

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25年 6月 1日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22300040

研究課題名（和文）

立体顔情報表示による遠隔実在感の創出

研究課題名（英文）

Creation of remote realism with a 3D face-shaped display

研究代表者 暦本純一

(REKIMOTO JUNICHI)

東京大学・大学院情報学環・教授

研究者番号：20463896

研究成果の概要（和文）：

本研究では遠隔地間でのコミュニケーションにおいて参加者の3次元の実在感や視線・表情・空間的整合性などの非言語情報を正確に伝達・共有する技術を実現することを目標としている。この研究により、(1) 三次元スキャナー・三次元プリンタ・熱可塑性素材によるスクリーンの真空整形により参加者と同一形状の顔スクリーンを簡易に製造する技術を確立した。(2) スクリーンを3自由度（顔の上下運動および傾き運動に相当）稼働可能なプロジェクションシステム統合し、顔運動の追跡によるテレプレゼンスシステムとして完成させた。(3) システムを評価した結果、視線情報などの非言語情報が正しく伝達できていることが実証できた。

研究成果の概要（英文）：

This research aims at creation of realism for telecommunication by using a face-shaped 3D display that is controlled by participant's real head movement. The major outcomes of this research can be summarized as: (1) establishes an efficient method of fabricating face-shaped screen using 3D scanner and 3D printer (2) develops a system with face-shaped screen that can be actuated in 3 DOF(degree-of-freedom) to correctly convey the head motion of a participant, and (3) Evaluates the system and proves that nonverbal information, such as gaze direction, can be correctly transmitted with the proposed system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2011年度	5,600,000	1,680,000	7,280,000
2012年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	13,400,000	4,020,000	17,420,000

研究分野：統合領域

科研費の分科・細目：情報学 メディア情報学・データベース

キーワード：ユーザインタフェース、ディスプレイ、テレプレゼンス、先端的通信、コミュニケーション

1. 研究開始当初の背景  
地理的に隔てられた複数の参加者がネット

ワークを介して共同作業する、いわゆる遠隔共同作業は、遠隔医療、教育、会議、遠隔家

庭間連携、エンターテインメントなど多くの応用がある情報通信の重要な分野である。移動に要する時間が大幅に削減でき、地球規模での共同作業を支援できるなど多くの効果がある。

従来よりテレビ会議や、仮想現実感技術を応用した臨場感通信などが提案されているが、既存技術では、遠隔参加者の存在感が希薄になったり、視線一致などの空間的な整合性を必要とするコミュニケーションが正確には提供できないなどの問題があった。

このような課題を本研究では「遠隔実在感」と呼ぶ。特殊な頭部搭載ディスプレイや大量のカメラを要するシステムなども提案されているが、使用に際して設備が過度に複雑であったり、また参加者に負担となるものが多く、実用化を妨げて来た。

## 2. 研究の目的

本研究では、遠隔地感でのコミュニケーションにおいて、参加者に負担をかけることなく、遠隔参加者の3次元式的実在感や表情／視線などの非言語情報を正確に伝達・共有する独自の基盤技術の確立を目的とする。具体的には以下の特徴を持つ遠隔実在感提示システムを構築、その効果を検証する。

遠隔参加者の空間的な実在感を提供するために、遠隔参加者の顔型（参加者顔の3次元モデル測定に基づき整形した非平面形状の）ディスプレイをローカル側に設置する。

この顔形状ディスプレイには、遠隔参加者の表情がそのまま投影表示される。また遠隔参加者の頭部動作に追従して、顔形状ディスプレイそのものも運動する。共同作業にとって他の手段で代替が難しいのは表情や視点一致であり、顔の実在感再現に特化することでこの目的を現実的に達成することが出来る。他の空間共有手段（共有ディスプレイ、ジェスチャー共有）などと併用し、共同作業環境として利用可能である。

遠隔者の顔情報を通常の単眼カメラで撮影し、顔画像抽出しおよび頭部運動パラメタの抽出を行う。この情報を、ローカル側の顔形状ディスプレイへの投影情報およびディスプレイの駆動情報として伝送する。

実際に伝送されている情報は2次元画像情報であり、これを顔形状ディスプレイに投影することで立体形状を得ている。したがって通常のテレビ会議と同等のカメラや伝送帯域で本環境を実現することができる。

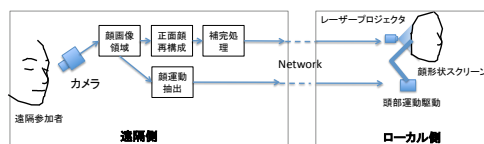
顔形状ディスプレイは、顔型に射出成形されたスクリーンにレーザープロジェクタにより画像を投影する方法と、顔表示に特化したポリリメトリックディスプレイ（顔表面の凹凸のみを再現するようにポリリメトリック提示領域を顔表示最適化したディスプレイ）の2種を構築し、評価する。いずれも頭部運動

