

サービスロボットによる「ふるまい」の評価 - 商業施設での試験運用 -

村川 賀彦[†] 十時 伸[‡]

[†]株式会社富士通研究所 〒243-0197 神奈川県厚木市森の里若宮 10-1

[‡]株式会社富士通大分ソフトウェアラボラトリ 〒870-8551 大分県大分市春日町 17-58

E-mail: [†]ymurakawa@jp.fujitsu.com, [‡]totoki.shin@jp.fujitsu.com

あらまし 公共空間におけるロボットによる対人サービスでは、不特定多数の人を引き付け、最終的には個人にサービスを提供することが求められる。本稿では、対人サービスにおけるロボットの「ふるまい」を社会心理学などの人と人とのコミュニケーション研究を参考に策定。サービスロボット“enon”に実装し、実際に商業施設での試験運用に適用。案内サービスにおける不特定多数の人を引き付ける「ふるまい」を検証した結果について述べる。ロボットの「ふるまい」の有無で来場者の反応を観察した結果、「ふるまい」無の場合、来場者のうち、50.4%の人を引き付け、「ふるまい」有の場合は、63.5%の人を引き付けたことから、「ふるまい」の有無で明らかに人を引き付ける効果に差があることがわかった。

キーワード ヒューマン・ロボット・インタラクション、サービスロボット、ふるまい、社会心理学

Evaluation of “Behavior” of service robot “enon” - Experimental operation of enon in a shopping center -

Yoshihiko MURAKAWA[†] Shin TOTOKI[‡]

[†]Fujitsu Laboratories Ltd. 10-1 Morinosato-Wakamiya, Atsugi, 243-0197 Japan

[‡]Fujitsu Oita Software Lab. Ltd. 17-58 Kasuga-cho, Oita, 870-8551 Japan

E-mail: [†]ymurakawa@jp.fujitsu.com, [‡]totoki.shin@jp.fujitsu.com

Abstract We have developed a production prototype of a service robot designed to provide services for an unspecified number of people in offices or public spaces. We have had an experimental operation of the service robot “enon” in a shopping centre. We show the robot behavior appeals to customers. We summarize the experimental operation and report the result.

Keyword Human robot interaction, Service robot, Behavior, Social psychology

1. はじめに

近年、ロボットは、製造現場の産業用ロボット以外に、個人と接してサービスを提供する用途への展開が期待されており、公共の場でサービスを提供する「サービスロボット」の市場の急速な拡大が予想される。ロボットが不特定多数の人と共存して希望のサービスを提供するためには、高度な動作機能、コミュニケーション機能、情報の収集機能などが不可欠であり、さらに、対人安全性の確保も重要である。我々は、これらの課題を解決し、ニーズを満たすサービスを提供するために、2004年9月に、オフィスや商業施設など公共の場所において、案内、搬送、巡回などのサービスを提供することを目的とした自律移動型のサービスロボットの試作機を開発した。この試作機で行った各所でのデモンストレーション、博物館での試行運用の結果を基に、2005年9月に、対人安全性を向上させ、軽量、コンパクト化などの改良を加えたサービスロボット“enon : an Exciting Nova On Network”を開発し

[1][2]、巡回・搬送・案内の各サービスアプリケーションを作成[3]。商業施設などでの試験運用を通して改良を重ねてきた。

公共空間におけるロボットによる対人サービスでは、不特定多数の人を引き付け、最終的には個人に向けたサービスを提供することが求められる。本稿では、サービスロボット“enon”を商業施設で試験運用し、案内サービスにおける不特定多数の人を引き付ける「ふるまい」を検証した結果について述べる。

2. 商業施設における対人サービス

商業施設でのロボットによる対人サービスでは、来店客をロボットに引き付けることが重要であることが、現場担当者のヒアリングや現場での先行試行でわかった。そのために、我々は、人と人のコミュニケーション技術を人とロボットに適用することで、誘客を行うことを検討した。本節では、その詳細を述べる。

