

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26282087

研究課題名(和文) 社会シミュレーションにおける消費者調査データに基づいたモデリング方法の研究

研究課題名(英文) Study on Agent Modeling Method Based on Consumer Survey Data for Social Simulation

研究代表者

石野 洋子 (Ishino, Yoko)

山口大学・大学院技術経営研究科・教授

研究者番号：90373266

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：今日では、情報技術の発展に伴い、エージェントベースの社会シミュレーション(ABSS)は、複雑な社会システムの振る舞いやシステムの構成メンバーの相互作用を研究するための一般的な方法となった。しかし、ABSSにおけるエージェントの行動モデルを表現するための決定的な方法論ははまだ確立されていない。

本研究では、アンケート調査に基づいた精緻なモデル化をベイジアンネットワークの枠組みで行う新しい方法論を提案した。この方法により、エージェントの行動モデルの構築とモデルの内部パラメータの推定とを同時に行うことができる。研究対象に民間の医療保険市場を選び、シナリオ分析を適用して提案手法の有効性を実証した。

研究成果の概要(英文)：To date, agent-based social simulation (ABSS) is a popular method to study the behavior of a social system and the interaction of the constituent members of the system. With the development of information technologies, many ABSS approaches have been proposed with wide application. However, the definitive methodology for modeling of the agent's behavior in ABSS has not been established yet. This study proposed a new methodology of modeling of the agent's behavior in ABSS using Bayesian network based on the questionnaire survey. This method enables us to simultaneously perform the construction of the agent's behavior model and the estimation of the internal parameters within the model. This study took Japanese medical insurance market as an example, since this complicated market deserves detailed consideration. We verified the effectiveness of the proposed methodology by applying the scenario analysis to this case.

研究分野：総合系・複合領域

キーワード：マーケティング 社会システム工学 社会シミュレーション

1. 研究開始当初の背景

近年、経済・産業のグローバル化の中で日本の製造業における研究開発の投資効率の低下が懸念されている。消費者ニーズの細分化が進み、また、技術自体も多様化したことで、経済的価値と技術的価値を一致させることが難しくなったことが大きな原因のひとつといわれている。そこで、従来のような消費者調査結果を単純に外挿することで市場での売上を予測するような研究ではなく、もっと踏み込んで、複雑になった消費者の商品選択行動を解明し、マーケティング施策の策定に活かす必要がある。

しかし、そのためには、消費者心理として製品属性の認知や選好がどのように形成され商品選択に影響しているか、という個人レベルの問題に加え、口コミや推奨など消費者間のコミュニケーションの問題、そして、企業の宣伝広告・販売促進活動のような組織と個人の関係まで、レベルの異なる複雑な内容を広く統合して、社会システムとして考える必要がある。社会システムは、多様な意思を持った人間が相互に作用することで創発されるダイナミックな複雑系であり、従来の力学系のアプローチでは解析が困難である。そこで、本研究では近年注目されているエージェントベース・シミュレーション (ABS: Agent-based Simulation) による社会シミュレーション [Sun, R. et al. *Cognition and Multi-Agent Interaction*, Cambridge University Press, 2006 等] を採用する。ABS は、非斉一的で限定合理的な行動モデルを持つ活動主体 (エージェント) のインタラクションによって様々な社会現象を生み出す新しいタイプのシミュレーションである。

2. 研究の目的

本研究では、ターゲットとなる市場に対する具体的、戦略的な意思決定を支援することに重点を置き、消費者を限定合理的意思決定者と捉え、実際の市場調査データに基づいてエージェントモデルを構築する。我々は、消費者をエージェントとみなし、個々のエージェントの消費行動を説明する内部モデルと、エージェント同士の相互作用が互いの消費行動に影響を及ぼすことを説明するネットワークモデル (便宜的に外部モデルと称す) を組み合わせることでターゲット市場を表現することを提案する。内部モデルは、消費者の認知・選好などが商品選択にどう関連しているかを確率的に表現する非斉一的な消費者行動モデルで、当該モデルの行動パラメータの同定のために、ベイジアンネットワーク (BN) に適切な属性選択方法を組み合わせる方法を新たに提案する。なお、BN とは、因果関係を有向グラフ構造と条件付き確率により記述するグラフィカルモデルで、変数間の非線形な変動関係を扱えるという利点がある。一方、外部モデルは、消費者間のコミュニケーション等の相互作用の構造を複

