

円筒状霧ディスプレイの開発とその共同描画への適用

○三寄 一樹 (早稲田大学), 池田 竜也 (早稲田大学),
森 裕司 (早稲田大学), 大塚 達也 (早稲田大学), 三輪 敬之 (早稲田大学)

Development of Cylindrical Fog Display and application of co-drawing system

○Kazuki MIYOSE (Waseda University), Tatsuya IKEDA (Waseda University),
Yuji MORI (Waseda University), Tatsuya OTSUKA (Waseda University)
and Yoshiyuki MIWA (Waseda University)

Abstract: In this research, we developed the fog display and constructed the media system that is able to show an image with a three-dimensional impression and use the fog space three-dimensionally. Specifically, with aim to accomplish the fog display that is capable of viewing from all degrees and going in and out freely, we developed Cylindrical Fog Display. In addition, we applied this device to aerial drawing system. By using this system, we got a prospect that Cylindrical Fog Display can support co-creative expression.

1. 緒言

著者らの研究室では、映像を霧に投影するディスプレイ装置をいくつも開発してきた[1][2]。平面状に霧を噴出する層状霧ディスプレイは、霧のもつ透過性や無境界性によって、スクリーン面の向こう側を観察したり、スクリーン面を行き来したりすることが可能である。そのことから実空間と映像メディア空間が一緒になって続いていくような感覚が創出される様子が確認されている。また霧スクリーンをドーム状にした Massive fog display では、霧空間内の映像メディアに実在感や立体感が創出され、モノに触れているような感覚が生まれることが確認されている。したがって、これらの特徴を活かすことができれば、ディスプレイと

人間のあいだで、通常の 3D 映像では実現が困難な、現場性のある身体的インタラクションを引き出せる可能性がある。加えて、体験者がスクリーン内に入り込めるようなディスプレイは世界に例がない。そこで本研究では、Massive fog display のように立体感や奥行き感のある映像を提示でき、かつ霧空間を 3 次元的に活用可能な霧ディスプレイの開発と映像メディアシステムの構築を目指すことにした(図 1)。具体的には、実在感のある映像を全周囲から観察可能であり、体験者が自由に出入りできる霧ディスプレイの実現を目指し、円周に沿って層状霧を上から噴出する円筒状霧ディスプレイを開発した。そして、本装置のスクリーンを 3 次元空中描画のキャンバスに見立てた実験を行い、身体的共創表現への適用可能性について検討したので、以下に報告する。

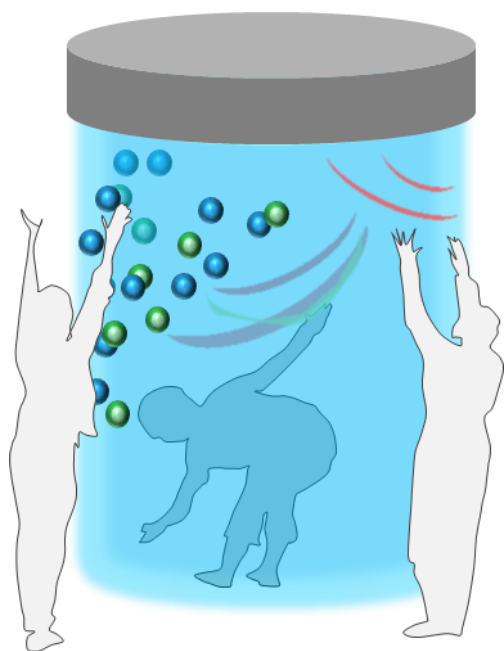


Fig.1 Image picture

2. システム開発

2.1 円筒状霧ディスプレイのデザイン手法

前章で述べたように立体感や奥行き感のある映像を投影し、3 次元的にインタラクション可能な霧メディア空間を実現するために、霧の投影面を湾曲させ円周状に層状の霧を噴出することにした。これにより、360°どこからでも映像観察が可能になり、ディスプレイの内に入り込むことも可能となる。さらに、投影された像が円筒内に実在するような感覚も得られると考えた。開発に当たり円筒状霧ディスプレイの設計要件を以下に示す。

