

バーチャル空間で親密な人間関係の形成を促すためのノンバーバルキューの提示方法

代表研究者	市野 順子	東京都市大学	デザイン・データ科学部	教授
共同研究者	井出 将弘	東京都市大学	大学院環境情報学研究科	博士後期課程
共同研究者	横山 ひとみ	岡山理科大学	経営学部	准教授
共同研究者	浅野 裕俊	工学院大学	情報学部	准教授
共同研究者	宮地 英生	東京都市大学	メディア情報学部	教授
共同研究者	岡部 大介	東京都市大学	メディア情報学部	教授

1 序論

インフォーマルコミュニケーションとは、日程、参加者、議題、目標などが決められていない、偶発的に発生する知人あるいは見知らぬ人との何気ない交流を指す。課題解決のヒントの発見やイノベーションの創出に不可欠とされるセレンディピティは、しばしば、インフォーマルコミュニケーションから生じる[1]。オンライン空間におけるセレンディピティの欠如の問題は以前から問題視されていた[2]が、COVID-19 パンデミックによってオンライン空間でのコミュニケーションが急増した結果、この問題は深刻さを増した[3]。この問題が解決されなければ、特定の考え方や価値観が増幅される閉鎖的な状況（エコーチェンバー[4]、フィルターバブル[2]）を招き、社会や文化のレベルでの分断や衰退につながる恐れもある[5][2]。それゆえ、これからのオンライン空間におけるコミュニケーションメディアには、インフォーマルコミュニケーションを誘発する、換言すると、インフォーマルコミュニケーションの開始のきっかけをユーザーに提供する仕組みが必要である。

コミュニケーションにおけるノンバーバルキュー（外見、視線、顔の表情、ジェスチャ、姿勢等）の重要性は明らかである。実空間でのインフォーマルコミュニケーションの開始に至る前の人々のインタラクションは、社会学的知見に基づけば、ノンバーバルキューの中でも特に視線に関するキュー（ゲイズキュー）が重要な役割を果たす[5]。また、人間の目は身体的な負担が少なく高速に動き、離れたところからでも利用可能なため、ゲイズキューは他のノンバーバルキューに比べて興味を示すために自然に使用される。よってオンライン空間においても、コミュニケーションメディアを介してゲイズキューをユーザーにうまく提示できれば、インフォーマルコミュニケーションを誘発できる可能性がある。テキストチャット、音声通話、ビデオ会議といった従来のオンラインコミュニケーションメディアは、メディアを介して交換されるノンバーバルキューが少ないため、実空間での対面対話に劣る。これに対し、3次元バーチャル空間でのアバターを介した対話は、交換されるノンバーバルキューが多い上に、リアルタイムに環境を操作したり再構成したりできるため、新たなオンラインコミュニケーションメディアとして将来性がある。このことから、バーチャル空間でノンバーバルキューの情報をユーザーにどのように提示するかという疑問が生じるが、この疑問に関連する研究は十分に進んでおらず[6][7]、ゲイズキューを扱った研究になるとさらに限られる（例えば[8][9]）。しかし、例えばバーチャルタウン、バーチャル展示会、バーチャルオフィスなど様々な場面での応用が見込まれることから、そのような研究の進展が望まれる。

本研究は、3次元バーチャル空間におけるゲイズキューの可視化が、インフォーマルコミュニケーションの開始をどのように促せるかを検討することを目的とする。

2 設計と実装

2-1 インフォーマルコミュニケーションが開始するまでのプロセス

コミュニケーション（会話）が開始するまでのプロセスは、会話の開始に関する社会学的知見[5]を要約すると、概ね以下の通りである：(1) まず一方（視線の送り手）はもう一方（視線の受け手）の様子を観察した後、視線や身体を向けて注意を引こうとする（attention）；(2) 受け手はこれに気付き、視線や身体を向けて、応答可能であることを示す（reaction）；(3) 送り手と受け手は小さく頷いたり手を振ったりして互い

を認識し合いながら、相手に近づく（pre-interaction）；(4) 両者の距離が縮まったら視線を合わせ、会話を開始する（interaction）．以上は、一方が他方を見つめること（一方注視）がコミュニケーションの契機となる場合のプロセスモデルである（図 1 左）．例えば、展示会の休憩会場で興味深いスピーチをした講演者にアプローチする、オフィス休憩室で隣に座っている人にアプローチする等の状況がこのモデルに該当する．

また、二者がほぼ同時に同じ参照物を見つめること（共同注視）がコミュニケーションの契機となる場合もある[10]（図 1 右）．一方注視の場合のコミュニケーション開始のプロセスに習って、共同注視の場合のプロセスを記述すると以下ようになる：(1) 2 人が偶然同時に同じ参照物を見つめる、あるいは、一方が先に参照物を見つめておりそれに気付いたもう一方が追従して同じ参照物を見つめる（attention）；(2) 両者はこれに気づき、互いに視線や身体を向けて、応答可能であることを示す（reaction）；(3) と(4)は一方注視のそれと同じである．例えば、展示会場で偶然同じポスターを読んでいた 2 人が会話する状況がこのモデルに該当する．

以上より、本研究は、インフォーマルコミュニケーションの契機となる注視行動（つまり、図 1 の attention フェーズの注視行動）を可視化の対象とし、一方注視と共同注視の 2 つに分けて検討する．

2-2 インフォーマルコミュニケーションの開始を促すためのゲイズキューの可視化の設計要件

従来のインタフェースやインタラクションの設計は、シュナイダーマンやニールセンの UI 設計原則を始めとして、認知の観点を中心に検討されてきた．最近では、認知と感情（あるいは情動）は密接に結びついていると考えられるのが一般的になりつつあり、モノや建築を含む人工物の設計や、認知心理学では、認知だけでなく感情の観点を取り入れられつつある．人間の情報処理において知覚は認知過程の第一歩であるため、認知と一括りに扱われる場合もあるが、本研究では両者を区別する．以上より本研究は、バーチャル空間でのアバター（ユーザー）同士のインフォーマルコミュニケーションの開始を促すためのゲイズキューを設計するための要件を、知覚、認知、感情の観点からそれぞれ検討した．表 1 に要件の概要を示す．

