



マスクには仮面を：AR 技術を用いた対人距離の変容

Masks upon Masks: Influencing Interpersonal Distance through AR Technologies

柏野善大¹⁾, 瓜生大輔¹⁾, 稲見昌彦¹⁾

Zendai KASHINO, Daisuke URIU and Masahiko INAMI

1) 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@star.rcast.u-tokyo.ac.jp)

概要: コロナ禍において自宅外でのマスク着用は常識となっているが、その一方で顔や表情が見えないことはコミュニケーションを阻害する要因になっている。顔本来の表現力を取り戻すために VR 技術を駆使したマスクの「改造」を通じマスクの「透明化」や表情の「代行」などを実現する技術を組み込む試みなどがなされているが、その表現力は本物には及ばない。本研究ではマスクの着用とソーシャルディスタンスの確保が求められるウィズコロナの時代において新たな方向性で視覚的な表現を試みた。具体的には AR 技術を用いてバーチャルならではの動的な表現力を持つ仮面を開発・試用し、本システムがもたらす経験を考察する。

キーワード: 拡張現実、COVID-19、感染症対策

1. 序論

COVID-19 の蔓延を契機に、様々な感染予防対策が導入されてきた。中でも浸透しているのはマスク着用とソーシャルディスタンスの確保である。これらは感染拡大の初期段階で有用性が示され今や国の政策にも組み込まれている [1, 2]。

一方で、マスクもソーシャルディスタンスも、人々の心理的距離を広げることが報告されている。マスクは、顔や口が隠れてしまい表情がわかりにくくなるうえ、オーラルコミュニケーションを妨げる [3]。ソーシャルディスタンスも同様に、人間が心地よく感じる以上の距離を必要とするため、コミュニケーションに悪影響を与える [4]。このように感染予防対策は感染拡大を抑える一方で、円滑な対面コミュニケーションを妨げ、心理的距離感を与える要因となっている。しかし、COVID-19 の収束の目処が立たない今、当分の間これらの感染予防対策とともに過ごす未来も示唆されている [5, 6]。そのような未来において円滑なコミュニケーションを行うためには、従来とは異なる対面形式が求められるかもしれない。

本研究ではコロナ前の常識にとらわれない未来像と、対人コミュニケーション手法を提案する。私たちが描く未来像ではすべての人々がマスクを着用し続ける。そして拡張現実技術を駆使して「対面時でも外見を好きなように変えることができる」というものである。街中には、マスクやヘッドセットを装着しながら「表情豊かなバーチャルな顔」を持つ通行人があふれる。電車内では、実際よりも大きく、あるいは近くにいるように見える人々と対面し、各々が自然と物理的な距離を取る。この「未来」では、仮想現実と物理的な事物が混ざり合うなかで、人と人との交流が促される。そして人々の距離が保たれる複合現実の世界である。

これは、仮に世界的パンデミックが無事に終了すれば「杞憂に終わる想定」である。しかし、現在でもその確固たる糸

口が見えない中で、この未来像を体験可能なシステムとして実装する試みである。本システムでは、既存の VR・AR 対応機器を用いて、仮想オブジェクトをマスクを装着した者の顔面に重畳する。このオブジェクトは、顔を表す「仮面」として表示され、マスクを装着したユーザー間の距離に応じて（位置、形状、動作が）動的に変化する。この変幻自在のマスクにより、物理的距離に応じて仮想的に見た目の変化を加えることが可能となる。この仮想的な変形の設計により、物理的な距離が確保されつつ、効果的で快適なコミュニケーションの促進を狙っている。

