

筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

ライブカメラの注視情報を利用して
グループ間でのアウェアネスを支援する手法

樋口 潤

(コンピュータサイエンス専攻)

指導教員 田中 二郎

2009年3月

概要

本論文ではライブカメラの注視情報を利用し、分散環境にあるグループメンバー間のアウェアネスを支援するための手法について述べる。

「周りに誰がいて、誰と話し、何をしているか」という状況への気づき（アウェアネス）はグループ間の充実したインフォーマルコミュニケーションネットワークを構築する上で重要である。筆者らは以前、企業のオフィスや研究室などに設置されたライブカメラのモニタリングを拡張し、「誰が、どのように見ている」というカメラ利用者の注視情報をモニタされる側に伝達するアプローチを提案した。本研究ではこのライブカメラの注視情報の伝達に関し、モニタされる側の個人作業を阻害せず、さらにライブカメラを介してモニタする側・される側の両者にあたかも同じ部屋にいるかのような感覚を提供する新たな注視情報提示手法を提案する。提案手法ではカメラ利用者の注視情報をライブカメラが設置された部屋内の共用ディスプレイ上に表示する。この手法は押し付けがましくなく、モニタされる側のメンバはカメラ利用者と同じ部屋にいる場合と同様に、部屋のどこにいてもカメラ利用者の視線を“何となく”感じることができる。さらに、カメラ利用者の存在をより身近に感じることができるよう、キャラクターによるアバタやカメラ利用者の顔画像を用いたディスプレイへの表示タイプを考案し、これらをもとに ComeCam-II と呼ばれるアウェアネス支援のためのプロトタイプシステムを実装した。

アウェアネス支援を目的とした場合に、ライブカメラ利用者の注視情報をどのように提示すればよいか、という知見は未だ明らかになっていない。本研究では実装した ComeCam-II を利用し、ディスプレイへの注視情報の表示タイプによってモニタされる側のカメラに対する印象やコミュニケーションに対する意識がどのように変化するか、また表示タイプ間にどのような差が生じるか実験的に検討した。

目次

第1章 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.1.1 インフォーマルコミュニケーションとアウェアネスの重要性	1
1.1.2 アウェアネスを支援するツールとしてのライブカメラ	2
1.1.3 「一方的なコミュニケーション」問題と注視情報の伝達	3
1.2 研究の目的	4
1.3 研究の貢献	5
1.4 論文の構成	5
第2章 アウェアネス支援に関する先行研究	6
2.1 人の関わり合いの分類	6
2.2 インフォーマルコミュニケーション支援	8
2.3 アウェアネス支援の先行研究	9
2.3.1 周辺認知による情報の知覚	9
2.3.2 アウェアネス提供とプライバシー・作業阻害とのトレードオフ	10
第3章 分散環境におけるグループ間でのライブカメラ利用の現状	13
3.1 ライブカメラの利用目的と利用シーン	15
3.2 現行のライブカメラに対する不満	16
3.3 その他の特記事項	17
第4章 ライブカメラの注視情報提示手法	19
4.1 注視情報の伝達と従来の提示手法の問題点	19
4.1.1 ライブカメラの注視情報伝達	19
4.1.2 従来の注視情報提示手法とその問題点	21
4.2 共用ディスプレイを用いた注視情報提示手法の提案	23
4.2.1 提案手法の概要	23
4.2.2 表示タイプのバリエーション	25
第5章 プロトタイプシステム：ComeCam-IIの実装	32
5.1 システムの構成	32
5.2 ComeCamViewer	34
5.3 ComeCamServer	37

第 6 章	注視情報提示手法の評価と考察	39
6.1	実験の目的	39
6.2	実験の方法	40
6.3	実験環境	41
6.3.1	実験室と実験器具について	41
6.3.2	ComeCam-II のカスタマイズ	42
6.3.3	実験における各表示タイプの位置づけ	44
6.4	アンケートの質問項目	45
6.5	アンケート回答結果の分析と考察	49
6.5.1	分析 1-1: 提案手法を用いた注視情報の提示によるカメラの印象への影響の比較	49
6.5.2	分析 1-2: 提示手法自体の評価と比較	53
6.5.3	分析 2-1: 向き情報の表示によるカメラの印象・作業の阻害への影響の比較	56
6.5.4	分析 2-2: 提示手法自体の評価と比較（向きがわかる場合）	60
6.6	議論	62
第 7 章	結論	64
	謝辞	65
	参考文献	66
	付録 A: アンケート回答用紙・実験用資料	69
	付録 B: 実験における得点・分析の結果	79

図目次

1.1	研究室に設置された PTZ 機能をもつライブカメラが撮影した画像の例	3
2.1	人の関わり合いの階層化モデル	6
2.2	人の関わり合いのスペクトラム	7
3.1	視野固定型カメラと撮影した画像の例	14
3.2	本体駆動型 PTZ カメラと撮影した画像の例	14
3.3	広角レンズ型 PTZ カメラと撮影した画像の例	14
3.4	ライブカメラ利用の目的	15
3.5	ライブカメラへの不満	17
4.1	ライブカメラの注視情報の伝達	20
4.2	ComeCam における注視情報の提示手法	22
4.3	共用ディスプレイを用いたライブカメラの注視情報提示手法のイメージ	23
4.4	提案手法による同室感実現のイメージ	25
4.5	文字表示タイプ	26
4.6	アバタ表示タイプ	27
4.7	アバタの配置（左から順に 1 体, 2 体, 3 対, 4 体のとき）	27
4.8	顔画像表示タイプ（向きなし）	28
4.9	顔画像表示タイプ（向きあり）	29
4.10	顔画像の配置（左から順にアクセス数が 1 人, 2 人, 3 人, 4 人のとき）	29
4.11	カメラの向きを表現するために用意した顔画像の例	30
5.1	ComeCam-II のシステム構成	32
5.2	カメラ, ディスプレイ, スピーカーのセットアップ	34
5.3	ComeCamViewer のスナップショット（画像サイズ：352 × 240）	35
5.4	ComeCamViewer のスナップショット（画像サイズ：704x480）	36
5.5	表示タイプの切り替え用インタフェース	38
6.1	実験室の配置	41
6.2	実験環境におけるライブカメラが撮影した画像の例	42
6.3	実験用 ComeCamViewer	43
6.4	各表示タイプの位置づけ	45

6.5	実験中の様子を撮影した写真	48
6.6	「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点グラフ (1) . .	50
6.7	「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」の得点グラフ (1) . .	52
6.8	「B-1: 作業の阻害に関する質問」の得点グラフ (1)	53
6.9	「B-2a: 提示手法による違いを比較するための質問」の得点グラフ	55
6.10	「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点グラフ (2) . .	57
6.11	「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」の得点グラフ (2) . .	58
6.12	「B-1: 作業の阻害に関する質問」の得点グラフ (2)	60
6.13	「B-2b: 提示手法による違いを比較するための質問」の得点グラフ	61
6.14	カメラ利用者のアクションの再生 (“ 会釈をする ”, “ 手を振る ”)	63

表 目 次

2.1	フォーマルコミュニケーションとインフォーマルコミュニケーションの比較	8
4.1	カメラから取得したパラメータと表示する画像の向きの対応表	31
5.1	AXIS 214 PTZ と AXIS 212 PTZ の技術仕様	33
5.2	<i>parameter, value</i> と各種操作の対応	33
5.3	ComeCamViewer から送信されるクエリの詳細	37
5.4	ログイン認証用データベース (Member テーブル)	38
6.1	アンケートにおける質問項目の分類	46
6.2	表示タイプと実施する質問の対応表	46
6.3	アンケートにおける質問内容の一覧	47
6.4	「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点結果 (1)	50
6.5	「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」の得点結果 (1)	52
6.6	「B-1: 作業の阻害に関する質問」の得点結果 (1)	53
6.7	「B-2a: 提示手法による違いを比較するための質問」の得点結果	55
6.8	「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点結果 (2)	57
6.9	「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」の得点結果 (2)	58
6.10	「B-1: 作業の阻害に関する質問」の得点結果 (2)	60
6.11	「B-2b: 提示手法による違いを比較するための質問」の得点結果	61

第1章 序論

1.1 研究の背景

Alexander Graham Bell が 1876 年に電話機を開発して以来、人々のコミュニケーション手段は大きく変化している。その中でもインターネットが人々のコミュニケーション手段に与えた影響は大きく、個人間の通信のみならず、共同作業の場においてもコンピュータが重要な役割を果たすようになった。1980 年代後半からコンピュータによる協調作業支援、すなわち **CSCW (Computer-Supported Cooperative Work)** という研究分野が認知されるようになり、**グループウェア**というキーワードが頻繁に用いられるようになった。グループウェアとはグループワークを支援するために設計されたアプリケーション・システム群のことを指し、CSCW とはグループウェアなどの技術中心の側面と、それらの社会的影響を評価する社会学的な側面という 2 面性をもった概念、あるいは学術的研究分野のことである [1]。

1.1.1 インフォーマルコミュニケーションとアウェアネスの重要性

初期のグループウェアや CSCW 分野の研究の多くは、ビデオ会議システムに代表されるようなスケジュールや議題、参加者が既知である比較的フォーマルなコミュニケーションを分散環境で支援することを目的としていた。しかし一方で、発生するタイミングや話題、参加者が未定であるインフォーマルなコミュニケーションの重要性も指摘されている。例えば、我々は廊下や食堂、トイレなどで偶然出会った際に交わす何気ない会話を通して、お互いの理解を深めたり有益な情報を交換したりしている。こうした雑談などのインフォーマルなコミュニケーションは単に「人とのつながり」という心理的安らぎを与えるだけではなく、円滑な情報交換や会議で行われる重要な決定の下準備になるなど、フォーマルな業務に役立つことが多い。インフォーマルなコミュニケーションだけで共同作業が成功するわけではないが、共同作業を成功させるためにはインフォーマルなコミュニケーションは不可欠な要素である。つまり、組織内の職務活動を中心としたフォーマルな構造と、人間関係を中心としたインフォーマルな構造は調和的に存在しなくてはならない。しかしながら、近年では在宅勤務などのテレワークの環境の増大に加え、企業のオフィスや研究所のマルチサイト化も急速に進んでおり、業務とは直接関係のないインフォーマルな会話の機会が奪われているという事実がある。さらにビデオ会議システムなどに比べると、インフォーマルなコミュニケーションを支援するためのサービスは実用化されている例は少なく、一般的にはその重要性の認識も乏しい。インフォーマルコミュニケーションをサポートする通信システム充実を求める声は、今後さらに増大していくと考えられる。

インフォーマルコミュニケーションに関連して、**アウェアネス (Awareness)** という概念が議論されることがよくある。アウェアネスという言葉の意味は「気づき、意識、認識」であり、CSCW 分野ではこのアウェアネスに焦点を当てた研究が数多く行われてきた。これは Dourish らが指摘した「周りに誰がいて、誰と話し、何をしているか」という通常の対面環境では自然に伝わってくる情報が、分散環境では欠けているという認識から出発している [2]。コミュニケーションを行う際には相手の存在や行動に気づかなくはいけませんが、分散環境ではそうしたアウェアネスを維持することが困難であり、コンピュータによるサポートが必要になる。山下らはアウェアネスを支援する技術を「コンピュータを用いて他の人物（特に共同作業者）の存在・行動を認識させ、そこから生じるコミュニケーションを支援する技術」と捉えている [3]。どんなコミュニケーションを行う際にもアウェアネスは重要だが、特にインフォーマルコミュニケーションの場合は会話を開始していかどうか判断するため、相手がこちらを見ているか、今忙しいかといった様々な情報に気づくことが不可欠になってくる。

1.1.2 アウェアネスを支援するツールとしてのライブカメラ

本研究ではグループ間でのアウェアネスを支援するツールの 1 つとして、ライブカメラに着目する。近年ではインターネット技術の向上により Web カメラの普及も増加の兆しが見られるが、それらはビデオチャットや E メール添付用の動画撮影、ビデオ会議などに用いられることが多い。Web カメラを常時接続型として利用したのがいわゆるライブカメラであり、この場合は特に防犯対策の監視カメラとしてや、子供やペットのモニタリング、観光地などのライブ映像の配信、店舗の陳列商品の売れ行き・在庫把握などに利用されている。ネットワークに接続されたライブカメラの最大の特徴は、映像の閲覧をいつでも、どこからでも、特にフォーマルな目的がなくても気軽に行うことができ、さらに設置・運用が比較的容易に行える点が挙げられる。また、近年では単に画像を送信するだけではなく、様々な機能を持つカメラが開発されている。個々に IP アドレスを持ち Web サーバとして機能するものや、**PTZ (Pan Tilt Zoom, パン・チルト・ズーム)** のようなカメラコントロール・動作検出・音声通信・無線 LAN に対応といった高機能・多機能化が進んでおり、ライブカメラは今や多様なニーズに対応できるメディアツールとなった。

ライブカメラの利用用途の 1 つとして、遠隔地に分散した企業のオフィスや大学の研究室に設置する場合がある。図 1.1 は筆者が所属する大学の研究室で実際に運用されているライブカメラが撮影した映像のスナップショットである。こうしたライブカメラ設置環境下においては、ライブカメラは離れた場所にいるグループメンバが今何をしているか把握するために利用される。例えば図 1.1(左)を見れば部屋に誰がいて、何をしているかといった状況は一目でわかる。常時接続型のビデオ映像は、インスタントメッセンジャーなどのテキストベースのツールに比べ高品質のアウェアネスを提供すると言われており、分散環境におけるグループメンバのコミュニケーションを支援するためにライブカメラを利用するケースは増えてきている [4, 5, 6, 7]。さらに、前述したような PTZ 機能をもつカメラを利用することにより、カメラ 1 台で広い範囲をカバーすると同時に詳細な情報を取得することが可能である (図 1.1(右)、同図 (左) の点線領域に対して PTZ 処理を実施している)。



図 1.1: 研究室に設置された PTZ 機能をもつライブカメラが撮影した画像の例

本研究でライブカメラに着目した理由として、筆者が所属する研究室では分散環境において長期間に渡ってライブカメラを運用しているという点がある。研究室は異なる建物、あるいはフロアの 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おり、その中には図 1.1 のような PTZ 機能を持つライブカメラも運用されている。研究室に所属するメンバは、ライブカメラ映像で他のメンバの在室状況や忙しさなどを確認してから部屋を訪問したりチャットをしたりするといった具合に、直接的なコンタクトをとる前段階としてライブカメラを活用している。

1.1.3 「一方的なコミュニケーション」問題と注視情報の伝達

ライブカメラを設置することによって分散環境にあるグループメンバの Awareness 情報を取得することが可能になり、グループ間のコミュニケーションを支援することができた。しかし、現行のライブカメラの運用体制におけるそれは「一方的なコミュニケーション」であると言わざるを得ない。コミュニケーション自体がインタラクティブなものなので“一方的な”コミュニケーションという言葉は一見矛盾しているが、つまり「カメラ利用者だけが一方的に Awareness 情報を取得する」という状態のことを指している。カメラの被撮影者は自身がモニタされていることに気づくことができないし、逆にカメラ利用者が被撮影者の興味を引こうとしてもその意思が伝わることはない。また、被撮影者の立場からすると、直接見られる場合と異なりカメラに見られることに対して抵抗感を感じることがある。監視カメラのケースとは違い、カメラ利用者は気心知れたグループメンバのはずなのだが、「誰が見ているかわからない」という不安感は拭うことができない。

ライブカメラを介したグループメンバ間の関係性をよりインタラクティブなものにすることを目指し、筆者らは [8] において被撮影者に「今、誰が、どのようにカメラを見ている」という情報（以下、**注視情報**と呼ぶ）を伝達するというアプローチを提案した。これにより被撮影者はカメラ利用者の視線に気づくことができ、視線への気づきから両者の新たな交流を生起させることが可能となる。さらに、「誰が見ているかわからない」という被撮影者の不安感を解消することもできる。カメラ利用者の視線を被撮影者に伝達するため、我々はカメラの PTZ 機能に着目した。視野が限定されているカメラとは異なり、PTZ 機能を持つカメラでのモニタリングは「どこを見ている」、「誰を見ている」といったシチュエーションがより明

確になる．[8]ではカメラのパラメータから向きを算出し，あるメンバをモニタしていると判断した際，対象メンバに注視情報を伝達するようにしている．

前述したライブカメラの注視情報伝達の最大の特徴は，コミュニケーション支援ツールとしてのライブカメラの特徴はそのまま生かし，さらに本来取得することができないライブカメラの注視情報という「カメラ利用者側のアウェアネス情報」を伝達することによって，新たなコミュニケーションの生起やカメラへの抵抗感の緩和を試みた点である．しかし，その注視情報をどのように被撮影者に提示すればよいか，という点に関してはまだ検討が十分であるとは言えない．[8]で筆者らが構築したシステム：**ComeCam**においては送信された注視情報をモニタ対象メンバのPCのディスプレイ上にメッセージで表示していたが，この提示手法は押し付けがましく，メンバの個人作業を阻害するという新たな問題を引き起こしてしまった．注視情報伝達の理想形として，被撮影者が“自然に”カメラ利用者の視線を感じられるように注視情報を提示することが望ましいと考えられる．この“自然に”という言葉をもとに掘り下げると**同室感**というキーワードがあり，これは遠隔地にいる共同作業者とあたかも同じ部屋にいるような感覚のことを指す[9]．分散環境において同室間通信を実現することはCSCW研究分野の1つの目標であるが，ライブカメラを介してモニタする側・される側に同室感を提供するためにはライブカメラの注視情報をどのように提示すればよいか，先行研究を含めその知見は明らかになっていない．

1.2 研究の目的

本研究ではライブカメラの注視情報の伝達に関し，モニタされる側の個人作業を阻害せず，さらにライブカメラを介してモニタする側・される側の両者にあたかも同じ部屋にいるかのような感覚を提供する注視情報提示手法を提案する．ただし，注視情報の伝達はいくまで通常のライブカメラでのモニタリングがベースであり，いつでも，どこからでも，気軽に利用できるというライブカメラの特徴を損なわないように留意する．提案手法によってグループ間のアウェアネスを支援し，グループ間の充実したインフォーマルコミュニケーションネットワークを構築することが本研究の目的である．

本研究ではライブカメラの注視情報を，ライブカメラが設置された部屋内の共用ディスプレイに表示するという新たな提示手法を提案する．この手法によってモニタされる側のメンバは，カメラ利用者と同じ部屋にいる場合と同様に，部屋のどこにいてもカメラ利用者の視線を“何となく”感じることができる．さらに，従来のメッセージのみの注視情報提示手法と比べ，カメラ利用者をより身近に感じることができるよう，キャラクターによるアバターやカメラ利用者の顔画像を表示するような表示方法を考案し，これらをもとに**ComeCam-II**と呼ばれるアウェアネス支援のためのプロトタイプシステムを実装する．

先にも述べた通り，アウェアネス支援を目的とした場合に，ライブカメラ利用者の注視情報をどのように提示すればよいか，という知見は明らかになっていない．本研究では構築したシステムを用いて，共用ディスプレイへの注視情報の表示によって被撮影者のカメラに対する印象やコミュニケーション意識がどのように変化するか，また表示タイプ間にどのような差が生じるか実験的に検討する．

1.3 研究の貢献

共同作業において、インフォーマルコミュニケーションが不可欠であることは先に述べた。本研究はグループとしての一体感を醸成し、グループによる生産的な共同作業へ貢献する。また、本研究ではライブカメラの注視情報の伝達に関し、提案手法による個人作業、グループワークへの影響を実験的に明らかにする。これにより、グループメンバー間で利用するライブカメラの用途の拡張に関して新たな可能性を見出す。また、ライブカメラの注視情報を利用するという新しいアプローチによって、ライブカメラ設置に必ず付随するプライバシー問題への対策にも寄与する。

1.4 論文の構成

本論文は本章を含め7章構成であり、以下に各章の概要を示す。第2章では、まずコミュニケーション全般に関して概観し、その後本研究との関連を踏まえながらアウェアネス支援に関連する先行研究について詳しく説明していく。その中で、本研究の対象領域であるライブカメラを用いたアウェアネス支援の位置づけや、グループウェアを構築するための要件・設計指針などを明らかにしていく。第3章では、現行のグループメンバー間で利用されているライブカメラの現状について、アンケート調査やインタビューをもとに整理する。第4章では、注視情報の伝達ならびに従来の注視情報提示手法について説明し、それらを踏まえ、本研究の提案手法である共用ディスプレイを用いた注視情報提示手法について詳述する。第5章では、提案手法に基づき構築されたプロトタイプシステム：ComeCam-IIの実装について説明する。第6章では、提案手法を評価する実験の内容および結果の考察について述べる。第7章では、結論として本研究の総括と将来的展望について述べる。

第2章 アウェアネス支援に関する先行研究

1.1.1 節においてアウェアネスの重要性について述べたが、本研究の対象領域を明確にするため、本章ではまず人と人との関わり合いを分類しアウェアネスの位置づけを行う。その後、インフォーマルコミュニケーション支援、アウェアネス支援と掘り下げ、本研究が想定する対象領域との関連を踏まえながら先行研究を紹介していく。

2.1 人の関わり合いの分類

松下らは[3]において、人と人との関わり合いを「コラボレーション／コミュニケーション／アウェアネス／コプレゼンス（同じ場所に存在していること）」の4段階の階層的構造と捉えている（図 2.1）。

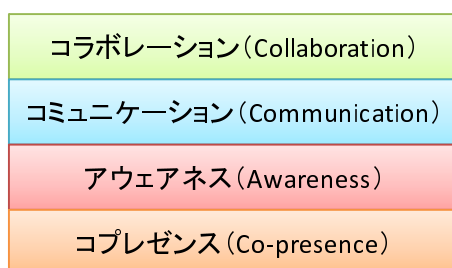


図 2.1: 人の関わり合いの階層化モデル

同じ場所でコミュニケーション（会話など）を行う場合、アウェアネスとコプレゼンスは前提条件であり、区別したり階層化したりする必要はなくこれらは一体化していると考えることができる。一方、ネットワークによりコミュニケーションを行おうとした場合に、これらの階層は区別して考えるべきである。例えば、ネットワークで2人を結ぶことによってコプレゼンス（物理的に同じ場所にいるわけではないので、厳密にはテレプレゼンス（Tele-presence）と呼ばれる）は自動的に形成されるが、アウェアネスは自動的に把握することができない。このように人と人との関わり合いを階層化することによって、コンピュータがサポートすべき領域を明確にすることができる。なお、ここでは道順を教えるなどの簡単な対話のことをコミュニケーションと呼び、政策調整会議のような価値創造プロセスのことをコラボレーションと呼んで区別している。[3]ではコミュニケーション、アウェアネス、コプレゼンスはコラボレーションを実現するための一種のインフラ、あるいはプラットフォームとして位置づけられている。

また、石井は [1] において、「計画性」の観点から人と人との関わり合いの分類を行っている。この分類によれば、コミュニケーションは計画的/目的的なものと無計画的なものに分けられる。コミュニケーションの計画的・フォーマルな方向へのスペクトラム（拡散）がコラボレーション（タスクを遂行するための目的的活動）であるのに対し、アウェアネスは無計画的・インフォーマルな方向へのスペクトラムであると位置づけられている（図 2.2）。

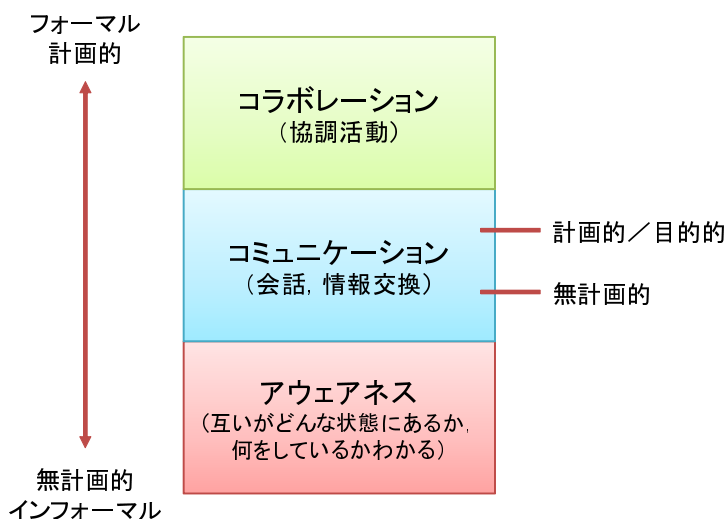


図 2.2: 人の関わり合いのスペクトラム

図 2.2 を一見すると、コラボレーションとアウェアネスは対極の位置にあるように見えるが、実際にはこれらはコミュニケーションを軸に調和的に存在している。例えば、グループメンバーの存在を近くに感じるというアウェアネスの維持は、グループ内のインフォーマルコミュニケーションによる情報共有を促進し、生産的なコラボレーションの機会を増やす役割を果たす。グループとしての一体感を醸成する意味でもアウェアネスは重要である。

CSCW はその名の通り協調作業（コラボレーション）支援を目的とした研究分野だが、これまで見てきたようにアウェアネスの維持はコミュニケーションの生起を促し、さらにコラボレーションに発展させるための前提条件となっている。つまり、アウェアネスはコラボレーション成功のためには不可欠なのである。従来のビデオ通信サービスはビデオ会議システムに代表されるように、計画的/目的的コミュニケーションを中心に開発が進められてきた。本研究ではアウェアネス、ならびに無計画的でインフォーマルなコミュニケーションの支援を対象領域とする。特にライブカメラの注視情報を利用し、具体的なコミュニケーションが始まる以前の状態からコミュニケーションが始まるまでのスムーズな流れを支援すること、言い換えるならば、同じ部屋にいるならば当然発生するであろうコミュニケーションの生起を分散環境で実現することを目指す。

2.2 インフォーマルコミュニケーション支援

コミュニケーションは大きく分類すると、フォーマルなものインフォーマルなものに区別される。インフォーマルコミュニケーションは発生するタイミングや話題、参加者などが事前に決まっておらず、それぞれが偶発性をもつことが特徴である。しかし、こうした何気ない雑談や廊下等ですれ違ったときに交わした会話が、フォーマルな業務の下準備になったり、本質的に重要な役割を果たしたりすることがある。フォーマルコミュニケーションとインフォーマルコミュニケーションとを比較したものを表 2.1 に示す。なお、この表は Fish らの分類 [11] をもとに [10] でまとめられたものを引用している。

表 2.1: フォーマルコミュニケーションとインフォーマルコミュニケーションの比較

	フォーマル	インフォーマル
スケジュール	事前に決定	予定なし
参加者	事前に決定	予定なし
議事	事前に決定	予定なし
発言の方向	一方的	対話的
話の内容	貧弱	豊富
言葉	文語的	口語的

