

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

Analysis of Medical Insurance Market

-Agent Based Modeling using Bayesian Network-

鈴木 廉¹ 石野 洋子² 高橋 真吾¹

Ren Suzuki¹, Yoko Ishino², and Shingo Takahashi¹

¹ 早稲田大学

¹University of Waseda

² 山口大学

² University of Yamaguchi

Abstract: 民間医療保険市場は、近年の消費者の選好や消費者を取り巻く環境の変化が大きく、具体的なマーケティング戦略が立てにくくなっている。本研究では、民間医療保険市場における医療保険加入行動に関する Agent-Based Model の構築し、マーケティング戦略の立案に有効な知見を分析する。一般に保険加入行動モデルにおける情報伝播や購買行動を決定する確率パラメータは通常のマーケティング調査では設定が困難である。本研究では行動モデル内の確率パラメータ等について、アンケートデータに基づく Bayesian Network を用いる方法論を開発し、これを適用した。

1 はじめに

1996年、保険会社の規制緩和を目的とする新保険業法が施行された。保険業界の自由化の進展によって、開発される保険商品だけでなく、保険の販売チャネルも多様化している。近年、経済成長の鈍化や少子高齢化により、日本の消費者は、死に対する高価な生命保険ではなく、医療、年金、看護を強化する生存保障に高い価値を置くようになった。このように民間医療保険市場は、近年の消費者の選好や消費者を取り巻く環境の変化が大きく、具体的なマーケティング戦略が立てにくくなっている。本研究ではマーケティング戦略の立案に有効な知見を得るために、行動や環境の多様性に対応した Agent-Based Model を構築し、分析を行う。

一般に消費者行動のモデル化ではモデルの構成要素の特定と行動に関わるパラメータの同定が鍵となる。本研究の対象である保険市場においてはとくに消費者は多様な属性や行動特性を持ち、保険商品が本質的にそのような消費者の多様性に関連した商品特性をもっていることから、保険商品購入に影響を与える要素を分析目的に合わせて適切にモデル要素として抽出することが必要である。さらに、行動モデルでは消費者の商品選択や、情報伝播の構造が含

まれるが、エージェントモデルではエージェントに行動に関するパラメータ設定が一般にむづかしい。従来行われている実証的な知見やアンケートのみでは決定できないパラメータもあり、それらの設定では実証的研究などによって実証的に受け入れられている事実や分析したい問題状況を再現できるように設定するキャリブレーションなどの手法は経験に頼る部分が多く、パラメータの種類が多い今回のケースではその同定は難しくなる。

これらの問題を解決するために、本研究ではアンケートデータに基づくベイジアンネットワークを用いた ABSS におけるエージェントの行動をモデル化する方法を提案する。提案する方法は松本ら[1]の方法をさらに改良したもので、本研究では民間医療保険市場の特性が分析できるような消費者行動モデルを構築し、市場における新たな知見を獲得することを目的とする。我々はこれまでも民間医療保険市場を対象とした分析を行ってきた。石野[2]は、アンケートデータに基づく Bayesian Network を構築し、医療関連の保険商品について価値構造を分析した。その結果、医療保険の購買に最も影響の大きい要因は、商品属性でなく、対人での口コミであるということを示した。宮崎ら[3]は、石野が示唆した保険加入における口コミの重要性に着目し、消費者ネット

ワーク構造や営業員配置の違いによるロコミの効果
を分析した。その結果、営業員窓口のような営業員
が多くの消費者に接触できる場合に、ロコミが保険
加入に有効であることを示した。松本ら[1]は、医療
保険の販売において重要になる営業員の活動とマス
メディアによる広告の2つに着目して分析を行なっ
た。その結果、保険によって上記の2つの要因の効
果は異なるということやライフステージが保険加入
に影響を与えることを示した。宮崎らの分析[3]では、
宮崎らの構築したモデルは、情報伝播モデルであり、
ロコミという消費者の行動はモデル化されていない。
また、加入する保険は1つであり、医療保険、がん
保険などの具体的な保険についての加入の影響が分
析できていない。そのため、本研究では、ロコミを
消費者の行動としてモデル化し、消費者間のロコミ
が各保険の加入に与える影響について分析する。そ
して、マスメディア、営業員活動、消費者間のロコ
ミなどの複数の購買要因を考慮したマーケティング
戦略について分析する。

