

視線の向きを表現可能な2画面積層表示を用いた テレビ会議システムの提案

磯 和之^{†1} 伊達 宗和^{†1} 高田 英明^{†1}
安藤 康子^{†1} 松浦 宣彦^{†1}

我々は、遠隔から会議に参加したとしても、あたかもその場にいるかのように会議ができるテレビ会議システムの実現を目指している。本研究では、遠隔にいる参加者の視線の方向や顔の向きが、他の参加者へ自然と伝わる機能を実現するため、2画面積層表示を用いた代理参加型会議端末を開発している。実験の結果、2画面積層表示は、人間の正面顔を表示した場合に、目があっていると感ずる範囲を、約17°に制限することができる。これは、小規模な会議室であれば、参加者1人分の範囲に相当し、会議室の中にいる特定の参加者に対し、顔や視線の向きを表現するのに十分な指向性を持つと考えられる。また前後面に表示されている映像を、左右にずらすことによって目があうと感ずられる方向を制御できることが確認された。さらに、これらの特徴を応用してリアルタイムに会議が可能な実験用プロトタイプシステムを構築したので報告する。

Proposal of Video Conference System with Gaze Direction Display Using a Stack Two Screens

KAZUYUKI ISO,^{†1} MUNEKAZU DATE,^{†1} HIDEAKI TAKADA,^{†1}
YASUKO ANDO^{†1} and NORIHIKO MATSUURA^{†1}

A new video conference system, that can provide information of participants in a remote location such as real conference, is proposed. A special display that consists of a stack of two screens can represent directions of remote participants' faces and gazes. We have developed prototype video conference terminal using this display and achieved 17 degree directivity for eye contact.

1. はじめに

我々は、遠隔から会議に参加したとしても、あたかもその場にいるかのように会議ができるテレビ会議システムの実現を目指している。本研究では、図1のように遠隔からの参加者の顔がどちらを向いていて、誰と話をしているのかを、会話をしている二者だけでなく、その他の参加者にも自然と伝わるような会議システムを実現したいと考えている。

近年、高速ネットワーク環境の普及や映像符号化技術の進歩、高解像度のディスプレイの低価格化などによって、高い画質の映像の伝送が可能なテレビ会議システムが実現されるようになり、今後より高精細な映像通信を行うための技術は発展していくものと考えられる。その一方、映像はあくまで二次元ディスプレイに表示されているため、視線一致を目的として、カメラ目線で撮影された映像では、ディスプレイの前にいるすべての人間が視線があうと感ずてしまい、カメラの方向を向いていない映像では、誰に対しても視線があわないという状況となる。これは、いわゆるモナリザ効果と呼ばれるものであり、モナリザの絵画をどの方向から見ても視線を自分に向けられていると感ずたり、ニュースキャスタの映像を見ている視聴者が自分の方に向けて語りかけられていると感ずると同じことである。つまり、現在の二次元ディスプレイを用いたテレビ会議システムでは、普通の会議室で行われているように、「誰が誰に向かって話しかけているのか」や、「誰の方向を向いて話を聞いているのか」などについて、視線の方向や顔の向きなどから、正しく認識することができない。そこで、我々は、視線や顔の向きの伝達のために、次の3つの要素を実現する必要があると考えている。

- (1) 指向性のある映像表示：遠隔から参加している参加者と、特定の方向にいる参加者のみ目があっていると感ずられること。
- (2) 第三者的な視点における指向性の認識：遠隔から参加している参加者の視線や、顔の向きは、会議室にいるすべての人間が認識できること。
- (3) 方向の制御：遠隔から参加している参加者の視線、顔の向きは制御可能であること。

我々は、この3つの要素を実現するために、2画面積層表示を用いることを提案する。実験の結果、2画面積層表示を用いることによって、自分を見ていると感ずる範囲が平均で約17°程度に制限することができた。また、2画面積層表示を用いた代理参加型の会議端末の

^{†1} 日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所
NTT Cyber Space Laboratories, NTT Corporation



図1 将来的なシステムイメージ
Fig. 1 An ideal image of proposed system.

実験用プロトタイプを構築したので報告する。

2. 従来研究

人間の対話を対象としたコミュニケーションの研究において、文字、言葉による情報の伝達のみでなく、表情、身振り、手振りなどノンバーバルな情報の伝達は重要と考えられている。顔の向きや視線の方向は会話の相手や興味の対象などの情報の伝達に使われ、会議の場においても重要な情報を伝達していると考えられている¹⁾。

従来より、映像を用いた遠隔コミュニケーションにおいても、視線の伝達や視線一致の実現は、重要な課題と考えられており、視線一致が可能な映像の撮像方法や複数の参加者の顔の向きや視線の向きを表現するための手法などが、多く提案されている²⁾⁻⁶⁾。しかし、これらの研究においても、平面的なディスプレイに、遠隔にいる参加者の映像を表示する。そのため、ディスプレイの前に複数の参加者がいた場合に、映像に表示されている参加者とディスプレイの前にいる参加者全員が個別に視線を一致させることはできない。つまり、ディスプレイの前には、参加者が1人であることが前提となる。また、離れた場所の幾何的な構造を同一にすることによって、あたかも同じ空間においてコミュニケーションを行う方法も提