に追従してディスプレイ全体が駆動される。

この構成により、遠隔／ローカル参加者間の空間的な整合性が保たれる。（ローカル参加者同士と全く同様に）、遠隔参加者の正面に座れば正面顔が、横からは横顔が見えることになる。また、遠隔／ローカル作業空間で、この構成を対になるように（遠隔地にローカル参加者の顔形状ディスプレイを、ローカル地に遠隔参加者の顔形状ディスプレイを）設置することで、作業空間を完全に共有化させることも可能である。これらの構成において、遠隔参加者、ローカル参加者ともに、頭部搭載ディスプレイなど利用者の負担となり共同作業を阻害する装置の装着が必要ない。

本研究では、遠隔地でのコミュニケーションにおいて、3次元式的実在感や視線・表情・空間的整合性などの非言語情報を正確に伝達・共有する技術の実現を目的とする。具体的には、顔の空間立体表示に注目し、各参加者の顔3次元形状情報を取得し、参加者の2次元映像から頭部の運動および3次元モデルへの顔画像マッピングパラメタを自動抽出する。この情報に基づいて、顔3次元形状に整形され、運動可能な顔形状型ディスプレイに顔映像を投影する。頭部運動情報は、顔形状ディスプレイ全体の駆動パラメタとして同時に伝達するシステムを構築し、その評価を通じて遠隔実在感の達成度を確認する。

本研究が構想するシステムの構成図を以下に示す：



## 3. 研究の方法

研究を以下の4段階に大別し、順次達成することで行った。

(1) 3次元顔モデルの抽出：3次元スキャナーを用いて参加者の顔形状を計測し、また表情による顔形状変化など基礎データを抽出する。

(2) 顔2次元映像から頭部運動および3次元モデルへのマッピングパラメタの抽出：遠隔参加者の通常の動画カメラより得られる顔映像から、顔領域の切り出し、頭部位置・方向などのパラメタの切り出しを行う技術を確認する。

(3) 投影非平面顔型ディスプレイシステムの開発：参加者と同一形状に整形された駆動型顔ディスプレイを構築する。段階1で計測された3次元頭部形状データから、射出成形により軽量の顔形状ディスプレイを形成する。

このディスプレイは全体が2ないし3自由度(DOF, degree of freedom)により駆動され、実際の間人と同様空間を見回したり頭を振ったりするなどのジェスチャーが可能になる。

(4)アプリケーション構築およびヒューマンファクタ評価: 前段階でまでですすでに部分的にはシステムの評価を並行して進めているが、統合したシステムによる利用者参加実験を行い、現実の参加と本システムによる遠隔参加の差異、アイコンタクトや非言語情報の伝達の有無、などを評価する。遠隔教育や遠隔医療などを想定したアプリケーションを構築する。

#### 4. 研究成果

本研究の成果は、主に以下の4点である。

- (1) 三次元スキャナー・三次元プリンタ・熱可塑性素材によるスクリーンの真空整形により参加者と同一形状の顔スクリーンを簡易に製造する技術を確立した。これにより、たとえば遠隔地との会議に先立ち、顔形状を三次元スキャナにより取得しておき、それを今後急速に普及することが予測されている3次元プリンタでスクリーンとして成形することで、本研究の意図している顔形状スクリーンによる遠隔存在感の実用性が向上した。
- (2) このスクリーンを3自由度(顔の上下運動および傾き運動に相当)稼働可能なプロジェクションシステム統合し、顔運動の追跡によるテレプレゼンスシステムとして完成させた。顔形状は単一カメラにより認識し、カメラ映像から顔領域を切り出し、同時に頭部姿勢パラメータを取得する。取得した顔画像および頭部姿勢情報を遠隔地に伝達し、顔型素スクリーンに投影する。以下に、実際を利用している状況を示す。

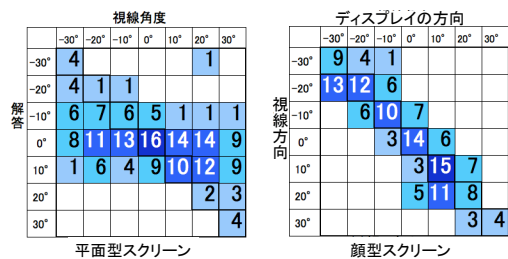


- (3) 上記システムを評価した結果、視線情報などの非言語情報が正しく伝達できていることが実証できた。

従来「モノリザ効果」として知られている、平面ディスプレイではアイコンタクトが誤って成立してしまう状況(カメラ目線の参加者はどの方角から見てもアイコンタクトがあるように感じられてしまう現象)においても、本システムを利用すると参加者が実在し

