

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2012

課題番号：20310083

研究課題名（和文） 情報伝播のメカニズム分析

研究課題名（英文） Analysis of diffusion mechanism of social events

## 研究代表者

猿渡 康文（SARUWATARI YASUFUMI）

筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授

研究者番号：00292524

## 研究成果の概要（和文）：

ソーシャルネットワークを通じた情報の拡散・伝播など、現代社会においては、物理的な距離を超えて瞬く間に世界中に広がる社会的なイベントが数多く存在する。本研究では、このような社会的なイベントを「情報」と捉え、参加者の相互依存の関係が内包されるネットワークやマーケットなどの環境において、その情報が時間的推移を伴って拡散・伝播するメカニズムを数理的にモデリングし、その制御の可能性を明らかにした。

## 研究成果の概要（英文）：

In modern society, there exist many social events, for example, diffusion and propagation of information through social networks, which spread all over the world in an instant time beyond the physical distance. In this research, we regard abstractly as “information” such social events. Based on the networks and/or markets where the interdependent relationship between the participants are assumed, we developed the mathematical model which enables us to describe the mechanism of the diffusion and propagation of information along with the time course, and clarify the possibility of its control.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2010年度	3,200,000	960,000	4,160,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
総計	14,800,000	4,440,000	19,240,000

研究分野：オペレーションズ・リサーチ

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学 社会システム工学・安全システム

キーワード：情報伝播・拡散、モデル化、消費者行動、投資行動、オピニオン形成、ウイルス拡散、コンタクション、マルチエージェント

## 1. 研究開始当初の背景

1998年、Nature誌に発表された米国コーネル大学のWatz and Strogatzによる研究は、“Network Science”と呼ばれる新しい研究領域を切り開く契機となった。この研究領域は、Eulerによる“Konigsbergの橋の問題”を始祖とし、Erdos and Reyniで発展した（ラ

ンダム）グラフ理論の延長線上にあるものの、1960年代に行われたMilgramによる社会実験などを含む社会学・心理学や物理学など広範な研究領域を包含するInter-disciplinaryな領域として発展してきている。この領域では、World Wide Webの構造といった比較的容易にモデル化できる物理的な現象のみな

らず、コミュニティや金融市場など社会的な現象を対象として、その数理科学的なモデル化の可能性を探るとともに、それらが形成するマーケットやネットワークの発達過程やサイズなどの分析が行われている。

## 2. 研究の目的

本研究は、これらの先行研究を基礎とし、クチコミ、通貨危機やコンピュータウイルスといった、現代社会特有の「イベント」を「情報」として捉え、情報の拡散・伝播の時間的推移を伴ったメカニズムの解明を目的とする。本研究の特徴は、

(a) 流布する情報のもつ価値・質

(b) 情報の受け手の行動・反応

をマーケットやネットワークの背景情報や状況とともに加味し、

(c) マーケットやネットワークの形成・成長過程（メカニズム）とそのスピード

(d) マーケットやネットワーク構造の変化によるイベントインパクトの変化といった視点を加えている点にある。これらは、既存の研究では全く考慮されていない本研究独自の視点である。

これら独自の視点は、これまでの研究活動と研究者間の相互コミュニケーションをもとに生じたものである。例えば、ファイナンスの分野では、アナリストといった一部の識者（玄人）が提供する「情報」は、多くの市場参加者の意思決定において参照される「情報」として知られている。その意味で、アナリストによる情報は、その背景である投資マーケットにおいて「価値のある情報」であり「ブレの少ない信頼できる質の高い情報」といえる。その一方で、マーケティングの分野では、クチコミといった一般人（非玄人）が提供する、あるいは、自然発生的に生じる「情報」がマーケットを席卷する、または、マーケットの意向を代表する情報となる場合もある。しかしながら、これらの情報はブレが少ない信頼できる情報といえるだろうか。「情報」にはその背景や状況に応じた「価値」があり、「質」が存在し、それらを明示的に取り扱わない限り、情報伝播の本来のメカニズムは理解できないと考えることが自然である。背景や状況と同様に、情報の受け手個々の反応も動的には重要な視点といえる。なぜならば、接した情報に対する受け手の判断によっては、いわゆるチェーンメール的な情報の伝播が発生したり、マーケットそのものの価値を向上させたりする可能性があるからである。特に、クチコミによる情報の拡散・伝播は受け手による情報の評価や判断を伴うという特徴がある。これらの特徴を加味しなければ、クチコミや流行などのメカニズムの解明は不可能である。

