

身体操作を実装した仮想エージェントとの 持続的インタラクション評価

Sustained Interaction evaluation of virtual agents with self-adaptors

東野 寛志¹ 神田 智子¹

Hiroshi Higashino¹, and Tomoko Koda¹

¹大阪工業大学大学院 情報科学研究科

¹Graduate School of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

Abstract: This paper reports the effects of showing self adaptors of virtual agents in informal communication between humans and agents. We implemented self adaptors to a virtual agent and evaluated its humanity and friendliness during human-agent interaction. The results suggests virtual agents' showing self adaptors prevents agent's perceived friendliness from decreasing over multiple interactions.

1. はじめに

近年、対面で人とのインタラクションを行う会話エージェントが一般ユーザに普及し始めており、盛んに研究が行われている。会話エージェントはバーバルコミュニケーション能力とノンバーバルコミュニケーション能力が必要とされる[1]。バーバルコミュニケーションとは音声言語を用いたコミュニケーションのことであり、ノンバーバルコミュニケーションとは、表情や身振りなど音声言語以外を用いたコミュニケーションのことである。人との対話において音声言語のみでは円滑な対話の進行は困難であり、ノンバーバルコミュニケーションは対話そのものを成り立たせるうえで必要不可欠である[2]。

ノンバーバルコミュニケーションは身体的特徴や対人距離、周辺言語、身体動作などに分類され、本研究では身体動作のうち適応子と呼ばれる動作群の身体操作に着目する[2]。身体操作は鼻の穴をほじる、頭をかくのような身体のある部分で他の身体のある部分に加える操作のことであり、人前でタブーとされる動作が多く、さらにメッセージ性も低い[2]。そのためエージェント研究において、表情や視線などメッセージ性の強いノンバーバルコミュニケーションの研究と比べると活発に研究が行われていない。しかし、人同士の親しい間柄でのコミュニケーションにおいて、身体操作は頻繁に行われている。

そこで本研究では親しい間柄でのコミュニケーションをインフォーマルコミュニケーションと定義し、『インフォーマルコミュニケーションにおける身体操作をエージェントに実装することにより、エー

ジェントの見かけの人間らしさや親密性が向上する』と仮説を立てた。エージェントへの身体操作の実装がユーザに与える効果を分析し、検証を行った。

エージェントとユーザとのインタラクションに関する研究は数多く行われているが、多くが一過性のインタラクション評価であり、エージェントとユーザとの持続的なインタラクション評価についての研究は数少ない。その中でも代表的なのが Timothy Bickmore らの Relational Agents 関連の研究がある。Timothy らによれば、ユーザとエージェントとの持続的なインタラクションには信頼関係を築くことが重要であると述べている[3]。本研究では、インフォーマルコミュニケーションにおける身体操作が、複数回のインタラクションを経て形成されるのを鑑み、一度の実験で印象評価を行うのではなく、実験を複数回、継続的に行い印象評価を行う事で、エージェントとユーザとの持続的なインタラクション評価を行うこととした。

2. 事前調査

研究を進めるにあたり、人同士の対話において頻発する身体操作の調査のため、事前調査としてビデオによる人同士のインフォーマルコミュニケーション分析を行った。事前調査参加者は友人同士の3組、計6名である。事前調査は事前調査参加者組ごとに行い、事前調査参加者同士、対面して椅子に座り会話をを行う。事前調査参加者には普段通りの会話をするように指示し、約20分間の会話の様子を録画し、その様子を椅子の後ろに取り付けたビデオカメラで

撮影した。その映像から、事前調査参加者が行う身体操作の種類、頻度、回数やタイミングについて分析を行った。事前調査の様子を図1に示す。



図 1. 事前調査の様子

分析を行う際、各事前調査参加者組の会話や身体操作が活発に行われていた約5分間の映像を抽出し、分析の対象とした。これは事前調査開始直後や話題終了から次の話題に移るまでの間、スムーズに会話が行われない事が考えられ、分析対象から除外することとした。抽出した映像から、事前調査参加者が行った身体操作の種類と回数をまとめたものを表1に示す。