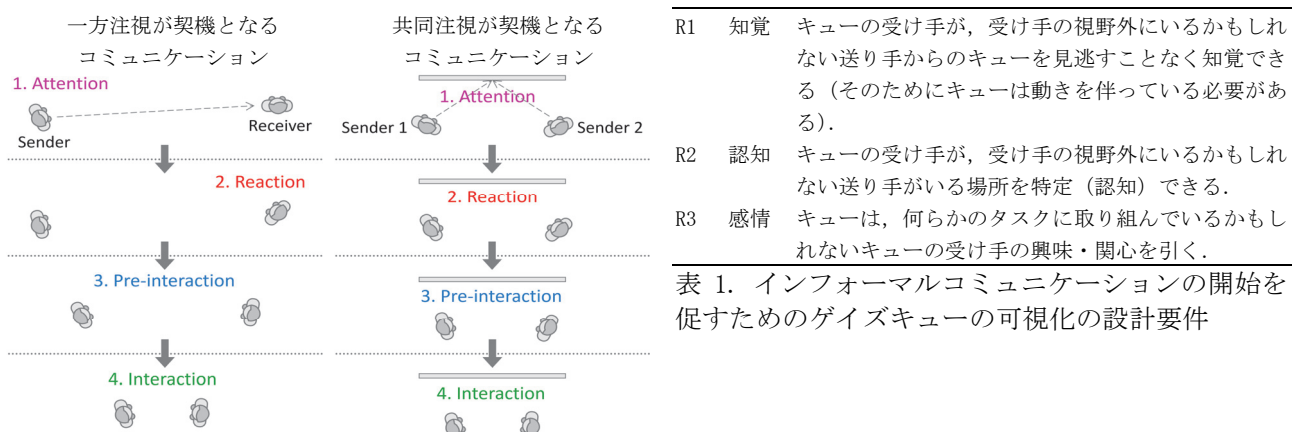
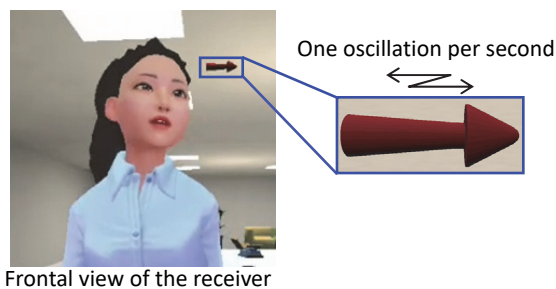


図 1. インフォーマルコミュニケーションが開始するまでのプロセスモデル

2-3 ゲイズキューの設計と実装

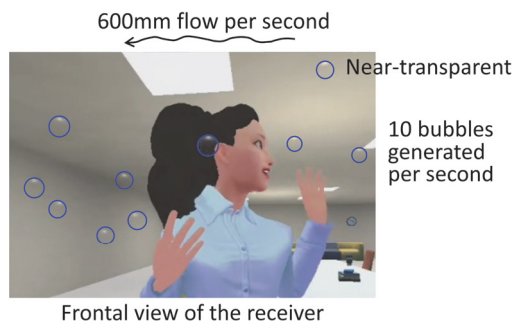
探索的に比較検討するために、視線の可視化に関連する研究や製品で用いられている既存の可視化のスタイルの中から、視覚表現(visual representation)として異なる外観をもった 3 つ (Arrow, Bubble, Miniavatar) を選択した．それらを表 1 の設計要件を満たすようアレンジし、設計・実装した．Arrow は、ゲイズキューの送り手のいる方向を指す矢印で表現される．Bubble は、ゲイズキューの送り手のいる方向から流れてくるシャボン玉群で表現される．Miniavatar は、ゲイズキューの送り手のいる場所へ移動する、送り手のミニチュアのアバターで表現される．各ゲイズキューの仕様を図 2～図 5 に示す．各ゲイズキューに関連するパラメーターは予備実験に基づき決定した．

Arrow はプリミティブな視覚表現であるがゆえに、感情に関する要件（表 1 の R3）を満たすよう設計することが困難であった．しかし、プリミティブだからこそ可視化されたゲイズキューにおけるベースラインとなり得るため、Arrow を評価の対象とした．