2.1. ロボットの「ふるまい」とコミュニケーション仕様

人と人のコミュニケーションに関する文献や論文、知見[4]-[11]を参考に、ロボットの「ふるまい」を検討した結果、ロボットのコミュニケーション仕様として44種類について抽出した。

代表的なもの20種類を以下に示す。

- 姿勢・身振りは言語的コミュニケーションを促進する[5]：状況に適した動作
- 人は相手との関係に応じて適当な距離をとる（距離帯）[9]：目的に応じた対人距離
- 人はアイコンタクトがなければ十分なコミュニケーションを感じない[5]：アイコンタクト
- うなずきは会話の促進剤[5]：うなずき・あいづち
- 言語以外の要素がコミュニケーションに影響[10]：ノンバーバル行動
- 多く話しかけ、よく見つめる相手には好意を感じる[8]：積極的な声かけ
- 人は群集と同じ行動を取る傾向がある[4]：同調行動
- 依頼は接近して熱心に[9]：説得
- 表情と姿勢から好き・嫌いを判断[5]：感情表出
- お辞儀のマナー：語先後礼，同時礼
- 譲歩の姿勢で人の間を通過[9]：社会空間の通過
- 身振りと姿勢に表れる対話者の関係[10]：姿勢一致性
- 他者の態度を行動基準とする[6]：同調行動（サクラ）
- 音声は感情の起伏を表すもの[8]：音声感情表出
- 接近してくる音：音の効果
- 色による感情表出：色彩の効果



図 1 ロボットの「ふるまい」

- 環境に応じた声の大きさ、アクセント，間のおき方[7]：近言語的チャネル
- 人が身につける人工物（衣服，眼鏡，化粧など）はコミュニケーションに影響を与える[7]：第一印象の伝達，対人関係の伝達，感情の表出，自己表現，他者操作
- 握手によるタッチは人を結ぶ最も効果的な方法[8]：タッチ
- ピッチの低下は発言権を譲る意思表示[10]：発言権の切り替え

2.2. ロボットの「ふるまい」の実装

ロボットのコミュニケーション仕様をロボットの「ふるまい」として実装するために、50項目をジェスチャとしてまとめた。その内、商業施設での案内業務に適用できるものとして、以下の20のジェスチャを抽出して「ふるまい」として実装した（

- (1)うなずく：同意を示す，話を聞く
- (2)左を向く：左方向を見ている
- (3)右を向く：右方向を見ている
- (4)上を向く：上方向を見ている
- (5)下を向く：下方向を見ている
- (6)お辞儀する：あいさつ，お礼
- (7)両手を軽く広げる：歓迎する
- (8)両手を上げて広げる：どうしたのですか，いかがですか
- (9)指し示す（左）：方向を示す，何かを指し示す
- (10)指し示す（右）：方向を示す，何かを指し示す
- (11)モニターを指す：モニターに注意を向ける（入力を促すなど）
- (12)片手を高く上げる：成功した時，勝利をおさめた時
- (13)片手をあげる（左）：ちょっと待って，出合いのあいさつ「やあ」，別れのあいさつ「じゃあね」
- (14)片手をあげる（右）：ちょっと待って，出合いのあいさつ「やあ」，別れのあいさつ「じゃあね」
- (15)手を振る：人の注意を引く，さようなら
- (16)額に手を当てる：忘れてしまった時，困った時，考えはじめる時
- (17)敬礼する：あいさつする
- (18)Vサインをする：成功した時，勝利をおさめた時
- (19)手を腰に当てる：得意な時，威張る時
- (20)押し頂く：賞状をもらうとき

