

# 自らの接近行動がパーソナルスペースの認知におよぼす効果

## The Effect of approaching behavior to other on own personal space

○ 山本 俊介 (阪大)  
住岡 英信 (JST ERATO, 阪大)  
正 浅田 稔 (JST ERATO, 阪大)

吉川 雄一郎 (JST ERATO)  
石黒 浩 (JST ERATO, 阪大)

Shunsuke YAMAMOTO, Graduate School of Eng., Osaka Univ., 2-1 Yamadaoka, Suita, Osaka  
Yuichiro YOSHIKAWA, JST ERATO  
Hidenobu SUMIOKA, JST ERATO, Graduate School of Eng., Osaka Univ.  
Hiroshi ISHIGURO, JST ERATO, Graduate School of Eng., Osaka Univ.  
Minoru ASADA, JST ERATO, Graduate School of Eng., Osaka Univ.

Recently, it is suggested that a person's cognition on another person is influenced by how the person is responding to the other, that is hypothesized as intrapersonal responding-cascade. Although the hypothesis has been tested in the situation of gaze interaction, its scalability for other modalities are not clear. In this study, we test the hypothesis by coping with a psychological distance sense in the situation that a subject and a robot approaches each other. From the experiment, we found only a weak tendency of the effect of subjects' own behavior on the subjects' impression on the robot, that is when a subject and the robot approaches each other, the subjects who have positive impression of friendliness formed stronger feeling as if it might have positive feeling on them. We could not find any other statistical significance in the current experimental setting although there were not any evidences that reject the hypothesis.

**Key Words:** personal space, cognition on others, intrapersonal responding cascade

### 1 はじめに

人とコミュニケーションするロボットやオンスクリーンエージェントを実現するためには、人のコミュニケーションの仕組みを理解することが必要であるといえる。人のコミュニケーション認知過程の理解に関して、人の無意識的な動作やしぐさを統制しきることが困難であった従来の心理学実験の枠組みを拡張する方法として、ロボットを制御できる”人”として実験に使用するアプローチに注目が集まっている [1, 2, 3, 4].

そのようなロボットを用いた従来研究においては、人が他者をコミュニケーション相手であると認知する際に、人がどのような属性に注目するかについて検討がなされてきた [1, 2, 3]. これらは相手のどのように見えるかまたは振舞っているかといった相手の属性に注目した研究であったが、人の認知は、その人自身が認知対象に対して、どのように働きかけているのかに影響を受けることが示唆されている [5]. これが人のコミュニケーション相手の認知にも当てはまるとすると、人のコミュニケーションにおける認知過程は、人は相手をコミュニケーション相手と認識するから相手に応答する、ということだけでは説明されず、自分が相手に応答しているから相手をコミュニケーション相手と認識してしまう、という側面もあること、すなわち相手に対する認識と相手への応答との間の双方向の因果関係が存在することが類推される。本研究ではこのような相互促進作用を個体内応答カスケード (intrapersonal response cascade) 仮説と呼ぶ。この仮説は、視線によるインタラクションにおいて部分的に確認されている [4] が、他のモダリティを用いたインタラクションにおいても成り立つものであるかは確認されていない。

そこで本研究では個体内応答カスケード仮説をパーソ

ナルスペースを利用した実験により検証する。パーソナルスペースとは、密接距離 (~0.45m)、個体距離 (0.45m ~ 1.20m)、社会距離 (1.20m ~ 3.60m)、公衆距離 (3.60m ~ ) の4つに分類される我々の周りを取り囲む目に見えない境界であり、Hall によって相手との親密さによってその大きさが変化することが指摘されている [6]. この境界を超えて相手に近づかれると不快に感じるだけでなく、心拍数などの生理的な影響も受けることが知られている [7]. つまり、接近行動をすること、あるいはされることは、相手がコミュニケーション相手としてふさわしいか否かの評価と密接に関わる、コミュニケーション行動の一つであると捉えることができる。パーソナルスペースについては、どちらが接近するのか [8] や、相手にどの方向から接近するのか [9, 10] によって、人が相手に抱く印象が影響を受けることが知られている。しかし、個体内応答カスケードが生じると考えられる両者が接近し合う場合については調べられていない。