案されている⁷⁾。幾何的な構造が一致することで、自然と視線や顔の向きの伝達が可能となることを目指しているが、現在提案されているシステムでは、二次元的な映像を利用しているため、ディスプレイの前にいる複数の参加者全員が個別に視線を一致させることはできない。

そこで、顔の向いている方向を複数の人間に伝達するために、平面ディスプレイを、移動可能なロボットの上に複数設置する方法⁸⁾が考えられる。このシステムでは、ディスプレイの向きによって、顔の向いている方向を表現している。しかし、平面的な映像だけでは、目があっていると感じる範囲を制限することはできない。

さらに、方向別に異なる映像を表示する取り組みがある。再帰性反射スクリーンと複数のプロジェクタを利用する方法⁹⁾では、1つのスクリーン面で複数の方向に異なる映像を表現することが可能である。スクリーンの前に、複数いる人間がそれぞれ異なる映像を見ることができ。現状においては、表示可能な方向の数が少なく、細かな顔の向きなどを表現することは難しいが、より方向数の多いディスプレイの研究もあり、将来的には、より細かな視線や顔の方向を表現できる可能性がある。しかし、テレビ会議システムを実現するためには、その方向数分の映像の撮像や伝送が必要となり、コミュニケーションシステムとして実現するには不利な面がある。

一方で、ロボットの頭部を使って、顔の向きを表現する取り組み¹⁰⁾もされている。ロボットの胴体部分に遠隔地にいる参加者の顔の映像を表示するディスプレイを設置し、参加者の顔の方向は、ディスプレイとは別にロボットの頭部の回転を使って実現されている。物理的なロボットの頭部を使うことで、顔の向きを容易に表現している。しかし、顔の表情などを伝える映像と顔の向きは別の部位で表現されているため、対話をする相手側の人間は、胸部のディスプレイとロボットの頭部を交互に見ることとなる。これは、人同士の対話では本来発生しない視線の動きである。あたかも対面しているような感覚のコミュニケーションを実現するためには、顔の表情などの伝達と、顔の向きは同一の部位で表現されるべきである。

3. 視線方向の表示特性の評価実験

3.1 2画面積層表示による視線方向の表現方法について

2画面積層表示を用いた、視線および顔の向きの表現方法について説明する。2画面積層表示は、構造的にはDFD表示方式¹¹⁾と同一の構造であり、2枚のディスプレイの映像を一定の間隔を空け積層して表示し、前の面と後ろの面に対して奥行きに比例した輝度の配分によって、立体的な映像を表示する。今回提案するプロトタイプシステムでは、顔の奥行き

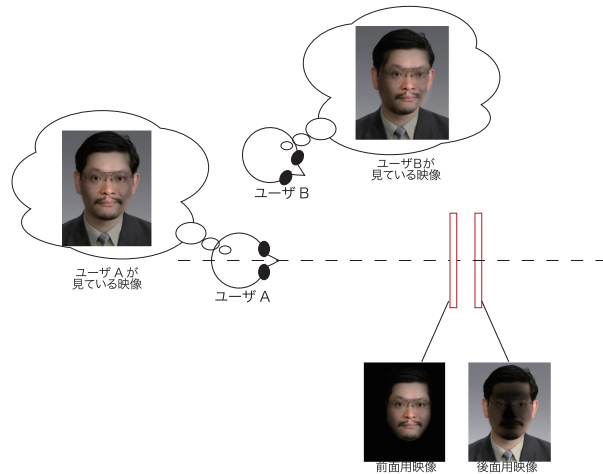


図 2 2 画面積層表示による顔の向き表現

Fig. 2 Represent gaze and face direction using a stack two screens.

は、赤外線を用いた 3 次元距離測定カメラを用いて取得している。

正面方向を見ている顔の画像を、図 2 のように、前面と後面を重ねて表示する。ユーザ A の位置では、前面と後面の積層された映像がきちんと重なる方向となるため、ユーザ A からは、自分の方を向いているように感じられる。

一方、ユーザ B の位置からは、図 2 中で示したように前面映像と後面映像の中心が少しずれて重なって見える。人の顔の画像を表示している場合には、目や鼻の位置がやや左の方向へずれ、右のほほの部分の面積などがやや広く、左のほほの部分の面積などはやや狭く見える。その結果、ユーザ B の位置から見える顔の画像は、やや左の方を向いているように感じられる。

次に、視線や顔の向いている方向の制御について述べる。図 3 のように、後面に表示されている映像の表示位置をずらし、前面と後面の中心軸を結んだ線が、ユーザ B に向くようにする。このとき、ユーザ B の位置からは、立体的かつ正面を向いた顔として見る事ができ、ユーザ B は自分の方を向いているように感じる。一方、ユーザ A の位置から見ると、目や鼻の位置がずれ、左右のほほの部分の面積などが変化するため、表示されている顔がやや右の方を向いているように感じられる。つまり、映像の表示位置をずらすという操作によって、表示されている顔画像の視線や顔の向いている方向の感じ方を制御することが可