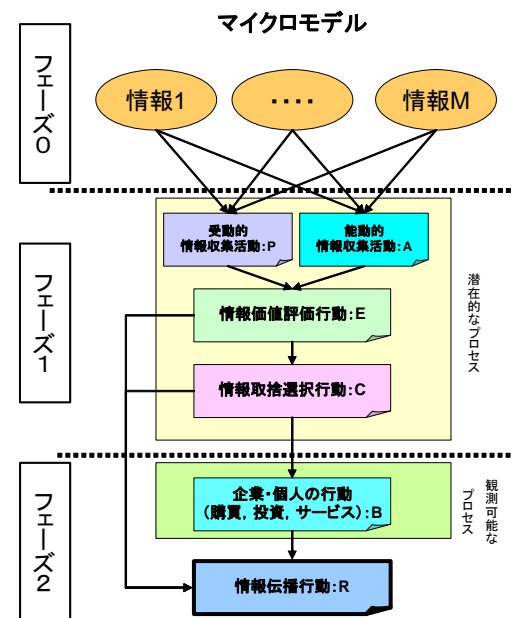
加えて、情報の拡散・伝播の過程は、対象

とするマーケットやネットワークの背景情報や状況を規定する形成過程にも大きく依存する。その発達のスPEEDも背景などに依存して異なると考えることが自然である。マーケットやネットワークの構造が変化・変質した場合、情報の伝播の状況は変化し、マーケットあるいはネットワーク全体の価値へ影響を与えると考えられる。これらは、情報流通の基盤であるマーケットやネットワークの構造に着目したものであり、情報伝播のメカニズム研究の土台を支えるものと位置づけられる。

本研究では、以下の3つの領域を研究ターゲットとして設定する。

(1) マーケティング (2) 情報通信ネットワーク (3) 金融

これらの領域では、「情報」そのものが価値を形成し、情報への接触と価値評価ならびに選択が重視される分野といえる。本研究では、これら個別の領域の研究から得られる知見を蓄積し、一般化することで、情報伝播のメカニズムを明らかにすることを試みる。また、それらを総合することで、マーケットやネットワークの将来を予測することも試みる。本研究で得られる成果は、これまでのネットワークサイエンスの範囲を超え、より現実的な社会的ネットワークの取り扱いを可能にし、また、その挙動を背景情報や情報の受け手の反応などをもとに予測可能とする画期的なものとなる。

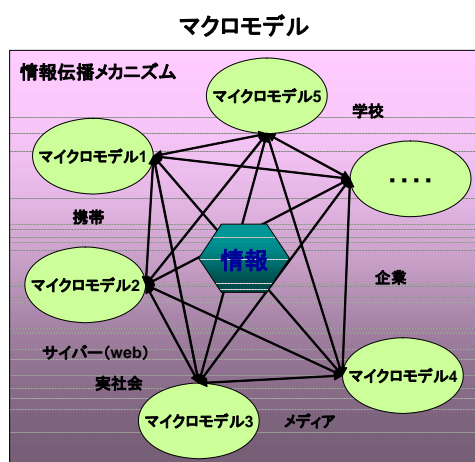


## 3. 研究の方法

本研究では、情報伝播のメカニズムを、情報の受け手でありかつ情報の拡散の担い手である、マーケットやネットワークの参加者の行動（振る舞い）を規定するマイクロな側面と、参加者の結合・相互作用の結果生じる

情報伝播のマクロ的側面から捉えることを試みる。マイクロな側面では、(1) 情報形成のメカニズム、(2) マーケットなどの参加者の視点から、形成された情報への接触、情報の価値評価ならびに取捨選択のメカニズム、続いて(3) 購買・投資といった行動への情報の結びつきのメカニズムに分解し分析ならびにモデル化を行っている。さらに、マクロ的側面では、(4) 参加者の組織的な結合や相互作用を加味したマーケット全体での情報伝播のメカニズムのモデル化とその検証を行う。

