

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

門脇 克典 小林 一樹 北村 泰彦

擬人化エージェントによる説得において、エージェントとユーザの社会的関係が重要であると指摘されている。本研究では、バランス理論の観点から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を調べるために、二体のエージェントとユーザの三者関係についてエージェントの説得効果を評価した。その結果、エージェントの説得効果は不均衡関係より均衡関係のほうが高くなることが明らかになり、マルチエージェント説得において均衡した社会的関係を築くことが重要であることが示された。

When a life-like agent persuades a human user, it is pointed out that the social relation between them is important. To know how the social relation affects the performance of persuasion from a viewpoint of Balance Theory, we evaluate the performance of persuasion in situations where two life-like agents persuade a user. The result shows that the performance in balanced relations exceeds that in unbalanced ones and that the balanced relation among multiple agents is important for persuasion.

1 はじめに

近年、コンピュータを説得のためのテクノロジーとして利用するカプトロジが注目を浴びている[1]。カプトロジは、コンピュータが持つ対話性や処理能力などを活かした説得手法であり、Web サイト上でのビジネスや教育に利用されている。カプトロジにおける説得は「ものの考え方や行動のいずれか、もしくは両方を（強制したり欺いたりすることなく）変えようとする働きかけ」と定義されている[2]。

カプトロジにおいて擬人化エージェントが重要な役割を果たしている。擬人化エージェントは、自律的で人間らしい振る舞いや社会的インタラクションが可能なユーザインタフェースであり、これらの特徴がユーザを説得しやすい要素であると考えられる。

擬人化エージェントによる説得に関連した研究として、竹内らはエージェントの意見に被験者が同調するかどうかを調べる実験を行い、被験者がエージェントに好意を抱く場合にエージェントの意見に同調する傾向が確認された[3]。つまり、人間とエージェント間においても人間同士と同様な社会的インタラクションが成り立ち、エージェントとユーザの社会的関係と説得には密接な関わりがあると考えられる。

エージェントによる説得の要因として社会的関係に着目したとき、シングルエージェントで説得するよりマルチエージェントで説得するほうがユーザに働きかける影響が強く、説得効果は高まる可能性がある。鈴木らの研究において、一体のエージェントが被験者を直接的に説得するより二体のエージェントが被験者を間接的に説得するほうが説得効果は高くなるという結果が確認された[4]。しかし、鈴木らの研究はエージェント同士の二者関係を扱っているにすぎず、マルチエージェント説得における社会的関係の影響は十分に解明されていない。

本研究では、社会的関係を扱うバランス理論の観点から、マルチエージェント説得における均衡・不均衡関係の影響を調べる。本稿では、2章でバランス理論

Influence of Balanced Social Relation on Multiagent Persuasion.

Katsunori Kadowaki, Kazuki Kobayashi, 関西学院大学 大学院理工学研究科, Graduate School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University.

Yasuhiko Kitamura, 関西学院大学 理工学部, School of Science and Technology, Kwansai Gakuin University.

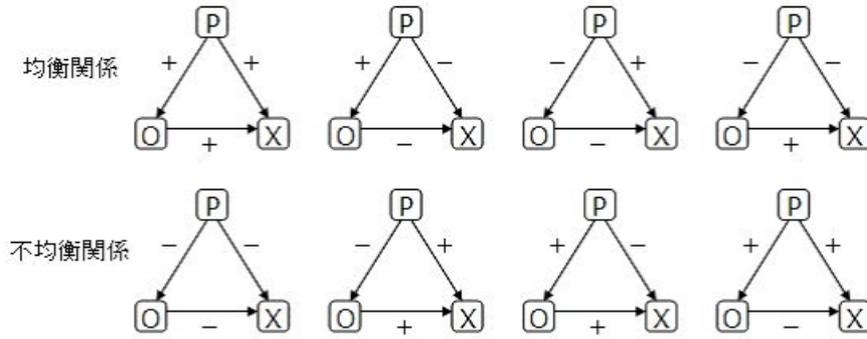


図 1 バランス理論における均衡・不均衡関係

について説明し、3章ではマルチエージェントの説得効果を評価するために開発したシステムについて述べる。また4章でそのシステムを用いた評価実験について結果と考察を述べ、5章でまとめと今後の課題について述べる。

