

ComeCam-II:「誰が何を見ているか」を伝えるライブカメラシステム

ComeCam-II: a Live Camera System which Informs the Camera Operator's Eye

樋口 潤¹ 高橋 伸¹ 田中 二郎¹
Jun Higuchi¹ Shin Takahashi¹ Jiro Tanaka¹

¹ 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 コンピュータサイエンス専攻

¹ Department of Computer Science, Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

Abstract: In this research, we developed a system named ComeCam-II which enhances the monitoring of live camera set up in an office or laboratory. ComeCam-II enables a monitored person to be aware of who is looking and what he is focusing on. It can alleviate the discomfort of feeling to the camera, and it also can strengthen the feeling of unity with physically separated group members. ComeCam-II uses the still image of a camera operator's face and presents it on the shared display set up near the camera. The facial image animates and zooms up according to the pan, tilt, zoom operation to the camera. This presentation technique is not intrusive for a monitored person and does not disturb his personal work. A monitored person can naturally feel the camera operator's eye as if they are in the same room.

Keywords: live camera, gaze awareness, distributed workspaces, communication, privacy.

1 はじめに

近年では Web カメラの普及に伴い、ライブカメラの設置台数も増加している。ライブカメラとは特定の場所に Web カメラを設置し、その映像をリアルタイムで 24 時間配信し続けるシステムのことである。ライブカメラは特定の URL にアクセスするだけでいつでも、どこからでも、気軽にその映像をモニタすることができ、さらに設置や導入が比較的容易な点が特徴である。

ライブカメラの用途は監視カメラや定点観測カメラなど多様であるが、その他に分散環境にある企業のオフィスや研究室に設置し、離れた場所で作業するグループメンバー間で利用されることがある。この場合、ライブカメラは離れた場所にある部屋に誰がいるか、何をしているかを把握するために利用される。これらの情報をもとにグループメンバーは電話やチャット、直接部屋を訪問するといったコミュニケーションを行う。しかし、現行のライブカメラによるモニタリングはモニタする側からの一方的な情報取得であり、同じグループのメンバーであってもモニタする側とされる側の立場は不平等であると言えよう。実際、モニタされる側のメンバーはライブカメラを監視カメラと大差ない存在として捉えている (2 節で詳述する)。グループ間で運用する場合、ライブカメラを監視目的で利用するケースは

ほとんどなく、自身の存在を悟られないように仲間を監視する必要性は恐らくない。むしろ、モニタしている自身の存在や「今、何を見ているか」といった情報を知らせることによって、グループとしての一体感を強めたりカメラへの抵抗感や不安感を緩和したりする効果があると考えられる。

本研究ではグループ間で用いられるライブカメラのモニタリングを拡張し、「誰が、何を見ているか」という通常では伝わらないモニタする側の存在・行動を、モニタされる側に伝える手法を提案する。これにより、グループ間での円滑なコミュニケーションを支援するとともに、モニタされる側のライブカメラに対する抵抗感・不安感を緩和させることが本研究の目的である。さらに、本研究では提案手法に基づき ComeCam-II と呼ばれるライブカメラシステムの開発を行った。ComeCam-II はカメラ映像をモニタしているメンバーの情報を居室内の共用ディスプレイと顔画像を用いて提示し、カメラへのアクセスや PTZ (Pan, Tilt, Zoom) などのカメラ操作に応じてその表示を更新する。したがって、モニタされる側のメンバーにとって押し付けがましくなく、モニタする側のメンバーがあたかも同じ部屋にいるかのように、自然にその視線を感じ取ることができるという特徴がある。

2 グループ間で利用するライブカメラの現状

1 節でも述べたようにライブカメラの用途は様々であり、例えば防犯対策の監視カメラや観光名所・自然の風景を一定時間毎に配信する定点観測カメラとして利用されるケースがある。その他にも離れた場所にいるペットや子供・お年寄りの様子の見守り、店舗の陳列商品の売れ行きや在庫の把握などに利用されており、さらにライブカメラ映像を授業の資料などの教育目的で利用するケースも存在する。本研究で対象としている離れた場所で作業をするグループメンバー間での利用は、上記とは異なるライブカメラの用途である。研究に先立ち、グループ間で利用するライブカメラの現状を明らかにするため、実際にライブカメラを運用しているグループのメンバーに対してアンケート調査を実施した。対象者は筆者らが所属する大学の研究室の学生 11 人であった。この研究室は異なる建物・フロアの 4 部屋に分散しており、それぞれの部屋でメンバーが研究活動を行っている。ライブカメラはこれら全ての部屋に設置されている（図 1 にその画像の例を示す）。