2 提案するエージェントベースモデ リング手法

本研究で提案する消費者行動モデルの構築とモデ
ルパラメータの取得の方法の手順を以下に示す。

(1) 対象領域の調査

対象とする社会システムを選定し、システムを構
成するエージェントを大まかに設計する。

(2) 仮説の立案

対象とするシステムについて、既存のデータや専
門家の知見を用いて、エージェントに関連するすべ
での要因を明らかにする。次に、エージェントの行
動モデルの仮説を作成する。その際、行動は要因の
因果関係として表現される。行動の原因となる要因
間に関係が考えられる場合には、その関係について
も因果関係として仮説に反映させる。エージェント
の行動モデルに関する仮説は、要因のネットワーク
構造として表すことができる。

(3) Agent-Based Model の設計

対象とする ABSS の構造を設計する。エージェン
トの行動モデルに関する作成された仮説に基づいて、
具体的なパラメータ変数を用いてエージェントの行
動を詳細に設計し、システム世界(社会)を設計す
る。この段階では、変数値の分布と変数間の正確な
相互作用は不明だが、エージェントの行動に関連す

る変数を決定することは非常に重要である。この段
階では、アンケートの回答者に質問すべき質問項目
を抽出する。

(4) アンケート調査

抽出された要因に関する人々の行動を理解するた
めにアンケート調査を設計し、実施する。アンケー
トの設問は、論理的整合性を満たしているかどうか
注意しながら設計する必要がある。対象者は、年齢
や性別などの調査対象条件に合致するように抽出さ
れる。

(5) 行動モデルの検証と更新

まず、得られた調査データから仮説の妥当性を検
証する。(2)で作成した行動モデルのネットワーク構
造の妥当性を、情報基準および/またはカイ二乗値を
用いて評価する。行動モデルのネットワーク構造に
不十分な部分がある場合は、それらを修正する。

次に、修正した行動モデルのネットワーク構造よ
り行動モデルを更新する。具体的には、仮説で想定
していたが、妥当性が認められなかった要因間の関
係についてはエージェントの行動としてモデル化し
ない。一方で、仮説では想定されなかったが、検証
により新たに認められた要因間の関係については、
エージェントの行動としてモデル化する。

(6) モデルパラメータの取得

BN の手法より、(5)で最終的に構造が決定された
エージェントの行動モデルに調査データを適用して
各因子の条件付き確率表(CPT)を計算する。次に、確
率推論を実行してパラメータの値を取得する。

3 民間医療保険市場における Agent- Based model

3.1 エージェントに関する仮説の立案

消費者の医療保険商品の購入意思決定の分析より、
重要な要素が2つあるということがわかっている。
1つは現在の加入状態であり、もう1つは、そろそ
ろ自分も保険に加入しなければならないと感じる
「そろそろ感」である[4]。さらに、過去の研究では、
医療保険の購入を求める動機は5つ存在することが
示された。それらの動機はライフステージの変化、
口頭でのコミュニケーション、健康への不安、広告、
および保険更新である[5]。松本ら[1]の分析では、行
動モデルのネットワーク構造において、妥当性が認め
られた要因間の関係やそうでない関係が存在した。

以上のことから、図 1 に示すように、医療保険の購入行動に関する仮説を作成した。エージェントは、ライフステージの変化、口頭でのコミュニケーション、広告などが含まれるいくつかのイベントによって、医療保険の購入または解約を検討する。