Frontal view of the receiver

図 2. Arrow の仕様



Frontal view of the receiver

図 3. Bubble の仕様（見やすさのために、シャボン玉は青い線で囲まれている）

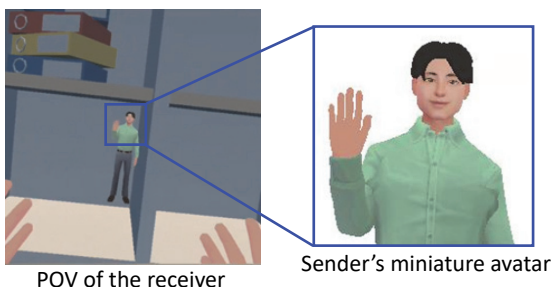


図 4. 受け手の方を見て笑顔で手を振る Miniavatar

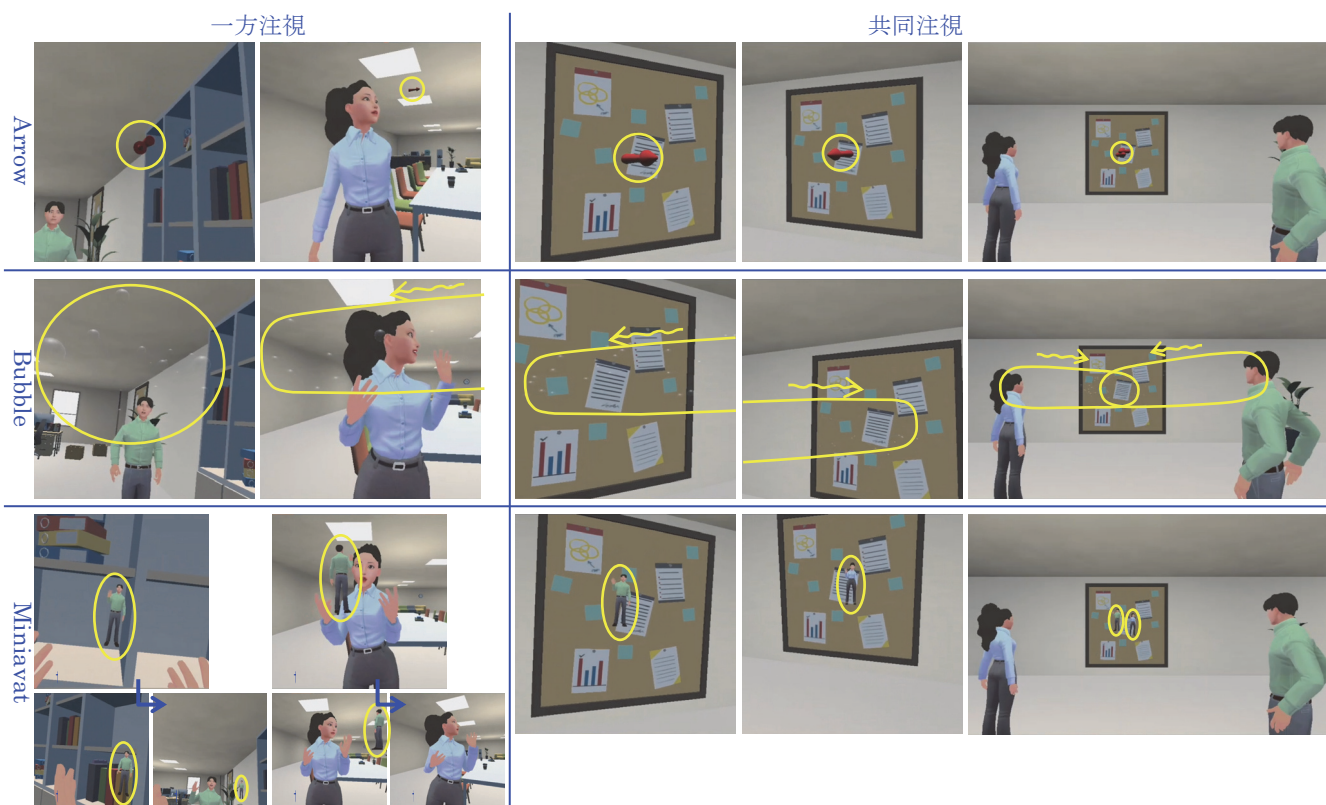


図 5. ゲイズキューが、キューの送り手のいる方向を指す矢印 **Arrow** (a-e), 送り手の方から流れてくシャボン玉 **Bubble** (f-j), 送り手のミニチュアのアバター **Miniavatar** (k-o) で表現される。見やすさのためにゲイズキューが黄色の補助線で囲まれているが、バーチャル空間上では示されない。2 つのタイプの注視行動がインフォーマルコミュニケーションの契機となる：一方がもう一方を見つめる**一方注視** (a, b, f, g, k, l), 2 人が同じ対象を見つめる**共同注視** (c-e, h-j, m-o)。a, f, k は視線の受け手（女性）の POV, b, g, l は受け手を正面から捉えたビュー。c, h, m は女性の POV, d, i, n は男性の POV, e, j, o は 2 人を側面から見た図（両方のゲイズキューを見られる実験管理者用）。シャボン玉は黄色い矢印が示す方向に流れている (g-j)。受け手がミニアバターを見ると、ミニアバターはオリジナルのアバターのいる場所へ移動する (k-l)。

3 実験方法

実験の目的は、3次元バーチャル空間におけるゲイズキューの可視化がインフォーマルコミュニケーションの開始をどのように促せるかを探ることである。研究課題は以下である。

RQ1：ゲイズキューの可視化はインフォーマルコミュニケーションの開始を促すか？

RQ2：異なる可視化スタイルはユーザーの行動や体験に影響を及ぼすか？

3-1 実験計画

実験は、ゲイズキューの可視化のスタイルを要因とする、1×4の1要因計画であった。4つは、可視化なしゲイズキュー（Control）と3つの可視化ありゲイズキュー（Arrow, Bubble, Miniavatar）であった（図5）。各参加者が4条件のいずれか一つを使用する被験者間計画を採用した。実験の始めから終わりまで、参加者1人とサクラ3人の計4人のメンバーで同じバーチャルな部屋にいた。参加者は実験の目的を知らされなかった。

3-2 参加者

実験の参加者は、一般から募集した計96人（男性48人、女性48人、20～49歳）である。潜在的な交絡因子を最小限に抑えるために、各性別・年代のサンプルが実験条件間で均等になるように、96人が4つのグループに分けられた。実験全体の所要時間は約90分間で、参加者には報酬として6000円が支払われた。実験は、東京都市大学研究倫理審査委員会の承認を得て実施された。

3-3 セッションシナリオ

可視化されたゲイズキューの効果がゲイズキューの受け手の状況（実行中のタスクの有無）によって異なるかを検討するために、実験は、3つのセッション（ウォーミングアップセッション、タスクセッション、フリーセッション）で構成された。1つ目のウォーミングアップセッションは、展示会の休憩ホールやオフィス休憩室等で、実行中の確かなタスクを持たないユーザーが他者からアプローチされるコンテキストを想定して設計された（図6）。2つ目のタスクセッションは、展示会のメインホールやオープンオフィス等で、実行中の確かなタスクを持ったユーザーが他者からアプローチされるコンテキストを想定して設計された（図7）。3つ目のフリーセッションは特定のコンテキストを想定しなかった。



