学術・技術論文

生活を支援するロボットとユーザとの
会話場面で形成される印象の検討藤 木 大 介^{*1} 上 田 博 唯^{*2} 近 間 正 樹^{*3}

The Users' Impressions of the Conversation with a Home Service Robot

Daisuke Fujiki^{*1}, Hirotada Ueda^{*2} and Masaki Chikama^{*3}

Home service robots must have implements like conversation interfaces so it can be easily accepted by the users. To get basic data to develop such a robot, we investigated the robot's impressions of when it responded to the instructions of operating a TV or when it planning the cooking recipes. Thirty men and thirty women of different age groups rated the impression on using the robot. The results indicated that we should find a better way to inform to the user when a word was not in the robot's database. Moreover, we should reconsider what kind of the robot's gesture the users need. In addition, the embodiment of the robot made the impressions better. In addition, women judged the robot positively probably because the robot had a cute appearance.

Key Words: User Interface, Interactive Robot, Impression Formation, Ubiquitous Home

1. 問 題

遠くない将来、ロボットは社会にとけ込み、生活の様々な面を支援するようになるだろう。そういった将来を見据えると、人間が受け入れやすいロボットとはどのような特性を備えたものであるかを検討する必要がある。

1.1 ロボットの評価に関する研究の概観

これまでも、人間がロボットに対してどのような印象を抱くか検討されてきた。例えば、ロボットの動きの人間らしさに関する検討 [1]~[3] や、擬似的な情動反応を示すロボットに対する印象評定 [4] の結果が報告されている。また、ロボットと人間との相互作用に関する研究としては、両者の相互作用の度合いの意味に関する研究 [5] [6] や、視線や動作を介した相互作用に関する印象などの評価 [7]~[11]、あるいは、人間の行動に対するロボットの反応行動の印象評定に関する研究 [12] [13] などなされてきた。さらに、ロボット同士の会話場면을観察することが相互作用時の印象に与える影響に関する検討も行われている [14]。また、ロボットとの接触を通じた相互作用により安心感や痛みの緩和が得られるという報告 [15] や、癒しを与える

ためのロボットの開発 [16]~[20] も行われている。より積極的に人間とロボットとの感情的な相互作用を検討したものとして、松永・中沢 [21] は人間の生理指標（脳波）に基づきロボットが適応的行動をとることで、人間の満足度が高まることを報告している。

1.2 言語コミュニケーションを行うロボットの課題

他方、人間同士のコミュニケーションでは言語が重要な機能を果たすことを考えると、人間とロボットとの言語コミュニケーション時の印象を評価することは重要だろう。例えば、神田ら [22] [23] は、ロボットが道案内をされる場面を設定し、ロボットが話を「聞いているような」動作や発話をした場合、信頼感や共感が増すことを示している。

ただ、一般的な問題として、現在の技術水準ではロボットが人間と同等のコミュニケーションを行うことが困難なものも否定しがたい事実である。もちろん技術面の課題としては、コミュニケーション能力を高めることも必要である。しかし、実際的なアプローチとして、日常生活で利用されるようになるためにはロボット側の能力不足を人間側が許容できるようなデザインを考えることも大切であろう。

1.3 本研究が対象としたロボット

本研究で対象としたロボット「フィノ」(Fig. 1) は、日常生活的に利用されるようにデザインされたもので、独立行政法人情報通信研究機構が建設したユビキタスホーム内でユーザインタフェースを担っているものである。ユビキタスホームでは各機器やセンサが相互に接続され、ユーザの状況に応じた様々なサービスが提供されるようになっている [24]。この中でフィノ

原稿受付 2007 年 6 月 8 日

^{*1}広島大学

^{*2}京都産業大学

^{*3}情報通信研究機構

^{*1}Hiroshima University

^{*2}Kyoto Sangyo University

^{*3}National Institute of Information and Communications Technology

■ 本論文は提案性で評価されました。

Fig. 1 Phyno: home service robot with conversational interface

は、発話を介してユーザの指示を受ける役割を担っている。例えば、フィノと会話をするだけで、テレビの操作や、献立の決定、目覚ましのセット、エアコンの操作といったことが可能となっている。また、生活に受け入れられるロボットという設計思想の下、かわいらしい姿と声を持ち、人間の3歳児程度の会話能力を持つように設計されている。

1.4 本研究の目的と意義、および実験の概要

本研究ではフィノが実際に日常生活で利用される上で備えるべき特性を考えるために、どのようにすればユーザに疎まれず生活にとけ込めるか検討することを目的とした。具体的には、フィノの仕草や動作、応答の仕方等がフィノの評価にどのように影響するかを検討した。これにより、家庭で受け入れられるロボットの条件を検討するための基礎資料が得られる。

実際に検討の対象とした場面は、フィノとの会話を介してテレビの操作や献立の決定を行うという日常生活に即した状況であった。フィノの評価を左右すると考えられるものとして操作した実験要因は、ユーザが発した語がフィノの語彙データベースにヒットしなかった場合のフィードバックの仕方であり、以下の3条件を設けた。フィードバックなし条件では、参加者の発話がフィノにとって不明な場合でも反応しなかった。首かしげ条件では、首をかしげる反応をした。オウム返し条件では、参加者の発話（例えば「ラーメン」）に対し、「ラーメンって何？」とオウム返しをした。加えて、フィノの実態が存在することの意味を調べるためにフィノ身体性や動作の有無も操作し、三つの条件を設けた。身体性なし条件ではフィノの姿を白い布で覆い隠し、発話の入力用にヘッドセットマイクを用いた。身体性あり条件ではフィノの姿は見えるが、参加者の要求に対応する際に動作は伴わなかった。動作あり条件ではフィノの姿が見え、かつユーザの要求に対応する際にテレビを指すなどの動作を伴った。また、本研究ではフィノが一般家庭で用いられると想定しているので、幅広い年代からの評価が必要であると考え、若年、青年、中年の各年代に評価を求め、比較した。