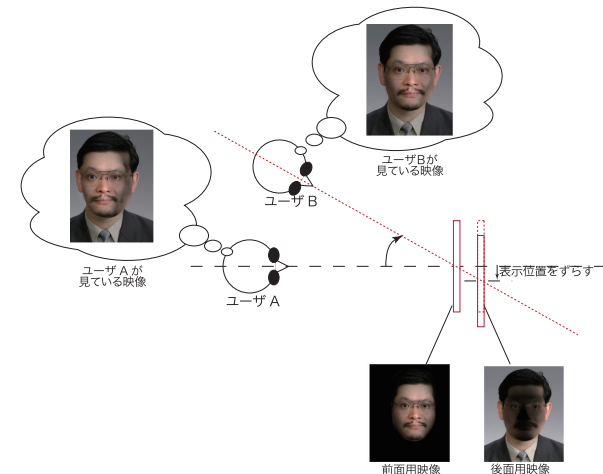


図 3 2 画面積層表示による顔の向き制御

Fig. 3 Control gaze and face direction using a stack two screens.

能となる。

我々は、2 画面積層表示の基本的な特性の評価を行うため、次の 3 つの実験を行った。被験者は、20 才代～50 才代の男女 12 名である。

- 視線があうと感じる方向は制限されるか、また視線があうと感じる範囲はどの程度かを確認するための実験 (実験 1)
- 後面の表示位置をずらすことによって、視線があうと感じる方向が制御可能かを確認するための実験 (実験 2)
- 後面の表示位置をずらすことによって、左右異なる方向を見せられた場合に、その視線方向が認識可能かを確認するための実験 (実験 3)

3.2 実験環境

実験環境の表示部は、図 4 のように 2 つのディスプレイを配置し、その間にハーフミラーを置いている。ハーフミラーは、前面用 LCD の映像を反射しつつ、後面用 LCD の映像は透過する。その結果、前面用 LCD の映像の鏡像と、後面用 LCD の映像を重ねて見ることができる。2 つのディスプレイとハーフミラーは、自動回転ステージの上に設置されており、回転速度や回転角度を PC によって制御する。2 つのディスプレイには、図 5 の静止画を表示する。2 画面積層ディスプレイに関する仕様は、表 1 のとおりである。画像を表示して

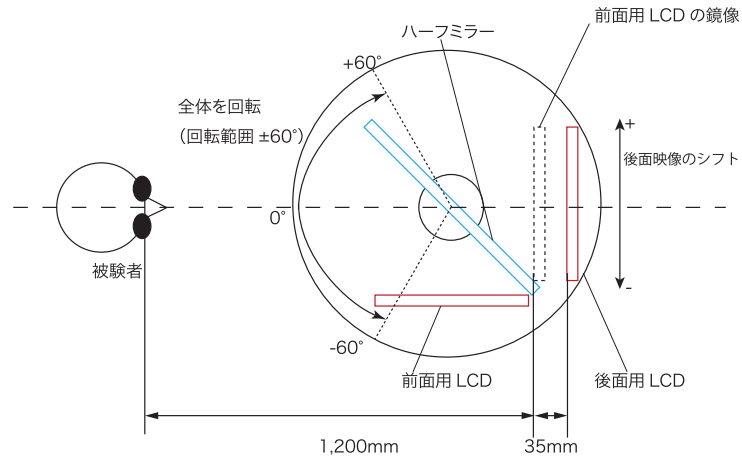


図 4 評価実験機器の構成
Fig. 4 Configuration of experimental.

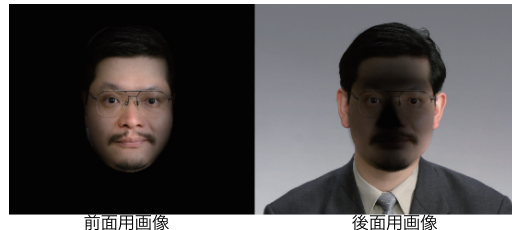


図 5 評価実験用画像
Fig. 5 Test image.

表 1 評価機のディスプレイに関する主な仕様
Table 1 A specifications of experimental screen.

ディスプレイサイズ	17 型 (縦方向で使用)
表示方式	液晶
表示領域 [mm]	270.3 × 337.9
解像度 [pixel]	1024 × 1280
ドットピッチ [mm/pixel]	0.48
2 画面合成方式	ハーフミラー
面間 [mm]	35



図 6 評価機へ実験用画像を表示した様子
Fig. 6 Image of experimentation.

いる様子を図 6 に示す。被験者は、ディスプレイから 1,200 mm 離れた場所に設置したあご台の上に顔を固定し、この画像を観察する。

3.3 実験方法および実験結果

3.3.1 実験 1

この実験では、目があっていると感ずる範囲を測定した。画像の表示されているディスプレイを左右に回転させ、被験者には目があっていると感ずる間だけマウスボタンを押すという動作で、その範囲を回答してもらった。具体的な実験方法を示す。図 5 が表示された

ディスプレイを、図 4 の $+60^\circ$ の方向から、 -60° の方向へ一定の速度で回転させる。回転速度は、 $3.8^\circ/\text{sec}$ である。被験者は、マウスを握った状態で、あご台に顔を固定する。被験者に対しては、「視線があっていると感ずる間は、マウスの右ボタンを押しつつてください」と指示した。実験では、マウスを押している区間の、ディスプレイの回転角度を自動回転ステージから取得した。次に、 -60° から $+60^\circ$ の方向へ逆回転させ同様の測定を行った。1 人の被験者に対し、ディスプレイを 2 往復させ、合計 4 回測定を行った。

各被験者に対する実験で測定された右端、左端の値より、中央値および、目があっていると感ずる範囲を計算した。中央値と目があっていると感ずる範囲の計算式は次のとおりで

表2 実験1の結果 [°]

Table 2 A result of experiment 1.