まず、ライブカメラの利用目的について質問したところ、11 人中 10 人のメンバーが「あるメンバーが部屋にいるかどうか確認するため」にライブカメラを利用していると回答し、利用目的全体の中で一番多かった。さらに、その具体的な利用シーンを回答してもらった結果をまとめると以下ようになった。

- 出かけ（食事など）に誘いたいとき
- 直接話をしたいとき
- 仕事の手伝いを頼みたいとき
- 書類を渡しに行きたいとき
- 電話（内線）をかけたいとき

これらを見ると、メールなどできちんと約束を取り付ける必要のない、ある程度ラフな用事があるときにライブカメラを利用していることがわかる。ライブカメラは特定の URL にアクセスするだけで気軽に利用でき、電話やメール、チャット、部屋を訪問するといった直接的なコンタクトに比べて利用する上での心理的負担が少ない。むしろ、そうした直接的なコンタクトを行う前段階として利用しているケースが多いと言える。

その他には「部屋に誰がいるか確認するため」にライブカメラを利用しているという回答が 5 人と次いで多かった。これは特定の人物だけでなく、カメラが設置された部屋全体を撮影対象範囲にできるというライブカメラの特徴を活用したものだと言える。特筆すべき事項として、ライブカメラを「誰かを監視するため」に利用していると答えたメンバーは 1 人もいなかった。



図 1: 研究室に設置されたライブカメラ画像の例。

同様に、アンケートの「現行のライブカメラに対して不満はあるか」という質問に対して「ある」と答えたメンバーは約半数であった。その具体的な内容をまとめると以下ようになった。

- 誰に見られているかわからないのが不安である
- 見られているかどうかかわからないので、緊張感が抜けない
- いつの間にか見られていることに対する精神的圧迫がある

グループ間でライブカメラはコミュニケーションツールのように利用されている。しかし、それはあくまでカメラ映像をモニタする側の立場から考えた場合であり、カメラにモニタされる側の立場からすると、結果のように監視カメラと変わらぬ位置づけになってしまっていると言える。監視カメラの場合と異なり、カメラ利用者は気心知れたグループメンバーであるはずなのだが、「誰が、いつ、どのように見ているかわからない」という状況はモニタされる側に対して抵抗感や不安感を与えてしまっていると考えられる。

3 注視情報の伝達：「誰が何を見ているか」を伝える手法の提案

モニタされる側がライブカメラに対して抵抗感や不安感を抱くのは「誰が、いつ、どのように見ているかわからない」という状況に起因している。したがって「誰が、何を見ているか」という情報（以降、本稿ではこれをモニタする側の「注視情報」と呼ぶ）を伝達すれば、この印象を緩和することができると考えられる。ライブカメラを監視カメラとして利用する場合、モニタする側の情報をモニタされる側に知らせないのは当然である。しかし、グループ間で利用する場合においてはこれに当てはまらないであろう。

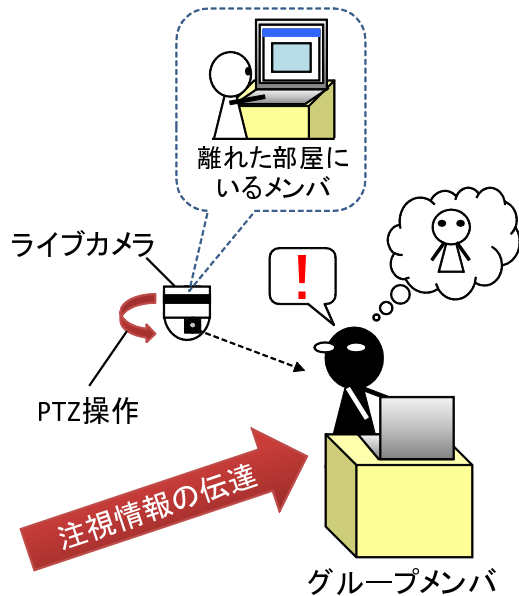


図 2: 注視情報の伝達のイメージ。

この注視情報伝達のメリットはカメラに対するプライバシー問題の解決に留まらない。分散環境において「誰が、何を見ているか」という情報への気づきを実現することは、離れた場所で作業するメンバー間の円滑なコミュニケーションやグループとしての一体感の醸成を支援する役割をもつ。我々は同じ部屋にいる場合、他者の存在や視線などを意識せずとも感じ取っており、それら是对話開始のきっかけになったり会話の話題になったりすることがある。例えば、自身が誰かに見られていることに気づけば「何か用があるのかな」と思うだろうし、自身に限らずどこかを見ていることに気づけば「何を見ているのかな」とその視線の先に興味を抱くようになるだろう。こうした通常的环境では当然起こる他者の存在・視線への気づきを分散環境で維持することは困難であり、離れた場所にいるメンバー間のつながりが弱くなる原因となっている。