表 1. 行われた身体操作の種類と回数

事前調査参加者	身体操作					
	唇をなめる	腕を触る	爪を触る	髪を触る	顔を触る	鼻を触る
A(女性)	3	3	4	7	3	1
B(女性)	0	6	0	4	1	2
C(女性)	0	0	0	2	1	4
D(女性)	2	1	0	1	2	0
E(男性)	3	1	0	7	4	2
F(男性)	1	0	0	0	1	1
合計(男性)	2	1	0	3	3	4
合計(女性)	7	10	4	18	9	6
合計(男女)	9	11	4	21	12	10

分析の結果、身体操作は会話の聞き手側より話し手側で高い頻度で行われていた。さらに話し手側は目線の移動やジェスチャーを含めた身体の動作も、聞き手側に比べると高頻度で行われていた。最も多く身体操作が行われていたタイミングは会話の開始時で、さらに会話の途中でも文節の切れ目で身体操作は行われていた。表1に示すように事前調査参加者Aはどの身体操作も比較的多く行っているが、事前調査参加者Fは「唇をなめる」「腕を触る」を1回ずつしか行っていない。さらに、「爪を触る」については事前調査参加者Aしか行っていないことがわかる。これらのことから、行われる身体操作の種類や回数には個人差があると考えられる。

これらの結果を元に、行われる回数が多く、比較

的どの事前調査参加者も行っていた「髪を触る」、「顔を触る」、「鼻を触る」の3種類の身体操作を、本研究における身体操作と定義しエージェントに実装することとした。さらにエージェントが身体操作を行うタイミングについても、会話の開始時や文節の切れ目で行う事とする。

3. エージェントの開発

TVML(TV program Making language) [4]を用いて、身体操作を行うエージェントを開発した。エージェントが行う身体操作は、事前調査で事前調査参加者が行っていた身体操作の動き、速度、タイミングを元に作成した。図2に作成した身体操作を行うエージェントを示す。エージェントが行う身体操作の種類は「髪を触る」、「顔を触る」、「鼻を触る」の3種類、エージェントが身体操作を行うタイミングは会話の開始時や文節の切れ目とした。



図 2. 身体操作3種類を実装したエージェント (左から「髪を触る」、「顔を触る」、「鼻を触る」)

4. 評価実験

4.1. 評価実験の方法

評価実験は、身体操作を実装したエージェントと実装していないエージェント2種類の映像を交互に実験参加者に提示し、各エージェントの映像終了後にエージェントについて6段階評定のSD法による印象評価を行うものとした。これを1回の実験とし、1日1回の実験を5日間にわたり全5回行った。これはインフォーマルコミュニケーションにおける身体操作を実装したエージェントを評価するには、実験参加者はエージェントと継続的に対話を行い、印象評価を行う必要があるためである。なお順序効果を考慮し、5回の実験ごとに提示するエージェントの映像の順序はランダムとする。実験参加者は12名の大学生(男性10名、女性2名)である。

4.2. 実験刺激

評価実験に使用する刺激として、身体操作を実装したエージェントと実装していないエージェントの2種類の映像を作成した。

- 身体操作を実装したエージェントの映像
映像は約1分30秒で、エージェントは身体操作3種類を1回ずつ行う。音声には女性の肉声を用い、エージェントが話す内容は年間行事についての事柄とし、5回の実験ごとにエージェントが話す内容は異なるものとする。
- 身体操作を実装していないエージェントの映像
エージェントが身体操作3種類を行わないこと以外、外見や使用した音声、会話内容などは身体操作を実装したエージェントの映像と同一

4.3. 評価項目

評価項目は対人認知研究で広く利用されている、林による特性形容詞尺度[5]の「積極的な」、「消極的な」、「軽率な」、「慎重な」等の20項目と「人間らしさ」、「わずらわしさ」、「自然さ」についての3項目を合わせた23項目の形容詞対を用いた。特性形容詞尺度は人が人を認知する際に使用される評価尺度であり、本研究の評価実験では人がエージェントを評価することから、エージェントの「人間らしさ」「わずらわしさ」「自然さ」についての評価項目を増やすことで、より正確な評価結果が得られると考えられる。使用した23項目の形容詞対を表2に示す。

