術に関する世界の研究動向の分析を行った。図6は、web of scienceを用いて、(Nuclear or Reactor) and Safetyをクエリとして論文を収集した際の世界全体の論文数と日本の論文数シェアを示したものである。日本の論文数は90年以降概ね10%前後で推移しており、国際的な原子力安全技術に関する研究に一定程度貢献していることが見て取れる。

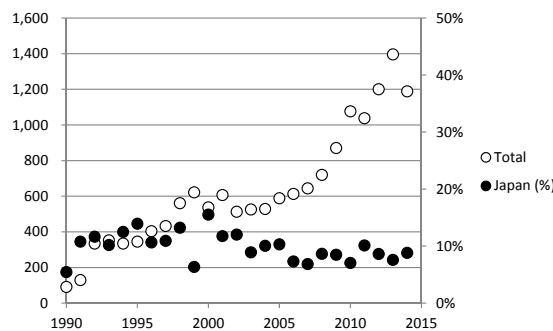


図6.原子力安全に関わる世界の論文数と日本の論文数シェア

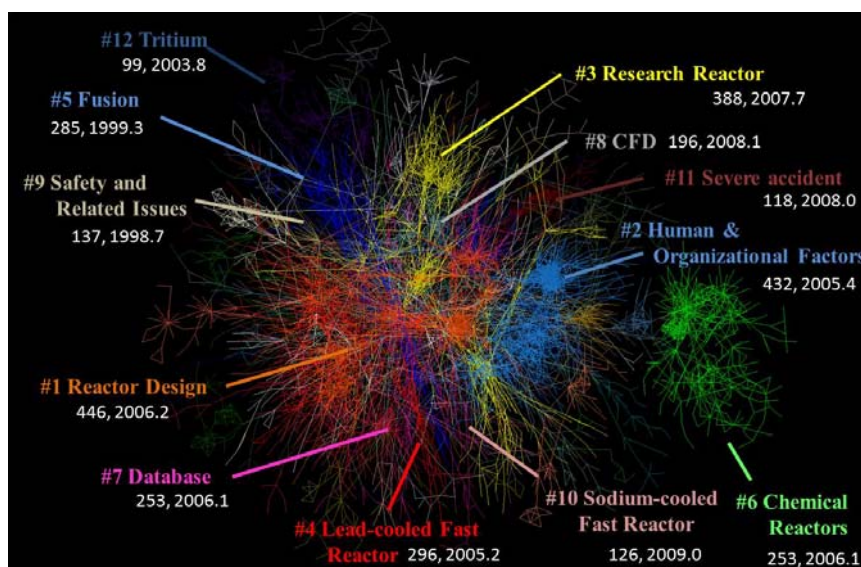


図7.原子力安全技術俯瞰マップ

表8 上位3クラスタの詳細

#	Name	Year_ave	# nodes	# links	link/node
1-1	reliability evaluation	2008.5	73	283	3.88
1-2	small modular reactors, IRIS	2008.7	73	114	1.56
1-3	passive safety systems, AP1000, LOCA	2006.2	72	129	1.79
1-4	power level control, HTR-PM	2003.3	71	133	1.87
1-5	reactor safety margin and code scaling	2002.7	69	158	2.29
1-6	high temperature reacto	2008.6	36	44	1.22
1-7	integral reactor	2007.4	30	52	1.73
1-8	accumulated reactor	2007.4	16	18	1.13
1-9	midloop operation, shutdown operation	2001.3	6	6	1.00
2-1	genetic algorithm for surveillance and maintaiance	2005.6	91	350	3.85
2-2	organizational culture and factors	2004.7	83	141	1.70
2-3	task complexity and human factors	2006.1	58	148	2.55
2-4	probabilistic safety assessment and fault tolerant technique	2006.3	43	50	1.16
2-5	human reliability analysis and diagnosis failures	2003.9	39	51	1.31
2-6	management and team performance	2007.7	38	53	1.39
2-7	risk importance measures	2004.5	32	36	1.13
2-8	aging of concrete structure	2002.9	23	29	1.26
2-9	off-site power supply	2007.8	13	12	0.92
2-10	nuclear education	2004	4	3	0.75
2-11	genetic algorithm and redundancy allocation	2008.5	4	3	0.75
3-1	research reactor	2007.5	79	151	1.91
3-2	simulation of fuel-coolant interactions in disruptive accident	2007.2	72	170	2.36
3-3	supercritical water-cooled thermal reactor	2007.9	54	142	2.63
3-4	core design and fuel management optimization	2009.6	35	45	1.29
3-5	sodium-cooled fast reactor	2008.4	34	56	1.65
3-6	multi-physics modeling	2009.5	22	27	1.23
3-7	reactivity insertion	2007.6	21	25	1.19
3-8	molten-salt reactor	2004.1	12	14	1.17
3-9	uncertainty and sensitivity analysis for coupled code calculations	2006.6	9	10	1.11
3-10	debris and solid particle bed	2010	9	9	1.00
3-11	flow instability	2005.8	9	8	0.89
3-12	small fast sodium-cooled reactor	2002.6	8	17	2.13
3-13	supercritical water, CANDU	2006.6	8	8	1.00
3-14	Nigeria Research Reactor	2009	6	7	1.17
3-15	post-accident heat removal	2009.7	6	5	0.83
3-16	thermal-hydraulic phenomena	2008.8	4	4	1.00

図7は、学術俯瞰システムを用いて分析を行った結果である。また、論文数上位3クラスタを再帰的にクラスタリングした結果を表8に示す。表8において、link/nodeは論文1本当たりの被引用数であり、当該研究領域の学術的な重要度または注目度を表している

図7から下記のことが読み取れる。原子力発電の安全に関わる研究開発課題はもちろん炉の設計(クラスタ#1)に限らない。人・組織の問題(#2)、研究炉を用いた材料評価(#3)、

高速炉(#4, #10)、CFD(#8)やデータベース開発(#7)、シビアアクシデント対策(#11)など多様である。論文数を国別にみると、研究炉(#3)において日本の論文数が世界で最も多く(論文数シェア24.6%)、学術知識の蓄積に国際的に貢献している。PSAや最適化アルゴリズム、人や組織の問題等を含むクラスタ#2における日本の論文数シェアは1.5%(19位)と少なく、今後は情報工学や社会科学分野も含めて強化する必要がある。

大学院で原子力を学ぶ学生が100%原子力産業に従事するわけではないこと、平均出版年が若い近年研究が活発な分野では、原子炉に関する専門的知識以外に、原子核物理、材料科学、流体反応工学、情報工学、経営学、政策学など、多様な専門性が必要とされており、研究開発においても、教育においても、人材の流動性を促進する方策に留意する必要がある。