以上のような考えに基づき、本研究ではライブカメラのモニタリングを拡張し「誰が、何を見ているか」というモニタする側の注視情報をモニタされる側に伝達する手法を提案する。図 2 にそのイメージを示す。離れた場所にいるグループメンバは通常通り Web ブラウザなどを介してライブカメラ映像をモニタするが、その際に「今、誰がカメラを見ているか」という情報をモニタされる側に伝達する。また、本手法ではライブカメラとして特に PTZ 機能をもつカメラを利用する。モニタする側のメンバは PTZ 機能を利用してカメラのアングルやズームレベルを変更するが、その操作も注視情報としてモニタされる側に伝達する。これにより、モニタする側が「今、何を見ているか」という状況を明確にすることができる。

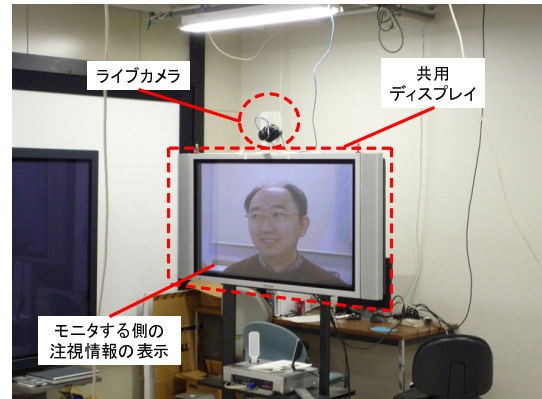


図 3: ComeCam-II の注視情報提示装置。

4 ComeCam-II の試作

本節では提案手法に基づき開発したライブカメラシステム：ComeCam-II について説明する。本システムでは図 3 に示すようにライブカメラの付近に共用ディスプレイを設置し、そのディスプレイ上に注視情報としてカメラにアクセスしたメンバーの顔画像を表示する。

4.1 表示画像の更新と効果音の再生

表示された顔画像はカメラのアングル、ズームレベル、カメラへのアクセス数、各メンバーのアイドル時間（最後にカメラを操作してから経過時間）に応じて随時更新される（図 4）。

カメラのアングル 顔画像は PTZ 操作が実行されてカメラのアングルが変わる毎に、カメラがフォーカスしている領域を向いているようなものに切り替わる。顔画像はカメラの向きを表現するために利用されるが、これにより「カメラがどこを向いているか」という情報だけでなく、あたかもモニタする側のメンバ本人が同じ部屋にいて、部屋を眺めまわしているような感覚をモニタされる側のメンバに提供することができる。

カメラのズームレベル カメラのズームレベルが大きくなるにつれて、あたかもモニタされている側のメンバの方へ近づいていくかのように顔画像がアップになっていく。

カメラへのアクセス数 ComeCam-II は複数のメンバーが同時にカメラにアクセスするような状況にも対応している。顔画像は最大 4 人まで同時に表示することが可能で、カメラにアクセスしている人数が 1 人のときはそのまま全画面表示し、2 人のときは画面を 2 分割して、3 人以上のときは画面を 4 分割して表示する。

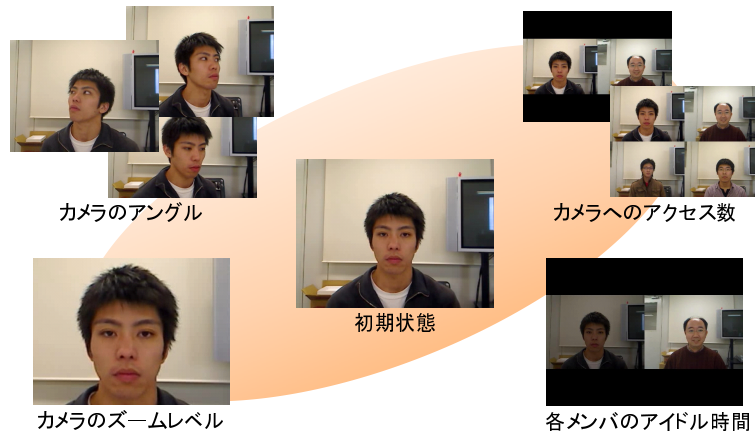


図 4: カメラの PTZ 操作やカメラへのアクセス数, 各メンバーのアイドル時間に応じた表示画像の更新.

各メンバーのアイドル時間 各メンバーのアイドル時間が増加するにつれて, それまで表示されていた各メンバーの顔画像を暗く, フェードアウトするように表現する. これにより, 複数のメンバーがカメラにアクセスしている状況であっても「今, 誰がカメラを操作したか」という状況は相対的に把握できる.