そこで本研究では、より親密さが必要となる距離へと、人とロボットの間隔が変化する状況で、個体内応答カスケード仮説を検証する。まず、人とロボットが互いに接近し合う場合とどちらか一方が接近する場合とで、ロボットに対して人が抱く印象にどのような違いが生じるかを調べる。さらに、ロボットの接近行動に対して人が応答的に接近する場合とそうでない場合とで、ロボットに対する人の印象にどのような違いが生じるのかを調べることで、個体内応答カスケード仮説を検証する。

### 2 コミュニケーション感

個体内応答カスケード仮説を検証するためには、相手の動作に応答することで、人が相手をコミュニケーション相

手としてふさわしいと思うかどうかを調べる必要がある。しかし、コミュニケーション相手に対する印象には様々な要因が影響を及ぼすと考えられ、それを測るための指標は明らかではない。

そこで本研究では、コミュニケーション相手であると認識している際に付随して起こる印象を示しうる1つの指標として、親近感を用いる。また、親近感と同様の意味を持つ指標として、本研究では、相手の接近に対する不快感も用いる。

### 3 パーソナルスペース実験

両者が共に接近し合う場合、もし個体内応答カスケード仮説が成立するならば、相手への接近の仕方によってパーソナルスペースの範囲が変化するのではないかと考えられる。つまり、初対面の相手が親しい間柄のみに許される距離まで接近してくる場合であっても、初対面の相手の接近行動に対して自身が応答的に近づくことで、相手をコミュニケーション相手とみなし、不快に感じないのではないかと考えられる。

そこで、本実験ではまず、両者が接近し合うことによる人への効果について調査する。その後、互いに接近する条件の下で、(A) 人がロボットの接近行動に対して応答的に接近する場合と、(B) ロボットが人の接近行動に対して応答的に接近する場合で、ロボットとのコミュニケーションに対して、人が抱く印象を比較する。

#### 3.1 実験環境

実験環境を Fig.1 に示す。実験は人とロボットが対面した状況で行った (Fig.1(b))。人の動作は信号音により統制するために被験者にイヤホンを装着させた (Fig.1(c))。また、ロボットは ATR-Robotics 製の Robovie-R2 を使用した。ロボットの視線による効果をなくすため、ロボットにはサングラスを装着させ、被験者にロボットの目が見えないようにした (Fig.1(a))。実験でのロボットの動作は、特定の位置まで動けるように予め作成しておいた動作プログラムを用いた。

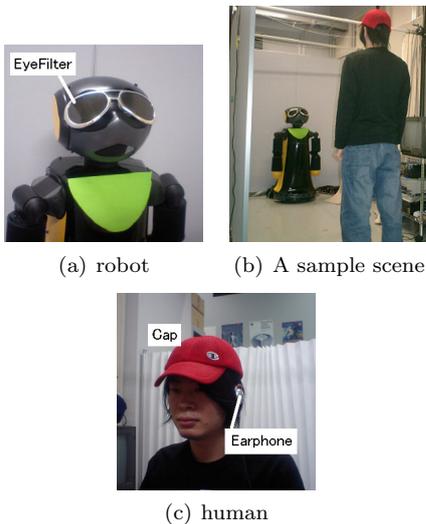


Fig.1 Experimental setting

#### 3.2 実験手順

ロボットが見えている状況で、被験者に対して、イヤホンから信号音が聞こえたら、実験者が指示した位置まで移動するよう教示した。また、実験を開始してからある時間経過すると、被験者とロボットの間にあるカーテンを閉じ、

対面したロボットに対する印象を尋ねるアンケートを行うと教示した。続いて、実験を開始する前に信号音とロボットの動作を被験者に提示した。

被験者が実験の動作を理解したか確認した後に、実験者は部屋を退室し、試行を開始した。実験開始2秒後に、一部の条件を除き、イヤホンに信号音を呈示した。ロボットと被験者の動作が終了したことを確認した後、ロボットと被験者の間にあるカーテンを閉じ、被験者にロボットに対する印象を尋ねるアンケートを実施した。被験者がアンケートを記入した後、実験を終了した。

