

手と視線の関係が注意誘導に与える影響

Effects of Relationship between Hand and Gaze on Attention Control

田村 雄介^{1*} 明石 貴文¹ 矢野 史朗² 大隅 久¹
Yusuke TAMURA¹, Takafumi AKASHI¹, Shiro YANO², Hisashi OSUMI¹

¹ 中央大学

¹ Chuo University

² 立命館大学

² Ritsumeikan University

Abstract: In order for a robot to smoothly interact with a human, it is very important not only to estimate the human's intention but also to control the human's attention and behavior. In this study, we aim to develop a model of attention control based on the analysis of skillful attention control by human. We observed a magician's control of an audience's overt attention. Based on the observation, we analyzed the effects of the relationship between magician's hand and gaze on the attention control. As a result, it was confirmed that the appropriate hand-eye coordination works well for the attention control. Also, the results suggested that contributing rates of gaze and hands to the attention control varied according to the situation.

1 はじめに

ロボットが人間と共存し、円滑なインタラクションを行うためには、人間の振る舞いについて理解し、予測することが必要になる。

一方、我々人間は他者の振る舞いを予測するだけでなく、ときに自らの行為によって他者の注意や行為を誘導するというを行っている。この極端な例が、手品や、スポーツにおけるフェイントである。

手品師は、*misdirection* と呼ばれる技術によって観客の注意を誘導したり [1], *forcing* によって観客の振る舞いをも誘導する [2] ことで手品を成功させている。また、対人スポーツにおいては、相手がこちらの動作を観察することでこちらの将来の動作を予測することを利用してフェイントをかける [3]。これは自らの動作によって相手の動作を誘導していると言える。

このように、人間は他者の振る舞いを巧みに誘導することが出来るが、これは他者の内部状態を再帰的に推定することが出来る能力によるものであり、このような能力は人間をはじめとしたごく一部の霊長類に限られたものであると言われている [4, 5]。したがって、このような能力をロボットが持つことは、人間との円滑なインタラクションを実現できるだけでなく、ロボッ

トが人間にとって人間的な存在であると見なせるということにつながる [6] と期待される。

他者の行動を誘導するためには、まずその注意を誘導することが必要であると考えられる。そこで本研究では、ロボットによる人間の注意誘導を実現することを目指す。本稿ではそのために必要となる注意誘導動作のモデル化に向けて、人間の視線と手の関係が注意誘導にどのような影響を与えるかを検討したので報告する。

2 他者注意の誘導

人間の視覚的注意を計算論的に扱ったモデルとしては、Itti らによる *Saliency map model* [7] をはじめとして数多くの研究が行われているが、そのほとんどはボトムアップ性の注意を扱ったものである。一方、ロボットが人間の注意誘導を行うことを考えると、ボトムアップだけではトップダウンの意図に従って注意を誘導出来ることが重要である。

人間の注意は、単にその瞬間に視覚的に顕著なものにひきつけられるだけではなく、状況に応じて意味のあるものにひきつけられる。

人間とロボットのインタラクションにおいては、しばしば指差しジェスチャが用いられてきた [8, 9]。これらの研究では、人間の指差しによってロボットの注意

*連絡先：中央大学理工学部精密機械工学科
〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27
E-mail: tamura@mech.chuo-u.ac.jp

を対象物に誘導し、所望の動作を遂行させている。また、杉山らは逆にロボットが人間の注意を誘導するための指差しと指示語を用いたインタラクションを実現している [10]。

指差しほど明示的なものではないが、他者の視線は人間の注意を強くひきつけることが知られている。例えば、他者の視線の先に出現したターゲットにはその逆側に出現したターゲットに対して寄りも素早く反応することができる [11, 12]。