顔画像はカメラへのアクセス権限をもつ全てのグループメンバーに対し, Pan 方向に $\pm 40^\circ$, Tilt 方向に $\pm 20^\circ$ の範囲で各 10° ずつ, 計 45 枚を予め撮影しておく. そして, カメラから取得してきた現在の Pan, Tilt パラメータに応じて適切な画像に切り替える. 顔画像は 1 人当たりの撮影枚数が多いので, 撮影する際はその作業コストを軽減する必要がある. 今回はカメラの前で様々な方向を向いている様子を動画で撮影し, 適切な方向を手作業でキャプチャしている. 今後は眼球の動きや顔の向きから自動でキャプチャするようなアプリケーションの実装を行っていく予定である.

ComeCam-II では予め撮影しておいたメンバーの顔の静止画像を利用している. 例えばビデオ会議やビデオチャットのようにリアルタイムな動画を利用する方法も考えられるが, その際には動画配信のための太い通信帯域や, 全グループメンバー用に Web カメラを配備するコストが必要である. また, カメラの位置や環境によっては常に鮮明な動画を提供できるとは限らず, さらにカメラ映像をモニタしているメンバーと実際のライブカメラの視線は一致しないという問題もある.

ディスプレイ上の顔画像の表示に加え, 本システムではカメラへのログイン・アウト時にドアの開閉音をディスプレイに併設されたスピーカーで再生する. これによりカメラにアクセスした瞬間がわかるので, 「いつから見られているかわからない」という問題に対処できる. さらに, カメラへのログイン・アウトをカメラが設置された部屋への入退室に対応付けることができ, モニタする側との同室感を強める効果も期待できる.

4.2 ComeCam-II の特徴 ～先行研究との比較

筆者らは以前にも注視情報の伝達を行うことが可能なライブカメラシステムの試作を行っている [2]. 先行研究における注視情報伝達の流れを説明する. まず, カメラへのアクセスあるいは PTZ 操作が実行される毎にカメラのパラメータからその向きを算出し, 予め登録してあるメンバーの位置 (それぞれのデスクの位置) の方向を向いているかどうかを判断する. あるメンバーの方向を向いていると判断した場合, モニタリングの対象となっているメンバーの PC のデスクトップ上にメッセージを表示する. メッセージの内容はモニタしているメンバーの名前とカメラのズームレベルである.

上記の手法ではデスクトップにメッセージを表示する都合上, 自身のデスクに座り PC を起動し, かつ自身がカメラにフォーカスされたときにしか注視情報を取得することができなかった. ComeCam-II では居室内に設置された共用ディスプレイ上に注視情報を表示し, その表現に顔画像を利用する. したがって, 自身のデスクや PC に依存せずいつでも, 部屋のどこにいても, 何をしてもモニタする側の視線を感じることができるようになった. さらに従来手法では不可能だった「自分が見られている場合に限らず, 誰が, 部屋のどこを, あるいは誰を見ているか」という状況の認識も可能となった. これにより, モニタする側の視線に興味をもつことから引き起こされる新たなコミュニケーションの機会を提供することができる.

また, 従来の注視情報伝達は個人のデスクトップ上にメッセージを表示するという直接的なものだったが, ComeCam-II ではモニタする側の視線の認識は周辺視により “何となく” 行われる. これは同じ部屋にいる人の視線を認識している感覚に極めて近い. したがってこの情報提示は押し付けがましくなく, 従来手法と比べて個人作業の障害にならないと考えられる.

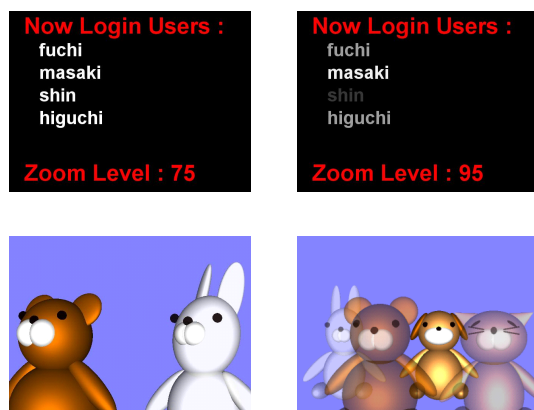


図 5: 文字表示タイプ (上), アバタ表示タイプ (下).

4.3 表示タイプのバリエーション

今回は顔画像表示タイプの他に 2 つのディスプレイへの表示タイプを設計した (図 5). 1 つは文字表示タイプであり, 現在ライブカメラにアクセスしているメンバ名ならびにカメラのズームレベル (0~100) を文字で表示するタイプである. また, 表示されるメンバ名の色はアイドル時間に応じて徐々に暗くなる. このタイプは「カメラがどこを向いているか」という情報を表現することができないが, シンプルであり個人作業を行う上で最も意識を奪わないと考えられる.

