ユーザの信頼を誘発する商品推薦エージェントデザイン

感情と知識量の遷移による信頼向上

Design of a Product Recommendation Virtual Agent That Induces User's Trust Operating User's Trust

松井 哲也
Tetsuya Matsui

国立情報学研究所
National Institute of Informatics
tmatsui@nii.ac.jp

山田 誠二
Seiji Yamada

国立情報学研究所, 総合研究大学院大学, 東京工業大学
National Institute of Informatics/SOKENDAI/Tokyo Institute of Technology
seiji@nii.ac.jp, <http://www.ymd.nii.ac.jp/lab/seiji/>

keywords: product recommendation virtual agent, anthropomorphic, interaction design, inner state transition

Summary

The PRVAs, product recommendation virtual agent, are the agents that take part in the clerks on the online-shopping. For their aims, it is very important for the PRVAs to be trusted by users. However, trustworthy the PRVA design was not be studied yet. In this paper, we suggest the user's trust transition model that is consisted by two parameters. One parameter is user's emotion, and the other is agent's knowledge. We suggested the transition operators that transited these two parameters by executing when the PRVAs recommend. Emotion transition operators are agent's smile and gestures. Knowledge transition operators is long product recommendation text. We carried on three experiments to estimate these model and transition operators. In experiment 1, we executed no transition operators. In experiment 2, we executed emotion transition operators and added knowledge transition operators in the latter half. In experiment 3, we executed knowledge transition operators in the first half and added emotion transition operators in the latter half. As a results, it is discovered that transition operators and a transition model are effective. In experiment 1, there are no transition in the participants' trust state. In experiment 2, the participants' knowledge perceived and trust for agent transited after executing knowledge transition operators. In experiment 3, the participants' emotion transited after executing positive emotion operators, however, trust didn't transited. From these result, we concluded that trust is based on each of the user's emotion and the agent's knowledge.

1. は じ め に

本研究は、擬人化エージェントからの表出を変化させることによって、ユーザが擬人化エージェントに抱く信頼を操作しようと試みるものである。本研究で用いるのは商品推薦エージェント PRVA(The product recommendation virtual agent)[Qiu 09]である。これはオンラインショッピングサイト上などにおいて、ユーザ(顧客)に商品を推薦し、購入に至る意思決定をサポートする擬人化エージェントである。そのデザインについてはすでにいくつかの研究がある。梁らは、PRVAの外見が推薦効果に与える影響を調査している[梁 15]。その研究では、Grayらのマインド認知(mind perception)の次元[Gray 07]に基づき PRVAの特徴的な外見を設定して、それらに対する購買意欲を参加者実験により調べている。その結果、PRVAの外見が若い女性、動物、ロボットなどの場合にユーザは高い購買意欲をもつことが示されている。また、PRVA

の外見と動作の特徴の一致が、ユーザの購買意欲に与える影響も検証されている[黒田 16]。そこでは、特徴的な外見をもつエージェントとそれらに適した動作の全組み合わせについて、購買意欲が実験で調査されている。その結果、PRVAの外見と動作が一致している場合のほうが、一致していない場合に対して統計的に有意に購買意欲が大きいことが示されている。Kameiらは、物理的身体をもった PRVA、ロボット店員を用いた研究を行っている[Kamei 12]。ここでは、ユーザは店外にいるロボット店員によって店内に案内された後、レジでロボット店員に接客された場合のほうが、案内無しでロボット店員に接客された場合よりもロボットに対して親密感を持つことが示されている。これらの研究から、PRVAの外見や推薦方法は、推薦効果や親密性に対して影響を与えていることがわかる。

「PRVAによる推薦がユーザの購買意欲を向上させる」ためには、「ユーザが PRVA を信頼する」ことが必要であ

ると考えられる。Web を介した商取引において、相手を信頼することによって取引を円滑に進めることができることを示した研究が行われている。Moon は、Web を介した取引の中で交互に自分の情報を開示する「自己開示 (self-disclosure)」を行うことにより、互いに取引相手のことを信頼することが可能となり、円滑な取引ができることを示している [Moon 00]。また Fogg は、Web ページが信頼できることを示すことによって、消費者の Web を介した消費行動を促進することができると述べている [Fogg 02]。これらから、PRVA への信頼を高めることは、PRVA による商品推薦の効果を高めると考えられる。

次に、ユーザが Web サイトの信頼性をどのように判断するのかについて調査した先行研究について概観する。Fogg はユーザが Web ページの信頼性 (credibility) を評価する際の二つの基準として、専門性と信頼感 (trustworthiness) があるとしている [Fogg 02]。ユーザによるコンピュータに対する信頼を構成する要因について、Artz らはサーベイ論文で分析している [Artz 07]。そこではユーザがコンピュータに対して抱く信頼には、「評判に基づく期待」[Mui 02] や「行為を実行する能力」[Grandison 00] などに依拠するものが存在するとしている。これらの研究からは、ユーザの Web への信頼が何か一つの基準ではなく複数の基準により判断されることが示唆されている。