	中央値	左端	右端	範囲
平均値	+3.0	-5.8	+11.7	17.5
標準偏差	2.0	4.4	6.0	9.7

ある.

$$\text{中央値} = \frac{\text{右端} + \text{左端}}{2}$$

$$\text{範囲} = \text{右端} - \text{左端}$$

全被験者の平均と、標準偏差を表2に示す。中央値は、平均値で+3°、標準偏差は2°であり、ばらつきは小さい。すべての被験者がディスプレイがほぼ正面方向を向いているときを中心に、目があると感じたと答えている。また、目があると感じられる範囲については、平均値として、17.5°という幅に制限されているが、ばらつきを示す標準偏差は9.7°であり、中央値のばらつきと比較すると大きく、目があうと感じる範囲については、個人差が大きいことが確認された。

3.3.2 実験2

この実験では、後面の表示位置を変えることで、目があうと感じられる方向が変化することを確認した。後面に表示されている画像の表示位置を、+10、-10、+20、-20 pixel ずらした、4つの条件で実験1と同様の測定を行った。表1に示したドットピッチと、前面と後面の面間の値の関係から、後面の位置を10 pixel 左右にずらすと、前面と後面の画像の中心を結んだ線は、約7.8°左右にずれる。20 pixel ずらした場合には、左右に15.3°ずれたこととなる。前面と後面の中心を結んだ線の向いている方向を、表示されている顔の振れ角と考える。

実験の結果は、表3のとおりである。まずはじめに、中央値の平均値に注目する。後面の表示位置を+10 pixel ずらした場合、ディスプレイに表示されている顔の振れ角は+7.8°となるのに対し、被験者は+6.4°を中心に目があうと感じている。同様に、振れ角が-7.8°に対しては、-1.2°が中央値となり、顔の触れ角と中央値の変化する方向は一致している。このことは、後面の表示位置を変える操作によって、ディスプレイ上の顔画像の向きを方向については、正しく制御ができていていることを示している。その一方で、振れ角+15.3°に対して、被験者が目があうと感じる方向は+10.2°が中央値となり、同様に、振れ角を-15.3°に対しては、-4.3°が中央値という結果となった。

表3 実験2の結果

Table 3 A result of experiment 2.

ずらし量 [pixel]	顔の振れ角 [°]		中央値 [°]	左端 [°]	右端 [°]	範囲 [°]
+20	+15.3	平均値	+10.2	+3.3	+18.5	15.2
		標準偏差	2.2	7.2	4.0	10.8
+10	+7.8	平均値	+6.4	-1.9	+14.7	16.6
		標準偏差	1.7	4.1	4.9	8.3
-10	-7.8	平均値	-1.2	-10.2	+7.7	17.7
		標準偏差	2.3	4.6	6.5	10.3
-20	-15.3	平均値	-4.3	-12.5	+4.0	16.5
		標準偏差	2.8	5.5	6.7	10.9

表4 実験3の結果

Table 4 A result of experiment 3.

ずらし量 [pixel]	-20	-10	+10	+20
制御した顔の振れ角 [°]	-15.3	-7.8	+7.8	+15.3
被験者が認識している顔画像の振れ角 (平均値) [°]	-6.2	-2.9	+7.9	+8.2

つまり、顔画像の向きが変わっていることは認識されているが、その顔画像の振れ角の大きさについては、それほど大きく振れているようには感じないことを示している。

3.3.3 実験3

この実験では、表示されている顔の振れ角が、第三者の視点で見た際どのように認識されるかを確認した。被験者は、後面の映像の表示位置を左右に変化させたディスプレイを、正面から見た状態で、表示されている顔画像がどの方向を向いていると感じるか回答した。

被験者に対しては、「ディスプレイの顔がどこを向いているのか指をさしてください」と指示をした。被験者は、アゴ台に顔を固定させた状態のまま、表示されている顔がどちらの方向を向いていると感じるか、自分の指で示した。被験者の額の中心位置と、指の位置の間の距離から、被験者が認識している顔画像の振れ角を計算するため、あご台の額の部分に、あらかじめ約1 mの金属の棒を水平に設置した。被験者は、その金属の棒上で指を置くように、顔画像が向いていると感じる方向を指し示した。額の中心から、指までの距離を測定した結果と、その距離から計算した被験者が認識している顔画像の振れ角を表4に示す。

まずはじめに、制御した顔の振れ角と、被験者が認識している顔画像の振れ角の方向について注目する。たとえば、制御した振れ角が+7.8°に対して、被験者が認識した顔画像の