雑ネットワーク [Barabasi, A. *Science*, 509-512, 1999] により表わす。以上を確立することで、シミュレーション結果がターゲット市場の現実的な特徴を反映することを可能にし、市場動向分析と戦略策定を支援する ABS システムの開発を目指す。

3. 研究の方法

3-1. 提案手法

本研究では、以下の方法で研究を進めた。(1) 対象とする市場について、既存のデータ等からエージェントの行動モデルに関連する要因を洗い出し、考えられる仮説を立てる。(2) (1)で抽出した要因について消費者アンケートを作成、実施する。(3) 得られたアンケート結果から仮説を検証する。仮説は要因のネットワーク構造として表現することができるので、アンケートデータに対して対数線形モデルなどの手法を用いて構造を検証し、不十分な点は修正する。(4) 得られた要因ネットワークに基づき、BN を使ってアンケートデータから条件付き確率を学習し、確率推論を実施してパラメータを取得する。

3-2. 民間医療保険市場での適用

研究対象として、民間医療保険市場を選び、上述の提案手法の検証を行った。この市場を選択した理由は以下の通り。

我が国では、1996年に保険業に対する規制緩和を目的とする新保険業法が施行され、日本の生命保険会社と損害保険会社の相互参入が認められた。それまでは外資系企業に独占されていたが、2001年以降正式に日本企業が参入し、第三分野保険の販売を開始した。第三分野保険とは医療保険、がん保険、介護保険など生きるサポートを目的としている保険のことである。保険業界の自由化の進展により、保険の販売チャネルが多様化し、消費者はさまざまな加入経路から保険を契約できるようになった。近年、少子高齢化や人口減少の到来によって、医療保険や介護保険などのニーズが高まり、保険会社が開発する商品やサービスも広がりを見せている。この市場は構造が複雑なため、これまで総括的な研究がなされてこなかった。そこで、この市場を事例として採り上げることとした。

我々は、医療保険の加入には「そろそろ感」が存在しているという仮説を立て、2014年8月に、800人に対してインターネット調査を実施した (第1回アンケート)。そして、ライフステージに着目した状況シナリオと、広告投下・営業員活動を考慮した戦略シナリオを組み合わせたシナリオ分析を実施してシミュレーションを行った。

第1回アンケート結果を利用してモデルの検証を行ったところ、情報が不十分な箇所が発見されたため、2015年12月に同規模のアンケート調査を実施した (第2回アンケート)。そして、内部モデルのパラメータ取得方法を改善し、提案方法の妥当性や市場の变

化への頑健性を示した。

4. 研究成果

4-1. モデル

消費者をエージェントとし、エージェントが相互作用を行う場として外部ネットワークを構築する。エージェントが経験したイベントを家族や友人に伝えることを相互作用とした。このイベントとは、「テレビでがん保険に入るメリットを説明していた」という公共性の高い情報だけでなく、「親戚が介護保険に入った」などの公共性の低い情報も伝えることを想定している。

消費者エージェントは「年齢」「ライフステージ」「ライフイベント閾値」「きっかけ」「加入保険」の5つの変数を有する。エージェントは「年齢」の増加に伴って「ライフステージ」が更新されていく。「ライフイベント閾値」は就職・結婚・子の誕生・子の進学・家の購入・子の独立・退職の7種類のイベントが発生する年齢を表す。アンケートによって得られた分布にしたがって、消費者毎に異なる年齢で各イベントを発生させる。