本稿では、本システムのプロトタイプと、著者らの試用による質的経験を記述する。試用では主に「2 人のユーザー間の距離が実際の距離よりも近くに見える仮面」について検証した。具体的には両者が十分に距離をとっている場合、装着者の顔面に重畳・追従するが、接近すると互いの顔面から離れ、双方に加速的に近づいていく仮面を試作し、システムがもたらす経験を明らかにした。試用は 3 人で行い、本システムを用いた社会的コミュニケーション、特に対人距離への影響に着目した。その結果、いくつかの特徴的な効果を確認することができた。例えば、本システムにより自然とユーザー同士が物理的な距離を保てることを確認した。また、この効果は向かい合っているユーザー間のみで確認されたが、一定時間の使用による学習から向かい合っていない同士でも自然と距離を保つ可能性があることがわかった。これらの知見を元に、今後行う本システムの検証についての展望や応用可能性について言及する。

2. システム解説

本研究で使用したシステム (図 1) は、市販の機材から構成される AR ハードウェア (表 1) と対象に CG のオブジェクトを投影するためのソフトウェアから構築される。AR

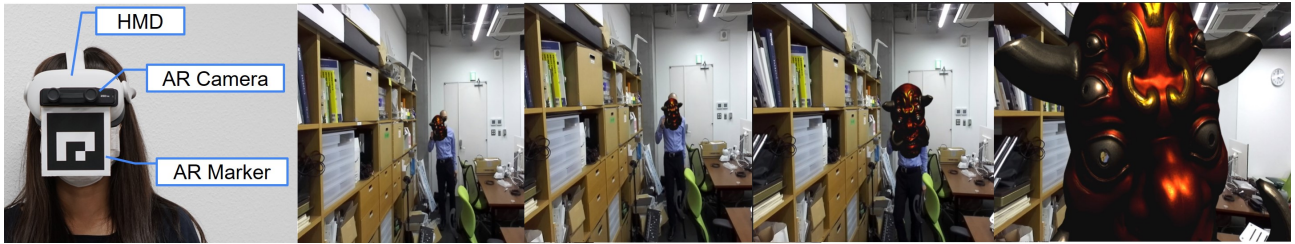


図 1: システム概要とユーザーの視覚体験。本システムは AR カメラと AR マーカーを搭載した HMD から構成される (左)。右側の一連の図は、投影された仮面がどのように見えるかを表す。仮面は、十分に離れているときは相手の顔に追従し、近づくと観察者に向かって加速する。

機材	モデル
PC	Razer Blade 15 Advanced Model
HMD	Oculus Quest 2
カメラ	Stereolabs ZED mini

表 1: AR システムのハードウェア

マーカーは、紙に印刷したものを段ボールに貼り付けて剛性を持たせ、HMD のカメラの下に取り付けた (図 1 左)。以降、マーカーを含むハードウェアを「AR マスク」と称する。

Unity 上で開発されたソフトウェアは、リアルタイム画像解析を用いて AR マーカーを認識し、仮想オブジェクトを実写映像に投影する。また、ユーザー間の距離に応じてオブジェクトの動作を制御する。本研究では、図 1 のように「加速度的に距離が縮まり、大きさが変化する仮面」がもたらす経験の実現に努めた。

この仮面は、離れた場所にいる相手と対峙している場合、相手の顔に重畳・追従する。一定の距離まで近づくと、仮想仮面は物理的な身体運動よりも速く距離を縮め、加速度的にユーザーに近づく。そして、一定の位置に到達すると停止する。具体的には、仮面が投影される距離は以下のように変化する。

$$d_v(d_r) = \begin{cases} d_r > 2.7 & d_r \\ 2.7 > d_r > 1.6 & d_r^4/20 \\ 1.6 > d_r & 0.3 \end{cases} \quad (1)$$

d_v は AR マーカーを観察しているユーザーから見て仮想仮面が投影される距離、 d_r は AR マーカーが検出される距離を表す。加速度的に接近する領域の関数は、相手が 2m 離れた場所にいる時、仮面が観察している側から 0.8m の位置に投影されるように設定した。この 0.8m という値は Hall ら [7] が定義した友人間でコミュニケーションを取るのに適した距離から算出した。感染リスクを抑制するとされる距離であり、かつ心地よい距離をとっているとユーザーに錯覚させることを狙っている [8]。重畳・追従状態から加速的接近状態への移行点である 2.7m は、距離関数 $d_v(d_r)$ が区分的に連続するように設定した。(加速的接近状態の) 近距離の停止点である 0.3m は、仮面が近距離のクリッピング面を