これらの「ふるまい」を使い，例えば，ショッピングセンターの入口等での来店客の出迎えは，次のような手順で行うことをロボットのシナリオとして実装した。

- a) 人検知機能で来店客がロボットのそばに近づいたことがわかる。
- b) 「(15)手を振る」でロボットが気づいたことを来店客に知らせる。

- c) 「(7)両手を軽く広げる」ことで来店客へ歓迎の意を伝えながら「いらっしゃいませ」と発話する。
- d) 「(6)お辞儀する」と「ご来店ありがとうございます」の発話で、来店のお礼をする。
- e) その後、サービスメニュー（図 2）を表示することで、案内サービスを開始する。この時、「(11)モニターを指す」と「どうぞお選びください」の発話で案内サービスの利用を促す。
- f) メニューから施設案内のお手洗いを選ぶと、ショッピングセンターの地図上に現在の位置とお手洗いの位置を表示し、「(9)指し示す」と「お手洗いはあちらの方向にあります」と発話し、お手洗いの案内を行う。

このように「ふるまい」(1)～(20)をロボットの業務に対応したシナリオとして実装し、実際に現場で試験運用をした。来店客の反応、店舗スタッフの意見などで改良を加えることで、より人を引き付けることができる「ふるまい」とし、人とロボットのより良いコミュニケーション環境を作り出すことができることを、ロボットによる案内サービスが効果的に行えることを試験運用で評価した。その詳細を次節で述べる。

3. 試験運用について

サービスロボット enon の試験運用は 2005 年 12 月と 2006 年 3 月に千葉県の大規模ショッピングセンターで

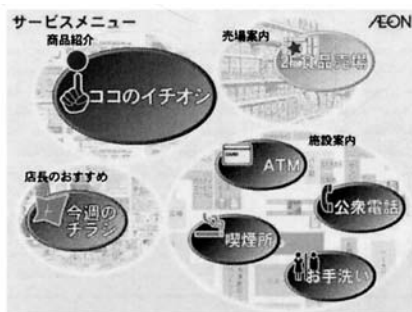


図 2 ショッピングセンター案内画面



図 3 試験運用（柵あり：2005 年 12 月）



図 4 試験運用（柵なし：2006 年 3 月）

実施した。安全鑑定の取得が 2006 年 1 月であったため、12 月は所定の場所にロボットを設置し、柵で囲み運用したが（図 3）、3 月は柵無しで、店舗の色々な場所で運用を行った（

図 4）。具体的には、以下に示す案内サービス（図 2）および呼び込みや試食支援を試行した。

- 商品紹介：ロボット設置場所の位置情報により、売り場に対応した商品情報を表示。
- 施設案内：施設(トイレなど)を、地図に現在位置と目的場所を示し、その方向を身振り手振りで案内。
- 売り場案内：品目毎の売り場を地図で現在位置と目的場所を示し、その方向を身振り手振りで案内。
- 呼び込み：店舗の前で、おすすめ商品を紹介し、お客様を呼び込む。
- 試食販売支援：売り場の商品前で、おすすめ商品の紹介と試食支援。

4. 評価

試験運用で、ロボットの「ふるまい」について以下の項目によりデータを収集し、分析、評価を行った。

- 来店客の観察による反応および効果の調査
 - アンケート（来店客や店舗担当）による効果検証
 - ロボット内部のログ採取
- その詳細を以下に示す。

4.1. ロボットの「ふるまい」の評価

ここでは、ロボットの「ふるまい」に関して、2 節に例として示したお客様のお迎えのシナリオ a)～e)において、(1)～(20)の「ふるまい」を入れた場合と、「ふるまい」は入れず発話のみで案内サービスを行った場合で、人を引き付ける効果に差があるかを検証した。比較実験は、一定時間にロボットを設置したエリアを通過した人の反応を観察することで行った。