2 バランス理論

バランス理論は、認知的均衡理論やP-O-Xモデルとも呼ばれ、三者間の社会的関係を扱っている。自己をP、他者をO、対象をXとして、PのOに対する印象、PのXに対する印象、PからみたOのXに対する印象について正(+)と負(-)の印象でラベル付けを行う。人間はこれらの印象の積が正となる均衡関係を維持しようとする傾向がある[5]。均衡関係は図1のように三方向の印象の積が正になり、不均衡関係は三方向の印象の積が負になる関係である。また正の印象は好意や類似性など、負の印象は敵意や非類似性などの心情である。バランス理論を用いることで組織やグループの社会的均衡関係を把握することができる。

中澤らはこの人間関係におけるバランス理論が人間とエージェント間の関係でも成り立つかどうかを調べる実験を行い、エージェント一体と被験者二人の三者関係においてバランス理論が成り立つという結果が確認された[6]。本研究では、2体のエージェントと一人のユーザとの間に成り立つ社会的均衡関係が、エージェントからユーザへの説得にどのように影響を及ぼすかをバランス理論の観点から明らかにする。

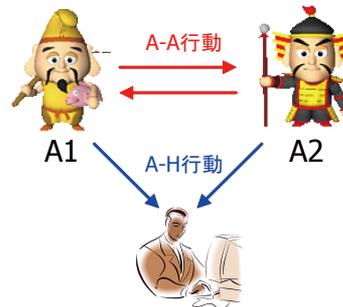


図 2 二体のエージェントとユーザの三者関係

3 マルチエージェント説得システム

マルチエージェント説得における均衡・不均衡関係の影響を調べるために、図2のような二体のエージェントとユーザの三者関係についてエージェントの説得効果を評価するシステムを開発した[7]。本研究では、エージェントがユーザを説得する前に、意図的にバランス理論に基づく三者関係を構築する。したがって、本システムを構築フェーズと説得フェーズの2つの段階で構成し、二体のエージェントとユーザの三者関係を築いた上でエージェントの説得行動に対するユーザの応答を調査する。

本システムでは擬人化エージェントとしてMicrosoft Agentを利用した。Microsoft Agentは、3DCGで表現されたキャラクターが人間らしいジェスチャや音声会話を可能にするソフトウェアコンポーネント群である。エージェントの制御はJavaScriptで記述し、図

4 に示すように Microsoft Internet Explorer 上で実行した。

3.1 構築フェーズ

構築フェーズは、二体のエージェントとユーザの三者関係を構築する段階である。そのためには、各エージェントとユーザの二者関係とエージェント同士の二者関係を築く必要があり、3つの二者関係によって三者間の関係が構築される。

まずエージェントとユーザの二者関係を築くために、事前アンケートで得たユーザの嗜好に対してエージェントが賛成・反対する。このユーザに対するエージェント行動を「A-H 行動」と呼ぶ。図 2 に示すように二体のエージェントがユーザに働きかけるので、A-H 行動は二方向について行われる。具体的な内容として、ユーザは事物の好き嫌いに関する事前アンケートに答え、次にエージェントが自己紹介をするという状況設定で、アンケート項目の一部についてエージェント自身の嗜好をユーザに伝える。エージェントはユーザの好きな事物を「好き」と言うことで賛成し、ユーザの嫌いな事物を「好き」と言うことで反対する。また自然な会話になるように、エージェントはユーザの好き嫌いにはない嗜好もランダムに言う。

次にエージェント同士の二者関係を築くために、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・敵意に関する言動を表明し、その様子をユーザに観察させる。このエージェントに対するエージェント行動を「A-A 行動」と呼ぶ。図 2 に示すように二体の各エージェントがもう一方に働きかけるので、A-A 行動は二方向について行われる。構築フェーズのシステム画面を図 4 に示す。

バランス理論に基づく三者関係の全てを扱うために、マルチエージェントの A-H 行動と A-A 行動を図 3 のように設定する。均衡関係を扱う均衡両方賛成条件・均衡両方反対条件・均衡賛成反対条件と、不均衡関係を扱う不均衡両方賛成条件・不均衡両方反対条件・不均衡賛成反対条件の 6 条件である。