本研究では、理論的なモデルの構築と実データによる検証に加え、マルチエージェントベースのシミュレーションモデルを構築し、理論的なモデルの妥当性ならびに説明力の検証を実施する。



#### 4. 研究成果

設定した各研究領域において特徴的な現象を取り上げ、マクロモデルならびにマイクロモデルを構築し、その制御可能性を検討した。以下は、本研究で得られた主要な成果である。

(1) 「個人投資家の投資行動」をマーケティングならびに金融領域の分野横断的な課題として取り上げた。個人投資家市場が急激に立ち上がりを見せていた時期と研究を推進している時期が一致したこと、また、両研究領域において、その行動様式があまり解明されていないことによる。個人投資家の情報獲得・評価や流通というマイクロな側面を直接的に取り扱うために、「個人の特異性」という概念を導入した。また、情報の流通の基盤となる金融マーケットのマクロな側面のモデル化を試みた。

本研究では、個人投資家の投資行動に関するいくつかの仮説を設定し、約 1000 人へのアンケート調査の結果をもとに検証を試みた。個人の特異性は階層バイズ型コンジョイントモデルを採用することで加味することに成功した。その結果、個人によって情報源

についての評価が異なること、セミマクロ的な視点においては、個人投資家は、いくつかの類型に別れることが明らかとなった。本結果は、「個人の特異性と個人間の共通性を考慮した情報の送り手の行動に関する分析」としてまとめた。

(2) 「A H1N1 インフルエンザの拡散」現象を取り上げた。この現象は、本研究のスタートと同期するかのように発生した。WHO や米国 CDC によって発表されたデータをもとに、インフルエンザのマクロな拡散モデルの構築を試みた。統計手法のひとつであるグラフィカルモデリングを援用し、特に、米国内での拡散とその制御の可能性を検討した。その結果、拡散には時間の経過にしたがっていくつかのフェーズが存在すること、また、ウィルの拡散が地理的に連続しておらず、航空ネットワークのトポロジーと強く関連していることなどが明らかとなった。このことから、拡散を制御する可能性のある方策の導出が可能となった。本研究の成果は、“An Analysis of Diffusion Process of Emerging Infectious Disease”としてまとめ国際会議で発表した。

#### (3) 研究会・シンポジウムの開催

本研究では、本研究で得られた研究成果を学術論文としてばかりでなく、研究会やシンポジウムを企画・開催することで、当該研究領域の多くの研究者と情報交換し、意見交換を行ってきた。また、本研究が対象とする現象は抽象的なレベルでは領域固有というよりはむしろ共通することが多いため、領域横断的な知見の共有化と統合化をはかることを目的にシンポジウムを開催した。

##### 【第1回研究会】

「情報伝播のメカニズム分析 ～マーケティングにおける先端研究～」  
開催日：2011年3月23日(水)  
開催場所：筑波大学神保町校舎  
本研究による研究成果を含む4件の研究発表を行った。

##### 【第2回研究会】

「情報伝播のメカニズム分析 ～情報・ネットワークにおける先端研究～」  
開催日：2012年3月28日(水)  
開催場所：筑波大学東京キャンパス文京校舎  
本研究による研究成果を含む3件の研究発表を行った。

##### 【シンポジウム】

「情報伝播のメカニズム分析」  
開催日：2013年1月8日(火)・9日(水)  
開催場所：筑波大学東京キャンパス文京校舎  
本研究による研究成果を含む14件の研究発表を行った。領域を超えて研究者が集まることで、研究成果の共有・情報交換が可能とな

るとともに、領域横断的な新たな研究課題の創出もなされた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 57 件)

[1] T. Shirakawa and S. Kurahashi, Personal classification space-based collaborative filtering algorithms, International Journal of Computer Applications in Technology, Vol.46, No.1, pp.3-12, 2013. 査読有

DOI: 10.1504/IJCAT.2013.051383

[2] M. Yoshitake and Y. Saruwatari, Extensional Information Articulation from the Universe, Information Vol.3, No.4, pp.644-660, 2012. 査読有

DOI: 10.3390/info3040644

[3] K. Hihara and N. Makimoto, A Negotiation Game Analysis of Airport and Airline Risk Sharing Contract, Discussion Paper Series GraSPP-DP-E-12-001 and ITPU-DP-E-12-001, pp.1-23, Graduate School of Public Policy, The University of Tokyo, 2012. 査読無