上記の結果は、経済産業省総合資源エネルギー調査会原子力小委員会自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループ第4回会合に提出しており、現在原子力学会を中心に進められている今後の原子力安全技術に関するロードマップ策定検討のための参考資料としている。技術ロードマップは、Lewis Branscombによれば“A consensus articulation of a scientifically informed vision of attractive technology futures”と定義される[15]。すなわち、ロードマップの策定にあたっては、vision(将来のあるべき姿)をscientifically informed な形で示す必要がある。今回の分析はそのための一助と言う位置付けであり、ロードマップの策定にあたっては、現在の原子力分野の技術者や研究者だけでなく、将来を担う学生や、他分野の研究者にとっても魅力的な研究開発課題を提示することで、原子力分野に人材を惹きつけられるロードマップとすべきである。

次年度は、上記委員会でロードマップの策定作業が進められる次世代炉等に関する分析を実施する。また、今回の分析結果と現在策定中の軽水炉等の安全技術のロードマップとを比較分析することで、計量書誌分析の役割と原価、可能性を明示的に明らかにする。

## (2) 社会科学グループ

社会科学グループでは、ビジネスエコシステムの構造分析ならびに、ビジネスエコシステムの設計と評価を行うことを目的としている。具体的には3つの個別目標を立てて研究開発を行っている。

第一は、ビジネスエコシステムに関する世界的な研究成果のレビューとその体系的理解である。このレビューを、本プロジェクトにおけるビジネスエコシステムの定義、フレームワーク、調査分析方法・プロセス、ビジネスエコシステムの構造分析法の開発、そしてビジネスエコシステムの設計と評価法の開発の基盤的知識とすることである。

第二は、レビューに基づいて設定した調査分析方法・プロセスにそって、具体的な対象、論点を設定し、ビジネスエコシステムの構造分析を行うことである。現在分析が進行している対象はCCS (Carbon dioxide Capture and Storage)、自動車(電気自動車・自動運転車)、医療情報システム(電子カルテ)、炭素繊維である。

第三は、第二の項目で実施した事例研究を抽象化し、エコシステムのダイナミクスを記述するとともに、エコシステム内での各アクターの振る舞いやシステムの発展を予測するシミュレーションモデルを開発することである。

第四は、レビューおよびシステム設計の考え方に基づいて設定したビジネスエコシステムの設計と評価法を具体的な対象に対して適用し、そこから導出された再設計指針を念頭に置いたアクションリサーチを実施することである。具体的には電気自動車(特に燃料電

池電気自動車) ならびに医療情報システムに関するアクションリサーチを社会科学グループとしては実施中である。CCS、炭素繊維についてもアクションリサーチの機会を得ている。

本報告書では3つの個別目標ごとの今年度の成果について記載する。

### I. 既存研究レビュー

社会科学グループにおけるビジネスエコシステム分析の基盤となるレビューを行い、国際学会発表論文を執筆した(1)。レビューを行うにあたって、まずStrategic Management分野におけるQ1に位置する上位のジャーナリストを作成し、それぞれのジャーナルに対して「Ecosystem」というキーワードを用いてTopicsフィールドにおいて検索した。そこからマネジメント上の用語として「Ecosystem」を用いている論文を抽出した結果、90本の論文がレビュー対象となった。

これらの時系列推移を図1に、掲載ジャーナルのリストと論文数を表1に示す。

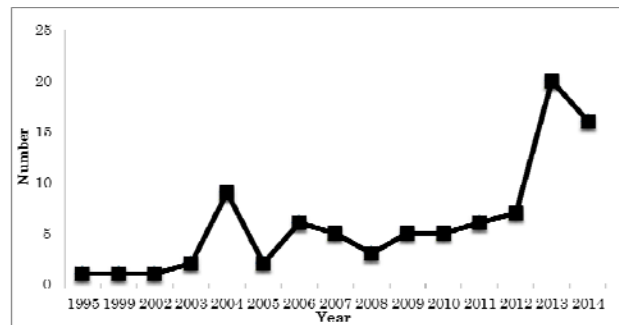


図1 エコシステムに関するトップジャーナルでの論文数の推移

表1 掲載ジャーナルと論文数

Journal	No. of papers
Journal of Cleaner Production	25
Research Policy	8
Technological Forecasting and Social Change	7
Journal of Information Technology	6
Strategic Management Journal	5
California Management Review	5
Technovation	5
Journal of Product Innovation Management	4
MIT Sloan Management Review	4
Organization Science	4
R & D Management	4
Academy of Management Review	2
Management Science	2
Academy of Management Perspectives	1
Business Strategy and the Environment	1
International Entrepreneurship and Management Journal	1
International Journal of Production Research	1
Journal of Business Venturing	1
Journal of International Management	1
Journal of Management Studies	1
Strategic Organization	1
Tourism Management	1
Total	90

レビューの結果、これらの論文は背景とする理論から4つのパースペクティブに分類できることがわかった。第一はIndustrial Ecology、第二はBusiness Ecosystem、第三はPlatform Management、第四はMulti-actor Network managementである。

これらのレビューからリサーチマップを作成した結果、マルチレイヤーモデルにより研究の全体が統合できることが明らかになった。(図2)

