B-06

応答的視線による観察が他者認知に及ぼす効果

Intrapersonal responding-cascade in gaze interaction

山本 俊介 † 吉川 雄一郎 ‡ 住岡 英信 ‡† 石黒 浩 ‡† 浅田 稔 ‡†

Shunsuke Yamamoto Yuichiro Yoshikawa Hidenobu Sumioka Hiroshi Ishiguro Minoru Asada

† 大阪大学大学院 (Graduate School of Osaka Univ.), ‡JST ERATO

1 はじめに

近年，人とコミュニケーションをするロボットやCGエージェントの研究が盛んに行われており，[1, 2]．これらを設計するためには，人のコミュニケーションの仕組みを理解する必要がある．しかし，人同士のコミュニケーションの観察のみに基づく心理学実験のアプローチでは人の無意識的な動作や仕種を統制しきることが不可能であるため，統制のとれた実験の実施が困難であるという問題があった．これに対し，制御できる ”人 ”としてコミュニケーションの実験にロボットを使用するアプローチに注目が集まっている [1, 2]．これまで，インタラクション相手の見かけ [1] や振舞い [2] に焦点を当てて，相手に対する人の認識がどのような影響を受けるのかについて検討がなされてきた．言い換えると，インタラクションの半分の側面である，相手の属性だけについて検討されることがほとんどであった．

しかし近年，そのもう半分の側面に属する，人自身が相手に対してどのように応答するのかという経験が人が相手を認識する上で重要であることを示唆する研究がある．Shimojo et al.[3] は人の好みと注視行動の間には，人の好みが原因となって注視行動が起こるという関係だけでなく，注視しているものを好ましく思うという逆向きの因果関係が存在することを示し，これを gaze-cascade 効果と呼んだ．この発見は，人の感情の生起とその感情に関する行動生成に相互に促進する作用があることを示唆している．

これが人のやりとりの行動に関しても当てはまるとすると，相手がコミュニケーション相手と認識するから応答するのか，自分が応答したからその相手をコミュニケーション相手と認識してしまうのかという双方向の因果関係が存在すると考えられる．本研究では，そのような人の応答に関する感情と行動の相互促進作用を個体内応答カスケード (intrapersonal responding cascade) と呼ぶ．またこのような応答に関する相互促進作用が個体内に存在するならば，その作用は個体内にとどまらず，個体間でも相互の促進が起こることによって，コミュニケーションが創発，維持される基盤となると考え，これをスパイラル応答カスケード (spiral responses cascade) 仮説と呼ぶ (Fig.1)．本稿ではスパイラル応答カスケード仮説の重要な要素である個体内応答カスケードの存在を検証するために行った，コミュニケーションロボットとの視線インタラクション実験について報告する．

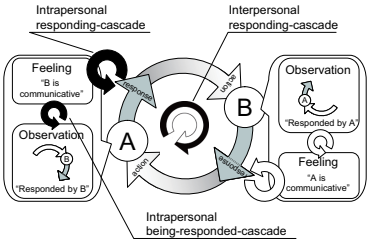


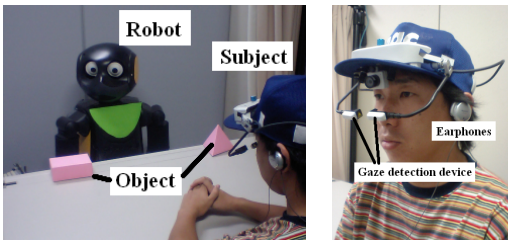
Fig.1 Spiral response-cascades that forms a closed loop between agents A and B that exhibit actions in response to each other: two intrapersonal cascades (black and white annular arrows in the left and right sides) in both agents and an interpersonal cascade (black and white striped annular allow) are linked to close positive feed back loops between agents

2 被験者実験

2.1 実験システム

実験では ATR が開発したコミュニケーションロボット Robovie-R2 を使用し，ロボットと人が対面した環境で実験を行った．ロボットと人の間には机を配置し，机上にはピンク色の対象物を 2 つ置いた (Fig.2(a))．被験者には視線計測装置としてキャップ型アイマークレコーダを装着させ，音声提示のためのイヤホンも装着させた (Fig.2(b))．