#### 3.3 人とロボットの動作の統制

被験者が装着したイヤホンからの信号音によって、被験者が移動するタイミングを統制した。実験では以下の4条件でタイミングを統制した。

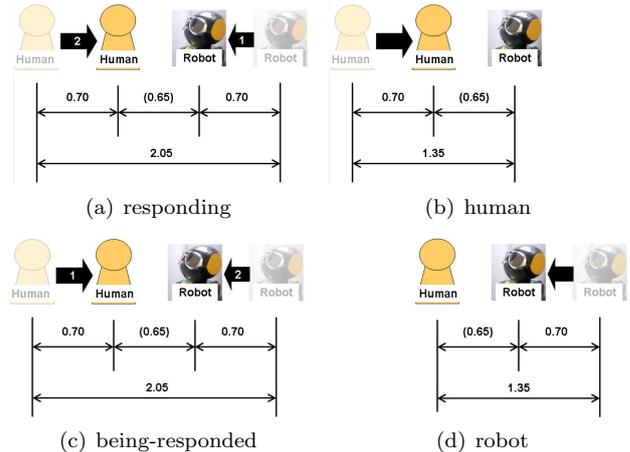


Fig.2 Conditions in experiment [measure:m]

- (1) 人が応答する条件 (responding) (Fig.2(a))  
ロボットが接近した直後に、人が接近する。ロボットが接近した後、約0.5秒経ってから人が接近し始めるように信号音を呈示した。
- (2) 人条件 (human) (Fig.2(b))  
人だけが接近する。ロボットは接近せず、実験開始から2秒後に信号音を人に呈示した。
- (3) 人が応答される条件 (being-responded) (Fig.2(c))  
人が接近した直後に、ロボットが接近する。人が接近した後、約0.5秒経ってからロボットが接近し始めるように信号音を呈示した。
- (4) ロボット条件 (robot) (Fig.2(d))  
ロボットだけが接近する。信号音は人に呈示せず、実験開始から2秒後にロボットだけが接近した。

今回の実験において各条件間で、以下の項目を統一した。

- 実験の試行終了時における人とロボットの間の距離 (0.65[m]; 個体距離)
- 接近する場合の移動距離 (0.70[m])
- 実験スタート時の人とロボットの間のパーソナルスペース (1.35[m] or 2.05[m]; 社会距離)

これにより、どの条件においても、人とロボットの距離は、初対面の人と対面する時に適当な距離と言われる社会距離から、親しい人と対面する時に適当な距離と言われる個体距離へと変わることになる。

### 3.4 実験結果

10代後半から20代後半までの男性および女性を被験者として実験を実施した。被験者の人数は各条件で男女各5、または6人の計42人だった。

#### 3.4.1 接近するエージェントの違いの比較

対面している人とロボットの片方だけが接近する場合と互いに接近し合う場合とで人がロボットに対して抱く印象の違いが見られるかを調べた。この比較において用いた条件は、人が応答する条件、人が応答される条件を合わせた相互条件 (both)、人条件 (human)、ロボット条件 (robot) である。

**親近感** まず条件間の相手に対する印象の違いを調べるために、ロボットに抱いた印象についての形容詞対に対する各被験者の評点を用いて、バリマックス法による因子分析を行った。分析により、2つの因子で54.0%のデータの分散を表現できていることが分かった。以降に示す各形容詞対の後に書かれた数値は因子分析で算出された因子負荷量を表す。ここで、因子Iを構成する形容詞対は、「信頼できる ↔ 信頼できない」(0.92)、「あたたかい ↔ つめたい」(0.85)、「思いやりのある ↔ 思いやりのない」(0.80)、「責任感が強い ↔ 無責任な」(0.75)、「安心できる ↔ 不安である」(0.72)、「包容力のある ↔ 包容力のない」(0.65)、「やさしい ↔ 怖い」(0.62)、「思慮深い ↔ 短絡的な」(0.46)であり、「親近性 (friendliness)」因子と解釈した。因子IIを構成する主な形容詞対は、「自信のある ↔ 自信のない」(0.90)、「頼もしい ↔ 頼りない」(0.65)、「専門家的な ↔ 素人的な」(0.47)、「やさしい ↔ 怖い」(-0.45)、「冷静な ↔ 心配性」(0.43)であり、「自立性 (self-reliance)」因子と解釈した。