図6. ウォーミングアップセッションでは、メンバーは各自のビューアーを見たり部屋の中を歩き回ったりした。



図7. タスクセッションでは、メンバーは視覚探索タスクに取り組んだり（左）、クイズ解答タスクに取り組んだりした（右）。

3-4 サクラのアプローチ任務

インフォーマルコミュニケーションが開始する状況を擬似的に作り出すために、3人のサクラが雇用された。サクラの行動が全実験間でできるだけ一貫性があるようにするために、サクラは全実験で同じ人物であった。3人のサクラは、各々2回ずつ、合計6回（一方4回、共同2回）の「アプローチ任務」を遂行した。

1回のアプローチ任務で、サクラは最大3回のゲイズキューを参加者に送った。サクラは、表2に示す行動指針に従って行動した。各回のアプローチ任務の、注視行動のタイプ（一方・共同）・参加者に対する相対的な位置・任務開始の凡そのタイミング・話しかける際の台詞等は、予め決められていた。また、他者（サクラ）が参加者に対してのみアプローチすると参加者が不自然に感じるかもしれないことを考慮し、1人のサクラのアプローチ任務遂行中、残りの2人のサクラでも似たようなやりとりを行った。

表 2. 3回のゲイズキュー送信後のサクラの行動指針

1 回目	サクラが送ったゲイズキューに対して、参加者が何らかの反応をしたら（表 3 のレベル 1 以上の反応）、サクラは参加者と短い会話をし、そこで任務を終える（以降のゲイズキューは送らない）。参加者がゲイズキューに何も反応をしなれば（表 3 のレベル 0 の反応）、サクラは次のゲイズキューを送る。
2 回目	1 回目と同様
3 回目	サクラが送ったゲイズキューに対する参加者の反応に関わらず、サクラは参加者と短い会話をしてから任務を終える。

表 3. ゲイズキューに対する受け手の反応のレベル

レベル	定義
0 (反応なし)	ゲイズキューに気付かなかった、あるいは、無視した。
1 (一瞥反応)	送り手の方に顔を向けた。
2 (非言語反応)	以下の 1 つ以上の反応を示した。 - 送り手に笑顔を向けた（笑い声を伴わない）。 - 送り手に会釈した。 - 送り手に手を振った。
3 (言語反応)	以下の 1 つ以上の反応を示した。 - 送り手に笑いかけた（笑い声を伴う）。 - 半分独り言・半分送り手を意識した様子で発言した。 - 明らかに送り手に対して発言した。

3-5 評価指標

RQ1 および RQ2 に答えるために、参加者の行動（3-5-1 節）と体験（3-5-2 節）を、以下の評価指標を用いて検討した。

3-5-1 行動に関する客観的指標

サクラによるアプローチ任務中の参加者の行動について検討するために、4 つの指標（アプローチ任務成功率、言語反応率、非言語反応率、一瞥反応率）を設けた。

これらの指標を求めるために、アプローチ任務中にサクラ（送り手）からゲイズキューを受けた際の、参加者（受け手）の反応のレベル（表 3）を、映像を用いて判定した。レベルの設定は、ゲイズキューを送った後、送り手が、受け手とのコミュニケーションをどの程度開始し易いかを基準にした。

- **アプローチ任務成功率**：全実験でサクラがアプローチ任務を遂行した総数 (n) のうち、任務中のサクラが 1 回目または 2 回目のゲイズキューを送った後、参加者がサクラにレベル 1 以上の反応を示した（つまり、サクラが 3 回目のゲイズキューを送る前に会話が開始した、3-4 節参照）総数の割合
 - **言語反応率**：全実験でアプローチ任務中にサクラが参加者に送ったゲイズキューの総数 (m) のうち、参加者がサクラに言語反応（レベル 3）を示した総数の割合
 - **非言語反応率**： m のうち、参加者がサクラに非言語反応（レベル 2）を示した総数の割合
 - **一瞥反応率**： m のうち、参加者がサクラに一瞥反応（レベル 1）を示した総数の割合
- $n=24 \times x$, 24: 1 条件あたりの参加者数, x : 1 人の参加者が実験中に体験するサクラのアプローチ任務の回数（一方: $x=4$, 共同: $x=2$, 計: $x=6$ ）
- $1n \leq m \leq 3n$. 参加者が 1 回のアプローチ任務中に受けるゲイズキューの回数は 1, 2, 3 回のいずれかである（表 2）。

3-5-2 体験に関する客観的指標

参加者の体験を、アンケートのリッカート尺度（量的指標）と自由記述（質的指標）を用いて検討した。

リッカート尺度を用いて、他者からのゲイズキューに遭遇したときの体験を調べた。尺度は、ゲイズキューの設計要件（2-2 節）に基づき、4 つの下位尺度（知覚、認知、ポジティブ感情、ネガティブ感情）で構成し、一方注視と共同注視それぞれに対してこの下位尺度を用いた（計 14 質問項目、7 件法）。但し、コントロール条件の参加者が、共同注視を送る可能性は低いため、共同注視に関しては 3 つの可視化条件の参加者に対してのみ尋ねた。

自由記述は、一方と共同ゲイズキュー、VR アプリケーション、他メンバーに関する質問で構成した。

4 結果

各評価指標の分析結果を図 9～図 13 に示す。図中の記号*は有意水準（*: $p < .05$, **: $p < .01$, ***: $p < .001$ ）を表す。図 12 と図 13 の箱ひげ図のひげの上下端は $1.5 \times IQR$ を表す。読み易さを考慮して、Control, Arrow, Bubble, Miniavatar 条件をそれぞれ C, A, B, M と表記する。

4-1 行動に関する客観的結果

サクラのアプローチ任務の総数 576 回（一方: 4 回 $\times$ 参加者 96 人 = 384 回, 共同: 2 回 $\times$ 96 人 = 192 回）のうち、任務が失敗に終わった 88 回を除いた、488 回（一方: 338 回; 共同: 150 回）を分析対象とした。

分析対象となった 488 回のアプローチ任務において、サクラが参加者に送ったゲイズキューの総数は 1,096 回（一方：762 回；共同：334 回）であった。6 回のアプローチ任務各々の成功率を図 8 に示す。