また、消費者の加入要因のうち、ライフステージ以外の「ロコミ」「健康不安」「マスメディア」「既保険の満期」を経験したかどうかを履歴として保持するのが「きっかけ」である。医療保険市場には医療保険・がん保険・特定疾病保障保険・介護保険といった主契約としての保険とそのいずれかを特約として持つ生命保険の計8種類の商品が存在する。「加入保険」はこれらの保険商品への加入状態を示す。

消費者は「年齢更新」「イベントの発生」「加入検討」を毎ステップくり返すことで加入保険の状態を変化させる。消費者が「年齢更新」することで、ライフイベントの閾値に達した場合、ライフステージが更新される。「イベントの発生」では4種類のイベントが発生することで、エージェントの状態が更新されていく。年齢に依存した確率で「健康不安」を感じることもある。「ロコミ」は前ステップで加入を検討した消費者が一定の確率で隣人に検討を勧めることを指す。「営業員の訪問」はロコミの一種であり、「マスメディア」と同様に市場でランダムに発生する。これらは企業が消費者にアプローチする戦略を表現している。「既保険の満期」は保険加入後一定の期間が経つと発生する。「加入検討」では、消費者が持つ状態を基に、各種保険に加入する確率を算出する。本方法論で取得したいパラメータはこの加入確率であり、この値に基づいて各種保険への加入状態が変化していく。図1はこれらの流れを示した概念図である。

4-2. 行動モデルのパラメータ取得（改良前）

従来研究などの知見からBN構造についての仮説を立て、図2のようなBN構造を考えた。

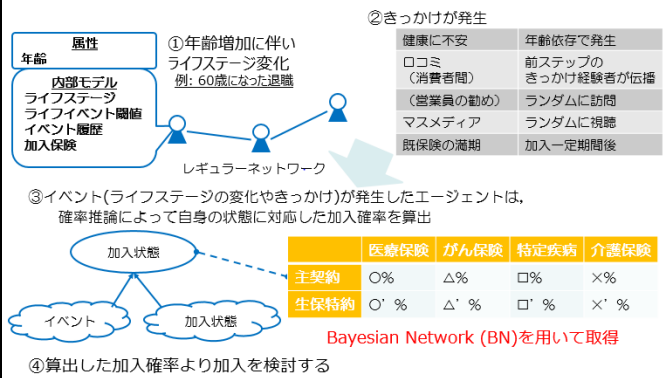


図1. モデル概要

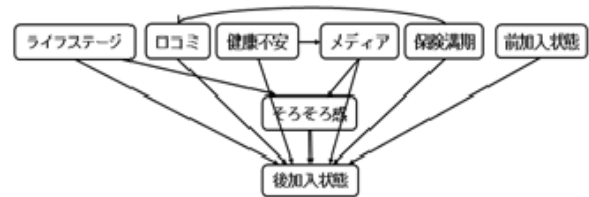


図2. 最初の仮説 BN 構造

仮説BNを用いて確率推論を実施してパラメータを取得した。確率推論とは、説明変数とするノードの値が観測された時に、目的変数のノードが各状態を取りうる確率を算出することである。この条件付き確率を行動モデルのパラメータとして用いることで、エージェントの行動原因となる状態が観測された時にそれぞれの行動がどのような確率で実施されるのかがわかる。

4-3. 行動モデルのパラメータ取得（改良後）

最初のパラメータ取得方法については、大きく2つの課題があると考えられた。1つは提案手法の煩雑さに関する問題である。ノード群に属するノード同士はAIC、他のノード間のすべての組合せについてはカイ二乗検定、ノード群に属さないノード同士の部分構造については対数線形モデルが用いられており、BN構築のために3つの手法が用いられていた。そのためBN構築手法が煩雑となるという課題があった。2つ目は、アンケートの論理的整合性についての問題である。保険加入の動機では、そろそろ自分も医療保険に入る必要があるかもしれないと感じる「そろそろ感」が重要であるということが示唆されていた。しかし、アンケートで直接「そろそろ感」を聞くことはせず、「他人への義理で加入していない、かつ、複数の保険商品を比較した」人を「そろそろ感あり」と定義した。このように間接的に定義した結果、アンケートの回答に矛盾を含むものが多くなってしまい、論理的整合性が必ずしも妥当でない部分があった。これらを踏まえてアンケートの改良を行い、第2回目の調査を行った。