もう 1 つはアバタ表示タイプであり, これは現在ライブカメラにアクセスしているメンバに対応するアバタを表示するタイプである. アバタは 3D オブジェクトによって構成された動物を模したキャラクターで, 各メンバそれぞれ固有に設定されている. アバタは顔画像の代替になるというコンセプトのもとに設計されており, 基本的な表現は顔画像と同様である. すなわち, カメラのアングルに応じて向きを変え, ズームレベルが大きくなるにつれてアップになる. また, アイドル時間に応じて徐々に透明になっていく.

4.4 実装

ComeCam-II は複数台のクライアント PC, PTZ 機能をもつライブカメラ, 出力装置であるディスプレイとスピーカー, およびそれらを統合するメインサーバである ComeCamServer によって構成される. グループメンバが所持するクライアント PC 上では ComeCamViewer と呼ばれるカメラ映像モニタリング用のビューアアプリケーションが稼働している. プロトタイプシステムはライブカメラとして AXIS 社の AXIS 212 PTZ および AXIS 214 PTZ に対応している. システムのプログラム開発言語には Java, 3D グラフィックス開発環境には OpenGL を用いた.

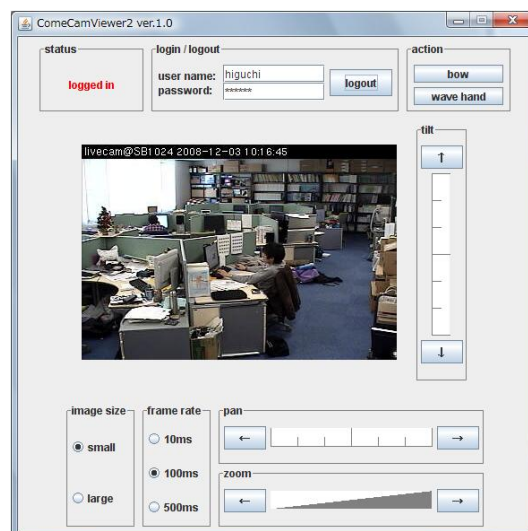


図 6: ComeCamViewer のスナップショット.

なお, 本研究では遠隔地に分散した複数地点のそれぞれにライブカメラを設置し, それらをお互いが双方向通信的にモニタし合う環境を想定しているが, 今回のプロトタイプシステムはある 1 つの部屋 A にライブカメラを設置し, その映像を他の部屋 (B, C...) にいるメンバがモニタする環境のみ実装している.

4.4.1 ComeCamViewer

ComeCamViewer は図 6 に示すような, ComeCam-II でループメンバがカメラ映像のモニタリング, およびカメラの PTZ 操作を行うためのビューアアプリケーションである. ComeCamViewer は各種操作が実行される毎に ComeCamServer に対してクエリを送信する. 最初に, メンバが入力したユーザ名とパスワードをもとにログイン用クエリを ComeCamServer に送信する. 認証に成功すると ComeCamServer からクエリが返ってくるので, それを受けてカメラから映像を取得して表示する. 以降はメンバが各 GUI を操作する毎に ComeCamServer にクエリを送信する. クエリの送信はソケット通信で行われている.

4.4.2 ComeCamServer

ComeCamServer は ComeCam-II におけるカメラの制御, メンバの管理を行うメインサーバである. また, ディスプレイへの情報表示や効果音再生も行っている. ComeCamServer は ComeCamViewer から送信されるクエリを受信・解析し, ログイン認証・カメラの PTZ 操作を順次実行する. カメラから PTZ パラメータを取得することも随時行っており, 現在のパラメータに応

じてディスプレイに表示する情報を更新する。今回利用している AXIS 社のカメラはともに HTTP ベースの API が利用可能であり、特定の URL にアクセスすることでビデオストリームの取得や PTZ 操作の実行、パラメータの取得が可能である。ログイン・アウト処理が実行された際には効果音の再生を適宜実行する。また、ComeCamServer はログインしているメンバのアイドル時間を監視している。アイドル時間はログインした直後は 0 で、その後操作を行わないと経過時間に応じて増加していく。PTZ 操作が実行されるとアイドル時間は 0 にクリアされる。

5 評価実験

本節では実装した ComeCam-II に関して、表示タイプや表現の効果を検証するために実施した実験について述べる。実験に参加した被験者は筆者らが所属する大学の研究室の学生 11 人であった。

5.1 実験方法、実験環境

本実験は居室の座席配置や滞在時間の偏りによる影響を除去するため、実験用に構築した実験室にて実施した。被験者には実験室にノート PC や書籍などを持ち込んでもらい、普段の居室を想定していつも通りに作業をしてもらった。そして、その最中に様々な表示タイプで注視情報を提示した。実験中のカメラ操作は、実際に被験者と同じグループのメンバが実験室の外からライブカメラにアクセスして操作していることを想定し、実験者が ComeCamViewer を用いて行った。