本節の評価指標の統計的分析は、Fisher の正確確率検定（両側）を用いて分析した。効果が有意であれば、下位検定として、Bonferroni 法で補正した Fisher の正確確率検定を用いてペアワイズ比較を行った。

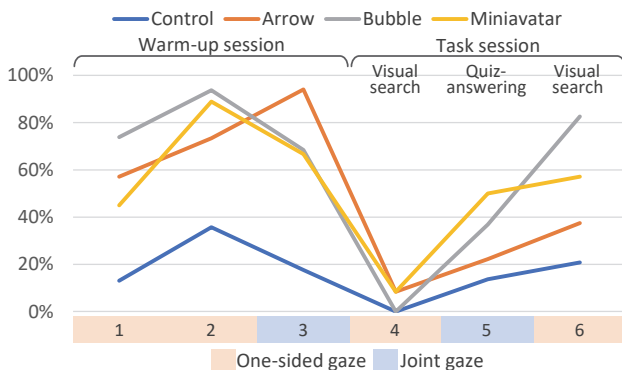


図 8. アプローチ任務別の成功率

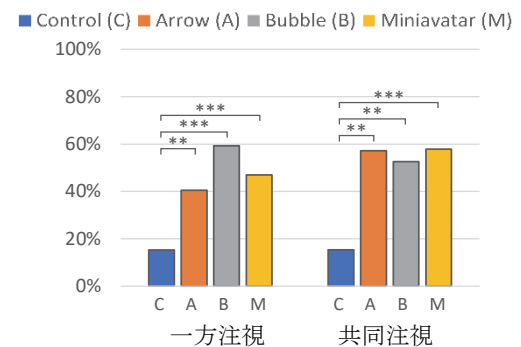


図 9. アプローチ任務成功率（注視タイプ別）

4-1-1 アプローチ任務成功率

【一方注視】一方注視のアプローチ任務成功率（図 9 左）について Fisher の正確検定を行った結果、有意であった ($p < .0001$, Cramer's $V = .33$ 効果量中)。下位検定の結果、コントロール条件よりも 3 つの可視化条件は割合が有意に高かった (A: $p < .01$, B: $p < .0001$, M: $p < .0001$)。

【共同注視】共同注視のアプローチ任務成功率（図 9 右）について Fisher の正確検定を行った結果、有意であった ($p < .0001$, Cramer's $V = .36$ 効果量中)。下位検定の結果、コントロール条件よりも 3 つの可視化条件は割合が有意に高かった (A: $p < .01$, B: $p < .01$, M: $p < .001$)。

4-1-2 言語反応率

【一方注視】一方注視言語反応率（図 10 左）について Fisher の正確検定を行った結果、有意であった ($p < .0001$, Cramer's $V = .22$ 効果量小)。下位検定の結果、コントロール条件よりも 3 つの可視化条件は割合が有意に高かった (A: $p < .01$, B: $p < .0001$, M: $p < .0001$)。さらに、Arrow よりも Bubble は割合が有意に高かった ($p < .05$)。

【共同注視】共同注視言語反応率（図 11 左）について Fisher の正確検定を行った結果、有意であった ($p < .0001$, Cramer's $V = .21$ 効果量小)。下位検定の結果、コントロール条件よりも 3 つの可視化条件は割合が有意に高かった (A: $p < .05$, B: $p < .01$, M: $p < .01$)。

4-1-3 非言語反応率

【一方注視】一方注視の非言語反応率（図 10 中央）について Fisher の正確検定を行った結果、有意であった ($p < .001$, Cramer's $V = .13$ 効果量小)。下位検定の結果、Control よりも Miniavatar ($p < .05$) と Bubble ($p < .05$) は割合が有意に高かった。

【共同注視】共同注視の非言語反応率（図 11 中央）について Fisher の正確検定を行った結果、有意でなかった ($p = .07$, Cramer's $V = .14$ 効果量小)。

4-1-4 一瞥反応率

【一方注視】一方注視の一瞥反応率（図 10 右）について Fisher の正確検定を行った結果、有意でなかった ($p = .15$, Cramer's $V = .08$ 効果量小)。

【共同注視】共同注視の一瞥反応率（図 11 右）について Fisher の正確検定を行った結果、有意でなかった ($p = .11$, Cramer's $V = .12$ 効果量小)。

上述した評価指標に加え、参加者のゲイズキューの送り手としての利用頻度を、アプローチ任務のない時間帯のアプリケーションログを用いて確認した。その結果、参加者の 1 分間当たりの送信頻度は、一方 (C: 0.68 回, A: 0.90 回, B: 1.38 回, M: 1.11 回)、共同 (C: 3.34 回, A: 3.44 回, B: 3.69 回, M: 3.40 回) いずれのタイプの注視も Bubble が最も高かった。