その根拠は後述するが、本研究ではユーザの PRVA への信頼を記述する 2 つのパラメータとして、「ユーザの感情」と「エージェントの知識量」に着目して、この 2 つのパラメータの値によって信頼状態が決定する信頼状態遷移モデルを提案する。説得力をいくつかのパラメータで操作する試みはすでに存在するが [深田 02]、この 2 つをパラメータに設定して操作することで信頼を増加させる試みは、PRVA とユーザ間ではもちろん、人同士の信頼についても未だに行われていない。この点が本研究の最も独創的な点である。

なお、社会心理学分野における信頼の定義については「相手が自分を搾取しないという期待」および「相手の意図」に基づいた山岸 [山岸 98] の定義などがあるが、本研究では操作主義的に、「PRVA の商品説明に説得力を感じる」と定義し、質問項目もこの定義に対応したものに設定している。

2. ユーザの信頼を誘発する商品推薦エージェントのデザイン

本研究では、ユーザの購買行為を促進するために PRVA の信頼向上を試み、そのために信頼を操作可能なものとしてモデル化する。具体的には、「ユーザの感情」と「エージェントの知識量」という 2 つのパラメータを用いてユーザの信頼に関係する内部状態を記述し、その内部状態の状態遷移モデルを構成する。そして、PRVA がユーザに状態遷移を促す表出を行うことで、購買意欲向上につな

がる信頼向上を実現する。なお、このパラメータ「ユーザの感情」と「エージェントの知識量」を導入した理由は、以下に述べるように、先行研究から信頼に影響を与えている可能性が高く、かつ PRVA による表出により操作が可能であると考えられるからである。

2.1 信頼状態遷移モデル

信頼者はポジティブな感情の時ほど相手を信頼することを示す先行研究がある。Dunn らにより、ポジティブな感情の状態にある信頼者は、それまで面識のない被信頼者を信頼する傾向が大きくなることが示されている [Dunn 05]。同時に、ポジティブな表情の被信頼者は、信頼者からの信頼がより大きくなることも Dong らにより明らかにされている [Dong 14]。これらより、PRVA が信頼者をポジティブな感情にすることにより、信頼を向上させることが期待できる。

一方知識量については、Geven らによって、より知的に見える擬人化エージェントはより信頼されることが示されている [Geven 06]。また、これまでの擬人化エージェントの失敗の原因は知性の欠如にあるとする指摘もある [Mimoun 12]。これらの先行研究から、知的な PRVA はより信頼されることが期待できる。PRVA を知的に見せる方法として、本研究では知識量の表出量を増やす方法を採用する。

以上のような背景から、本研究では「ユーザの感情状態」と「ユーザが認知したエージェントの知識量」の 2 つのパラメータから信頼状態が決定する信頼状態遷移モデルを提案する。このモデルではユーザの信頼状態を変数 T で、内部状態を 2 つの変数の対 $\langle E^h, K^a \rangle$ で記述し、 E^h が「ユーザの感情」、 K^a が「(ユーザが認知した) エージェントの知識量」を表す変数とする。本研究のモデルでは簡単のため、変数 T, E^h, K^a がとり得る値は「低い L」、「高い H」の 2 値とし、ユーザの内部状態を以下の 4 段階で表現する。

まずユーザの感情、エージェントの知識量がともに L の場合、ユーザの状態を $\langle E^h = L, K^a = L \rangle$ と表す。次に、ユーザの感情のみが H の場合は $\langle E^h = H, K^a = L \rangle$ 、エージェントの知識量のみが H の場合は $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ と表す。最後に、ユーザの感情、エージェントの知識量双方が H になった状態を $\langle E^h = H, K^a = H \rangle$ と表記する。そしてユーザからエージェントへの信頼状態 T はこの内部状態に応じて遷移し、 $\langle E^h = L, K^a = L \rangle$ 、 $\langle E^h = H, K^a = L \rangle$ 、 $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ の時には $T = L$ 、 $\langle E^h = H, K^a = H \rangle$ の時は $T = H$ であると仮定する。この遷移モデルを図 1 に示す。このように、 $\langle E^h = H, K^a = L \rangle$ や $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ のような中間状態を導入するのには 2 つの狙いがある。一つは、Cialdini が報告しているような、実際の商品推薦の場において使用されている顧客説得の手法 [Cialdini 87] と組み合わせることを想定するためである。Cialdini は、顧

図1 ユーザの信頼状態遷移モデル

客の反応の変化に応じて販売員が商品推薦の方法を変える事例を報告しており、そこでは販売員の状態があたかも変化したように見せることが含まれている。もう一つは、Gain-Loss 効果 [Aronson 65] を期待するためである。Aronson は、第一印象が悪く、その後印象が良くなるような変化が起きた場合、最初から印象が良かった場合よりもさらに好印象をもたれるという効果について報告している。本研究ではこの効果がユーザによる PRVA への評価に影響を与えることを期待し、推薦の途中で PRVA の状態を変化させる。