他者との間で注意を共有する共同注意の能力は、8～18ヶ月程度の幼児の段階で発達するとされている [13]。このような共同注意の能力をロボットに持たせることは人間とのインタラクションを想定した場合非常に重要であり、養育者としての人間と学習者としてのロボットの間での共同注意を介したインタラクションや共同注意の獲得に関する研究は数多く行われている [14-17]。ただしこれらの研究は、養育者たる人間の表出する注意を理解し、そこに学習者たるロボットが注意を向けるというインタラクションを扱ったものであり、そこでのロボットは基本的に受動的な存在となっている。また、ロボットが注意を表出することで人間の注意を喚起する研究 [18, 19] もなされてきており、これらの研究からロボットの顔や視線の動きが人間の注意を喚起し誘導するのに重要な役割を果たしていることがわかる。

一方、手品師は我々人間の中でも特に巧みに他者の注意を誘導することが知られている [20, 21]。手品師は自らの視線を適切にコントロールすることで観客の注意を誘導し、それによって手品を成功させている [1]。また、Otero-Millan らは、同じ手品でも手の動かし方を変化させることで観客の注意のひきつけられ方が変化するということを実験により示した [22]。

これらの知見に基づき、我々は、手品師の手と視線の関係が鑑賞者の注意の位置にどのような影響を与えるかについて検討してきた [23]。この結果、鑑賞者の注意は手品師の視線の方向、顔の位置、手の位置にひきつけられ、特に視線と手の位置が一致しているときにより強く注意をひきつけるということを確認した。

本稿ではさらに、手品師による動作がどの程度他者の注意を誘導することが出来ているのかについて検討を行う。一般に注意と注視は必ずしも一致しないが、ここでは直接計測することが可能な行為に表れた注意 (overt attention) について扱うものとする。

3 実験

3.1 実験設定

手品師による動作が鑑賞者の注意をどの程度意図的に誘導できているのかを検討するために実験を行った。

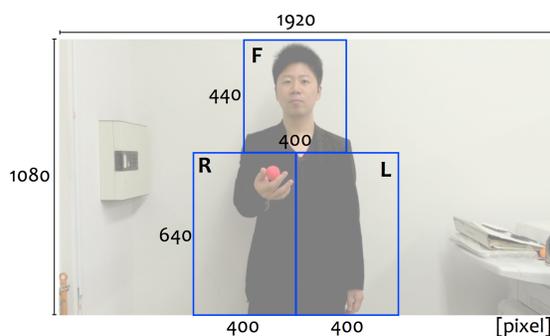


図 2: 注目領域

ここでは、手品の技法の1つである「フェイクトランスファー」を題材とし、これを鑑賞している鑑賞者の注視点を計測することとした。フェイクトランスファーとは、手から手へ物品を渡したように見せる技法であり、通常は手品の一連の流れの中で用いられる。

本実験においては手品の演技における文脈の影響を排除するため、フェイクトランスファーの部分のみの動画を用いた。実験で使用する物品はピンク色の練習用スポンジゴルフボール (直径約 43mm) とし、手品師は右手から左手へフェイクトランスファーを行った。

実験には健康な成人男性 (平均年齢 22.0 歳) が参加した。参加者は、以下に示す 3 つの条件の演技動画 (各 10 秒程度) を鑑賞した。

1. 通常のフェイクトランスファー
2. カメラ目線でのフェイクトランスファー
3. 斜め上方を見ながらのフェイクトランスファー

なお、鑑賞する動画の順序は順序効果を排除するためにラテン方格を用いてバランスをとった。

手品師は、通常、演技の一連の流れにおいて、注目してほしい場所に観客の注意が向くような動作を行っている。そこで本実験では、演技動画を図 1 のように 9 つのシーンに分け、各々のシーンにおいて鑑賞者の注視点の位置が手品師の意図した領域に入っているかを計測することとした。

ここでは、図 2 に示すように、顔周辺の領域 (F)、右手周辺の領域 (R)、左手周辺の領域 (L) の 3 つを考えることとした。

演技動画は 23 インチ液晶ディスプレイで再生し、鑑賞者の注視点については非接触型の頭部視線追跡システム (faceLAB4.2, Seeing Machines) を用いて 60Hz で計測した。



