

自在壁面ディスプレイを活用した 身体行為の空間表現手法に関する研究

鈴木伸嘉[†] 上杉 繁[‡] 三輪敬之[‡]

早稲田大学大学院理工学研究科[†] 早稲田大学理工学部[‡]

1. はじめに

情報通信技術の発達に伴い、遠隔地間コミュニケーションを支援するシステムが数多く開発されている。しかし、離れた場所において相手の存在感を創出支援するシステムはこれまで十分に提案されていない。例えば、従来の映像を利用したディスプレイシステムでは対面する場合に比べて相手に対する距離感がつかみにくく、相手の存在感が喚起されにくいことが指摘されている^[1]。また、遠隔操作によるロボットを利用したシステムでは^[2]遠隔の相手の空間において、自由に動き回ることができる反面、ロボットの形状や動作が限定されているため、操作者の身体的な動きを十分に表現できない。そのため、ロボットを介して相手の存在感を伝えることには成功しておらず、さらには、複数人での利用が難しい等の問題もある。一方著者らは、遠隔地間で同期して動く実体に双方の映像を重畳することにより相手の存在感を創出する手法をこれまでに提案した^[3]。さらにこの手法を発展させ、遠隔の相手の身体の形状と動きに合わせて壁面を自在に変形し、その上に相手の身体の映像を重畳するコンセプトを提案した。そして、ピンディスプレイの玩具 (Fig.1) から着想を得て、約 100 本のパイプの凹凸により壁面の自在な変形と、それに映像を重畳するディスプレイを開発するために、モジュール性を考慮したディスプレイ構築手法を考案した。

本研究では、遠隔の参加者の身体行為を表現することを目指し、身体サイズへディスプレイを拡張するためのモジュール間通信制御システム、及び身体形状を取得するためのセンシングシステムをあらたに設計、開発したので報告する。

2. 自在壁面ディスプレイシステムの設計

本ディスプレイシステムの要求諸元として、パイプの凸凹による立体形状再現部、相手の身体の形状や動きを計測するた

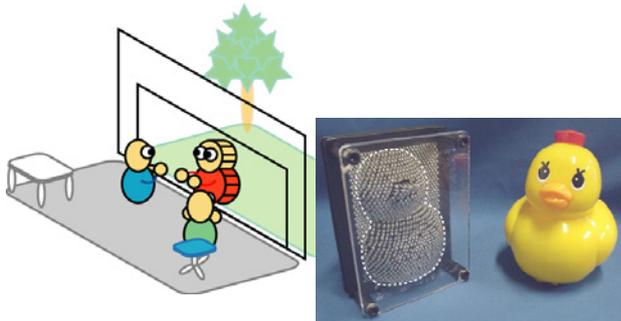


Fig.1 Concept of Interactive Spatial Copy Wall

Spatial representation of bodily action by Interactive Spatial Copy Wall

Nobuyoshi Suzuki[†], Shigeru Wesugi[‡], Yoshiyuki Miwa[‡]

[†]: Graduate School of Science and Engineering, Waseda University

[‡]: Faculty of Science and Engineering, Waseda University

めの身体形状取得部、映像を重畳するための映像投影部が挙げられる。立体形状の再現部については、先の研究において、一本のパイプをモジュールとして複数本を組み合わせることでディスプレイ全体を構築する方法を考案した。そして、ピストン運動する駆動機構と制御回路を内蔵するブロック状のシリンダーモジュールを開発し^[4]、このモジュールを格子状に組み合わせることにより、96本(12×8[本])のモジュールから構成されるディスプレイ(504×312[mm])を構築した。本研究では、身体規模での表現を実現するために、ディスプレイサイズを2倍の大きさ、すなわち二人分の上半身が収まるサイズとして192本(16×12[本])へ拡張したディスプレイを構築する。先に設計した通信手法では、原理的にモジュールの個数を2倍まで拡張できないことから、モジュール群を制御するための通信制御アルゴリズムの設計及び駆動電源や配線の設計を行う。

また、身体形状の取得部については、参加者の上面と側面に設置した CCD カメラから第三角法の要領で立体形状を計測するシステムであった。そのため人体のみの検出や内部に凹んでいる形状を計測することが困難であった。そこで本研究では、赤外線カメラを利用したステレオ法による計測システムをあらたに開発することで以上の問題を解決する。