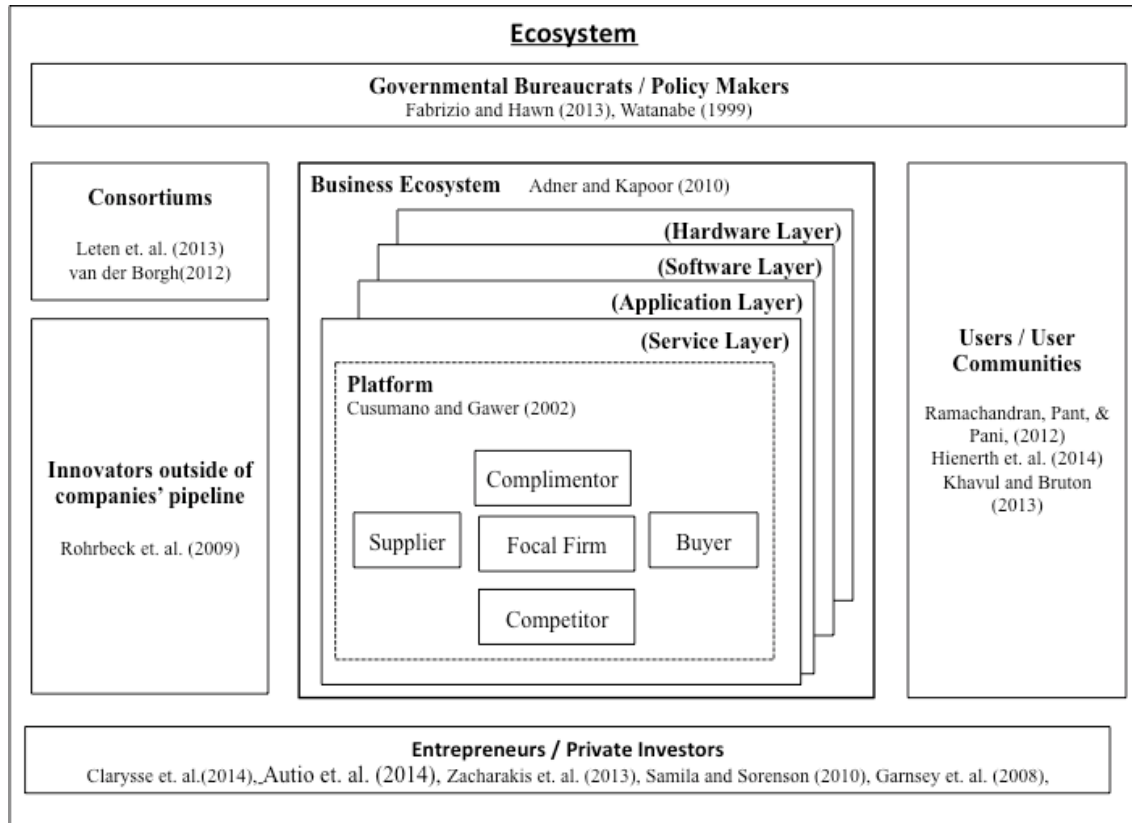


図2 既存研究のリサーチマップ

また、既存研究レビューから、マネジメント分野におけるエコシステムの再定義と調査研究プロセスの開発、設計概念の開発を行った。再定義は次の通りである。

*“Historically self-organized, sometimes designed, multi-layer social network consisting of actors that have different attributes, decision principles, and beliefs.”*

調査研究プロセスは図3、設計概念は図4の通りである。調査研究プロセスにおいては先行研究を基に次のようなプロセスを設定した。第一に新聞記事をはじめとする多種類のデータソースから情報工学的手法を援用してイベントヒストリーとアクターネットワークの可視化を行う。これらは先行研究でも用いられている手法である。第二に、フィールドリサーチによってこれらの情報の確認、補完を行う。第三に各アクターの意思決定原理の考察と定式化、エコシステム全体の構造的把握を行う。構造的把握においては図4に示される設計概念を用いる。その上でエコシステムの動的に強い影響を及ぼす因果経路を発見する。さらにアクションリサーチによって主要なボトルネックの解消を目指す。