表 2. 23 項目の形容詞対

23項目の形容詞対			
積極的な	消極的な	堂々とした	卑屈な
人のわるい	人のよい	感じのわるい	感じのよい
なまいきでない	なまいきな	分別のある	無分別な
ひとなつつこい	近づきがたい	親しみやすい	親しみにくい
にくらしい	かわいらしい	無気力な	意欲的な
心のひろい	心のせまい	自信のない	自信のある
非社会的な	社会的な	気長な	短気な
責任感のある	責任感のない	不親切な	親切な
軽率な	慎重な	わずらわしい	おとなしい
恥知らずの	恥ずかしがりの	自然な	不自然な
重厚な	軽薄な	人間らしい	人間らしくない
沈んだ	うきうきした		

実験参加者にはこの23項目の形容詞対を6段階で評価してもらう。なお、5回の実験ごとに23項目の形容詞対の並びは異なるものとする。

4.4. 実験手順

実験手順は次の通りである。

- ①評価項目を実験参加者に提示
- ②身体操作を実装したエージェントか身体操作を実装していないエージェントの映像のいずれかを実験参加者に提示
- ③②で提示したエージェントについての印象評価を実験参加者に行ってもら
- ④評価項目を実験参加者に提示
- ⑤②で提示していないエージェントの映像を実験参加者に提示
- ⑥⑤で提示したエージェントについての印象評価を実験参加者に行ってもら

① ⑥を1回の実験とし、5日間にかけて5回行う。

手順①と④で実験参加者に事前に評価項目を提示することで、手順②と⑤のエージェントの映像を実験参加者が提示される際、評価項目の内容を知ったうえで評価を行うので、手順③と⑥で同じ条件で評価を行う事が出来る。

さらに順序効果を考慮し、実験参加者12名を6名ずつの2グループに分け、グループごとに提示するエージェントの順序を入れ替え、さらに全5回の実験毎に提示するエージェントの順序もランダムに入れ替えている。例えばグループ1が1回目の実験時に身体操作を実装したエージェントの評価の次に身体操作を実装していないエージェントの評価を行った場合、グループ2は1回目の実験時に身体操作を実装したエージェントの評価の次に身体操作を実装したエージェントの評価を行う。2回目の実験以降、エージェントを提示する順序をランダムに入れ替える。

なお、5回の実験による印象評価の変化も分析の対象とする。

5. 分析

5.1. 因子分析

評価実験結果から主因子法を用い、因子分析を行った結果を表3に示す。表3より、3つの因子が抽出されたことがわかる。第1因子は「社会的な」、「感じのよい」、「意欲的な」、「ひとなつつこい」といった形容詞項目の因子負荷量が高かったため親近性因子、以下同様に、第2因子は「責任感のない」、「軽薄な」、「無分別な」から非道徳性因子、第3因子は「恥ずかし

表 3. 因子分析結果

	因子1	因子2	因子3
無気力な - 意欲的な	0.963	-0.058	0.115
感じのわるい - 感じのよい	0.767	-0.081	0.181
非社会的な - 社会的な	0.746	-0.09	-0.124
ひとなつつこい - 近づきたい	-0.693	-0.281	-0.008
親しみやすい - 親しみにくい	-0.635	0.004	0.056
堂々とした - 卑屈な	-0.621	0.138	0.23
積極的な - 消極的な	-0.607	-0.03	0.428
自信のない - 自信のある	0.604	0.012	-0.232
沈んだ - うきうきした	0.57	0.206	-0.325
人のわるい - 人のよい	0.56	-0.054	0.081
にこらしい - かわいらしい	0.534	0.199	0.254
不親切な - 親切な	0.493	-0.2	0.209
心のひろい - 心のせまい	-0.456	0.354	0.277
分別のある - 無分別な	0.085	0.778	0.013
重厚な - 軽薄な	0.032	0.76	0.119
責任感のある - 責任感のない	-0.205	0.716	-0.091
気長な - 短気な	0.002	0.537	0.142
なまいきでない - なまいきな	-0.151	0.492	-0.328
わずらわしい - おとなしい	-0.006	0.066	0.807
恥知らずの - 恥ずかしがりの	0.04	0.101	0.783
軽率な - 慎重な	-0.188	-0.342	0.542
自然な - 不自然な	0.108	0.1	0.23
人間らしい - 人間らしくない	0.059	0.109	0.079

がりの、「おとなしい」から内向性因子と命名した。

5.2. 因子得点を用いた分析

各因子の因子得点を用い 2 種類のエージェント間で t 検定を行った結果を図 3 に示す。身体操作を実装したエージェントと身体操作を実装していないエージェント間で、道徳性因子と内向性因子に有意差(p<0.01)が見られた。身体操作を実装したエージェントは、身体操作を実装していないエージェントに比べ道徳性が乏しく、内向性が低いことがわかった。