以上のような要因の条件ごとにフィノの評価がどのように変化するかを調べるため、ユーザに対し、フィノに対する印象の評価を求めた。評価を求めた尺度は、ロボットに対する印象評

定の際に用いられる尺度[25]と、対人認知場面での印象評定の際に用いられる尺度[26]であった。対人尺度も用いた理由は、課題が会話場面であり、ユーザがフィノに対して人と同様の認知を行う可能性があったからである。また、生活に受け入れられるロボットの要件を検討するため、どのような振る舞いをすることでフィノのミスに対する許容度が上がり、フィノとの会話動機が高くなるかに関しても調べた。さらに、ユーザがフィノを擬人化して扱うとすると、フィノの年齢は何歳くらいに見積もられるかによって印象も変化すると考えられる。例えば、ユーザは幼児程度の年齢であると想定すれば、フィノに対して過度の会話能力を期待することではなく、ミスに対する許容度は高くなると考えられる。そこで、どのくらいの年齢であると見積もったかに関しても調べることにした。

2. 方 法

2.1 実験計画

3要因計画であった。第1、第2の要因は被験者間要因であり、年代で3群（若年、青年、中年）と、性別で2群（男性、女性）を設けた。第3の要因は被験者内要因であり、フェーズごとに3条件を設けた。フィードバックフェーズではフィノの反応に関する要因として3条件（フィードバックなし、首かしげ、オウム返し）を設けた。身体性フェーズではフィノの身体性に関する要因として3条件（身体性なし、身体性あり、動作あり）を設けた。

2.2 参加者

人材派遣会社から派遣されたモニタで、若年、青年、中年の男女10名ずつ、計60名であった。若年群は18歳から25歳で構成され、平均年齢は男性群が20.70歳、女性群が21.70歳であった。青年群は29歳から40歳で構成され、平均年齢は男性群が32.90歳、女性群が37.60歳であった。中年群は50歳から60歳で構成され、平均年齢は男性群が54.90歳、女性群が52.50歳であった。

2.3 調査用紙

2.3.1 フェイスシート

年齢、性別、パソコン歴、家族構成、家族に自分以外でコンピュータを使える人がいるか、また、それは誰かにに関して記入を求めた。

2.3.2 フィノに対する印象評定

対人認知における特性形容詞尺度、およびロボットに関する形容詞対を参考に、7段階で評定するものを作成した（Table 1）。形容詞対は左右の形容詞を入れ替えたものと入れ替えないものとで2リスト作成した。形容詞対の順はリストごとにランダムにした。

2.3.3 フィノのミスへの許容度、フィノとの会話への動機

フィノがミスした際の許容度、およびフィノとの会話への動機に関する質問を各4項目用意し、7段階（1：非常にそう思わない～7：非常にそう思う）で評定するものを作成した（Table 2）。またこれらの8項目からなる質問リストで順序を並べ替え、2リスト用意した。

2.3.4 フィノの年齢について

フィノの年齢に関し、「フィノは人間に当てはめると何歳ぐら

Table 1 Factor analysis of impressions for Phyno

	Rotated factor pattern	
	F1	F2
Approachable ($\alpha = .897$)		
unpleasant -- pleasant	.766	.125
cold hearted -- warmhearted	.766	.030
unsociable -- sociable	.728	.015
lethargic -- eager	.670	.063
good-natured -- bad-natured	.662	.214
companionable -- uncompanionable	-.659	.013
unkind -- kind	.642	.173
unconfident -- confident	.588	.012
openhearted -- petty	-.586	-.196
dignified -- servile	-.552	-.081
friendly -- unfriendly	-.525	-.322
gloomy -- cheerful	.523	.322
reasonable -- unreasonable	-.509	.157
patient -- hasty	-.446	-.086
Trust ($\alpha = .868$)		
grave -- frivolous	-.016	-.850
hateful -- cute	.119	.777
ease -- anxious	-.183	-.736
responsible -- irresponsible	-.098	-.660
impolite -- polite	-.132	-.639
shameless -- shy	-.005	.570
useless -- useful	.252	.542
with emotion -- without emotion	-.239	-.509
careless -- careful	.130	.488
simple -- complex	-.168	.466
can't relate to -- can relate to	-.001	.398
Proportion of variance explained	22.72	18.34
Eliminated items		
favorable -- unfavorable		
animate -- inanimate		
acting on one's will -- acting on other's will		

Table 2 Factor analysis motivations for conversation with Phyno, and the tolerances for mistakes by Phyno

	Rotated factor pattern	
	F1	F2
Motivations for conversation ($\alpha = .867$)		
I want to talk with Phyno very much.	.958	.025
I had a lively conversation with Phyno.	.796	.019
I want to talk to Phyno more.	.724	.221
Tolerances for mistakes ($\alpha = .702$)		
I was annoyed with Phyno when it failed to meet my expectations	.018	-.750
I was able to forgive Phyno when it misunderstand what I have said.	.075	.704
I was able to forgive Phyno when it gave a wrong answer.	.130	.527
Proportion of variance explained	34.99	23.09
Excepted items		
I have difficulty talking with Phyno.		
I was angry when Phyno failed to work as I hoped.		