本調査研究によりエコシステム研究におけるアクションリサーチの学術的な位置づけがより一層明確になったと考える。



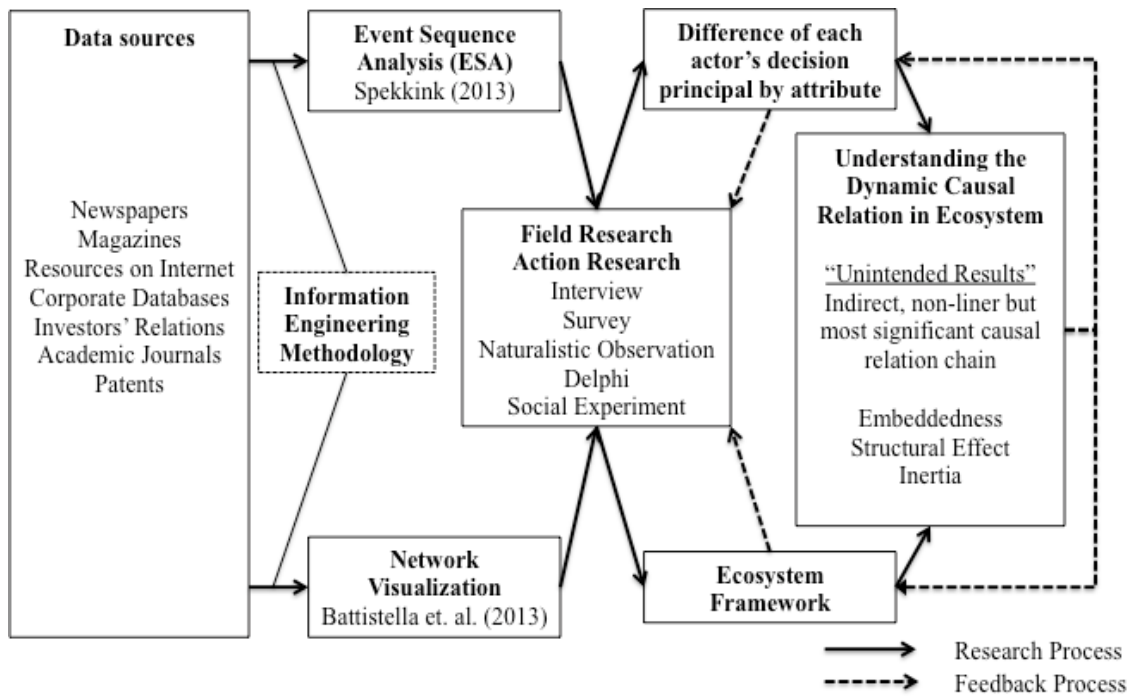


図3 調査研究プロセス

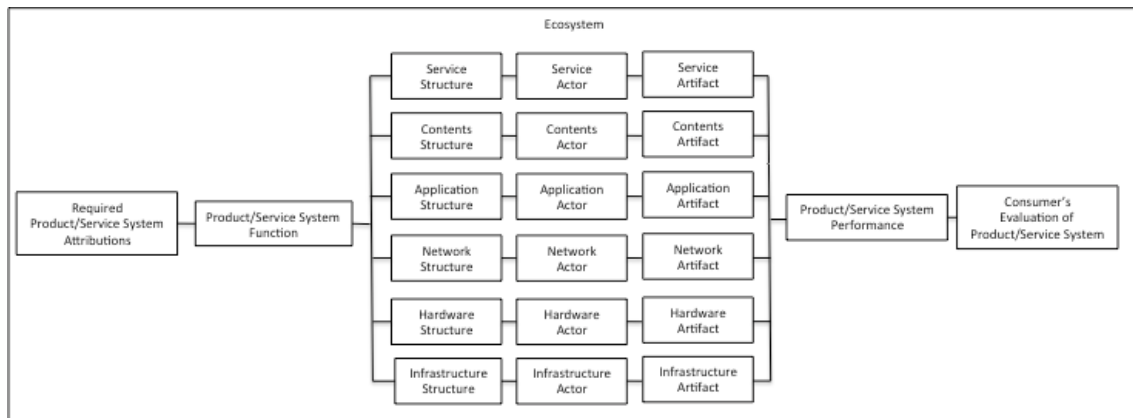


図4 エコシステム設計概念

## II. 電気自動車および医療情報システムにおける実施例

ここでは、具体例として電気自動車および医療情報システムにおける調査研究プロセスの実施例を記載する。

第一に電気自動車に関する記事情報をもとにアクター間ネットワークの図を作成した(図5)。

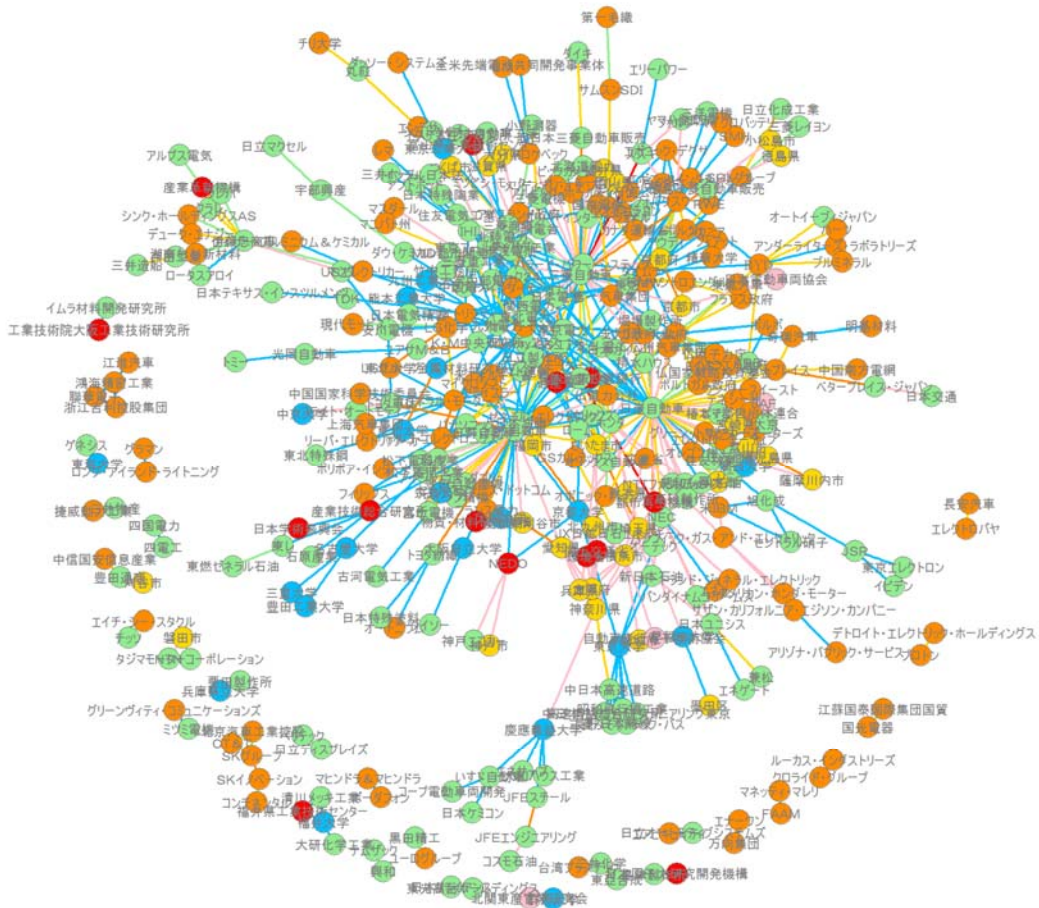


図5 アクターネットワーク（1981年から2014年）

■ノード(企業区分・色分け)		■エッジ(イベント区分・色分け)	
イベント区分	色名	イベント区分	色名
一般企業(日本国内)	緑	M & A	緑
政府・行政法人	赤	需要・供給	赤
市町村	黄色	業務提携	黄色
協会	ピンク	実証実験	ピンク
大学	青	共同開発	青
海外(企業・政府)	オレンジ	既存のネットワーク	オレンジ

アクターネットワークは年毎に作成しており、時間とともにダイナミックな変化を追うことが出来る。フィールドリサーチにおける重要な媒介になるとともに、そのダイナミズム自体を分析対象とすることも可能である。

次に記事情報を基に医療情報システムのイベントヒストリーを作成した。医療情報システムは定義が多様である。具体的には「業務支援型」「予約手配型」「患者情報型」「学術情報型」「学術調査型」「遠隔医療型」「自己診断型」「経営支援型」に分類できる。それぞれについてイベントヒストリーを作成し、そのつながりについて把握、分析を進めている。具体例として患者情報型のイベントヒストリーの一部を表2に示す。

表2 患者情報型医療情報システムのイベントヒストリー

時期	記事ID	アクター	説明
1988/12/9	NIRKDB198817	医療情報システム開発センター 兵庫県津名郡五色町	病院や診療所などのカルテや健康診断の記録を入力、生涯にわたる健康管理をするもので、これまで民間による実験例はあるが、地方自治体が実用化を目指した実験に取り組むのは初めて。
1992/7~1992/7	NIRKDB199206 NIRKDB199207	オムロン オリンパス NTTメディアサプライ 日本医療情報センター	光カードによる患者情報の記録を開発した。個人医院に向けて販売した。最初は人工透析用。次にカルテなどを扱うものが開発された。カードの機能上は各病院が一体となって管理できる。
1993/11~1994/	NIRKDB19940624N NIRKDB199311 NIRKDB19941006N NIRKDB19940725N	NTT 富士フィルム NEC 国立がんセンター ライズ シャープシステム 横河電機 前田外科病院	診断画像、脳波計測定、心電図などの診断データ一元管理システムの開発。複数の病院で通信によって共有するシステムを含む。
1994・08・18	NIRKDB19940818N	通産省 厚生省	通産省、厚生省が病院間の上記診断データの通信システムの開発に着手。
1996/4/25	NIRKDB19960425N	京都大学 大阪大学	初の産学連携で、診断画像情報管理通信システムの開発
1996/10~1997/	NIRKDB19970509N NIRKDB19961029N NIRKDB19961016N	千葉県がんセン KDD 川崎市立川崎野 日本IBM	国立がんセンター 補完技術の開発が目立つ。LAN設備、CATV回線、光ファイバーなどの回線設備の開発 名古屋ケーブルネットワーク
Aug-97	NIRKDB199707	行田市医師会 NTT	暗号化・機密保持(補完技術の開発)