ているように正しく視線情報が伝達できることを確認できた。また平面ディスプレイと比較して参加者の位置関係が自由になるなどの効果が得られることが確認できた。

特筆すべきは、本システムで伝送されている顔画像は、従来のテレビ会議システムのものと同様、2次元画像にすぎない点である。この顔画像を本人と同等の顔形状を持つスクリーンに正しく投影することで、視線情報を正しく伝達出来ることが確認できた。

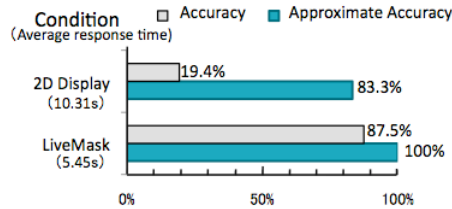


上図は、評価実験によって得られた視線伝達の状況である。

遠隔参加者に、10度刻みで視線を動かしながら、遠隔地の他の参加者とスクリーンとの関係も10度刻みに替え、それぞれの組み合わせにおいてアイコンタクトが感じられるかどうかを被験者に回答してもらった。現実世界では、対面者が正面にいる場合正面方向の視線との視線一致を感じ、斜めに位置する場合は斜め方向との視線一致を感じるようになる。

図左の平面型スクリーンの場合、カメラ目線の参加者とはスクリーンとの角度によらずカメラに対する視線方向が0度(カメラ目線)の場合に視線一致していると感じた利用者が多く、水平方向に回答が分布している。つまり、モノリザ効果が発生していることがわかる。一方、本研究の顔型スクリーン(図右)では、視線方向と視線一致する角度が対応しており、現実世界での対面コミュニケーションにおける視線一致の感覚と、本システムの結果が合致していることがわかる。

また、顔型ディスプレイが向いている方向と視線情報から、遠隔参加者が空間中の何に注目しているかを指摘する評価実験を行った。この実験でも、従来の平面ディスプレイよりも顔型ディスプレイでの視線伝達精度が高く、顔型ディスプレイを参加者の頭部姿勢情報に対応させて駆動させることで、空間中の対象物を正しく指示できることがわかった。



上図は、平面ディスプレイと顔形状ディスプレイ (LiveMask) の両方で、顔を対象物に向け、対象物に着目している状態がどの程度正確に伝達できているかを評価した結果である。これにより、顔形状ディスプレイを使用した場合、より正確に対象物を特定できること、また対象物を特定するのに要する時間も短くなることが確認できた。

(4) さらに、当初は計画していなかった成果として、小型化した顔形状スクリーンであっても存在感や視線伝達が達成できることが試作と実験により明らかになった。

たとえば肩に載せる遠隔コミュニケーションロボットの顔を本研究の顔型ディスプレイにすることで、遠隔地で行動を共にし、状況を利用者と遠隔者が共有できるようなウェアラブルコミュニケーションシステムが構成できる。このような状況においては、遠隔地での利用者、遠隔参加者に加えて、遠隔地での他の参加者による3者以上の会話やコミュニケーションが発生する機会が多いと想定される。したがって視線情報の正しい伝達は重要な要素となる。

以上をまとめると、遠隔地とのコミュニケーションにおいて、従来は再現が困難であった正確な視線情報の提示などを実現した遠隔存在感をもつシステムの構築に成功し、利用者評価実験によってその効果を確認した。よって、当初の研究計画時に想定していた目標は十分に達成できたと考える。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① Kana MISAWA, Yoshio ISHIGURO, Jun REKIMOTO, LiveMask: A Telepresence Surrogate System with a Face-Shaped Screen for Supporting Nonverbal Communication, Journal of Information Processing, pp.295-303, vol21, no.2, 2013.

[学会発表] (計3件)

- ① Kana Misawa, Yoshio Ishiguro, Jun Rekimoto, LiveMask: a telepresence surrogate system with a face-shaped screen for supporting nonverbal

communication, Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces, 2012.

- ② Kana Misawa, Yoshio Ishiguro and Jun Rekimoto, Ma petite chérie : What are you looking at? A Small Telepresence System to Support Remote Collaborative Work for Intimate Communication, The 3rd International Conference on Augmented Human (AH 2012), pp.17:1-17:5, 2012.  
 ③ 三澤 加奈, 石黒 祥生, 暦本 純一, LiveMask : 立体顔形状ディスプレイを用いたテレプレゼンスシステムにおけるコミュニケーションの評価, 情報処理学会インタラクシオン 2012, pp.41-48, 2012.

[図書] (計1件)

(下記教科書に本研究内容と成果が遠隔コミュニケーションの研究事例として紹介されている)

- ① 黒須正明, 暦本純一, コンピュータと人間の接点 (放送大学教材), 放送大学大学教育振興, 2013 ISBN 978-4595314353

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

<http://lab.rekimoto.org/projects/liveface>

## 6. 研究組織

- (1) 研究代表者 暦本純一  
(REKIMOTO JUNICHI)  
東京大学・大学院情報学環・教授

研究者番号 : 20463896