



他者の視線に応じた温度提示による 遠隔コミュニケーションへの影響

The effect of temperature presentation according to the gaze of others on remote communication

市橋爽介¹⁾, 堀江新²⁾, 柏野善大³⁾, 吉田成朗^{3,4)}, 稲見昌彦³⁾

Sosuke ICHIHASHI, Arata HORIE, Zendai KASHINO, Shigeo YOSHIDA, and Masahiko INAMI

- 1) 東京大学大学院 学際情報学府 (〒 113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, sosuke@star.rcast.u-tokyo.ac.jp)
- 2) 東京大学大学院 工学系研究科 (〒 153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1, arata.horie@star.rcast.u-tokyo.ac.jp)
- 3) 東京大学 先端科学技術研究センター (〒 153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1, {kashino, shigeo, drinami}@star.rcast.u-tokyo.ac.jp)
- 4) 国立研究開発法人科学技術振興機構 さきがけ

概要: 温度提示は環境・触感再現だけでなく、コミュニケーションでの行動・情動喚起への応用が期待される。本稿では、遠隔コミュニケーションで他者の視線に応じた温度提示をユーザに行うシステムを提案する。赤外線での温度提示により、他者の視線がユーザに向いている、つまり他者の注視点が他者のモニタ中心に近いほど強い温度提示をユーザは受ける。本システムによる他者存在感の増大や印象の変調などについて考察する。

キーワード: コミュニケーション, 視線, 温度提示

1. はじめに

居住形態や働き方の多様化により、遠隔コミュニケーションはその重要性を増してきているが、対面コミュニケーションに様々な面で及んでいない。従来の遠隔コミュニケーションは限定的な視聴覚情報に依存するため、親密度や相手の存在感が薄く、直感的な情報伝達も困難である。その原因として、対面では存在するコミュニケーションの要素の一部が、遠隔コミュニケーションにおいては欠落していることが考えられる。例えば、対面では立体である視覚情報が、遠隔では平面ディスプレイで提示されるため、相手の視線やジェスチャーなどを認識しづらい。よって、遠隔コミュニケーションは対面のものに比べて伝達される情報の量・質ともに少なく、限定的なものである。

遠隔コミュニケーションに欠ける要素として、視線認識のしやすさが挙げられる。対人コミュニケーションにおいて、視線による様々な影響が示唆されている。例えば互いの直視による、魅力・気遣い・能力・信頼性・優位性など他者への評価の向上 [4]、自己の覚醒度の増大 [5] や記憶力の向上 [7]、社会的インタラクションの促進 [1] が報告されている。一方、視線回避は、社会的インタラクションの抑制 [2]、親密さの調整、長時間の直視による悪印象の回避 [8] に用いることが可能である。これらから、視線の提示は、コミュニケーションにおいて重要な要素であると考えられる。しかし、平面ディスプレイを用いた既存の遠隔コミュニケーションでは、相手の視線を認識しづらく、視線

を利用したコミュニケーションが困難である。

この問題を解決するため、遠隔コミュニケーションにおける様々な視線提示手法が提案・評価されている。例えば、平面ディスプレイと比較して眼球型立体ディスプレイによる観察者による視線認識精度の向上 [6] や、平面ディスプレイへの眼球型立体ディスプレイの追加による観察者の注視誘導の高速化 [10] が示されている。このシステムでは平面ディスプレイに加えて、視線に基づいた視覚提示を行い、観察者がそれを知覚することで視線を認識する。しかし、追加の装置により視線を視覚提示する場合、観察者は装置を見ている間、平面ディスプレイを見ることができず、相手の顔を見ながら直感的に直視や視線回避を認識するという対面での体験を実現できていない。したがって、観察者が相手の顔を見ながら視線を認識しやすくするためには、視覚以外の感覚によって視線を提示することが望ましい。

他方、“熱視線”という言葉が体現するように、温度感覚は視線と同様に情動的・社会的現象と関わることから、温度が視線を連想させる可能性がある。温度提示は、直視や視線回避と類似するコミュニケーションへの影響が報告されている。例えば、身体の一部への温度提示により、コミュニケーションにおける他者の印象や自己の行動の変化が報告されている [9, 3]。よって、観察者が提示装置を見ることなく、温度提示と平面ディスプレイの映像から相手の視線を認識することで、対面での視線を用いた円滑なコミュニケーションを遠隔で行うことができる可能性がある。