VideoWindow[11] はインフォーマルコミュニケーションの重要性に着目し、大型のスクリーンに遠隔地の様子を等身大で表示することによって偶発的な対話の支援を実現しようとしたシステムである。分散拠点の映像は大型スクリーンに 24 時間投影され、さらに双方向音声リンクも常に稼働させている。なお、この論文の中でインフォーマルコミュニケーションを促進する要素として以下の 4 つが挙げられている。

A concentration of suitable partners ネットワーク接続されたシステムは物理的に人を集めるのよりも容易にアクセスすることができるが、大勢がアクセスできるからといって必ずしも適切な会話ができるとは限らず、インフォーマルコミュニケーションを支援するシステムは適切な人々によってアクセスされる必要がある

Co-presense インフォーマルコミュニケーションを起こりやすくするためには、話し相手が近くにいるような環境を作る必要がある

Low personal cost 現実空間における雑談などを始める労力は小さく、インフォーマルコミュニケーションシステムにおいてもアクセスしたり、相手とコンタクトをとったりするために必要な労力は小さくなくてはならない

Visual channel インフォーマルコミュニケーションを促すためには視覚的情報は重要である（周辺に誰がいるか、話しかけてもよいかといった状態を判断するための材料となる）

2.3 アウェアネス支援の先行研究

1.1.1 節で紹介したアウェアネス研究の先駆けである Dourish らは、[2]において分散したオフィスやメンバの居室のスナップショットをいつでも閲覧できるシステム Portholes を開発した。Portholes は何秒か毎にキャプチャした映像を低解像度の静止画として送り合い、それらを一覧表示するインタフェースを提供する。このシステムの特徴は 24 時間いつでも複数のグループメンバの行動が把握可能である点と、カメラが取得したリアルタイムな画像を利用している点である。しかし、Portholes は常時表示しておくにはデスクトップ上を占有する面積が大きく（プロトタイプは $3 \times 5 = 15$ 枚のスナップショットを同時に表示する）、カメラは固定式で送信するのは静止画とはいえ、常時自分の様子が撮影されることに関するプライバシー上の問題も発生した。

アウェアネス提供は必ずしも実空間において実現されとは限らない。例えば、Valentine[12]は 3DCG で構築された仮想的な多部屋オフィスビューを在宅勤務者に提供し、あたかも同じ部屋で勤務しているかのような感覚を提供するシステムである。オフィスビュー上では、出勤したメンバの入退室や椅子を動かす様子などをアバタのアニメーションで表現している。Valentine は実際に職場にいる雰囲気や緊張感（インフォーマルコミュニケーションのトリガとなりうる）を提供するために椅子やドア、雑音などの効果音を再生したりしている。

2.3.1 周辺認知による情報の知覚

「柔らかい呼びかけ」

会話を開始していいかどうか判断するため、相手がこちらを見ているか、今忙しいかといった情報への気づきが重要であることは述べた。人間は周囲の変化には敏感で、周辺視であってものかなりの精度で知覚することができる。実際には我々は相手の発話や表情といった明確な情報だけでなく、相手との距離、人と物との相対位置関係、微妙な空気の動きなどを感じながら対話を進めている。Morikawa らは [13, 14] においてこうした対話開始のきっかけとなる情報を「柔らかい呼びかけ (Soft Initiation)」と呼んでいる。柔らかい呼びかけとは相手に「呼びかけてもよい」と思わせる呼びかけのことであり、以下のような性質をもつ必要性がある。

- 柔らかく伝わる：積極的に情報を取得しようとしなくても、自然に知覚され、無意識に認識される
- 主作業の妨害にならず、意識の周辺で理解できる
- 柔らかく扱える：呼びかけに気づくことが必ずしも対話開始に発展しないし、無視しても対話相手に失礼にならない

本研究で用いる注視情報の伝達はこの柔らかい呼びかけの一種だと考えることができる。また、この柔らかい呼びかけのような「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」をメタコミュニケーションと呼ぶが、Morikawa らは多くの対話型システムにおいて対話中のメタコミュニケーション（アイコンタクトや雰囲気の伝達等）は考慮されているが、対話開始に関するメタコミュニケーションはあまり考慮されていないと主張している。つまり、ビデオ対話システムは共同作業をするという目的での対話は可能であるが、それらは対話をするという明確な目的があって使用されることが仮定されており、その前提条件を満たさないような対話には適していない。本研究における注視情報の伝達は直接的な対話を支援するわけではないが、直接的な対話の前段階として、つまり対話開始前のメタコミュニケーションとして機能すると考えられる。

なお[14]では柔らかい呼びかけを実現するため、HyperMirror（遠隔地にいる人をあたかも同じ場所にいるかのように重ね合わせた映像を提供するビデオ対話システム[15]）画面上で人物交差が発生した際に触力覚信号（バイブレーション）を送信する手法を提案した。

注視情報や視線アウェアネスを利用した研究

非言語（ノンバーバル）情報とは表情や視線、ジェスチャなどで表現される情報のことである。全ての通信において表情や視線が必要となるわけではないが、コミュニケーションを行う上で非言語情報は相手の気持ちを理解するのを助ける役割をもつ。特にアウェアネスに関する研究分野においては他者の視線への気づき（Gaze Awareness）は重要視されており、本研究との関連も深い。

米澤らは[16]において、視線を介したコミュニケーションにも段階的な関係性をもった構造があると主張し、階層的視線コミュニケーションモデルを提案した。これによれば、一方が他方の注視対象に興味を示す、あるいは偶然であれ両者が同一のものを見るという共同注視が生じると、両者はお互いの関係を意識するようになる。そしてお互いに興味を持ち始め、相手とのコミュニケーションを意識するようになり、最終的に意識的なコミュニケーションが確立される。つまり、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させる効果があるということである。[16]ではユーザの視線動作に反応し、共同注視やアイコンタクトによるコミュニケーション誘発を行うぬいぐるみ型ロボット GazeCoppet を開発した。

本研究の対象領域と少し外れるが、Ishii らによる ClearBoard[17] はガラス板を挟んで対話しているかのように離れた場所にいる人との通信を可能にしたビデオ対話システムで、特にアイコンタクトやオブジェクトに対する両者の共同注視を可能にすることにより、対面コミュニケーションのような自然な発話を実現している。

2.3.2 アウェアネス提供とプライバシー・作業阻害とのトレードオフ

[4]によれば、一般にアウェアネス支援を目的としたグループウェアは、プライバシーと作業の阻害という2つのトレードオフ問題を抱えている。つまり、アウェアネス情報を送信すればするほどプライバシーは保護されず、アウェアネス情報を受信すればするほど自身の作業が阻害されるという問題である。

アウェアネス情報の流出と制御

ライブカメラは有益なアウェアネス情報を提供するが、ライブカメラのように常時接続型のビデオ映像を用いる場合にはアウェアネスとプライバシーのトレードオフは特に顕著な問題である。前述した Hudson らは [4] において Shadow-View という手法を提案した。これは基本は静止画で、動画に関してはモザイクをかける。ただし、動きが新しくなるにつれて色が明るくなるという工夫をしている。[5] ではやはりモザイクやぼかしといったマスク手法を用いており、[6] はメンバの領域をシルエットで表現する手法を提案している。また、[7] はカメラへの距離に応じて人物を徐々に透明化する手法を提案している。筆者らが開発した ComeCam では、カメラの PTZ 機能に対応したマスク手法として仮想的な 3D オブジェクトを利用する手法を採用している [8]。この 3D オブジェクトはマスクでありながらシステムユーザ固有のアバタとして機能し、さらに [18, 19] ではマスク機能とエフェクトによるユーザのアクティビティ強調を両立する手法を提案した。

OpenMessenger[20] は対面式のインタラクションは段階的なプロセスを経て実行されることに着目し、それらをインスタントメッセンジャーに適用したシステムである。OpenMessenger ではグループメンバの情報が取得できるウィンドウがあり、そこでは忙しさ、アクティビティ、スクリーンショットの取得、チャットの開始といった具合に情報の取得やコミュニケーションが段階的に実施される。特筆すべきは、グループメンバは自身の情報が他者にどのように収集されているか気づくことができる点と、それら情報へのアクセスに許可を与えることができる点である。

このようにアウェアネス支援においては自身の情報の流出を自身が把握でき、さらにそれを制御できる必要がある。ただし、OpenMessenger では情報取得の許可をとる毎に音声を通知するので、煩わしいという評価があった。本研究では自身がどのようにカメラに撮影されているか気づくことができるが、その状況を煩わしくない方法で被撮影者に通知することを目指す。

過度のアウェアネス情報提供の抑制

アウェアネス支援において作業の阻害の観点から考えると、全ての情報を提供することが必ずしも良いとは限らない。また実際に対面環境においても他者の情報は明示的に伝わってくるわけではなく、我々は周辺視などを利用してそれらの情報を“何となく”知覚している。アウェアネス支援を目的とした研究においては、実環境のように他者や周辺の情報を押し付けがましくない形態で伝達する試みが行われている。

先に紹介した Valentine では「キーボードやマウスの利用頻度」、「椅子を回転する頻度」から作業への集中度を算出し、作業に集中しているときはオフィスビューの周辺をぼやかして過度のアウェアネス提供をシャットアウトするなどの工夫をしている。

アンビエントディスプレイとは、特に注意を払わずとも様々な情報を常時“何となく”感じていられるようにする情報提示装置である。つまり存在を感じさせない、生活空間に溶け込んだ形のユビキタス時代のディスプレイであり、**タンジブルビット**（デジタルな情報に形を与えた、より実体感のあるインタフェース [21, 22]）との関連も深い。アンビエントディスプレイの代表例としては石井らによる Pinwheels[23] があり、これはネットワーク上の情報の流量を、部屋の天井付近に取り付けた風車の回転速度で提示している。アンビエントディスプレイをグループウェアに応用した例としては Nimio[24, 25] がある。Nimio は半透明のシリコンでできており、多様な形状や色をもつ。ある Nimio が動かされると、他のメンバがもつ Nimio の内部の LED が動きに合わせて点灯する。これにより離れた場所にいるメンバの Awareness 情報を把握することができ、グループメンバ間での一体感を強めることができる。他の例としては Cyber PK[26] がある。これは風鈴を模したタンジブルデバイスで、Weblog 上で起こるログイン・アウト、ファイルのアップロード、日々のアクティビティの蓄積量を振り子や LED の点滅で表現する。グループウェアに特化しているわけではないが、周辺的 Awareness を利用してグループ間の情報共有に応用する例も考案されている。

グループ間の Awareness 促進を目的として、グループメンバの存在や忙しさを共用ディスプレイ上に提示することを試みた研究がある。Tyman らは [27] でグループメンバの写真をディスプレイ上に表示し、各メンバのアクティビティ（キーボード入力）が発生してからの経過時間をグラフィカルなアニメーションで表現することを行った。この研究では写真の配置とアニメーションに対して幾つかのデザインを提案している。評価の結果、写真の縁が回転したり写真の色が徐々にグレースケールになるといったように、ある程度曖昧にプレゼンス情報を視覚化するタイプが好まれることがわかった。また、清水ら [28] は同じく部屋への在不在情報やキーボードの打鍵数、マウスの移動量といったアクティビティを共用ディスプレイに表示するシステムを提案しているが、特にプラネタリウムやキャラクターエージェントを用いてそれらを表現している。

共用ディスプレイに常時表示された情報は目につきやすい反面、直接的な表現は避けアンビエントに情報提示することが求められる。[28] が用いたプラネタリウムという表現は、メンバの作業情報を提示するとともにディスプレイ自体を環境に溶け込ませ、インテリアのように見せる工夫がされている。つまり、共用ディスプレイを用いた情報提示装置はアンビエントディスプレイの一種だと考えることができる。

第3章 分散環境におけるグループ間でのライブカメラ利用の現状

ライブカメラとは特定の場所に Web カメラを設置し、その映像や画像をリアルタイムで 24 時間配信し続けるサービス、あるいはシステムのことである。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。後者に関しては「世界の窓¹」のようにライブカメラ映像を配信しているホームページを集めたポータルサイトも存在している。その他にも離れた場所にいるペットや子供、お年寄りの様子の観察、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。

上記のような用途以外に、ライブカメラを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することがある。この環境は本研究の前提条件であるが、上記のライブカメラ利用用途とは明らかに異なるケースである。こうした環境下においてライブカメラはどのような目的で、具体的にどのようなシーンで利用されているのだろうか。また、利用するグループメンバーは現行のライブカメラに対してどのような不満を抱いているのだろうか。本章では、分散環境において実際にライブカメラを利用しているグループのメンバーに対して実施したアンケート調査やインタビューをもとに、ライブカメラの利用目的や具体的な利用シーン、ならびに問題点を明確にする。

アンケート調査ならびにインタビューは筆者が所属する大学の研究室の学生を対象に実施した。1.1.2 節でも述べたように、この研究室では分散環境において長期間に渡ってライブカメラを運用している。このライブカメラの映像は、Web ブラウザを介して 24 時間どこからでも閲覧することができる。なお、この研究室では以下の 3 タイプのネットワークカメラがライブカメラとして運用されている。

視野固定型カメラ 通常の視野が固定された、PTZ 機能を持たないタイプのカメラである。

本体駆動型 PTZ カメラ 本体が駆動することにより、広い視野をもつことを可能とした PTZ 機能付きカメラである。幅広い視野に加えズーム機能も高性能で、ある程度の大きさの部屋なら 1 台でカバーすることも可能である。ただし、カメラ自体が比較的大きいので設置に場所をとってしまうことと、カメラが駆動する毎にモーター音が生じることが欠点である。

¹世界の窓 <http://www.sekainomado.com/>

広角レンズ型 PTZ カメラ 魚眼レンズのような広角レンズを有したカメラで、撮影可能範囲を一画面で表示することが可能である。また PTZ 処理も可能だが、このタイプの PTZ 処理は画像中の特定の箇所を切り出すという擬似的なもので、カメラ本体は動かない。この特性上、ズーム倍率はあまり高くないがその処理スピードは速い。本体駆動型 PTZ カメラと比較するとカメラ本体がコンパクトである点、カメラ本体が動かないので外観からどこを向いているのか推定するのが不可能な点が特徴であると言える。

実際に運用されているカメラと、そのカメラが撮影した画像の例を図 3.1, 3.2, 3.3 にそれぞれ示す。本体駆動型 PTZ カメラと広角レンズ型 PTZ カメラに関しては、PTZ 処理を実行した例も図中に示す（点線領域に対して PTZ 処理を実行している）。

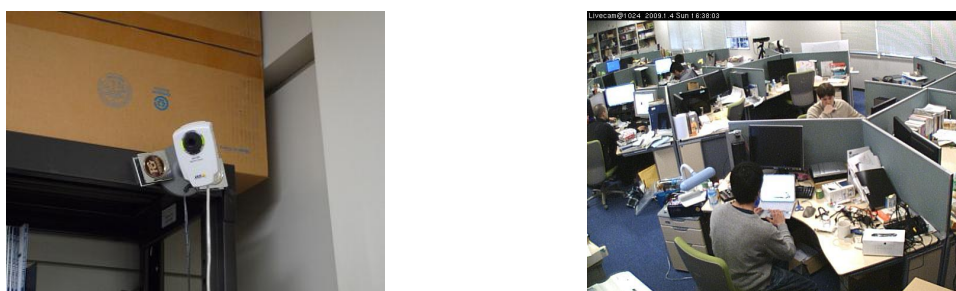


図 3.1: 視野固定型カメラと撮影した画像の例

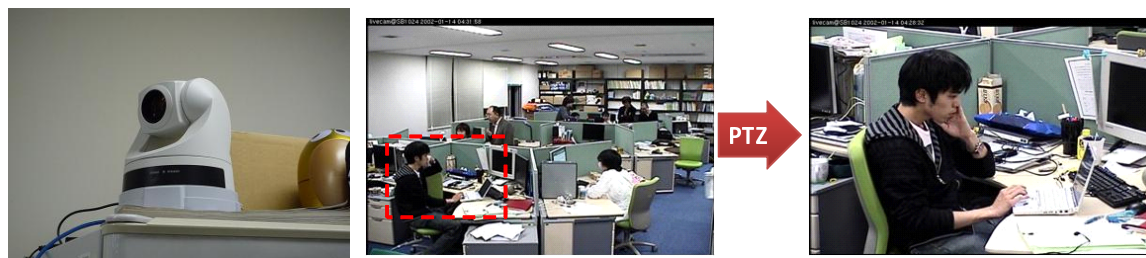


図 3.2: 本体駆動型 PTZ カメラと撮影した画像の例

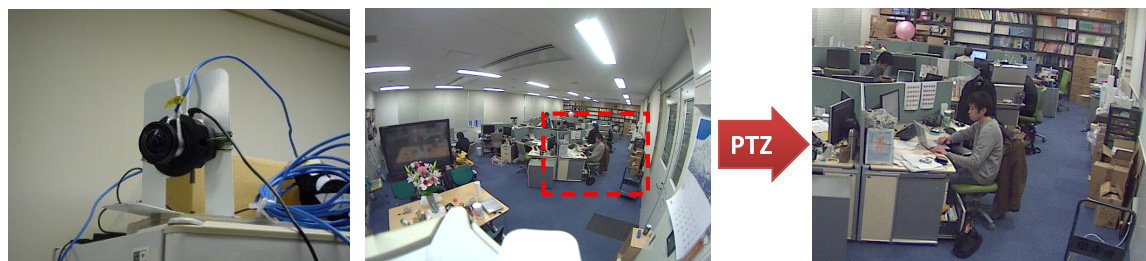


図 3.3: 広角レンズ型 PTZ カメラと撮影した画像の例

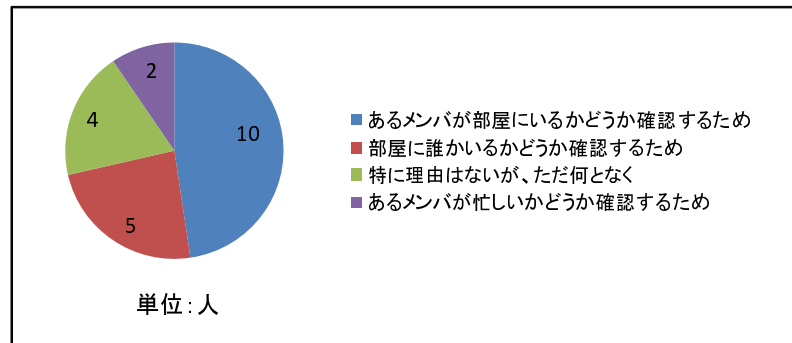


図 3.4: ライブカメラ利用の目的

アンケートではライブカメラの利用歴、利用頻度を記述してもらうとともに、ライブカメラの利用目的や不満を回答してもらった²。ライブカメラの利用目的は選択肢から複数選択が可能で、選択肢によってはさらに細かな利用シーンを自由記述形式で記述する。ライブカメラへの不満に関しては、まず不満があるかないかを選択し、不満がある場合にはその具体的な内容をやはり自由に記述する。今回のアンケート調査における回答者数は11であった。インタビューはアンケート回答者を対象に、回答事項をもとに追加的に実施した。

3.1 ライブカメラの利用目的と利用シーン

アンケートに回答されたライブカメラ利用目的の集計結果を図 3.4 に示す³。なお、今回のアンケート回答者の中で「ライブカメラを（一度も）利用したことはない」と回答したメンバは1人もいなかった。また、この質問における選択肢は複数選択が可能であるため、図 3.4 の総回答数はアンケート回答者数と一致していない。この結果から、大半のメンバは「あるメンバ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ことがわかった。さらに、その具体的な利用シーンをまとめると以下ようになった。

- 出かけ（食事、遊び）に誘いたいとき
- 直接話をしたいとき
- 荷物を運ぶ等、仕事を頼みたいとき（手伝いがいるかどうかの確認）
- 書類を渡しに行きたいとき
- 電話（内線）をかけたいとき

²実際に利用したアンケート用紙を本論文巻末の「付録 A」に掲載する。

³アンケート上には「部屋に誰がいるかどうか確認するため」という選択肢はない。しかし、アンケート上に該当する選択肢がない場合を選ぶ「その他」という項目を選んだメンバが5人おり、その具体的な内容がどれも「部屋に誰がいるかどうか確認するため」であった。

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。ライブカメラは映像を一目見るだけで、用事があるメンバがいるのかどうかを視覚的に容易に把握することができる。また、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考えられる。

また、「部屋に誰がいるのか確認するため」にライブカメラを利用すると答えたメンバも多かった。この場合の具体的な利用シーンとしては「研究室に行くかどうか迷っているとき（誰かがいたら行く、もしくは誰もいないタイミングを見計らって行きたい）」、「ゼミが終わったかどうか確認したいとき」などが挙げられた。ライブカメラの特徴として、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点があり、これらのケースはこの特徴を利用したものだと考えられる。

以上より、分散環境におけるライブカメラは直接的なコンタクトを行う前段階において、これらのコンタクトを行ってもいいかどうか判断するために利用されていることがわかった。つまり、ライブカメラはコミュニケーションのトリガとなるアウェアネスを支援するために利用されていると言える。また、ライブカメラのいつでも、どこからでも、気軽に映像を閲覧できるという特徴がその利用に拍車をかけていると考えられる。さらに、ライブカメラは特定の人物だけでなく部屋全体を対象とすることができ、部屋の雰囲気などの伝達を行うこともできる。なお特筆すべき事項として、今回のアンケートにおいて「誰かを監視するため」といった用途で利用していると答えたメンバは誰もいなかった。このことから、カメラを利用する側のメンバはライブカメラを監視カメラとは異なる存在として捉えていると言える。

3.2 現行のライブカメラに対する不満

一方で、アンケートにおける「現行のライブカメラに対して不満はあるか」という問いに対して、図 3.5 に示すように「ある」と答えたメンバは約半数であった。その具体的な内容をまとめると以下ようになる。

- 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
- カメラが動作する度に集中力が削がれる（本体駆動型カメラに対して）

結果より、ライブカメラは離れた場所にいるグループメンバ間のアウェアネスを支援する上で非常に有効なツールではあるが、それはあくまでカメラを利用する側の立場から考えた場合であり、カメラに見られる側の立場からするとライブカメラは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

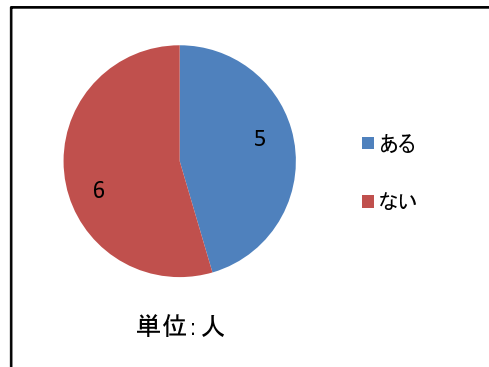


図 3.5: ライブカメラへの不満

れたグループのメンバ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」という状態は被撮影者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。アンケート回答後に実施したインタビューによると、「特に本体駆動型 PTZ カメラはカメラの外観から自分の方向を向いていることがはっきりとわかるので、さらに誰が見ているかわからない不安感が募る」というコメントもあった。また、普段カメラの存在をそこまで意識しないメンバであっても「自身の作業が切迫しているときや部屋で 1 人きりになったときは特にカメラの存在が意識され、集中力が削がれる」とコメントした。本体駆動型 PTZ カメラに関しては、動作するだけで苛立ちを感じ、カメラの前に物を置いてカメラの視界を遮ってしまう光景も日常の中で頻繁に目撃された⁴。

また、「誰に見られているかわからない点で不平等に感じる」というコメントも得られた。有益な情報をグループ内で共有するのは当たり前のことだが、ライブカメラのモニタリングは一方的にカメラ利用者がモニタされる側の情報を取得するという状態になっているのが現状で、その点に関して不満に思っているメンバも多かったようだ。

3.3 その他の特記事項

最後にライブカメラに関して、インタビュー結果を中心としたこれまでの区分には属さない特筆すべき事項について述べる。あるメンバはライブカメラ利用時に、自身がモニタしていることをモニタ対象者に気づいてほしい状況があると話した。その際、そのメンバは本体駆動型 PTZ カメラの首を盛んに動かしてアピールしたが、気付いてもらえることは少なかったようである。このように、カメラ利用者がモニタ対象者の気を引きたいと感じるケースは確かに存在する。ここで、相手の気を引きたいのであれば携帯電話や居室の内線、メール等を利用すればよいのではないかと、という議論があるかもしれない。しかし、このメンバの行

⁴これは筆者が研究室における日常生活の中で目撃した光景である。公式な計画や手順を踏んで行った観測ではないが、筆者はライブカメラ設置環境下で 2 年以上に渡って研究活動を行っているという点で、この目撃談は説得力があると考えられる。

動はライブカメラのモニタリングの過程で生じた欲求に起因するものであって、実際にはそこまでしてモニタ対象者の気を引きたいわけではないと考えられる。カメラ映像のモニタリングから離れた場所にいるメンバを身近に感じ、特別に用事があるうがなかろうが、今度は自分の存在に気付いてほしいと思うのは自然な流れだと言える。

また、あるメンバはカメラに見られることに関して抵抗感はなく、むしろちゃんと作業している姿を他のメンバにカメラを介して見てもらうことをモチベーションにしていると話した。したがって、カメラに「見られているかどうか分からない」という状況下においては、「自身の存在が皆にちゃんと伝わっていないのではないか」と危惧することがあるという。カメラに見られることに対して抵抗感を感じるというメンバが多い一方で、このように「むしろカメラに見てもらいたい」という要望は確かに存在し、そうしたケースにおいても「誰が見ているかわからない」という状況はメンバの不満を募らせていると言える。

ここで挙げたコメントは少数派であり、ライブカメラの特殊な利用の一例ではあるが、グループ間でのライブカメラ利用においては単純に「見る・見られる」の関係だけではなく、こうした利用シーンがあることも念頭に置かなければならない。

第4章 ライブカメラの注視情報提示手法

本章では、まず3章で述べたライブカメラの用途を拡張し、さらにライブカメラへの不満を解決するためのアプローチである注視情報の伝達について説明する。次に注視情報の伝達に関して、従来の注視情報提示手法とその問題点について述べ、最後にそれらを踏まえた本研究で提案する新たなライブカメラの注視情報提示手法について詳述する。