調査研究プロセスの次の段階として、これらの分析を基にフィールドリサーチを実施し、各アクターの意思決定原理の把握、エコシステムの設計概念による把握を進める。その上で、エコシステムの動態に大きな影響を及ぼしている因果関係を発見し、ボトルネックの解消に向けたアクションリサーチを行う。

### III. エコシステムのダイナミクスの理論化

本年度は、革新的技術の社会実装後の普及過程をモデル化するために、product attribute model [16]と消費者選好の非均質性に基づく理論化を行った。基本的なフレームワークは、製品が複数の特性を含み、消費者はそれぞれの製品特性に関して異なるテイスト（あるいは重要度）を持つ故に複数の市場セグメントに分かれることである。先行研究では消費者の非均質性が定式化され、その破壊的イノベーションのプロセスにおける役割が論じられたが、生産者の非均質性とその役割は研究されていない。本研究は生産者の技術の非均質性の経済モデルを提案し、それを既存の消費者の選好の非均質性のモデルと統合し、コンピュータシミュレーションにより分析を行った。

モデル化においては、Product attribute modelの中心的仮定を踏襲し、ある製品カテゴリーでは所与の数の製品特性（あるいは属性）が存在し、カテゴリー内のすべての製品はその特性を共通して持つものとする。XとYという2つの製品特性があるとする。製品特性の客観性の仮定により、ある製品の2つの特性におけるパフォーマンスは数値として表され、全ての消費者はその数値を同様に認識するものとする。つまり、製品は属性XとYにおけるパフォーマンスを表す数値 $F_X$ および $F_Y$ を持つ。パフォーマンスのありうる最大値は製品カテ

ゴリーや属性によって外生的な科学技術的要因により異なるであろうが、ここではパフォーマンスの取りうる値の範囲は $[0, 1]$ の区間になるよう正規化する。つまり、ある製品のパフォーマンスは $(F_X, F_Y) \in [0, 1]^2$ と表される。

生産者2社が1つの製品のみを生産する最も簡単な場合のモデルを分析する。生産者はインデックス $i=1, 2$ で表す。製品の開発と販売を、2つのパフォーマンス $F_{iX}, F_{iY}$ および価格 $p_i$ を意思決定することと解釈し、パフォーマンスと価格の意思決定は同時に行われるものとする。従って生産者 $i$ の行動  $(F_{iX}, F_{iY}, p_i)$ である。

伝統的な生産コストに加えて、目標のパフォーマンスを得るためにかかる製品開発コストをモデルに取り入れる。より高いパフォーマンスを実現させるにつれて製品開発コストも増加すると仮定する。線形  $(d_{iX}F_{iX} + d_{iY}F_{iY})$  および二乗  $(d_{iX}F_{iX}^2 + d_{iY}F_{iY}^2)$  の2つのコスト関数の形態を考え、それぞれを分析する。係数 $d_{iX}$ と $d_{iY}$ は生産者 $i$ の2つの製品特性のパフォーマンスの開発におけるリソースやケーパビリティ、競争力を表す。製品開発コストの係数が小さいほどその生産者は当該の製品特性に関する知的財産や優秀な研究人員、組織的能力、経験を多く持っていることとなる。

生産者利益は製品開発コストとそれに対応する生産コストの和である。線形の製品開発および生産コストは

$$\pi_i = p_i q_i - c_i q_i - d_{iX} F_{iX} - d_{iY} F_{iY}$$

であり、二乗形のコスト関数は

$$\pi_i = p_i q_i - c_i q_i^2 - d_{iX} F_{iX}^2 - d_{iY} F_{iY}^2$$

と表されるものとした。 $q_i$ は生産者の販売数量を表す。

消費者に関しては、 $n$ 人の消費者がいる市場を考える。 $U_{\theta i} = \theta F_{iX} + (1-\theta)F_{iY} - p_i$

$U_{\theta i}$ は消費者 $\theta$ が製品 $i$ から得る効用を指す。 $\theta$ は0と1の間で離散的かつ一様に分布するとする ( $\theta = 0, 1/(n-1), 2/(n-1), \dots, (n-2)/(n-1), 1$ )。ありうる消費者の便益の最大値は $\theta$ に関わらず1であるため、生産者のつけうる価格の最大値も1である。以上のことから生産者の行動空間が決定する。

$$(F_{iX}, F_{iY}, p_i) \in [0, 1]^3$$

生産者2社の行動が所与のとき、消費者は2つの製品から自身が得る効用を比較し、0以上の効用を提供しかつライバル製品よりも高い効用を提供する製品を購入する。2つの製品が同じ正の効用を与えるときは1/2の確率で生産者の製品を購入する。販売数量 $q_1$  and  $q_2$ はそれぞれ生産者1および2から購入した消費者の数を総人口 $n$ で割って正規化した数値である。

以上のゲームモデルにより、生産者2社の戦略の組み $((F_{1X}, F_{1Y}, p_1), (F_{2X}, F_{2Y}, p_2))$ に対して利益 $\pi_1, \pi_2$ が決定する(表3)。

表3. The settings of profit and utility functions

Setting	Profit function	Utility function
A	$\pi_i = p_i q_i - c_i q_i - d_{iX} F_{iX} - d_{iY} F_{iY}$	$U_{\theta i} = \theta F_{iX} + (1-\theta)F_{iY} - p_i$
B	$\pi_i = p_i q_i - c_i q_i^2 - d_{iX} F_{iX}^2 - d_{iY} F_{iY}^2$	$U_{\theta i} = \theta F_{iX} + (1-\theta)F_{iY} - p_i$

上記のモデルをもとに下記のシミュレーションを行った(表4)。生産者の行動空間 $[0, 1]^3$ を $\{1/20, 1/10, \dots, 19/20, 1\}^3$ へと離散化し、消費者の人数は16人とした ( $\theta = 0, 1/15, \dots, 14/15, 1$ )。

