

# マルチエージェント説得におけるエージェント数と説得効果

## Effect of the Number of Agents on Multiagent Persuasion

門脇 克典<sup>\*1</sup>

藤原 規行<sup>\*1</sup>

小林 一樹<sup>\*2</sup>

北村 泰彦<sup>\*1</sup>

Katsunori Kadowaki Noriyuki Fujiwara Kazuki Kobayashi Yasuhiko Kitamura

<sup>\*1</sup> 関西学院大学

<sup>\*2</sup> 信州大学

Kwansei Gakuin University

Shinshu University

**Abstract:** Life-like agents have the potential to make e-shopping sites on the Web more attractive and persuasive; our interest is to determine how multiple life-like agents should behave as a team to persuade customers. To know how the effectiveness of persuasion depends on the number of agents, we develop a multi-agent persuasion system. In the experiment, we compared the performance of persuasion by one agent, two agents, and three agents respectively. The experimental result shows that two agents agreeing each other deliver the best performance in persuasion. In addition, the result of the detailed analysis suggests that the agents that express same attitude toward the user deliver a better performance in persuasion than the agents that express different attitude.

## 1 はじめに

近年, Amazon.com や eBay のような e ショッピングサイトが Web 上で利用されるようになり, 電子商取引が大きな成功を収めている. ショッピングサイト間での競争を有利に進めるためには, 顧客に対してより魅力的で説得的なアピールが必要であり, その有効な手段として擬人化エージェントが期待されている [1, 2]. 例えば, Discounteo.com では顧客を支援するために擬人化エージェントを用いているが, 今後は利用者のブラウジングを支援するためだけでなく, 販売者側の支援として積極的に商品を売り込むという説得技術が重要になる [3].

本研究では, 擬人化エージェントによるユーザの説得に影響を与える要因として社会的関係に着目している. これまで, エージェントとユーザの社会的関係に着目した研究では, 好意的なエージェントに対し実験参加者が同意する傾向があること [8] や, エージェント 1 体と実験参加者 2 名の 3 者関係においてバランス理論が成り立つ [5] ことが確認されている. また, バランス理論における均衡関係と不均衡関係では, 均衡関係の方が実験参加者を説得しやすいことが報告されている [6]. 本論文では, 複数の擬人化エージェントによるユーザの説得をマルチエージェント説得と呼ぶ.

そこで, 本研究ではユーザとエージェントの社会的関係に着目した上で, エージェント数が説得効果に与える影響を調査する. エージェントを用いた説得システムを構築する場合, エージェント数の増加にともない社会的関係が複雑になり, エージェントの振る舞いを制御するのにコストがかかる. そのため, ユーザを効果的に説得できるエージェント数を明らかできれば, ユーザへの説得効果のみならず, 説得システムを開発する上でも有益な情報が得られると考えられる.



図 1: 擬人化エージェント

## 2 マルチエージェント説得システム

擬人化エージェントの数がユーザの説得効果に及ぼす影響を調査するため, 説得効果を評価するシステムを開発した. 本システムでは, 擬人化エージェントがユーザに語りかけて説得を行う. エージェントは, 独自にデザインした外見の Microsoft Agent であり, 3DCG で表現されたキャラクターが人間らしいジェスチャと文字対話を行う. エージェントの制御には JavaScript を使用し, Microsoft Internet Explorer 上で実行した. 図 1 に本システムで採用したエージェントを示す.

エージェントは, 説得を行う前にユーザの嗜好に対して意見を述べ, 社会的関係を構築する. そのため, 本システムは社会的関係構築フェーズと説得フェーズの 2 つの段階で構成されている. 以下に構築フェーズと説得フェーズの詳細を述べる.