そして、得られたアンケートデータに基づ

き、行動モデルの検証を行った。エージェントの行動モデル（グラフィカルモデル）上に存在するノードは、アンケート項目に由来し、行動の要因を表す。各ノードの状態数は2つにそろえた。行動モデルを検証した結果、エージェントの行動を修正しなければならない部分が判明した。ライフステージの1つである「就職」要因が、他の要因と連関を持つことを示すことができなかつたので、加入要因から除いた。修正したエージェントの行動モデルを図3に示す。

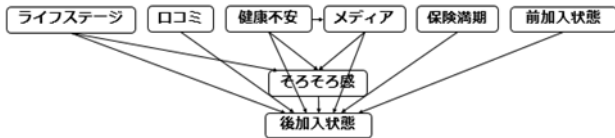


図3. 完成した Bayesian Network

4-4. シミュレーション実験結果

4-4-1. 手法の妥当性検証

保険商品に加入することは高額な買い物をすることを意味し、頻繁に行うとは考えづらい。そこで、シミュレーションでは加入検討を行う一連のステップを半年ごとに行うこととし、それを5年間分繰り返すとした。

シミュレーションでは、エージェント数は100と設定した。実験における1ステップは現実における6ヶ月に対応する。シミュレーション1試行には、現実における5年に対応する10ステップ必要とする。提案手法によるBN構造と、AICのみを用いて構造を決めたBN構造（コントロールもしくは従来手法と呼ぶ）とでそれぞれ100試行ずつ実験を行った。その結果を図4に示す。図4は各保険の加入率を100試行分プロットしたものである。各保険において、左側にプロットされているものが提案手法による結果であり、右側にプロットされているものがコントロールによる結果である。点線は100試行の平均値を意味し、実線はアンケートの実データの値を指す。アンケート結果と同様な傾向を生成できているか、提案手法と従来手法で比較した。図4から、4種類の保険で、両手法ともアンケートと同様な傾向を生成したことがわかる。従って、提案手法と従来手法は、ともに妥当であったと考えられる。

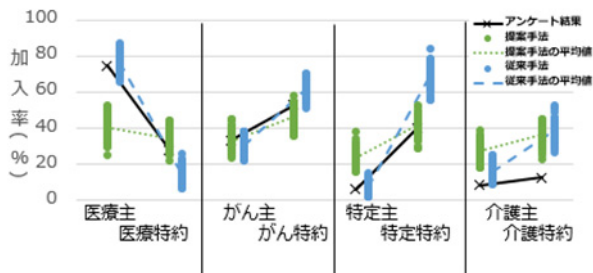


図4. 提案手法とコントロールの結果比較

4-4-2. 市場の特性分析

以下に示す(1)～(3)の各要因が各保険の加入に与える影響を調べるために、シナリオ分析を行った。シナリオとは、分析対象システムの、1つの状況と1つの戦略(政策)の組合せを指す。シナリオ分析では、意思決定者が検討したい状況シナリオおよび戦略シナリオをそれぞれ複数個用意する。各シナリオの組合せごとに、数十回以上試行を行い、社会の変化の可能性を検討する。そして、その可能性が現れるメカニズムを解釈する。シナリオ分析は、不確実性の存在する状況における意思決定を支援するための情報を提供する手法である。

(1) 消費者間のロコミが及ぼす影響

まず、消費者間のロコミの影響について調べるため、消費者間のロコミがある場合とない場合で起こる結果を比較した。状況シナリオは6種類のライフステージとし、戦略シナリオは消費者間のロコミがある場合とない場合の2種類を設定した。よって、合計12シナリオでシミュレーション実験を行った。