2.2 遷移オペレータ

次に遷移オペレータを導入する。これは図1にあるようなユーザの状態遷移を実現するために、エージェントからの表出を行う一連の動作のプログラムである。

§1 感情遷移オペレータ

まず感情の遷移オペレータを導入する。ここでは「エージェントの微笑みの表情」と、「エージェントの腕のジェスチャ」の二つを遷移オペレータとして導入する。この2つを導入するのは、ユーザの感情の遷移を実現するために情動伝染 (emotional contagion) を用いるためである。情動伝染とは人が対話相手の表情や仕草などを無意識に模倣することにより、対話相手と同じ感情になる現象である [Hatfield 94]。Tsai らによって、顔表情による情動伝染は、人間と擬人化エージェントの間でも生じることが明らかにされており、微笑んでいるエージェントを見たユーザはポジティブな感情になることが示されている [Tsai 12]。また顔表情を変化させられないロボットであっても、腕や体の動きを用いた感情表出により、情動伝染が可能なことも示されている [Xu 14]。そこでは、腕を大きく動かすことでポジティブな感情を伝染している。これらの先行研究を参考に、本研究では腕を大きく動かすジェスチャと微笑みの表情を、ユーザのポジティブな感情を誘発する遷移オペレータとして同時に実行する。オクルージョンの発生しないジェスチャと表情を同時に実行することにより効果が増幅するかどうかは確認されていないため、この効果を確認することも本実験の目的の

1 つに含まれる。

本研究では微笑みの表情は1種類であり、微笑みの表情を実行する条件では、おおむね2文を「微笑みの表情」で表出した後に1文を「無表情」(感情遷移パラメータを実行しない場合の表情と同じ)で表出するというパターンを繰り返した。また、ジェスチャは「右手で写真を示すジェスチャ」、「推薦の終盤で、握った両手を上下に動かして発話を強調するようなジェスチャ」、「推薦終了後に、参加者に向かって一礼するジェスチャ」の3種類を実行した。写真は知識遷移オペレータの実行が無い場合は1種類のみを提示して切り替わりが無いようにし、知識遷移オペレータの実行がある場合には3種類を提示して、推薦中に2回切り替わるようにした。

§2 知識遷移オペレータ

次に、エージェントの知識量の遷移オペレータを導入する。エージェントの知識量については、内容の質と長さの異なる2種類の商品推薦を遷移オペレータとして導入する。ユーザが知覚するエージェントの知識量 K^a を L にする時には、簡潔に要点だけを短く説明する。一方知識量を H に遷移させる時には、要点に加えて、商品に関するより詳細で正確かつユーザにとって有益と考えられる知識を付加する。これによって、ユーザが知覚するエージェントの知識量を増加させることを目指す。なお、本研究では商品の推薦文はテキストと音声で同時に表出する。

3. 実験

本研究では、我々の提案する図1の信頼状態遷移モデルにおけるユーザの状態の判定、そして信頼状態の遷移を調査する実験を行うことで提案遷移モデルの妥当性を検証する。本研究では遷移オペレータを実行しない場合の遷移経路を確認するための実験に加え、2種類の別の遷移経路を再現するための実験を、それぞれ参加者を変更して行った。

3.1 共通した実験設定と信頼状態の同定方法

本研究では図1のモデルを検証するために3つの実験を行った。本研究で PRVA により推薦した商品は、いずれの実験でも「城への日帰り旅行」であった。これは商品に対する先入観が少なく必需品ではないものであり、すなわち PRVA による推薦が購買行為に大きな影響を与えるだろうと予想できる。どの実験でも実験のタイムテーブルは共通であり、参加者は「推薦動画を見てからアンケートに回答する」をいう1試行を、1人について10試行繰り返した。推薦する城は10種類であり、各実験および各参加者間で共通である。10種類の城は、犬山城、大野城、岡崎城、忍城、小田原城、掛川城、岐阜城、名古屋城、松本城、若松城である。これらはいずれも実験を実施した東京から日帰り訪問できる距離内にあり、天守

図2 左は表情とジェスチャからなる感情遷移オペレータを実行していないエージェント、右は実行しているエージェント

図3 実験で使用した推薦動画のスナップショット

閣が現存している、もしくは再建されているという基準から選定した。これは城の知名度の差を減らし、外見的特徴がなるべく似通ったものにするにより、推薦効果以外の影響を極力小さくするためである。推薦する順番は各参加者ごとにランダムに決定し、カウンタバランスをとった。各試行で動画を見た後に回答するアンケート項目は以下の3つである。推薦動画の長さはそれぞれ40秒から60秒ほどであり、実験全体の拘束時間は20分から30分ほどであった。

- Q1:あなたは推薦中に楽しい気分になりましたか？
- Q2:あなたは擬人化エージェントは正しい知識をもっていると感じましたか？
- Q3:あなたは擬人化エージェントの話に説得力があると思いましたか？

このうちQ1は感情の状態を、Q2は知識量の状態を、Q3は信頼の状態を判定するための質問項目である。この実験において、図1の状態遷移が起こるタイミングは、各推薦の直後であるとする。そして、アンケート結果により信頼状態を判定し、10個の推薦の間に起こる図1の状態遷移を検証する。内部状態はアンケートによって調査し、アンケートに対する回答は名義尺度の「はい」、「いいえ」のどちらかである。各試行におけるアンケート結果に対して、名義尺度の代表値として最頻値を採用する。最頻値が「いいえ」であれば状態はL、「はい」であれば状態はHと定義する。