4.1 注視情報の伝達と従来の提示手法の問題点

4.1.1 ライブカメラの注視情報伝達

通常、ライブカメラは「誰が、いつから、どのように見ているのか」という注視情報を被撮影者に知らせない。本体駆動型 PTZ カメラを利用すればカメラの外観からどこを見ているのかは判断できるし、動作している瞬間を見れば「今、誰かがカメラにアクセスして、PTZ 操作をしている」という状況は理解できる。しかし、結局「誰が見ているのか」、「いつから見ていて、今は見ているのかどうか」はわからない。3.2 節で述べた通り、現行のライブカメラに対する不満の多くはこうした状況が原因となっている。筆者らは通常のライブカメラのモニタリングを拡張し、さらに被撮影者に「誰が、今、どのように見ている」という注視情報の伝達を行うアプローチを提案した [8]。

注視情報の伝達には、基本的に PTZ 機能をもつライブカメラを利用する。図 4.1 を用いて注視情報伝達の具体的な流れを説明する。まず部屋 A において、あるグループメンバ A が分散環境にある部屋 B を PTZ 機能付きのライブカメラでモニタしている。次に、メンバ A が PTZ 機能を用いて部屋 B にいるグループメンバ B をフォーカスする。このとき、メンバ B に対して「今、メンバ A があなたを見ていますよ」というメンバ A の注視情報を伝達する。これにより、メンバ B はメンバ A の視線に気づくことができる。

ライブカメラは離れた場所にいるグループメンバ間の Awareness を支援する上では有効なツールだが、ライブカメラによるモニタリングはカメラ利用者による一方的な情報取得であり、モニタされる側からすると不平等なものであった。注視情報の伝達の特徴は、本来取得することができない「誰が、どのように見ている」というライブカメラ利用者の視線を明示する点である。ライブカメラを監視カメラとして利用する場合、カメラ利用者の情報を被撮影者に知らせないのは当然である。しかし、本研究で想定してる企業のオフィスや研究室などのライブカメラ設置環境においては、3.1 節で述べたように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い。加えて、モニタをする側・される側はどちらも気心知れたグ

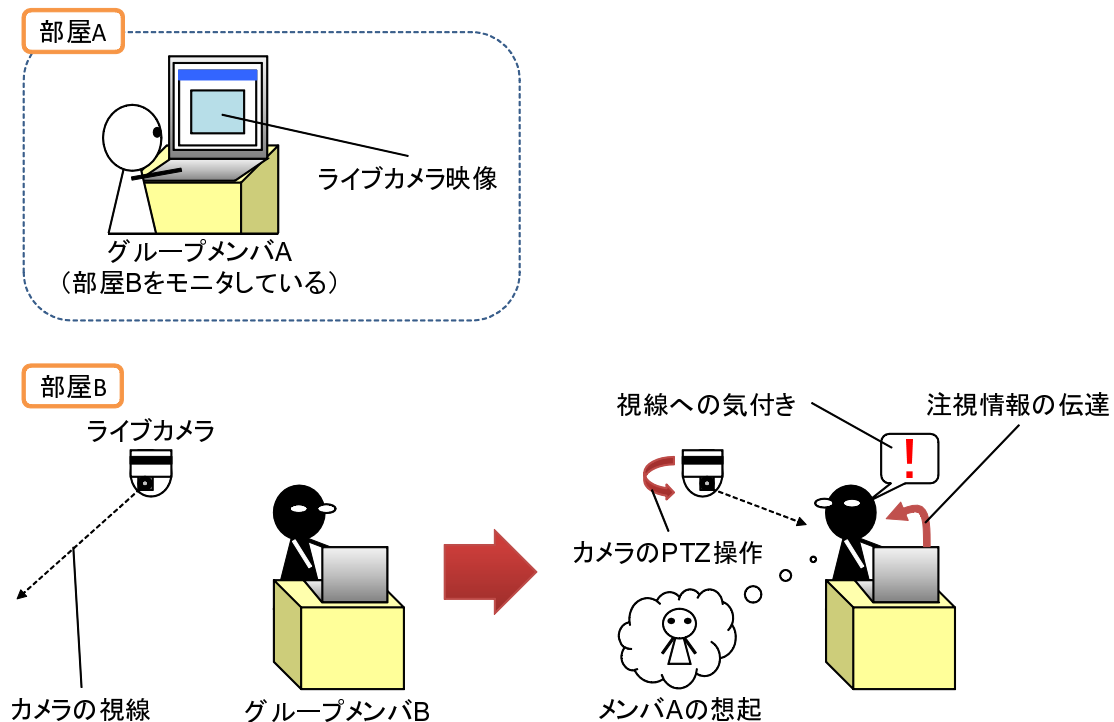


図 4.1: ライブカメラの注視情報の伝達

グループメンバーのほずであり、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おそらくない。むしろ、自身の存在を知らせることによって新たなコミュニケーションの機会の生起や、カメラへの抵抗感・不安感の緩和が実現できると考える。これらの点に関して、以降で詳しく説明する。

例えば、ある2人のグループメンバーA, Bが同じ部屋にいるのであれば、「メンバーAがメンバーBを見て、メンバーBがそれに気づいた」という状況は当然起こり得る。そして「あるメンバーの視線に気づいた」という状況はその後、会話のようなコミュニケーションに発展する可能性がある。「周りに誰がいて、何を見ているか」という状況への気づき（アウェアネス）はインフォーマルコミュニケーションのトリガとなり得る。注視情報の伝達は同じ部屋にいる場合に発生するグループメンバーの視線の認識を、ライブカメラのモニタリングの拡張として分散環境で実現したものであり、新たなコミュニケーションの機会を誘発する効果があると考えられる。さらにカメラ利用者の立場としても、注視情報の伝達を行うことによって意図的に被撮影者の気を引くことが可能である。

また、注視情報の伝達はライブカメラへの抵抗感・不安感を緩和する効果もある。ライブカメラが得体の知れないものを感じられ、カメラに対して身構えてしまうのは主に「誰が、いつから、どのように見ているのかわからない」からであり、言い換えれば「自身の情報が他者にどのように取得されているのかわからない」からである。したがって「誰が、今、どの

ように見ている」という状況さえ把握することができれば、ライブカメラの存在は部屋に突然やってきた来訪者と大差なくなると考えられる。

プライバシーに付随するライブカメラの抵抗感・不安感を緩和する手法としては、[4, 5, 6, 7]のように被撮影者の状況に応じてモザイクやぼかしを用いてモニタ領域をマスクする手法が多い。しかし、常時稼働形態であるライブカメラに対して、突発的に発生するであろう被撮影者のプライバシーを保護するために、モニタ領域を長時間に渡ってマスクしてしまうのは効果的でない。注視情報に気づいたメンバはその都度対応することが可能なので、注視情報の伝達はモニタ領域の制限をせずに被撮影者のプライバシー保護を行うアプローチの一つだと考えることができる。

4.1.2 従来の注視情報提示手法とその問題点

この注視情報の伝達を実現するため、[8]では ComeCam と呼ばれるシステムを構築した。ComeCam では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 PTZ パラメータからカメラの向きを算出し、予め登録してあるシステムユーザ¹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。あるユーザの方向を向いていると判断された場合、モニタリングの対象となっているユーザに対して注視情報を送信する。注視情報はユーザの PC のディスプレイ上にバルーンメッセージとして表示され、その内容は「カメラ操作者の名前」、「現在のカメラのズームレベル」を含んでいる（図 4.2）。さらに、バルーンメッセージが表示されると同時に効果音が再生される。効果音はズームレベルが高くなるにつれて、それを喚起するようなものが再生されるようになっている。しかし、この ComeCam における注視情報提示手法には下記のような問題点があった。

ユーザの作業領域が自身のデスクに限定される メッセージをカメラに見られているユーザのディスプレイに表示する都合上、ユーザが自身のデスクに着席し、PC を起動している状況でしか注視情報を取得することができない。居室における個人作業の大半は自身のデスク上で行われるとはいえ、居室を動き回ったり、コミュニティスペースで雑談や会議をしたり、PC を起動せず書籍等を読んだりする場面は少なくない。また、昨今では個人が複数のノート PC を携帯し、自身のデスク以外で作業するケースは多くなっているはずである。そうした場面に対し、ユーザ位置が固定的である従来手法は適切でない。

自身がフォーカスされたときにしか注視情報を取得できない メッセージが表示されるのは自身がカメラにフォーカスされたときのみであり、その場面以外でカメラがどこをどのように見ているのかは判別することができない。この状態は、カメラ利用者とモニタ対象ユーザ間の“視線の伝達しかできない”対面型通信に等しい。アウェアネスの観点からすれば、自身に限らず「周りにいる人がどこを見ているのか」という情報の知覚は重要である。従来の手法ではそうした情報取得に対応していないと言える。

¹ComeCam を運用しているグループのメンバのことであり、ここでは特にカメラが設置された部屋に在室していて、カメラに見られる側の立場になっているメンバのことを指す。

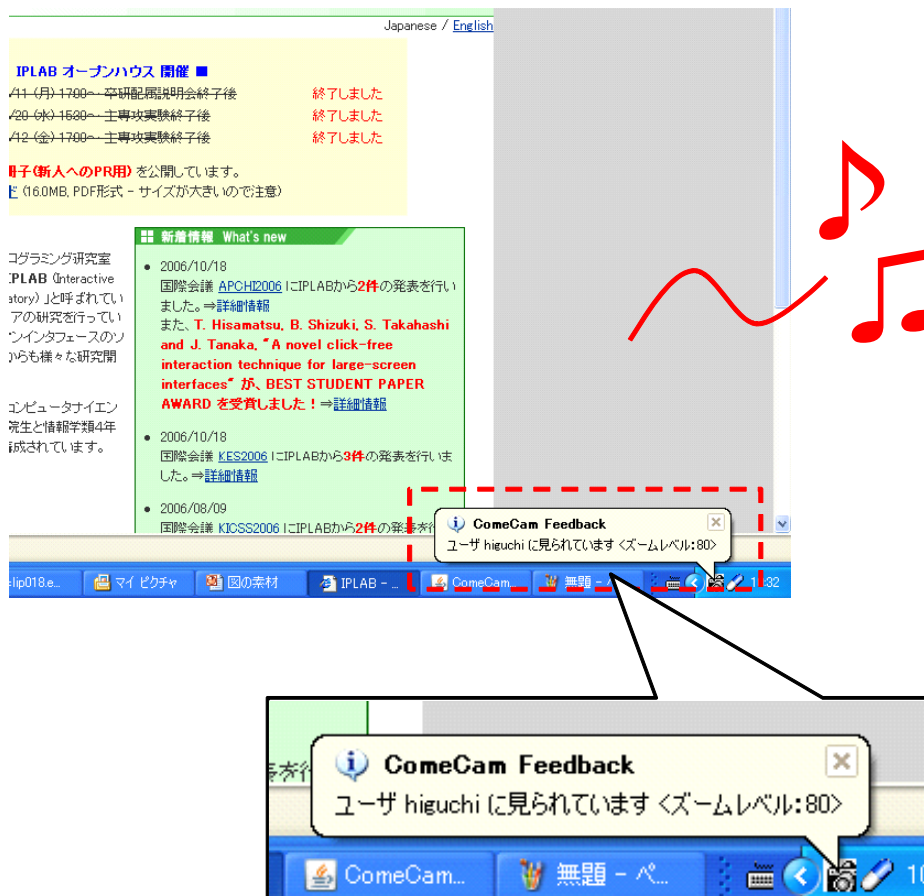


図 4.2: ComeCam における注視情報の提示手法

注視情報の提示が明示的すぎる 従来の手法では、フォーカスされる毎にモニタ対象ユーザのディスプレイ上にメッセージを表示し、効果音を再生している。しかし、頻繁にフォーカスされるとそれらの情報提示は煩わしく感じられ、ユーザが個人作業に集中できなくなってしまうことがあった。さらに、メッセージによる情報提示はあまりに明示的であり、モニタ対象ユーザに「視線を無視するのは失礼ではないか」、「何かリアクションを返さなくてはならないのではないか」という感情を抱かせてしまうことがあった。またカメラ利用者側の立場としても、フォーカスする度にメッセージを表示させてしまうことに対して気を使ってしまうことがあった。本来「見る・見られる」という関係は明示的ではなく、見られる側は見る側の視線を周辺視により“何となく”感じているはずである。

このように、ライブカメラの注視情報の提示手法に関してはまだ検討が十分であるとは言えない。本研究では従来の注視情報提示手法が抱える問題を解決し、ライブカメラをさらに有益なツールとして活用するための新たな注視情報提示手法を提案する。

4.2 共用ディスプレイを用いた注視情報提示手法の提案

4.2.1 提案手法の概要

本研究では，共用ディスプレイを用いてライブカメラの注視情報を提示するという新たな手法を提案する．図 4.3 にそのイメージ図を示す．本手法ではグループメンバが作業を行う居室に共用ディスプレイを設置する．そして，ライブカメラをそのディスプレイ付近に同じく設置する．遠隔地にいるグループメンバは通常通り Web ブラウザを通してライブカメラ映像をモニタリングするが，そのメンバの注視情報を共用ディスプレイ上に表示する．表示された情報はカメラ操作やカメラへのアクセス状況に応じて随時更新される．以降は本手法で用いられる各機能に関して詳しく説明していく．

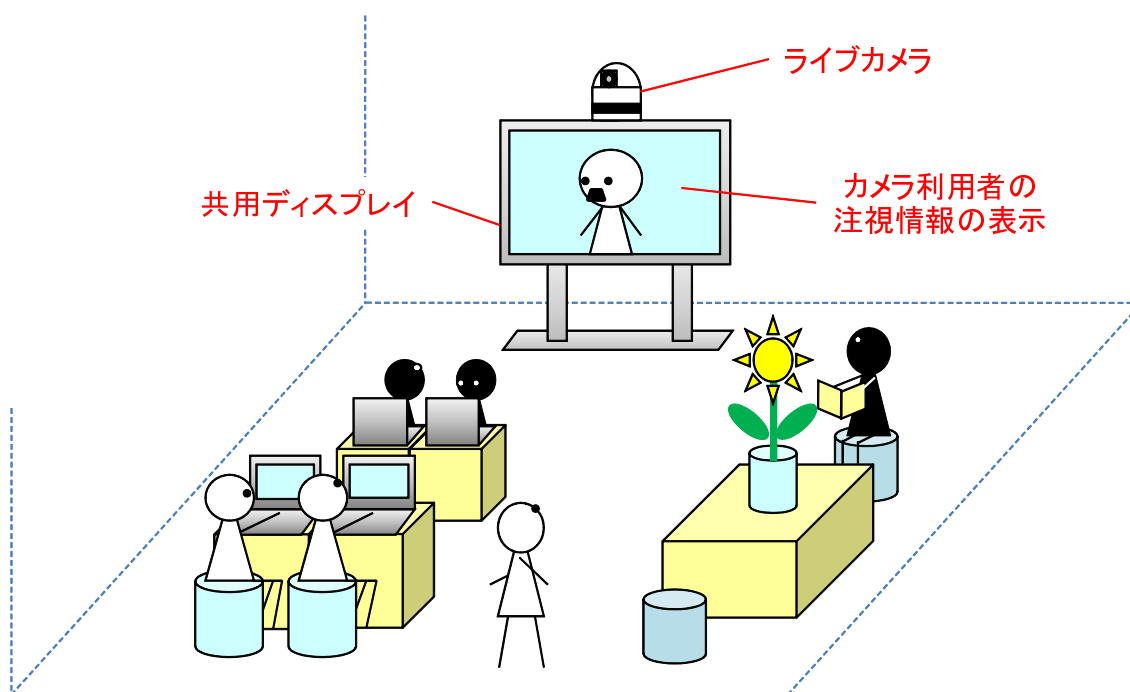


図 4.3: 共用ディスプレイを用いたライブカメラの注視情報提示手法のイメージ

注視情報の表示 ディスプレイに表示する注視情報は，従来手法と同様にカメラにアクセスしているメンバを特定する情報（名前など），カメラから取得した現在のズームレベルを基本とする．これらの情報を表示するディスプレイに対し，外観から向きが推定できる本体駆動型 PTZ カメラを併設することにより，ライブカメラのモニタリングに関わるほぼ全ての状況を把握することが可能となる．本手法ではさらに，カメラから取得したパン・チルトパラメータを用いて算出したカメラの向き情報（カメラ利用者がどこを見ているか，という情報）を表示することも検討する．これに関しては 4.2.2 節にて述べ

る。また、それぞれの情報の表示方法として今回は文字、キャラクターによるアバタ、カメラ利用者の顔画像を用いたものを考案した。これらについても同じく 4.2.2 節にて詳述する。

複数メンバのアクセスへの対応、アイドル時間に応じた表示の変更 本手法はカメラに複数のメンバがアクセスする状況にも対応し、現在カメラにアクセスしている全てのメンバの情報を提示する。アクセスしているメンバが複数であってもカメラは1つであり、それぞれが見ている映像は同じものである。したがってディスプレイに表示する注視情報のうち、ズームレベルとカメラの向き情報は全メンバで共通である。一方で、メンバ固有の情報としてカメラを操作してからの経過時間（アイドル時間）がある。本手法ではこのアイドル時間に応じてメンバ毎に情報表示の仕方を変更するようにする。具体的にはアイドル時間が増加するにつれて、これまで表示されていた各メンバの情報を暗く、フェードアウトするように表現する。これによって、複数のメンバ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」という状況は把握することができる。また、ブラウザを起動してカメラにアクセスし、その後ほとんど操作を行わずにブラウザをそのままの状態にしておくことは考えられ、この表現はそうした状態の判断も可能にする。

ログイン・アウトに応じた効果音の再生 また、本手法においてはメンバがカメラにログインした際にノック音とドアを開ける音を、カメラからログアウトする際にドアを閉める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、「いつから見ていないかわからない」という問題に対処することができる。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、カメラ利用者との同室感を強める効果も期待できる。

従来の注視情報提示手法では自身のデスクで PC を起動した状態で、かつ自身がフォーカスされた状態でないと注視情報を取得することができなかった。本手法では部屋に設置された共用ディスプレイ上に注視情報を表示することにより、自身のデスクや PC に依存せずカメラ利用者の注視情報を視覚的に認識することができる。つまりいつでも、部屋のどこにいても、何をしていてもカメラ利用者の視線を感じるということが可能になると言える。これにより、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、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（共同注視）が可能となり、カメラ利用者の意図を感じることができるようになると考えられる。

また、従来の提示手法は個人のディスプレイ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、本手法ではカメラ利用者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、作業上不要な情報は意識に上ることもないため、従来手法と比べて個人作業の阻害にならないと考えられる。さらに、周辺視により認識された視線は個人のディスプレイ上に表示されたメッセージと違って“柔らかく”扱うことができる [14]。つまり、本手法により提示された情報に対しては無視しても失礼に当たらないと言える。

前述したように、本手法によるカメラ利用者の視線の認識は同じ部屋にいる人の視線の認識に近いと考えられる。同様にカメラへのログイン・アウトは、ドアの開閉音の再生により実際に部屋に誰かが入ってきたという状況の認識に近い。ここで、本手法ではディスプレイとカメラをまとめて部屋の来訪者のメタファとして見なすことができるのではないかと考える（イメージを図 4.4 に示す）。この場合、カメラにアクセスして部屋をモニタリングするという行為は部屋を来訪してあちこちを眺めまわす行為と対応付けられる。以上より、本手法はライブカメラを介し、部分的ではあるが同室感通信を実現するものだと考えられる。

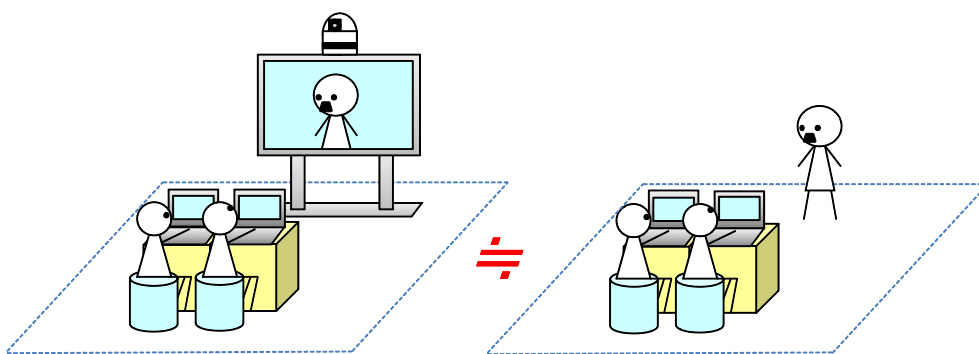


図 4.4: 提案手法による同室感実現のイメージ

4.2.2 表示タイプのバリエーション

共用ディスプレイを用いてライブカメラの注視情報を提示するにはどのような表現が適切であるか、その知見はこれまでに明らかになっていない。ディスプレイ上の注視情報の表現方法は、提案手法のコンセプトを生かす上で大きなウエイトを占められると思われる。本研究では、提案手法におけるカメラ利用者の注視情報の表示タイプに関して幾つかのバリエーションを設計した。以下にその詳細を記述する。

文字表示タイプ

図 4.5(a) に示すように、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現在の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ようになっており（図 4.5(b)）、操作を行ってからどれだけ時間が経過したかがわかるようになっている。したがって、現在のカメラ操作を誰がしたかは他のメンバ名の色と比較することによって相対的に把握できる。なお、初期状態ならびに誰もカメラにアクセスしていないときは、メンバ名の代わりに“none”という文字が表示される。メンバがカメラにアクセスする毎にその名前を順に追加表示していき、カメラからログアウトしたときはその名前を除去する。

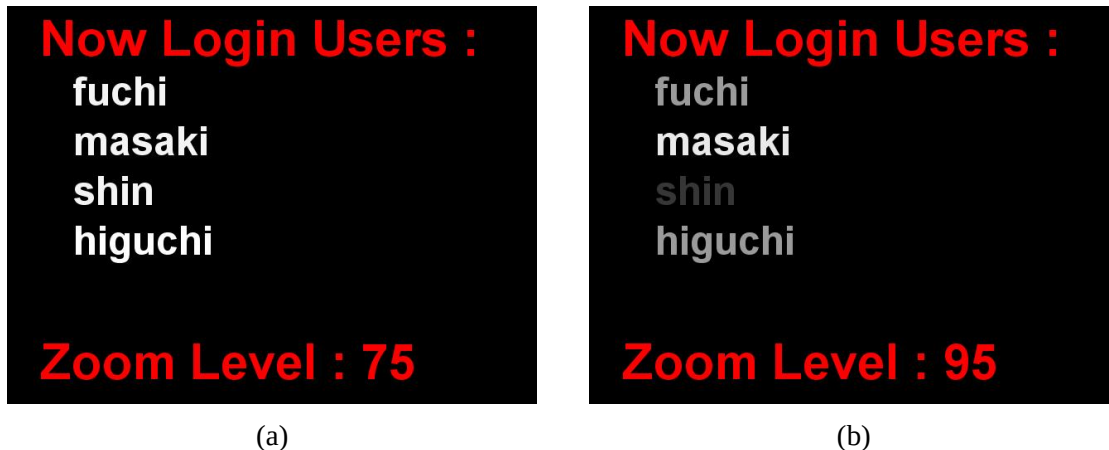


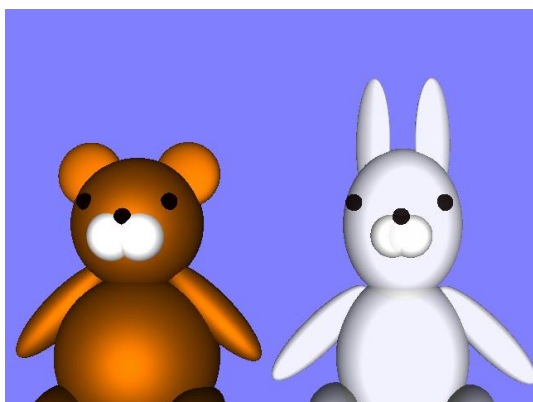
図 4.5: 文字表示タイプ

文字表示タイプはカメラ利用者の名前とズームレベルという必要最低限の情報を文字というシンプルな表現で提示するタイプであり、他の表示タイプに比べて最も被撮影者の意識を奪わないと考えられる。また、文字表示タイプは「どこを見ている」というカメラの向き情報の提示をすることができないが、ライブカメラとして外観から向きがわかる本体駆動型 PTZ カメラを利用することでこの欠点はカバーされる。

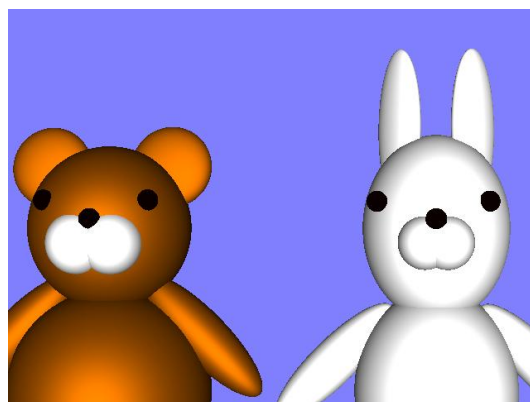
アバタ表示タイプ（向きなし／あり）

図 4.6(a) に示すような、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。アバタは仮想的な 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あり、各メンバはそれぞれ固有のアバタをもつ。したがって、アバタのキャラクターによりカメラ利用者を特定することが可能である。アバタはカメラのズームレベルに応じてアップになっていくという、あたかもモニタされている側のメンバの方へ近づいて見ているような表現を行っている（図 4.6(b)）。アイドル時間の表現として、時間が経つにつれてアバタは徐々に透明になっていく（図 4.6(c)）。また、今回はアクセス数に応じて最大 4 体までアバタを同時に表示することが可能で、アクセス数に応じたアバタの配置は図 4.7 に示すように設定した。

アバタは基本的に正面向きであり、カメラがどこを向いているかは考慮しない。この点は文字表示タイプと同様に、本体駆動型 PTZ カメラを併用することでカバーすることができるが、一方で今回アバタとして利用したようなキャラクターは顔と体の向きからどこを向いているか表現することが可能である。そこで、アバタ自身がカメラの向きを表現するようなバリエーションも試作した。このタイプではカメラの向きをパン・チルトパラメータから特定し、カメラが現在フォーカスしている領域を向くようにアバタの顔と体の方向を変えるようになっている（図 4.6(d)）。アバタは 3D オブジェクトによって構成されているので、より細かな向きの表現（0.1° 単位以下）が可能な点が特徴である。この表現により、広角レンズ型