### 2.1 社会的関係構築フェーズ

社会的関係構築フェーズは, エージェントとユーザの社会的関係を構築する段階である. ここでは, エージェントが, ユーザの嗜好に対して賛成 / 反対の意見を言うことで, 社会的関係の構築を試みる. 説得前に社会的関係の構築を行うのは, エージェントの外見や振る舞いなどが説得に及ぼす影響を排除するために, ユーザがエージェントに対して好き / 嫌いの印象を抱くように統制す

表 1: アンケート内容

No.	内容
1	好きな食べ物 *
2	嫌いな食べ物
3	好きな色
4	嫌いな色
5	好きなスポーツ *
6	嫌いなスポーツ
7	好きな動物
8	嫌いな動物
9	好きなテレビ番組 *
10	嫌いなテレビ番組

\* エージェントが話題にする項目

るためである。

ユーザは、エージェントとの対話に先立ち、表 1 に示す 10 項目のアンケートに対し自由記述形式で回答する。その後、エージェントは自己紹介の中で「好きな食べ物」「好きなスポーツ」「好きなテレビ番組」の 3 項目を話題とし、ユーザの回答内容を用いて自分の嗜好を述べる。たとえば、事前アンケートでユーザが「好きなスポーツ」を「サッカー」、「嫌いなスポーツ」を「マラソン」と回答していたとき、ユーザの嗜好に賛成するエージェントは「私の好きなスポーツはサッカーです。かなり白熱できる運動だと思います」と発言し、反対するエージェントは「私の好きなスポーツはマラソンです。とても楽しく運動できます」とユーザが嫌いな事物を好きだと表明する。

さらに、エージェントが 2 体以上の場合には、エージェント同士が対話を行い、一方のエージェントがもう一方のエージェントに対して好意 / 敵意の態度を表明する。エージェントが 2 体以上の場合、ユーザを含めた社会的関係はバランス理論 [4] に従うため、社会的関係が均衡するようにエージェント同士の発言を制御する。二体のエージェントのうち片方がユーザの嗜好に賛成し、もう片方が反対した場合には、エージェント同士は互いに敵意を表す発言を行うことで均衡状態となる。たとえば、上記のスポーツに関する話題では、一方のエージェントは「マラソンはどうぞも苦手だな。君とはいつも意見が合わないよね」と発言し、もう一方は「サッカーはそんなに楽しくないよ。やっぱり相性が悪いと思う」と発言する。このような一連の会話を上記の 3 項目について繰り返し行う。エージェントの発言は、ランダムに選択されたテンプレートにユーザの回答を挿入して逐次作成される。また、自然な会話になるように、上記の 3



図 2: 社会的関係構築フェーズ画面 (2 体)

表 2: 砂漠遭難課題における提示アイテム

カテゴリ	アイテム
1. 日用品	歯ブラシ, 爪切り, 耳かき
2. 治療薬	傷薬, 胃腸薬, 頭痛薬
3. 刃物	カッター, ハサミ, 包丁
4. 思い出	手紙, 写真, ハガキ
5. 本	漫画, 小説, 雑誌
6. 寝具	毛布, 掛布団, 寝袋

項目以外にも自分の好き嫌いを表明する。図 2 に社会的関係構築フェーズのシステム画面を、図 3 にエージェントの自己紹介例を示す。

## 2.2 説得フェーズ

説得フェーズは、エージェントがユーザを説得する段階である。ユーザは砂漠遭難課題に取り組み、必要なアイテムを選択する。砂漠遭難課題とは、飛行機が砂漠に不時着して遭難した状況において、手元にあるアイテムの中から生き残るために必要なものを選択する課題である。どのアイテムを選択してもよく、最適な回答は設定されていない [7]。エージェントは、アイテム一覧の中から 1 つを推薦しユーザがそれを選ぶように働きかける。エージェントが推薦したアイテムをユーザが選択するかどうかで説得効果を評価する。

ユーザに提示されるアイテム総数は 18 個であり、6 つのカテゴリに 3 個ずつ分類した。本システムで用いた全カテゴリと分類されたアイテムを表 2 に示す。エージェントは、各カテゴリにつき 1 個のアイテムを推薦する。エージェントが 2 体以上の場合では、推薦エージェントがカテゴリごとにかわり、エージェントごとの推薦回数は同一とする。推薦するアイテムはカテゴリ内でランダムに決定される。