各因子における因子得点の平均値を Fig.3 に示す。ANOVA を行ったところ、親近性 ( $F(2, 39) = 0.27, p = 0.77$ ) においては各条件間に有意差や有意傾向は見られなかったものの、相互条件が人条件やロボット条件よりも平均値が高くなっていった。また、自立性 ( $F(2, 39) = 4.07, p = 0.03$ ) において平均値に有意差が見られた。さらに、Tukey-Kramer 法 (Bartlett,  $p = 0.43$ ) による多重比較を行なうと、相互条件とロボット条件 ( $p = 0.02$ ) の間に有意差が見られた。

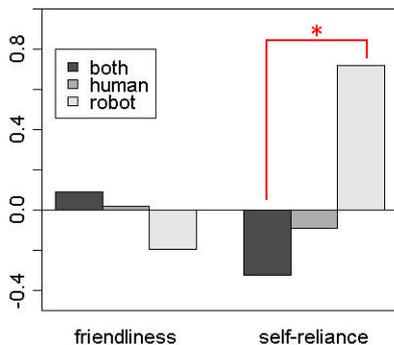


Fig.3 Average factor scores of participants' evaluation of the robot characteristics(\*: $p < 0.05$ ; \*\*: $p < 0.01$ )

以上の結果から、互いに接近し合うと、相手に対する親近感が強くなるという仮説を支持する可能性は見られたものの、相互条件と片方だけが接近する条件の間で差が見られなかった。また、互いが接近し合うことにより、ロボットに対する自立性の評価が低くなること示された。

その他の親近感に関する質問においても、ANOVA を実施したが、仮説を指示する結果は得られなかった。しかし、

被験者がロボットに対して強い親近感を持つかどうか、各アンケート項目の評価に大きく影響すると考えられる。そこで親近性における因子得点の正負を要因とした2要因分散分析を行ったところ、「ロボットはあなたに好意を持っているようでしたか?(Fig.4)」という質問において条件の主効果において有意差が見られた ( $F(2, 39) = 6.26, p < 0.01$ )。また、Bonferroni 補正法を用いて多重比較を行ったところ、相互条件と人条件 ( $p < 0.01$ )、ロボット条件 ( $p = 0.07$ ) の各条件間で平均値に有意差や有意傾向が見られた。Fig.4 にこの質問に対する各条件の評点の平均値を示す。

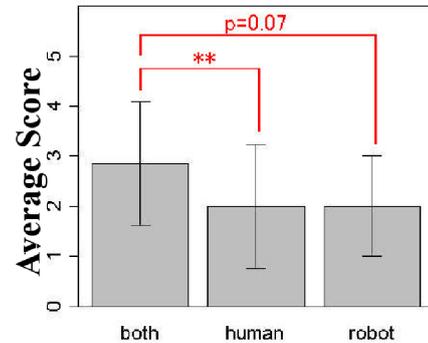


Fig.4 Score for the question, "did you feel friendliness of robot to you?" (\*: $p < 0.05$ ; \*\*: $p < 0.01$ )

このことから、人とロボットが互いに接近し合うと、片方だけが接近した場合に比べ、ロボットが人に対して抱く好意に対する評点が高くなること示された。これはロボットに対する親近感を、直接的ではないものの、表した結果であると考えられる。