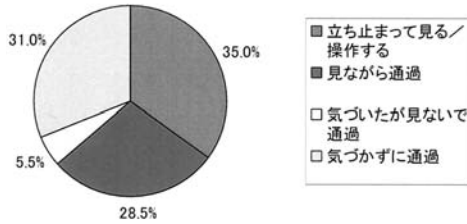


図 5 来場客の反応（「ふるまい」有）

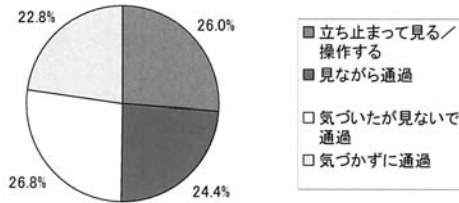


図 6 来場者の反応（「ふるまい」無）

(1) 「ふるまい」有の場合

ロボット設置エリアへの来場者 200 人のうち、63.5%の人を引き付け、35%の人が案内サービスを利用した。（図 5）

(2) 「ふるまい」無の場合

ロボット設置エリアへの来場者 373 人のうち、50.4%の人を引き付け、26%の人が案内サービスを利用した。（図 6）

このように、「ふるまい」の有無で人を引き付ける効果に明らかに差があることがわかった。

4.2. 人とロボットとの距離の評価

人は目的に応じた対人距離をとり、コミュニケーションすることがわかっている[9]。また、友人に対する対人距離は、相手との距離が小さくなるほど好ましくなるが、見知らぬ人に対しては、60cm までは距離が小さくなるほど好ましくなるが、それ以下では逆に好ましくなくなるということもアシュトンらの対人距離の実験[12]でわかっている。これらの対人距離の知見が、人とロボットとの間の距離にも適用可能であることを確かめた。ショッピングセンターへの来店客にとっては、ロボットは見知らぬ人に該当するため、60cm～120cm 程度の距離を取ることを予測した。評価は、ロボットの設置エリアで、ロボットの案内サービスを受けた来店客を観察して行った。結果を図 7 と図 8 に示す。大人は、60cm～1.2m の範囲に立って案内を見る人が最も多く、全体の 66.7%であった。子供は、60cm 以内で案内を見る人が最も多く全体の 52%であった。

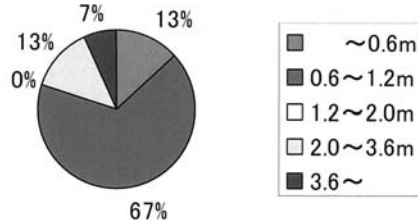


図 7 ロボットとの距離（大人）

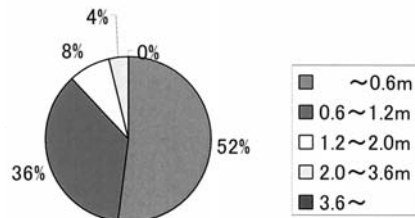


図 8 ロボットとの距離（子供）

このことから、大人については、対人距離についての知見がロボットと人との間でもある程度利用可能であることが示唆された。子供については、ロボットへの興味で触れることが前面に出てしまっているためであると思われる。

4.3. 視線の方向についての評価

試験運用時には、ロボットからアイコンタクトをとることはしなかったが、来店客側からそれを求める行動が多数確認された。来店客がロボットの何らかの部分に注目したかについて観察を行った結果、腕の動きに 51.5%、顔に 47.1%、モニターに 30.9%の来店客が注目していた（1人が複数の箇所に注目する場合もあり）。

このことから、ほぼ半数の人がロボットにアイコンタクトを期待していることがわかった。特に、ロボットが発話している時に、ロボットの顔を覗き込む場合が多いことが観測された。また、腕が動くことに半数以上の人が注目していることともあわせて、次に示す同調行動に結びつく可能性が示されているものと考えられる。

4.4. 同調行動についての評価

ロボットの「ふるまい」には、人を引き付け、人の同調行動を引き起こし、人を引き込む効果が期待されるが、以下に説明する誘引力がその効果の指標となるのではないかと考えた。

人の同調行動については、ミルグラムらによる群集の誘引力についての研究[13]が知られている。何人か

の人たちが一齐に同じ行動を取ると、それに引きずられて、それと同じ行動を取ってしまうことがある。これは一種の行動感染であり、群集による誘引力を示すものである。群集の大きさを変えることで影響力に変化があることを調べ、群集が大きいくほど、その誘引力が強くなるのがわかっている。