[4] C. Yang, S. Kurahashi, I. Ono, and T. Terano, Pattern-Oriented Inverse Simulation for Analyzing Social Problems: Family Strategies in Civil Service Examination in Imperial China, Advances in Complex Systems, Vol.15, Issue 07, pp.1250038-1250059, 2012. 査読有

DOI: 10.1142/S0219525912500385

[5] 山田浩喜・佐藤忠彦, 階層ベイゾモデルによる百貨店の態度ベース店舗満足化構造に関する解析, マーケティング・サイエンス, Vol.20, No.1, pp.17-41, 2012. 査読有

[6] T. Yamada and T. Sakurai, Asymptotic power comparison of three tests in GMANOVA when the number of observed points is large, Statistics & Probability Letters, Vol.82, No.3, pp.692-698, 2012. 査読有

[7] Y. Saruwatari and T. Sato, An Analysis of Diffusion Process of Emerging Infectious Disease, Abstracts of IFORS 2011, pp.110-110, 2011. 査読無

[8] T. Komatsu and N. Makimoto, Dynamic investment strategy for factor portfolios with regime switches, 京都大学数理解析研究所講究録, 1736, pp.5-17, 2011. 査読無

[9] 石田実・西尾チヅル・椿広計, 2 値変数に基づく教師無し分類における類似係数の選択, 行動計量学, Vol.38, No.1, pp.65-81, 2011. 査読有

[10] N. Makimoto and Y. Sugihara, Optimal execution of multiasset block orders under stochastic liquidity, IMES Discussion

Paper Series, 2010-E-25, pp.1-33, 2010. 査読有

[11] T. Teramoto and C. Nishio, Heterogeneity of Brand Commitment and Its Relationship with Brand Loyalty, 2010 Global Marketing Conference Proceedings, pp.1241-1242, 2010. 査読有

[12] S. Kurahashi and M. Ohori, Analysis of greenhouse gases trading system using conversations among stakeholders, International Journal of Computer Applications in Technology, Vol.38-4, pp.274-282, 2010. 査読有

[13] M. Yamamura, H. Yanagihara and M.S. Srivastava, Variable selection by Cp statistic in multiple responses regression with fewer sample size than the dimension, Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems: Lecture Notes in Computer Science, 14th International Conference, KES 2010, pp.7-14, 2010. 査読有

[14] M. Yamamura and I. Shoji, A nonparametric method of multi-step ahead forecasting in diffusion processes, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 389, pp.2408-2415, 2010. 査読有

[15] 小松高広・牧本直樹, 株式会社ポートフォリオにおけるファクター間相関と裾指数, 統計数理研究所共同研究レポート, 246, pp.80-94, 2010. 査読無

[16] 佐藤忠彦, マーケティングにおける結果データ動的活用のためのベイジアンモデリング, オペレーションズ・リサーチ, Vol.55, No.1, pp.25-30, 2010. 査読有

[17] Y. Fujita, Y. Saruwatari, M. Takahashi and K. Tsuda, Cover All Query Diffusion Strategy over Unstructured Overlay Network, Lecture Note in Artificial Intelligence, 5712, pp.278-284, Springer-Verlag, 2009. 査読有

[18] 八木田克英・西尾チヅル, リデュース行動における情報提供とエコプロダクト使用経験の効果, 広告科学, No.51, pp.51-65, 2009. 査読有

[19] S. Kurahashi, The Discovery of History using Inverse Simulation, International Journal of Computer Applications in Technology, Vol.35, Nos.2/3/4, pp.210-218, 2009. 査読有

[20] Y. Fujita, D. Mori, Y. Saruwatari and K. Tsuda, Reverse-Query Diffusion over Unstructured Overlay Network for Content Delivery, International Journal of Computer Applications in Technology, Vol.51, No.2/3, pp.131-137, 2008. 査読有

[21] N. Makimoto, Optimal time to invest under uncertainty with a scale change, Journal Operations Research Society of Japan, Vol. 51, No. 3, pp. 225-240, 2008. 査読有

[22] C. Nishio, Environmental Communication Aimed at Household Energy Conservation, Proceeding of TIGS Symposium 2008: Adaptation Strategies for Climate Change, pp. 56-57, 2008. 査読有