エージェントがアイテムを推薦する際、その理由に

図 3: エージェントの自己紹介例 (2 体)

**登場**  
A1: はじめまして、私の名前は YEBISU です。  
A2: はじめまして、私の名前は BISHAMON です。  
A1: おや、BISHAMON じゃないか。君と一緒にやっ  
ていくのか…  
A2: はあ、YEBISU か。ちょっと不安だな…

**自己紹介 1**  
A1: 私の好きな食べ物はハンバーグです。いつ食べて  
も美味しいです。  
A2: 私の好きな食べ物は納豆です。やっぱり食べ物で  
はこれが最高です。  
A1: …納豆は食べたくないよ。  
A2: …ハンバーグは美味しくないな。

**自己紹介 2**  
A1: 私の好きなスポーツはマラソンです。とても楽し  
く運動できます。  
A2: 私の好きなスポーツはテニスです。かなり白熱で  
きる運動だと思います。  
A1: …テニスはどうも苦手だな。  
A2: …マラソンはそんなに楽しくないよ。

**自己紹介 3**  
A1: 私の好きなテレビ番組はプロジェクト X です。い  
つも楽しみにしてよく観ています。  
A2: 私の好きなテレビ番組は小さな旅です。いつ観て  
も面白くて飽きないです。  
A1: …小さな旅は面白くないな。  
A2: …プロジェクト X は観たくないよ。  
A1: 君とはいつも意見が合わないよね…  
A2: やっぱり相性が悪いと思う…



図 4: 説得フェーズ画面 (3 体)

表 3: アイテム推薦時のエージェントの発言

No.	発言内容
1	「砂漠だからね…おすすめは だよ。」
2	「遭難してる状況だし…この中なら がよさそうだね。」
3	「生き残るためには…ぜったい が いいと思うよ。」
4	「必要なものか…やっぱり にする べきだよ。」

関しては説明を行わない。たとえば、カテゴリ「寝具」においてエージェントがアイテムを推薦する場合、エージェントは「砂漠だからね…おすすめは毛布だよ」や、「生き残るためには…やっぱり寝袋にするべきだよ」と発言する。エージェントの発言はランダムに選択されたテンプレートにアイテム名を挿入して作成される。表 3 にアイテム推薦時の発言テンプレートを示す。

さらに、エージェントが 2 体以上の場合、構築した社会的関係に従って他のエージェントの推薦に対して賛成 / 反対の発言を行う。たとえば、エージェント 3 体の場合において、社会的構築フェーズで 2 体がユーザの嗜好に賛成し、1 体が反対した場合を考える。エージェント A がカテゴリ「寝具」において、アイテムを推薦したのち、エージェント B は「それはいい選択だね」と発言し、エージェント C は「…それはどうなんだろうね」と発言する。これらの発言は、構築した社会的関係に従うようにテンプレートからランダムに選択される。表 4 にエージェントが 2 体以上のとき、アイテムを推薦しないエージェントの発言内容を示す。

エージェントの発言後アイテム選択モードに移行し、ユーザが 3 個のうち 1 個を選択する。このような手順

をカテゴリ数だけ繰り返す。説得フェーズのシステム画面を図 4 に示す。

### 3 実験

エージェント数の違いによる説得効果を調査するため、マルチエージェント説得システムを用いて実験を行った。

#### 3.1 実験設定

実験では、エージェント数を 1 体から 3 体までに設定した。エージェント数が 2 体以上の場合、社会的関係

表 4: アイテムを推薦しないエージェントの発言

No.	エージェント同士が友好的な場合
1	「それはいい選択だね。」
2	「それでいいと思うよ。」
3	「それがおすすめだね。」
No.	エージェント同士が敵対的な場合
1	「…それでいいのかな。」
2	「…それは違うと思うよ。」
3	「…それはどうなんだろうね。」