感情の分類モデルとしては、valence（誘意性、ポジティブとネガティブの違い）とarousal（覚醒度）の2つの軸を基準とした二次元モデルがあり[Lang 95]、ヒューマン

コンピュータインタラクションの研究にも使用されている[Kim 05]。本研究ではユーザの感情のvalence軸のみ注目し、ネガティブ、ポジティブをそれぞれL、Hの2値で表現している。Valenceをアンケートで正確に測定するには、日本語版PANAS[佐藤 01]などを用いることがより妥当であると考えられるが、これらを使用せず2値の名義尺度を用いる理由は以下のようなものである。1つは、1人の参加者につき実験を通して10回アンケートを取るため、回答に時間のかかる調査紙を用いる方法は適さないということである。もう1つは、本研究で用いたモデルは感情の状態についてL、Hの2値を想定しているため、アンケート項目もそれと呼応させるほうが整合性があるためである。7検法などを採用した場合は、その結果をある閾値を境にしてL、Hに分類しなおすという作業が必要になり、そこに恣意性が入り込む可能性がある。

PRVAによる推薦動画は、音声対話システムツールキットMMDAgent^{*1}により作成し、PRVAモデルには、同Webサイトで配布されているMeiを用いた。PRVAのより自然な発話を実現するため、株式会社AHSのテキスト読み上げソフト「VOICELOID+ 結月ゆかり EX」^{*2}を使用した。

ユーザの感情の遷移オペレータを実行していないエージェントと実行しているエージェントのスナップショットを図2に、参加者に提示した推薦動画の全体を図3に示す。推薦動画は、PRVAが画面中の右に、推薦に使われる画像（城や史実に関する写真）が左に表示された。また、推薦文はエージェントから発話され、また画面中の左下に推薦文のテキストが表示された。

また、実験に用いた推薦文の例を表1に示す。表中に示すのは、 K^a をLに維持する基本推薦文と、 K^a をLからHに遷移させる詳細で正確でかつユーザが興味をもちそうな多知識推薦文（知識遷移オペレータ）である。基本推薦文は商品に関する基本的な情報のみを含み、今回は推薦する城の名前と場所、パック旅行の料金の情報のみを含んでいる。多知識推薦文は上の推薦文の内容に加えて、商品に関する価値のある付加的情報を含む。今回は推薦する城の歴史的な逸話もしくは建築上の特徴を追加した。

以上の共通した実験設定のもとで、以降の3つの実験を行った。

3.2 実験1：遷移オペレータの実行なし

まず、遷移オペレータを実行しない場合の実験を行った。この実験は、導入した遷移オペレータが実行されない場合に、どのような状態遷移が起こるのか、あるいは起こらないのかを確認するためである。

参加者は15名の日本人の20代と30代の男女であり、

*1 <http://www.mmdagent.jp/>

*2 <http://www.ah-soft.com/voiceroide/yukari/>

表 1 推薦文の例 (岐阜城)

基本推薦文
<p>それでは岐阜城のご案内を致します。 岐阜城は岐阜県岐阜市にある城です。 今回のバックでは、往復の交通費に 岡崎城の入場料さらに豪華なランチまで お付けして、なんと往復の交通費と同じ 21,060 円での販売になります。 とても安いので、今買わないと損ですよ。</p>
多知識推薦文
<p>それでは岐阜城のご案内を致します。 岐阜城は岐阜県岐阜市にある城です。 高い山の上にある城で、天守からは 岐阜市が一望できます。 戦国時代、ここを拠点としていたのは斎藤氏です。 中でも織田信長の義理の父でもあった 斎藤道三が最も有名です。 今回のバックでは、往復の交通費に岡崎城の入場料 さらに豪華なランチまでお付けして、 往復の交通費と同じ、21,060 円での 販売になります。 この機会にぜひお求めになってはいかがでしょうか。</p>

図 4 実験 1 で Q1:「あなたは推薦中に楽しい気分になりましたか？」に「はい」と答えた被験者の割合

年齢の平均は 29.7 歳（標準偏差は 6.5 歳）であった。うち 8 名が男性で 7 名が女性である。なお、参加者のうち女性の 1 人については、機械トラブルの発生により実験から除外した。

各質問について、各質問後に「はい」と回答した参加者の割合を図 4 から図 6 に示す。各グラフにおいて、縦軸は「はい」と答えた被験者の割合であり、横軸は推薦番号であり、その下に変数の値を示す。横軸では、 n 番目の推薦を Rn とする。この軸の示すものは実験 1, 2, 3 で共通である。なお本研究におけるすべての参加者実験において、実験開始前の参加者の状態は、何も刺激を受けていない状態であることから $\langle E^h = L, K^a = L \rangle$ とする。