ロボットは人間1人より誘引力が強いことが予想されるため、ロボットの「ふるまい」に来店客がどの程度同調するかを調べた。来店客は、以下に示す行動をとっていた。

- ・ロボットが顔をあげると、一緒に顔を上げる。
- ・ロボットが向いた方向を見る。
- ・ロボットが手を振ったり、お辞儀をしたりすると人もそれを返す。
- ・ロボットのポーズのまねをする。

ロボットの設置エリアを通りかかった人のうち、38.2%の人に上記のような行動が見られた。これを同調行動と言えるかどうかは議論の余地があるが、ロボットの「ふるまい」には人を引き込む効果が期待できることはわかった。

また、この行動は、ロボットのジェスチャによる聞き手の反応の誘発ともとれる。聞き手の反応には、発話[14]とジェスチャで応えるものがあるが、ここでは、相手(ロボット)のジェスチャを繰り返すこと[15][14]が起きていると思われる。

4.5. ロボットとのコミュニケーションについての評価

今回の実験で、ロボットが来店客からの反応を受け付けるのは、タッチパネルと人検知のみであったが、来店客からロボットへコミュニケーションを期待する行動が多く見られた。ロボットの発話と「ふるまい」に呼び止められる、ロボットの発話にうなずいたり・返事をしたり・話しかけたり・笑ったりする、ロボットの発話と「ふるまい」に促されて操作をする、ロボットに向かって手を振る、ロボットに触れる、など49%の人が何らかのコミュニケーション行動を取ることが観察された。

これは、ロボットが発話するだけでなく、身体を持ち動くことが人とのコミュニケーションを促すことにつながっていると思われる。

4.6. 店舗前での呼び込みの評価

ショッピングセンターの専門店の店舗14店の前で呼び込みを行った。事前に店舗のお勧め商品の情報もらい、それをロボットが店頭で、身振り手振りを交えて紹介する形で呼び込みを行った。所定の場所に設置して案内サービスを行うことと異なり、通りかかる人の100%の視線を捉え、81%の人が足を止めて商品情

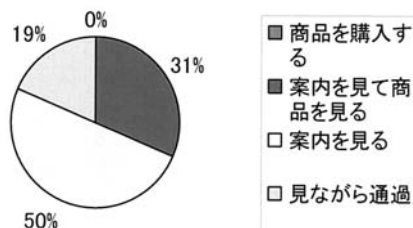


図9 店舗前での呼び込みへの反応

報を見た(図9)が、売上の顕著な増加は見られなかった。

専門店が並ぶ通路にロボットを設置しての運用であり、非常に目立つ位置のため、通りかかる人の注意を引くことには効果が認められたが、その先の商品の購入に至るには、今回のコンテンツの内容や現状のロボット能力では難しいことが判った。今後は、商品の購入に結びつける戦略を検討する必要がある。

4.7. 集客効果についての評価

ショッピングセンターでは、人通りが絶えない通路と人通りが少ない通路ができてしまうことがしばしばみられる。人通りが比較的少ない通路にロボットを置き、どの程度ロボットの前に人を集める事が可能かを観察により確認した。その結果63%の人が人通りのある通路からロボットの前に説明を見に来たことが確認できた。このことから、ショッピングセンターでの集客にロボットが大きな貢献をする可能性が確認できた。ロボットのものめずらしさでの集客という側面が大きいと思われるが、ロボットが動きかつ発話することで来店客を引きつけることが、集客にもつながることがわかった。

4.8. 店頭情報端末とロボットとの比較評価

今回の評価で利用したサービスロボットenonには、タッチパネルが付いていて主にそれを利用して来店客とコミュニケーションを取っているが、店頭情報端末もほぼ同等のサービスを行っている。そこで、動作をともなうロボットと店頭情報端末の人を引きつける効果を比較した。その結果、店頭情報端末の画面を見た人は、そこを通りかかった人の2.5%であったのに対し、ロボットでは、21.2%の人が画面を見た(図10)。サービスは同等であっても、動作をともなうロボットでのサービスに人が引きつけられることがこの結果からも確かめられた。