いだと思いますか」という質問を行った。また、同時に「また、その理由は何ですか」という質問をし、自由記述による回答を求めた。

2.4 手続き

1 回の実験には、各年代・性別の 6 名が 1 グループで参加し

た。実験はユビキタスホームのリビングで行った。参加者達はフィノの前方にフィノを囲むように着座し、フィノとの会話を行う参加者がフィノの正面に着座した。参加者の左手、フィノから見て右手には大型のテレビが壁掛けされており、ここにフィノからの情報呈示がなされた。

2.4.1 ユビキタスホームの概要説明

課題に先立ち、ユビキタスホームは未来型の家であり、カメラなどが人の動きをとらえて生活を支援すること、その中で、フィノはネットワークを通じてテレビなどを操作してくれることを説明した。その上で、フィノと会話をし、その印象を評定することを求めた。また、実験中はフィノを観察しておくように求めた。

2.4.2 練習フェーズ

フィノに慣れるため、あいさつを交わしたり、目覚ましのセットを行ったりする課題を行った。参加者 6 人全員が無作為な順序でこの課題を行った。

2.4.3 本試行

テレビを操作したり（操作課題）、料理を決めたり（連想課題）することを求めた。これは基本的には音声認識を用いた自動応答システムにより実施された。操作課題では、テレビの電源を入れ、放送局を変える操作を数回繰り返した。連想課題では、会話の初めの部分のみ実験者の 1 人がフィノを操作し、フィノが「好きな料理を言ってみて」、「今日の朝ご飯は何を食べたの」といった質問をし、参加者はそれに答え、参加者の回答に含まれる語から連想（検索）されるレシピを提案し、参加者がそのレシピを画面上に呈示するように求めるという操作を行った。フィノは各参加者に 10 回程度の質問を行った。

それぞれの課題では、1.4 節の通り、フィノのフィードバックに関する要因と、フィノの身体性に関する要因とのいずれかが操作された。フィードバックに関するフェーズでは参加者の発話中の語彙がフィノのデータベースにない場合のフィノの応答パターンが操作された。これに対し、身体性に関するフェーズではフィノの身体性の有無に関する要因が操作された。

試行順序が結果に影響しないよう、操作課題と連想課題を行う順序、フィードバックフェーズと身体性フェーズを行う順序、およびいずれの課題にいずれのフェーズが割り当てられるかは参加者のグループごとに入れ替えられ、カウンタバランスされた。また、各フェーズの 1 条件の試行ごとに 2 名の参加者が課題を行い、これも課題およびフェーズごとにカウンタバランスされた。なお、参加者の回答に対するフィノの提案やフィードバックの際のユーザの待ち時間は 0.5 秒程度にし、参加者がストレスを感じないように設定した。また、音声認識の誤りはそれほど多くなく、高いヒット率でユーザの発した語を認識した。

2.4.4 フィノの年齢を質問

各課題で 3 条件、計 6 条件の試行が終了後、フィノの年齢は何歳だと想定されるかを尋ねた。

3. 結果

3.1 因子分析の結果

3.1.1 印象評定に関する因子分析

Table 1 の左側の形容詞の極を 1、右側の形容詞の極を 7 とし

て得点化し、集計した。印象評定値に対する因子分析（最尤法、バリマックス回転）を行った結果、固有値の減衰状況から2因子構造が考えられた。しかし、十分な因子負荷量（.35）が得られない2項目、両因子に.35以上の負荷量を持つ1項目があったためこれらを除去し、再度因子分析を行ったところ、Table 1のような結果が得られた。第1因子は「感じのわるい—感じのよい」、「つめたい—温かい」、「非社交的な—社交的な」等の項目の負荷量が高いため、かかわりやすさ因子と命名した。第2因子は「重厚な—軽薄な」、「安心な—不安な」、「責任感のある—責任感のない」等の項目の負荷量が高いため、信頼感因子と命名した。信頼性係数（クロンバックの α ）は第1因子が.897、第2因子が.868であり、十分な内的整合性を有するといえる。

3.1.2 会話への動機、許容度に関する質問紙の因子分析

会話への動機、許容度に関する質問紙の評定値に対し、因子分析（最尤法、バリマックス回転）を行った結果、ガットマン・カイザーの基準から、2因子構造が示唆された。しかし、十分な因子負荷量（.35）が得られなかった1項目、両因子に.35以上の負荷量を持つ1項目があったためこれらの項目を除去し、再度因子分析を行ったところ、Table 2のような結果が得られた。第1因子は、会話への動機因子と命名した。第2因子は、許容度因子と命名した。信頼性係数（クロンバックの α ）は第1因子が.867、第2因子が.702であり、十分な内的整合性を有するといえる。

3.2 因子ごとの評定値の差の検討

各因子を構成する項目の評定値を参加者ごとに平均し、尺度得点とした（Table 3, 4）。その際、因子負荷量が負だったものは逆転項目として扱い、計算した。この得点に条件間で差があるかを調べるため、実験計画（2.1節）に基づく3要因分散分析を行った。主検定の結果はTable 5, 6に示した。なお、表中の df は自由度、 p は有意水準を示している。

3.2.1 フィードバックフェーズにおける分散分析

操作課題では、すべての因子において性別要因の主効果が有意であった。各群の尺度得点はかかわりやすさ因子では男性群が4.58、女性群が5.08、信頼感因子では男性群が3.91、女性群が4.70、会話への動機因子では男性群が3.99、女性群が4.88、失敗への許容度因子では男性群が4.32、女性群が5.23であり、いずれも女性のほうが得点が高く、かかわりやすく、信頼感があり、会話への動機が高く、失敗への許容もできると評定したといえる。