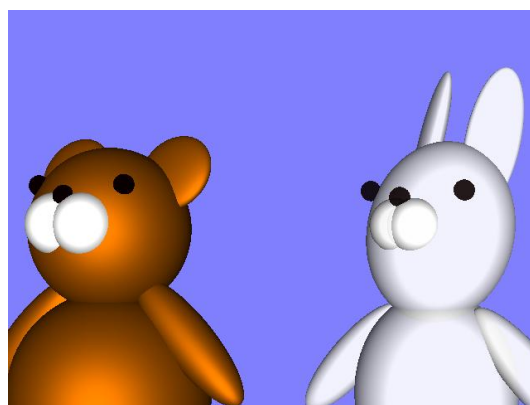
(a)



(b)



(c)



(d)

図 4.6: アバタ表示タイプ

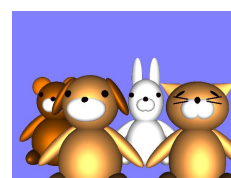
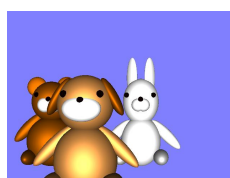
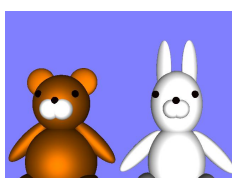
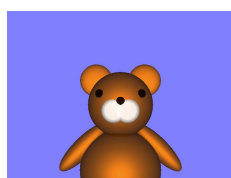


図 4.7: アバタの配置（左から順に 1 体, 2 体, 3 対, 4 体のとき）

PTZ カメラのようなタイプのカメラを利用する場合においてもカメラ利用者がどこを向いているか把握することができる。また本体駆動型 PTZ カメラを利用する場合においても、どの方向を見ているかよりわかりやすくしたり、無機質にカメラが動く場合とは違った印象を被撮影者にもたらしたりする効果が期待できる。一方で、この付加的な情報の表現により被撮影者の個人作業を阻害してしまうのではないかという懸念も生じる。この「どこを見ているか」というカメラの向き情報の表現がもたらす影響に関しては6章で実験的に検証する。

顔画像表示タイプ（向きなし／あり）

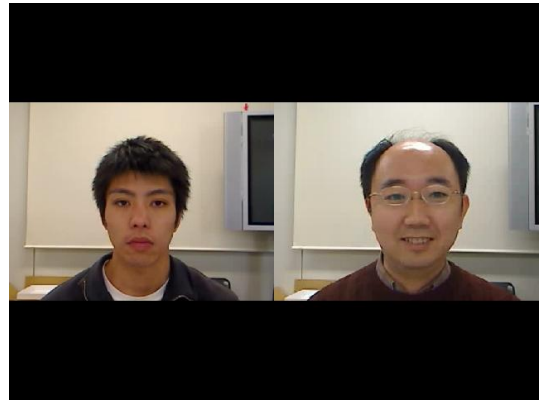
図 4.9(a) に示すような現在ライブカメラにアクセスしているメンバの顔画像を表示するタイプである。顔画像は予め撮影しておいたものを利用し、特に静止画像を利用する。この表示タイプもアバタ表示タイプと同様に、カメラの向きを考慮したバージョンと考慮しないバージョンを試作した。「向きなし」タイプでは図 4.8 に示すようにメンバ毎に向きを考慮していない1枚の写真データを利用する。「向きあり」タイプでは複数方向を向いた状態を撮影した専用の写真データを利用する（図 4.9(a)、この図は正面向きのときを示している）。どちらのタイプも基本的な機能はアバタ表示タイプとほぼ同様で、図 4.9(b) のようにズームレベルに応じて画像がアップになったり、図 4.9(c) のように操作してからの経過時間に応じて画像が暗くなったりする（図は「向きあり」タイプのものだが、「向きなし」タイプも同じ機能をもつ）。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 4.10）。



図 4.8: 顔画像表示タイプ（向きなし）



(a)



(b)



(c)



(d)

図 4.9: 顔画像表示タイプ (向きあり)

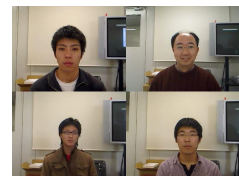
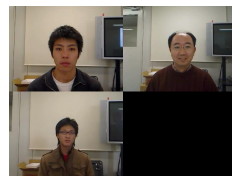
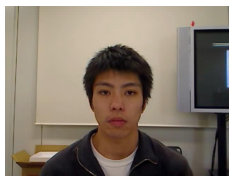


図 4.10: 顔画像の配置 (左から順にアクセス数が 1 人, 2 人, 3 人, 4 人のとき)

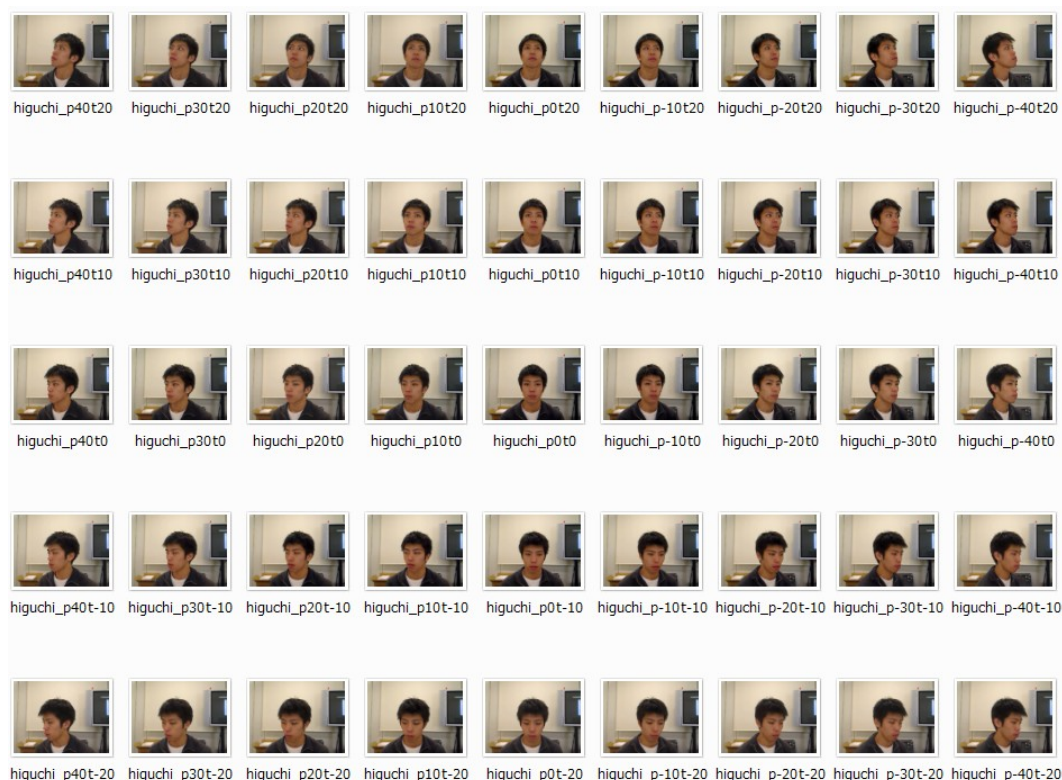


図 4.11: カメラの向きを表現するために用意した顔画像の例

「向きあり」タイプにおいては、図 4.9(d) のよう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顔画像を随時表示する。顔画像はカメラにアクセスすることができる全てのメンバに対し、パン方向に $\pm 40^\circ$ 、チルト方向に $\pm 20^\circ$ と各 10° ずつ計 45 枚を予め撮影しておく（図 4.11）。パン方向の枚数が多いのは、ある程度広い大きさの部屋において本手法を適用する場合にカメラのチルト方向に比べ、パン方向の動きの方が大きく変化すると考えたからである。カメラから取得されたパン・チルト方向のパラメータと表示する画像の対応を表 4.1 に示す。例えばカメラから取得されたパン値が 32° 、チルト値が -17° だった場合、表示する顔画像としてはパン方向： 30° 、チルト方向： -20° の向きの顔画像が選択される。顔画像は 1 人当たりの枚数が多いので、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、適切な方向をキャプチャするようにした。キャプチャするタイミングの指標として、適切な方向を向かせたアバタ（アバタ表示タイプで利用したキャラクター）の画像 45 枚をサンプルとして用意し、各アバタに対応する瞬間を見計らって動画から顔画像をキャプチャするようにした。

この表示タイプは本物のカメラ利用者の顔画像を表示するので、アバタ表示タイプよりも実際にカメラ利用者が同じ部屋にいて、あたかも部屋を眺めまわしているような感覚を被撮影者に提供することができるのではないかと考えられる。

表 4.1: カメラから取得したパラメータと表示する画像の向きの対応表

パン チルト	～ -35°	-35°～ -25°	-25°～ -15°	-15°～ -5°	-5°～ 5°	5°～ 15°	15°～ 25°	25°～ 35°	35°～
15°～	p-40 t20	p-30 t20	p-20 t20	p-10 t20	p0 t20	p10 t20	p20 t20	p30 t20	p40 t20
5°～15°	p-40 t10	p-30 t10	p-20 t10	p-10 t10	p0 t10	p10 t10	p20 t10	p30 t10	p40 t10
-5°～5°	p-40 t0	p-30 t0	p-20 t0	p-10 t0	p0 t0	p10 t0	p20 t0	p30 t0	p40 t0
-15°～5°	p-40 t-10	p-30 t-10	p-20 t-10	p-10 t-10	p0 t-10	p10 t-10	p20 t-10	p30 t-10	p40 t-10
～-15°	p-40 t-20	p-30 t-20	p-20 t-20	p-10 t-20	p0 t-20	p10 t-20	p20 t-20	p30 t-20	p40 t-20

(表示する画像について； p: パン方向の角度, t: チルト方向の角度)

ここで、顔画像を表示するのであれば VideoWindow システム [11] やビデオ会議・ビデオチャットのように、モニタリングをしているカメラ利用者の動画を表示すればより臨場感を提供することができるのではないかと、という議論があるかもしれない。しかし、ブラウザを見ているカメラ利用者の視線とカメラが設置されている部屋に対するカメラ利用者の注視点は一致しない。また、本手法は複数人のメンバが同時にカメラにアクセスするような状況も想定しており、その場合には動画の配信のために太い通信帯域が必要である。加えて、全グループメンバに対し動画撮影用の Web カメラを配備するコストもかかる。さらに、動画撮影はカメラ位置や環境によって常に鮮明な映像を提供できるとは限らず、特にカメラ利用者が在宅勤務のような環境にある場合は予期せぬ、不適切な画像を配信してしまう可能性もある [29]。

上記の理由により、本手法ではカメラ利用者の視線方向のみ伝達することを目的に顔画像を利用する。カメラ利用者の立場としても、予め撮影された画像を公開することに対してさほど心理的抵抗感はないと考えられる。Ohno が [30] において提案したビデオコミュニケーションシステムは、本手法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共有するシステムであり、本手法は視線の共有をディスプレイから部屋全体に向けて拡張したものだと言える。

第5章 プロトタイプシステム：ComeCam-IIの実装

本章では提案手法によるライブカメラの注視情報提示を実現するためのプロトタイプシステム：ComeCam-IIの実装について述べる。

5.1 システムの構成

本研究では提案手法に基づき、カメラ利用者の操作に応じた注視情報を提示するためにComeCam-IIと呼ばれるプロトタイプシステムを実装した。ComeCam-IIは複数台のクライアントマシン、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。システムユーザが所持するクライアントマシン上ではComeCamViewerと呼ばれるライブ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。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。

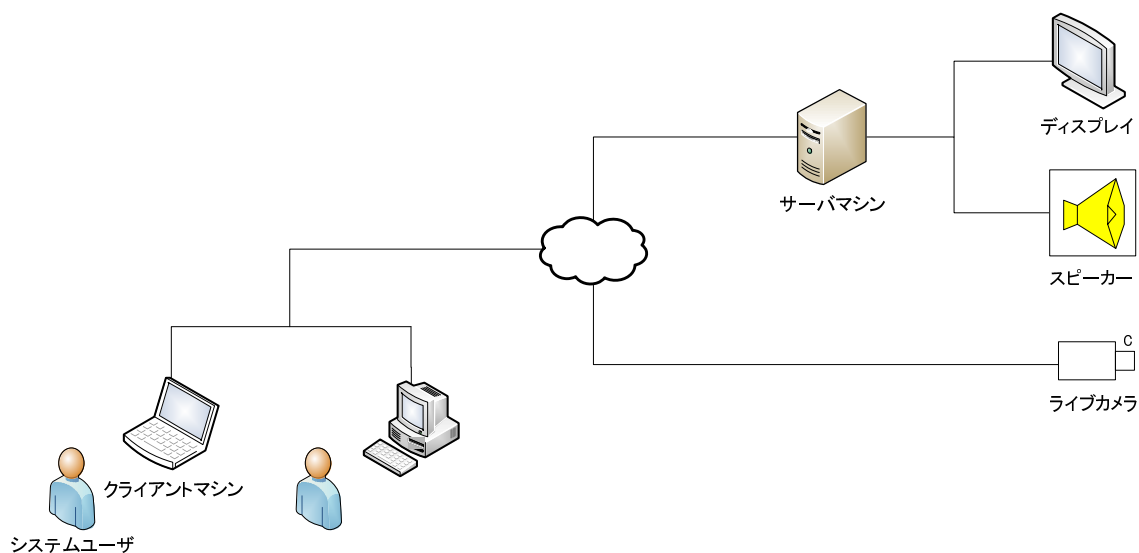


図 5.1: ComeCam-II のシステム構成

ComeCam-II はライブカメラとして 3 章で述べた本体駆動型 PTZ カメラ、広角レンズ型 PTZ カメラの両方に対応している。特に、今回は本体駆動型 PTZ カメラとして AXIS 214 PTZ¹、広角レンズ型 PTZ カメラとして AXIS 212 PTZ²をそれぞれ利用した（どちらも AXIS 社製）。それぞれの主な技術仕様を表 5.1 に示す。

表 5.1: AXIS 214 PTZ と AXIS 212 PTZ の技術仕様

	AXIS 214 PTZ	AXIS 212 PTZ
解像度（ピクセル）	704 × 480～176 × 120	640 × 480～160 × 120
フレームレート	最大 30 フレーム/秒 (Motion JPEG および MPEG-4)	VGA で最大 30 フレーム/秒 (Motion JPEG および MPEG-4)
パン	±170°（最大 100°/秒）	±70°（最大 400°/秒以上）
チルト	−30°～90°（最大 90°/秒）	±52°（最大 400°/秒以上）
ズーム	電動 18 倍光学ズーム 12 倍デジタルズーム	3 倍デジタルズーム (最大広角から最大望遠まで 0.1 秒)

また、AXIS 214 PTZ、AXIS 212 PTZ とともに HTTP ベースの API が利用可能であり、以下のような URL にアクセスすることでビデオストリームの取得や各種操作の実行が可能である。

- **http:// (カメラのアドレス) /mjpg/video.mjpg**
 - Motion JPEG 形式のデータストリームを取得する
- **http:// (カメラのアドレス) /axis-cgi/com/ptz.cgi?parameter=value**
 - *parameter* および *value* に応じて各種操作の実行を行う（詳細は表 5.2 参照）

表 5.2: *parameter*, *value* と各種操作の対応

<i>parameter</i>	<i>value</i>	処理内容
center	x,y	カメラ画像内の (x,y) 座標に対しセンタリング操作を実行する
pan	p	p の値だけパン操作（絶対）を実行する
rpan	rp	rp の値だけパン操作（相対）を実行する
tilt	t	t の値だけチルト操作（絶対）を実行する
rtilt	rt	rt の値だけチルト操作（相対）を実行する
zoom	z	z の値だけズーム操作（絶対）を実行する
rzoom	rz	rz の値だけズーム操作（相対）を実行する
query	position	現在のカメラの PTZ パラメータを取得する

¹AXIS: AXIS 214 PTZ <http://www.axiscom.co.jp/prod/214/>

²AXIS: AXIS 212 PTZ <http://www.axiscom.co.jp/prod/212/>

ComeCam-II ではカメラを図 5.2 に示すようにプラズマディスプレイの上部に設置した。今回利用したプラズマディスプレイは Panasonic 社の TH-50PH50³で、画面のサイズは約 115 × 66cm である。また、ディスプレイの下部には効果音再生用スピーカーが設置されている。

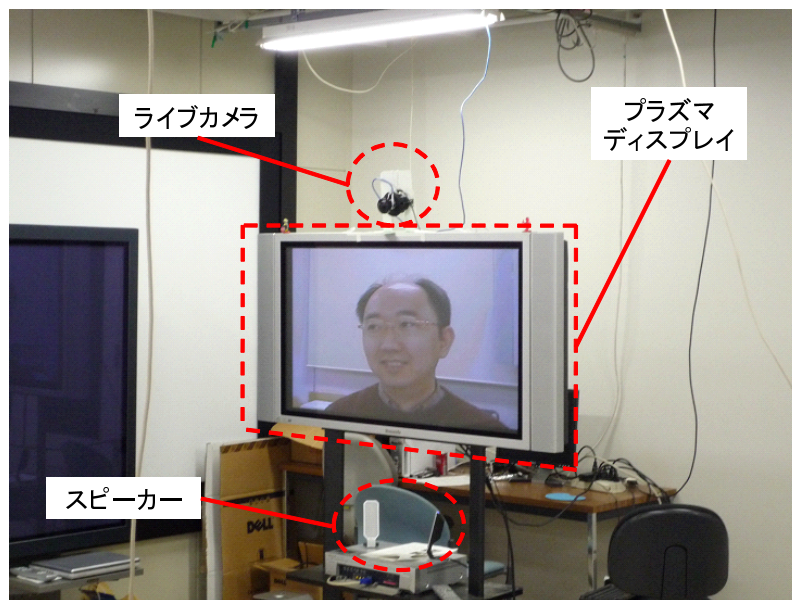


図 5.2: カメラ、ディスプレイ、スピーカーのセットアップ

5.2 ComeCamViewer

ComeCamViewer は図 5.3 および図 5.4 に示すような、ComeCam-II においてシステムユーザがライブカメラ画像のモニタリング、およびカメラの PTZ 操作等を行うためのビューアアプリケーションである。ComeCamViewer には標準的なライブカメラのビューアに搭載されている機能が一通り実装されている。ComeCamViewer の各機能を以下に列挙する（丸付き数字は図 5.3 のそれと対応している）。

① 状態表示ラベル

logged in システムにログインしている状態を示す

logged out システムからログアウトした状態を示す

access denied サーバが稼働していない、不正なパスワードが入力された等でシステムへのアクセスが拒否された状態を示す

³TH-50PH50/S 商品概要: <http://ctlg.panasonic.jp/product/info.do?pg=04&hb=TH-50PH50S>

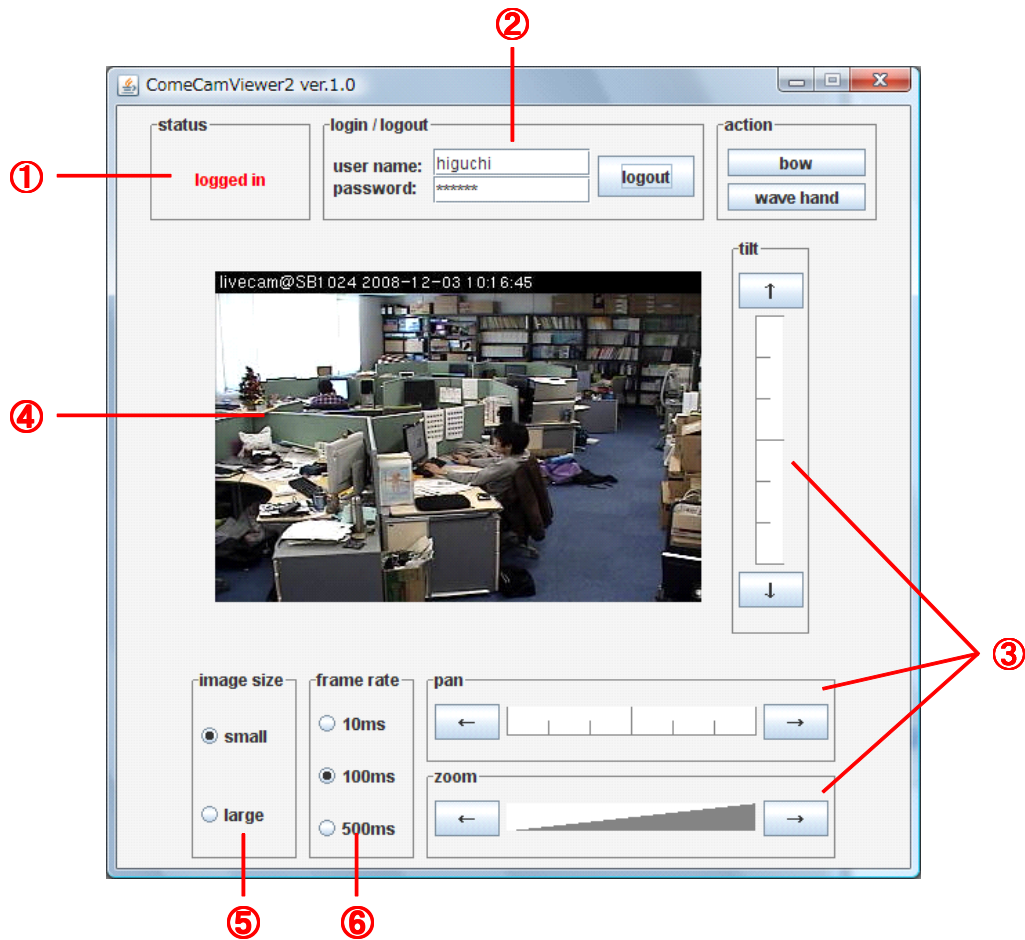


図 5.3: ComeCamViewer のスナップショット（画像サイズ：352 × 240）

② ログイン・ログアウト用フォーム

入力フォームにユーザ名，パスワードを入力し，ログインボタンを押下するとシステムへのログイン処理が実行される．ログイン中に再度ボタンを押下するとログアウト処理が実行される．

③ PTZ 操作ボタン&パネル

カメラの PTZ 操作を実行する．矢印ボタンを押下することによって相対移動，パネルの任意の位置をクリックすることによって絶対移動が可能である．

④ ライブカメラ画像表示領域

システムにログインしているときのみ，現在のライブカメラがキャプチャした画像を取得して表示する．画像中の任意の位置をクリックすると，クリックした位置が画像の中心になるようにパン・チルト操作（センタリング）が実行される．

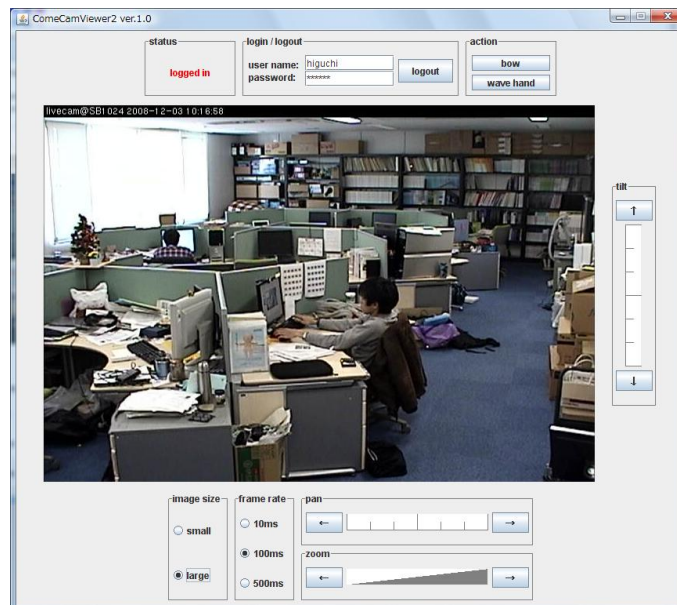


図 5.4: ComeCamViewer のスナップショット（画像サイズ：704x480）

⑤ 画像サイズ変更用ラジオボタン

画像のサイズを small（352 × 240 ピクセル）、large（704 × 480 ピクセル）の 2 種類から選択できる。

⑥ フレームレート変更用ラジオボタン

カメラから画像を取得する間隔を 10, 100, 500ms の 3 種類から選択できる

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、ユーザ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画像を取得して表示する。以降はユーザが各 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おり、送信されるクエリはカンマ区切りの以下のような文字列である。クエリの詳細を表 5.3 に示す。ComeCamServer はこの文字列をスプリットして解析し、ユーザのログイン認証やカメラの PTZ 処理、ディスプレイの表示の更新などを実行する。

- fuchi, 1
- masaki, 2, 120, 223
- shin, 4, 10.0
- higuchi, 7, 5231

表 5.3: ComeCamViewer から送信されるクエリの詳細

操作内容	引数 1	引数 2	引数 3	引数 4
ログイン	ユーザ名	操作 ID (=0)	パスワード	-
ログアウト	ユーザ名	操作 ID (=1)	-	-
センタリング	ユーザ名	操作 ID (=2)	x 座標	y 座標
パン (絶対)	ユーザ名	操作 ID (=3)	パン値	-
パン (相対)	ユーザ名	操作 ID (=4)	パン値	-
チルト (絶対)	ユーザ名	操作 ID (=5)	チルト値	-
チルト (相対)	ユーザ名	操作 ID (=6)	チルト値	-
ズーム (絶対)	ユーザ名	操作 ID (=7)	ズームレベル	-
ズーム (相対)	ユーザ名	操作 ID (=8)	ズームレベル	-

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、今回実装した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...) にいるユーザがモニタする環境のみ実装している。また、本来はカメラ映像の取得、およびクライアントへの配信もメインサーバが行うべきであるが、サーバへの負荷集中等の考慮からカメラ映像の取得はクライアントが直接カメラにアクセスして行っている。本研究で利用するライブカメラは自身が IP アドレスを持ち、PC と独立して動作することができる。ただし、プライバシー面の考慮から ComeCamViewer 以外の手段でライブカメラ映像を取得することはできないように設定されている。また、システムのログイン認証はユーザ固有の ID (ユーザ名) とパスワードにより実行されるため、グループメンバ以外はシステムを利用することができず、他のメンバのいわゆる“なりすまし”も防止している。

5.3 ComeCamServer

ComeCamServer は ComeCam-II におけるカメラの制御・ユーザ情報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 (クライアントアプリケーション) から送信されるクエリを受け付け解析し、ログイン認証、カメラの PTZ 動作処理などを順次実行する。カメラからパラメータも取得することも随時行っており、現在のカメラパラメータに応じてディスプレイで表示する情報を更新する。ログイン・アウト処理が実行された際には効果音 (ノック音、ドアの開閉音) の再生を適宜実行する。

ユーザのログイン認証はユーザ名とパスワードをもとに行っている。ComeCamServer は表 5.4 に示すようなデータベースを保持しており、ユーザが入力したデータと照合している。本プロトタイプにおけるデータベースは Microsoft Access を用いて構築されており、Java 環境に合わせ JDBC を用いてアクセスしている。また、ComeCamServer はログインしているユーザ