3.3 実験 2: 感情遷移オペレータに続けて知識遷移オペレータを実行した場合の状態遷移

次に、最初に感情遷移オペレータを実行し、次に知識遷移オペレータを実行した場合の信頼状態遷移を調査す

図 5 実験 1 で Q2:「あなたは擬人化エージェントは正しい知識を持っていると感じましたか？」に「はい」と答えた被験者の割合

図 6 実験 1 で Q3:「あなたは擬人化エージェントの話に説得力があると思いましたか？」に「はい」と答えた被験者の割合

るために実験 2 を行った。この実験では、前半の 5 推薦では感情遷移オペレータを常に実行している場合のユーザの状態遷移を確認し、さらに後半の 5 推薦で、感情遷移オペレータに加えて知識遷移オペレータを実行した場合の状態遷移を確認する。ここで、予想される状態遷移は、図 1 の $\langle E^h = L, K^a = L \rangle \rightarrow \langle E^h = H, K^a = L \rangle \rightarrow \langle E^h = H, K^a = H \rangle$ のパスである。

参加者は 15 名の日本人の 20 代と 30 代の男女であり、年齢の平均は 29.0 歳（標準偏差は 5.7 歳）であった。うち 7 名が男性で 8 名が女性である。

この実験では、PRVA は全 10 で感情遷移オペレータを実行し、後半の 5 推薦でさらに知識遷移オペレータも実行した。

各質問について、各質問後に「はい」と回答した参加者の割合を図 7 から図 9 までに示す。縦軸と横軸が示すものは実験 1 と同じである。

3.4 実験 3: 知識遷移オペレータに続けて感情遷移オペレータを実行した場合の状態遷移

最後に、まず知識遷移オペレータを実行し、次に感情遷移オペレータを実行した場合の信頼状態遷移を調査するために実験 3 を行った。この実験では、前半の 5 推薦では知識遷移オペレータを常に実行している場合のユーザ

の状態遷移を確認し、さらに後半の 5 推薦で、知識遷移オペレータに加えて感情遷移オペレータを実行した場合の状態遷移を確認する。ここで、予想される状態遷移は、図 1 の $\langle E^h = L, K^a = L \rangle \rightarrow \langle E^h = L, K^a = H \rangle \rightarrow \langle E^h = H, K^a = H \rangle$ のパスである。

参加者は 15 人の日本人の 20 代と 30 代の男女であり、年齢の平均は 29.3 歳（標準偏差は 6.9 歳）であった。うち 8 名が男性で 7 名が女性である。

この実験では、PRVA は全 10 推薦で知識遷移オペレータを実行し、後半の 5 推薦でさらに感情遷移オペレータも実行する。

各質問について、各質問後に「はい」と回答した参加者の割合を図 10 から図 12 までに示す。縦軸と横軸が示すものは実験 1 と同じである。

4. 考 察

4.1 実験 1~3 の信頼状態遷移のまとめと遷移オペレータによる状態遷移の確認

実験 1 では、図 4 で全 10 試行においてユーザの感情 E^h の値は L であり、図 5 で全 10 試行中 7 試行においてエージェントの知識量 K^a の値が H、それ以外で L の値を示した。図 6 で、全 10 試行において信頼 T の値は L を示した。この実験結果から導出できる状態遷移図を図 13 に示す。この図で、矢印は状態遷移を、矢印の数字はこのモデルをマルコフ連鎖と考えた場合の遷移確率を示し、その下の丸括弧内はその遷移が起きた推薦を示している。また、矢印の太さは遷移確率に比例している。これらは図 13 から図 15 まで同様である。

実験 1 における信頼状態遷移を見ると、 $\langle E^h = L, K^a = L \rangle$ から $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ に遷移した後は同じ状態に再帰的に遷移を続ける確率が高い。ここからは、この実験で用意した遷移オペレータの実行が全くない場合でも知識の状態遷移が起こったことがわかる。これについては 2 つの可能性が考えられる。1 つは、PRVA の外見や城への旅行という推薦商品そのものが、知識遷移オペレータとして作用した可能性である。もう 1 つは、PRVA はそもそも商品について間違ったことを言うことは無いという先入観が原因である可能性である。これらのいずれが妥当であるかは、今回の実験からは断定できない。

実験 2 では、図 7 で前半は全 5 試行においてユーザの感情 E^h の値は L であり、知識遷移オペレータを実行した後は全 5 試行中 4 試行において H、それ以外で L の値を示した。図 8 においては、前半の全 5 試行においてエージェントの知識量 K^a の値が L であり、知識量の遷移オペレータを実行した後の後半は全 5 試行で値は H であった。図 9 では、前半は全 5 試行において信頼 T の値は L であり、知識遷移オペレータを実行した後の後半全 5 試行で値は H であった。ここから、R1 から実行された

図 7 実験 2 で各推薦後、Q1:「あなたは推薦中に楽しい気分になりましたか?」に「はい」と答えた被験者の割合

図 8 実験 2 で各推薦後、Q2:「あなたは擬人化エージェントは正しい知識を持っていると感じましたか?」に「はい」と答えた被験者の割合

ユーザの感情の遷移オペレータは、少なくとも R1 から R5 の間は効果がなかったことが示唆される。一方 R6 から実行されたエージェントの知識遷移オペレータは、 E^h , K^a , T の全ての状態について、値を L から H に遷移させる効果があったと言える。この実験結果から導出できる信頼状態遷移図を図 14 に示す。ここから、知識遷移オペレータは K^a のみでなく、 E^h にも効果を及ぼすことが示唆される。