図 1: エージェントの行動モデルの仮説

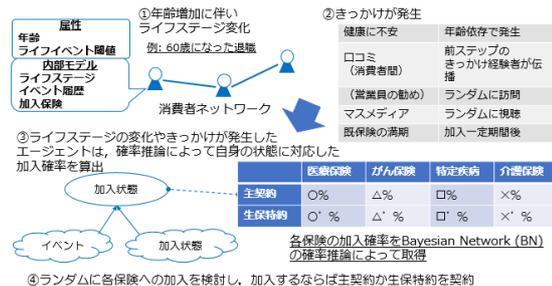
3.2 エージェントに関する仮説の立案

図 2 に構築した Agent-Based Model の概念図を示す。図 2 に示すように、エージェントは、属性として、年齢、ライフイベント閾値、内部モデルとして、ライフステージ、イベント、加入状態というあわせて 5 つのパラメータ変数を有する。年齢の変数は、シミュレーションステップに従って増加するエージェントの年齢を表す。エージェントの年齢が一定の閾値に達すると、ライフイベントが発生し、エージェントのライフステージが変更される。就職、結婚、子誕生、子進学、家購入、子独立、退職の 7 種類のライフイベントが想定されている。これらの 7 種類のライフイベントがこの順序で起こると仮定されているため、8 つのライフステージが存在することになる。ライフイベント閾値の変数は、エージェントの年齢の閾値を示し、ライフイベントは、エージェントの年齢が閾値を超えたときに発生する。各エージェントは、シミュレーションを開始する前に、ライフイベント閾値の変数の任意の値を持っている。イベント変数は、上記のライフイベント以外の単発的に起こるイベントを示し、医療保険商品の購入につながる。イベント変数は、具体的には、口コミや健康に関する不安、マスメディア広告への接触、保険更新の 4 種類のイベントの状態の配列で構成されている。最後に、保険の変数は、次のような 8 種類の医療保険の購入状況を示す。医療保険は、保険の主契約と特約には購入行動の理由に違いがあること [4] から、医療保険（一般医療保険、がん保険、特定疾病保険、介護保険）の 4 種類に対して、それぞれ契約の 2 つの形態（主契約と特別付属品契約）で区別した計 8 種類の保険を想定している。

消費者同士が相互作用を行う場として、消費者ネットワークを構築する。そのネットワーク上で、エージェントが経験したことを友人に知らせるイベントがエッジを通して発生する。そのイベントは、あ

る消費者が保険に加入後、友人に一定の確率で実施するようにモデル化される。ネットワーク構造は、アンケートデータに基づいて推定される。

各シミュレーションステップにおいて、エージェントは、エージェントのライフステージと他のイベントの経験に応じて購入確率が変化するため、BN 手法の確率推論を用いて、各保険商品の購入確率を計算する。次に、計算された購入確率に応じて、エージェントが購入決定を行う。



④ランダムに各保険への加入を検討し、加入するならば主契約か生保特約を契約

図 2: モデルの概要

3.3 アンケート調査

仮説から導かれたエージェントの行動モデルに基づいて、アンケート調査を設計した。本研究では、松本ら [1] の分析によって 1) 予期せぬ要因間の連関が生じたこと、2) アンケートの論理的整合性が必ずしも妥当でない部分があったことを踏まえて、アンケートを設計した。回答者の数は、以下の式によって決定された。

$$n = \frac{N}{\left(\frac{CI}{2k}\right)^2 \times \frac{N-1}{p(1-p)} + 1}$$

N: 母集団 (平成 27 年 3 月 1 日現在の日本国民 20 歳以上男女 103,357,000 人), CI: 信頼区間 0.1 (許容誤差の 2 倍), p: 母集団比率 (0.5 の時サンプル数最大), k: 信頼度係数 (信頼度 99% の時 2.58) である。結果、n=666 となった。少し多めにサンプル数は 800 とした。

また、医療保険市場の対象者を抽出するためにスクリーニングを行った。母集団の中から年齢比・男女比・各保険加入率の条件を満たすように対象者を抽出する。年齢比、男女比については、総務省統計局「人口推定」(平成 27 年 3 月確定値、日本人人口) のデータを参照した。各保険加入率については、生命保険文化センターによる「平成 27 年度生命保険に関する全国実態調査」の世帯加入率を参照した。アンケート調査はインターネットを通して実施され、期間は 2015 年 12 月 4 日から 2015 年 12 月 10

日である。

3.4 行動モデルの検証と更新

3.4.1 エージェントの行動モデル

アンケートデータに基づき、行動モデルの検証を行う。エージェントの行動に関するグラフィカルモデル上に存在するノードは、行動の要因を表し、アンケートの項目の1つである。各ノードの状態数は2つにそろえる。例えば、パラメータ変数の1つである健康不安はあるノードによって表現される。そのノードの状態の値が1ならば、エージェントが健康不安を経験していることを示し、状態の値が0ならばエージェントは健康不安を経験していないことを示す。要因によっては、状態数が3を超える場合もある。その場合には、要因に複数のノードを用意し、すべてのノードの状態数が2になるようにする。それらのノードをまとめたものをノード群と呼ぶことにする。例えば、ライフステージは、就職、結婚、子の誕生などの8つのノードを有するノード群である。行動モデルの検証の手順を以下に示す。