表 5: エージェントの振る舞いの組み合わせ

エージェント数	分類	エージェントの振る舞い			参加者数
		A1	A2	A3	
1	A	賛成	-	-	12
	D	反対	-	-	12
2	AA	賛成	賛成	-	12
	DD	反対	反対	-	12
	AD	賛成	反対	-	12
3	AAA	賛成	賛成	賛成	12
	AAD	賛成	賛成	反対	12
	ADD	賛成	反対	反対	12
	DDD	反対	反対	反対	12

表 6: エージェント数と説得成功回数

エージェント数	参加者数	説得成功回数	S.D.
1	24	3.92	1.10
2	36	3.22	1.55
3	48	2.90	1.49

構築フェーズにおいてエージェントの振る舞いを複数設定した。表 5 にエージェントの取る振る舞いの組み合わせを示す。これらの振る舞いは、バランス理論における均衡関係に基づくものであり、エージェント数が増加すれば、その組み合わせの数も増加する。表中の分類欄は賛成 (Agreement) と反対 (Disagreement) の組み合わせをもとに記号を記した。実験では、これらの組み合わせに対し均等に実験参加者を割り当てた。参加者は関西学院大学の理工学部と総合政策学部所属の大学生・大学院生 108 名であった。エージェントの振る舞いと外観の組み合わせに関してはカウンターバランスをとり、均等に割り当てた。

### 3.2 実験結果

表 6 にエージェント数を変化させたときの平均説得成功回数を示す。参加者ひとりに対しエージェントは 6 回の推薦を行うため、説得成功回数の最大値は 6 となる。この結果から、エージェントが 1 体の場合が最も説得成功回数が多くなるのがわかる。エージェント数を要因として分散分析を行ったところ、有意差が認められた ( $F(2, 105) = 4.044, p = .020$ )。そこで、LSD 法による多重比較を行ったところ、1 体と 3 体の間に有意差が認められ ( $p = .005$ )、3 体よりも 1 体の方が説得効果が有意に高いことが示された。

以上はエージェント数のみを要因として取り上げているが、今回の実験では各エージェントがユーザに対

表 7: エージェントの振る舞いと説得成功回数

エージェント数:1			
分類	参加者数	説得成功回数	S.D.
A	12	3.92	.90
D	12	3.92	1.31
エージェント数:2			
分類	参加者数	説得成功回数	S.D.
AA	12	4.17	1.59
AD	12	2.50	1.24
DD	12	3.00	1.41
エージェント数:3			
分類	参加者数	説得成功回数	S.D.
AAA	12	3.50	1.68
AAD	12	2.75	1.36
ADD	12	2.08	.90
DDD	12	3.25	1.66

して賛成 / 反対の態度を表明しており、これらも説得効果に影響を与えていると考えられる。そこで、表 7 に、エージェントの振る舞いで分類した平均説得成功回数を示す。この結果、エージェント数が 2 体で、両方のエージェントがユーザに賛成した場合に最も説得成功回数が高いことが示された。各条件において、エージェントの振る舞い (分類) を要因として分散分析を行ったところ、エージェント数 1 体では有意差は認められなかった ( $F(1, 22) = .000, p = 1.000$ )。エージェント数 2 体においては、有意差が認められたため ( $F(2, 33) = 4.345, p = .021$ )、LSD 法による多重比較を行ったところ、AA と AD の間に有意差が認められた ( $p = .007$ )。また、エージェント数 3 体においては有意傾向が認められ ( $F(3, 44) = 2.281, p = .092$ )、LSD 法による多重比較を行ったところ、DDD と ADD の間に有意傾向が認められ ( $p = .052$ )、AAA と ADD の間に有意差 ( $p = .020$ ) が認められた。これらの結果から、エージェント数が 2 体以上では、エージェントの態度表明が賛成または反対に統一されている方が、統一されていないものより説得効果が高いことが示唆される。