本論文では、他者の視線に応じた温度提示を行う遠隔コミュニケーション支援システムを提案する。視線の提示に適用するには、応答性の高い温度提示が必要である。そこで、遮蔽機構を用いて赤外線放射量を制御する手法を用いて、相手の視線が観察者に向いているほど強い温度提示を観察者に行う。これにより、遠隔コミュニケーションにおける視覚体験を損なうことのない視線提示を、動的な温度提示により実現する。視線に応じた動的な温度提示により、他者の印象向上や、直視・視線回避を通じた社会的インタラクション・親密さの調整が期待される。本稿では、実際にシステムを利用したユーザのフィードバックに基づき、システムによる印象やコミュニケーションへの影響を考察した結果について述べる。

2. システム構成

相手の視線に応じた温度提示による遠隔コミュニケーション支援システムを提案する。相手がモニター上の観察者の顔に視線を向けるほど、観察者は強い温度提示を受け、相手が視線を逸らすほど温度提示は弱まるように設計した。温度提示部位は顔面周辺とした。これは、温度提示の強度が相手の注視点と観察者の顔中心との距離に基づいており、観察者が直感的に温度と相手の視線を結びつけやすい可能性がある上、温度変化を知覚する閾値が他の部位と比較して低く、温度感覚を通じた視線認識の精度が比較的高い可能性があるためである。システムは他者の視線を計測するためのアイトラッカー、計測した視線情報から温度提示強度を計算するソフトウェア、動的な温度提示を行うための温度ディスプレイから成る。視線計測のためのアイトラッカーには、Tobii Eye Tracker 4Cを用いた。

2.1 温度ディスプレイ

温度提示手法には大きく分けて熱伝導を利用する接触型と、対流や熱放射を利用する非接触型がある。提示部位が顔面周辺であることから、接触型温度提示装置を用いた場合、提示対象者の表情など対人コミュニケーションにおける重要な情報を損なってしまう可能性がある。よって、非接触型の対流または熱放射の方が、熱伝導よりも適切である。さらに、熱放射における赤外線の移動速度は、対流における熱媒体の移動速度と比較して高速であることから、高応答性を要する本システムには熱放射の方が適切である。

提案システムに用いる温度提示装置は、赤外線源と遮蔽機構から成る。熱放射による皮膚温度の変化は皮膚上での赤外線放射強度に依存するが、赤外線源の制御では赤外線放射強度の変化は遅く、注視点の移動に対して提示対象者が認識できるほどの遅延を生じてしまう。そこで、図1のように赤外線源からの放射強度を一定に保ち、遮蔽機構を用いて皮膚上での放射強度を制御する手法を用いた。遮蔽機構は回転する4つのフィンから成り、フィンの角度により、幅広い放射強度を連続的に変化させることができる。赤外線源には3-20 μm の波長の赤外線を放出する1.15 kWの赤外線ヒータ(型番: CORONA DH-1220R)を用いた。フィ



図1: フィンを回転させることで赤外線が通過する隙間幅を変化させ、非接触で応答性の高い温度提示を行う。



図2: 提案システムでは、相手が自分に視線を向けるほどフィンの隙間幅が大きくなり、強い温度提示を受ける。

ンの素材には、耐熱性の高いポリカーボネートを採用した。また、赤外線がフィンを透過するのを防ぐため、フィンの片側には厚さ0.09 mmのアルミテープを貼付した。各フィンの回転には、トルク0.21 N·m、角速度5.51 rad/sのサーボモータ(型番: Futaba RS204MD)を使用した。各フィンは、片側を軸受でアルミフレームに接続し、もう片側をサーボモータに接続した。サーボモータの回転角度はマイクロコントローラ(型番: Arduino Uno R3)からのPWM信号によって制御した。温度提示装置全体の幅・高さ・奥行きは、それぞれ500 mm・780 mm・700 mmで、総ワット数は1.15 kWであった。

2.2 視線連動システム

計測した注視点とモニター中心との距離に応じてフィンの角度を制御し、フィンの隙間幅を変化させた。フィンの幅を w_{fin} mとすると、フィンの角度 θ radと装置前面に投射したフィンの隙間幅 w_{gap} mは式(1)を満たす。ここで、 $\theta = 0$ radのとき、フィンが提示対象者と赤外線源を結ぶ直線と垂直になり、赤外線を完全に遮蔽する。

$$w_{gap} = w_{fin} \cdot (1 - \cos\theta) \quad (1)$$

注視点モニター中心のときに提示強度つまりフィンの隙間幅が最大、モニターの角のときに最小となるよう、式(2)を用いてフィンの角度 θ radを計算した。ここで、注視点とモニター中心との距離を d m、モニター中心と角の距離を d_{max} mとする。

$$\theta = \begin{cases} \arccos(\frac{d}{d_{max}}) & \text{if } d < d_{max}, \\ 0 & \text{if } d \geq d_{max}. \end{cases} \quad (2)$$