振れ角は、 $+7.9^\circ$ であり、制御した顔の振れ角が -7.8 に対して、認識されている顔画像の振れ角は -2.9° ある。画像を右を向くように制御すれば、被験者からも右の方を向いているように感じられ、左に制御すれば左を向いたように感じられるように制御が可能であると考えている。次に、その大きさに注目すると、実験2と同様に振れ角を大きくしても、被験者はそれほど顔が大きく振れているようには感じなかったことを示している。

4. 実験結果に対する考察

実験1の結果より、2画面積層表示を用いることで、すべての被験者がある一定の方向でのみ目があっていると感ずることが確認された。目があっていると感ずる範囲は、被験者によって個人差があるものの、平均すると約 17° の範囲に制限されている。仮に実験環境と同じ 1.2m の距離から観察した場合には、約 36cm の範囲で目があっていると感ずることに相当する。会議室の中で特定の人間に向けて、視線や顔を向けるためには十分な指向性が得られていると考えられる。

また、実験1、実験2の結果より、視線があっていると感ずる範囲の中央値の比較を行った。図7に後面のずらし量に対する中央値の平均と標準偏差を示す。各線の中央の目盛りは、中央値の平均を示している。このグラフのとおり、表示位置をずらすことによって、目があっていると感ずる方向を制御できることが確認された。また、実験3の結果から、表示位置によって顔の画像を右に制御すれば、人間は顔が右に振れているように感じ、顔画像を左に制御すれば人間は顔画像が左に振れたように感じられており、顔画像がどちらの方を向いているのかについては正しく認識されたことが確認された。つまり、第三者的な視点から見た場合においても、その方向に顔の向きが変わっているように認識できることを示している。視線の方向を制限することは、二次元的な映像だけでは不可能なことであり、2枚の映像の重なる位置をずらすという簡易な方法で、このような表現をできるということは、テレビ会議システムに実装するうえで非常に有利な特徴となる。

一方で、図7より、表示位置のずらし量は、左右対称に変化させたとしても、被験者が感ずる視線の方向には偏りがあることが分かった。この原因の1つとして、顔の側面の陰影が影響していると考えている。今回の実験では、図5のように、顔の右側面が陰になった画像を使用している。後面の映像は、中央部分が暗くなっている。後面の映像をずらした際、右側面の陰とつながって、陰の部分の面積が広く見える場合と、後面の暗い部分が隠れ、陰の部分の面積が狭くなる場合がある。結果として、後面のずらす方向によって陰の部分の面積が異なるため、顔画像の向いている方向の感じ方が、左右に振ったときに異なったものと考

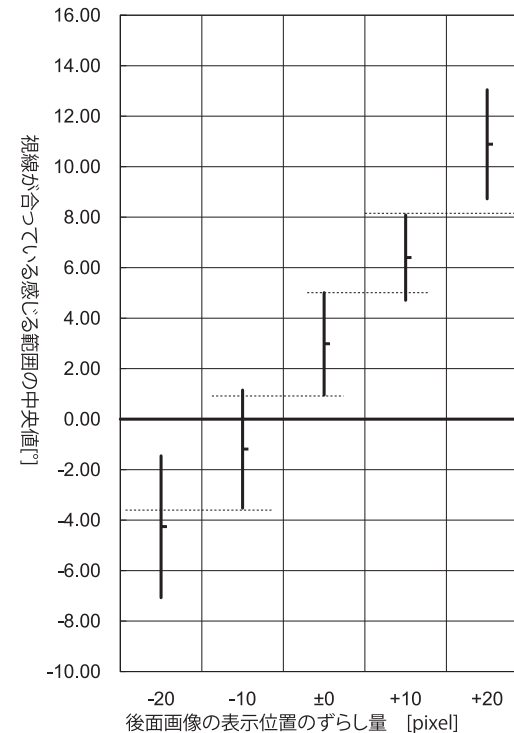


図7 ずらし量と目があっていると感ずる範囲の関係
Fig. 7 A relation between picture location and eye contact range.

えている。

今回の実験では、実験用画像として図5の画像1種類だけを使用しているため、表示する顔の個人差の影響については、十分な検証ができていない。人間の顔は、個人によって、顔の輪郭や目や鼻の位置、眼鏡やひげの有無など様々な違いがある。個人差の影響については、特に、実験3のような顔が左右のどちらを向いているのかの認識に影響を与える可能性が高い。第三者的な視点から顔の方向を認識させる場合、目や鼻の位置のズレや左右のほぼバランスなどが、向きの認識の手がかりになっていると考えている。人間の顔は必ずしも左右対称ではないことを考慮すると、後面映像をずらしたときの変化が認識されにくい可能性はある。今後、次章で述べるプロトタイプシステムを用いることで、リアルタイムに立体

的な映像の撮像と表示が可能となる．今回実験に用いた以外の画像でも実験を容易に行えるため，顔の個人差への影響についても検証ができると考えている．

5. プロトタイプシステム

5.1 プロトタイプシステムの設計

離れた場所から会議に参加する実験を行うため，実験結果に基づき2画面積層表示を用いたプロトタイプシステムの設計を行った．一般的に会議室は，議論される内容や会議の形態に応じて様々な大きさの部屋があり，机や椅子の配置なども変更されるため，あらゆる会議室での利用を想定したシステムを最初から設計していくことは難しい．そこで，今回のプロトタイプの設計においては，小規模の会議を想定して設計を行った．小規模な会議であれば，参加者同士の距離が比較的近く，視線や顔の向きなどの情報が，議論に与える影響が大きく，今回の2画面積層表示の効果を検証しやすいと考えたためである．実際に準備をした会議室の構成は次のとおりである．