- ① ノード群(ライフステージ群, 前加入状態群, 後加入状態群)に属するノード同士はノード間の因果関係の仮説がないため、それぞれ AIC で構造を決める。
- ② 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により、一対比較を行い、10%有意である連関について、そのノード間をつなぐ。ノードの向きは、因果関係を示し、仮説に基づき決定される。
- ③ ノード群に属さないノード同士の部分構造(そろそろ感, メディア, 健康不安, 保険満期, 口コミ)について対数線形モデルを用いて分析を行う。この方法では、2つの要因の連関だけでなく、複数の要因の相互作用も分析することができる。この際、仮説では想定していない、新たに妥当性が認められる要因間の関係もあるが、それらの因果関係は、アンケート結果や仮説に基づいて決定される。

行動モデルの検証の結果、エージェントの行動を修正しなければならない部分が存在する。ライフステージの1つである「就職」という要因は、他の要因と連関を持つということが示すことができなかった。よって、加入要因ではないと考えられるため、エージェントが取りうるライフステージとしてモデル化しないこととする。以上のことから、修正されたエージェントの行動モデルを図3に示す。

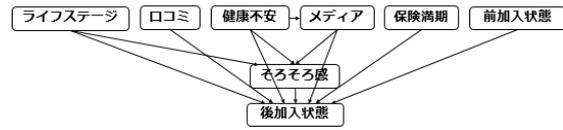


図3：修正されたエージェントの行動モデル

3.4.2 消費者ネットワーク

社会科学的ネットワーク分析では、数理モデルと比較すると、次数分布の領域によって、傾きの値が異なるなどデータに外れ値や欠損値が存在する場合もある。そのような場合には、相関が認められることをもとに、べき乗則に大まかに当てはまることを確認し、スケールフリー性を分析している[6]。本研究においても、アンケート結果から次数分布を作成し、大まかなべき乗則の当てはまりのみを確認し、スケールフリー性を分析する。その上で、アンケート結果から得られるべき乗則を再現するような消費者ネットワーク構造を推定する。アンケートデータでは、次数0という回答が存在したが、消費者間の口コミの影響を分析するために、連結ネットワークを構築する。そのため、アンケートデータについて次数0を除いたものについて次数分布を作成し、アンケートデータの再現を試みる。次数分布からべき指数 γ を算出すると、1.4であった。一般的に、スケールフリー性を示すべき指数 γ の値は、2から3程度と言われている[7]が、アンケート結果から得られるべき指数は2や3よりも小さい結果となった。CNNモデル[8]は小さいべき指数も算出可能であるため、CNNモデルで同じべき指数を再現できるようにする。図4にアンケート結果とCNNモデルの次数に関する両対数グラフの比較を示す。CNNモデルの接続確率は0.15である。アンケート結果と比較して、べき指数が同程度であり、次数分布もある程度一致するCNNモデルを構築することができた。本研究では、消費者ネットワーク構造として、CNNモデルを採用する。

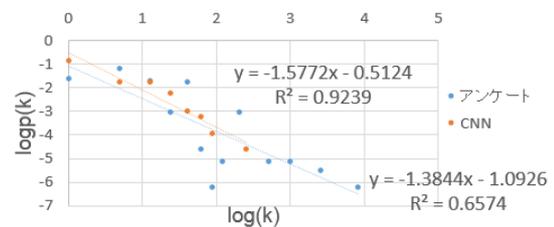


図4：次数に関する両対数グラフの比較

3.5 パラメータ取得

構築した行動モデルに必要なパラメータは「ある瞬間のエージェントの状態に対応する各保険の加入確率」である。エージェントが持つ変数のすべての状態を考慮すると、6種類のライフステージと8種類の加入状態を含めて、 2^{18} 種類の組合せが存在する。得られたBN構造を用いて確率推論を実施してパラメータを取得する。説明変数であるライフステージ、きっかけと前加入状態の計18ノードを観測済みと仮定することで、目的変数である後加入状態の計8ノードの条件付き確率がどのように変化するかを求めた。

4 シミュレーション実験

4.1 手法の妥当性検証

本研究では、従来の実証的な知見やアンケート調査とは異なる手法を用いて行動モデルを構築し、そのパラメータ取得を行なっている。そのため、提案手法で得られるパラメータが妥当であるかを検証する必要がある。しかし、その手法で得られるパラメータは多く存在し、直接パラメータを検証することが難しい。そこで、従来のように、仮説がなく、単にAICに基づいてアンケートデータから得られるモデルを構築し、シミュレーション実験を通して、提案手法で構築したモデルと比較する。