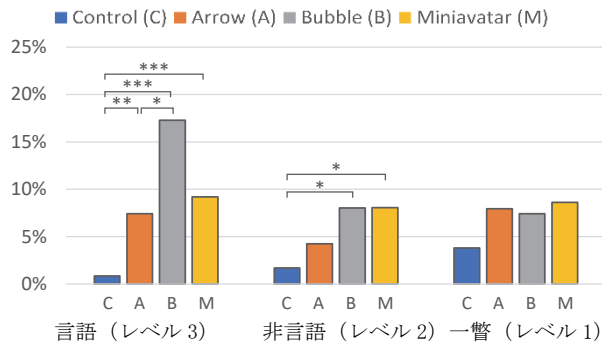


図 10. 一方注視に対する参加者の言語・非言語・一瞥反応率

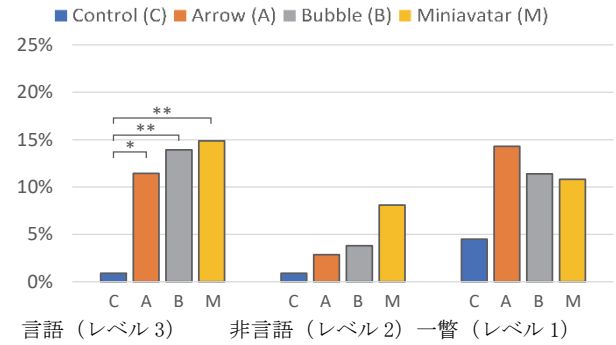


図 11. 共同注視に対する参加者の言語・非言語・一瞥反応率

4-2 体験に関する客観的結果

4-2-1 リッカート尺度

リッカート尺度に関して、以下の手順で統計的分析を行った。まず、否定的な質問項目の評定値を反転させた後、各下位尺度の信頼性を、Cronbach の α 係数により検討した。その結果、すべての下位尺度の信頼性係数は 0.7 以上あり、許容できる信頼性があることを確認した（詳細は付録 F 参照）。次に、各下位尺度に対して、ゲイズキューの可視化のスタイルを独立変数、下位尺度得点（下位尺度に属する質問項目の評定の平均値）を従属変数とする Kruskal-Wallis 検定を行った。効果が有意であった場合には、下位検定として、Bonferroni 法で補正した Wilcoxon の順位和検定を用いてペアワイズ比較を行った。

【一方注視】一方注視のリッカート尺度（図 12）について Kruskal-Wallis 検定を行った結果、4 つの下位尺度（知覚、認知、ポジティブ感情、ネガティブ感情）のうち、知覚（ $\chi^2(3)=27.33, p<.001$ ）と認知（ $\chi^2(3)=22.18, p<.001$ ）の 2 つの下位尺度で有意であった。下位検定の結果、いずれの下位尺度も、参加者は、コントロール条件よりも可視化条件を有意に高く評価した（知覚 A: $p<.01$, B: $p<.001$, M: $p<.001$; 認知 A: $p<.05$, B: $p<.001$, M: $p<.001$ ）。要約すると、可視化のスタイルに関わらず、参加者は、可視化された一方注視を、知覚し易く（設計要件 R1）、認知し易い（同 R2）と評価した。感情（同 R3）に関しては、有意差はなかったものの、参加者は他条件よりも Bubble をポジティブに、Miniavatar をネガティブに評価した。

【共同注視】共同注視のリッカート尺度（図 13）について Kruskal-Wallis 検定を行った結果、4 つの下位尺度いずれも有意でなかった。図 13 からわかる通り、参加者は、可視化された共同注視を、概ね、知覚し易く（設計要件 R1）、認知し易い（同 R2）と評価したが、3 つの可視化条件間に違いはなかった。感情（同 R3）に関しては、有意差はなかったものの、参加者は他条件よりも Bubble をポジティブに、Miniavatar をネガティブに評価した。

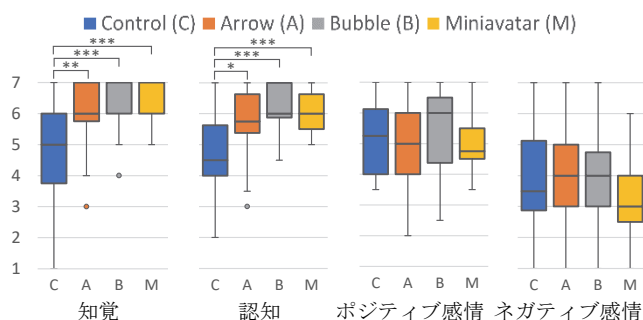


図 12. 一方注視に対する参加者のリッカート尺度
(いずれも値が高い方が良い)

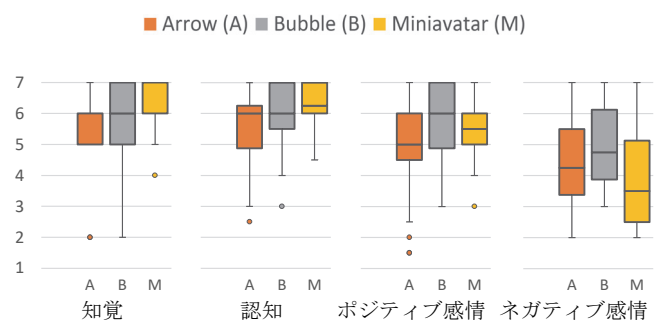


図 13. 共同注視に対する参加者のリッカート尺度
(いずれも値が高い方が良い)

4-2-2 自由記述

全参加者が、一方注視、共同注視、VR システム、他メンバーに関する自由記述式の質問すべてに回答した。

【**一方注視**】一方注視を受けたときの印象に関する自由記述を分析したところ、最頻出の形容詞は、Bubble は「嬉しい」(24 人中 6 人)で、Arrow と Miniavatar はどちらも「良い」(同 4 人)だった。Bubble は、その他にも「わくわくした(P81)」「ときめいた(P83)」等、全体として肯定的なコメントをした参加者が過半数(24 中 17 人)だった。Miniavatar は、「ドキドキした(P43, P73)」「面白い(P10)」等の肯定的な表現を使った参加者(24 中 11 人)と、「恥ずかしい(P75)」「緊張する(P42, P58)」等の否定的な表現を使った参加者(24 中 13 人)の両方がおり、評価が二分した。Arrow は、好悪以外の感情に関する表現を使った参加者はほとんどいなかった。

【**共同注視**】共同注視を受けたときの印象に関する自由記述を分析したところ、いずれの可視化条件においても多くの参加者が肯定的にコメントした(A: 14/24 人, B: 18/24 人, M: 17/24 人)。肯定的なコメントの詳細に関して、Arrow は、参加者によって異なっており、特定の傾向は見られなかった。Bubble は、12 人の参加者が、「共感(P20, P36)」「親近感(P51, P83, P106)」「仲間(P97)」等相手との一体感を示唆する表現を用いた。Miniavatar は、11 人の参加者が、「話しかけやすい(P72)」「話題を作りやすい(P73)」等コミュニケーションの開始のし易さを示唆する表現を用いた。

5 考察

全体として、多くの評価指標において、可視化されたゲイズキュー (Bubble, Miniavatar, Arrow) は、可視化されないゲイズキュー (Control) よりも、スコアが高かった。