- (1) 投影媒体として活用可能であること
 - (2) 体験者がディスプレイに入り込めること
- 要件(1)について、霧を拡散させずに噴出し投影媒体

として利用するために、霧層をポテンシャルコア領域に収め層状の円筒に整流する必要がある。そこで従来の層状霧ディスプレイ生成手法を参考にし、本装置では霧層の外周と内部にそれぞれ空気の層を噴出する。その際、従来の整流方法ではスクリーンの末端にいくにつれて霧の乱れが目立ち、十分に整流できていないことが考えられたため、本装置では整流方法の再検討を行った。具体的には、流体研究で用いられる風洞装置の構造を参考に、霧層と空気層は異なる手法を用いて整流を行った。また、要件(2)を満たすために、まず本スクリーンサイズを内部に人が入れる大きさである直径 483[mm]とした。さらに体験者が動き回れるよう装置を地上に設置せず、2[m]上部から霧噴出を行うこととした。

2.2 円筒状霧ディスプレイの開発

円筒状霧ディスプレイは 2 つの霧生成部 (445×285×430[mm]) と円柱形霧噴出部 (φ800×746[mm]) から構成される(図 2)。霧生成部では、霧を 4 個の超音波霧化器(星光技研社, M-0103B, 平均霧化量 5500[ml/h]) により生成し、側面のファン(山洋電気社, 最大風量 2.83[m³/min]) で塩ビダクトホースを介し上部に設置した噴出部へ送る。噴出部では、円柱中心部から順に空気(直径 478[mm]), 霧(外径 500[mm], 幅 11[mm]), 空気(外径 800[mm], 内径 500[mm]) と、霧を挟み込むように空気層を噴出する。具体的には、空気層生成部では DC ファンが生成する旋回風の乱れの渦を小さくするために、従来よりも目の細かい整流網を用いて整流を行う。ま

ず中央部では 8 個のファン(サイズ社, 最大風量 1.57[m³/min]), 外周部では 12 個のファン(Owltech 社, 最大風量 2.38 [m³/min])を用いて、旋回風を生成する。次に、隙間なく敷き詰め可能である六角形状のハニカム(厚さ 30[mm], セルサイズ 3.8[mm])を通すことで流路方向へ整流する。なおハニカムの厚さはセルサイズにより決定した。その後、金網 5 枚を 24 メッシュ 2 枚, 50 メッシュ 2 枚, 100 メッシュ 1 枚の順にメッシュサイズを徐々に小さくしながら通過させることで速度に均一性を持たせた。なお金網の間隔は金網により生じる乱れが自然減衰する最短距離から決定し、開口率は jet collapse を防ぐために 55%以上とする。一方で、霧経路では霧の濃度の均一化が必要になる。霧は空気層生成部で使用しているメッシュサイズの金網を通過できないため新たに縮流を導入した。まず、従来の整流方法と同様に環状の整流用ポリプロピレン網 2 枚(24 メッシュ)により霧を拡散させる。その後、縮流素子により縮流比 9:1 に縮流し霧を噴出する。なお、縮流素子の形状は Batchelor-Shaw の方法[3]により決定した。この方法はノズル形状が入口部に近い領域で大きく変化する場合において有効性が確認されている。以上より高さ 1500[mm], 直径 483[mm]の円筒状霧ディスプレイの生成を実現した(図 3)。