[23] 佐藤忠彦, 樋口知之, 動的個人モデルによる消費者来店行動の解析, 日本統計学会論文誌, Vol. 38-J, No. 1, pp. 1-38, 2008. 査読有

[24] S. Kurahashi, Technology Extraction from Time Series Data Reflecting Expert Operator Skills and Knowledge, International Journal of Computer Applications in Technology, Vol. 33, No. 2/3, pp. 157-163, 2008. 査読有

[25] 大木敦雄, 久野靖, 抽象状態同期による高機能ロックの実装と評価, 情報処理学会論文誌: プログラミング, Vol. 1, No. 2, pp. 57-70, 2008. 査読有

[学会発表] (計 70 件)

[1] 佐藤忠彦, 猿渡康文, 個人の異質性と個人間の共通性を考慮した情報の送り手の行動に関する分析, 筑波大学開学 40+110 周年記念事業シンポジウム「情報伝搬のメカニズム分析」, 筑波大学東京キャンパス, 1月7~8日, 2013.

[2] 日高徹司, 佐藤忠彦, 消費者とブランドとの関係性を考慮した階層ベイズモデルによるクロスメディア効果の推定, 日本マーケティングサイエンス学会第 92 回研究大会, 株式会社 電通 電通ホール, 12月8日, 2012.

[3] 石垣 司, 照井伸彦, 佐藤忠彦, 潜在クラス型階層ベイズプロビットモデルによる大規模購買行動モデル, 第 11 回電子情報通信学会情報論的学習理論と機械学習 (IBISML) 研究会-第 15 回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2012)-, 筑波大学東京キャンパス, 11月7日, 2012.

[4] G. Kobayashi and S. Kurahashi, Price Dynamics and Herd Behavior on Shopbot Economics, 4th World Congress on Social Simulation, 2012年9月4日~7日, National Chengchi University (Taipei, Taiwan).

[5] T. Ishigaki, N. Terui, T. Sato and G. Allenby, Personalized marketing model by using massive customer data, International Workshop on Marketing Science and Service Research, The Institute of Statistical Mathematics (ISM), Tokyo, Japan, July 2, 2012.

[6] M. Saito and S. Kurahashi, The

Agent-based Diffusion Model: Simulating Informative and Normative Effects on Consumer Networks, Agent-based Approaches in Economics and Social Complex Systems (AESCS2012), 2012年1月17~19日, 関西大学 (吹田市).

[7] 長島直樹・西尾チヅル, サービス評価に内在する非対称性と非線形性, 日本マーケティング・サイエンス学会第 90 回研究大会, 2011年12月4日, 株式会社電通 (電通ホール) (港区).

[8] 日原勝也・牧本直樹, 搭乗率保証契約のリスク分配とインセンティブ設計に関する分析, 応用地域学会, 2011年12月3日~4日, 富山大学 (富山市).

[9] 齋藤宗香・倉橋節也, 消費者ネットワークにおけるロコミ効果の分析, エージェントワークショップ & シンポジウム 2011 (JAWS2011), 2011年10月26-28日, 熱海後楽園ホテル (熱海市).

[10] 佐藤忠彦, ベイジアンモデリングによるマーケティング・サイエンスの新展開, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2011年10月6日, 幕張メッセ国際会議場 (千葉市).

[11] M. Saito and S. Kurahashi, An Analysis of the diffusion process on Social Networks, The 7th conference of the European Social Simulation Association, 2011年9月19~23日, Montpellier (France).

[12] 櫻井哲朗・山田隆行, 成長曲線モデルにおける平均の検定の疑似尤度比統計量の漸近的性質, 2011年度 統計関連学会連合大会, 2011年9月4~7日, 九州大学 (福岡市).

[13] Y. Saruwatari and T. Sato, An Analysis of Diffusion Process of Emerging Infectious Disease, IFORS 2011 (19th Triennial Conference of the International Federation of Operational Research Societies), 2011年7月11~15日, Melbourne Convention Center (Australia).

[14] 石田実, 西尾チヅル, 佐藤忠彦, 購入製品の類似性が新製品の売上パターンに与える影響, 科研費研究集会: 情報伝播のメカニズム分析-マーケティングにおける先端研究-, 2011年3月23日, 筑波大学東京キャンパス.