表 5.4: ログイン認証用データベース (Member テーブル)

フィールド名	データ型	説明
ID	数値型	ユーザの識別子 (主キー)
USER_NAME	テキスト型	ユーザ名
PASSWORD	テキスト型	ユーザ固有のパスワード

のアイドル時間（最後に操作を行ってからの経過時間）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．このアイドル時間を利用して，複数メンバがカメラにアクセスしている状態で「誰が操作したかわかる」ような表現を行う．さらに，ユーザの各種処理のロギング（テキストファイルへのログの書き込み）を行っている．ログの内容は「ユーザ名, 実行した処理の内容, ユーザの接続先 IP アドレス, 処理を実行した時刻」である．

ディスプレイへの表示タイプは 4.2 節で述べたものから選択することができる．また，図 5.5 に示すようなインタフェースを用いて随時切り替えることが可能である．

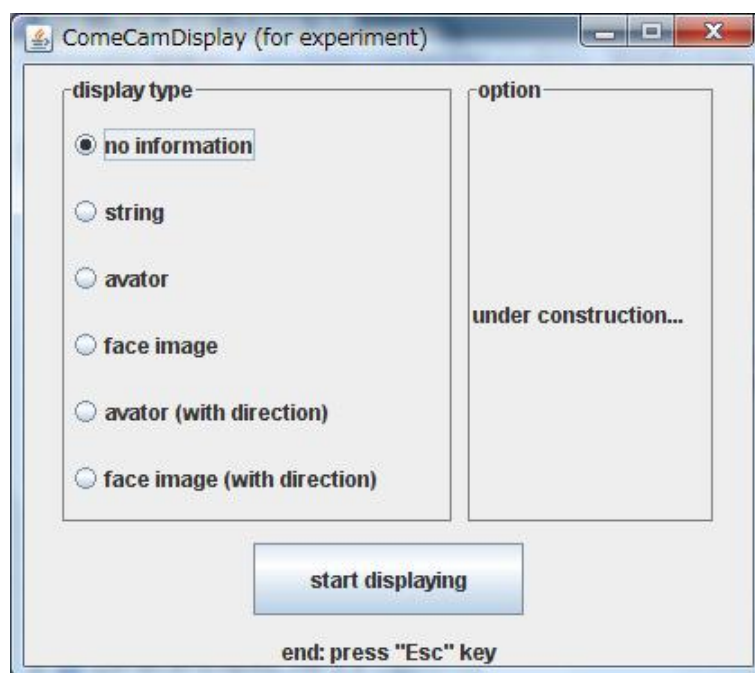


図 5.5: 表示タイプの切り替え用インタフェース

第6章 注視情報提示手法の評価と考察

本章では、4章で提案した共用ディスプレイを用いた注視情報提示手法を評価するために実施した被験者実験の内容、およびその結果と考察について述べる。

6.1 実験の目的

本実験は、提案手法によるライブカメラの注視情報の提示が個人作業やグループワーク、グループ間でのコミュニケーションにどのような影響を与えるかを定量的に調査・比較し、最終的にはグループウェア構築のための最適な表示タイプを検討することを目的としている。具体的には以下を実施する。

まず、提案手法を用いてライブカメラの注視情報を被撮影者に提示すること、あるいはその提示する情報量や表示タイプによって、グループとしての一体感やグループメンバに話しかけたいという欲求の生起（総じて新たな交流の機会の生起のことを指し、以降は**コミュニケーション意識の生起**と呼ぶ）やライブカメラに対する抵抗感・不安感などの印象にどのような変化が生じるか検証する。これに対し筆者は、「誰が、どれくらいのズームレベルで見ているか」、「どこを見ているか」という具合に提示する情報量を多くすればするほど、コミュニケーション意識の生起率は向上しライブカメラに対する抵抗感・不安感は緩和されると予想する。また、文字だけといった淡泊なものに比べ、アバターや顔画像といったより親しみがもてるような表示タイプを適用することにより、さらに良好な結果が得られると予想する。

次に、提案手法によって個人作業が阻害されないかどうかを検証する。アウェアネス情報の提供と個人作業の阻害はトレードオフの関係にある。例え提案手法がコミュニケーション意識の生起やカメラへの抵抗感・不安感の緩和に良好な結果をもたらしたとしても、押し付けがましく作業の阻害になるものであったとしては、グループウェア構築のための手法としては適切でない。

最後に、表示タイプ毎に提示した注視情報はわかりやすいか、画面の大きさやレイアウトは適切か、といった評価を行い、表示タイプ間での比較を行う。この結果と前述したカメラへの印象への影響、ならびに個人作業の阻害との関係を踏まえ、グループウェア構築のための最適な表示タイプを検討する。また、提案手法における問題点を明確にし、改善案を検討することも併せて行う。

6.2 実験の方法

実験は約5分×6セットで、被験者2人または3人のグループ単位で実施した。本実験は想定実験である。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、実験中は普段の居室にいるような状況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被験者に対して提示した。実験中のカメラ操作は実験者（筆者）が行うが、被験者には実際にグループ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ような状況を同じく想定してもらった。実験者はあたかも実際に複数のメンバがカメラにアクセスしてPTZ操作しているかのようにカメラ操作を行い、全てのセットにおいてカメラ操作に偏りが発生しないように留意した。被験者には事前に実験で用いるライブカメラの映像を見せておき、PTZ処理が実行された際に自分がどのようにフォーカスされるかを理解しておいてもらった。また、セット毎に最低1回は自分がカメラにフォーカスされることを念頭におくよう同じく事前に説明した。

本実験における注視情報の提示は5章で述べたComeCam-IIを用いて行われ、セット終了毎に表示タイプを切り替える。被験者に提示した注視情報の表示タイプは以下の6つであり、順序性を相殺するために提示する順番はグループごとにランダムに設定した。なお、実験開始前に被験者には説明用資料¹を配布し、各表示タイプの機能に関して説明した。各セット終了後、表示タイプを切り替える際に次に表示するタイプを被験者に対して明示するようにし、次の表示タイプに関して不明な点がある場合は適宜その資料を参照してもらうようにした。

- a) 情報提示なしタイプ（比較用）
- b) 文字表示タイプ
- c) アバタ表示タイプ（向きなし）
- d) アバタ表示タイプ（向きあり）
- e) 顔画像表示タイプ（向きなし）
- f) 顔画像表示タイプ（向きあり）

なお実験中、実験者はカメラの操作を行うとともに被験者の様子を観察し、リアクションなど特筆すべきイベントが発生した際にはそれらを記録するようにした。また、実験者は実験室において被験者が意識しないような位置からカメラ操作等を実施し、被験者に対しても実験者の存在は意識しないように事前に説明した。全セット終了後、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い、さらに実験に関して追加的なインタビューを実施した。

¹実験事前説明用配布資料として本論文巻末の「付録A」に掲載する。

6.3 実験環境

6.3.1 実験室と実験器具について

本実験は実験用に構築された実験室にて実施した。被験者にはこの実験室にて通常の居室にいるかのように作業をしてもらい、その最中に様々な表示タイプで注視情報を被験者に対して提示した。本来であれば通常の居室において実験を行うことが望ましいと考えられるが、通常の居室の場合はディスプレイと座席との距離の影響が大きくなることが予想され、表示タイプの比較を行う上では適切ではない。また、情報の提示に関して一切の関心を示さないケースが生じ得る可能性もあり、さらに在室時間において被験者間で不均一になることも懸念される。上記の理由から、本実験では純粋に注視情報提示における表示タイプ間の比較を行うことを目的とし、実験室における実験を行うことにした。

実験室における被験者が座るデスク、カメラ、ディスプレイの配置を図 6.1 に示す。実験は被験者 2 人または 3 人のグループ単位で実施され、被験者は図中の A, B, C のいずれかの席に座る（ただし、2 人の場合は A, C いずれかの席に座る）。なお、A, B, C いずれの席からもディスプレイ上の表示を問題なく視認できることを事前に確認した。また、本実験では座席の違いやグループの人数の違いによる影響は考慮しない。実験室はリアルな居室空間を再現することを目標に構築され、A・B のデスクの間、ならびに C のデスクの前方にパーティションを設置するなどの工夫をした（実際の居室ではデスク間にパーティションが設置されている）。また、A, B と C の座席を離れたのは、「実際の居室において全てのメンバが隣り合って座っているわけではない」という状況を再現するためであり、また「“ カメラ利用者が今、○○（自分以外の誰か）を見ている ”ことに気づく」という状況を創り出そうという意図がある（グループ単位で実験を実施したのも同様の理由のためである）。

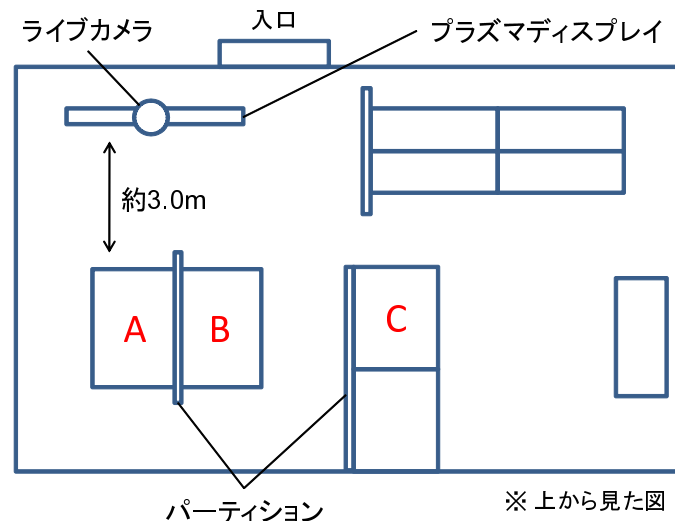


図 6.1: 実験室の配置

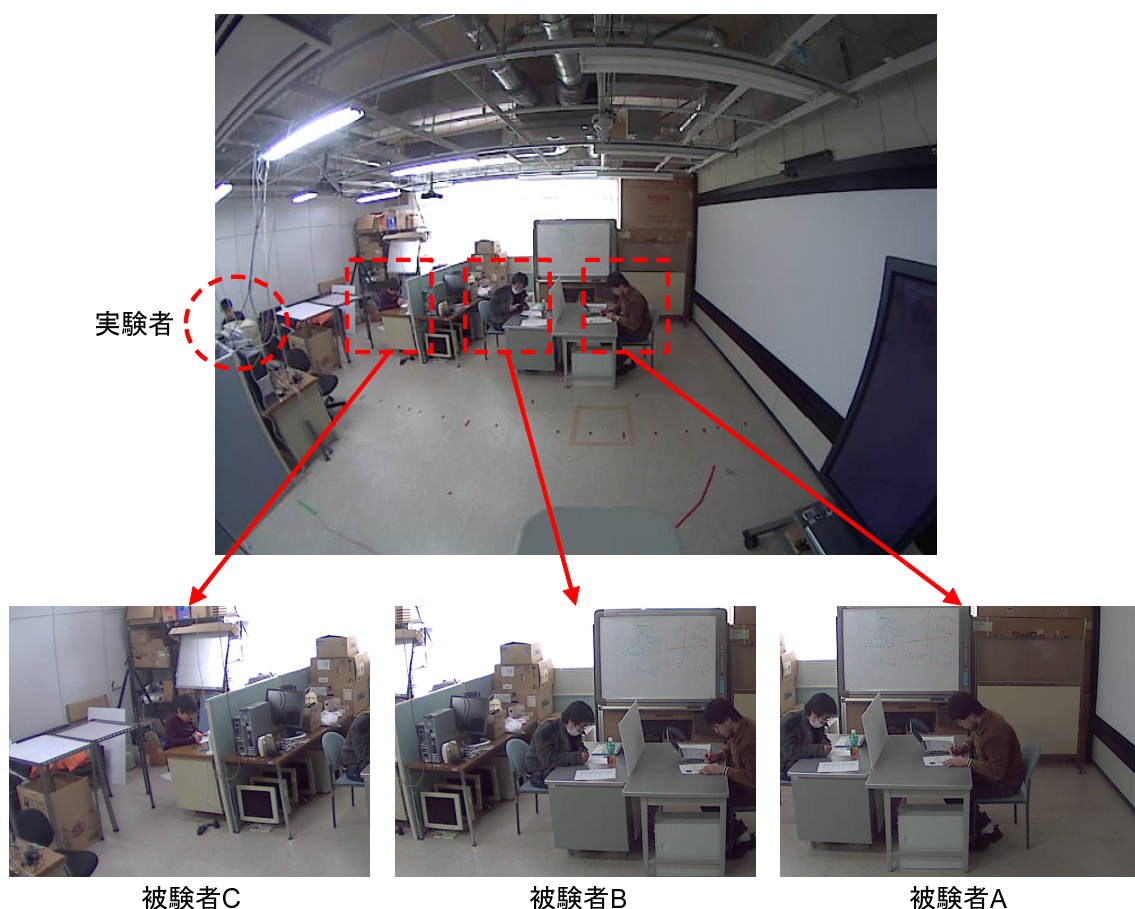


図 6.2: 実験環境におけるライブカメラが撮影した画像の例

本実験ではライブカメラとして、広角レンズ型 PTZ カメラ (AXIS 212 PTZ) を利用した。このタイプのカメラを選定した理由としては、提案手法を利用するために PTZ 機能を有していること、「どこを見ているかわかる」という情報の有無による影響を比較するために外観からはどこを見ているか推定できないタイプであることの 2 点が挙げられる。実際にプラズマディスプレイ上に設置したライブカメラから見た実験室の様子を図 6.2 に示す。図 6.2(上) はズームレベルを最小にして部屋全体を撮影した画像であり、図 6.2(下) はズームレベルを最大にして各被験者周辺領域に対して PTZ 処理を行った際に撮影した画像である。

6.3.2 ComeCam-II のカスタマイズ

本実験における注視情報の提示は ComeCam-II を用いて行われる。実験中、実験者は ComeCamViewer 用いて実際にカメラ映像をモニタリングしながら、あたかも複数のメンバがカメラにアクセスして操作しているかのように振る舞う。今回の実験では実際にカメラ操作を行

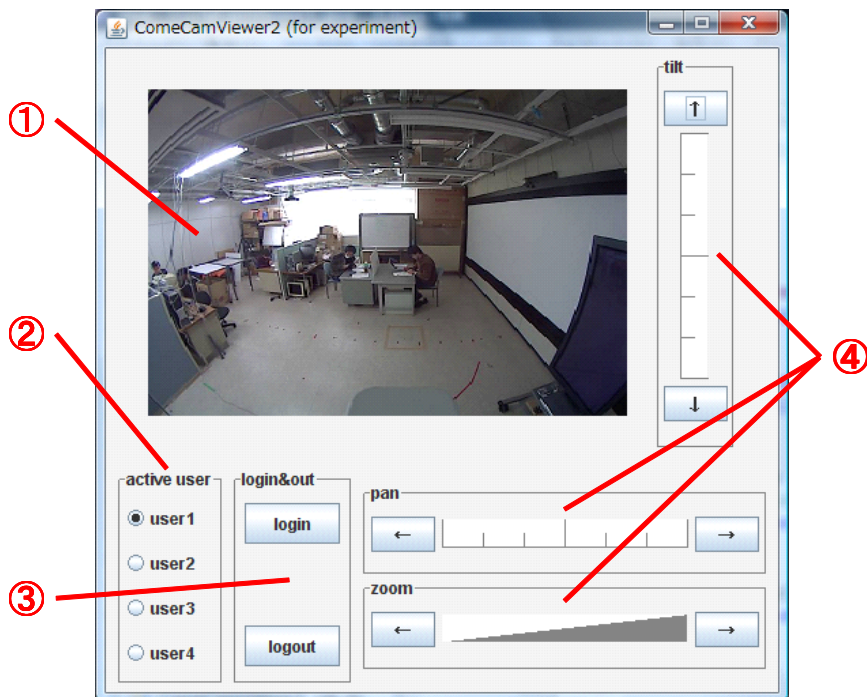


図 6.3: 実験用 ComeCamViewer

う実験者は1人であり，ここで実験者を複数用意したほうがよりリアルなのではないか，という議論が生じるかもしれない．しかし，複数の実験者が操作を行うとセット間に操作の偏りが生じる可能性があり，表示タイプ間の比較ができなくなる恐れがあった．したがって，本実験では単独の実験者が複数のメンバの“ふり”をしてカメラ操作を行うことにした．実験者1人によるスムーズなカメラ操作を行うため，ComeCamViewer に対して実験用にカスタマイズを施した．以下で実験用の ComeCamViewer について説明する（丸付き数字は図 6.3 のそれと対応している）．

① ライブカメラ画像表示領域

ライブカメラが撮影した画像の表示領域で，今回の実験で表示する画像のサイズは 320×240 ピクセルで固定した．画像中の任意の位置をクリックすると，②で選択した想定メンバによるセンタリング操作が実行される．

② アクティブメンバ選択用ラジオボタン

現在カメラへのログイン・アウト，ならびに PTZ 操作を行っていると“想定される”メンバ（想定メンバ）を選択する．ここでメンバを選択し各種操作を実行すると，ディスプレイ上ではあたかも選択されたメンバがカメラ映像をモニタしていて，各種操作を行っているかのように注視情報が表示される．今回の仕様では最大4名のメンバが同時にカメラにアクセスすることが可能である．

③ ログイン・アウト用ボタン

各ボタンを押下すると②で選択した想定メンバによるライブカメラへのログイン・アウトを実行する。例えばログインボタンを押下すると、現在選択されているメンバの情報がディスプレイ上に新たに表示されることになる。

④ PTZ 操作用ボタン&パネル

②で選択した想定メンバによるカメラの PTZ 操作を実行する。

注視情報の表示タイプは前述した 6 タイプから選択することができ、表示の切り替えは 5.3 節で説明したインタフェース上から実行する。「a) 情報提示なしタイプ」は比較用に用意したディスプレイ上に何の情報も表示しないタイプであるが、実験においてログイン・アウトや PTZ の操作は他の表示タイプと同様に行う。その他の各表示タイプの機能は 4.2.2 節で説明したものに準じている。「a) 情報提示なしタイプ」も含めた全表示タイプに共通して、想定メンバがカメラにログイン・アウトした際に、効果音（ノック音、ドアの開閉音）を再生する点も同様である。

また、本実験においては全表示タイプ共通で PTZ 操作が行われる毎にも「ポーン」という効果音を再生するようにした。この効果音に関しては、明示的であるが耳触りではないようなものを一意に選定した。PTZ 操作の度に効果音を再生する理由としては、「a) 情報提示なしタイプ」はノック音・ドアの開閉音再生による「誰かがログイン・アウトした」以外の情報は本当に何も提示しないので、5 分という限られた時間の中では被験者に対して「カメラに見られている」という意識を生起させることができない恐れがあり、本実験においてはそれは好ましくない状態であると考えたためである。全表示タイプ間で条件を揃えるため、また他の表示タイプにおいても 5 分という時間の中で「自分が見られている」という状態を被験者に認識してもらうため、本実験では全表示タイプ共通で PTZ 操作に対しても効果音の再生を実施した。また、この効果音の再生には「どこを見ているか」という情報の有無による影響を明確にしようという意図も込められている。例えば「c) アバタ表示タイプ（向きなし）」においてパン・チルト操作を実行しても効果音が再生されるだけで、ディスプレイ上には何の変化も起こらない。AXIS 212 PTZ は外観からどこを向いているのかわからないため、被験者としては「効果音が鳴っているので視野を変更したのだろうが、どこを向いているのかわからない」という感情を抱くはずである。この状態と「d) アバタ表示タイプ（向きあり）」における同様の場面を比較することにより、「どこを見ているか」という情報の有無による影響を明らかにしたいと考えている。

6.3.3 実験における各表示タイプの位置づけ

本実験における各表示タイプの位置づけは図 6.4 のグラフに示すようになっている。縦軸は提示する情報量であり、まず「a) 情報提示なしタイプ」は何の情報も提示せず、「b) 文字表示タイプ」、「c) アバタ表示タイプ（向きなし）」、「e) 顔画像表示タイプ（向きなし）」は「誰が、どのくらいのズームレベルで見ているか」という情報を提示し、「d) アバタ表示タイプ（向き

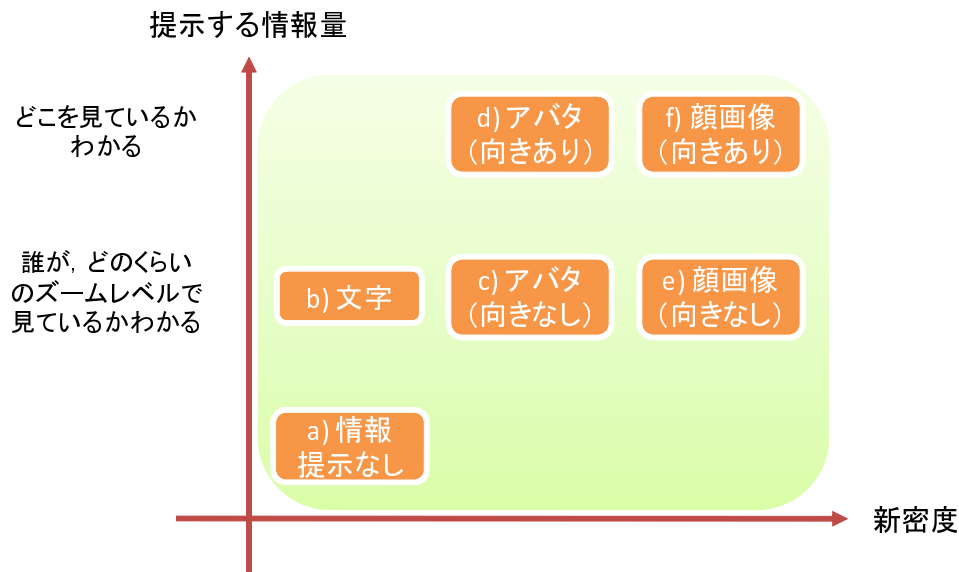


図 6.4: 各表示タイプの位置づけ

あり)」、「f) 顔画像表示タイプ（向きあり）」はそれに加えて「どこを見ているか」という情報まで提示する。本章冒頭（6.1 節）でも述べた通り、筆者は提示する情報量を多くなればなるほど、コミュニケーション意識の生起率は向上しライブカメラに対する抵抗感・不安感は緩和されると予想している。横軸は視覚的表現によるカメラ利用者に対する親しみやすさであり、筆者は文字、アバタ、顔画像の順にそれらは高くなると考えている。この親しみやすさが高くなるほど、実験において良好な結果が得られると筆者は予想している。まとめとして、図 6.4 の右上に位置する「f) 顔画像表示タイプ（向きあり）」が最適な注視情報の提示手法ではないか、というのが本研究の仮説である。

6.4 アンケートの質問項目

全セット終了後、被験者には実験に関するアンケート用紙²を配布し、記入してもらった。アンケートは表示タイプ毎の質問に対し 4 段階評価（「全くそう思わない、あまりそう思わない、ややそう思う、非常にそう思う」の 4 段階）を行う項目と、自由記述欄を含む。質問項目から得られた評価に対して、それぞれ値が高いほどその項目への当てはまり度合いが高くなるよう 1～4 点に得点化する。質問する内容に関しては、後に得点結果から本章冒頭（6.1 節）で述べたような検証が行えるような内容をそれぞれ設定した。本節ではアンケートにおける質問項目に関して詳述する。

²実際に利用したアンケート用紙を本論文巻末の「付録 A」に掲載する。

表 6.1: アンケートにおける質問項目の分類

質問項目の分類		No.
A: カメラの印象に関する質問	1: コミュニケーション意識の生起に対する質問	1～3
	2: カメラの抵抗感・不安感に関する質問	4～6
B: 提示手法に関する質問	1: 作業の阻害に関する質問	7, 8
	2: 提示手法による違いを比較するための質問	a: 向きなし用 9～14
		b: 向きあり用 15～20

表 6.2: 表示タイプと実施する質問の対応表

分類	a) 提示なし	b) 文字	c) アバタ (向きなし)	d) アバタ (向きあり)	e) 顔画像 (向きなし)	f) 顔画像 (向きあり)
A-1	○	○	○	○	○	○
A-2	○	○	○	○	○	○
B-1	-	○	○	○	○	○
B-2a	-	○	○	-	○	-
B-2b	-	-	-	○	-	○

質問は全 20 項目であり、表 6.1 に示すような分類がされている。質問はまず「A: カメラの印象に関する質問」6 項目と「B: 提示手法に関する質問」14 項目の 2 種類に分類される。そして、質問 A は「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」3 項目（質問 No.1～3）と「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」3 項目（質問 No.4～6）に細分化される。また同様に、質問 B は「B-1: 作業の阻害に関する質問」2 項目（質問 No.7, 8）と「B-2a / b: 提示手法による違いを比較するための質問（向きなし／あり用）」6 項目×2（質問 No.9～14 / 15～20）に細分化される。それぞれの具体的な質問内容に関しては表 6.3 を参照してほしい。

質問は全 20 項目だが表示タイプにより実施する質問が異なり、その対応を表 6.2 に示す（○が実施するということを示している）。まず、質問 A に関しては全表示タイプ共通で実施する。質問 B に関しては「a) 情報提示なしタイプ」のみ実施しない。これは実際に情報提示を行っていないため、評価のしようがないからである。その他の表示タイプに関してだが、まず質問 B-1 は共通して実施する。質問 B-2 は「カメラの向きがわかるかどうか」によって若干質問内容が異なり、向きがわからない「b) 文字, c) アバタ（向きなし）, e) 顔画像（向きなし）」に対しては質問 B-2a を実施し、向きがわかる「d) アバタ（向きなし）, f) 顔画像（向きあり）」に対しては質問 B-2b を実施する。まとめると、「a) 情報提示なしタイプ」に対して実施するのは質問 A のみの全 6 項目で、その他の表示タイプに対しては質問 A, 質問 B-1, 質問 B-2a あるいは質問 B-2b の全 14 項目を実施する。配布したアンケート用紙においては、質問の順番から印象が左右されないように、また質問の意図が推測されないようにランダムに掲載した。