たとえば、均衡賛成反対条件における三者関係を構築する場合には、以下のような手順をとる。事前アンケートでユーザが「好きなスポーツ」を「サッカー」、



図 4 構築フェーズのシステム画面

「嫌いなスポーツ」を「マラソン」と答えた場合、自己紹介の話題として「好きなスポーツ」を取り上げ、A-H 行動としてエージェント A1 が賛成しエージェント A2 が反対するので、

A1 「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」

A2 「私の好きなスポーツはマラソンです。いつも興奮できて楽しいです」

さらに、A-A 行動としてエージェント同士で敵対関係を演出するために、

A1 「… マラソンはどうも苦手だな」

A2 「… サッカーはそんなに楽しくないよ」

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…」

という会話を行う。この一連の会話をアンケート項目について複数回行う。エージェントの発言にはユーザの好き嫌いに関する回答を挿入し、構築回数に応じて決められた内容と順序で発言する。

3.2 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。砂漠遭難課題についてエージェントがアイテムを推薦しユーザがそれを選ぶように働きかける。砂漠遭難課題は、飛行機が砂漠に不時着してしまいそこで遭難したという状況設定で、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決める課題であり、正しい答えがなく意見が偏らないという特

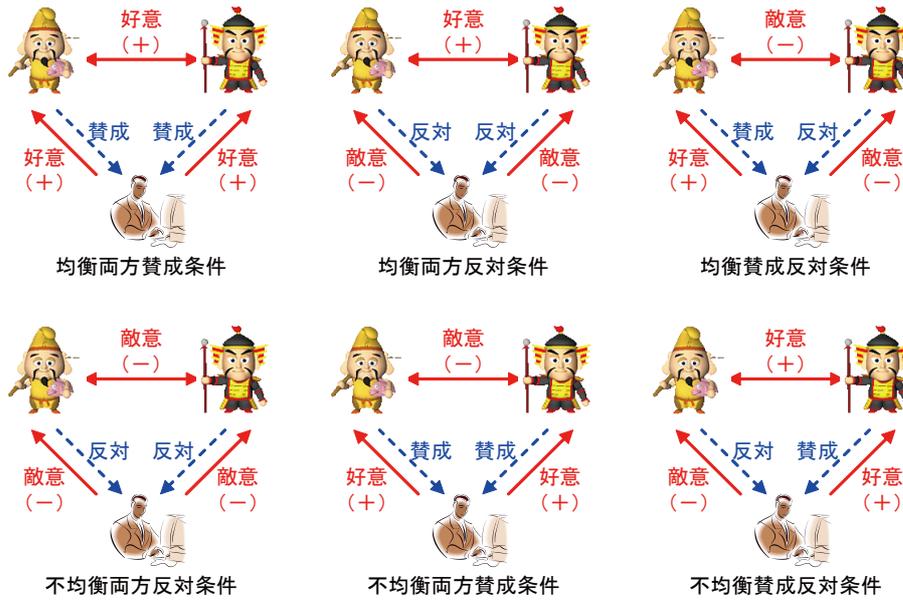


図3 二体のエージェントとユーザの均衡・不均衡関係

徴がある[8]。

本システムでは、同じカテゴリに分類された3個のアイテムの中から、二体のエージェントが1個ずつ異なるアイテムを推薦し、ユーザはその意見を聞いてから3個のうち1個を選択する。エージェントは推薦するアイテムの論理的な理由付けを行わないものとし、エージェントが薦めたアイテムをユーザが選択した場合、エージェントに説得されたと判断する。説得フェーズのシステム画面を図5に示す。

たとえば「寝具」というカテゴリに分類された3個のアイテムを「毛布」「掛布団」「寝袋」としたとき、一方のエージェントは「砂漠だからね…おすすめは毛布だよ」と言い、もう一方のエージェントは「生き残るためには…やっぱり寝袋にするべきだよ」と言い、ユーザはその意見を聞いてから3個のうち1個を選ぶ。エージェントが推薦するアイテムはランダムであり、この説得行動をカテゴリ数だけ複数回行う。