連想課題では、フィードバック要因の主効果が有意であった。下位検定として多重比較（5%水準）を行ったところ、無反応条件と首かしげ条件との間、および無反応条件とオウム返し条件との間で差が有意であった。尺度得点は無反応条件が3.17であるのに対し、首かしげ条件は2.68、オウム返し条件が2.76であり、これらの2条件の方が会話への動機が低いと評定されたといえる。

3.2.2 身体性フェーズにおける分散分析

操作課題では、失敗への許容度因子において身体性要因の主効果が有意であった。下位検定として多重比較を行ったところ、身体性なし条件と身体性あり条件との間、および身体性あり条件と動作あり条件との間で差が有意であった。尺度得点は、身体性なし条件が4.39、身体性あり条件が4.58、動作あり条件が4.09であり、身体性なし条件と身体性あり条件が動作あり条件よりも有意に失敗への許容度が高いと評定されたといえる。

連想課題では、失敗への許容度因子以外のすべての因子において性別要因の主効果が有意であった。各群の尺度得点はかかわりやすさ因子では男性群が4.45、女性群が5.09、信頼感因子では男性群が4.00、女性群が4.48、会話への動機因子では男性群が3.72、女性群が4.90であり、いずれも女性のほうが得点が高く、かかわりやすく、信頼感があり、会話への動機が高い

Table 3 Averages for each factors in the feedback phase

Generation	Sex	Feedback	Rating of impression				Motivations for conversation		Tolerances for mistakes	
			Approachable		Trust		Operation	Association	Operation	Association
			Operation	Association	Operation	Association				
Young	Male	No reaction	4.89	4.74	3.49	4.16	3.73	3.53	4.00	3.80
		Head tilt	4.67	4.84	3.56	3.96	4.20	3.13	3.93	3.47
		Repetition	4.94	4.69	3.55	4.20	3.80	2.80	3.93	3.60
	Female	No reaction	5.47	4.87	4.85	4.29	4.87	3.20	5.80	3.93
		Head tilt	5.36	4.94	4.51	4.27	4.93	2.73	5.33	4.40
		Repetition	4.80	5.03	4.49	4.18	4.53	2.80	5.40	3.40
Adulthood	Male	No reaction	4.46	4.89	4.13	4.51	3.80	3.53	4.00	3.60
		Head tilt	4.61	4.50	4.07	4.07	3.67	3.40	3.87	2.87
		Repetition	4.50	4.37	4.02	4.07	4.73	3.60	4.93	3.40
	Female	No reaction	5.10	4.93	5.11	4.84	4.40	2.93	5.07	4.53
		Head tilt	4.81	5.34	4.65	4.89	4.87	2.47	5.60	4.67
		Repetition	5.01	5.03	4.60	4.60	5.00	2.67	5.53	4.47
Middle age	Male	No reaction	4.23	4.77	4.15	4.47	4.07	4.00	4.87	3.87
		Head tilt	4.59	4.86	4.18	4.44	4.07	2.67	4.87	4.47
		Repetition	4.37	4.83	4.11	4.65	3.87	3.00	4.47	4.47
	Female	No reaction	5.06	5.11	4.84	4.93	5.33	1.80	4.53	4.87
		Head tilt	5.04	5.70	4.53	5.09	5.27	1.67	5.00	5.13
		Repetition	5.06	5.66	4.67	5.31	4.73	1.67	4.80	4.93

Table 4 Averages for each factors in the embodiment phase

Generation	Sex	Embodiment	Rating of impression				Motivations for conversation		Tolerances for mistakes	
			Approachable		Trust					
			Operation	Association	Operation	Association	Operation	Association	Operation	Association
Young	Male	Without body	4.66	4.64	3.24	3.73	3.53	3.60	4.33	4.13
		With body	4.57	4.63	3.36	3.80	3.27	3.53	4.07	4.00
		With action	4.63	4.47	3.47	3.80	3.53	3.40	3.73	4.20
	Female	Without body	4.81	5.73	3.25	4.65	3.40	5.53	4.07	5.73
		With body	4.81	5.59	3.09	4.60	3.00	4.87	4.53	5.60
		With action	4.70	5.36	3.35	4.53	3.40	4.73	3.87	5.20
Adulthood	Male	Without body	5.07	3.99	2.87	3.87	3.60	3.53	3.47	4.33
		With body	5.03	4.59	2.76	4.27	2.73	4.00	4.13	4.87
		With action	5.01	4.36	2.75	4.16	3.20	3.93	3.67	4.47
	Female	Without body	4.57	4.91	3.31	4.40	3.20	4.87	4.13	4.93
		With body	4.99	5.03	2.87	4.56	2.80	5.13	4.87	4.67
		With action	4.94	5.01	3.05	4.58	2.93	4.80	4.47	4.80
Middle age	Male	Without body	5.23	4.40	2.76	4.07	2.53	3.67	5.13	4.60
		With body	5.23	4.71	2.56	4.24	2.60	4.13	5.13	4.47
		With action	5.11	4.29	2.85	4.02	2.73	3.67	4.60	5.07
	Female	Without body	5.33	4.79	2.58	4.24	2.20	4.47	5.20	4.60
		With body	5.39	4.66	2.45	4.38	1.87	4.93	4.73	4.73
		With action	5.19	4.71	2.93	4.33	2.87	4.73	4.20	4.67