実験 2 では前半の全 5 推薦の間では $\langle E^h = L, K^a = L \rangle$ の状態に再帰的に遷移をしており、R6 で $\langle E^h = H, K^a = H \rangle$ に遷移をした後は、再帰的遷移をする確率が $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ の状態に遷移する確率よりも高い。ここから、実験 2 の前半の 5 推薦においては $\langle E^h = L, K^a = L \rangle$ が最も安定した状態であり、後半の 5 推薦においては $\langle E^h = H, K^a = H \rangle$ が最も安定した状態であることがわかる。

実験 3 については、図 10 で前半は全 5 試行においてユーザの感情 E^h の値は L であり、感情遷移オペレータを実行した後は全 5 試行で値は H であった。図 11 では、全 10 試行でエージェントの知識量 K^a の値は H であった。図 12 では、前半の全 5 試行のうち 4 試行では値は L であり、残り 1 試行で H の値を示した。感情遷移オペ

図9 実験2でQ3:「あなたは擬人化エージェントの話に説得力があると思いましたか?」に「はい」と答えた被験者の割合

レータを実行した後の後半は全5試行で値はHであった。ここから、この実験では感情遷移オペレータ、知識遷移オペレータともに、実行されると同時に効果があったことがわかる。この実験から導出できる信頼状態遷移図を図15に示す。

実験3では、 $\langle E^h = L, K^a = L \rangle$ から $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ に遷移した後、再帰的遷移をする確率が、 $\langle E^h = H, K^a = H \rangle$ に遷移する確率よりも高い。ここから、実験3の前半の5推薦においては $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ が最も安定した状態であり、後半の5推薦においては $\langle E^h = H, K^a = H \rangle$ が最も安定した状態であることがわかる。

以上の3つの実験の結果をまとめると、知識遷移オペレータは予想通りに効果を上げ、感情遷移オペレータについては推薦の途中から実行した場合にのみ効果を上げた。

この理由として、本実験で導入した感情遷移オペレータは、 K^a がHである場合にのみ効果を及ぼすということが考えられる。すなわち、感情遷移オペレータと知識遷移オペレータは相補的ではなく、感情遷移オペレータは知識遷移オペレータに対して補完的にはたらくということである。

また、図5と図8を比較すると、遷移オペレータを実行していない図5の前半5試行のほうが、感情遷移オペレータを実行している図8の前半5推薦よりもHの値を示す頻度が高い。すなわち、感情遷移オペレータは推薦途中から実行される場合はポジティブな効果を上げるが、初めから実行した場合、他の遷移オペレータが無ければむしろ抑制的な効果を及ぼす可能性がある。

今回の実験では、感情遷移オペレータとして使用したエージェントの表情の種類、ジェスチャの種類が限定されていたため、ユーザの飽きを誘発する可能性も考えられた。しかし実験3の結果から、一度Hに遷移した E^h はその後Lに戻っていないため、飽きのようなネガティブな効果は無かったと考えられる。

図10 実験3でQ1:「あなたは推薦中に楽しい気分になりましたか?」に「はい」と答えた被験者の割合

図11 実験3でQ2:「あなたは擬人化エージェントは正しい知識をもっていると感じましたか?」に「はい」と答えた被験者の割合

4.2 感情・知識量の状態遷移による信頼の状態遷移

次に、遷移オペレータによってもたらされたユーザの感情とエージェントの知識量の遷移が信頼にどのような効果をもたらしたかについて考察する。図13に示したように、実験1ではR2でエージェントの知識量がHに遷移し、参加者の状態は $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ となったが、図6に示したように、信頼の状態 T は全試行の終了までLのままで変化しなかった。実験2では、図14に示したように、R6でユーザの感情、エージェントの知識量が同時に遷移を起こし、参加者の状態は $\langle E^h = H, K^a = H \rangle$ となった。同時に T も、図9に見られるように、R6でHに遷移した。実験3では、図15に示したように、まずR1でエージェントの知識量がHに遷移し、参加者の状態は $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ となった。その後R6でユーザの感情がHに遷移したが、図12に示すように、この時に T も同時にHに遷移した。これらの結果から、参加者の状態が $\langle E^h = L, K^a = L \rangle$ および $\langle E^h = L, K^a = H \rangle$ の時には $T = L$ であり、 $\langle E^h = H, K^a = H \rangle$ の時のみ $T = H$ になっていることがわかる。

この3つの実験において、遷移オペレータがどのような遷移を誘発したかについて図16にまとめた。この図において、 OE^h は感情遷移オペレータ、 OK^a は知識遷移オペレータが実行されたことを示し、noOはこれらの