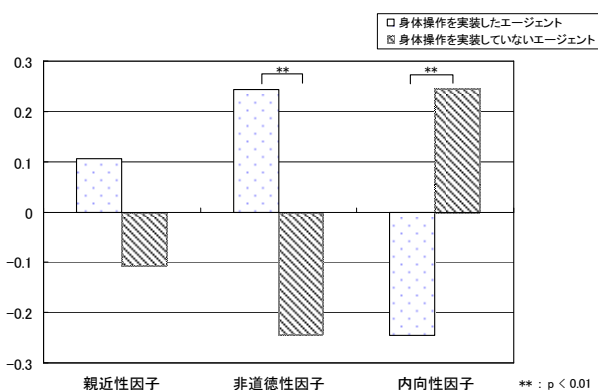


図 3. 因子得点による t 検定を行った結果

5.3. 実験回数間での比較

身体操作を実装したエージェントと身体操作を実装

装していないエージェントの 2 種類のエージェントそれぞれの 23 の評価項目について、実験回数間で多重比較を行った結果、「ひとなつつこい - 近づきたい」、「非社会的な - 社会的な」、「軽率な - 慎重な」、「沈んだ - うきうきした」、「感じのわるい - 感じのよい」、「親しみやすい - 親しみにくい」、「無気力な - 意欲的な」の 7 項目に関して有意傾向(p<0.05)、有意差(p<0.01)が見られた。表 4 に「ひとなつつこい - 近づきたい」、「非社会的な - 社会的な」、「感じのわるい - 感じのよい」、「親しみやすい - 親しみにくい」、「無気力な - 意欲的な」についての結果を示す。表中の数値は実験参加者の評価値平均である。

表 4. 実験回数間で多重比較を行った結果

	評価項目	実験回数					
		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目	
身体操作を実装したエージェント	1.ひとなつつこい-6.近づきたい	2.6	2.5	2.3	3.2	3.0	
	1.非社会的な-6.社会的な	4.5	4.8	5.1	3.8	4.0	(3-4)p<0.05
	1.感じのわるい-6.感じのよい	4.2	4.7	4.8	3.9	3.9	
	1.親しみやすい-6.親しみにくい	2.5	2.6	2.2	3.4	3.0	(3-4)p<0.05
身体操作を実装していないエージェント	1.無気力な-6.意欲的な	4.5	4.3	4.5	3.7	4.0	
	1.ひとなつつこい-6.近づきたい	2.2	3.1	3.3	3.3	3.7	(1-3,1-4)p<0.05 (1-5)p<0.01
	1.非社会的な-6.社会的な	5.0	4.6	4.6	3.8	4.1	(1-4)p<0.05
	1.感じのわるい-6.感じのよい	5.1	4.6	4.8	4.2	4.1	(1-5)p<0.05
	1.親しみやすい-6.親しみにくい	2.3	3.0	2.8	3.3	3.3	
	1.無気力な-6.意欲的な	5.2	4.8	4.3	3.8	3.9	(1-4)(1-5)p<0.01

5.4. 2 種類のエージェント間での比較

23 の評価項目について、全 5 回の実験で得られた評価の合計得点を用い、身体操作を実装したエージェントと実装していないエージェントの 2 種類のエージェント間で t 検定を行った結果を図 4 に示す。「軽率な - 慎重な」、「わずらわしい - おとなしい」、「人間らしい - 人間らしくない」、「なまいきでない - なまいきな」「ひとなつつこい - 近づきたい」「分別のある - 無分別な」の 6 項目について有意傾向(p<0.05)、有意差(p<0.01)がみられた