Table 5 F values of ANOVA with scale score of factor analysis in feedback phase

	Rating of impressions				Motivations for conversation		Tolerances for mistakes	
	Approachable		Trust					
	Operation	Association	Operation	Association	Operation	Association	Operation	Association
Main effect								
Generation (<i>df</i> = 2, 24)	0.66	0.55	1.21	2.08	0.09	0.70	0.03	1.53
Sex (<i>df</i> = 1, 24)	4.46*	2.73	13.74**	2.83	4.38*	3.22	5.76*	3.15
Feedback (<i>df</i> = 2, 48)	0.23	0.87	1.44	0.30	0.16	7.51*	0.22	0.24
Interaction effect								
Generation	0.13	0.26	0.60	0.32	0.01	0.58	1.41	0.44
× Sex (<i>df</i> = 2, 24)								
Generation	0.49	0.92	0.13	1.55	1.39	0.94	1.31	1.23
× Feedback (<i>df</i> = 4, 48)								
Sex	0.83	2.46	1.38	1.07	0.47	0.70	0.29	1.93
× Feedback (<i>df</i> = 2, 48)								
Generation × Sex	0.95	0.58	0.08	0.27	0.23	1.76	0.83	0.39
× Feedback (<i>df</i> = 4, 48)								

(** $p < .01$, * $p < .05$)

Table 6 F values of ANOVA with scale score of factor analysis in embodiment phase

	Rating of impressions				Motivations for conversation		Tolerances for mistakes	
	Approachable		Trust					
	Operation	Association	Operation	Association	Operation	Association	Operation	Association
Main effect								
Generation (<i>df</i> = 2, 24)	2. 07	1. 18	2. 48	0. 46	1. 07	0. 02	2. 06	0. 04
Sex (<i>df</i> = 1, 24)	0. 01	5. 26*	0. 02	6. 43*	0. 20	5. 11*	0. 36	1. 42
Embodiment (<i>df</i> = 2, 48)	0. 31	2. 81	2. 62	3. 25*	3. 10	2. 04	5. 17**	0. 00
Interaction effect								
Generation	0. 27	0. 58	0. 34	0. 91	0. 01	0. 13	0. 73	0. 97
× Sex (<i>df</i> = 2, 24)								
Generation	0. 51	2. 42	1. 06	1. 36	0. 81	3. 13*	2. 37	0. 72
× Embodiment (<i>df</i> = 4, 48)								
Sex	0. 54	2. 95	0. 57	0. 60	0. 24	0. 93	0. 07	1. 19
× Embodiment (<i>df</i> = 2, 48)								
Generation × Sex	0. 40	0. 75	0. 30	0. 49	0. 54	0. 83	0. 71	1. 09
× Embodiment (<i>df</i> = 4, 48)								

(** $p < .01$, * $p < .05$)

Table 7 Phyno's average age assumed by each group

	Young	Adulthood	Middle age
Male	6.80	7.90	6.10
Female	8.20	8.40	11.10

と評定したといえる。

また、信頼感因子では身体性要因の主効果が有意であった。下位検定として多重比較を行ったところ、身体性なし条件と身体性あり条件との間で差が有意であった。尺度得点は身体性なし条件が4.16、身体性あり条件が4.31であり、身体性あり条件のほうが信頼感があると評定されたといえる。

さらに、会話への動機因子では年代要因と身体性要因との間の交互作用が有意であった。下位検定として単純主効果の検定を行ったところ、中年群において身体性要因の単純主効果が有意であった。多重比較を行ったところ、身体性なし条件と身体性あり条件との間で差が有意であった。尺度得点は、身体性なし条件が4.07、身体性あり条件が4.53であり、身体性あり条件が会話への動機が高いと評定されたといえる。

3.3 想定年齢

最後に、フィノを何歳と想定したかという質問に対する回答の平均を **Table 7** に示す。年代要因と性別要因による2要因分散分析を行ったところ、有意な差は認められなかった。

4. 考 察

4.1 因子分析の結果について

フィノの印象評定に関する質問項目に対して因子分析を行った結果、フィノに対する印象はかかわりやすさに関する因子と信頼感に関する因子とで構成されることが分かった。また、フィノとの会話への動機やフィノの失敗への許容度を測定するために用意した項目は、作成時の想定(2.3節の「フィノのミスへの許容度、フィノとの会話への動機」参照)通り2因子に分かれた。

4.2 フィードバック要因の効果に関して

連想課題の会話への動機因子において、無反応条件と比較して首かしげ条件とオウム返し条件の会話動機が低く評定された。このことから、連想課題においてフィノのデータベースにヒットしなかった場合はフィードバックを行わないほうがよいといえる。しかし、この結果を持ってフィノは無反応と設定すればよいとするのは早計だろう。なぜなら、フィノのフィードバックは、入力があったがフィノのデータベースにはその入力に相当するものがないことを示す点で意味があるからである。例えば、日常生活の文脈の中でフィノに話しかけた際に無反応であると、ユーザは入力の失敗や故障を疑う可能性がある。したがって、フィードバックの機能は実装すべきである。

本実験では実験者がフィノへの入力の状況をモニタリングし、参加者の発話がうまく入力されないことが続いたり、あるいは、フィノの認識できない語が繰り返し発話された場合、実験者が会話が滞ったと判断した時点で別の語を試すよう伝えた。そのため、本実験ではフィノが無反応であっても不都合になる状況がなかった。また、このような状況は各グループにつき1人程度で生じたが、他の参加者もこれを観察していた。したがって、ユーザがフィードバックの意味を感じにくい状況であったといえる。