4 評価実験

4.1 手順

マルチエージェント説得システムを用いて評価実験を行った。被験者は関西学院大学理工学部情報科



図5 説得フェーズのシステム画面

学科の大学生・大学院生60名である。実験条件は構築フェーズで設定した6条件であり、被験者は各条件に10名ずつ割り当てられた。エージェントの外観は、Microsoft社が提供しているキャラクタでは被験者にとって既知の可能性もあるため、図2のようなキャラクタA1とA2を使用した。

構築フェーズでは、事前アンケート10項目のうち3項目を取り上げ構築回数は3回とした。アンケート10項目は「好きな食べ物」「嫌いな食べ物」「好きな

表 1 構築フェーズの主観評価

被験者のA1 に対する印象	意見が合う*	共感できる*	似ている*	好感が 持てる*	魅力的に 感じる	好き
賛成群	3.53 (0.82)	3.63 (0.81)	3.23 (1.17)	3.83 (0.99)	2.90 (1.00)	3.40 (0.93)
反対群	2.43 (0.97)	2.80 (0.93)	2.10 (0.80)	3.13 (0.97)	2.87 (0.97)	3.03 (1.03)
対応のない t検定	t(58)=4.74 p<.001	t(58)=3.72 p<.001	t(51.48)=4.39 p<.001	t(58)=2.77 p<.01	t(58)=0.13 p=.896	t(58)=1.44 p=.154
被験者のA2 に対する印象	意見が合う*	共感できる*	似ている*	好感が 持てる*	魅力的に 感じる	好き
賛成群	3.50 (1.01)	3.47 (0.86)	3.03 (0.96)	3.77 (0.94)	3.20 (0.85)	3.50 (0.78)
反対群	2.50 (1.08)	2.67 (0.88)	2.17 (0.79)	3.10 (1.13)	2.80 (0.89)	3.03 (1.03)
対応のない t検定	t(58)=3.72 p<.001	t(58)=3.55 p<.001	t(58)=3.81 p<.001	t(58)=2.50 p<.05	t(58)=1.79 p=.079	t(58)=1.98 p=.053
被験者からみた A1のA2に対する印象	意見が合う	共感できる*	似ている	好感が 持てる*	魅力的に 感じる*	好き*
好意表明群	3.07 (1.55)	3.33 (1.35)	3.20 (1.27)	4.17 (0.87)	3.60 (1.10)	3.97 (1.10)
敵意表明群	2.63 (1.61)	2.20 (1.03)	2.67 (1.37)	2.20 (1.13)	2.37 (0.93)	2.37 (1.07)
対応のない t検定	t(58)=1.06 p=.293	t(54.28)=3.66 p<.001	t(58)=1.56 p=.124	t(58)=7.55 p<.001	t(58)=4.69 p<.001	t(58)=5.73 p<.001
被験者からみた A2のA1に対する印象	意見が合う	共感できる*	似ている	好感が 持てる*	魅力的に 感じる*	好き*
好意表明群	2.97 (1.50)	3.27 (1.41)	2.80 (1.24)	4.07 (0.91)	3.63 (1.10)	3.97 (0.89)
敵意表明群	2.47 (1.61)	2.13 (1.20)	2.57 (1.46)	2.10 (1.09)	2.23 (0.97)	2.20 (0.96)
対応のない t検定	t(58)=1.24 p=.218	t(58)=3.35 p<.001	t(58)=0.67 p=.507	t(58)=7.58 p<.001	t(58)=5.23 p<.001	t(58)=7.39 p<.001

平均 (標準偏差), *p<.05

色」「嫌いな色」「好きなスポーツ」「嫌いなスポーツ」「好きな動物」「嫌いな動物」「好きなテレビ番組」「嫌いなテレビ番組」であり、その中からエージェントの自己紹介で話題とする項目を「好きな食べ物」「好きなスポーツ」「好きなテレビ番組」とし、エージェントはこの順序で各項目に対する好き嫌いを表明した。説得フェーズでは、アイテム総数 18 個を 3 個ずつのカテゴリに分類し説得回数は 6 回とした。以下に実験で用いた全カテゴリと分類されたアイテムを示す。このカテゴリの順序に従い、各エージェントがアイテムを推薦した。