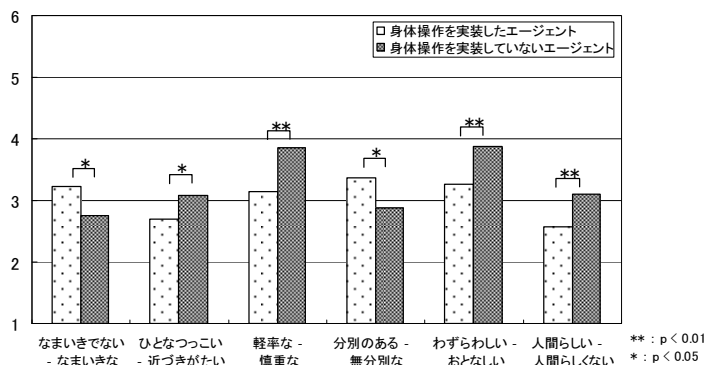


図 4. 2 種類のエージェント間の t 検定結果

6. 考察

6.1. 因子分析結果の考察

因子分析の結果より、人がエージェントを対人的に認知し印象評価する際は親近性因子、非道徳性因子、内向性因子の3つの因子が大きく影響していることがわかった。さらに因子得点を用いた分析より、身体操作を実装したエージェントは身体操作を実装していないエージェントに比べ、道徳性が乏しく、内向性が低いと評価されたことが示された。

道徳性が乏しいと評価されたのは、一見マイナスな評価であるように感じられるが、身体操作の持つ意味を、実験参加者が正しく理解した結果であるといえる。例えば、大切な面接の場で、髪を触ったり、顔を触ったり、鼻を触ったりする人を、面接官はあまり快く思わないと考えられる。身体操作は人前でタブーとされる動作が多く、少なからず対話者に道徳性についてネガティブな印象を与える可能性がある。つまり人同士のコミュニケーションにおいて、身体操作を行うことで対話者にネガティブな印象を与えることが考えられる。それを踏まえ、身体操作を実装したエージェントが、身体操作を実装していないエージェントに比べ道徳性が乏しく評価されたということは、人同士のコミュニケーションにおいて身体操作を行った者への評価と同様の評価がなされたこととなり、身体操作のエージェントへの実装はエージェントの見かけの人間らしさを向上させたと考えられる。

内向性因子についても同様に、実際の人同士のコミュニケーションにおいて、身体の動きが少ない人は対話者に内向的であると評価されると考えられる。身体操作を実装したエージェントは身体操作を行う分、身体操作を実装していないエージェントに比べエージェントの動きが多い。結果、身体操作を実装したエージェントに比べ身体操作を実装していないエージェントは内向的であると評価されたといえる。

6.2. 実験回数間での比較結果の考察

身体操作を実装したエージェントと身体操作を実装していないエージェントの2種類のエージェントそれぞれの23の評価項目について、実験回数間で多重比較を行った結果、「ひとなつっこい-近づきたい」「非社会的な-社会的な」「軽率な-慎重な」「沈んだ-うきうきした」「感じのわるい-感じのよい」「親しみやすい-親しみにくい」「無気力な-意欲的な」の7項目に関して有意差と有意傾向が見られた。

「ひとなつっこい-近づきたい」「非社会的な-

社会的な」「感じのわるい-感じのよい」「親しみやすい-親しみにくい」「無気力な-意欲的な」の5項目に関して、表3に示すように親近性因子の因子負荷量が高い項目である。つまり、これら5項目の評価は親近性因子に高い影響を与えている。親近性因子にポジティブな影響を与える評価は前述の5項目の「ひとなつっこい」「社会的な」「感じのよい」「親しみやすい」「意欲的な」側の評価であり、逆にネガティブな影響を与える評価は前述の5項目の「近づきたい」「非社会的な」「感じのわるい」「親しみにくい」「無気力な」側の評価である。そして表4に示すように、これら5項目に関して身体操作を実装していないエージェントは実験回数を重ねるにつれて、親近性因子にポジティブな影響を与える評価が低下していることがわかる。特に、「ひとなつっこい-近づきたい」「非社会的な-社会的な」「感じのわるい-感じのよい」「無気力な-意欲的な」の4項目では有意差と有意傾向が見られ、実験回数を重ねるにつれて評価が低下する傾向にある。対して、前述の5項目に関して身体操作を実装したエージェントは実験回数を重ねるにつれて、親近性因子にポジティブな影響を与えている評価の低下が軽微であることがわかる。身体操作を実装していないエージェントに比べると、身体操作を実装したエージェントの親近性因子にポジティブな影響を与える評価の低下はほとんどないといえる。

これらのことからエージェントへの身体操作の実装は、エージェントとの継続対話において、実験参加者の親近性因子に対するポジティブな評価を保つことができ、親近性因子の低下を防いだといえる。