ロボットに搭載されているホスト PC はまず視線計測装置から被験者の視野画像と注視点情報を取得する．ホスト PC は取得した画像と注視点情報を処理し，その時刻に被験者がロボットを見ているのか，対象物を見ているのかを検出する．また，ホスト PC は被験者に装着しているイヤホンに適当な時間間隔でブザー音を出力する．被験者の注視点情報あるいはブザー音のタイミングに応じて，同じホスト PC からロボットの動作を指令する．ここで，ロボットの動作には，特定の位置を注視していると見えるように予め作成しておいた首や目の姿勢を用いた．



(a) A sample scene (b) Equipments

Fig.2 Experimental setup

2.2 実験手順

ロボットと被験者の間をカーテンで仕切って，被験者からロボットが見えない状況で，イヤホンからブザー音が聞こえている時には机上にある対象物のどちらかを見続け，そうでない時にはロボットの顔を見るよう指示した．また，これらの動作を約 1 分間行った後，対面したロボットに対してどのような印象を受けたかを問うアンケートを行い，この一連の作業を 3 回繰り返すと教示した．続いて，被験者に視線計測装置・イヤホンを装着させ，視線計測装置の校正を行った．視線計測装置のデータを使ってロボットを動かす場合があることは告げず，後の実験の解析に使用すると教示した．校正が終わった後に，ロボットと被験者を対面させ，被験者にブザー音に対して反応する練習をさせた．この練習の間，ロボットは全く動かさなかった．

(a) Before (b) After

Fig.3 Scenes of gaze-drawing by the robot

被験者が実験の動作を理解したか確認した後に，実験者は部屋を出て行き，実験を開始した．約 1 分間の視線のやりとりの後半には実験者は部屋の入り口に戻った．実験開始から 54 秒経過した後，ロボットの視線を実験者へと移動させ，被験者の視線を誘導できるかを確認した (Fig.3)．被験者が実験者の方に振返るのか，ロボットが視線を移動させてから 6 秒経過した時点で被験者に対す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，次の試行を開始し，3 回目の試行も同様に実施した．3 回目のアンケートを被験者に記入させ終えた後，実験を終了した．

2.3 視線のやりとりの制御

実験中の視線のやりとりはロボットの視線の動きだけでなく，被験者の視線の動きも制御することで統制した．被験者の視線の動きは，被験者の装着しているイヤホンを通して流れるブザー音により制御した．実験中，ブザー音は 12 秒毎に鳴り，6 秒間鳴り続ける．つまり，6 秒毎に被験者は見る対象を変更することになる (Fig.4)．ロボットの視線の動きは首と目のモータの位置を指定して作成し，実験中は被験者の顔と対象物を交互に見るようにした．ロボットが対象物を見る時には 2 つの対象物からランダムに見る対象物を選択した．以下では，今回の実験で比較対象とした視線のやりとりの 3 つの条件について説明する．

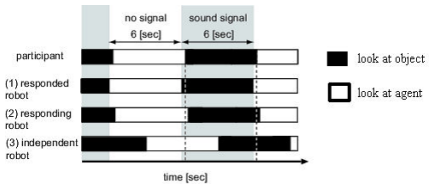


Fig.4 Time chart of the attended targets by a participant and the three types of robots in different condition

(1) **人が応答する条件** (responding) ロボットが視線を動かした直後に人が視線を動かすような状況に統制した．被験者がブザーに対する反応時間を計測した予備実験の結果に基づき，被験者が視線を動かすよりも平均的に 0.5 秒前にロボットが視線を動かすように，ブザーのタイミングに合わせてロボットの視線を動かした．

(2) **人が応答される条件** (being-responded) 被験者が視線を動かした直後にロボットが視線を動かすような状況に統制した．被験者の視線変化は視線計測装置からの情報により判断し，視線変化が起きてから 0.5 秒後にロボットの視線を動かすようにした．

(3) **独立条件** (independent) 被験者の視線変化に関係のないタイミングでロボットが視線を動かしていると感じさせるような状況に統制した．被験者とロボットの両方が相手に応じているように見えないように，充分な時間を空けるため，ブザーのタイミングから 3.5 秒後にロボットの視線を動かすようにした．