通過しないように (つまり、マスクがユーザーの視界に残るように) 設定した。

近距離の停止点よりさらに距離が縮まると、その距離に反比例して仮面が大きくなるよう設定した。この際、仮面の大きさの倍率は次の関数に従って算出される。

$$s_v(d_r) = \begin{cases} d_r > 1.6 & 1 \\ d_r \leq 1.6 & 1.6/d_r \end{cases} \quad (2)$$

ここで s_v は、元の大きさに対する倍率である ($s_v > 1$ は仮面が拡大されていることを示す)。仮面がクリッピング面を越えることなく近接感を高めることを意図し、停止点を超えた後も仮面が大きくなるように設計した。

3. プロトタイプの検証

プロトタイプの検証として、著者 2 名とボランティア 2 名が本システムを使用し、本システムがもたらす経験を明らかにするとともに今後の研究の方向性を展望した。参加者のうち 3 名は、AR マスクを装着して、対話を行った。最後の 1 名は、検証中にシステムを編集し、その場で提案された体験を能動的に探索するためソフトを動的に変化させた。具体的には検証の途中で提示された仮面や距離に応じた仮面の動作などの変更を行った。

3.1 検証手順

検証は、本システムがもたらす経験を著者ら自身が確認するため、明確に手順を決めずに探索的な発見・考察を重視した。実際の手順は以下のとおりである。まずシステムの使用前に、参加者はシステムの概要について簡単な説明を受けた。AR マスクを通して他者を見ると、他者の顔面に仮面が投影され、参加者がお互いに近づくと仮面が加速的に近づいてくることを説明した。その後、ユーザーは AR マスクを装着して自由に動き、対話した。検証は、約 4m×5m の遮蔽物のない空間で行われた。なお、本検証では、各ユーザーに固有の仮想仮面が割り当てられるように固有の AR マーカーが付与された (図 2)。

本検証は、参加者が Unity Asset Store の「Masks pack 2」アセットから作成された仮想仮面を装着した状態で開始された [9] (図 3)。途中から、参加者は固有の仮想仮面から、人間の頭に似せた同一の仮想仮面に変更した (図 4)。



図 2: システムを介さずに見た参加者の姿。各マスクには固有の AR マーカーが貼付されている。



図 3: 参加者の 1 人から見た他の参加者。ここでは他の参加者は加速接近領域（観察しているユーザーから 1.6~2.7m の距離）内にいる。

3.2 検証結果と議論

本検証では、いくつかの注目すべき行動が観察された。まず、本システムは参加者間の物理的距離の維持に貢献したと考えられる。検証中、AR マスクを装着した参加者同士は、ほぼ常時 1m 以上の距離を保った。また、他者から近づかれた際には、AR マスクを着用していない場合に比べ、かなり早い段階で「相手が近すぎると感じた」との意見があった。しかし、これはあらゆる参加者間の立ち位置において見られる現象ではなかった。例えば参加者同士が並立している際には、両者が AR マスクを装着していない状態と同様に距離を取ることなく隣接することがあった。これは、並立状態では互いのマーカーが視界に入らず、仮想仮面が視認されなかったからと思われる。しかし、並立状態から対面状態に移行し、仮想仮面が急に大きく投影され、両者の視野を覆ってしまった結果、慌てて離れるといった行動が確認された。

検証中何度か、視界が遮られることで他者と「距離を置きたい」という意見があった。例えば、参加者同士にペンの受け渡しを求めたところ、仮想仮面によりお互いの手が見えず、手渡ししにくかったという報告があった。同様に、1 人の参加者が他の 2 人の参加者と向き合っている際、2 つの仮面が拡大して視界が覆われ、1 人と向き合っている場合より強く「離れなければならない」という圧力を感じたとの意見があった。（参加者本来の表情が隠された状態で）仮面を通じた対話が成立していることから、仮面がユーザー間のコミュニケーションを担う存在として認識されていることが示唆される。しかし、仮面が本来の顔の代わりであ