[15] 齋藤宗香, 倉橋節也, ロコミ効果における社会ネットワークの影響, 計測自動制御学会 第 38 回知能システムシンポジウム, 2011年3月17日, 神戸.

[16] 佐藤忠彦, 状態空間モデルによる消費者のダイナミクスの理解, 明治大学グローバル COE プログラム【現象数理学の形成と発展】第 2 回現象数理若手ミニシンポジウム「マーケティングと現象数理学」, 2010年10月8日, 明治大学.

[17] T. Sato and N. Terui, A Brand Choice Model with Expected Display Promotion, International Workshop on Bayesian Statistics and Marketing, 2010年9月1日, 大阪大学.

[18] 佐藤忠彦, 照井伸彦, 期待プロモーションを考慮したブランド選択モデル, 研究集会—第12回ノンパラメトリック統計解析とその周辺, 2010年3月30日, 慶応大学三田キャンパス.

[19] 石田実, 西尾チヅル, 佐藤忠彦, 協調フィルタリングを用いた普及プロセスの分析, 科研費(A) 21243030による研究集会“マーケティングサイエンスの新展開”プログラム”, 2010年2月13日, 東北大学.

[20] Y. Fujita, Y. Saruwatari, M. Takahashi, and K. Tsuda, Cover All Query Diffusion Strategy over Unstructured Overlay Network, 13th International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems, 2009年9月28~30日, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

[21] C. Yang, T. Takahashi, J. Bin, T. Yamada, I. Ono, S. Kurahashi, and T. Terano, A Grid-Oriented Social Simulation Framework for Large Scale Agent-Based Modeling, The 6th European Social Simulation Association Conference (ESSA 2009), 2009.9.18, University of Surrey, UK.

[22] 佐藤忠彦, 照井伸彦, 樋口知之, プロモーション期待を考慮した動的売上反応モデル, 日本マーケティング・サイエンス学会第85回研究大会, 2009年6月20日, 京都工芸繊維大学松ヶ崎キャンパス.

[23] 佐藤忠彦, サービス科学高度化に向けて—生活者, 実システムの理解と活用の視点, 第1回サービス工学理論ワークショップ, 2009年1月29日, 産業総合研究所臨海副都心センター.

[24] 佐藤忠彦, 樋口知之, 動的個人モデルによる消費者購買生起行動の解析, 2008年度統計関連学会連合大会, 2008年9月8日, 慶応大学矢上キャンパス.

[25] C. Yang, S. Kurahashi and T. Terano, Agent-Based Simulation on Women's Role in a Family Line on Civil Service Examination in Chinese History, The Fifth Conference of the European Social Simulation Association, 2008/9/5, Brescia, Italy.

[図書] (計3件)

[1] C. Nishio, Adaptation and Mitigation Strategies for Climate Change (Chapter 14, Environmental Communication Aimed at Household Energy Conservation), 2010, pp. 215-231, Springer.

[2] 西尾チヅル, 桑嶋健一, 猿渡康文編著, マーケティング・経営戦略の数理, pp. 216, 朝倉書店, 2009.

[3] 山田雄二, 牧本直樹著, 計算で学ぶファイナンス—MATLABによる実装—, pp. 169, 朝倉書店, 2008.

[その他]

ホームページ等

[http://www2.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/saff/saru/diffusion\\_index.html](http://www2.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/saff/saru/diffusion_index.html)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

猿渡 康文 (SARUWATARI YASUFUMI)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授

研究者番号: 00292524

### (2) 研究分担者

牧本 直樹 (MAKIMOTO NAOKI)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授

研究者番号: 90242263

西尾 チヅル (NISHIO CHIZURU)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・教授

研究者番号: 80241769

佐藤 忠彦 (SATO TADAHIKO)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・准教授

研究者番号: 40400626

倉橋 節也 (KURAHASHI SETSUYA)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・准教授

研究者番号: 40431663

大木 敦雄 (OOKI ATSUO)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・准教授

研究者番号: 20160434

山村 麻理子 (YAMAMURA MARIKO)

広島大学・大学院教育学研究科・講師

研究者番号: 60525343

櫻井 哲朗 (SAKURAI TETSUROU)

諏訪東京理科大学・共通教育センター・講師

研究者番号: 60609741