3 実験結果と考察

20 代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 6 人の計 36 人だった．

3.1 対面の様子

まず，各条件において，ロボットと人の視線変化が正しく行われているかを確認するために，各条件における応答潜時，すなわち人が視線を変更してからロボットが視線を変更するまでに要した時間を調べた．

1 回の試行において被験者から対象物へ，あるいは対象物から被験者への 2 種類の応答潜時がそれぞれ 4 個ずつ計測できるため，各条件で 288 個のデータを取得した．ただし，実験システムの誤動作のため，これらのデータから人が応答する条件で 17 個，人が応答される条件で 50 個，独立条件で 14 個のデータを解析から除外した．また，人が応答される条件では応答潜時が 1.0 秒以上であった 18 個のデータは応答的な振舞

いが実現されていないとみなし，解析から除外した．

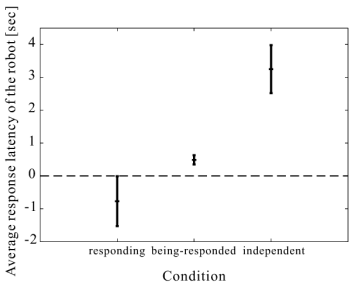


Fig.5 Average response latencies of the robot in each condition

.

Fig.5 は各条件における平均応答潜時を示している．ここで人が応答される条件，および独立条件では人の視線切替の後にロボットが視線を動かすために平均応答潜時が正となっているが，人が応答する条件ではロボットの視線切替が人間の視線切替より先に起こるため負の応答潜時となることに注意されたい．Fig.5 において，平均応答潜時が人が応答する条件では 0 に近い負の値，人が応答される条件では 0 に近い正の値であり，独立条件では平均応答潜時は約 3 秒となってる．以上のことからどの条件においてもロボットの視線変化が意図した条件で行われていることが分かる．

3.2 被験者の印象

各試行終了後にアンケートを実施した．アンケートはロボットの印象に対する尺度を尋ねるものが 7 項目，形容詞対についてロボットの動きがそのどちらの形容詞により近いかを尋ねるものが 8 項目の計 15 項目により構成される．実験では，各条件においてそれぞれ 36 個の回答を得たが，人が応答される条件において応答潜時が 1.0 秒以上だった応答が 2 回以上あった 13 試行は人が応答される条件としてのインタラクションが実現されてないとみなし，解析から除外した．前半 7 項目のアンケート結果のうち,「(Q1) ロボットの動きに対して意図を感じましたか?」(Fig.6) という問いについて人が応答する条件と人が応答される条件の間で有意差が認められた (ANOVA: $F(2,92) = 4.91, p < 0.01$, Hoshberg(GT2): $p < 0.01$)．ここで，分散の等質性の仮定は棄却されなかった (Levene: $F(2,84) = 0.67, p = 0.51$).

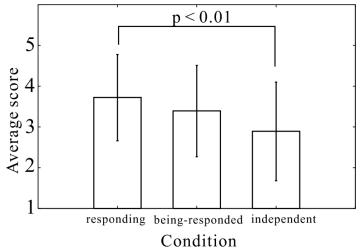


Fig.6 Score for the questions:Q1

また，Fig.7 は「(Q5) ロボットと見つめ合えた気がしたか？」という質問に対する回答であり，従来研究 [2] における被注視感と関わる質問である．この項目において，人が応答する条件と独立条件間の平均値の差に関して有意傾向が見られるにとどまった (ANOVA: $F(2,92) = 2.38, p = 0.10$, Hoshberg(GT2): $p = 0.09$)．ここで，分散の等質性の仮定は棄却されなかった (Levene: $F(2,92) = 0.48, p = 0.62$).