図 1: 9 つのシーンと各シーンでの手品師の意図した注目領域 ([] 内の表記は図 2 を参照のこと)

3.2 結果と考察

手品師が意図した注目領域に参加者の注視点がどの程度誘導されたかを表 1 に示す。

ここからわかるように、全体を通して通常のフェイクトランスファーが最も意図通りに参加者の注視点を誘導できていることがわかる。

シーン毎に見ると、特に顕著な差があらわれているのが、シーン 3 (右手にボールを持った状態で左手を上げる) およびシーン 4 (右手から左手にボールを渡す) である。これらのシーンにおいては、通常のフェイクトランスファーでは誘導率がそれぞれ 66.7%, 90.2% と高い値であるのに対し、その他の 2 つの条件では誘導率が 50% 以下となっている。これは、通常条件においては、シーン 3 で左手を上げる際に手品師の視線が左手の方に向き、そのまま左手の方を見ながらシーン 4 でボールを渡しているのに対して、カメラ目線、および斜め上方を見る条件では手品師の視線が動かないため、鑑賞者の注視点が見るべき領域に誘導されなかったのだと考えられる。フェイクトランスファーにおい

てはボールを渡す (渡したように見せる) 動作であるシーン 4 が最も重要なシーンであるため、このような手品師の視線移動が重要なシーンに注目させることに有効に働いていることがわかる。

一方、カメラ目線条件は動画全体にわたって、斜め上方条件ではシーン 3 以降、手品師の視線はほとんど動かない。にもかかわらず参加者注視点の誘導率はシーン毎で大きく異なる。このことは、視線だけが注意誘導に寄与しているのではないこと、また、視線、手などが注意誘導に寄与する割合が状況によって変化するということを意味する。

4 おわりに

本研究ではロボットによる注意誘導モデルの実現を目指し、手品師による注意誘導動作の解析を行った。その結果、視線と手の動作を適切に連動させることが注意誘導に有効に働いていることが確認された。また、視

表 1: 意図した注目領域への鑑賞者注視点の平均誘導率 (%)

シーン	意図領域	通常	カメラ目線	斜め上方
1	F	41.7	41.1	19.4
2	R	0.0	11.8	18.5
3	F, L	66.7	24.2	48.2
4	R, L	90.2	41.4	31.1
5	L	58.6	39.5	10.4
6	L	22.2	31.9	20.8
7	L, F	77.3	38.5	8.1
8	L	4.6	33.3	5.9
9	-	-	-	-
Total		46.0	33.1	19.5

線と手が注意誘導に寄与する割合は一定ではなく、状況に応じて変化する可能性が示唆された。

一方、本実験の結果では視線をはじめとしたトップダウンの要素とディスプレイ上での視覚的に顕著な変化というボトムアップの要素の寄与する割合が変化したという可能性も残る。.. 今後は、手の動作が意味のあるトップダウンの要素として働いているのか、単に顕著な動きとしてボトムアップに働いているのかについても検討する必要がある。