- 日用品 … 歯ブラシ, 爪切り, 耳かき
- 治療薬 … 傷薬, 胃腸薬, 頭痛薬
- 刃物 … カッター, ハサミ, 包丁
- 思い出 … 手紙, 写真, ハガキ
- 本 … 漫画, 小説, 雑誌
- 寝具 … 毛布, 掛布団, 寝袋

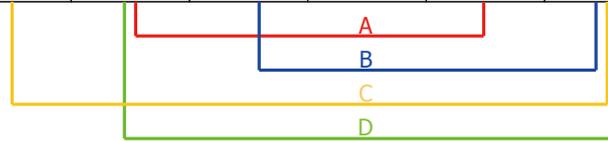
説得フェーズの後に被験者の主観評価として、図 2 のような四方向の印象について好意と類似に関する質問 6 項目を 5 段階尺度で測定した。質問項目はバランス理論に関する中澤らの研究や坂本らの研究と同様に、類似に関する項目を「意見が合う」「共感できる」「似ている」とし、好意に関する項目を「好感が持てる」「魅力的に感じる」「好き」とした [9]。各質問項目について「そう思う」を 5、「そう思わない」を 1 として評価する。

4.2 結果

構築評価として、意図した三者関係が構築されたかを確認する。本研究では、バランス理論が成り立っていたかどうかを判断するために坂本らの研究を参考に [9]。四方向における各質問項目で正・負の印象について t 検定を行った結果、表 1 のようになった。A-H 行動の二方向と A-A 行動の二方向について、質

表 2 説得フェーズの説得応答回数

条件	均衡 両方賛成	均衡 両方反対	均衡 賛成反対	不均衡 両方賛成	不均衡 両方反対	不均衡 賛成反対
A-H行動	両方賛成	両方反対	賛成反対	両方賛成	両方反対	賛成反対
A-A行動	好意表明	好意表明	敵意表明	敵意表明	敵意表明	好意表明
説得応答回数 平均(標準偏差)	5.00 (0.94)	5.10 (0.74)	5.00 (0.94)	4.70 (0.95)	4.10 (0.99)	3.90 (0.99)



- (A) A-H行動が両方反対のときA-A行動の単純主効果… $F(1,54)=5.77$ $p<.05$
 (B) A-H行動が賛成反対のときA-A行動の単純主効果… $F(1,54)=6.98$ $p<.05$
 A-A行動が好意表明のときA-H行動の単純主効果… $F(2,54)=5.12$ $p<.01$
 (C) 多重比較(Bonferroni)においてA-H行動が両方賛成と賛成反対の間に有意差… $p<.05$
 (D) 多重比較(Bonferroni)においてA-H行動が両方反対と賛成反対の間に有意差… $p<.05$

問 6 項目のうち 4 項目で正・負の印象に有意差が確認された。したがって、各条件で意図した三者関係が構築されていると考えられる。

説得評価として、エージェントの説得効果を確認するために、説得回数 6 回のうち被験者がエージェントの説得に応じた回数を計測した結果、表 2 のようになった。6 条件の三者関係は A-H 行動と A-A 行動の組み合わせで構成されており、どちらのエージェント行動が説得効果に影響を及ぼすのかを確認するために、この 2 要因で分散分析を行い 6 条件を比較した。ここで A-H 行動の要因は両方賛成・両方反対・賛成反対の 3 水準であり、A-A 行動の要因は好意表明・敵意表明の 2 水準である。説得に応じた回数について $3(A-H \text{ 行動}) \times 2(A-A \text{ 行動})$ の分散分析を行った結果、A-H 行動と A-A 行動の交互作用が有意であった ($F(2,54)=6.60$, $p<.005$)。したがって、説得効果に影響を及ぼすのは A-H 行動と A-A 行動のどちらか一方だけの要因ではなく、複合要因になっていることが示された。

そこで、複合要因のどの水準の間で説得効果の有意な違いがあるのかを調べるために、単純主効果の検定を行った。検定の結果、表 2 の A で示すように、説得効果は不均衡両方反対条件より均衡両方反対条件のほうが高くなることが示された。また表 2 の B