フィードバックが負の印象を与えた原因を考えると、本実験ではフィードバックの頻度が高かったことが挙げられる。参加者の多くはフィードバックを初めて目にした際、声を出して笑うなどポジティブな反応を見せた。しかし、それが度重なるにつれてこのような反応は見られなくなった。通常の会話事態として考えると煩わしくなっていた可能性がある。

フィードバックが頻発した主な原因は、フィノの語彙の偏りによる。連想課題ではフィノは「昨日の晩ご飯は何を食べたの」などの質問を行った。これに対し、多くの参加者が「ラーメン」や「カレー」等の料理の基礎レベルカテゴリー(basic-level category) [27] に当たる語で回答した。基礎レベルカテゴリーの語は人間の記憶構造の中でも非常にアクセスが容易な語であり、日常会話でも高頻度で用いられる。しかし、今回の実験では、フィノは基礎レベルカテゴリー語よりも、「和風」、「中華」といった上位レベルや「卵」や「牛肉」といった下位レベルの語を多く実装していた。そのため、頻繁にフィードバックを行うこととなった。したがって、このフィードバックが頻発した問題は、「ラーメン」などのより一般的な料理をデータベースに含めることで解決できると考えられる。その上で再度、どのようなフィードバックの方法が有効であるかを検討する必要がある。

また、フィードバックはユーザがサービスにない要求をした場合に発生するものである。そのため、フィードバックの頻度を下げするためには、利用者が頻繁に同様の要求を繰り返さなくなるようなフィードバックの方法を考えることも必要である。例えば、ユーザがデータベースにない語による回答を何度か繰り返した時点で、フィノが自分の得意とする分野をユーザに教えるなどの設定をすべきであろう。

4.3 身体性要因の効果に関して

操作課題においては身体性なし条件と身体性あり条件が動作あり条件よりも失敗への許容度が高いと評定され、動作あり条件は4.09という中程度の平均評定値にとどまった。

この原因は、フィノの動作が必ずしも必要なものだと考えられなかったためであると考えられる。動作あり条件でフィノに付加した動作は、操作を実行した合図としてテレビを指さすものであった。しかし、テレビは参加者のすぐ左隣にあり、テレビの電源が入ったり、テレビ画面が切り替えられたりしたことはフィノが指ささなくても知ることができた。また、動作を挟むために操作の完了までに少しの間が生じたことも評価が上がりなかった原因かもしれない。しかし、フィノを複数の家電の操作のためのインタフェースとして考えた場合、このような確認動作が有意義となる場合もあるだろう。また、指さしの動作は注意を共有するためにも有効であると考えられる。したがって、指さしがユーザに情報を提供する動作となるような条件を設け、再度その有効性を検証する必要がある。

また、連想課題においては、身体性なし条件よりも身体性あり条件のほうが信頼感があり、中年群において身体なし条件よりも身体性あり条件が会話への動機が高いと評定された。このことから、フィノの姿が実体として見えることで信頼感が上がり、また姿が見えることで中年群は会話への動機が高まったと考えられる。したがって、フィノがかわいらしい姿を実体として有することは有効であるといえる。

4.4 性別要因の効果に関して

フィードバックフェーズでは操作課題のすべての因子において性別の要因の主効果が認められ、また、身体性フェーズの連想課題でも失敗への許容度因子以外の因子において性別要因の主効果が認められ、いずれにおいても女性のほうがポジティブな評価をしていた。家庭での使用を想定した実験での印象評価においてこのような性差が現れた原因を推測すると、フィノの容姿や仕草を子ども様にしていたことが考えられる。現状では家庭内での子どもの主たる養育者の多くが女性であるため、女性の方がフィノに対して親愛的な感情を抱きやすかったのかもしれない。

4.5 想定年齢に関して

フィノの年齢の想定は、全体で平均 7.75 歳であった。しかし、その最頻値は 17 人が回答した 5 歳であり、一方、10 歳以上と回答した被験者も 15 名 (25%) 存在した。ここから、回答には二つの傾向があると推測される。つまり、フィノを幼児並みの年齢と想定する被験者と、児童、あるいはそれ以上の年齢と想定する被験者がいるということである。年齢を想定する際の根拠としてあげられた自由回答を見ると、フィノのかわいらしい声色、たどたどしいしゃべり方、聞き取りの能力の不完全さといった会話に関する側面からのものと、料理の知識の豊富さに関する側面からのものとがあった。会話の側面はフィノの年齢を低く想定させるものであると考えられる。これに対し、知識の側面は年齢を高く想定させるものであると考えられる。上田ら [28] は、フィノには知識の豊富さの面で「オタク」的な部分があることを指摘しており、本実験の参加者もそういった側面もとらえていたものと考えられる。このような 2 面性の認識は長期間フィノと接したユーザにも残ることが伺える [29]。フィノに対するメンタルモデルの構築という点で、このような 2 面性を保持したままでも問題がないのか、あるいは、合理的に統合されたメンタルモデルの構築を促すべきなのかは今後検討する必要がある。

想定年齢がフィノの評価と関連があるかを検討するため、想定年齢と、各フェーズの各課題における各条件の各因子での得点との相関係数を求めた。その結果、フィードバックフェーズの操作課題における首かしげ条件のかかわりやすさ因子の得点 ($r = -.38, p < .05$)、身体性フェーズの操作課題における身体性あり条件の信頼感因子の得点 ($r = -.48, p < .05$) との間で有意な相関、身体性フェーズの操作課題における身体性あり条件の話しやすさ因子の得点 ($r = -.36, p = .05$) で有意な相関の傾向が認められた。したがって、想定年齢が高いほどこれらの得点が低く、評価が厳しいといえる。それぞれの評価の低下を防ぐためには、ユーザの想定するロボットの年齢が高くなりすぎない方が望ましいことが推測される。