15のコスト係数のケースでは生産コスト係数は2社間で同じであり( $c_1 = c_2$ )、製品開発コスト係数は同じ( $d_{1X} = d_{1Y} = d_{2X} = d_{2Y}$ )である場合や異なるが対称的( $d_{1X} = d_{2Y}$  and  $d_{1Y} = d_{2X}$ )である場合、非対称的な場合がある。15つのケースの具体的な係数は3つの基準によって設定された。

1)係数の和 ( $c_i + d_{iX} + d_{iY}$ )

2)生産者の特化の度合い ( $|d_{iX} - d_{iY}|$ )。  $|d_{iX} - d_{iY}| = 0$ のときは2社の生産者は製品特性の開発

において同様の技術的能力を持つ。 $|d_{iX} - d_{iY}| > 0$ のときは、生産者は同じ額のコストで片方の製品属性のパフォーマンスを他方よりも多く開発することができ、特化している。

3)製品開発コスト係数の小さい方と、生産コスト係数との差 ( $c_i - \min\{d_{iX}, d_{iY}\}$ )。

シミュレーション番号4-2, 9-2 and 12-2では、2社の生産者の製品開発コスト係数は相違かつ非対称的である。生産者1は生産者2と比べて両方の製品属性において相対的に小さいコスト係数を持ち、生産者2の属性Yのコスト係数はXより小さい。この設定は、生産者1にとって特性Yの開発が「技術的にシンプル」であるときに、 $F_{1Y}$ よりも大きい値の $F_{1X}$ を開発するかを見るためである。

表4. The settings of cost coefficients and their Nash equilibrium results

NN: both producers develop and sell a product at equilibrium

Nn: only one producer develops and sells a product at equilibrium

nn: both producers sell to no consumers at equilibrium

-: no equilibrium exists

No.	$c_1$	$d_{1X}$	$d_{1Y}$	$c_2$	$d_{2X}$	$d_{2Y}$	Setting	
							A	B
1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.3	0.3	-	-
2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	-	-
3	0.1	0.2	0.4	0.1	0.4	0.2	NN	-
4-1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.3	0.1	NN	NN
4-2	0.3	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	-	-
5	0.2	0.5	0.5	0.2	0.5	0.5	nn	-
6	0.5	0.3	0.3	0.5	0.3	0.3	nn	NN
7	0.2	0.4	0.5	0.2	0.5	0.4	nn	-
8	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4	0.3	nn	nn
9-1	0.6	0.2	0.3	0.6	0.3	0.2	nn	NN
9-2	0.6	0.2	0.2	0.6	0.3	0.2	nn	NN
10	0.2	0.3	0.6	0.2	0.6	0.3	nn	nn
11	0.4	0.2	0.5	0.4	0.5	0.2	nn	nn
12-1	0.6	0.1	0.4	0.6	0.4	0.1	nn	NN
12-2	0.6	0.1	0.1	0.6	0.4	0.1	Nn	NN

表4の最後の2列がシミュレーションにおけるナッシュ均衡の存在の有無を表している。8つのシミュレーション(No. A3, A4-1, B4-1, B6, B9-1, B9-2, B12-1, B12-2)において2社ともが製品を開発して消費者に販売する均衡が確認された。その中でB9-2 and B12-2を除けば均衡は対称的であり、生産者は特化した製品を開発しそのパフォーマンスは対称的である(図6)。この8つ以外のシミュレーションではナッシュ均衡が存在しないか、あるいは均衡における製品のパフォーマンスが最小値となっている(参入しない状況を意味する)。ナッシュ均衡の存在に関してはいくつかのパターンが見られた。利益関数が線形の場合は、

コスト係数の和が相対的に小さく生産者が特化しているときのみ均衡が存在する。利益関数が二乗形の場合は、コスト係数の和が大きく、生産コスト係数が製品開発コスト係数の小さい方よりも大きいときにも均衡が存在する。

シミュレーション結果は、製品開発コスト係数が対称的であるときには生産者が常に1つの製品属性に特化し、同質の製品を開発することが避けられていることを表している。コスト係数が非対称的であるときは、均衡も非対称的である。

シミュレーション番号B9-2はChristensenにより観察された現象を再現している。生産者1は属性Yを開発することにおいて生産者2と同じコスト係数の条件を持つにも関わらず、属性Xに特化した製品を開発している。

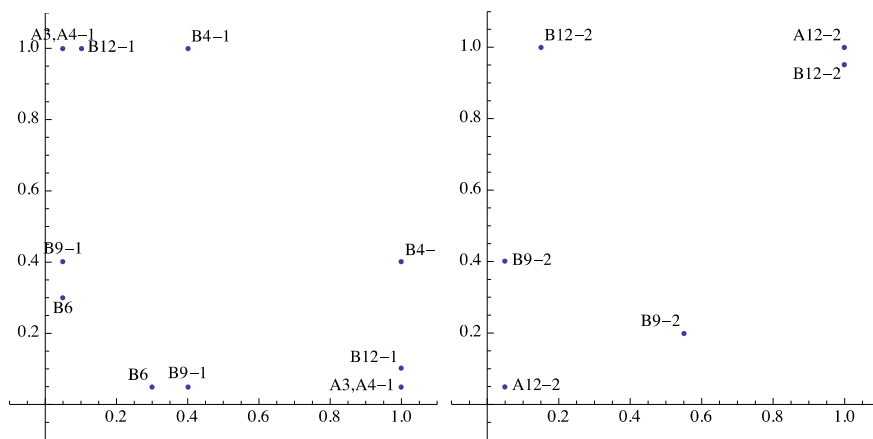


図6 (左図) The symmetric Nash equilibria . (右図) The asymmetric Nash equilibria

本年度は生産者2者の単純な状況下でのビジネスエコシステムの振る舞いと製品普及のシミュレーションを行ったが、次年度以降では複数のプレイヤーが織りなすエコシステムでのダイナミクスの理論的検討を行う。

#### IV. ビジネスエコシステムに関するフィールドリサーチ、アクションリサーチの状況

現時点ではフィールドリサーチとしてCCS関係者からの情報収集、電気自動車開発者との継続的なコミュニケーション（日産、ホンダ、トヨタ）、医療情報システム関係者との継続的なコミュニケーションを行っている。今後、エコシステムの背後にあるメカニズムの把握に基づき、アクションリサーチを通じた独自の知見の獲得を目的として、研究開発を進めていく。