図 12 実験 3 で Q3:「あなたは擬人化エージェントの話に説得力があると思いましたか?」に「はい」と答えた被験者の割合

遷移オペレータの実行が無かったことを示す。矢印は状態間の遷移を示し、矢印に添えられた記号が上下に並んでいる場合は「いずれかの遷移オペレータが実行された」ことを示し、順序記号 $\prec$ を挟んで並んでいる場合は、「左側から右側の順番に遷移オペレータが実行された」ことを示す。この図からは、感情遷移オペレータのみを実行した場合には状態遷移は起こらず、知識遷移オペレータのみを実行した場合には状態遷移は起こるものの、信頼状態 T は変化しないことがわかる。信頼状態 T が H に遷移するのは、知識遷移オペレータの実行後に感情遷移オペレータを実行した場合、および感情遷移オペレータの実行後に知識遷移オペレータを実行した場合である。この結果から、推薦回数が 6 回以下の場合には、感情遷移オペレータ・知識遷移オペレータの両方が実行されなければ、信頼を増加させることはできないことがわかる。

本研究では常に感情遷移オペレータを実行している場合の状態遷移については実験 2 の前半 5 推薦で、常に知識遷移オペレータを実行している場合の状態遷移については実験 3 の前半 5 推薦で検証している。その結果から、感情遷移オペレータのみおよび知識遷移オペレータのみを実行した場合には、少なくとも推薦回数が 5 回以下の場合には信頼状態遷移は起こらないことが示された。今回の実験では推薦を 11 回以上繰り返した場合については調べられていないが、実応用を考えた場合、10 回以下の推薦回数において信頼状態を遷移させることができたという結果は価値があると考えられる。

4.3 今後の課題

最後に、本研究における今後の課題について述べる。まず、本研究の 3 つの実験では参加者の状態が $\langle E^h = H, K^a = L \rangle$ 、すなわちユーザの感情のみが H になっている状態は確認できなかった。これは実験 2 において R1 から感情遷移オペレータを実行した場合には効果を上げなかったことに起因する。よって、さらなる提案モデルの検証のために、今後 $\langle E^h = H, K^a = L \rangle$ の存在とその状態での信頼状態 T を調査することが望まれる。

図 13 実験 1 の結果から得られた遷移図

図 14 実験 2 の結果から得られた遷移図

次に、前述の課題に関連するが、本研究ではユーザの感情の遷移オペレータの効果が限定的にしか検出されなかった。この原因としては、実験で採用した感情遷移オペレータが、知識遷移オペレータと比較して効果が弱く、その効果が知識遷移オペレータに埋もれてしまった可能性、および他の遷移オペレータが無い場合には、感情遷移オペレータ単独では抑制的に働くことが考えられる。これらの点については今後の課題である。

5. まとめ

本研究では、「ユーザの感情」と「エージェントの知識量」の二つのパラメータを用いて、ユーザの PRVA に対する信頼状態を記述し、「ユーザからエージェントへの信頼」を操作することを試みた。この 2 つのパラメータを用いて信頼を操作する試みは、人同士についても、ユーザとコンピュータ間、ユーザとエージェント間についても今まで行われてこなかった。我々はユーザの感情とエージェントの知識量の状態によって信頼の状態が変化するというモデル、およびそれぞれの状態を遷移する遷移オペレータを具体的に提案し、それらを検証するための実験を行った。その結果、エージェントの知識量の遷移オペレータについてはほぼ予測通りに、ユーザの感情の遷移オペレータについては限定的ながらも一定の効果を確認することができ、さらにこの 2 つの状態がポジティブに遷移した場合に、信頼もポジティブに遷移することを示した。

図 15 実験 3 の結果から得られた遷移図

図 16 実験によって示された遷移オペレータの効果

この結果は PRVA の設計に当たって、より効果的な推薦方法をデザインするために大きな示唆を与えるものである。信頼される PRVA にはポジティブな感情と知識量の多さの双方が必要であるという結果は、PRVA および擬人化エージェントの社会への導入に対して、大きく貢献できると考える。

謝 辞

本研究の一部は、JSPS 科研費新学術領域研究「認知的デザイン学」(No.JP26118005)の助成を受けたものである。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Aronson 65] Aronson, E. and Linder, D.: Gain and loss of esteem as determinants of interpersonal attractiveness, *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol. 1, No. 2, pp. 156–171 (1965)
- [Artz 07] Artz, D. and Gil, Y.: A survey of trust in computer science and the semantic web, *Journal of Web Semantics*, Vol. 5, No. 2, pp. 58–71 (2007)
- [Cialdini 87] Cialdini, R. B.: *Influence the 3rd edition*, Harper Collins (1987)
- [Dong 14] Dong, Y., Li, Y., and Sun, T.: Happy faces considered trustworthy irrespective of perceiver's mood: Challenges to the mood congruency effect, *Computers & Security*, Vol. 47, pp. 85–93 (2014)
- [Dunn 05] Dunn, J. R. and Schweitzer, M. E.: Feeling and believing: The influence of emotion on trust, *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 88, No. 5, pp. 736–748 (2005)
- [Fogg 02] Fogg, B. J.: *Persuasive Technology: Using Computers to*