**相手の接近に対する不快感** 「ロボットがもう少し近づいてきたら、不快に感じますか?(Fig.5)」という質問における各条件の評点に対してANOVAを行った ( $F(2, 39) = 4.06, p = 0.03$ )。人条件とロボット条件の間で平均値に有意差が見られた ( $p = 0.03$ ) もの、互いが接近し合う場合と片方だけが接近する場合の間には見られなかった (相互 vs 人: $p = 0.33$ , 相互 vs ロボット: $p = 0.27$ )。Fig.5 に各条件における評点の平均値を示す。

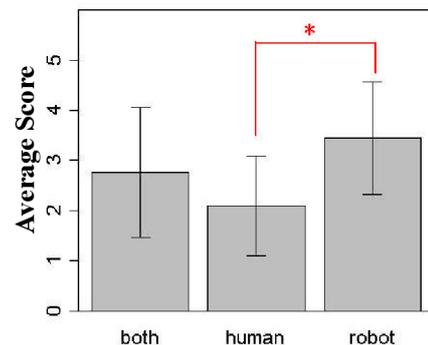


Fig.5 Score for the question, "if robot approach you more, did you feel uncomfortable?"(\*: $p < 0.05$ ; \*\*: $p < 0.01$ )

以上の結果により、人だけが接近する場合にロボットだけが接近するよりも、接近に対する不快感が弱くなること

を示したものの、仮説に關係する互いが接近し合う条件と片方だけが接近する条件の間には差が見られなかった。

この他のコミュニケーションに関する質問においても、互いが接近する条件の評点が他の条件に比べポジティブになっているものの、条件間には差は見られなかった。

考察 対面している人とロボットのどちらかだけが接近する場合と両方が接近し合う場合において、ロボットとのコミュニケーションに対して、人が抱く印象に差が見られるか検証した。アンケート結果から、互いに接近する条件の評点が高くなる結果が得られているものの、仮説を示唆するような差は見られなかった。また、ロボットが人に対して抱く親近感において互いが接近した場合に評点が高くなった。これは直接的ではないものの、ロボットに対する親近感を表した結果であると考えられ、今後追実験を行うことにより、親近感に対する項目で条件間に差が見られる可能性がある。

また、条件間にアンケートの評点の差が見られなかったのは、今回の実験設定において、移動距離と、人とロボットの間の最終的な距離は条件間で統一しているものの、人とロボットの間の初めの距離が条件間で異なっていたことが考えられる。そのため、パーソナルスペースが同じだったとしても、最初の印象が異なる可能性がある。これについては、人とロボットの間の最初の距離が同じである条件を追加して追実験を行い、検討する必要がある。

#### 3.4.2 両者の接近し合う方法による比較

対面している人とロボットが互いに接近し合う場合にロボットが接近し始めた後に人が接近する(人が応答する)場合と人が接近し始めた後にロボットが接近する(人が応答される)場合とで差が見られるかを調べた。

親近感 3.4.1 節における相互条件の2条件を、3.4.1 節と同じ条件で比較するために、3.4.1 節の因子負荷量を用いて因子得点を算出した。各因子における因子得点の平均値を Fig.6 に示す。ANOVA を行ったが、条件間で有意差や有意傾向は見られなかった ( $F(1, 19) = 0.06, p = 0.80$ )。

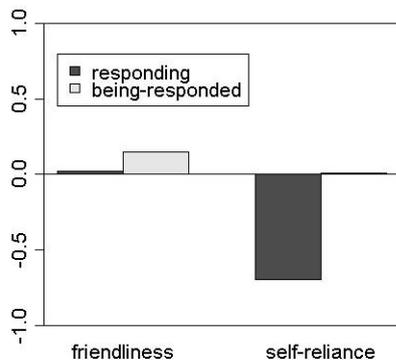


Fig.6 Average factor scores of participants' evaluation of the robot characteristics(\*: $p < 0.05$ ; \*\*: $p < 0.01$ )

相手の接近に対する不快感 「ロボットがもう少し近づいてきたら、不快に感じますか?」という質問における各条件の評点に対してANOVAを行った。しかし、条件間に有意差や有意傾向は見られなかった ( $F(1, 19) = 0.06, p = 0.82$ )。