3. 自在壁面ディスプレイシステムの開発

立体形状再現部において、192本のモジュールの同時制御を行うにあたり、重要な問題となるのがモジュールの増加に伴う駆動電源の電流容量である。モジュール一本当りの消費電流が最大 1.8[A]となるので 192本のモジュールを駆動するために大きな電流容量が必要になる。そこで本研究では、十分な電流容量を得るためにバッテリー(日本電池社製 SEB130)を使用して電圧降下回路(LM338T)を48個設けることにより、安定した電流を供給することにした。

電源と同様に大きな弊害となる問題はモジュールの増加に伴うデータの増加と通信処理負担の増加である。先のシステムにおいては、複数個のモジュールをユニットとし、ホストとなる PC とユニットの間にユニットのデータを統括する中層コントローラー(PIC16F877)を設置する通信方法を実装した。192本のモジュールから構成されるディスプレイシステムにおいて16本のモジュールをユニットとした制御を行ったところ、中層コントローラーとモジュールをつなぐ配線の静電容量が問題となり、通信停止することを確認した。そこで、配線の静電容量に支障がない範囲で、1ユニットを8本のモジュールとし、上層コントローラー1個、中層コントローラー6個から構成される回路を4個設置した。データは中層コントローラーの ID(1[byte])を先頭に、ディップスイッチの設定により異なる ID を振り分けた8個のモジュールのストロークデータ(8[byte])合計9byteから構成され、PC から上層コントローラー(PIC16F877)を介して目標の中層コントローラーへ送信する。中層コントローラーはモジュール ID 毎にデータを1byteずつ各モジュールへ送信する。各モジュールまで送信すると同時に反対に、各モジュールのエンコーダデータを8byteにまとめ、上層コントローラーを

介して PC へ送信する。

次に身体形状取得部では、遠隔の相手の身体の立体形状を取得するために、2 台の赤外線カメラ(三菱電機製 IR-SC1)を利用したステレオ計測システムによる 3 次元計測方法を考案した。背景に関係なく人体のみを抽出できるため、画像処理の負担を軽減するために赤外線カメラを利用する。ヒーターを組み込んだキャリブレーション専用ボードをあらたに製作し、画像処理によりキャリブレーションから画像座標と世界座標の対応計算を行った後、2 台のカメラから取得される画像から共役点を検出し、画像上の共役点に対応した世界座標とカメラとの距離を算出する。身体に取り付けた熱源のマークから身体の姿勢を決定して、あらかじめ用意した身体のモデルを参照しながら壁面ディスプレイのモジュールの座標に対応したデータを取得する。これらの画像処理ソフトはリンクス社製 HALCON を利用して開発した。

3 次元計測から得られた立体形状のデータをもとにデプスマップを生成し、壁面ディスプレイのモジュールの行列に対応した 16×12 のマトリクスデータに変換する処理を行った後、マトリクスデータからモジュールユニットごとのデータに分割し、中層コントローラーの ID を加えてパケット化する。パケット化されたデータは上述した通信方法で各モジュールに配信する。3 次元データは LAN を介して離れた場所の PC に送信する。ディスプレイに重畳する映像は相手の正面に設置した CCD カメラから取得し、プロジェクターにより重畳投影を行う。以上から構成される自在壁面システムのシステム構成及び動作風景を Fig2, 3 に示す。

システム性能試験を行ったところ、192 本のデータリフレッシュレートは 60Hz、身体の立体形状取得は特定の点においては 5Hz で稼動することが明らかになった。また、立体形状における前後の誤差は 4cm 程度であることも判明した。以上により、通常の対話程度の身体の動きであれば十分に表現可能なディスプレイシステムである。さらには、自分の対面する壁面から相手の身体の動きに合わせて立体形状を表現するのみならず、相手の身体の奥行き方向を誇張した表現や身体行為に遅延を与えた残像の表現等、身体行為を空間的に多様に表現する実現可能性を示した。