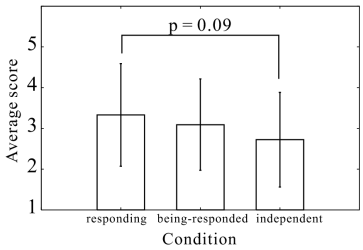


Fig.7 Score for the questions:Q5

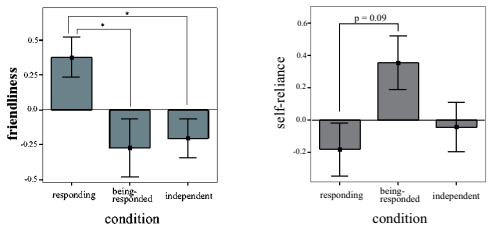
ロボットに抱いた印象についての形容詞対に対する得点についてバリマックス法による因子分析を行った (Fig.8)．結果として 3 つの因子で 56.5% のデータの分散を表現できることが分かった．因子 I を構成する主な形容詞対は「安心できる ↔ 不安である」(0.77),「思いやりのある ↔ 思いやりのない」(0.76),「冷たい ↔ あたたかい」(−0.85) であり，これらを「親近性 (friendliness)」と呼ぶ．因子 II を構成する主な形容詞対は「心配性 ↔ 冷静な」(0.92),「自信のない ↔ 自信のある」(0.64) であり，これらを「自立性 (self-reliance)」と呼ぶ．因子 III を構成する主な形容詞対は「思慮深い ↔ 短絡的な」(0.70),「専門家的な ↔ 素人的な」(0.44) である．

ANOVA($F(2,92) = 5.30, p < 0.01$) と Hoshberg(GT2) 法によるその後の検定を通して,「親近性」において人が応答する条件と人が応答される条件 ($p = 0.02$)，および人が応答する条件と独立条件 ($p = 0.02$) で有意な差が見られた.「自立性」においては人が応答する条件と人が応答される条件 (ANOVA: $p = 0.09$, Hoshberg(GT2): $p = 0.09$) で平均値の差に有意傾向が見られた．また，Levene 検定では「親近性」($F(2,92) = 0.60, p = 0.55$) と「自立性」($F(2,92) = 0.89, p = 0.42$) に関して分散の等質性は棄却されなかった．

以上のアンケート解析から，被験者がロボットに対して応答する経験をさせられることで，ロボットがコミュニケーション相手であるという認識に付随すると考えられるいくつかの項目の印象が強調されて形成されている可能性を示している．

3.3 視線誘導

実験の各試行の最後にロボットが視線誘導を試みた結果，被験者がロボットの視線誘導に対して 5 秒以内に応じた試行の比率を Fig.9 に示す．人が応答する条件において視線誘導に応じた比率が高くなっているが，条件間に有意な差は見られなかった ($\chi^2 = 3.23, df = 2, p = 0.20$)．しかし今回の実験設定では，ロボットが視線誘導を試みた際にブザーが鳴っていなかったた



(a) the first factor (b) the second factor

Fig.8 Average factor scores of participant's evaluation of the robot characteristics

めに，被験者の視線応答が抑制されていた可能性がある．従って，相手に対して応答する経験が視線追従のような自発的な応答を促進するかどうかについては，このような抑制が起こらないように実験設定を変更して，追試をする必要がある．

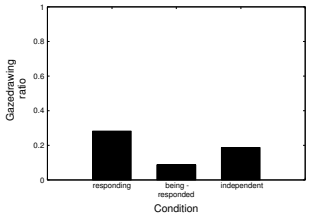


Fig.9 The ratio of participants who looked back at least once according to robot's gaze in the end of a trial

4 結論

ロボットとの視線インタラクションの実験を通じて，人は相手に対して応答することで，その相手がコミュニケーション相手であるという認識をより強くしている可能性を確認し，カスケード仮説を部分的に示した．しかし相手に応答する経験が，視線追従のような，相手に対する自発的な応答を促進することまでは確認できなかったため，実験設定を修正して，追試をすることが今後の課題となる．

また，本稿の実験では，被験者の振る舞いが実験的な手続きに拘束されていた．今後，人の自然なコミュニケーションを誘発しうるロボット (Fig.10) を用いて，自然な状況での実験を通じ，個体内応答カスケードの存在を示し，人とロボットの間でのスパイラル応答カスケードの実現，すなわちコミュニケーションの創発と維持を可能にするメカニズムを探っていくことが課題となる．

Fig.10 Natural interaction with Child-like Robot with Biomimetic Body(CB^2)

参考文献

1) H. Ishiguro and M. Asada. Humanoid and android acience. *IEEE Intelligent Systems*, pp. 74–76, 2006.

2) 吉川雄一郎, 篠沢一彦, 石黒浩, 荻田紀博, 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.

3) 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.