被験者に提示した注視情報の表示タイプは 4 節で述べた「顔画像」、「文字」、「アバタ」に加え、統制群として用意した注視情報の提示を行わない「情報提示なし」タイプを用いた。さらに条件を揃えるため、顔画像とアバタに関しては常に正面向きの顔画像・アバタを用いる「向きなし」タイプもそれぞれ用意し、これら計 6 つの表示タイプを 5 分毎に次々と切り替えて提示した。順序性を相殺するため、提示する順番は被験者毎にランダムに設定した。

本実験ではライブカメラとして AXIS 212 PTZ を利用した。これは広角レンズを有したカメラで、PTZ 操作は全体を写した画像から切り出す形で擬似的に処理される。したがって、カメラの外観からはどこを向いているか推定できない点が特徴である。これに伴い、今回の実験では PTZ 操作が実行される毎に特定の効果音を再生するようにした。これは情報提示なしタイプにおいては PTZ 操作を実行していることが全くわからないためであり、他のタイプにおいても条件を揃えるため、同様に効果音を再生するようにした。

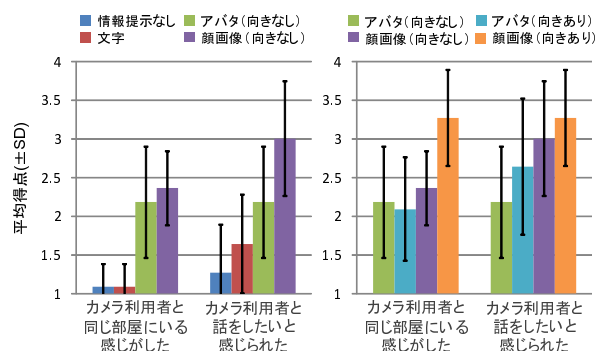


図 7: コミュニケーションに関する質問の得点結果。

実験終了後、被験者に実験に関するアンケートを配布し回答してもらった。アンケートは全 14 の質問に対して 4 段階評価を行う項目と自由記述欄を含む。質問は当てはまる度合いが高くなるにつれて高い評価になり、後に 1~4 に得点化する。質問はグループ間のコミュニケーションに関する質問やカメラへの抵抗感・不安感に関する質問、作業の阻害に関する質問などを含む。

5.2 実験結果-I

まず、表示タイプ: 情報提示なし・文字・アバタ (向きなし)・顔画像 (向きなし) を因子とした分析を行い、表示タイプによる効果を検証する。図 7(左) にコミュニケーションに関する質問の平均得点と標準偏差を一部抜粋して示す。これら「カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした」($F_{(3,30)}=19.543$)、「カメラ利用者と話したいと感じられた」($F_{(3,30)}=14.730$)という質問の得点結果に対し分散分析を行った結果、表示タイプの効果はそれぞれ 1% 水準で有意であった。Ryan 法を用いた多重比較によると、アバタ・顔画像の平均得点は提示なし・文字に対して有意に高い、あるいはその傾向が見られ、特に後者の質問に関しては顔画像の平均得点はアバタよりも有意に高かった。

5.3 実験結果-II

次に、表示タイプ: アバタ・顔画像、向き: あり・なしを因子とした 2 要因の分析を行い、カメラの向きをディスプレイ上で表現することの主効果が有意であるか検証する。図 7(右) は結果-I で述べたものと同じ質問の平均得点と標準偏差である。「カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした」という質問の得点結果に対して分散分析を行った結果、交互作用が有意であり ($F_{(1,10)}=9.167$, $p<0.05$)、向きの単純主効果は顔画像に対して 1% 水準で有意であった ($F_{(1,20)}=15.385$)。「カメラ利用者と話したいと感じられた」という質問の得点結果に

関しては表示タイプの主効果が5%水準で有意であり($F_{(1,10)}=7.111$), 向きの主効果も5%水準で有意であった($F_{(1,10)}=5.714$). 交互作用は有意でなかった. これにより, 顔画像の平均得点はアバタに対して有意に高く, 「向きあり」の平均得点は「向きなし」に対して有意に高いことが見出された.