- (1) 会議室の参加人数は最大で10人程度で机の周囲に着席する．
- (2) 会議室の中央には机が配置され，机の大きさは縦4,000mm×横1,300mmである．
- (3) 机の周りには，プロジェクタ用のスクリーンや，ホワイトボードが設置される．

端末の設置場所としては，通常イスが置かれている場所に，端末設置用としてキャスト付きの台を準備した．この会議室の中で，端末がすべての参加者に視線を向けられるようにするためには，2画面積層表示されている顔映像を水平方向に少なくとも180°程度回転できるようにする必要がある．そこで，視線の方向や顔の向きについては，前面，後面の表示位置をずらす方法と，自動回転ステージによってディスプレイの向きを機械的に変える2つの方法の組合せを検討した．表示位置を変更する方法は，表現できる視線や顔の向きの範囲は狭いが，機械的な動作を必要とせず，高速かつ細かな変化を表現することが可能である．一方，ディスプレイを機械的に回転させる方法は，広い範囲に視線や顔を向けることが可能となるが，機械的な動作をとともなう場合，ディスプレイの表示位置の制御と比較すると応答速度が遅くなり，細かな角度の制御も難しい．それぞれの特徴は，補完する関係にあるため，それぞれの特徴を組み合わせることで，広範囲に，繊細な視線の方向や顔の向きを表現できるものと考えている．

今回のプロトタイプシステムでは，会議室側に設置するカメラの画角が水平約60°程度あり，カメラの方向を変えなければ，会議室全部を見渡すことができない．そこで，遠隔の参加者が会議室側の映像を見るために，会議室側のカメラを操作と，会議室側に設置する

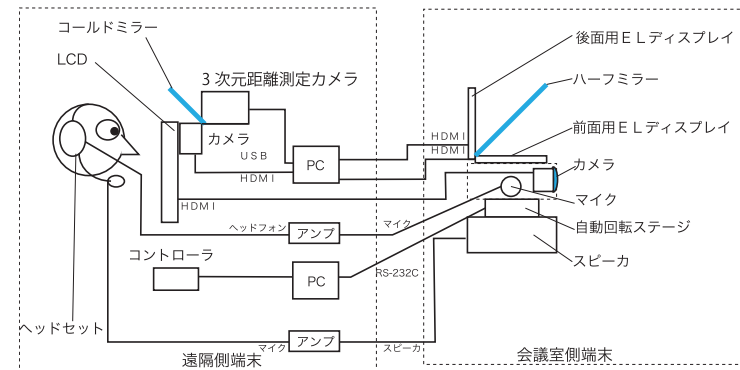


図8 プロトタイプシステムの構成
Fig. 8 A prototype system configuration.

ディスプレイの回転が連動するように設計した．

5.2 プロトタイプシステムの構成

構築したプロトタイプシステムの全体構成図を図8に示す．また，会議室側に設置する端末の外観を図9に示す．表示部分の主な仕様は表5のとおりである．

実験用評価機の表示部と主な構造の違いは，会議室側に設置する端末では，表示部の構造を左右対称とするため，ディスプレイとミラーの設置方法を変更している．また，小型の自動回転ステージに設置するため，表示部を小型化，軽量化する必要がある．有機ELの薄型ディスプレイへ変更している．ハーフミラーとディスプレイの相対的な配置は，実験用評価機と同等である．プロトタイプシステムにおいて，評価実験用画像を表示した状態を観察した結果，実験環境と同じように特定の方向においてのみ，目があると感じられる．詳細な評価実験については，今後行っていきたいと考えている．

次に，会議室側の2画面積層表示に，遠隔からの参加者の映像を表示するためには，立体的な映像が必要となる．そこで，遠隔側には，リアルタイムに前後2面の映像を生成するため，スイスMESA社製の3次元距離測定カメラと，ハイビジョンの小型カメラの映像から，2画面積層表示用の顔映像を生成している¹²⁾．撮像しているカメラ部分を図10に示す．

現在のシステムでは，3次元距離測定カメラから取得した奥行き情報に基づき，前後の映像の輝度分配を計算し，前後2面の映像をリアルタイムに生成している．映像は，1秒間に20~25フレーム生成している．映像生成に用いたPCの主なスペックを表6に示す．リア