これにより、図2のように、相手がモニター上の観察者の顔に視線を向けるほどフィンの隙間幅が大きくなり、観察者は強い温度提示を受ける。逆に、相手が視線を逸らすほどフィンの隙間幅が小さくなり、観察者への温度提示は弱まる。

3. ユーザからのフィードバック

提案システムを用いたコミュニケーションを6名のユーザが体験した。ユーザからのフィードバックとして、「相手の直視と視線回避を容易に認識できた」「より親密なコミュニケーションが取れた気がする」「見られているという感覚が強まり、プレッシャーを感じた」「相手の映像を見ていない時でも、相手が自分を見ているのか認識できた」「暖かさのために、相手と話していて安心感があつた」などが得られた。フィードバックからは、提案システムにより相手の視線を認識しやすくなること、それに伴って相手の存在感が高まるなど、より対面に近いコミュニケーションを遠隔で実現できる可能性が示唆された。また、視覚情報のない状況でも相手の視線が自分に向いているか認識できたり、安心感が増大したりと、提案システムにより、対面にはない新たなコミュニケーション手段・体験がもたらされる可能性も示唆された。

4. 考察と展望

本研究では、遠隔コミュニケーションにおいて相手の視線を温度で提示するというアプローチを用いた。ユーザのフィードバックから、提案システムを用いることで、より対面に近い親密さや存在感を伴った遠隔コミュニケーションを実現できること、対面にはない新たなコミュニケーション手段・体験がもたらされることが示唆された。したがって、温度による視線提示を用いた遠隔コミュニケーションは、従来の遠隔でも対面でもない新たなコミュニケーションを実現することが期待される。

今回は1人対1人の遠隔コミュニケーションを対象としたが、遠隔での集団とのコミュニケーションにおいては、個人に対する視覚情報はさらに限定的である。そのため、遠隔での集団とのコミュニケーションは個人とのものと比較して、より親密度や存在感が希薄であり、直感的な情報伝達が困難であると考えられる。したがって今後は、1人対複数人や複数人対複数人のコミュニケーションへの提案システムの応用やその影響の調査が期待される。

5. むすび

本論文では、他者の視線に応じた温度提示を行う遠隔コミュニケーション支援システムを提案した。ユーザのフィードバックを通して、システムによる印象やコミュニケーションへの影響を考察した。今後の研究では、集団におけるコミュニケーション支援への応用やその影響を調査する。

謝辞 本研究は JST ERATO JPMJER1701 の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] J. B. Bavelas, L. Coates, and T. Johnson, "Listener Responses as a Collaborative Process: The Role of Gaze," *Journal of Communication*, vol. 52, no. 3, pp. 566–580, Sep. 2002.
- [2] N. J. Emery, "The eyes have it: the neuroethology, function and evolution of social gaze," *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, vol. 24, no. 6, pp. 581–604, Aug. 2000.
- [3] H. IJzerman and G. R. Semin, "The Thermometer of Social Relations: Mapping Social Proximity on Temperature," *Psychol Sci*, vol. 20, no. 10, pp. 1214–1220, Oct. 2009.
- [4] C. Kleinke, "Gaze and eye contact: A research review," *Psychological Bulletin*, vol. 100, no. 1, p. 78, 1986.
- [5] K. A. Nichols and B. G. Champness, "Eye gaze and the GSR," *Journal of Experimental Social Psychology*, vol. 7, no. 6, pp. 623–626, 1971.
- [6] M. Otsuki, T. Kawano, K. Maruyama, H. Kuzuoka, and Y. Suzuki, "ThirdEye: Simple Add-on Display to Represent Remote Participant's Gaze Direction in Video Communication," in *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Denver Colorado USA, May 2017, pp. 5307–5312.
- [7] J. P. Otteson and C. R. Otteson, "Effect of Teacher's Gaze on Children's Story Recall," *Perceptual and Motor Skills*, vol. 50, pp. 35–42, 1979.
- [8] L. Scherwitz and R. Helmreich, "Interactive effects of eye contact and verbal content on interpersonal attraction in dyads.," *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 25, no. 1, pp. 6–14, 1973.
- [9] L. E. Williams and J. A. Bargh, "Experiencing Physical Warmth Promotes Interpersonal Warmth," *Science*, vol. 322, no. 5901, pp. 606–607, Oct. 2008.
- [10] 大槻麻衣, 丸山啓太, 葛岡英明, 鈴木雄介, "眼球型ディスプレイによる立体的な視線提示がモバイル端末を介した物理的遠隔協調対話における注視誘導におよぼす効果," *ヒューマンインタフェース学会*, Feb. 25, 2020.