表 6.3: アンケートにおける質問内容の一覧

分類	No.	質問内容
A-1	1	カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした
	2	カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした
	3	カメラ利用者と話をしたいと感じられた
A-2	4	カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった
	5	ライブカメラを監視カメラのように感じることにはなかった
	6	カメラに対して不安感をもつことはなかった
B-1	7	情報提示が煩わしく感じられることはなかった
	8	情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった
B-2a	9	誰がカメラを見ているのかよくわかった
	10	どれくらいズームして見ているのかよくわかった
	11	誰がカメラを操作しているのかよくわかった
	12	カメラを操作してからどれくらい時間が経っているのかよくわかった
	13	画面のレイアウトや大きさは適切だと思った
	14	この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った
B-2b	15	どの方向を見ているのかよくわかった
	16	現実の人間に見られているような感じがした
	17	視線を向けられた際に嫌な感じがすることはなかった
	18	カメラの視線を自然に感じ取ることができた
	19	画面のレイアウトや大きさは適切だと思った
	20	この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った

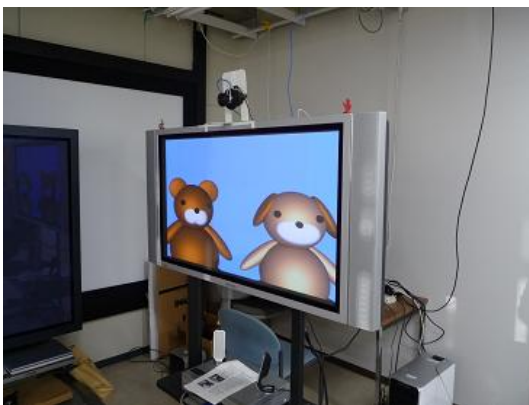


図 6.5: 実験中の様子を撮影した写真

6.5 アンケート回答結果の分析と考察

本節では実験後に被験者に回答してもらったアンケートの得点結果を多角的な観点から分析し、アンケートの自由記述欄のコメントやインタビュー結果を踏まえながらそれぞれに対して考察を行う。今回の実験は筆者が所属する大学の研究室の学生を対象に実施され、実験に参加した被験者はのべ11人であった。なお、今回の実験の被験者はみな最低半年以上に渡ってライブカメラ設置環境下における研究活動を行っている。また、実験におけるカメラ利用者と想定されるメンバも同じ研究室のメンバであり、2名は学生、1名は教官、1名は実験者である。これらのメンバに対し c), d) アバタ表示タイプ用にアバタを作成し（アバタとメンバの対応は実験前に説明した）、f) 顔画像表示タイプ（向きあり）用に事前に方向付きの顔画像を撮影しておいた。

6.5.1 分析 1-1: 提案手法を用いた注視情報の提示によるカメラの印象への影響の比較

まず「A: カメラの印象に関する質問」に対し、表示タイプ：a) 情報提示なし、b) 文字、c) アバタ（向きなし）、e) 顔画像（向きなし）を因子とした1要因4水準の被験者内分散分析を行う。表示タイプによる効果が有意であった場合には、その後 Ryan 法による多重比較を行い、どの表示タイプ間に差があるかを示す。これにより、「提案手法を用いた注視情報の提示によって被撮影者のカメラに対する印象が変化すること」、さらに「表示タイプによって被撮影者のカメラに対する印象が変化すること」を証明する。

「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」について（1）

表 6.4 は「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点結果を示したものである。また、それをグラフ³として表したものを図 6.6 に示す⁴。

まず「1. カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした」の得点結果に対して分散分析を行った結果、表示タイプの効果は有意であった（ $F_{(3,30)}=6.847, p<0.01$ ）。Ryan 法を用いた多重比較によると、c) アバタの平均得点が高他の全ての表示タイプに対して有意に大きかった。他の表示タイプ間に有意差は見られなかった。

次に「2. カメラ利用者と同一部屋にいる感じがした」の得点結果⁵に対して分散分析を行った結果、表示タイプの効果は有意であった（ $F_{(3,30)}=19.543, p<0.01$ ）。Ryan 法を用いた多重比較によると、e) 顔画像の平均得点は a) 提示なし、b) 文字に対して有意に大きく、c) アバタの平均得点も同じく a) 情報提示なし、b) 文字に対して有意に大きかった。他の表示タイプ間に有意差は見られなかった。

³ グラフは各質問に対する平均得点を示し、誤差範囲として標準偏差を付す。

⁴ 全質問の得点結果の一覧、ならびに本節で述べる分散分析の結果を詳細に示した分散分析表や多重比較の結果、交互作用における単純主効果検定の結果は本論文巻末の「付録 B」に掲載する。

⁵ 標準偏差を比べると、a) 提示なしと b) 文字に対して c) アバタは2倍以上大きい。しかし、分散分析の結果として1%水準という高い有意性（ $F_{(3,30)}=19.543, p<0.01$ ）が得られているので問題ないと判断する [31]。

表 6.4: 「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点結果 (1)

No.	質問内容		a) 提示なし	b) 文字	c) アバタ	e) 顔画像
1	カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした	M	1.182	1.545	2.273	1.545
		SD	0.386	0.656	0.617	0.498
2	カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした	M	1.091	1.091	2.182	2.364
		SD	0.287	0.287	0.716	0.481
3	カメラ利用者と話をしたいと感じられた	M	1.273	1.636	2.182	3.000
		SD	0.617	0.643	0.716	0.739

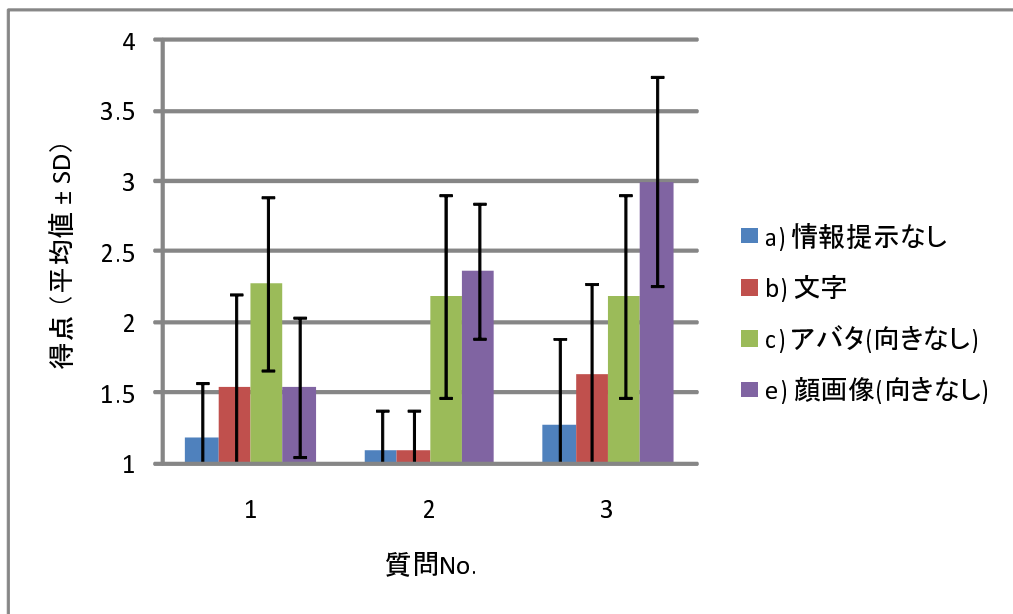


図 6.6: 「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点グラフ (1)

最後に「3. カメラ利用者と話をしたいと感じられた」の得点結果に対して分散分析を行った結果、表示タイプの効果は有意であった ($F_{(3,30)}=14.73, p<0.01$)。Ryan 法を用いた多重比較によると、e) 顔画像の平均得点は全ての表示タイプに対して有意に大きかった。また、c) アバタの平均得点は a) 提示なしに対して有意に大きく、b) 文字に対して有意に大きくなる傾向が見られた。他の表示タイプ間に有意差は見られなかった。

この結果より、まず提案手法を用いた注視情報の提示において、表示タイプの違いはコミュニケーション意識の生起に影響を与えることがわかった。情報を何も提示しない場合は全体的に評価値が低い。この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「カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがする」、「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。これは直接的に親しいグループメンバの顔画像を表示してカメラ操作に対応付けることにより、グループメンバの存在の想起を強め、グループメンバをより身近に感じさせる効果があったためだと考えられる。これを裏付けるかのように、実験に参加した被験者からも「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「親近感が沸く」一方で、「(カメラ利用者) 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間にはいずれ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、カメラを見ているメンバの情報を文字やメッセージのように淡泊に提示してもコミュニケーション意識に影響を与えることができないということがわかった。

なお、「1. カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした」における顔画像の得点は文字と同じくらい低い。これは質問における“表情”というキーワードが単純に「笑っているかどうか」、「怒っているかどうか」を意味していると誤解された可能性があり（アバタも当然無表情だが、特に“顔”画像に関しては“表情”というキーワードが前述の意味で受け取られてしまう）、質問内容が適切でなかったために得点が不当に低くなってしまったと考える。

「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」について (1)

表 6.5 は「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」の得点結果を示したものである。また、それをグラフとして表したものを図 6.7 に示す。

「5. 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」の得点結果に対して分散分析を行った結果、表示タイプの効果は有意であった ($F_{(3,30)}=3.048, p<0.05$)。Ryan 法を用いた多重比較によると、c) アバタの平均得点が a) 情報提示なし、b) 文字に対して有意に大きかった。他の表示タイプ間に有意差は見られなかった。

また、「4. カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった」($F_{(3,30)}=1.737$)、「6. カメラに対して不安感をもつことはなかった」($F_{(3,30)}=2.108$) に対しても分散分析を行ったが、表示タイプの効果は有意ではなかった。

平均得点を見ると、特に質問 No.4 は情報を何も提示しない場合と比べると提案手法による得点の向上が見られ、またアバタに関しては全体として良好な結果を得られたように見える。しかし、結果としては質問 No.5 におけるアバタ以外は有意な効果を得ることができなかった。このことから、「誰が、今、どのように見ている」という情報を提案手法を用いて提示しても、「カメラに見られるのが嫌だと思う」、「ライブカメラが監視カメラのように感じられる」、「カメラに対して不安に感じる」という意識を改善するには至らなかったと言える。

表 6.5: 「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」の得点結果 (1)

No.	質問内容		a) 提示なし	b) 文字	c) アバタ	e) 顔画像
4	カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった	M	2.182	2.545	2.727	2.909
		SD	1.029	0.891	0.862	0.793
5	ライブカメラを監視カメラのようには感じることはなかった	M	2.364	2.273	3.091	2.727
		SD	0.771	0.617	0.668	0.617
6	カメラに対して不安感をもつことはなかった	M	2.182	2.364	3.000	2.455
		SD	1.113	1.068	0.739	0.782

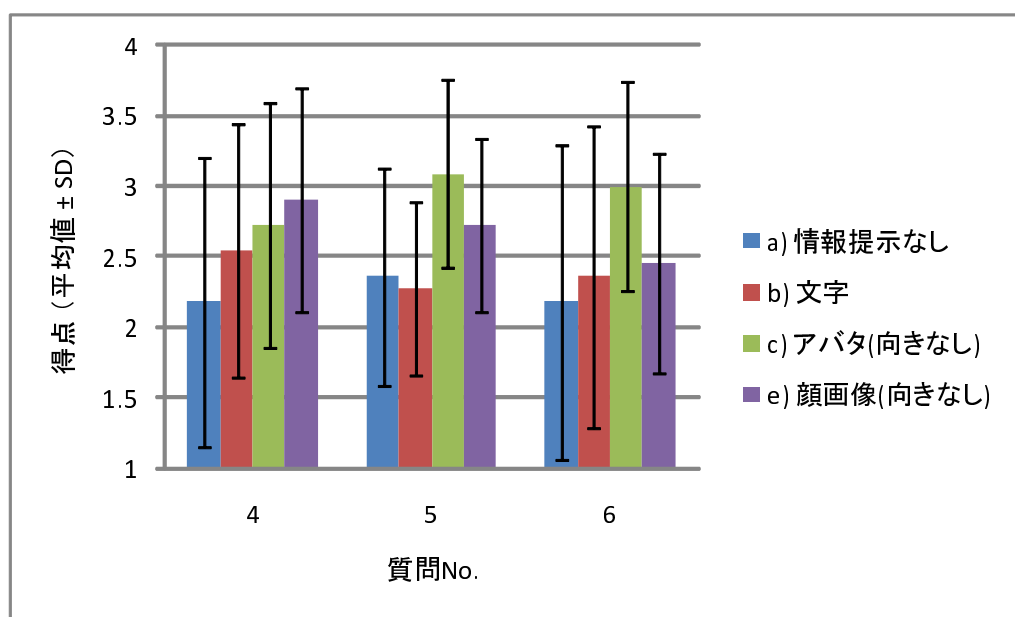


図 6.7: 「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」の得点グラフ (1)

まず、情報を何も提示しない場合に対しては「カメラがどうなっているのかわからないので、不安と緊張感がずっとあり、落ち着かない」というコメントがあり、通常のライブカメラ運用と同じく見られることに対してかなり不快に感じたことがわかる。次に、文字に対しては「ズームレベルの表示がわかりやすかった」一方で「その分、監視されている感じが増した」、「実際にどれだけズームしているかは数値だけではわからない」というコメントがあり、単純にズームレベルのみ提示してもかえって不快感を与えてしまい、結果として評価を下げてしまったと考えられる。最後に、アバタと顔画像に関しても有意な効果を得ることができなかったが、これは「どこを向いているか」がわからなかったことが原因だと考えられる。それを裏付けるコメントとして「向きがわからないと常に見られている印象を受けた」、「向きがわからないと不安」というものがあった。顔画像に関してはどの写真を使うかによっても印象が変化すると考えられる。

表 6.6: 「B-1: 作業の阻害に関する質問」の得点結果 (1)

No.	質問内容		b) 文字	c) アバタ	e) 顔画像
7	情報提示が煩わしく感じられることはなかった	M	2.909	3.000	2.727
		SD	0.793	0.603	0.445
8	情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった	M	3.182	3.091	2.545
		SD	0.575	0.668	0.782

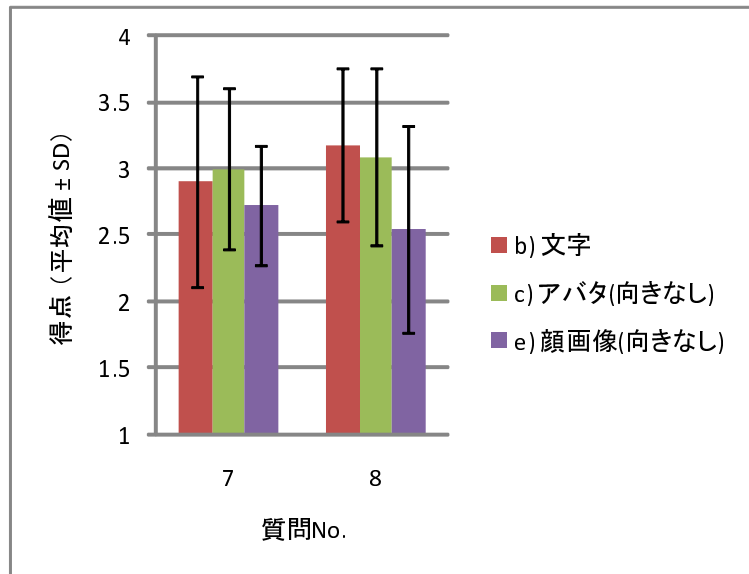


図 6.8: 「B-1: 作業の阻害に関する質問」の得点グラフ (1)

6.5.2 分析 1-2: 提示手法自体の評価と比較

「B: 提示手法に関する質問」に対し、表示タイプ: b) 文字, c) アバタ (向きなし), e) 顔画像 (向きなし) を因子とした 1 要因 3 水準の被験者内分散分析を行う。表示タイプによる効果が有意であった場合には、その後 Ryan 法による多重比較を行い、どの表示タイプ間に差があるかを示す。この結果より、個人作業を阻害しないか、提示した注視情報はわかりやすいか、画面の大きさやレイアウトは適切かといった観点から各表示タイプを比較し、最適な表示タイプを検討していく。

「B-2: 作業の阻害に関する質問」について (1)

表 6.6 は「B-1: 作業の阻害に関する質問」の得点結果を示したものである。また、それをグラフとして表したものを図 6.8 に示す。

まず「7. 情報提示が煩わしく感じられることはなかった」の得点結果に対して分散分析を行ったが、表示タイプの効果は有意ではなかった ($F_{(2,20)}=0.560$)。

次に「8. 情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった」の得点結果に対して分散分析を行った結果、表示タイプの効果は有意であった ($F_{(2,20)}=4.300, p<0.05$)。Ryan 法を用いた多重比較によると、b) 文字の平均得点は e) 顔画像に対して有意に大きく、c) アバタの平均得点は同様に e) 顔画像に対して有意に大きかった。b) 文字と c) アバタの間に有意差は見られなかった。

全体として、個人作業の阻害に関して表示タイプによる影響は少なかったと言える。ただし、顔画像は他の表示タイプに比べ評価が若干低く、特に「作業に邪魔になる」という意識に対しては他の表示タイプよりも有意に低い結果となった。これは顔画像はカメラ利用者の存在が強く想起される分、被撮影者の意識を奪ってしまったことが原因だと考えられる。また、被験者からは「他の表示タイプに比べ、多少プレッシャーに感じた」、「やや気になった」とコメントがあった。しかし、これはカメラ利用者自体に影響されている可能性がある。例えば、今回はカメラにアクセスする想定メンバの 1 人として教官が含まれていたが、これは学生としては気になって当然である。しかしこの「教官の顔画像が表示された際に緊張感を感じる」という結果から、ここでの分析の狙いとは若干外れてしまうが、顔画像による注視情報提示によって現実の人間に見られているような感覚を被撮影者に提供することができたとも考えることができる。

「B-2a: 提示手法による違いを比較するための質問」について

表 6.7 は「B-2a: 提示手法による違いを比較するための質問」の得点結果を示したものである。また、それをグラフとして表したものを図 6.9 に示す。

「9. 誰がカメラを見ているのかよくわかった」の得点結果に対して分散分析を行った結果、表示タイプの効果は有意であった ($F_{(2,20)}=4.749, p<0.05$)。Ryan 法を用いた多重比較によると、e) 顔画像の平均得点は c) アバタに対して有意に大きく、b) 文字に対して有意に大きくなる傾向が見られた。b) 文字と c) アバタの間に有意差は見られなかった。

「11. 誰がカメラを操作しているのかよくわかった」の得点結果に対して分散分析を行った結果、表示タイプの効果は有意であった ($F_{(2,20)}=5.449, p<0.05$)。Ryan 法を用いた多重比較によると、e) 顔画像の平均得点は c) アバタと b) 文字に対して有意に大きかった。b) 文字と c) アバタの間に有意差は見られなかった。

「14. この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った」の得点結果に対して分散分析を行った結果、表示タイプの効果は有意であった ($F_{(2,20)}=4.667, p<0.05$)。Ryan 法を用いた多重比較によると、e) 顔画像の平均得点は b) 文字に対して有意に大きく、c) アバタの平均得点も同様に b) 文字に対して有意に大きかった。c) アバタと e) 顔画像の間に有意差は見られなかった。

表 6.7: 「B-2a: 提示手法による違いを比較するための質問」の得点結果

No.	質問内容		b) 文字	c) アバタ	e) 顔画像
9	誰がカメラを見ているのかよくわかった	M	3.045	2.727	3.727
		SD	0.542	0.962	0.617
10	どれくらいズームして見ているのかよくわかった	M	2.545	2.727	3.000
		SD	1.157	0.750	0.953
11	誰がカメラを操作しているのかよくわかった	M	2.364	2.091	3.091
		SD	0.881	0.668	0.793
12	カメラを操作してからどれくらい時間が経っているのかよくわかった	M	2.273	2.909	2.636
		SD	0.862	0.793	0.771
13	画面のレイアウトや大きさは適切だと思った	M	2.909	3.364	3.000
		SD	0.668	0.643	0.739
14	この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った	M	1.818	2.545	2.727
		SD	0.716	0.988	0.617

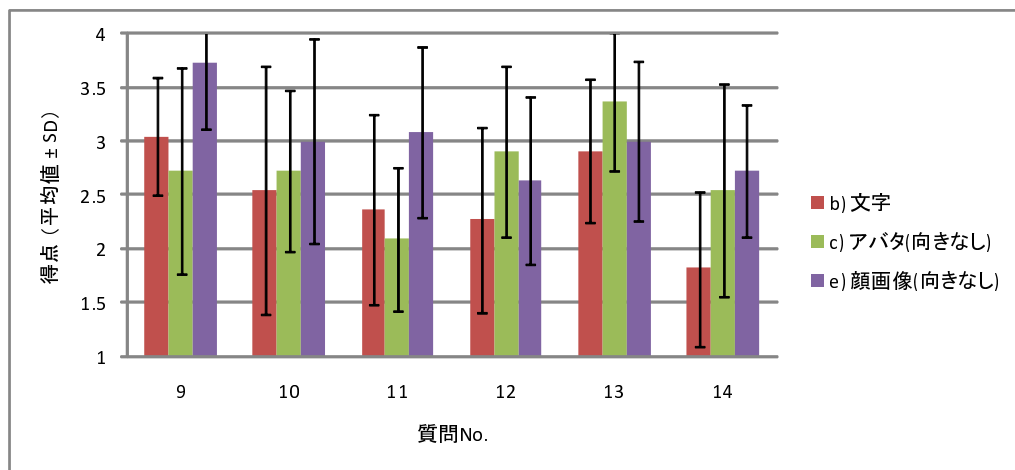


図 6.9: 「B-2a: 提示手法による違いを比較するための質問」の得点グラフ

また、「10. どれくらいズームして見ているのかよくわかった」($F_{(2,20)}=0.611$), 「12. カメラを操作してからどれくらい時間が経っているのかよくわかった」($F_{(2,20)}=2.298$), 「13. 画面のレイアウトや大きさは適切だと思った」($F_{(2,20)}=1.892$) に対しても分散分析を行ったが、表示タイプの効果は有意ではなかった。

結果より、今回提案した顔画像の表示方法はカメラにアクセスしているメンバの特定やアクティブに操作しているメンバを特定する上で、他の表示タイプよりも優れていることがわかった。現在のズームレベルの特定に関しては、表示タイプ間で有意差はなかったものの、逆

に言えば文字における明示的なズームレベルの提示に対し、アバタ、顔画像におけるアップによるズームレベルの提示は遜色がなかったと言える。

また、現在は全タイプ共通でアイドル時間に応じてカメラ利用者の情報を暗くしたり透明にしたりして相対的に現在のカメラ操作者を特定できるようにしているが、後のインタビューで「カメラ操作者を特定できるように、もっと絶対的に“ 操作中 ”という情報を表示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。さらに、画面のレイアウトや配置に対する得点は表示タイプ間では有意差はないが、顔画像に関しては「4分割になるとわかりづらい」というコメントが同じく多数得られた。これらの点に対しては検討が必要である。

6.5.3 分析 2-1: 向き情報の表示によるカメラの印象・作業の阻害への影響の比較

分析 1-1, 1-2 により、全体としてアバタと顔画像に対して良好な得点結果が得られた。本分析ではさらに「A: カメラの印象に関する質問」および「B-1: 作業の阻害に関する質問」に対し、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 (各 2 水準, それぞれ被験者内要因) の分散分析を行い、向きによる主効果が有意であることを示す。なお、表示タイプ, 向きの交互作用が有意であった場合には、単純主効果の検定を行いそれを説明する。これにより、「提案手法を用いた注視情報の提示においては向きの表示が有効であること」を証明する。

「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」について (2)

表 6.8 は「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点結果を示したものである。また、それをグラフとして表したものを図 6.10 に示す。

まず「1. カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした」の得点結果に対し分散分析を行った結果、交互作用が有意であった ($F_{(1,10)}=18.947, p<0.01$)。表示タイプの単純主効果を検定したところ、向きなしに対しては 5%水準で有意であった ($F_{(1,20)}=10.847$)。また、向きの単純主効果はアバタ、顔画像ともに 1%水準で有意であった (アバタ: $F_{(1,20)}=11.852$, 顔画像: $F_{(1,20)}=74.074$)。

次に「2. カメラ利用者と同一部屋にいる感じがした」の得点結果に対し分散分析を行った結果、交互作用が有意であった ($F_{(1,10)}=9.167, p<0.05$)。表示タイプの単純主効果を検定したところ、向きありに対しては 1%水準で有意であった ($F_{(1,20)}=17.789$)。また、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 ($F_{(1,20)}=15.385$)。

最後に「3. カメラ利用者と話をしたいと思った」の得点結果に対し分散分析を行った結果、表示タイプの主効果 ($F_{(1,10)}=7.111$) が 5%水準で有意であり、向きの主効果 ($F_{(1,10)}=5.714$) が 5%水準で有意であった。交互作用は有意でなかった。これより、顔画像の平均得点はアバタに対して有意に大きく、向きありの平均得点は向きなしに対して有意に大きいことが見出された。

表 6.8: 「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点結果 (2)

No.	質問内容	アバタ		顔画像		
		c) 向きなし	d) 向きあり	e) 向きなし	f) 向きあり	
1	カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした	M	2.273	3.000	1.545	3.364
		SD	0.617	0.853	0.498	0.643
2	カメラ利用者と同一部屋にいる感じがした	M	2.182	2.091	2.364	3.273
		SD	0.716	0.668	0.481	0.617
3	カメラ利用者と話をしたいと感じられた	M	2.182	2.636	3.000	3.273
		SD	0.716	0.881	0.739	0.617

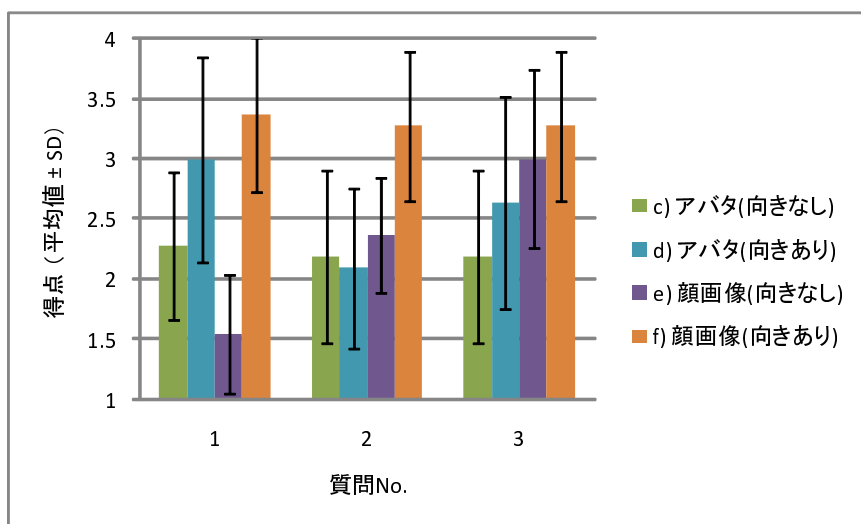


図 6.10: 「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点グラフ (2)