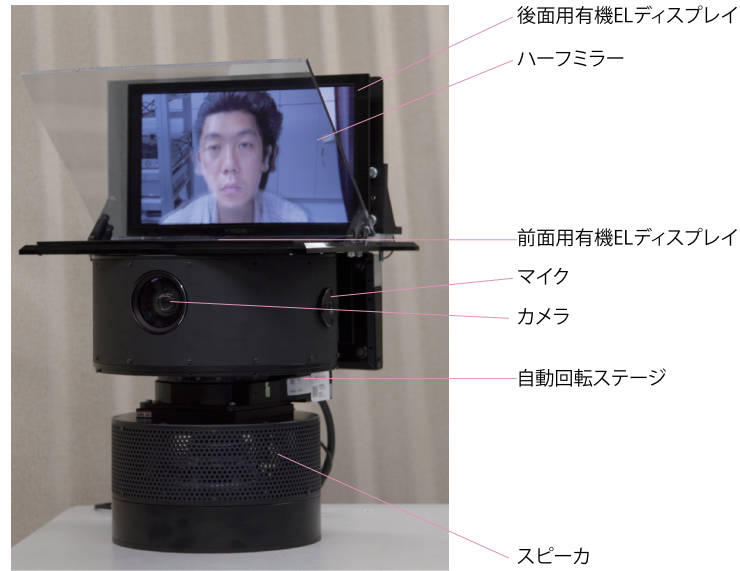


図 9 2 画面積層表示を用いたテレビ会議端末
Fig. 9 A prototype terminal device using a stack two screens.

表 5 会議室側端末の表示部分の主な仕様
Table 5 A specifications of prototype screen.

ディスプレイサイズ	11v 型
表示方式	有機 EL
表示領域 [mm]	251 × 141
パネル解像度 [pixel]	960 × 540
ドットピッチ [mm/pixel]	0.20
2 画面合成方式	ハーフミラー
面間 [mm]	20

リアルタイムに生成した映像は、図 11 のようになる。顔の奥行きに応じて、前面用、後面用の映像を生成している。顔の奥行きを計測する範囲については、手動で設定しており、撮影する人の鼻の先から耳のあたりまでを計測範囲として設定している。

図 11 のような正面から見た顔の映像を生成するためには、現在、被験者の正面にカメラを置く必要がある。今後、通信実験を行うためには、人がディスプレイを見るのを妨げない

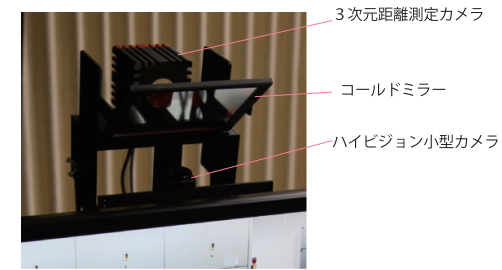


図 10 リアルタイム撮像部の構成
Fig. 10 Realtime capturing device.

表 6 映像生成をしている PC の主な仕様
Table 6 Specifications of processing PC.

CPU	Core i7 950 3.06 GHz
Memory	3 GB
OS	Windows XP SP3 (32 bit)

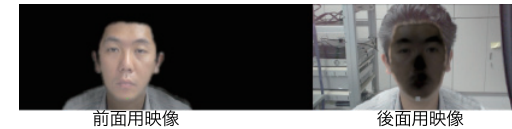


図 11 リアルタイムに生成した映像
Fig. 11 Example of capturing.

ような位置にカメラを設置する必要がある。図 10 のリアルタイム撮像部は、ディスプレイの上部に固定できる構造とはなっており、今後、3次元距離測定カメラから得られる人間の3次元形状をもとに、正面から見た顔を生成する機能の追加を検討している。また、顔の大きさは個人差があるため、顔の奥行きを計測範囲については、将来的には自動的に設定する機能も必要と考えている。

また、自動回転ステージの回転を操作するインターフェースとして、マウス、キーボード、磁気センサの中から 1 つを選択して使用することが可能である。ディスプレイと、カメラは連動して回転するようになっており、遠隔からカメラを操作することで、それに連動して 2 画面積層のディスプレイの向きが変わる構造となっている。

6. おわりに

本論文では、視線や顔の向きを伝達するテレビ会議システムの実現のためには、「指向性のある映像表示」と「第三者的な視点における指向性の認識」と、「方向の制御」の3つの要素が必要であることを示し、2画面積層表示を用いることで、それらを表現できる端末構成を提案した。2画面積層表示が、特定の方向にのみ視線があうと感じられることを明らかにし、その範囲が約17°に制限されることを示した。二次元ディスプレイでは、視線の方向や顔の向きを特定の方向に制限することはできないため、それと比較すると、非常に狭い範囲に向きが制限されていることを示している。また、その視線方向は、機械的なディスプレイの回転だけでなく、映像の表示位置を左右方向へずらすという手法によっても、制御することが可能であり、繊細な視線の動きや顔の向きを表現する手法として有効である。また、実験に基づき、プロトタイプシステムを構築し、リアルタイムにコミュニケーション可能なシステムが実現可能であることを示した。今後は、必要な機能の追加を行った後、このシステムを利用し、実際の会議の中で2画面積層表示による視線表現の有用性について明らかにしていく予定である。