で示すように、説得効果は不均衡賛成反対条件より均衡賛成反対条件のほうが高くなることが示された。さらに表 2 の C で示すように、説得効果は不均衡賛成反対条件より均衡両方賛成条件のほうが高くなることが示された。また表 2 の D で示すように、説得効果は不均衡賛成反対条件より均衡両方反対条件のほうが高くなることが示された。

4.3 考察

構築評価では、A-H 行動の二方向について、「意見が合う」「共感できる」「似ている」「好感が持てる」の 4 項目で有意差が確認されたことから、エージェントが被験者の嗜好に賛成・反対することで被験者は類似に関する正・負の印象を抱いたと考えられる。バランス理論における正の印象は好意や類似性などの心情であるため、好意や類似に関する項目のどちらかに差が出れば正・負の印象を抱いたと考えられる。A-A 行動の二方向については、「共感できる」「好感が持てる」「魅力的に感じる」「好き」の 4 項目で有意差が確認されたことから、エージェント同士が好意・敵意関係を表明することで被験者は好意に関する正・負の印象を抱いたと考えられる。これらの結果、A-A 行動と A-H 行動の全体として正・負の印象を抱いたことから、各条件で意図した三者間の社会的均衡関係

を構築することができたと考えられる。

説得評価では、エージェントの説得効果に影響を及ぼすのは A-H 行動と A-A 行動の複合要因であることから、三者間の社会的均衡関係が説得の要因だと考えられる。また単純主効果の全ての結果に共通することとして、エージェントの説得効果は不均衡関係より均衡関係のほうが高くなることが明らかになった。結果の一例として表 2 の D に注目すると、均衡両方反対条件と不均衡賛成反対条件の違いは一方のエージェントがユーザに反対するか賛成するかであり、その違いだけであれば賛成するほうが説得効果は高くなると予想されたが、ここでは逆の結果になっている。つまり、被験者は二者関係における好意・敵意関係より三者関係における均衡・不均衡関係に影響され、マルチエージェント説得において均衡した社会的関係を築くことが重要であることが示された。

したがって、マルチエージェントによる説得を行うとき、エージェントとユーザの関係だけでなく、エージェント同士の関係を含めた全体としての社会的関係を考慮して、均衡した社会的関係になるようにエージェント行動を設計する必要がある。

5 まとめと今後の課題

本研究では、マルチエージェント説得における均衡・不均衡関係の影響を調べるために、二体のエージェントとユーザの三者関係についてエージェントの説得効果を評価した。その結果、エージェントの説得効果は不均衡関係より均衡関係のほうが高くなることが明らかになった。

今後、シングルエージェント説得についての評価実験を行い、マルチエージェントの場合との説得効果

を比較する。またマルチエージェント説得において、エージェント数を三体にしたときの社会的均衡関係を扱うシステムを開発し、エージェント数が増えることによって社会的均衡関係の影響が強くなり、説得効果は高くなるのかを検証する。

謝辞 本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究(B)(課題番号:17300050)によるものである。

参考文献

- [1] B. J. Fogg, Persuasive Computers: Perspectives and Research Directions, Computer-Human Interaction, pp.225-232, 1998.
- [2] B. J. Fogg, 実験心理学が教える人を動かすテクノロジー, 高良理・安藤知華(訳), 日経 BP 社, 2005.
- [3] 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.
- [4] 鈴木聡・山田誠二, 擬人化エージェントによるオーバーハードコミュニケーションのユーザの態度への影響, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.4, pp.1093-1100, 2005.
- [5] 榎博文, 説得と影響 交渉のための社会心理学, ブレーン出版, 2002.
- [6] 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.
- [7] 門脇克典・北村泰彦・小林一樹, 擬人化エージェントによる説得効果の評価法, 第 69 回情報処理学会全国大会, 6R-4, 2007.
- [8] 竹内勇剛・片桐恭弘, 人-コンピュータ間の社会的インタラクションとその文化依存性 ~ 互恵性に基づく対人的反応 ~, 認知科学, Vol.5, No.1, pp.26-38, 1998.
- [9] 坂本大介・小野哲雄, ロボットの社会性: ロボットが対話者間の印象形成に与える影響評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.3, pp.381-390, 2006.