#### 参考文献

- [1] 内閣官房高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部、「官民ITS構想・ロードマップ」、内閣官房、2014年6月3日、  
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon/dai4/siryoku4-2.pdf> (2015年4月16日閲覧)
- [2] 青木啓二、「自動運転技術の開発動向と実用化に向けた課題」、ISITS第14回カーエレクトロニクス研究会、2014年1月24日、  
[http://www.car-electronics.jp/files/2013/11/CEW14\\_aoki.pdf](http://www.car-electronics.jp/files/2013/11/CEW14_aoki.pdf) (2015年4月16日閲覧)

- [3] Farid Kendoul, “Survey of advances in guidance, navigation, and control of unmanned rotorcraft systems”, *Journal of Field Robotics*, 2012, 29(2), P315-378.
- [4] J. Alexander Fax & Richard M. Murray, “Information flow and cooperative control of vehicle formations”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2013, 49 (9), P1465-1476.
- [5] Olfati-Saber, R. “Flocking for multi-agent dynamic systems: Algorithms and theory”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2013, 51 (3), P401-420.
- [6] 宍戸 伴久、「外国における医療事故補償制度 -ニュージーランドと英国の場合-」, レフェレンス、平成20年7月号、P59-73、  
[http://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/refer/200807\\_690/069004.pdf](http://www.ndl.go.jp/jp/diet/publication/refer/200807_690/069004.pdf) (2015年4月16日閲覧)
- [7] D. L. Hoyert and J. Xu, “Preliminary Data for 2011”, *National Vital Statics Reports*, 2012, 61 (6), P1-51,  
[http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr61/nvsr61\\_06.pdf](http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr61/nvsr61_06.pdf) (2015年1月16日閲覧)
- [8] World Health Organization, “The top 10 causes of death”,  
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/> (2015年1月16日閲覧)
- [9] Office for National Statistics, “What are the top causes of death by age and gender?”,  
<http://www.ons.gov.uk/ons/rel/vsob1/mortality-statistics--deaths-registered-in-england-and-wales--series-dr-/2012/sty-causes-of-death.html> (2015年1月16日閲覧)
- [10] J. Gallagher, “Dementia is leading cause of death for women”, *BBC News*,  
<http://www.bbc.com/news/health-29815518> (2015年1月16日閲覧)
- [11] The Diabetes Control and Complication Trial Research Group, The Effect of Intensive Treatment of Diabetes on the Development and Progression of Long-Term Complications in Insulin-Dependent Diabetes Mellitus, *NEW ENGL J MED*, 1993, 329, P977-986.
- [12] R. Doll, R. Peto, J. Boreham, and I. Sutherland, “Mortality in relation to smoking: 50 years' observations on male British doctors”, *BRIT MED J*, 2004, 328, P1519-1528.
- [13] E. Riboli et al., European prospective investigation into cancer and nutrition (EPIC): study populations and data collection, 2002 *PUBLIC HEALTH NUTR*, V5, P1113-1124.
- [14] 3C Study Group, Vascular factors and risk of dementia: Design of the three-city study and baseline characteristics of the study population, *NEUROEPIDEMIOLOGY*, 22, P316-325.
- References
- [15] L.W. Branscomb, J.H. Keller, Towards a Research and Innovation Policy, in: L.W. Branscomb (Ed.), *Investing in Innovation: Creating a Research and Innovation Policy That Works*, Investing in Innovation, MIT Press, 1998.
- [16] K.J. Lacaster, A new approach to consumer theory, *Journal of Political Economy*, Vol. 74, No.2, 132-157, 1966.

### 3 - 4. 会議等の活動

・実施体制内での主なミーティング等の開催状況

年月日	名称	場所	概要
2014/5/16	研究打ち合わせ	東京工業大学	進捗報告と今年度の研究計画
2014/5/20	研究打ち合わせ	東京大学	先行文献調査と議論
2014/10/6	研究打ち合わせ	東京工業大学	進捗報告と議論
2015/1/9	研究打ち合わせ	東京工業大学	進捗報告と議論
2015/3/18	研究打ち合わせ	東京工業大学	今年度のとりまとめ方針の検討

### 4. 研究開発成果の活用・展開に向けた状況

学術論文や学会発表として研究成果を公開するとともに、文部科学省COI STREAM事業構造化チーム委員としての活動の中で、COI拠点への情報提供を行いフィードバックを受けた。また、総合資源エネルギー調査会原子力小委員会自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループにおいて、分析結果を提出した。

現在は、研究開発成果の活用・展開に向け、JST情報分析室と具体的な取り組みに向けた協議を始めたところである。

### 5. 研究開発実施体制

#### (1) 情報工学グループ

- ① 梶川裕矢（東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科、准教授）
- ② 研究開発動向の把握と萌芽的研究領域の抽出  
複数研究領域の関連性分析による革新的研究開発課題の設計  
産業展開可能性の評価

#### (2) 社会科学グループ

- ① 辻本将晴（東京工業大学大学院イノベーションマネジメント研究科、准教授）
- ② ビジネスエコシステムの構造分析  
ビジネスエコシステムの設計と評価



## 6. 研究開発実施者

情報工学グループ：東京工業大学、東京大学

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項 目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	梶川 裕矢	カジカ ワユ ウヤ	東京工業大 学	准教授	全体構想・研究 計画の設計、 プロジェクトマ ネジメント 研究開発動向の 把握と萌芽的研 究領域の抽出	25	10	28	9
	中村 裕子	ナカム ラヒ ロコ	東京大学	博士研 究員	産業展開可能性 の評価	25	10	28	9
*	池 雪琴	チセ ツキン	東京工業大 学	D3	複数研究領域の 関連性分析によ る革新的研究開 発課題の設計	25	11	26	9
	小川 敬也	オガワ タカヤ	東京工業大 学	D3	複数研究領域の 関連性分析によ る革新的研究開 発課題の設計	25	10	26	3
*	高野 泰朋	タカノ ヤスト モ	東京工業大 学	D1	複数研究領域の 関連性分析によ る革新的研究開 発課題の設計	25	12	28	9
*	桑原 麻季	クワバラ マキ	東京大学	M2	複数研究領域の 関連性分析によ る革新的研究開 発課題の設計	26	2	27	3
*	久保 雅俊	クボ マ サトシ	東京大学	M2	複数研究領域の 関連性分析によ る革新的研究開 発課題の設計	26	2	27	3
*	Nitish Gupta	ニティッ シュグ プタ	東京工業大学	研究員	研究開発動向の 把握と萌芽的研 究領域の抽出	26	5	26	8
*	和田 有希	ワダ ヨ ウキ	東京大学	B4	複数研究領域の 関連性分析によ る革新的研究開 発課題の設計	26	11	27	9
*	福原 智	フクハラ サトル	東京大学	B3	研究開発動向の 把握と萌芽的研 究領域の抽出	26	11	27	9