結果として、同じ表示タイプであっても「どこを見ているかわかる」タイプの方が「カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがする」、「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沸くことが大きな理由だと考えられる。つまり共同注視が実現されていたと言える。被験者からは「向きがわかると、視線の先に何があるか（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。また、実験中に自分がフォーカスされていない状態において、被験者が顔画像やアバターが向いている方向に視線を送る動作が何度か観測された。また、特に顔画像（向きあり）は「カメラ利用者と同一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。

表 6.9: 「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」の得点結果 (2)

No.	質問内容		アバター		顔画像	
			c) 向きなし	d) 向きあり	e) 向きなし	f) 向きあり
4	カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった	M	2.727	2.818	2.909	2.818
		SD	0.862	0.716	0.793	1.029
5	ライブカメラを監視カメラのように感じることにはなかった	M	3.091	3.000	2.727	2.636
		SD	0.668	0.853	0.617	1.068
6	カメラに対して不安感をもつことはなかった	M	3.000	3.000	2.455	2.727
		SD	0.739	0.739	0.782	0.962

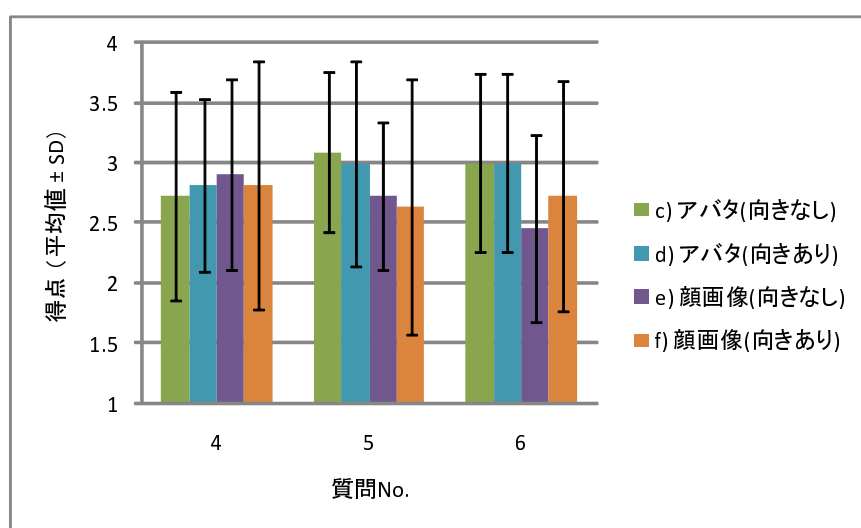


図 6.11: 「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」の得点グラフ (2)

「A-2: カメラに対する抵抗感・不安感に関する質問」について (2)

表 6.9 は「A-1: コミュニケーション意識の生起に関する質問」の得点結果を示したものである。また、それをグラフとして表したものを図 6.11 に示す。

まず「4. カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった」の得点結果に対し分散分析を行った結果、表示タイプ ($F_{(1,10)}=0.092$)、向き ($F_{(1,10)}=0.000$) ともに有意な効果は見られなかった。交互作用は有意ではなかった。

次に「5. ライブカメラを監視カメラのように感じることにはなかった」の得点結果に対し分散分析を行った結果、表示タイプ ($F_{(1,10)}=1.159$)、向き ($F_{(1,10)}=0.476$) ともに有意な効果は見られなかった。交互作用は有意ではなかった。

最後に「6. カメラに対して不安感をもつことはなかった」の得点結果に対し分散分析を行った結果、表示タイプ ($F_{(1,10)}=1.324$)、向き ($F_{(1,10)}=0.312$) ともに有意な効果は見られなかった。交互作用は有意ではなかった。

実験後の被験者のコメントとして、アバタ（向きあり）に対しては「何をしているのかわかるので、緊張感はあまりない」、顔画像（向きあり）に対しては「（どこを見ているのかわかるので）安心感があった」という肯定的な感想が得られた。しかし、得点としては向きなしタイプとの有意な差を得ることができず、「向きがわかることによって、カメラへの抵抗感・不安感は緩和される」という仮説は支持されなかった。この結果は6.5.1節における分析結果とは矛盾するものである。この原因をインタビューやコメントをもとに以下で考察する。

原因の1つとして、表情の伝達があると考えられる。今回の実験では多くの被験者から「無表情だと怖い」、「表情は大事だと思う」というコメントが得られた。アバタ、顔画像ともに今回のプロトタイプでは無表情なキャラクター・写真を使用しており、これが被験者に対して怖いという感情を与えてしまったようだ。「向きなし」も条件は同じだが、「向きあり」は無表情のまま顔が動作するのでその印象を強めてしまったと考えられる。また、同じく多くの被験者から「向きは厳密でない方がいい」というコメントが得られた。これは「目が合いすぎると気まずい」、「ドキッとする」、「ダイレクトに見られている気がして嫌な感じがする」という理由によるものである。ビデオ対話システムの多くにおいてはアイコンタクトが重要と言われているが、今回の提案手法においては全く真逆の知見が得られた。提案手法はライブカメラのモニタリングの過程で偶発的なコミュニケーションを誘発させようとしているが、能動的にカメラを操作しているカメラ利用者と、その行為に対して全く準備ができていない被撮影者とは立場が異なり、このような結果をもたらしたと考えられる。

以上より、「どこを向いているか」わかることにより抵抗感・不安感緩和に効果があったとしても、「表情が伝わらない」、「向きが厳密すぎる」という要因によりその効果は相殺されてしまったと考えられる。また、どちらのタイプも共通で「アクセス数が4人のときにPTZ操作が行われると、4体のアバタあるいは顔画像が一斉に動くのでプレッシャーに感じる」というコメントもあった。

「B-1: 作業の障害に関する質問」について (2)

表 6.10 は「B-1: 作業の障害に関する質問」の得点結果を示したものである。また、それをグラフとして表したものを図 6.12 に示す。

まず「7. 情報提示が煩わしく感じられることはなかった」の得点結果に対し分散分析を行った結果、表示タイプ ($F_{(1,10)}=1.000$)、向き ($F_{(1,10)}=0.233$) ともに有意な効果は見られなかった。交互作用は有意ではなかった。

次に「8. 情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった」に対し分散分析を行った結果、表示タイプの主効果 ($F_{(1,10)}=5.714$) が5%水準で有意であった。向きの主効果は有意でなかった ($F_{(1,10)}=0.548$)。交互作用は有意ではなかった。これより、アバタの平均得点は顔画像に対して有意に大きいことが見出された。

表 6.10: 「B-1: 作業の阻害に関する質問」の得点結果 (2)

No.	質問内容		アバタ		顔画像	
			c) 向きなし	d) 向きあり	e) 向きなし	f) 向きあり
7	情報提示が煩わしく感じられることはなかった	M	3.000	2.818	2.727	2.727
		SD	0.603	0.575	0.445	0.750
8	情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった	M	3.091	2.727	2.545	2.545
		SD	0.668	0.862	0.782	0.998

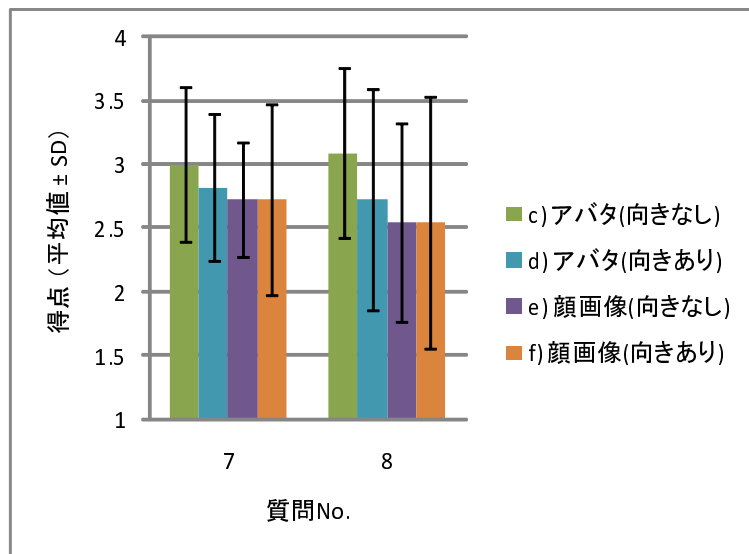


図 6.12: 「B-1: 作業の阻害に関する質問」の得点グラフ (2)

どちらの質問に対しても向きによる主効果が有意でなかったことから、カメラの向き情報の提示の有無は個人作業の阻害に関して影響を与えないことがわかった。この結果は、ディスプレイ上に向きを反映した注視情報を表示しても個人作業を阻害しないという点で、本提案手法を支持するものだと考えられる。

6.5.4 分析 2-2: 提示手法自体の評価と比較（向きがわかる場合）

最後に「B-2b：提示手法による違いを比較するための質問」に対し、表示タイプ：d) アバタ（向きあり）、f) 顔画像（向きあり）を因子とした 1 要因 2 水準の被験者内分散分析を行い、表示タイプ間の差を示す。この結果より、どの方向を見ているかわかりやすいか、画面の大きさやレイアウトは適切かといった観点から向きがわかる両タイプを比較し、前節で述べたカメラに対する印象への影響などとの関係を踏まえながら最適な表示タイプを検討していく。

表 6.11: 「B-2b：提示手法による違いを比較するための質問」の得点結果

No.	質問内容		d) アバタ	f) 顔画像
15	どの方向を見ているのかよくわかった	M	3.909	3.727
		SD	0.287	0.445
16	現実の人間に見られているような感じがした	M	2.182	3.727
		SD	0.575	0.617
17	視線を向けられた際に嫌な感じがすることはなかった	M	2.188	2.455
		SD	0.833	0.891
18	カメラの視線を自然に感じ取ることができた	M	3.091	3.273
		SD	0.668	0.617
19	画面のレイアウトや大きさは適切だと思った	M	3.545	3.273
		SD	0.656	0.750
20	この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った	M	2.909	3.455
		SD	0.900	0.498

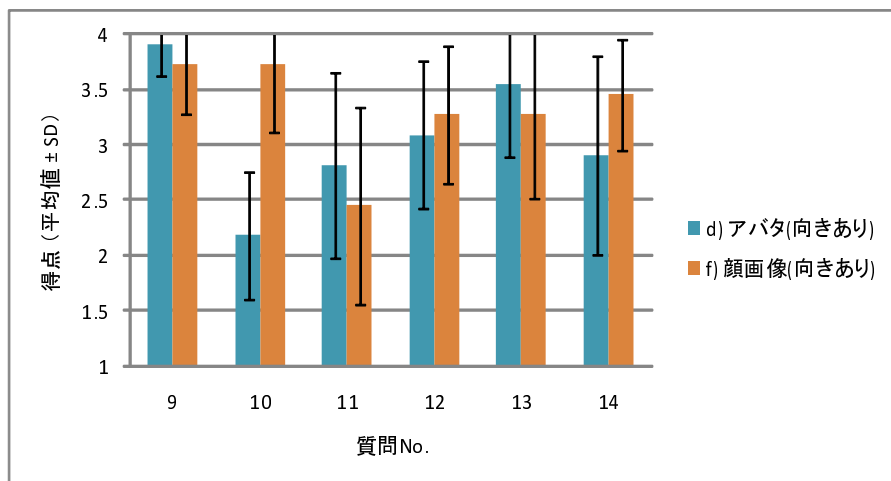


図 6.13: 「B-2b：提示手法による違いを比較するための質問」の得点グラフ

表 6.11 は「B-2b: 提示手法による違いを比較するための質問」の得点結果を示したものである。また、それをグラフとして表したものを図 6.13 に示す。

それぞれの得点結果に対して分散分析を行った結果, 「16. 現実の人間に見られているような感じがした」においては表示タイプの効果が有意であり ($F_{(1,10)}=55.577, p<0.01$), 「20. この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った」においては表示タイプの効果が有意になる傾向が見られた ($F_{(1,10)}=3.750, 0.05<p<0.10$)。

「15. どの方向を見ているのかよくわかった」($F_{(1,10)}=2.222$) , 「17. 視線を向けられた際に嫌な感じがすることはなかった」($F_{(1,10)}=1.000$) , 「18. カメラの視線を自然に感じ取ることができた」($F_{(1,10)}=0.645$) , 「19. 画面のレイアウトや大きさは適切だと思った」($F_{(1,10)}=1.000$) においては、表示タイプの効果は有意ではなかった。

平均得点を見ると「どの方向を見ているかわかる」という点においてはアバタ、顔画像ともにほぼ満点近い点数を記録している。これより提案手法による向きの提示は問題なくわかりやすいものだったと言える。また、「現実に見られている感じがする」という点において、顔画像はアバタに比べて良好な結果をもたらした。これはアバタに対し、実際のカメラ利用者の顔画像を利用した結果によるものだと言える。最後に「この提示手法はコミュニケーション支援に適しているか」という質問に対しては、顔画像の方が高い得点を記録している。この結果より、被験者は総合的に顔画像表示タイプの方に満足しているということがわかった。

6.6 議論

実験の結果、提案手法は被撮影者のカメラに対する印象に影響を与えることが明らかとなった。特に表示タイプとして顔画像を用いることにより、「カメラ利用者に話しかけたい」といったグループ間のコミュニケーション意識を向上させる上で良好な結果を得ることができた。また、「カメラ利用者がどこを向いているかわかる」という表現を行うことにより、これらの意識の生起をさらに向上させることができた。これは「カメラ利用者がどこを向いているかわかる」ことにより、カメラ利用者の視線や意図に興味を抱くようになるからであると考えられる。以上より、新たなコミュニケーションの機会を誘発するという点において、本研究の仮説は支持されたとと言える。また、向き情報の提示は被撮影者の個人作業を大きく阻害しないことも証明できた。

一方で、今回の実験ではカメラに対する抵抗感・不安感を緩和するのに有効な結果をもたらすことができなかった。これは「カメラ利用者がどこを向いているかわかる」という表現を行った場合も同様であった。この原因として提案手法ではカメラ利用者の「表情」の伝達を行うことができない点があり、この要因が結果に大きく影響していると考えられた。しかし、実際にはカメラのモニタリングと表情の伝達を対応付けるのは困難である。例えば忙しく PTZ 操作を実行したからといっても、「笑っている」、「怒っている」といった表情の変化には結びつかないからである。

カメラ利用者の表情を伝達するための1つのアプローチとして、カメラ利用者のアクションを再生することを考えた。これはカメラ利用者が“会釈する”、“手を振る”といった様子を予め撮影しておき、カメラ利用者の意図によってディスプレイ上に動画で再生するというものである。ComeCam-II 上で実現した例を図 6.14 に示す。カメラ利用者が ComeCamViewer 上で特定のボタンを押下した際に、押下したボタンに応じたカメラ利用者の動画を共用ディスプレイ上で再生する。

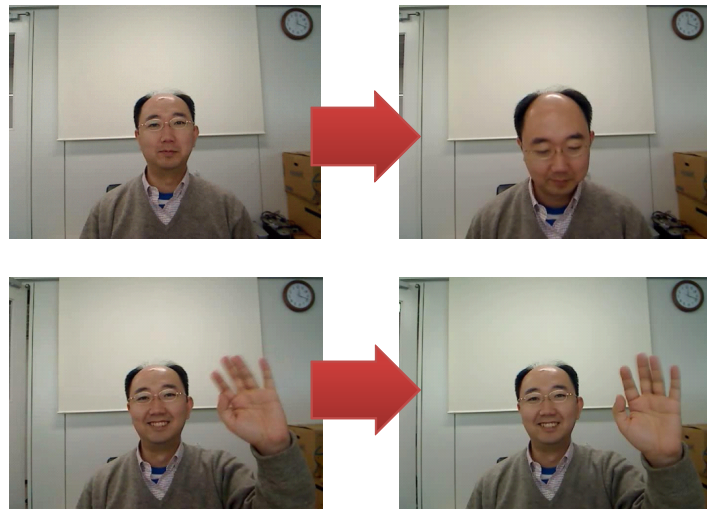
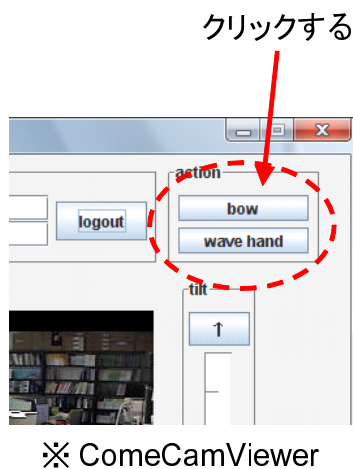


図 6.14: カメラ利用者のアクションの再生 (“ 会釈をする ”, “ 手を振る ”)

動画の再生を用いることによりカメラ利用者の表情の伝達が可能となり、モニタされる側のメンバもさらに親しみを感じることができるようになる。これによりカメラに対する印象をさらに改善させることができると考えられる。また“ 会釈をする ”というアクションにより、「同じ部屋にいてすれ違った際に会釈を交わす」といった何気ない交流を分散環境において実現することを可能とする。さらに“ 手を振る ”というアクションにより、カメラ利用者からモニタされる側のメンバに対して能動的に呼びかけることが可能である。アクション用の動画は事前に撮影されたものであるため、ディスプレイ上に表示することに対してカメラ利用者もさほど抵抗感を抱かないと考えられる。本研究は離れた場所にいるグループメンバの存在を身近に感じさせ、アウェアネスを支援することを目的としており、その後の両者の交流手段に関してはサポートしていない。今後はこうした具体的なインタラクションを支援するような工夫を行っていきたいと考えている。

第7章 結論

本論文ではライブカメラの注視情報を利用し、分散環境にあるグループメンバー間のアウェアネスを支援する手法について述べた。

まず、本研究ではアンケート調査とインタビューに基づきライブカメラの利用シーンや問題点を明確にした。企業のオフィスや研究室に設置されグループ間で運用されているライブカメラは、監視カメラなどとは明らかに異なる用途において利用され、離れた場所にいるグループメンバー間のアウェアネスを支援するツールとして有効に活用されている。一方で、モニタされる側にとっては監視カメラと大差ない存在として捉えられていることがわかった。

本研究では前述した知見から、ライブカメラの用途を拡張し問題点を解決する注視情報の伝達というアプローチの有用性を明らかにした。さらに、押し付けがましくなく、離れた場所にいるグループメンバーに同室感を提供することを目指し、共用ディスプレイ上に注視情報を表示するという新しい注視情報提示手法を提案した。提案手法による視線の伝達は周辺視により“なんとなく”実現される。そして従来手法に比べて複数メンバーがカメラにアクセスしている状態でも誰がカメラを操作しているかわかる点、お互いに同じものを注視する共同注視が実現できる点などが特徴である。本研究では注視情報の表現において幾つかのバリエーションを考案し、それらをもとにプロトタイプシステムを構築した。

また、本研究では提案手法による注視情報の伝達や表示タイプの違いによるカメラの印象への影響を調査するための実験を行った。この結果より、カメラ利用者の存在を身近に感じさせるためには顔画像の提示が有効であること、「どこを向いているかわかる」ような表現はカメラ利用者の意図を伝達し、被撮影者の「カメラ利用者に話しかけたい」という意識を向上させる点で有効であること、カメラへの抵抗感の緩和には表情の伝達が重要であることなどがわかった。

今後の展望として、実験より明らかになった知見をもとにシステムを改良していく予定である。特に、カメラへの抵抗感を緩和する上で重要とされた表情を伝達できるような実装を行う。また、本研究における実験は通常の生活のコンテキストからは切り離されて実施されたものであった。例えば、カメラ利用者側の立場から提案手法の効果を評価することを行っておらず、シチュエーションによる違いや座席配置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。

謝辞

本研究を進めるにあたり，指導教員であるシステム情報工学研究科田中二郎教授には終始懇切なご指導とご助言を頂きました．また，同じくシステム情報工学研究科三末和男准教授ならびに志築文太郎講師には大変有益な議論の機会を与えて頂きました．さらに，システム情報工学研究科高橋伸講師には研究内容に留まらず，日頃の進捗等に至るまでご指導頂きました．心より感謝申し上げます。

また，システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻高度 IT 人材育成のための実践的スペシャリスト専修プログラムにおいて，多方面に渡りご指導頂きました菊池純男教授，駒谷昇一教授の両名にはこの場を借りて深く感謝を申し上げたいと思います。

最後に，貴重な時間を割いて本研究のアンケート調査や実験に協力して下さった方々，システム情報工学研究科インタラクティブプログラミング研究室のメンバーの皆様，そして私を支えて下さった全ての方々に，この場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 石井 裕. CSCW とグループウェア - 協創メディアとしてのコンピュータ -. オーム社, 1994.
- [2] Paul Dourish, Sara Bly. Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group. Proceedings of the 1992 SIGCHI Conference on Human factors in computing systems (CHI'92), pp.541-547, 1992.
- [3] 松下 温, 岡田 謙一. コラボレーションとコミュニケーション. 共立出版, 1995.
- [4] Scott E. Hudson, Ian 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.
- [5] Micheal Boyle, Christopher Edwards, Saul Greenberg. The Effects of Filtered Video on Awareness and Privacy. Proceedings of the 2000 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'00), pp.1-10, 2000.
- [6] Suriyon Tansuriyavong, Shin-ichi 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.
- [7] Suriyon Tansuriyavong, Takayuki Suzuki, Somchart Chokchaitam, Masahiro Iwahashi. Privacy Conscious Video Communication System Based on JPEG2000. Proceedings of the International Workshop on Antenna Technology (iWAT'07), pp.50-55, 2007.
- [8] Jun Higuchi, Shin Takahashi, Jiro 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.
- [9] 原田 康德. 同室感通信. インタラクティブシステムとソフトウェア VI 日本ソフトウェア科学会 WISS'98 (安村 通晃 編), 近代科学社, pp.53-60, 1998.
- [10] 垂水 浩幸. グループウェアとその応用. 共立出版, 2000.
- [11] Robert S. Fish, Robert E. Kraut, Barbara L. Chalfonte. The VideoWindow System in Informal Communications. Proceedings of the 1990 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'90), pp.1-11, 1990.

- [12] 本田 新九郎, 富田 展也, 木村 尚亮, 大澤 隆治, 岡田 謙一, 松下 温. 作業中の集中度に応じた在宅勤務環境の提供—仮想オフィスシステム Valentine. 情報処理学会論文誌 Vol.39 No.5, pp.1472-1483, 1998.
- [13] 森川 治, 山下 樹里, 福井 幸男, 佐藤 滋. 柔らかい呼びかけをサポートする超鏡- . 情報処理学会 HI 研究会 88-5, pp.29-36, 2000.
- [14] Osamu Morikawa, Juli Yamashita, Yukio Fukui, Shigeru Sato. Soft Initiation in HyperMirror-II. Proceedings of the 11th IFIP TC13 International Conference on Human-Computer Interaction (INTERACT'01), pp.415-422, 2001.
- [15] Osamu Morikawa, Takanori Maesako. HyperMirror: Toward Pleasant-to-use Video-Mediated Communication System. Proceedings of the 1998 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work (CSCW'98), pp.149-158, 1998.
- [16] 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.
- [17] Hiroshi Ishii, Minoru Kobayashi, Jonathan Grudin. Integration of Interpersonal Space and Shared Workspace: ClearBoard Design and Experiments. In ACM Transactions on Information Systems (TOIS), Vol.11 No.4, pp.349-375, 1993.
- [18] 樋口 潤, 高橋 伸, 田中 二郎. ComeCam における 3D マスクオブジェクトを用いた情報提示手法. 情報処理学会第 70 回全国大会 vol4, pp.193-194, 2008.
- [19] Jun Higuchi, Shin Takahashi, Jiro Tanaka . A Technique for Displaying Presence Information on a Live Camera Image Using 3-D Mask Objects. Proceedings of the 8th Asia-Pacific Conference on Computer-Human Interaction (APCHI'08), pp.213-221, 2008.
- [20] Jeremy P. Birnholtz, Carl Gutwin, Gonzalo Ramos, Mark Watson. OpenMessenger: Gradual Initiation of Interaction for Distributed Workgroups. Proceeding of the 21th annual SIGCHI Conference on Human factors in computing systems (CHI'08), pp.1661-1664, 2008.
- [21] Hiroshi Ishii, Brygg Ullmer. Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human factors in computing systems (CHI'97), pp.234 - 241, 1997.
- [22] Hiroshi Ishii, Ali Mazalek, Jay Lee. Bottles as a Minimal Interface to Access Digital Information. Extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI'01), pp.187-188, 2001.
- [23] Hiroshi Ishii, Sandia Ren, Phil Frei. Pinwheels: Visualizing Information Flow in an Architectural Space. Extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI'01), pp.111-112, 2001.

- [24] Johanna Brewer, Amanda Williams, Paul Dourish. Nimio: An Ambient Awareness Device. Demonstration at the European Conference on Computer-Supported Cooperative Work (ECSCW), pp.18-22, 2005.
- [25] Johanna Brewer, Amanda Williams, Paul Dourish. A Handle on What's Going On: Combining Tangible Interfaces and Ambient Displays for Collaborative Groups. Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI'07), pp.3-10, 2007.
- [26] Jin-Yung Park, Tek-Jin Nam. Dynamic Design Elements for the Peripheral Interaction of Ambient Media. Extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI'08), pp.3717-3722, 2008.
- [27] Jaroslav Tyman, Elaine M. Huang. Intuitive Visualizations of Presence and Recency Information for Ambient Displays. Extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI'03), pp.1002-1003, 2003.
- [28] 清水 健, 山下 邦弘, 西本 一志, 國藤 進. キャラクターエージェントを用いた個人作業状況ウェアネスを提供するシステムの構築. 人工知能学会全国大会, 2004.
- [29] Carman Neustaedter, Saul Greenberg. The Design of a Context-Aware Home Media Space. Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Computing (UBICOMP'03), pp.297-314, 2003.
- [30] Takehiko Ohno. Weak Gaze Awareness in Video-Mediated Communication. Extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI'05), pp.1709-1712, 2005.
- [31] 田中 敏. 実践心理データ解析 問題の発想・データ処理・論文の作成. 新曜社, 1996.