図 4: 検証の後半で使用した人間の頭部に似た仮面

ることが物理的距離を確保する行動を誘導するのにかについては今後、詳細な研究を重ねて明らかにしたい。

もうひとつの注目すべき行動は、参加者が印刷された AR マーカーを物理的な仮面（お面）のように扱っていたことである。AR マーカーは仮想仮面を表示するための物理的アイコンとみなされ、AR マスクを装着していない参加者を含め、自由に顔を覆う、外す、交換するなどの行動が見られた。本検証では（HMD などを含む）AR マスクを装着していなくとも仮想仮面（= AR マーカー）は装着できた。これにより、AR マスク非装着者は装着者をシステムを通さずに見ることができる一方で、装着者からは全員仮想仮面をしているように見える、という非対称な状況が生じた。また、装着者も、相手の AR マーカーを手で覆うことで、この非対称な見え方を引き起こせることを発見した。今回の検証では観察されなかったが、このような外見の非対称性（AR マスク装着者と非装着者が共存する場合）は、知覚される対人距離感にも非対称性を引き起こす可能性が示唆される。このようなケースでは、片方の参加者が近づこうとすると、もう片方の参加者のみが身を引く、といった状況が生成されると考えられる。

また、人の顔とは似つかない仮想仮面（3）よりも人の頭部に似た仮想仮面の方がより忌避的な反応を引き起こすことが観察された。この忌避的な反応の原因の一つとして「不気味の谷効果」[10] が考えられる。これは人間に似せて作られたものの写実性が一定に達すると好感度が下がる現象である。胴体のない頭（生首）が近づいてくことに恐怖を感じ、忌避的な感情を抱いたのではないかと推察される。しかし、首元を隠し、頭（仮想仮面）に身体が接続されているように見えた際には、忌避反応が薄れたと報告されたことは注目に値する。一方、仮面（というメタファー）にはそもそも胴体がないため、忌避することなく受け入れられやすかったと推察される。しかし、これは限定的な試用により得られた知見であり、人間の頭部に似た仮想仮面（例えば、ユーザー自身の頭部）が常に忌避的な反応を引き起こすのかについては、さらなる調査・研究が求められる。

4. 今後の展望

本検証で得られた知見をもとに、今後、いくつかの追加検証を実施する予定である。最初の検証では、参加者 P と著者 A が AR マスクを装着し、7 つのシナリオを実行する。

1. P が A に正面から接近される。
2. A は P に正面から接近される。
3. P と A が互いに正面から接近する。
4. P が背後から A に接近する。接近した後 A が振り返る。
5. P と A が正面から接近し、すれ違う。
6. P と A が近づいて、じゃんけんをする。
7. P と A が近づいて、物理的に物を手渡しする。

この7つのシナリオから快適な対人距離 [11] などの定量的な測定を行い、システムが対人距離に与える影響を調査する。

2つ目の検証では、3人の参加者が自分の顔に似せて作られたものを含む様々な仮面を着用し、自由に交流する。その際の参加者の行動を記録し、分析することで、本システムに関する質的な知見を得る。また、システムの体験後には、半構造化インタビューにより、本システムを通じた行動や振る舞いに加え、本稿序章で述べた「未来像」についての意見を求める。

5. 最終章

本稿では、人々が COVID-19 蔓延により日常となったマスクの着用やソーシャルディスタンスの確保に適応したひとつの未来像を描いた。この未来ではすべての人々がマスクを着用し続け AR 技術を駆使して「対面時でも外見を好きなように変えることができる」。日常的に仮想現実と物理現実が混ざり合うこの未来では、自在に設計可能な外見を獲得するとともに、人々がお互いに距離をとった状態での交流が促される。

本稿ではこの未来像を体験可能としたシステムの提案も行った。本システムは専用の AR マスクを装着した者に仮想オブジェクトを配置する。オブジェクトは顔の代り（仮面）として捉えられるよう投影され、バーチャルならではの表現力を活かし、ユーザー間の距離に応じて見え方が変化する「変幻自在のマスク」である。