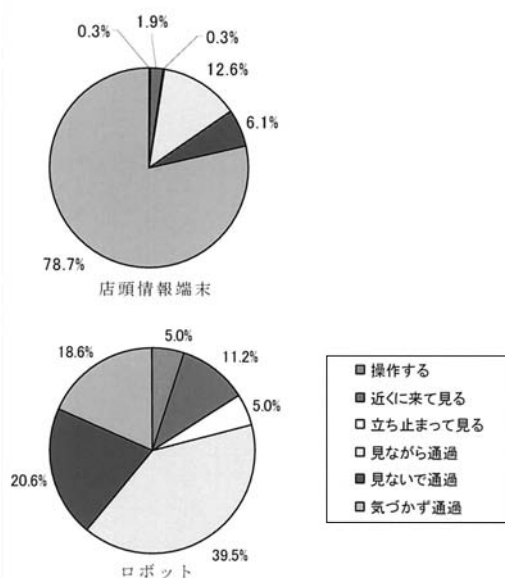


図 10 店頭情報端末とロボットへの反応比較

5. まとめ

本稿では、ロボットの「ふるまい」についてコミュニケーション仕様としてまとめ、実際にロボットに実装して大規模ショッピングセンターでの案内業務に適用し、試験運用を行い、ロボットの「ふるまい」の検証結果を示した。

この実証実験の検証により、不特定多数が集まる展示施設や大規模小売店舗におけるロボットの可能性を評価することができた。特にロボットの「ふるまい」による人を引き付ける効果が大であることが観察された。また、来店客の年齢別の反応や、ロボットの接近性、ロボットの動きの与える反応などの知見を蓄積できた。また、ロボットの改良点や運用上の工夫なども発見できた。

今後は、この試験運用の結果をもとに、来店客の利便性の向上を目指し、対人サービス技術開発とともに豊富な情報をタイムリーに提供することも目指す。また、他分野への適用についても拡大を図る予定である。

文 献

[1] 神田真司, 他: “サービスロボット「enon」の開発”, 日本ロボット学会誌, vol.24, no.3, pp.288-291, 2006
 [2] 神田真司, 他: “サービスロボット: enon”, FUJITSU,

vol.57, no.3, pp.307-313, 2006
 [3] 植木美和, 他: “サービスロボット enon の開発(1): サービスアプリケーションの開発”, 第 24 回日本ロボット学会学術講演会予稿集
 [4] 斎藤勇 (編), 他: 対人社会心理学重要研究集 1: 社会的勢力と集団組織の心理, 誠信書房, 1987
 [5] 斎藤勇 (編), 他: 対人社会心理学重要研究集 3: 対人コミュニケーションの心理, 誠信書房, 1987
 [6] Robert B. Cialdini: INFLUENCE: SCIENCE AND PRACTICE, Scott, Foresman and Company, 1988
 [7] 大坊郁夫: しぐさのコミュニケーション, サイエンス社, 1998
 [8] 異常行動研究会 (編): ノンバーバル行動の実験的研究, 川島書店, 1993
 [9] 渋谷昌三, 人と人との快適距離, 日本放送協会, 1990
 [10] 原島博, 他: ノンバーバルインタフェース, オーム社, 1994
 [11] 長田雅喜 (編): 対人関係の社会心理学, 福村出版, 1996
 [12] Ashton, N.L., 他: “Affective Reaction to Interpersonal Distances by Friends and Strangers”, Bulletin of the Psychonomic Society, 15, pp.306-308, 1980
 [13] Milgram, S., 他: “Note on the Drawing Power of Crowds of Different Size”, Journal of Personality and Social Psychology, 13, pp.79-82, 1969
 [14] Streek, J.: “Gesture as communication II: The audience as co-author”, Research on Language and Social Interaction, 27(3), pp.239-267, 1994
 [15] De Fornel, M., “The return gesture: Some remarks on context”, In P. Auer & A. di Luzio(Eds.), The contextualization of language(pp.99-117), Cambridge: Cambridge University Press, 1992