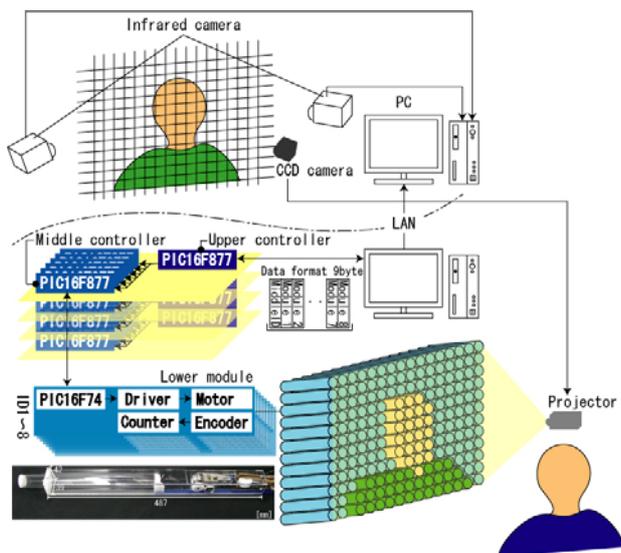


Fig.2 System configuration of Interactive Spatial Copy Wall

4. おわりに

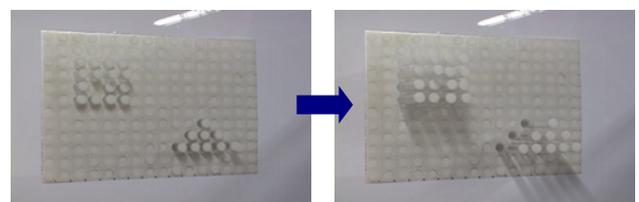
先に構築した 2 倍の個数である 192 個のシリンダーモジュールから構成する自在壁面ディスプレイシステムを構築するために、多くのモジュール群を制御するための通信制御アルゴリズムの設計及び駆動電源の開発を行った。同時に、身体のデプスマップを取得するためのステレオ計測システムによる 3 次元計測システムを開発した。本システムを用いて身体規模で身体を立体形状で表現すること、人の動きに合わせて立体形状を自在に変形することが可能になった。さらに、相手の身体行為を多様に表現する可能性についても明らかにした。

謝辞

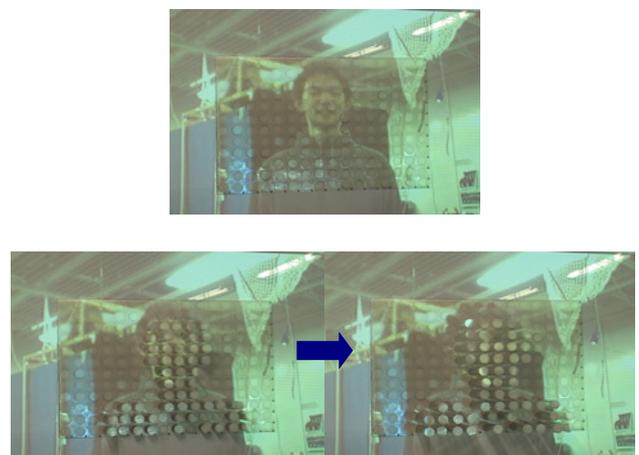
本研究の一部は、岐阜県からの委託である WABOT-HOUSE プロジェクトにより行われた。また、本研究のシステム構築にあたり、修士生の渡辺貴文君、学部生の内山高志君らの協力を得た。ここに謝意を表する。

参考文献

- [1] Fish, R. Kraut, R. and Chalfonte. B.: The videowindow system in informal communication; Proc. of the Conference of Computer Supported Co-operative Work, pp.1-12, (1990)
- [2] Paulos, E. and Canny, J.: PRoP: PersonalRoving Presence, Proc. CHI'98, pp.296-303, (1998)
- [3] 上杉繁, 三輪敬之: 異なる空間をつなぎ共存在感を支援する同期運動テーブル; ヒューマンインタフェース学会誌・論文誌, Vol.5, No.2, pp.197-204 (2003.5)
- [4] 石川一暁, 上杉繁, 三輪敬之: 異なる身体空間を統合する "Interactive Spatial Copy Wall" の開発; 情報処理学会第66回全国大会 講演論文集(4), pp.21-22, (2004.3)



(a) A three-dimensional shape of two objects appears on the display



(b) A three-dimensional shape of remote person appears on the display

Fig.3 Scenes of performing Interactive Spatial Copy Wall