それぞれのシナリオについて、100試行ずつシミュレーションを実施した。各保険の加入率の比較を図5に示す。図5は各シナリオ100試行の消費者の保険加入率の平均値を表している。全般的に、消費者間ロコミがある場合には、消費者間のロコミのない場合に比べて、保険の加入率が高くなっていることがわかる。また、加入率の増加量は、ライフステージ、保険の種類によって異なることがわかる。消費者間のロコミがある場合とない場合について、1対の標本による平均値の検定を行うと、ライフステージや保険の種類によらず、5%の水準で有意な結果となり、消費者間のロコミは、保険の加入に影響を及ぼすことがわかった。

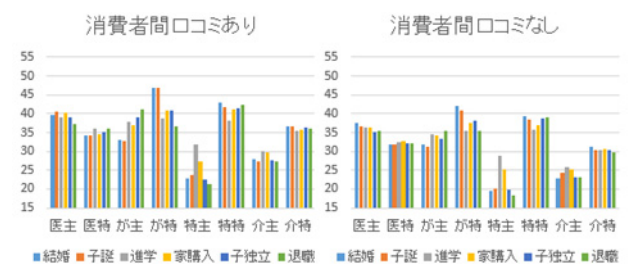


図5. ロコミの有無による各保険の加入率

(2) 消費者ネットワーク構造の影響

次に、消費者ネットワーク構造を比較することで、消費者間のロコミによる影響を分析した。いわゆる“複雑ネットワーク”の構造には、性質の違いからいくつか代表的なものが存在するが、本研究では、Connecting Nearest Neighbor (CNN)モデルと Regular Network (RN)モデルを用いて比較を行った。CNNモデルは、「友達の友達は友達」の関係に従ったネットワークモデルで、このモデルは、スケールフリー性、クラスタ性、スモールワールド

ド性を満たす。アンケートデータからべき指数を算出したところ、1.6であったので、アンケート結果と同程度のべき指数を持ち、次数分布もある程度一致する CNN モデルを構築し、実験に用いた。一方、RN モデルは、ノード同士が規則正しくつながれているという特徴を持つ。アンケートデータと同じ平均次数となるレギュラーネットワークを構築し、これを実験に用いた。

これらの外部ネットワークモデルを用いて、同じ状況シナリオで各 100 試行ずつ行い、各シナリオにおける保険の加入率を算出した。

図 6 は各シナリオ 100 試行の消費者の保険加入率の平均値を、CNN モデル、RG モデルそれぞれの場合で求めたものを表す。また、図 7 は各試行のロコミ数について、CNN モデルと RG モデルの場合で比較したものを示す。図 7 より、CNN モデルはバラツキが大きいものの、RG モデルよりもロコミ数が多いことがわかる。図 6 からわかるように、加入率の有意な差が見られなかった保険も多く存在したが、加入率の有意な差が見られた保険もあった。例えば、「子独立」のライフステージでの、「がん保険主契約」、「特定疾病保険主契約」、「介護保険特約」がそうであった。以上より、ライフステージや保険の種類によっては、ロコミが活発に行なわれると、保険加入に効果があるものが存在する。