参考文献

- 1) 黒川隆夫：ノンバーバルコミュニケーションとインタフェース第1回人間のノンバーバルコミュニケーション, *Journal of Human Interface Society: Human Interface*, Vol.2, No.3, pp.21-28 (2000).
- 2) Ishii, H. and Kobayashi, M.: ClearBoard: A seamless medium for shared drawing and conversation with eye contact, *CHI '92: Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp.525-532 (1992).
- 3) Sellen, A.J.: Speech patterns in video-mediated conversations, *CHI '92: Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp.49-59 (1992).
- 4) Okada, K., Maeda, F., Ichikawa, Y. and Matsushita, Y.: Multiparty videoconferencing at virtual social distance: MAJIC design, *CSCW '94: Proc. 1994 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, ACM, pp.385-393 (1994).
- 5) Vertegaal, R., Weevers, I., Sohn, C. and Cheung, C.: GAZE-2: Conveying eye contact in group video conferencing using eye-controlled camera direction, *CHI '03: Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp.521-528 (2003).
- 6) 敏彦広明, 敏之 旭: ミーティング・シアタ: 多地点動画画像通信における臨場感演出

方式の提案, 全国大会講演論文集, Vol.44, No.5, pp.261-262 (1992).

- 7) Hirata, K., Harada, Y., Takada, T., Yamashita, N., Aoyagi, S., Shirai, Y., Kaji, K., Yamato, J. and Nakazawa, K.: Basic Design of Video Communication System Enabling Users to Move Around in Shared Space, *IEICE Trans. Electronics*, Vol.92, No.11, pp.1387-1395 (2009).
- 8) Jouppe, N.P.: First steps towards mutually-immersive mobile telepresence, *CSCW '02: Proc. 2002 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, ACM, pp.354-363 (2002).
- 9) Tachi, S., Kawakami, N., Nii, H., Watanabe, K. and Minamizawa, K.: TELE-sarPHONE: Mutual Telexistence Master-Slave Communication System based on Retroreflective Projection Technology, *SICE Journal of Control, Measurement and System Integration*, Vol.1, No.5, pp.335-344 (2008).
- 10) Kuzuoka, H., Kosaka, J., Yamazaki, K., Suga, Y., Yamazaki, A., Luff, P. and Heath, C.: Mediating dual ecologies, *CSCW '04: Proc. 2004 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, ACM, pp.477-486 (2004).
- 11) Suyama, S., Ohtsuka, S., Takada, H., Uehira, K. and Sakai, S.: Apparent 3-D image perceived from luminance-modulated two 2-D images displayed at different depths, *Vision Research*, Vol.44, pp.785-793 (2004).
- 12) 安藤康子, 伊達宗和, 高田英明, 磯 和之, 松浦宣彦: 距離画像カメラを用いたリアルタイム実写 DFD 表示, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, サイバースペースと仮想都市研究会, Vol.15, No.CS-1, pp.23-26 (2010).

(平成 22 年 5 月 21 日受付)

(平成 22 年 10 月 4 日採録)



磯 和之 (正会員)

1975年生。1998年国立群馬工業高等専門学校専攻科卒業。2000年北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科博士前期課程修了。2000年日本電信電話株式会社入社。主に、バーチャルリアリティ、3次元映像を用いた映像コミュニケーションに関する研究に従事。現在、NTTサイバースペース研究所研究主任。バーチャルリアリティ学会会員。



伊達 宗和

1967年生。1990年学習院大学理学部物理学卒業。1992年東京工業大学大学院総合理工学研究科電子システム専攻修士課程修了。同年日本電信電話株式会社に入社し、液晶光学素子および3次元表示の研究に従事。2003年東京理科大学大学院理学研究科化学専攻にて博士(理学)を取得。電気学会スマートユビキタスディスプレイ調査専門委員会委員長。日本人間工学会 ISO/TC159 国内対策委員会 SC4 分科会委員。SID, IEEE, 立体映像産業推進協議会, 日本液晶学会, 応用物理学会, 高分子学会, ホログラフィックディスプレイ研究会各会員。



高田 英明

1972年生。1995年3月東海大学開発工学部情報通信工学科卒業。1997年3月電気通信大学大学院情報システム学研究科博士前期課程修了。2007年8月早稲田大学大学院国際情報通信研究科博士後期課程修了。1997年4月日本電信電話株式会社入出力システム研究所入社。現在、同社サイバースペース研究所主任研究員。3次元表示技術および立体知覚に関する研究に従事。IEEE, 映像情報メディア学会各会員。2001年3Dコンファレンス優秀論文賞, 2002年日本VR学会学術奨励賞, 2003年電子情報通信学会業績賞, 2006年文部科学大臣表彰科学技術賞受賞。博士(国際情報通信学)。



安藤 康子

1954年生。都立化学工業高校卒業。日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所入社。主に、磁気記録装置のディスク/ヘッドの摩擦摩耗に関する研究に従事。著書『STM Images of Molecules Adsorbed from Liquids.』, Handbook of Micro/Nano Tribology CrC Press (1995)。現在、日本電信電話株式会社 NTT サイバースペース研究所研究主任, 工学博士, 高臨場空間映像表現技術の研究に従事。トライボロジー学会会員



松浦 宣彦

1989年慶應大理工学部計測工学科卒業, 1991年同大学大学院修士課程修了, 1994年同大学院博士課程修了。同年日本電信電話(株)に入社。主に仮想空間や映像を用いた遠隔コミュニケーション技術, 高臨場感映像通信方式の研究開発に従事。現在, NTT サイバースペース研究所主幹研究員。電子情報通信学会正会員。博士(工学)。