5.4 考察

結果-I より, 情報を何も提示しない場合と比べ, アバタや顔画像を表示タイプとして用いることによって「カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがする」, 「カメラ利用者に話かけたくなる」という意識の生起を向上させることができたと言える. 特に, 顔画像は「カメラ利用者に話かけたくなる」という意識を生起させる点において, アバタよりも良好な結果をもたらした. これを裏付けるかのように, 実験に参加した被験者からは「顔画像のときはアバタに比べて話をしたいという感情が湧いた」, 「顔画像だと本人がそこにいる感じが, 用があって会いに来た感じがした」というコメントが得られた. アバタに関しては「親近感が湧く」一方で, 「本人に見られている気がしない」というコメントが多かった. アバタ自体は親しみがもてるデザインであるが, 本人と対応付けるのには多少の慣れが必要だと考えられる. また, 情報を何も提示しない場合と文字表示タイプの平均得点の間には, どの質問に対しても有意な差は見られなかった. このことから, カメラをモニタしているメンバの情報をメッセージのように淡泊に提示してもグループ間のコミュニケーションに影響を与えられないということがわかった.

結果-II より, 同じ表示タイプであってもカメラの向きを表現するタイプの方が, 「カメラ利用者に話かけたくなる」という意識の生起の向上に効果があることがわかった. これは「どこを見ているかわかる」ことによりカメラ利用者の意図が伝わってくる感じがすることと, カメラ利用者の視線に興味を湧くことが大きな理由だと考えられる. 被験者からは「向きがわかると, 何を見ているのか, 誰を見ているのか知りたくなるときがあった」というコメントが得られた. 実験中にも被験者が顔画像やアバタの視線の先を追うような仕草が何度か観測された. また, 特に顔画像は「カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがする」という意識の生起の向上にも良好な結果をもたらした.

「情報提示が煩わしく感じられることはなかった」, 「情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった」といった作業の障害に関する質問について, 「向きなし/あり」間で平均得点に有意な差はなかった. これにより, カメラの向きをディスプレイ上で表現することは個人作業に大きく影響を与えないと言える.

なお, 「カメラに見られるのが嫌だと思わなかった」, 「ライブカメラを監視カメラのように感じることはなかった」といったカメラに対する抵抗感・不安感に関する質問について, 情報を提示しない場合に比べ他の表示タイプの平均得点は高く, 被験者からも「緊張感はありませんでした」, 「安心感があった」という肯定的なコメントが得られた一方で, 今回の実験ではどちらの分析でも統計的に有意な効果を出すには至らなかった. これに関して被験者からは「(顔画像やアバタが)無表情なのが怖い」, 「目が合うと気まずい」というコメントがあり, これらの要因が表示タイプや向きの表現による効果を相殺してしまったと考えられる.

画面のレイアウトや配置等に関しては概ね好評であったが, アイドル時間の表現に関しては「フェードアウトのような表現で相対的に現在のカメラ操作者を特定させるのではなく, もっと絶対的に“操作中”という情報を付加してもよいのではないか」というコメントが多数得られた. 同様に「4人の顔や4体のアバタが同時に動くのは不自然だと思う」, 「画面が4分割されたときは見づらい」というコメントも多かった. これらの点に関しては検討が必要である.

6 議論と今後の課題

実験結果より, 本システムは離れた場所にいるグループメンバ間の一体感を向上させる効果があることが確認できた. これを離れた場所にいるお年寄りや子供を見守るという, 他のライブカメラの用途に応用することを考える. 現在でもこうした用途に対して音声対話が可能なライブカメラシステムは実用されているが, 本システムは「モニタしている」という行為をモニタされている側に気づかせることができ, さらに顔画像の表示によって安心感を与えることが可能である.

また, 本実験ではカメラに対する抵抗感・不安感の緩和に関して統計的に有意な効果を出すに至らなかったが, その原因の1つとして表情の伝達の欠如が指摘された. ライブカメラのモニタリングと表情を対応付けるのは困難だが, 1つのアプローチとして予め撮影しておいた「会釈」, 「手を振る」といった様子の動画を, ComeCamViewer上の操作(対応したボタンをクリックする)に応じて再生することを試みている. これにより顔画像に関してさらに親しみが湧く効果が期待でき, 「ディスプレイの顔画像に気づいてカメラに対して会釈をし, モニタする側がそれに対して会釈を返す」といった, ライブカメラをモニタする側・される側の簡単なインタラクションも実現できると考えている.

なお, 本研究における実験は通常の生活のコンテキストから切り離された環境で実施されたものであった. 例えばモニタする側の立場からシステムを評価するこ

とを行っておらず、座席配置やシチュエーション（部屋に1人／複数人である場合、作業が忙しい／忙しくない場合、親しい人／親しくない人がモニタしている場合、など）も考慮していない。今後はグループ間での長期間に渡るシステムの運用を実現したいと考えている。また、今回の実験では結果に大きく影響を与えることはなかったが、平面のディスプレイに顔画像などを表示している以上、モナリザ効果¹の影響も考慮していく必要があると考えられる。