謝辞

本研究は科研費若手研究 (B) 24700190 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] G. Kuhn, B.W. Tatler, G.G. Cole: You look where I look! Effect of gaze cues on overt and covert attention in misdirection, *Visual Cognition*, Vol. 17, pp.925–944 (2009)
- [2] P. Johansson, L. Hall, S. Silkström, A. Olsson: Failure to detect mismatches between intention and outcome in a simple decision task, *Science*, Vol. 310, pp. 116–119 (2005)
- [3] R.C. Jackson, S. Warren, B. Abernethy: Anticipation skill and susceptibility to deceptive movement, *Acta Psychologica*, Vol. 123, pp. 355–371 (2006)
- [4] D. Premack, G. Woodruff: Does the chimpanzee have a theory of mind?, *The Behavioral and Brain Sciences*, Vol. 1, No. 4, pp. 515–526 (1978)
- [5] リチャード・バーン, アンドリュー・ホワイトウン: マキャベリの知性と心の理論の進化論, ナカニシヤ出版 (2004)
- [6] 寺田和憲, 伊東昭: 人間はロボットにだまされるか? — ロボットの意外な振る舞いは意図帰属の原因となる —, *日本ロボット学会誌*, Vol. 29, No. 5, pp. 43–52 (2011)
- [7] L. Itti, C. Koch, E. Niebur: A model of saliency-based visual attention for rapid scene analysis, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, No. 11, pp. 1254–1259 (1998)
- [8] R. Cipolla, N.J. Hollinghurst: Human-robot interface by pointing with uncalibrated stereo vision, *Image and Vision Computing*, Vol. 14, pp.171–178 (1996)
- [9] K. Nickel, R. Stiefelhagen: Visual recognition of pointing gestures for human-robot interaction, *Image and Vision Computing*, Vol. 25, pp. 1875–1884 (2007)
- [10] 杉山治, 神田崇行, 今井倫太, 石黒浩, 萩田紀博, 安西祐一郎: コミュニケーションロボットのための指差しと指示語を用いた 3 段階注意誘導モデル, *日本ロボット学会誌*, Vol. 24, No. 8, pp. 964–975 (2006)
- [11] J. Driver, G. Davis, P. Ricciardelli: Gaze perception triggers reflexive visuospatial orienting, *Visual Cognition*, Vol. 6, No. 5, pp. 509–540 (1999)
- [12] C.K. Friesen, A. Kingstone: The eyes have it! Reflexive orienting is triggered by non predictive gaze, *Psychonomic Bulletin and Review*, Vol. 5, pp. 490–495 (1998)
- [13] G. Butterworth, N. Jarrett: What minds have in common is space: Spatial mechanisms serving joint visual attention in infancy, *British Journal of Developmental Psychology*, Vol. 9, pp. 55–72 (1991)
- [14] C. Breazeal, B. Scassellati: Infant-like social interactions between a robot and human caregiver, *Adaptive Behavior*, Vol. 8, No. 1, pp. 49–74 (2000)
- [15] H. Kozima, H. Yano: A robot that learns to communicate with human caregivers, *Proceedings of the 1st International Workshop on Epigenetic Robotics* (2001)

- [16] 長井志江, 浅田稔, 細田耕: ロボットと養育者の相互作用に基づく発達の学習モデルによる共同注意の獲得, *人工知能学会論文誌*, Vol. 18, No. 2, pp. 122–130 (2003)
- [17] 中野吏, 吉川雄一郎, 浅田稔, 石黒浩: 相互排他性原理に基づくマルチモーダル共同注意, *日本ロボット学会誌*, Vol. 27, No. 7, pp. 814–822 (2009)
- [18] 今井倫太, 小野哲雄, 石黒浩, 中津良平, 安西祐一郎: ロボットからの発話: 自発的発話生成のための注意の表出機構の実現, *情報処理学会論文誌*, Vol. 42, No. 11, pp. 2618–2629 (2001)
- [19] M.M. Hoque, D. Das, T. Onuki, Y. Kobayashi, Y. Kuno: An integrated approach of attention control of target human by nonverbal behaviors of robots in different viewing situations, *Proceedings of the 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 1399–1406 (2012)
- [20] G. Kuhn, A.A. Amlani, R.A. Rensink: Towards a science of magic, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 12, No. 9, pp. 349–354 (2008)
- [21] S.L. Macknik, M. King, J. Randi, A. Robbins, Teller, J. Thompson, S. Martinez-Conde: Attention and awareness in stage magic: turning tricks into research, *Nature Reviews Neuroscience*, Vol. 9, pp. 871–879 (2008)
- [22] J. Otero-Millan, S.L. Macknik, A. Robbins, S. Martinez-Conde: Stronger misdirection in curved than in straight motion, *Frontiers in Human Neuroscience*, Vol. 5, 133, pp. 1–4 (2011)
- [23] 田村雄介, 矢野史朗, 大隅久: 注意誘導動作のモデル化のための手品鑑賞時の視線計測, 第30回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2N1-4 (2012)