著者らによる探索的検証により、本システムにより距離を保ったコミュニケーションの促進できることが示唆された他、得られた知見を元に今後の研究の方向性を検討した。**謝辞** 本研究は JST ERATO (JPMJER1701) からの助成を受けたものである。

参考文献

- [1] L. Martinelli, V. Kopilaš, M. Vidmar, C. Heavin, H. Machado, Z. Todorović, N. Buzas, M. Pot, B. Prainsack, and S. Gajović, “Face Masks During the COVID-19 Pandemic: A Simple Protection Tool With Many Meanings,” *Frontiers in Public Health*, vol. 0, 2021.
- [2] D. K. Chu, E. A. Akl, S. Duda, K. Solo, S. Yaacoub, H. J. Schünemann, D. K. Chu, E. A. Akl, A. Elharakeh, A. Bognanni, T. Lotfi, M. Loeb, A. Hajizadeh, A. Bak, A. Izcovich, C. A. Cuello-Garcia, C. Chen, D. J. Harris, E. Borowiack, F. Chamseddine, F. Schünemann, G. P. Morgano, G. E. U. Muti Schünemann, G. Chen, H. Zhao, I. Neumann, J. Chan, J. Khabisa, L. Hneiny, L. Harrison, M. Smith, N. Rizk, P. Giorgi Rossi, P. AbiHanna, R. El-khoury, R. Stalteri, T. Baldeh, T. Piggott, Y. Zhang, Z. Saad, A. Khamis, M. Reinap, S. Duda, K. Solo, S. Yaacoub, and H. J. Schünemann, “Physical distancing, face masks, and eye protection to prevent person-to-person transmission of SARS-CoV-2 and COVID-19: a systematic review and meta-analysis,” *The Lancet*, vol. 395, pp. 1973–1987, June 2020.
- [3] N. Mheidly, M. Y. Fares, H. Zalzale, and J. Fares, “Effect of Face Masks on Interpersonal Communication During the COVID-19 Pandemic,” *Frontiers in Public Health*, vol. 0, 2020.
- [4] G. Ferrari, R. Dobrina, S. Buchini, I. Rudan, S. Schreiber, and L. Bicego, “The impact of personal protective equipment and social distancing on communication and relation between nurses, caregivers and children: a descriptive qualitative study in a maternal and child health hospital,” *Journal of Clinical Nursing*, vol. n/a, no. n/a.
- [5] R. E. Baker, S. W. Park, C. E. Wagner, and C. J. E. Metcalf, “The limits of SARS-CoV-2 predictability,” *Nature Ecology & Evolution*, pp. 1–3, July 2021.
- [6] N. Phillips, “The coronavirus is here to stay — here’s what that means,” *Nature*, vol. 590, pp. 382–384, Feb. 2021.
- [7] E. T. Hall, *The Hidden Dimension*. Doubleday, 1966.
- [8] N. R. Jones, Z. U. Qureshi, R. J. Temple, J. P. J. Larwood, T. Greenhalgh, and L. Bourouiba, “Two metres or one: what is the evidence for physical distancing in covid-19?,” *BMJ*, vol. 370, p. m3223, Aug. 2020. Publisher: British Medical Journal Publishing Group Section: Analysis.
- [9] “Masks pack 2 | Props | Unity Asset Store.”
- [10] M. E. Latoschik, D. Roth, D. Gall, J. Achenbach, T. Waltemate, and M. Botsch, “The effect of avatar realism in immersive social virtual realities,” in *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, VRST ’17*, (New York, NY, USA), pp. 1–10, Association for Computing Machinery, Nov. 2017.
- [11] R. Welsch, H. Hecht, D. R. Kolar, M. Witthöft, and T. Legenbauer, “Body image avoidance affects interpersonal distance perception: A virtual environment experiment,” *European Eating Disorders Review*, vol. 28, no. 3, pp. 282–295, 2020.