- Change What We Think and Do*, Morgan Kaufmann (2002)
- [深田 02] 深田博己: 説得心理学ハンドブック—説得コミュニケーション研究の最前線, 北大路書房 (2002)
- [Geven 06] Geven, A., Schrammel, J., and Tscheligi, M.: Interacting with embodied agents that can see: How vision-enabled agents can assist in spatial tasks, in *Proceedings of the 4th Nordic Conference on Human-Computer Interaction*, pp. 135–144 (2006)
- [Grandison 00] Grandison, T. and Sloman, M.: A survey of trust in internet applications, *Communications Surveys & Tutorials*, Vol. 3, No. 4, pp. 2–16 (2000)
- [Gray 07] Gray, H. M., Gray, K., and Wegner, D. M.: Dimensions of mind perception, *Science*, Vol. 315, No. 5812, pp. 619–619 (2007)
- [Hatfield 94] Hatfield, E., Cacioppo, J. T., and Rapson, R. L.: *Emotional Contagion*, Cambridge University Press (1994)
- [Kamei 12] Kamei, K., Ikeda, T., Shiomi, M., Kidokoro, H., Utsumi, A., Shinozawa, K., Miyashita, T., and Hagita, N.: Cooperative customer navigation between robots outside and inside a retail shop—An implementation on the ubiquitous market platform, *Annals of Telecommunications-Annales des télécommunications*, Vol. 67, No. 7–8, pp. 329–340 (2012)
- [Kim 05] Kim, J., André, E., Rehm, M., Vogt, T., and Wagner, J.: Integrating information from speech and physiological signals to achieve emotional sensitivity, in *Proceedings of INTERSPEECH 2005*, pp. 809–812 (2005)
- [黒田 16] 黒田 拓也, 山田 誠二, 寺田 和憲: オンラインショッピングにおける商品推薦エージェントの外見と振る舞いの関係が購買意欲に与える影響, *人工知能学会論文誌*, Vol. 31, No. 2, pp. 1–11 (2016)
- [Lang 95] Lang, P. J.: The emotion probe: Studies of motivation and attention, *American Psychologist*, Vol. 50, No. 5, pp. 372–385 (1995)
- [Mimoun 12] Mimoun, M. S. B., Poncin, I., and Garnier, M.: Case study-Embodied virtual agents: An analysis on reasons for failure, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Vol. 19, No. 6, pp. 605–612 (2012)
- [Moon 00] Moon, Y.: Intimate exchanges: Using computers to elicit self-disclosure from consumers, *Journal of Consumer Research*, Vol. 26, No. 4, pp. 323–339 (2000)
- [Mui 02] Mui, L., Mohtashemi, M., and Halberstadt, A.: A computational model of trust and reputation, in *Proceedings of the 35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pp. 2431–2439 (2002)
- [Qiu 09] Qiu, L. and Benbasat, I.: Evaluating anthropomorphic product recommendation agents: A social relationship perspective to designing information systems, *Journal of Management Information Systems*, Vol. 25, No. 4, pp. 145–182 (2009)
- [梁 15] 梁 静, 山田 誠二, 寺田 和憲: オンラインショッピングにおける商品推薦エージェントの外見とユーザの購買意欲との関係, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 17, No. 1, pp. 307–315 (2015)
- [佐藤 01] 佐藤 徳, 安田 朝子: 日本語版 PANAS の作成, *性格心理学研究*, Vol. 9, No. 2, pp. 138–139 (2001)
- [Tsai 12] Tsai, J., Bowring, E., Marsella, S., Wood, W., and Tambe, M.: A study of emotional contagion with virtual characters, in *Proceedings of 12th International Conference on Intelligent Virtual Agents*, pp. 81–88 (2012)
- [Xu 14] Xu, J., Broekens, J., Hindriks, K., and Neerincx, M. A.: Robot mood is contagious: Effects of robot body language in the imitation game, in *Proceedings of the 2014 International Conference on Autonomous Agents and Multi-agent Systems*, pp. 973–980 (2014)
- [山岸 98] 山岸 俊男: 信頼の構造 ころと社会の進化ゲーム, 東京大学出版会 (1998)

[担当委員: 古川 忠延]

2016 年 9 月 2 日 受理

著 者 紹 介

松井 哲也(正会員)

2008 年神戸大学理学部卒業。2014 年同大学院理学研究科博士課程修了。理学博士。2015 年国立情報学研究所特任研究員、現在に至る。HAI ヒューマンエージェントインタラクション、特に擬人化エージェントの社会への実装に興味をもつ。ヒューマンインタフェース学会、IEEE 各会員。

山田 誠二(正会員)

1984 年大阪大学基礎工学部卒業。1989 年同大学院基礎工学研究科博士課程修了。工学博士。1989 年大阪大学基礎工学部助手。1991 年大阪大学産業科学研究所講師。1996 年東京工業大学大学院総合理工学研究科助教授。2002 年国立情報学研究所教授、現在に至る。HAI ヒューマンエージェントインタラクション、知的インタラクティブシステムに興味をもつ。情報処理学会、ヒューマンインタフェース学会、AAAI, IEEE, ACM 各会員。