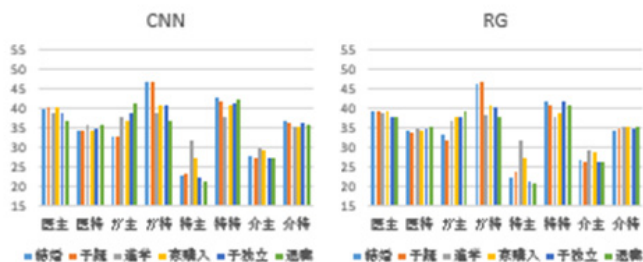


図 6. ネットワーク構造による各保険の加入率

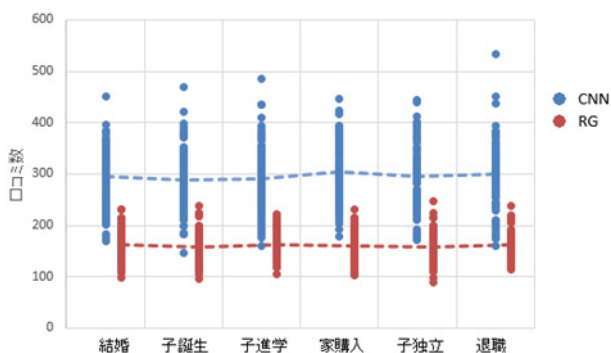


図 7. 各試行におけるロコミ数の比較

(3) 販売対象の違いが及ぼす影響

続いて、既に保険に加入している人（既加入者）に販売活動を行なう場合と、保険に未加入である人（未加入者）に販売活動を行な

う場合の効果を比較した。状況シナリオとして 6 種類のライフステージを設定し、戦略シナリオとして、既加入者と未加入者のそれぞれの場合の 2 種類を設定した（計 12 シナリオ）。図 8 は各シナリオ（各々 100 試行）における保険加入率の平均値について、販売活動の対象者が既加入者の場合から未加入者の場合を差し引いた結果を示している。

図 8 から、保険の種類により、既加入者に販売活動を行った方が加入率が増加するものと、そうでないものが存在することがわかる。例えば、「医療保険主契約」や「がん保険特約」は、未加入者に販売活動を行なった方が加入率が高くなるが、それ以外の保険は既加入者へ販売活動を行う方が加入率増加につながっていた。

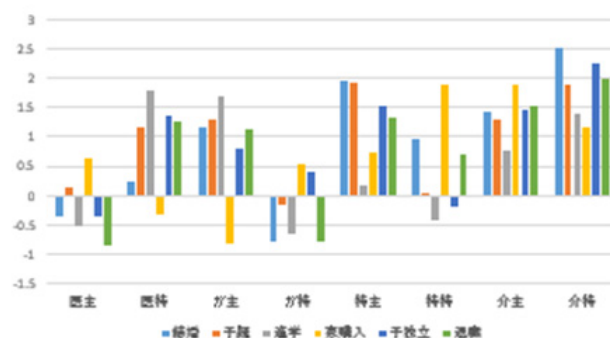


図 8. 保険加入率の差（既加入者－未加入者）

以上のように、本研究では、BN を用いてエージェントの行動モデルの構造を推定し、そこから求めたパラメータ値をシミュレーションで用いる方法論を提案し、その効果を実証した。これにより、従来は出来なかった複雑なモデルを構築できることを示した。

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 4 件）

- ① Yoko Ishino: Knowledge Extraction from Web-Based Consumer Surveys: Bayesian Networks with Feature Selection, International Journal of Web Engineering and Technology, (in-print) 査読有
- ② Ren Suzuki, Yoko Ishino, Shingo Takahashi, Characterization of Consumers' Behavior in Medical Insurance Market with Agent Parameters' Estimation Process Using Bayesian Network, Post-proceedings of AI-BIZ (in-print) 査読有
- ③ Hideyuki Aoki, Yoko Ishino: Essence of Growing Health Food Markets in Asian Countries, Journal on Innovation and Sustainability, ISSN 2179-3565, Vol. 8, No.3, pp. 108-117, 2017. 査読有
- ④ Osamu Matsumoto, Masashi Miyazaki,

Yoko Ishino, Shingo Takahashi, Method for Getting Parameters of Agent-Based Modeling Using Bayesian Network: A Case of Medical Insurance Market, in U. S. Putro, M. Ichikawa, M. Siallagan (eds.): Agent-Based Approaches in Economics and Social Complex Systems IX, Springer, pp. 45-57, 2017, ISBN: 978-981-10-3661-3, DOI: 10.1007/978-981-10-3662-0 査読有

[学会発表] (計 11 件)