5. ま と め

本研究では、生活を支援するように開発されたロボットであるフィノの会話場面での印象を評価した。

今回の実験では、ユーザの発話入力に対してヒットする語彙がない場合のフィードバックの機能が有効に働かなかった。フィードバック自体は必要なものであると考えられるが、本実験ではフィノの語彙不足のために参加者と会話がとぎれる場面が多く

発生した。そのため、参加者はフィノとの会話が成立していないと感じ、会話の中の自然な応答としてフィードバックが機能しなかった可能性がある。実験における会話の不自然さの最も大きな要因はデータベースの不十分さであると考えられるため、データベースを補い、再実験を行う必要がある。

また、フィノに動作を伴わせることの有効性は確認できなかった。複数の家電を操作し、その操作が確実に行われたことを確認する機能として動作を伴わせる実験条件を設け、再度、動作の有効性の検証を行う必要がある。

他方、フィノの姿が実体として見えることが有効であることが分かった。具体的には、姿が見えることで信頼感が生じたり、中年ユーザでは会話動機が生まれたりすることが示された。また、フィードバックフェーズの操作課題や身体性フェーズの連想課題では女性がポジティブな評価をしていた。これにはフィノの子ども様な容姿や仕草が影響していると推測された。

さらに、本研究ではロボットに対して抱くメンタルモデルを想定する一つの指標として想定年齢を調べた。その結果、フィノの声色などから幼児程度と想定する被験者と、知識量などからより高い年齢であると想定する被験者とがいることが分かった。このようなメンタルモデルの 2 面性がユーザの評価にどのような影響を与えるか、今後詳細に検討する必要があるだろう。また、ロボット開発においてこのような課題が存在することを示したことは本研究の成果の一つであるといえよう。

最後に、家庭内のロボットが備えるべき特性とは何かという問いに答えるならば、本研究の結果からは、対話スキルの高さを挙げることができる。本研究で実装したフィードバックや動作といった機能自体は、通常はおそらく有用なものであると考えられるが、本研究のように過剰に発現した場合、ユーザはロボットのコミュニケーションスキルが低いと判断してしまう。このようなコミュニケーション時の適切さのようなものは、単に語彙量の多さなどでとらえられるのではなく、人当たりの良さともいえるようなものであろう。

以上のように、本研究では実装した機能から予想した効果がえられたことを報告するものではないが、今後の開発の助けとなるデータを示したといえる。これからのロボット開発では今後は、自然な対話の仕組みに造詣の深い心理学者などを交えたより学際的な研究・開発が必要となるだろう。

参 考 文 献

- [1] 池浦良淳, 大塚英樹, 猪岡光: “皮膚電気反射に基づくロボット運動の心理的評価”, 人間工学, vol.31, no.5, pp.355-358, 1995.
- [2] 柴田論, 猪岡光: “評定尺度法によるロボット運動の心理的評価”, 人間工学, vol.31, no.2, pp.151-159, 1995.
- [3] S. Shibata and H. Inooka: “Psychological evaluation of robot motions,” International Journal of Industrial Ergonomics, vol.21, pp.483-494, 1998.
- [4] 尾形哲也, 菅野重樹: “情動モデルを有する自立ロボット WAMOEBA-2 と人間との情緒交流”, 日本機械学会論文集 (C 編), vol.65, no.633, pp.166-172, 1999.
- [5] 森善一, 太田浩司, 中村達也: “人間の感性を考慮したインタラクションロボットの行動生成 (第 1 報 飽きと複雑さの関係, およびロボットの行動の印象について)”, 感性工学研究論文集, vol.4, no.1, pp.17-20, 2004.
- [6] 森善一, 太田浩司, 中村達也: “人間の感性を考慮したインタラクションロボットの行動生成 (第 2 報 ロボットの行動生成アルゴリズムに