シミュレーションでは、エージェント数は100と設定される。実験における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。提案手法と従来手法でそれぞれ100試行ずつ実験を行った。その結果を図5に示す。図5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従来手法による結果である。点線は、100試行の平均値、実線は、アンケート結果である。100試行の中でアンケート結果を生成できているか提案方法と従来手法で比較する。図5よりどちらの手法でも4種類の保険でアンケート結果を生成できていることがわかる。よって、提案手法と従来手法に差はなく、提案手法は妥当であると考えられる。

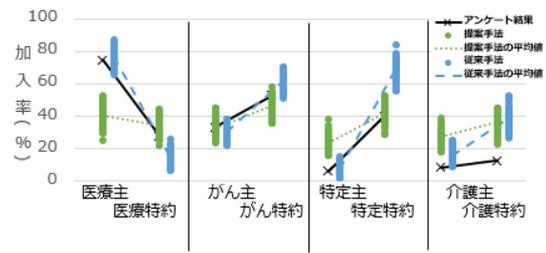


図5：提案手法と従来手法(AIC)の結果の比較

4.2 市場の特性分析

4.2.1 消費者間のロコミが保険加入に及ぼす影響

消費者間のロコミが各保険の加入に与える影響について調べるために、シナリオ分析を行う。この分析手法は、不確実性のある状況における意思決定を支援するための情報を提供してくれる。シナリオには、状況シナリオと戦略シナリオの2つが存在し、それらを組み合わせて、実験が行われる。まず、消費者間のロコミの影響について、消費者間のロコミがある場合とない場合を比較することで分析を行なう。状況シナリオは6種類のライフステージ、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が行われることとなる。

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6に示す。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表している。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、保険によって異なっているということがわかった。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%有意であり、消費者間のロコミは、保険の加入に影響を及ぼすということがわかった。

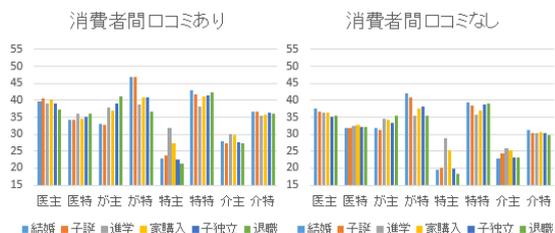


図6：各保険の加入率の比較

次に、消費者ネットワーク構造を比較することで、消費者間の口コミによる影響を分析する。消費者ネットワークとして、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(RG)を有するモデルを構築する。このモデルを用いて、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、図 6 の消費者間口コミがある場合と比較する。図 7 は各シナリオ 100 試行の消費者の保険加入率の平均値について CNN モデルの場合と RG の場合を比較した比較したものを表し、図 8 は各試行の口コミ数について、CNN モデルの場合と RG の場合を比較したものを示す。図 7 より、CNN モデルでは、口コミ数はばらつきがあるものの、RG よりも多いことがわかる。しかし、図 8 に示すように、多くの保険において、加入率の有意な差は見られなかった。加入率の有意な差が見られた保険は、例えば、子独立のライフステージでは、がん保険主契約、特定疾病保険主契約、介護保険特約である。つまり、ライフステージや保険によっては、口コミが活発に行なわれると、保険加入に効果がある場合が存在すると考えられる。

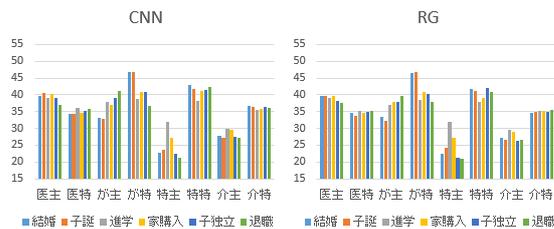


図 7：各保険の加入率の比較

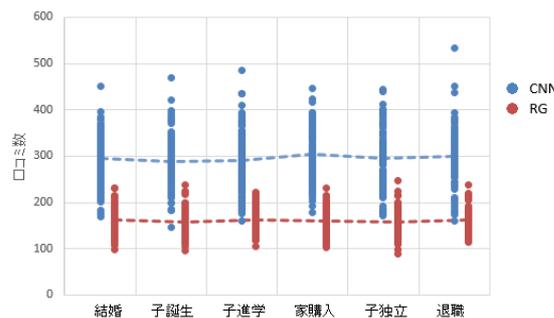


図 8：各試行における口コミ数の比較

4.2.2 販売対象の違いが保険加入に及ぼす影響

販売対象の違いが保険加入に及ぼす影響について調べるために、既に保険に加入している人に販売活動を行なう場合と保険に未加入である人に販売活動を行なう場合を比較する。状況シナリオとして、6 種