付録A: アンケート回答用紙・実験用資料

- ライブカメラ利用に関するアンケート回答用紙..... 70
- 実験事前説明用配布資料..... 71
- 実験アンケート回答用紙..... 73

ライブカメラ利用に関するアンケート

※ アンケートに回答頂いた事項は研究目的以外で利用されることはありません
また、結果を公開する際には個人を特定するような情報は含めません

- 年齢： （ ） 歳
- 現在のカメラからあなたの席までの距離： （ 遠い ・ やや遠い ・ 普通 ・ やや近い ・ 近い ）

Q1. あなたはどのくらいの期間、ライブカメラが設置されている部屋で研究活動を行ってきましたか
のべ（ ）年（ ）ヵ月

Q2. あなたは平均してどれくらいの頻度でライブカメラを利用しますか
約（ ）h / 日 （1日にブラウザを起動している時間）
約（ ）回 / 日 （1日にブラウザを起動した回数）

Q3. あなたはどのような目的でライブカメラを利用しますか（複数回答可）

- ・ ある人が部屋にいるかどうか確認するため

（ 主な利用シーン：

例）書類を渡しに行きたいとき、内線をかけたいとき、など ）

- ・ ある人が忙しいかどうか確認するため

（ 主な利用シーン：

例）チャットをしたいとき、食事に誘いたいとき、など ）

- ・ 特に理由はないが、ただ何となく
- ・ 部屋で1人になって寂しいと感じたとき
- ・ ライブカメラを利用したことはない
- ・ その他（ ）

Q4. あなたは現在運用されているライブカメラに対して不満はありますか（どちらか1つに○）

- ・ ある

（ 具体的に：

例）集中して論文を書いているときにカメラに見られると腹がたつ、など ）

- ・ ない

＜アンケートは以上です、ご協力ありがとうございました＞

ライブカメラの注視情報提示手法に関する実験

- 実験の目的
 - ライブカメラの注視情報（誰がどのようにカメラを見ているかという情報）を被撮影者に提示することによって、カメラに対する印象や個人作業にどのような影響を与えるか調査する
- 実験の方法
 - 実験は約5分×6セットで行います
 - 実験中はSB1024にいるような状況を想定していつも通り作業を行って下さい
 - 実験中、あるシナリオに沿って実験者（樋口）がカメラを操作します
 - ◇ 実際にあるIPLABメンバが外からライブカメラにアクセスしているような状況を想定して下さい
 - ◇ 今回の実験では最大4名のメンバがカメラにアクセスします
 - ◇ 実験中はセット毎に以下のようなカメラ操作が必ず行われます
 1. カメラにログイン・ログアウトする
 2. 適当に部屋を眺めまわす
 3. 被験者をフォーカスする
 - 今回利用するライブカメラはAXIS 212 PTZ（魚眼レンズのカメラ）で、プラズマディスプレイの上部に設置します
 - ◇ AXIS 212 PTZ は一目で部屋全体を見渡したり、いつものPTZカメラと同様にパン・チルト・ズーム操作をすることにより、特定の場所をフォーカスしたりすることが可能です
 - ◇ パン・チルト・ズーム操作はいつものPTZカメラと違って見た目ではわかりません
 - カメラ下のプラズマディスプレイにカメラ利用者の注視情報を表示します
 - セット終了毎に注視情報の表示タイプを切り替えます（各タイプの詳細は次ページ参照）
 - 全セット終了毎にアンケートを実施しますので、回答をお願いします

【注意】

- ※ まだ実験を行っていないメンバと実験内容に関する話をしないようにして下さい
- ※ 実験中は樋口が部屋の隅で実験の様子を観察していますが、あまり気にしないようにして下さい

＜ご不明な点がございましたらお気軽に樋口までお尋ね下さい＞

- 各表示タイプの説明（実験前に必ずお読み下さい）
 - （共通機能）
 - ✧ カメラにログインした際、およびカメラからログアウトした際に効果音（ノック音、ドアの開閉音）を再生します
 - ✧ パン・チルト・ズーム操作が行われる毎に効果音を再生します

- 1. 情報表示なしタイプ
 - ✧ 特に何も表示しません

- 2. 文字表示タイプ
 - ✧ 現在カメラにアクセスしているメンバの名前とカメラのズームレベルを文字で表示します
 - ✧ カメラを操作してから時間が経つにつれて、名前の色が暗くなります

- 3. アバタ表示タイプ（向きなし）
 - ✧ カメラにアクセスしているメンバに対応したアバタを表示します
 - ✧ ズーム操作を行うとアバタがアップになります
 - ✧ カメラを操作してから時間が経つにつれて、アバタが透明になります

- 4. 顔画像表示タイプ（向きなし）
 - ✧ カメラにアクセスしているメンバの顔画像を表示します
 - ✧ ズーム操作を行うと顔画像がアップになります
 - ✧ カメラを操作してから時間が経つにつれて、顔画像の色が暗くなります

- 5. アバタ表示タイプ（向きあり）
 - ✧ 「3. アバタ表示タイプ（向きなし）」の拡張バージョンで、カメラがフォーカスしている方向に合わせてアバタが向きを変えます

- 6. 顔画像表示タイプ（向きあり）
 - ✧ 「4. 顔画像表示タイプ（向きなし）」の拡張バージョンで、カメラがフォーカスしている方向に合わせた向きの顔画像が表示されます

● 情報提示なしタイプについてお聞きします

I カメラに対する印象について		全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
1	カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした	1	2	3	4
2	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	1	2	3	4
3	カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした	1	2	3	4
4	カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった	1	2	3	4
5	カメラ利用者と話をしたいと感じられた	1	2	3	4
6	カメラに対して不安感をもつことはなかった	1	2	3	4

II 何か気付いた点や思ったことがありましたら 自由に記述して下さい

- 文字表示タイプについてお聞きします

Now Login Users :

fuchi
masaki
shin
higuchi

Zoom Level : 58

I カメラに対する印象について

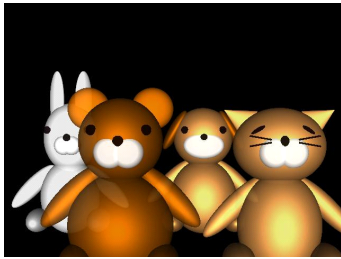
	全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
1 カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした	1	2	3	4
2 ライブカメラを監視カメラのように感じることはなかった	1	2	3	4
3 カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした	1	2	3	4
4 カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった	1	2	3	4
5 カメラ利用者と話をしたいと感じられた	1	2	3	4
6 カメラに対して不安感をもつことはなかった	1	2	3	4

II 情報提示手法について

	全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
7 誰がカメラを操作しているのかよくわかった	1	2	3	4
8 どれくらいズームして見ているのかよくわかった	1	2	3	4
9 カメラを操作してからどれくらい時間が経っているのかよくわかった	1	2	3	4
10 情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった	1	2	3	4
11 情報提示が煩わしく感じられることはなかった	1	2	3	4
12 誰がカメラを見ているのかよくわかった	1	2	3	4
13 画面のレイアウトや大きさは適切だと思った	1	2	3	4
14 この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った	1	2	3	4

**III 何か気付いた点や思ったことがありましたら
自由に記述して下さい**

● アバタ表示タイプ（向きなし）についてお聞きします



I カメラに対する印象について		全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
1	カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした	1	2	3	4
2	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	1	2	3	4
3	カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした	1	2	3	4
4	カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった	1	2	3	4
5	カメラ利用者と話をしたいと感じられた	1	2	3	4
6	カメラに対して不安感をもつことはなかった	1	2	3	4

II 情報提示手法について		全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
7	誰がカメラを操作しているのかよくわかった	1	2	3	4
8	どれくらいズームして見ているのかよくわかった	1	2	3	4
9	カメラを操作してからどれくらい時間が経っているのかよくわかった	1	2	3	4
10	情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった	1	2	3	4
11	情報提示が煩わしく感じられることはなかった	1	2	3	4
12	誰がカメラを見ているのかよくわかった	1	2	3	4
13	画面のレイアウトや大きさは適切だと思った	1	2	3	4
14	この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った	1	2	3	4

III 何か気付いた点や思ったことがありましたら 自由に記述して下さい	

● 顔画像表示タイプ（向きなし）についてお聞きします

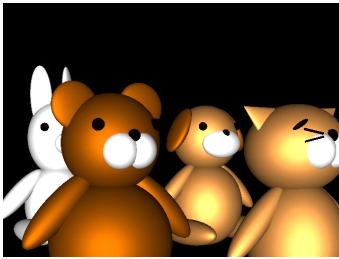


Ⅰ カメラに対する印象について		全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
1	カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした	1	2	3	4
2	ライブカメラを監視カメラのように感じることはなかった	1	2	3	4
3	カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした	1	2	3	4
4	カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった	1	2	3	4
5	カメラ利用者と話をしたいと感じられた	1	2	3	4
6	カメラに対して不安感をもつことはなかった	1	2	3	4

Ⅱ 情報提示手法について		全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
7	誰がカメラを操作しているのかよくわかった	1	2	3	4
8	どれくらいズームして見ているのかよくわかった	1	2	3	4
9	カメラを操作してからどれくらい時間が経っているのかよくわかった	1	2	3	4
10	情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった	1	2	3	4
11	情報提示が煩わしく感じられることはなかった	1	2	3	4
12	誰がカメラを見ているのかよくわかった	1	2	3	4
13	画面のレイアウトや大きさは適切だと思った	1	2	3	4
14	この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った	1	2	3	4

Ⅲ 何か気付いた点や思ったことがありましたら 自由に記述して下さい	

● アバタ表示タイプ（向きあり）についてお聞きします



I カメラに対する印象について

	全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
1 カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした	1	2	3	4
2 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	1	2	3	4
3 カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした	1	2	3	4
4 カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった	1	2	3	4
5 カメラ利用者と話をしたいと感じられた	1	2	3	4
6 カメラに対して不安感をもつことはなかった	1	2	3	4

II 情報提示手法について

	全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
7 視線を向けられた際に嫌な感じがすることはなかった	1	2	3	4
8 現実の人間に見られているような感じがした	1	2	3	4
9 カメラの視線を自然に感じ取ることができた	1	2	3	4
10 情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった	1	2	3	4
11 情報提示が煩わしく感じられることはなかった	1	2	3	4
12 どの方向を見ているのかよくわかった	1	2	3	4
13 画面のレイアウトや大きさは適切だと思った	1	2	3	4
14 この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った	1	2	3	4

III 何か気付いた点や思ったことがありましたら
自由に記述して下さい

● 顔画像表示タイプ（向きあり）についてお聞きします



I カメラに対する印象について

	全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
1 カメラ利用者の意図や表情が伝わってきた感じがした	1	2	3	4
2 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	1	2	3	4
3 カメラ利用者と同じ部屋にいる感じがした	1	2	3	4
4 カメラに見られるのが嫌だとは思わなかった	1	2	3	4
5 カメラ利用者と話をしたいと感じられた	1	2	3	4
6 カメラに対して不安感をもつことはなかった	1	2	3	4

II 情報提示手法について

	全く そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	非常に そう思う
7 視線を向けられた際に嫌な感じがすることはなかった	1	2	3	4
8 現実の人間に見られているような感じがした	1	2	3	4
9 カメラの視線を自然に感じ取ることができた	1	2	3	4
10 情報提示が作業の邪魔になったりすることはなかった	1	2	3	4
11 情報提示が煩わしく感じられることはなかった	1	2	3	4
12 どの方向を見ているのかよくわかった	1	2	3	4
13 画面のレイアウトや大きさは適切だと思った	1	2	3	4
14 この提示手法はコミュニケーション支援に適していると思った	1	2	3	4

III 何か気付いた点や思ったことがありましたら
自由に記述して下さい

付録B: 実験における得点・分析の結果

● 得点結果一覧表	80
● 分散分析表	81
● 多重比較の結果	87
● 交互作用における単純主効果検定の結果	89

※ 得点結果一覧表の見方

M = Mean: 平均

SD = Standard Deviation: 標準偏差

※ 分散分析表の見方

S.V. = Source of Variance: 分散が生じる要因

S = Subject: 被験者

SS = Sum of Square: 平方和

df = degree of freedom: 自由度

MS = Mean Square: 平均平方

F = F-ratio: F 比

p = probabry: 確率

分類	No.		a) 提示なし	b) 文字	c) アバタ (向きなし)	d) アバタ (向きあり)	e) 顔画像 (向きなし)	f) 顔画像 (向きあり)
A-1	1	M	1.182	1.545	2.273	3.000	1.545	3.364
		SD	0.386	0.656	0.617	0.853	0.498	0.643
	2	M	1.091	1.091	2.182	2.091	2.364	3.273
		SD	0.287	0.656	0.716	0.668	0.481	0.617
	3	M	1.273	1.636	2.182	2.636	3.000	3.273
		SD	0.617	0.643	0.716	0.881	0.739	0.617
A-2	4	M	2.182	2.545	2.727	2.818	2.909	2.818
		SD	1.029	0.891	0.862	0.716	0.793	1.029
	5	M	2.364	2.273	3.091	3.000	2.727	2.636
		SD	0.771	0.617	0.668	0.853	0.617	1.068
	6	M	2.182	2.364	3.000	3.000	2.455	2.727
		SD	1.113	1.068	0.739	0.739	0.782	0.962
B-1	7	M	-	2.909	3.000	2.818	2.727	2.727
		SD	-	0.793	0.603	0.575	0.445	0.750
	8	M	-	3.182	3.091	2.727	2.545	2.545
		SD	-	0.575	0.668	0.862	0.782	0.998
B-2a	9	M	-	3.045	2.727	-	3.727	-
		SD	-	0.542	0.962	-	0.617	-
	10	M	-	2.545	2.727	-	3.000	-
		SD	-	1.157	0.750	-	0.953	-
	11	M	-	2.364	2.091	-	3.091	-
		SD	-	0.881	0.668	-	0.793	-
	12	M	-	2.273	2.909	-	2.636	-
		SD	-	0.862	0.793	-	0.771	-
	13	M	-	2.909	3.364	-	3.000	-
		SD	-	0.668	0.643	-	0.739	-
	14	M	-	1.818	2.545	-	2.727	-
		SD	-	0.716	0.988	-	0.617	-
B-2b	15	M	-	-	-	3.909	-	3.727
		SD	-	-	-	0.287	-	0.445
	16	M	-	-	-	2.182	-	3.727
		SD	-	-	-	0.575	-	0.617
	17	M	-	-	-	2.188	-	2.455
		SD	-	-	-	0.833	-	0.891
	18	M	-	-	-	3.091	-	3.273
		SD	-	-	-	0.668	-	0.617
	19	M	-	-	-	3.545	-	3.273
		SD	-	-	-	0.656	-	0.750
	20	M	-	-	-	2.909	-	3.455
		SD	-	-	-	0.900	-	0.498

分析 1-1

A = 表示タイプ: a) 情報提示なし, b) 文字, c) アバタ (向きなし), e) 顔画像 (向きなし)

分類	No.	S.V.	SS	df	MS	F	p
A-1	1	A	6.9090909	3	2.3030303	6.847	0.0012**
		S	3.1818182	10	0.3181818		
		A x S	10.0909091	30	0.3363636		
		Total	20.1818182	43			
	2	A	15.5454545	3	5.1818182	19.543	0.0001** ¹
		S	2.0454545	10	0.2045455		
		A x S	7.9545455	30	0.2651515		
		Total	25.5454545	43			
	3	A	18.6136364	3	6.2045455	14.730	0.0001** ¹
		S	7.7272727	10	0.7727273		
		A x S	12.6363636	30	0.4212121		
		Total	38.9772727	43			
A-2	4	A	3.1818182	3	1.0606061	1.737	0.1806
		S	17.1363636	10	1.7136364		
		A x S	18.3181818	30	0.6106061		
		Total	38.6363636	43			
	5	A	4.6136364	3	1.5378788	3.048	0.0438*
		S	4.6818182	10	0.4681818		
		A x S	15.1363636	30	0.5045455		
		Total	24.4318182	43			
	6	A	4.0909091	3	1.3636364	2.108	0.1202
		S	19.5000000	10	1.9500000		
		A x S	19.4090909	30	0.6469697		
		Total	43.0000000	43			

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)

¹実際には 0.0001 よりも小さい

分析 1-2

A = 表示タイプ: b) 文字, c) アバタ (向きなし), e) 顔画像 (向きなし)

分類	No.	S.V.	SS	df	MS	F	p
B-1	7	A	0.4242424	2	0.2121212	0.560	0.5799
		S	5.5151515	10	0.5515152		
		A x S	7.5757576	20	0.3787879		
		Total	13.5151515	32			
	8	A	2.6060606	2	1.3030303	4.300	0.0280*
		S	9.2121212	10	0.9212121		
		A x S	6.0606061	20	0.3030303		
		Total	17.8787879	32			
B-2a	9	A	5.7424242	2	2.8712121	4.749	0.0205*
		S	5.5000000	10	0.5500000		
		A x S	12.0909091	20	0.6045455		
		Total	23.3333333	32			
	10	A	1.1515152	2	0.5757576	0.611	0.5527
		S	12.0606061	10	1.2060606		
		A x S	18.8484848	20	0.9424242		
		Total	32.0606061	32			
	11	A	5.8787879	2	2.9393939	5.449	0.0129*
		S	9.5757576	10	0.9575758		
		A x S	10.7878788	20	0.5393939		
		Total	26.2424242	32			
	12	A	2.2424242	2	1.1212121	2.298	0.1264
		S	11.8787879	10	1.1878788		
		A x S	9.7575758	20	0.4878788		
		Total	23.8787879	32			
	13	A	1.2727273	2	0.6363636	1.892	0.1768
		S	8.7272727	10	0.8727273		
		A x S	6.7272727	20	0.3363636		
		Total	16.7272727	32			
	14	A	5.0909091	2	2.5454545	4.667	0.0217*
		S	9.6363636	10	0.9636364		
		A x S	10.9090909	20	0.5454545		
		Total	25.6363636	32			

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)

分析 2-1 (1)

A = 表示タイプ: アバタ, 顔画像

B = 向きの有無: なし, あり

分類	No.	S.V.	SS	df	MS	F	p
A-1	1	S	10.9090909	10	1.0909091		
		A	0.3636364	1	0.3636364	1.000	0.3409
		A x S	3.6363636	10	0.3636364		
		B	17.8181818	1	17.8181818	56.000	0.0001** 1
		B x S	3.1818182	10	0.3181818		
		A x B	3.2727273	1	3.2727273	18.947	0.0014**
		A x B x S	1.7272727	10	0.1727273		
		Total	40.9090909	43			
	2	S	5.7272727	10	0.5727273		
		A	5.1136364	1	5.1136364	9.073	0.0131*
		A x S	5.6363636	10	0.5636364		
		B	1.8409091	1	1.8409091	6.328	0.0306*
		B x S	2.9090909	10	0.2909091		
		A x B	2.7500000	1	2.7500000	9.167	0.0127*
		A x B x S	3.0000000	10	0.3000000		
		Total	26.9772727	43			
	3	S	10.7272727	10	1.0727273		
		A	5.8181818	1	5.8181818	7.111	0.0236*
		A x S	8.1818182	10	0.8181818		
		B	1.4545455	1	1.4545455	5.714	0.0379*
		B x S	2.5454545	10	0.2545455		
		A x B	0.0909091	1	0.0909091	0.312	0.5884
		A x B x S	2.9090909	10	0.2909091		
		Total	31.7272727	43			

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)

分析 2-1 (2)

A = 表示タイプ: アバタ, 顔画像

B = 向きの有無: なし, あり

分類	No.	S.V.	SS	df	MS	F	p
A-2	4	S	12.5454545	10	1.2545455		
		A	0.0909091	1	0.0909091	0.092	0.7682
		A x S	9.9090909	10	0.9909091		
		B	0.0000000	1	0.0000000	0.000	1.0000
		B x S	6.0000000	10	0.6000000		
		A x B	0.0909091	1	0.0909091	0.233	0.6400
		A x B x S	3.9090909	10	0.3909091		
		Total	32.5454545	43			
	5	S	11.1818182	10	1.1181818		
		A	1.4545455	1	1.4545455	1.159	0.3069
		A x S	12.5454545	10	1.2545455		
		B	0.0909091	1	0.0909091	0.476	0.5059
		B x S	1.9090909	10	0.1909091		
		A x B	0.0000000	1	0.0000000	0.000	1.0000
		A x B x S	4.0000000	10	0.4000000		
		Total	31.1818182	43			
	6	S	5.9090909	10	0.5909091		
		A	1.8409091	1	1.8409091	1.324	0.2767
		A x S	13.9090909	10	1.3909091		
		B	0.2045455	1	0.2045455	0.312	0.5884
		B x S	6.5454545	10	0.6545455		
		A x B	0.2045455	1	0.2045455	0.804	0.3911
		A x B x S	2.5454545	10	0.2545455		
		Total	31.1590909	43			

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)

分析 2-1 (3)

A = 表示タイプ: アバタ, 顔画像

B = 向きの有無: なし, あり

分類	No.	S.V.	SS	df	MS	F	p
B-1	7	S	6.5454545	10	0.6545455		
		A	0.3636364	1	0.3636364	1.000	0.3409
		A x S	3.6363636	10	0.3636364		
		B	0.0909091	1	0.0909091	0.233	0.6400
		B x S	3.9090909	10	0.3909091		
		A x B	0.0909091	1	0.0909091	0.476	0.5059
		A x B x S	1.9090909	10	0.1909091		
		Total	16.5454545	43			
	8	S	19.7272727	10	1.9727273		
		A	1.4545455	1	1.4545455	5.714	0.0379*
		A x S	2.5454545	10	0.2545455		
		B	0.3636364	1	0.3636364	0.548	0.4762
		B x S	6.6363636	10	0.6636364		
		A x B	0.3636364	1	0.3636364	2.222	0.1669
		A x B x S	1.6363636	10	0.1636364		
		Total	32.7272727	43			

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)

分析 2-2

A = 表示タイプ: d) アバタ (向きあり), f) 顔画像 (向きあり)

分類	No.	S.V.	SS	df	MS	F	p
B-2b	15	A	0.1818182	1	0.1818182	2.222	0.1669
		S	2.2727273	10	0.2272727		
		A x S	0.8181818	10	0.0818182		
		Total	3.2727273	21			
	16	A	13.1363636	1	13.1363636	55.577	0.0001** ¹
		S	5.4545455	10	0.5454545		
		A x S	2.3636364	10	0.2363636		
		Total	20.9545455	21			
	17	A	0.7272727	1	0.7272727	1.000	0.3409
		S	9.0909091	10	0.9090909		
		A x S	7.2727273	10	0.7272727		
		Total	17.0909091	21			
	18	A	0.1818182	1	0.1818182	0.645	0.4405
		S	6.2727273	10	0.6272727		
		A x S	2.8181818	10	0.2818182		
		Total	9.2727273	21			
	19	A	0.4090909	1	0.4090909	1.000	0.3409
		S	6.8181818	10	0.6818182		
		A x S	4.0909091	10	0.4090909		
		Total	11.3181818	21			
	20	A	1.6363636	1	1.6363636	3.750	0.0816 [†]
		S	7.2727273	10	0.7272727		
		A x S	4.3636364	10	0.4363636		
		Total	13.2727273	21			

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)

分析 1-1

a) 情報提示なし, b) 文字, c) アバタ (向きなし), e) 顔画像 (向きなし)

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)

	a	b	c	e
a		n.s.	< **	n.s.
b			< **	n.s.
c				> **
e				

質問 No.1

	a	b	c	e
a		n.s.	< **	< **
b			< **	< **
c				n.s.
e				

質問 No.2

	a	b	c	e
a		n.s.	< **	< **
b			< †	< **
c				< **
e				

質問 No.3

	a	b	c	e
a		n.s.	< *	n.s.
b			< *	n.s.
c				n.s.
e				

質問 No.5

分析 1-2

b) 文字, c) アバタ (向きなし), e) 顔画像 (向きなし)

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)

	b	c	e
b		n.s.	> *
c			> *
e			

質問 No.8

	b	c	e
b		n.s.	< †
c			< **
e			

質問 No.9

	b	c	e
b		n.s.	< *
c			< **
e			

質問 No.11

	b	c	e
b		< *	< **
c			< **
e			

質問 No.14

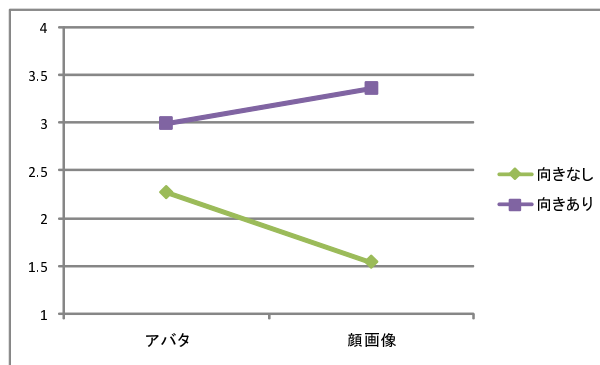
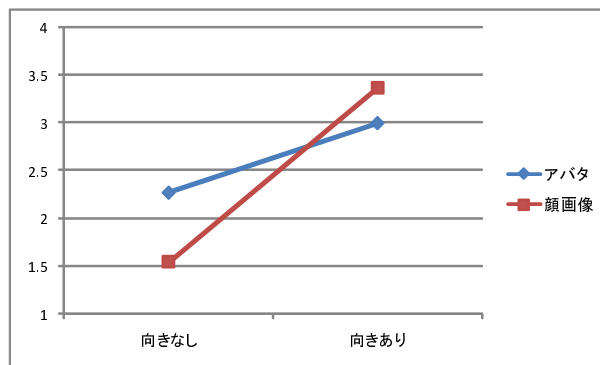
分析 2-1(1)

A(2) = 表示タイプ (1 = アバタ, 2 = 顔画像)

B(2) = 向きの有無 (1 = なし, 2 = あり)

分類	No.	S.V.	SS	df	MS	F	p
A-1	1	A at B1	2.9090909	1	2.9090909	10.847	0.0036**
		A at B2	0.7272727	1	0.7272727	2.712	0.1152
		error		20	0.2681818		
		B at A1	2.9090909	1	2.9090909	11.852	0.0026**
		B at A2	18.1818182	1	18.1818182	74.074	0.0001** ¹
		error		20	0.2454545		

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)



分析 2-1(2)

A(2) = 表示タイプ (1 = アバタ, 2 = 顔画像)

B(2) = 向きの有無 (1 = なし, 2 = あり)

分類	No.	S.V.	SS	df	MS	F	p
A-1	2	A at B1	0.1818182	1	0.1818182	0.421	0.5238
		A at B2	7.6818182	1	7.6818182	17.789	0.0004**
		error		20	0.4318182		
		B at A1	0.0454545	1	0.0454545	0.154	0.6990
		B at A2	4.5454545	1	4.5454545	15.385	0.0008**
		error		20	0.2954545		

(n = 11; †: p<0.10, *: p<0.05, **: p<0.01)