- ついて)”, 感性工学研究論文集, vol.4, no.1, pp.21-26, 2004.
- [7] H. Ishiguro, M. Ono, M. Imai, T. Maeda, T. Kanda and R. Nakatsu: “Robovie: an interactive humanoid robot,” *International Journal of Industrial Robot*, vol.28, no.6, pp.498-503, 2001.
- [8] 神田崇行, 今井倫太, 小野哲雄, 石黒浩: “人—ロボット相互作用における身体動作の数値解析”, 情報処理学会論文誌, vol.44, no.11, pp.2699-2709, 2003.
- [9] 神田崇行, 石黒浩, 石田亨: “人間—ロボット間相互作用にかかわる心理学的評価”, 日本ロボット学会誌, vol.19, no.3, pp.362-371, 2001.
- [10] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 中津良平: “人間と相互作用する自立型ロボット Robovie の評価”, 日本ロボット学会誌, vol.20, no.3, pp.315-323, 2002.
- [11] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 前田武志, 中津良平: “研究用プラットフォームとしての日常活動型ロボット “Robovie” の開発”, 電子情報通信学会論文誌 (情報・システム:D), vol.85, no.4, pp.380-389, 2002.
- [12] 中田亨, 高大成, 森武俊, 佐藤知正: “人とロボットのインタラクションにおける生成印象と情報伝達の相関分析”, 日本ロボット学会誌, vol.19, no.5, pp.667-675, 2001.
- [13] 中田亨, 佐藤知正, 森武俊, 溝口博: “ロボットの対人行動による親和感の演出”, 日本ロボット学会誌, vol.15, no.7, pp.1068-1074, 1997.
- [14] 神田崇行, 石黒浩, 小野哲雄, 今井倫太, 中津良平: “人—ロボットの対話におけるロボット同士の対話観察の効果”, 電子情報通信学会論文誌 (情報・システム:D), vol.85, no.8, pp.1-10, 2002.
- [15] 原田達也, 佐藤知正, 森武俊: “触れ合いロボットによる心理効果—接触インタラクションによる安心感の演出と痛みの緩和—”, 日本ロボット学会誌, vol.16, no.5, pp.698-704, 1998.
- [16] T. Mitsui, T. Shibata, K. Wada and K. Tanie: “Psychophysiological effects by interaction with mental commit robot,” *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol.14, no.1, pp.20-26, 2002.
- [17] 柴田崇徳: “人の心を癒すメンタルコミットロボット”, 日本ロボット学会誌, vol.17, no.7, pp.943-946, 1999.
- [18] 柴田崇徳: “人とロボットの身体的インタラクションを通した主観的価値の創造—アザラシ型メンタルコミットロボットの研究開発—”, 日本ロボット学会誌, vol.18, no.2, pp.200-203, 2000.
- [19] 柴田崇徳: “人はロボットに癒されるか—アザラシ型ロボット「パロ」の開発と評価”, 人間生活工学, vol.3, no.4, pp.16-20, 2002.
- [20] T. Shibata, T. Mitsui, K. Wada and K. Tanie: “Subjective evaluation of seal robot: Paro—Tabulation and analysis of questionnaire result—,” *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol.14, no.1, pp.13-19, 2002.
- [21] 松永久, 中沢弘: “人間の満足感を理解して適応した行動をとるロボットの研究—ロボットの实体化と適応行動の検討”, 日本ロボット学会誌, vol.18, no.8, pp.1149-1158, 2000.
- [22] 神田崇行, 鎌島正幸, 今井倫太, 小野哲雄, 坂本大介, 石黒浩, 安西祐一郎: “人間型対話ロボットのための協調的身体動作の利用”, 日本ロボット学会誌, vol.23, no.7, pp.898-909, 2005.
- [23] D. Sakamoto, T. Kanda, T. Ono, M. Kamashima, M. Imai and H. Ishiguro: “Cooperative embodied communication emerged by interactive humanoid robots,” *International Journal of Human-Computer Studies*, vol.62, pp.247-265, 2005.
- [24] 上田博唯: “ユビキタスホームにおけるサービスと対話インタフェースロボットの試作”, 映像情報メディア学会技術報告, vol.29, no.264, pp.1-4, 2005.
- [25] 林文俊: “対人認知構造における個人差の測定 (6)—認知者の性および年齢差についての検討—”, 心理学研究, vol.52, no.2, pp.244-247, 1981.
- [26] 鈴木佳苗, 樺淵めぐみ, 坂元章, 長田純一: “ロボットに対するイメージ尺度の作成とイメージ内容の検討 (1)—三つ組み法によるロボットイメージ尺度の作成—”, 日本心理学会第 66 回大会発表論文集, p.114, 2002.
- [27] E. Rosch, C.B. Mervis, W.D. Gray, D.M. Johnson and P. Boys-Braem: “Basic Objects in Natural Categories,” *Cognitive Psychology*, vol.8, pp.382-439, 1976.
- [28] 上田博唯, 山崎達也: “ユビキタスホーム: 日常生活支援のための住環境知能化への試み”, 日本ロボット学会誌, vol.25, no.4, pp.494-500, 2007.
- [29] 上田博唯: “センサーネットワークと家電製品とを統合したサービス提供 NICT ユビキタスホームにおける事例”, 情報処理学会研究報告 CVIM [コンピュータビジョンとイメージメディア], vol.2006-CVIM-152, no.9, pp.61-68, 2006.

藤木大介 (Daisuke Fujiki)

2005 年広島大学大学院教育学研究科教育人間科学専攻博士課程後期修了。博士 (心理学)。2005 年より広島大学助手, 2007 年より助教, 2008 年より梅光学院大学講師。現在に至る。専門は認知心理学, 言語心理学。人間の文理解プロセス, 幼児の言語獲得プロセス等の研究を行っている。日本基礎心理学会優秀発表賞, 発達科学研究教育奨励賞を受賞。日本心理学会, 日本認知科学会等の会員。日本認知科学会編集委員。

(日本ロボット学会正会員)

近間正樹 (Masaki Chikama)

2004 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程中退。修士 (工学)。同年情報通信研究機構分散協調メディアグループ技術補助員。2007 年, 同ユニバーサルシティーグループ技術員。現在に至る。ロボット対話システム等のシステム開発に興味を持つ。

上田博唯 (Hirotada Ueda)

1973 年大阪大学通信工学専攻修士課程修了。同年日立製作所中央研究所入社。1988~1993 年 FRIEND21 研究センター次長兼務。1994 年日立電子 (現:日立国際電気) 開発研究所部長。2003 年情報通信研究機構専攻研究員。2006 年京都大学客員教授。2007 年京都産業大学教授。現在に至る。博士 (工学) (東京大学)。画像処理, ヒューマンインタフェース, 知的映像ハンドリング, ユビキタスシステムに関する研究に従事。非破壊検査協会優秀論文賞, テレビジョン学会藤尾記念賞, 映像情報メディア学会藤尾フロンティア賞などを受賞。電子情報通信学会フェロー。