類のライフステージ、戦略シナリオとして、既に保険に加入している人に販売活動を行なう場合と保険に未加入である人に販売活動を行なう場合の 2 種類を設定し、計 12 シナリオでシミュレーション実験を行った。図 9 は各シナリオ 100 試行の消費者の保険加入率の平均値について、保険加入者と保険未加入者の差を示している。図 9 より、既に保険加入している人に販売活動を行った方が、全体の加入率が増加する保険とそうでない保険が存在することがわかる。すなわち医療保険主契約やがん保険特約は、保険未加入者に販売活動を行なったほうが、加入率が高くなるがそれ以外は既加入者への販売活動が加入率増加につながっている。

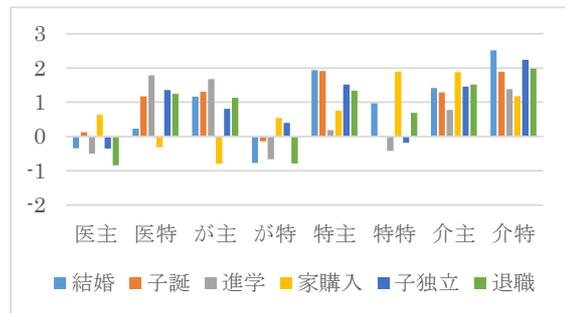


図 9：各保険の加入率の差(保険加入者－保険未加入者)

5. 結論

本研究では、アンケートデータに基づくベイジアンネットワークを用いた ABSS におけるエージェントの行動をモデル化する方法を以前よりもさらに改良した形で提案した。そして、提案手法を適用することで、民間医療保険市場の特性が分析できるような消費者行動モデルを構築し、そのモデルパラメータを取得することができた。行動モデルを用いてシミュレーション実験を行った結果、消費者間の口コミの有無の違いは保険加入に大きく影響し、影響の度合いはライフステージ、保険によって異なるということや活発な口コミが加入に影響を及ぼす保険も存在するということがわかった。また、保険の加入状態は、保険加入に大きく影響するということがわかった。よって、マーケティング戦略を立てる場合には、消費者間の口コミなどの要因の効果やどのようなライフステージや保険の加入状態の消費者に保険を販売していくかという販売対象についても着目する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] Matsumoto,O., Miyazaki, M., Ishino Y., and Takahashi,S.: Method for Getting Parameters of Agent-Based Modeling Using Bayesian Network: A Case of Medical Insurance Market., Agent-Based Approaches in Economics and Social Complex Systems IX. Springer, Singapore, pp. 45-57, (2017)
- [2] Yoko Ishino: Analysis and Modeling of Customer - Perceived Value of Medical Insurance Products, Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems VII, Agent-Based Social Systems Vol.10, pp.115-127, (2013)
- [3] Miyazaki, M., Ishino, Y., Takahashi, S.: Effects of Word-of- Mouth Communication on Product Diffusion: A Case of Medical Insurance Product, In Post-Proceedings of The AESCS International Workshop 2013, Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems VIII, Springer (in press)
- [4] 石野洋子: 消費者調査データに基づいたエージェントの内部モデルの検討, 第 5 回社会システム部会研究会, 197/200 (2014)
- [5] 栗林敦子, 「生命保険マーケティングにおける『クチコミ』の可能性」, ニッセイ基礎研 REPORT 2008.4,2008
- [6] 小粥勇作, 松村嘉之, 大谷毅, 高寺政行, 星野雄介, 保田俊行, 大倉和博: 繊維・アパレル産業の企業間取引ネットワークにおける自己相似的構造. 繊維製品消費科学, 58(7), pp.590-598, (2017)
- [7] Albert, R., and Barabási, A. L.: Statistical mechanics of complex networks. Reviews of modern physics, Vol74, No1, pp.47-97, (2002)
- [8] Vázquez, A.: Growing network with local rules: Preferential attachment, clustering hierarchy, and degree correlations. Physical Review E, 67(5), 056104(2003)