5-1 一方注視

5-1-1 ゲイズキューの可視化によるインフォーマルコミュニケーションの開始の促進 (RQ1)

一方注視では、アプローチ任務成功率に関する結果(図 9 左)から、可視化されたゲイズキュー (Bubble, Miniavatar, Arrow) は、可視化されないゲイズキュー (Control) と比べて、インフォーマルコミュニケーションの開始を促すことがわかった。

5-1-2 可視化スタイルの違い (RQ2)

一方注視では、参加者の行動(図 9 左, 図 10)および体験(図 12)に関する結果から、3 つの可視化スタイル間で統計的有意差があったのは言語反応率だけ (Arrow<Bubble, $p<.05$, 図 10)ではあるものの、Bubble が他の 2 つの可視化スタイルよりもユーザー (ゲイズキューの受け手) の行動や体験にポジティブな影響を及ぼすことがわかる。以降で、可視化のスタイルごとに考察する。

Bubble では、行動に関しては、最高レベルの反応である言語による反応(表 3)が他のスタイルよりも多く観察された。非言語による反応も多く観察された。体験に関しては、参加者のリッカート尺度の回答と自由記述回答から、Bubble は、ゲイズキューの可視化の 3 つの設計要件(表 1)を概ね満たしている。以上から、シャボン玉で可視化された一方注視の受け手は、ゲイズキューを知覚でき(つまり、設計要件 R1 を満たす)、その送り手がどこにいるかを特定(認知)でき (R2)、キューに興味・関心を持てた (R3)、その結果、受け手の多くは言語や非言語で送り手に反応したと示唆される。

Miniavatar では、行動に関しては、Bubble と同程度に、非言語による反応が多く観察された (M: 8.0%, B: 8.0%)ものの、言語による反応率は Bubble の半分程度であった (M: 9.2%, B: 17.3%)。ゲイズキューが人型でかつ笑う・手を振るという非言語行動を示すため、非言語による反応率が高かったのは妥当である。体験に関しては、参加者のリッカート尺度の回答と自由記述回答から、Miniavatar は、知覚と認知に関する要件を概ね満たしているが、感情に関する要件を満たしているとは言えない。ネガティブ感情のリッカート尺度の評定の低さ (M: 平均 3.2, 図 12)と自由記述から、一定の割合の参加者は、Miniavatar に拒否感を抱いていることが示唆される。以上から、ミニチュアのアバターで可視化された一方注視の受け手は、ゲイズキューを知覚でき、その送り手がどこにいるかを特定できたものの、すべての受け手がキューに興味・関心を持つには至らなかった。その結果、受け手の多くは非言語で送り手に反応するに留まったと示唆される。

Arrow では、行動に関しては、言語による反応も、非言語による反応も、Bubble や Miniavatar ほどは観察されなかった。体験に関しては、参加者のリッカート尺度の回答と自由記述回答から、Arrow は、知覚と認

知に関する要件を概ね満たしているが、感情に関する要件を満たしていない。以上から、矢印で可視化された一方注視の受け手は、ゲイズキューを知覚でき、その送り手がどこにいるかを特定できたものの、キューに興味・関心を持つには至らなかった。その結果、受け手の多くは一瞥で送り手に反応するに留まったと示唆される。

5-2 共同注視

5-2-1 ゲイズキューの可視化によるインフォーマルコミュニケーションの開始の促進 (RQ1)

共同注視では、アプローチ任務成功率に関する結果 (図 9 右) は、可視化されたゲイズキューは、可視化されないゲイズキューと比べて、インフォーマルコミュニケーションの開始を促すことを示した。3 つの可視化条件のアプローチ任務成功率 (M: 57.9%, A: 57.1%, B: 52.6%, 図 9 右) はいずれも、一方注視での最高のアプローチ任務成功率 (B: 59.3%, 図 9 左) に匹敵するという結果を踏まえると、共同注視キュー自体が、相手と自分が同じ対象に興味を持っていることがわかることによって、相手とコミュニケーションすることを動機づけるのかもしれない。また、送り手としての利用頻度が、3 つの可視化条件とも、共同注視は一方注視の3倍以上であった (一方 A: 0.90 回, B: 1.38 回, M: 1.11 回; 共同 A: 3.44 回, B: 3.69 回, M: 3.40 回, 4-1 節末尾)。以上より、全体的に見て、可視化されたゲイズキューは、一方注視キューよりも共同注視キューの方がユーザーに受け入れられやすいのかもしれない。

5-2-2 可視化スタイルの違い (RQ2)

共同注視では、参加者の行動 (図 9 右, 図 11) および体験 (図 13) に関する結果から、異なる可視化スタイルは、ユーザーの行動や体験に影響を及ぼさないことがわかった。しかし、Bubble と Miniavatar は改善の余地がある。

Bubble は、一方注視では他の2つの可視化スタイル (Arrow と Miniavatar) よりもアプローチ任務成功率が高かったが、共同注視ではそれらとほぼ同じであった。Bubble の知覚に関する参加者の主観評価を一方注視 (図 12) と共同注視 (図 13) 間で比較すると、共同注視が低いことがわかる。一方注視では、受け手の顔の前にシャボン玉群が流れてくるため、シャボン玉群と受け手の距離が短い。一方、共同注視では、受け手が見ている参照物にシャボン玉が流れてくるため、シャボン玉群と受け手の距離が長くなる。しかし、図 5 の黄色の補助線からわかるように、共同注視 (図 5 h-j) の場合も、シャボン玉の群としてのサイズは十分に大きい。つまり、シャボン玉群が受け手から離れている (つまり、共同注視の) とき、シャボン玉群のサイズが小さいことではなく、シャボン玉がほぼ透明であることによって、受け手はシャボン玉群を知覚しにくくなると考えられる。これを踏まえると、共同注視のための Bubble は、受け手と参照物の距離に応じて、シャボン玉の透明度を下げる必要がある。