*	中村 友哉	ナカムラ トモヤ	東京大学	B3	研究開発動向の 把握と萌芽的研 究領域の抽出	26	11	27	9
---	-------	-------------	------	----	------------------------------	----	----	----	---

社会科学グループ：東京工業大学、東京大学

	氏名	フリガナ	所属	役職 (身分)	担当する 研究開発実施項 目	研究参加期間			
						開始		終了	
						年	月	年	月
○	辻本 将晴	ツジモト マサハル	東京工業大学	准教授	ビジネスエコシ ステムの構造分 析	25	10	28	9
	西野 成昭	ニシノ ナリアキ	東京大学	准教授	ビジネスエコシ ステムの設計と 評価	25	10	28	3
	楠木 結貴	カブラキ ユキ	東京工業大学	M2	ビジネスエコシ ステムの設計と 評価	25	10	28	9
	田村 光太 郎	タムラ コウタロ ウ	東京工業大学	M1	ビジネスエコシ ステムの設計と 評価	25	10	28	9
	桐山 恵理 子	キリヤマ エリコ	東京大学	特別研 究員	ビジネスエコシ ステムの構造分 析	25	10	28	9
*	丹 俊貴	タン シ ユンキ	東京工業大学	研究員	ビジネスエコシ ステムの構造分 析	25	11	27	3
*	中居 康祐	ナカイ コウスケ	東京工業大学	M2	ビジネスエコシ ステムの構造分 析	25	11	26	3
*	樋口壮人	ヒグチ タケヒト	東京工業大学	研究員	ビジネスエコシ ステムの構造分 析	26	4	27	3
*	花岡 良尚	ハナオカ ヨシタカ	東京工業大学	M2	ビジネスエコシ ステムの構造分 析	26	1	27	3
*	久保田 修 年	クボタ シュウト	東京工業大学	M1	ビジネスエコシ ステムの構造分 析	26	6	27	3

## 7. 研究開発成果の発表・発信状況、アウトリーチ活動など

### 7 - 1. ワークショップ等

なし

### 7 - 2. 社会に向けた情報発信状況、アウトリーチ活動など

#### (1) 書籍、DVD

・なし

#### (2) ウェブサイト構築

・なし

#### (3) 学会（7-4.参照）以外のシンポジウム等への招聘講演実施等

- ・ Y. Kajikawa, "Envisioning a path of innovation with computational intelligence", Joint MOT seminar by LS group, Sungkyunkwan University and Tokyotech (July 8, 2014).

### 7 - 3. 論文発表

#### (1) 査読付き（  2  件）

##### ●国内誌（  0  件）

##### ●国際誌（  2  件）

- ・ H. Nakamura, S. Suzuki, I. Sakata, Y. Kajikawa, Knowledge combination modeling: The measurement of knowledge similarity between different technological domains, Technological Forecasting & Social Change, in press.
- ・ T. Ogawa and Y. Kajikawa, Assessing the industrial opportunity of academic research with patent relatedness: A case study on polymer electrolyte fuel cells", Technological Forecasting and Social Change, 90 (2015) 469-475.

#### (2) 査読なし（  0  件）

### 7 - 4. 口頭発表（国際学会発表及び主要な国内学会発表）

#### (1) 招待講演（国内会議   2  件、国際会議   0  件）

- ・ 梶川裕矢、「イノベーションに向けた革新的技術の抽出と意思決定」、情報処理学会連続セミナー2014「モバイル・クラウド時代のIT新潮流を読み解く」、(東京、2014年6月9日).
- ・ 梶川裕矢、「イノベーションマネジメントの方法論～革新的エネルギー技術の開発と普及に向けて～」、土木学会環境中間技術検討小委員会、(東京、2014年4月22日).

#### (2) 口頭発表（国内会議   1  件、国際会議   9  件）

- ・ Y. Kajikawa, "Action research of bibliometrics in public R&D programs - Lessons learned", 2014 Annual Meeting of Institute for Operations Research and Management Sciences (INFORMS2014), in San Francisco (November 9-12, 2014).
- ・ Y. Kajikawa, "From observation, detection to design of innovative research and technology", Portland International Conference on Management Engineering and Technology 2012 (PICMET'14) in Kanazawa, Japan (July 27 - July 31, 2014).

- Y. Takano, Y. Kajikawa, and M. Ando, "Trends and typology of emerging antenna propagation technologies identified by citation network analysis", Portland International Conference on Management Engineering and Technology 2012 (PICMET'14) in Kanazawa, Japan (July 27 - July 31, 2014).
  - Y. Kajikawa, "From observation to design support- A new direction of bibliometrics", 23rd International Conference for Management of Technology" (IAMOT2014) in Washington DC, (22-26, May, 2014).
  - E. Kiriya, "Assessing carbon capture and storage as a means toward a resilient ecosystem under uncertainty," 9th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES) 2014-0345
  - M. Tsujimoto, Y. Kajikawa, J. Tomita and Y. Matsumoto (2015): Designing the Coherent Ecosystem: Review of the Ecosystem Concept in Strategic Management, Accepted for the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, August 2-6, 2015, Portland, USA.
  - M. Tsujimoto, (2015): The Inertia of Service Definition: A Comparative Analysis of the FeliCa Ecosystem, Accepted for the R&D Management Conference, June 23-26, 2015, Pisa, Italy.
  - K. Ohara, and M. Tsujimoto (2015): Network Structure Analysis of APIs and Mashups: Exploring the Digital Ecosystem, Accepted for the R&D Management Conference, June 23-26, 2015, Pisa, Italy.
  - Y. Inoue, and M. Tsujimoto (2015): Complementary Products Providers' Technological Adoption and Evolution of the Business Ecosystem: The Case Study of Nintendo's Wii in Japanese Video Game Sector, Accepted for the Portland International Conference on Management of Engineering and Technology, August 2-6, 2015, Portland, USA.
  - 李相直, 赤井研樹, 西野成昭, 「技術及び選好が非均質な状況下での製品開発戦略のゲーム理論的分析」日本MOT学会研究発表2014
- (3) ポスター発表 (国内会議   0   件、国際会議   0   件)

#### 7 - 5. 新聞報道・投稿、受賞等

- (1) 新聞報道・投稿 (  0   件)
- (2) 受賞 (  0   件)
- (3) その他 (  0   件)

#### 7 - 6. 特許出願

- (1) 国内出願 (  0   件)
- (2) 海外出願 (  0   件)