6.3. エージェント間での比較結果の考察

図4. に示すように、23の評価項目について、全5回の実験で得られた評価を合計したものを合計得点とし、身体操作を実装したエージェントと身体操作を実装していないエージェントの2種類のエージェント間でt検定を行った結果、身体操作を実装したエージェントは身体操作を実装していないエージェントに比べ、「人間らしい」「わずらわしい」「軽率な」「なまいきな」「ひとなつっこい」「無分別な」という印象を与えた。「人間らしい」という印象については仮説の『エージェントの見かけの人間らしさが向上する』を支持するものであり、「ひとなつっこい」という印象については仮説の『エージェントの見かけの親密性が向上する』を支持するものであるといえる。

残りの4項目については、実験参加者にネガティブな印象を与えたといえるが、第6章第1節で述べ

たように、人同士の対話と同様に、身体操作の持つ意味を実験参加者が正しく理解し評価したと考えられる。さらに、人同士のコミュニケーションにおいて、親密性を高める評価はポジティブなものばかりではなく、ネガティブな評価であっても親密性を高めることがあると考えられる。これらのことより、身体操作を実装したエージェントが身体操作を実装していないエージェントに比べ、「人間らしい」「わずらわしい」「軽率な」「なまいきな」「ひとなつこい」「無分別な」という印象を与えたのは仮設の『インフォーマルコミュニケーションにおける身体操作をエージェントに実装することにより、エージェントの見かけの人間らしさや親密性が向上する』を支持する結果であるといえる。

7. おわりに

本研究では、親しい間柄でのコミュニケーションをインフォーマルコミュニケーションと定義し、『インフォーマルコミュニケーションにおける身体操作をエージェントに実装することにより、エージェントの見かけの人間らしさや親密性が向上する』と仮説を立て、評価実験を行ない、その検証を行った。また、評価実験を5日間に渡って行い、エージェントとの継続対話における印象の変化を分析した。

その結果、人がエージェントを対人的に認知し印象評価する際は「親近性因子」「非道徳性因子」「向性因子」の3つの因子が大きく影響していることがわかった。親近性、非道徳性、内向性について着目し、エージェント開発を行うことで、ユーザに受け入れられやすいエージェントの開発が可能であると考えられる。

また、エージェントへの身体操作の実装は、エージェントとの継続対話において、実験参加者の親近性因子に対するポジティブな評価を保つことができ、親近性の低下を防いだことがわかった。継続対話により、親近性が低下しがちなエージェントに身体操作を実装することで、親近性の低下を防ぐことに応用できると考えられる。しかし、身体操作は人前でタブーとされる動作が多く、ユーザのエージェントに対する道徳性や内向性について印象評価に影響を与えるため、正式な場で使用するエージェントなどには不適切であると考えられ、使用する場面を考慮する必要がある。

仮説の検証を行った結果『インフォーマルコミュニケーションにおける身体操作をエージェントに実装することにより、エージェントの見かけの人間らしさや親密性が向上する』を支持する結果が得られた。エージェントへの身体操作の実装は、エージェ

ントの見かけの人間らしさや親密性の向上に有効で、エージェントとユーザとの円滑なコミュニケーションを実現することができると考えられる。

今後、エージェントに実装する身体操作の種類を増やし、さらにエージェントが身体操作を行う適切なタイミングや回数を調査することで、エージェントの道徳性を損なうことなく、なおかつ、継続対話による親近性の低下を防ぐエージェントの開発が可能になると考えられる。

また、実タスク支援を行うような、指向性を持ったエージェントに身体操作を実装することで、より自然なインタラクションを行う会話エージェントの開発が可能であると考えられる。

参考文献

- [1] 中野 有紀子: 第4章 エージェントによるしぐさと視線のコミュニケーション, 人とロボットの<間>をデザインする, pp.8-113, (2007)
- [2] 黒川 隆夫: ノンバーバルインタフェース, オーム社, pp.-68, (1994)
- [3] Bickmore, T. and Cassell, J.: Relational Agents: A Model and Implementation of Building User Trust, Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI), pp. 396-403, (2001)
- [4] 林正樹: テキスト台本からの自動番組制作~TVMLの提案, 1996年テレビジョン学会年次大会, S4-3, pp.589-592 (1996)
- [5] 林 文俊: 対人認知構造における個人差の測定(VIII)-認知者の自己概念および欲求との関連について, 実験社会心理学研究, No.22 (1982)