## 4 考察

表 7 の結果から、エージェントの態度表明が賛成または反対に統一されている方が、統一されていないものより説得効果が高いことが示唆されたが、なぜこのような結果になったのかを分析する。ここでは、エージェントの態度を賛成数で分類することを試みた。エージェントはユーザに対する賛成 (U 賛成) と、他のエージェ

表 8: 賛成数と説得成功回数

分類	説得成功回数	U 賛成数	A 賛成数	合計
A	3.92	1	0	1
D	3.92	0	0	0
AA	4.17	2	2	4
DD	3.00	0	2	2
AD	2.50	1	0	1
AAA	3.50	3	6	9
DDD	3.25	0	6	6
AAD	2.75	2	2	4
ADD	2.08	1	2	3

ントに対する賛成 (A 賛成) を表明するため、これらをカウントして合計値を算出した。説得成功回数の多いものから順に並び換えたところ、表 8 の結果を得た。

エージェント数 1 体の場合は例外であるが、表 8 は賛成数の合計値が高いほど、説得成功回数が多くなることを示している。今回の実験では、賛成数とはエージェントのポジティブな発言の回数に相当するため、その回数に比例して、説得効果が高くなっていると考えられることができる。

たとえば、DDD を取り上げたとき、全てのエージェントがユーザの嗜好に対してネガティブな発言を行うにもかかわらず、AAD や ADD と比較して説得成功回数が多い。しかし、実際にはエージェント同士は全て友好的な関係となるため、ユーザは表 4 のようなポジティブな発言を聞く機会が多い。つまり、ポジティブな発言であれば、それがユーザに向けられたものであるか、他のエージェントに向けられたものであるかは説得上重要ではない可能性がある。今後、このような観点から調査を行うことで、ユーザを説得しやすいエージェントの振る舞いを明らかにできると考えられる。

## 5 まとめ

Web 上の e ショッピングサイトをより魅力的で説得的にする手段のひとつとして、擬人化エージェントが期待されている。本研究では複数の擬人化エージェントが顧客を説得する場合に、エージェント数が説得効果に与える影響を調査した。実験では、擬人化エージェントの数を 1 体、2 体、3 体に設定し、各条件においてエージェントの推薦するアイテムをユーザが選択した回数を記録し、説得効果を比較した。分析の結果、エージェント数が 2 体で、両方ともユーザの意見に賛成して関係構築した場合に、最も説得効果が高いことがわかった。ま

た、エージェント数が増加したとき、各エージェントの態度表出を賛成、または反対に統一することで説得効果が比較的高くなる傾向が示唆された。

## 参考文献

- [1] B. J. Fogg. *Persuasive Technology*. Elsevier, 2003.
- [2] H. Prendinger and M. Ishizuka (Eds.). *Life-like Characters: Tools, Affective Functions, and Applications*. Springer, 2004.
- [3] T. Rist, et al. A Review of the Development of Embodied Presentation Agents and Their Application Fields. *Life-like Characters: Tools, Affective Functions, and Applications*, Springer, pp.377-404, 2004.
- [4] F. Heider. *The Psychology of Interpersonal Relations*, Wiley, 1958.
- [5] 中澤諭・中西英之・石田亨・高梨克也, バランス理論を用いた社会的エージェントの分析, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3607-3616, 2002.
- [6] 門脇克典・小林一樹・北村泰彦, マルチエージェント説得における社会的均衡関係の影響, Joint Agent Workshops and Symposium, 2007.
- [7] N. Shechtman and L. M. Horowitz. Media Inequality in Conversation: How People Behave Differently When Interacting with Computers and People. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Vol.5, No.1, pp.281-288, 2003.
- [8] 竹内勇剛・片桐恭弘, ユーザの社会性に基づくエージェントに対する同調反応の誘発, 情報処理学会論文誌, Vol.41, No.5, pp.1257-1266, 2000.

## 連絡先

小林一樹 (信州大学)

E-mail: [kkobayashi@cs.shinshu-u.ac.jp](mailto:kkobayashi@cs.shinshu-u.ac.jp)