Miniavatar は、以下2点の結果から、共同注視の可視化スタイルとして有望である。1つ目に、他の2つの可視化スタイルとの統計的有意差はないものの、Miniavatar のときに、言語および非言語による反応が最も観察された。2つ目に、自由記述から、コミュニケーションの開始のし易さが示唆された。しかし、ネガティブ感情のリッカート尺度の評定が他の可視化スタイルよりも悪かった (Miniavatar: 平均 4.0, 図 13)。ミニチュアアバターの外見を、本研究のように、ゲイズキューの送り手のアバターの単なる縮小版にするのではなく、緊張感やプレッシャーを感じにくい顔の表情にアレンジする (例えば、顔の表情を曖昧にしたり、アイコンックに表現する) ことで、ユーザーの反応が改善するかもしれない。

6 結論

本稿では、3次元バーチャル空間におけるゲイズキューの可視化が、インフォーマルコミュニケーションの開始をどのように促せるかを調査した。コミュニケーション開始前に起こりうる2つタイプの注視行動 (一方注視, 共同注視) で、3つのスタイルの可視化されたゲイズキュー (矢印, シャボン玉, ミニチュアのアバター) を提示するプロトタイプを設計・実装した。続いて、96人の参加者が、実行中のタスクがある場合とない場合の両方のコンテキストにおいて、サクラからゲイズキューを受け、プロトタイプを評価した。ゲイズキューを受けた際の参加者の反応を客観的に評価するために4水準 (反応なし, 一瞥反応, 非言語反応, 言語反応) に分類した。その結果、すべての可視化されたゲイズキューは、可視化されないゲイズキューよりもインフォーマルコミュニケーションの開始を促した。可視化されたゲイズキューに対する受け手の反応

の程度は、受け手の実行中のタスクへの集中の程度に概ね反比例した。一方注視では、統計的有意差が見られたのは言語反応率だけではあるものの、全体的にシャボン玉が他の2つの可視化されたゲイズキューよりも受け手の行動や体験にポジティブな影響を及ぼした。共同注視では、3つの間に有意差はなく、すべての可視化されたゲイズキューは受け手の行動や体験にポジティブな影響を及ぼした。

本研究は可視化されたゲイズキューの受け手への影響を検討するに留まっているため、今後、ゲイズキューの送り手への影響をフィールドで検討する予定である。また、可視化されたゲイズキューが、知人同士のインフォーマルコミュニケーションの開始にどのように影響を及ぼすかも調査の価値があるであろう。

【参考文献】

- [1] Carmen Egidio. 1988. Video Conferencing as a Technology to Support Group Work: A Review of Its Failures. In *Proceedings of the 1988 ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work (CSCW '88)*. ACM, New York, NY, USA, 13–24. DOI: <https://doi.org/10.1145/62266.62268>
- [2] Eli Pariser. 2011. *The Filter Bubble: What the Internet Is Hiding from You*. Penguin Press, New York, NY, USA.
- [3] Willem Standaerta, Steve Muyllebc, and Amit Basud. 2022. Business meetings in a postpandemic world: When and how to meet virtually. *Business Horizons* 65, 3, 267–275. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2021.02.047>
- [4] Cass Sunstein. 2017. *#Republic: Divided Democracy in the Age of Social Media*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- [5] Adam Kendon. 1990. *Conducting Interaction: Patterns of Behavior in Focused Encounters (Studies in Interactional Sociolinguistics)*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- [6] Catherine S. Oh, Jeremy N. Bailenson, and Gregory F. Welch. 2018. A Systematic Review of Social Presence: Definition, Antecedents, and Implications. *Frontiers in Robotics and AI* 5, 114, 1–35. DOI: <https://doi.org/10.3389/frobt.2018.00114>
- [7] Amal Yassien, Passant ElAgroudy, Elhassan Makled, and Slim Abdennadher. 2020. A Design Space for Social Presence in VR. In *Proceedings of the 11th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Shaping Experiences, Shaping Society (NordCHI '20)*, 8, 1–12. DOI: <https://doi.org/10.1145/3419249.3420112>
- [8] Daniel Roth, Constantin Klelnbeck, Tobias Feigl, Christopher Mutschler, and Marc Erich Latoschik. 2018. Beyond Replication: Augmenting Social Behaviors in Multi-User Virtual Realities. In *Proceedings of the 2018 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR '18)*. IEEE, 215–222. DOI: <https://doi.org/10.1109/VR.2018.8447550>
- [9] Jann Philipp Freiwald, Lennart Diedrichsen, Alexander Baur, Oliver Manka, Pedram Berendjy Jorshery, and Frank Steinicke. 2020. Conveying perspective in multi-user virtual reality collaborations. In *Proceedings of the Conference on Mensch und Computer (MuC '20)*. ACM, New York, NY, USA, 137–144. DOI: <https://doi.org/10.1145/3404983.3405521>
- [10] Danielle Pillet-Shore. 2021. When to Make the Sensory Social: Registering in Face-to-Face Openings. *Symbolic Interaction* 44, 1, 10–39. DOI: <https://doi.org/10.1002/symb.481>
- [11] Hyun K. Kim, Jaehyun Park, Yeongcheol Choi, and Mungyeong Choe. 2018. Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment, *Applied Ergonomics* 69, 66–73. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.12.016>

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
VR 空間におけるアバタの外見的社会的手がかりがグループディスカッションに与える影響	情報処理学会グループウェアとネットワークサービス研究会	2023 年 1 月
3 次元バーチャル空間におけるインフォーマルな会話の開始を促すためのゲイズキューの可視化手法	第 27 回 一般社団法人情報処理学会シンポジウム (インタラクション 2023)	2023 年 3 月
3 次元バーチャル空間におけるインフォーマルコミュニケーションの開始を促すためのゲイズキューの可視化手法	電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会	2023 年 3 月
How Gaze Visualization Facilitates Initiation of Informal Communication in 3D Virtual Spaces	ACM Transactions on Computer-Human Interaction	2023 年 11 月
Mitigating Impacts of Appearance-Based Social Cues to Facilitate Balanced Participation in Virtual Environments Across Age and Gender	2023 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)	2023 年 12 月