また、3.4.1 節のように、他の項目に対しても同様の解析を行ったが、条件間で差は見られなかった。

考察 対面した人とロボットが互いに接近し合う際に、人が応答する場合と人が応答される場合とで人がロボットに対して抱く印象に違いが見られるかを検証した。

人が応答する場合の方が親近感が高くなり、相手の接近に対する不快感が低いという結果を期待されたが、結果として、条件間に差が見られなかった。このように差が見られなかった要因として、人とロボットが接近し始めるタイミングの違いで条件を分けたが、人とロボットが立ち止まるタイミングについても、人が相手より早く立ち止まったかどうかによって、別の個体内応答カスケード効果が生じていた可能性があるため、今後、立ち止まるタイミングの違いについて考慮できるような実験に設定を変更し、追実験して検討する必要がある。

## 4 結論

本研究では、個体内応答カスケード仮説の検証のために、パーソナルスペースに注目した心理学実験を実施した。実験では、対面している人とロボットの接近の仕方によって、ロボットに対して人が抱く印象に差が見られるかを検討し、人がロボットに親近感を抱いている場合、人とロボットの双方がお互いに接近する際に、ロボットに対してポジティブな印象を抱く可能性が示唆された。一方、人がロボットに対して応答的に振舞うことの効果については、有意差は見られなかった。これについては本実験で統制することができなかった、実験開始時の人とロボットの間の距離や、両者が立ち止まるタイミングなどの要因が影響している可能性があるため、これらを統制するよう実験設定を修正した追実験が必要である。

## 参考文献

- [1] 石黒浩. アンドロイドサイエンス. システム/制御/情報, Vol. 49, No. 2, pp. 47-52, 2005.
- [2] A.Arita, K.Hiraki, T.Kanda, and H.Ishiguro. Can we talk to robots? ten-month-old infants expected interactive humanoid robots to be talked to by persons. *Cognition*, Vol. 95, No. 3, pp. B49-B57, 2005.
- [3] 吉川雄一郎, 篠沢一彦, 石黒浩, 萩田紀博, 宮本孝典. 相手の視線に応じるロボットの視線の評価. 情報処理学会論文誌, Vol. 2006, No. 3, pp. 89-94, 2006.
- [4] 山本俊介, 吉川雄一郎, 住岡英信, 石黒浩, 浅田稔. 応答的視線による観察が他者認知に及ぼす効果. 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, pp. 75-78, 2007.
- [5] Shinsuke Shimojo, Claudiu Simion, Eiko Shimojo, and Christian Scheier. Gaze bias both reflects and influences preference. *NATURE NEUROSCIENCE*, Vol. 6, No. 12, pp. 1317-1322, 2003.
- [6] *Hidden Dimension*. Doubleday Publishing, 1996.
- [7] 野瀬出, 雨森雅哉, 中尾彩子, 松尾千尋, 山岡淳. パーソナルスペースの侵入に対する心理・生理的反応-接近しやの印象による影響-. 文教学院大学研究紀要, Vol. 7, No. 1, pp. 263-273, 2005.
- [8] Michael L Walters, Kerstin Dautenhahn, Rene te Boekhorst, Kheng Lee Koay, Christina Kaouri, and Sarah Woods. The influence of subjects' personality traits on personal spatial zones in a human-robot interaction experiment. *IEEE International Workshop on Robots and Human Interactive Communication*, pp. 347-352, 2005.
- [9] K.Dautenhahn, M.Walters, S.Woods, K.L.Koay, and C.L.Nahani. How may i serve you? a robot companion approaching a seated person in a helping context. *Proceeding of the 1st ACM SIGCHI/SIGART conference on Human-Robot Interaction*, pp. 172-179, 2006.
- [10] Helge Huettenrauch, Kerstin Severinson Eklundh, Anders Green, and Elin A. Topp. Investigating spatial relationships in human-robot interaction. In *Proceedings of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 5052-5059, 2006.