- ① Ren Suzuki, Yoko Ishino, Shingo Takahashi, Characteristic Analysis of Medical Insurance Market Using Model Parameter Estimation based on Bayesian Network, AI-BIZ2017, Nov. 14, 2017, Tokyo, Japan. 査読有
- ② Yoko Ishino, Ken Kaminishi, Effects of Doctor Networking on Diffusion of New Cancer Therapy, Proc. of Portland International Conference on Management of Engineering and Technology 2017 (PICMET'17), Jul. 9-13, 2017, Portland, USA. (ISBN: 978-1-890843-36-6) 査読有
- ③ 鈴木廉, 石野洋子, 高橋真吾: 医療保険市場の消費者行動モデルと市場の特性分析ーベイジアンネットワークによるモデルパラメータの推定ー, 第14回社会システム部会研究会 (SocSys014), 計測自動制御学会 システム・情報部門 社会システム部会研究会, 2017年8月31日~9月1日, 新宿区, 東京. (NTT データ数理システム, 東京都新宿区信濃町) 査読有
- ④ 鈴木廉, 石野洋子, 高橋真吾: 医療保険市場の特性分析ーベイジアンネットワークを用いた消費者行動モデルの構築とモデルパラメータの推定ー, 第7回人工知能学会: ビジネス・インフォマティクス研究会 (7th SIG-BI), 2017年9月9日, 甲府市, 山梨県. (山梨大学甲府キャンパス, 山梨県甲府市武田) 査読有
- ⑤ 鈴木廉, 高橋真吾, 石野洋子: 医療保険市場の消費者行動モデルと市場の特性分析ーベイジアンネットワークによるモデルパラメータの推定ー, 計測自動制御学会(SICE)システム・情報部門学術講演会 2016(SSI2016), pp.202-206, 2016年12月6日~8日, 大津市, 滋賀県. (ウカルちゃんアリーナ (滋賀県立体育館) 滋賀県大津市におの浜 4-2-12) 査読有
- ⑥ 石野洋子: がん新規治療法の市場戦略の研究, 2016年度人工知能学会全国大会, 2M5-OS-10b-1, 2pages, 2016年6月6~9日, 北九州国際会議場 (福岡県北九州市小倉北区浅野). 査読有
- ⑦ Osamu Matsumoto, Masashi Miyazaki, Yoko Ishino, Shingo Takahashi: Method for Getting Parameters of Agent-based Model using Bayesian Network: A Case of Medical

Insurance Market, Proc. of the 9th International Workshop on Agent-based Approach in Economic and Social Complex Systems (AESCS 2015), pp.145-157, Sep. 9-11, 2015, Bali, Indonesia. 査読有

- ⑧ 石野洋子: がん新規治療法普及のシミュレーション研究に向けて, 第10回社会システム部会研究会(Socsys010), 計測自動制御学会 システム・情報部門 社会システム部会研究会, 4 pages, 2016年3月16日~18日, 大濱信泉記念館 (沖縄県石垣市) 査読有
- ⑨ 石野洋子: がん専門医の新規治療法採用行動の研究, 第22回社会情報システム学シンポジウム, ISSN: 1882-9473, 6 pages, 2016年1月21日, 電気通信大学 (東京都調布市調布ヶ丘). 査読有
- ⑩ Yoko Ishino: Consumer Attitude toward Home Electronics and Information Technology Relating to Healthcare Innovation, Proc. of the 11th International Conference on Innovation and Management (ICIM 2014), Nov. 17-19, 2014, Vaasa, Finland. 査読有
- ⑪ 松本修, 宮崎真志, 高橋真吾, 石野洋子: Bayesian Network を用いたエージェント行動モデルのパラメータ取得手法の提案~民間医療保険市場における消費者行動の分析を事例として, 人工知能学会, 第2回ビジネス・インフォマティクス研究会(SIG-BI), 2015年3月16日, ホテルアトメールエメラルド宮古島 (沖縄県宮古島市平良字下里). 査読有

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等: なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石野 洋子 (ISHINO, Yoko)
山口大学・大学院技術経営研究科・教授
研究者番号: 9 0 3 7 3 2 6 6

(2) 研究分担者

高橋 真吾 (TAKAHASHI, Shingo)
早稲田大学・理工学術院・教授
研究者番号: 2 0 2 1 6 7 2 4