7 関連研究

Hudson らの [6] によればアウェアネス（周りに誰がいて、何をしているか気づくこと）支援とプライバシーの保護はトレードオフの関係にあり、アウェアネス支援にライブカメラのような常時接続型のビデオ映像を用いる場合、この問題は特に顕著である。これに対し、前述した Hudson らはライブカメラ映像に対し Shadow-View というモザイクを応用した手法を用いることを提案した。同様に Tansuriyavong らはカメラ映像上の人物をシルエットで表現する手法 [5] や、人物を透明化する手法 [4] を提案した。これらの手法はカメラへのプライバシーの問題に対し「アウェアネスを保ちつつ、カメラ映像上の人物をいかに隠すか」という点に主眼が置かれており、「カメラをモニタしている側の情報を伝達する」という本研究とはアプローチが異なる。

同様に、アウェアネス情報の提供と個人作業の障害もトレードオフの関係にある。OpenMessenger[1] はグループメンバーの忙しさやアクティビティを取得できるインスタントメッセンジャーシステムで、自身の情報がどのように収集されているか気づくことができるという特徴がある。この特徴は本研究との関連も深い。OpenMessenger には情報取得を気付かせるための手法が煩わしいという評価があり、本研究はカメラをモニタしている側の情報を煩わしくない形で伝達している。

Ohno が [8] で提案したビデオ通信システムは本研究と同様に視線の伝達目的で顔画像を利用している。このシステムは対面環境のビデオ通信において双方が「ディスプレイ上のどこを見ているか」という情報を共有することができるシステムであり、本研究はこの視線の共有をディスプレイから部屋全体に拡張したものと言える。視線の共有に関連して、ユーザの視線動作に反応してユーザとアイコンタクトや共同注視を行うぬいぐるみ型ロボット：GazeCoppet[7] がある。これは他者がどこを見ているか気づくこと、あるいは両者が同じものを見てさらに両者がその状況を認識することはコミュニケーションを誘発する効果があるという、本研究と同じコンセプトのもとに設計されている。

¹ダヴィンチの絵画：モナリザの前を通ったとき、どこから見ても彼女に見つめられているように感じるという効果。

また、本研究で提案した注視情報伝達手法は直接的な対話を支援するわけではないが、その前段階の「コミュニケーションを成立させるためのコミュニケーション」として機能する点において、Morikawa らが [3] で提唱した“Soft Initiation”の一種だと考えられる。

8 まとめ

本研究ではグループ間で用いられるライブカメラのモニタリングを拡張し、「誰が、何をみているか」という通常では伝わらないモニタする側のメンバーの存在・行動を、モニタされる側のメンバーが気づくことができるライブカメラシステム：ComeCam-II を開発した。さらに ComeCam-II を用いた実験を実施し、その結果より本システムは特にグループ間のコミュニケーションに関する意識を向上させる効果があることを確認した。

参考文献

- [1] J. P. Birnholtz, C. Gutwin, G. Ramos, M. Watson: OpenMessenger: Gradual Initiation of Interaction for Distributed Workgroups, *Proceedings of the 21th annual SIGCHI Conference on Human factors in computing systems (CHI'08)*, pp.1661-1664 (2008).
- [2] J. Higuchi, S. Takahashi, J. Tanaka: ComeCam: A Communication Support System Between Both Ends of The Live Camera Connection, *Proceedings of the 3rd International Conference on Collaboration Technologies (CollabTech'07)*, pp.33-38 (2007)
- [3] O. Morikawa, J. Yamashita, Y. Fukui, S. Sato: Soft Initiation in HyperMirror-III, *Proceedings of the 11th IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT'01)*, pp.415-422 (2001).
- [4] S. Tansuriyavong, T. Suzuki, S. Chokchaitam, M. Iwahashi: Privacy Conscious Video Communication System Based on JPEG2000, *Proceedings of the International Workshop on Antenna Technology (iWAT'07)*, pp.50-55 (2007).
- [5] S. Tansuriyavong, S. Hanaki: Privacy Protection by Concealing Persons in Circumstantial Video Image, *Proceedings of the 2001 Workshops on Perceptual/Perceptive User Interfaces (PUI'01)*, pp.1-4 (2001).
- [6] S. E. Hudson, I. Smith: Techniques for Addressing Fundamental Privacy and Disruption Tradeoffs in Awareness Support System, *Proceedings of the 1996 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'96)*, pp.248-257 (1996).
- [7] 米澤 朋子, 山添 大丈, 内海 章, 安部 伸治: 視線検出環境による擬人的媒体の階層的視線コミュニケーション, 映像情報メディア学会技術報告, ME2007-83, AOT2007-64, pp.1-4 (2007).
- [8] T. Ohno: Weak Gaze Awareness in Video-Mediated Communication, *Extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI'05)*, pp1709-1712 (2005).