2.3 映像投影システムの開発

開発にあたりシステムの要件を以下に設定した。

- (1)ディスプレイの全周囲で映像を視認可能
- (2)噴出される霧と空気の流速を一定に操作可能

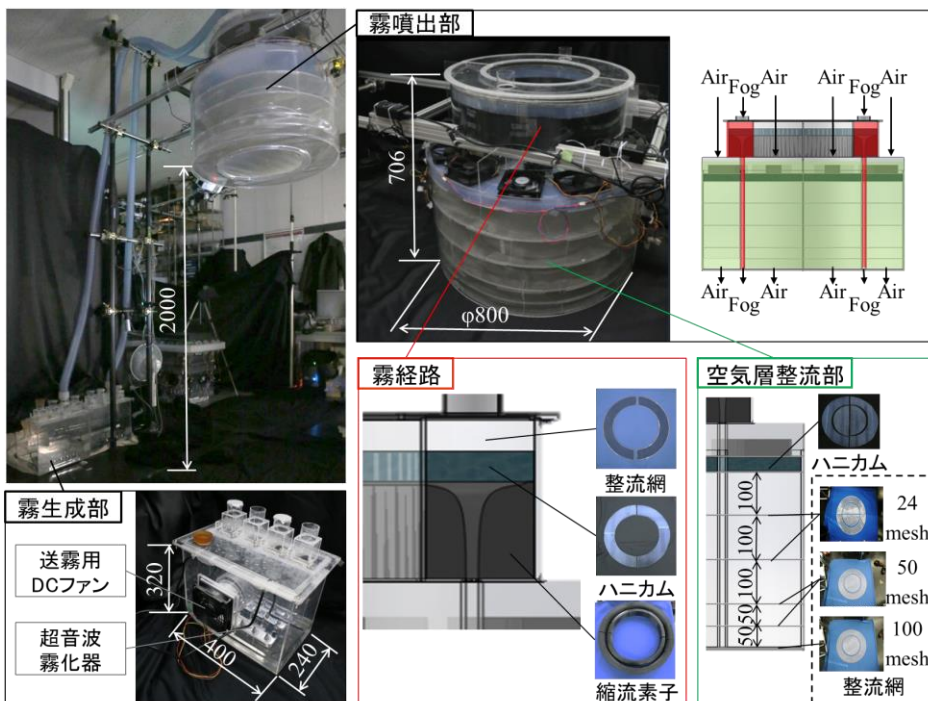


Fig.2 Construction of the device

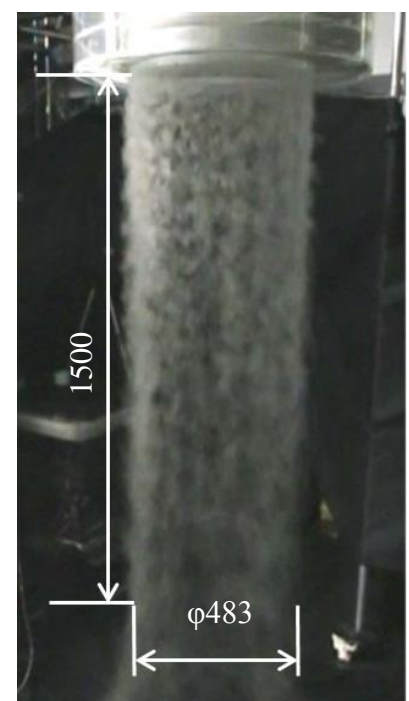


Fig.3 State of fog ejecting

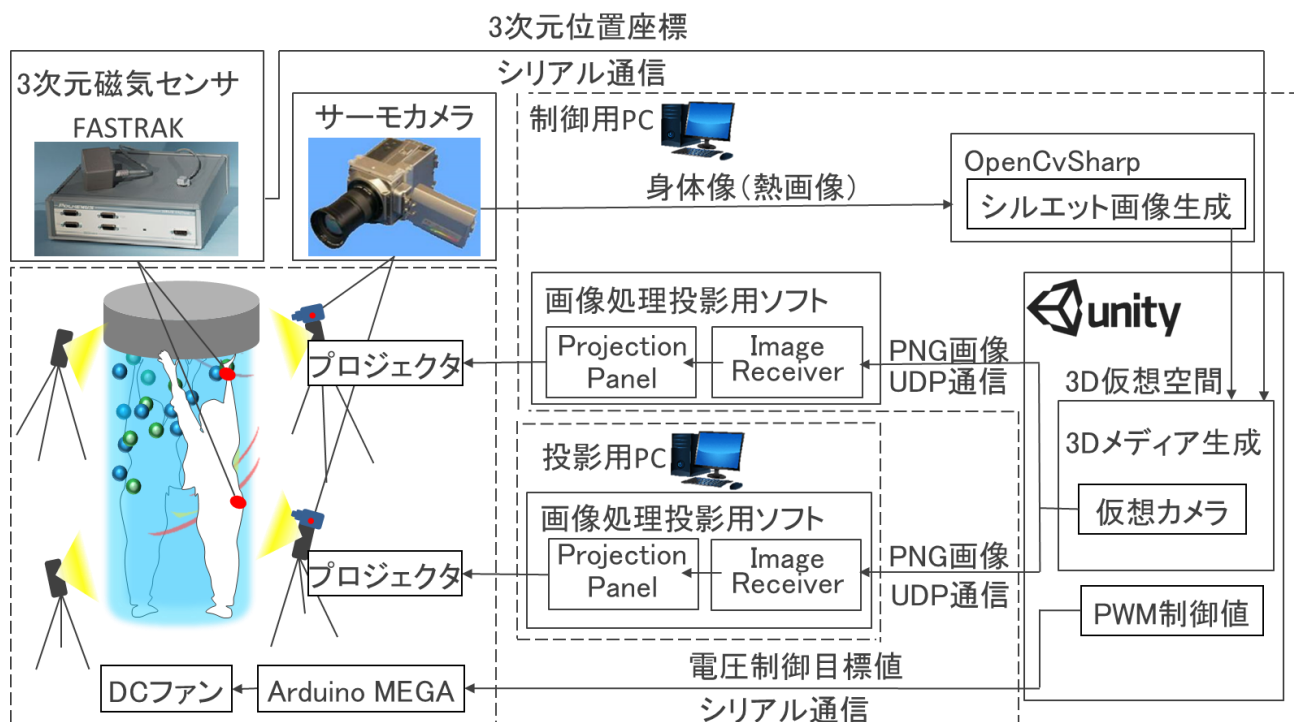


Fig.4 System Configuration

(3)身体情報を取得しメディアに反映可能

開発には 3D 仮想空間上にて画像の生成が可能なゲームエンジン Unity を使用する。まずは Unity の 3D 仮想空間上にて 3D 空間の周囲 4 方向に設置した仮想カメラを用い画像をキャプチャする。次に画像処理投影ソフトに UDP 通信で 4 枚の PNG 画像を送信し、投影用の画像を生成する。そしてディスプレイの周囲 2200[mm]の位置に設置した 4 台のプロジェクタより各々生成した画像を投影する。これにより要件(1)を実現した。要件(2)については Unity の UI を活用し霧噴出部に設置したマイコン(Arduino Mega)へシリアル通信にて各 DC ファンの電圧目標値を送信する。そして要件(3)については、霧空間内でも位置情報を取得可能な 3次元磁気センサ(Polhemus 社製, FASTRAK)を手指と腰に装着することで体験者の手指、身体位置情報を取得可能とした。またサーモカメラ 2 台が取得した熱画像から OpenCvSharp でシルエット画像を生成し、その画像を Unity に送ることによって体験者の身体像を投影可能とした。これらにより身体情報から映像メディアを生成・投影可能なものとし、システムの構成を図 4 に示す。

3. 性能試験

前章で述べたように霧層をポテンシャルコア領域に収めるためには本装置噴出部の出口風速を一定にする必要がある。そこで流体性能として霧の噴出速度計測を行った。同心円状に設けた噴出面直下 49 箇所におい

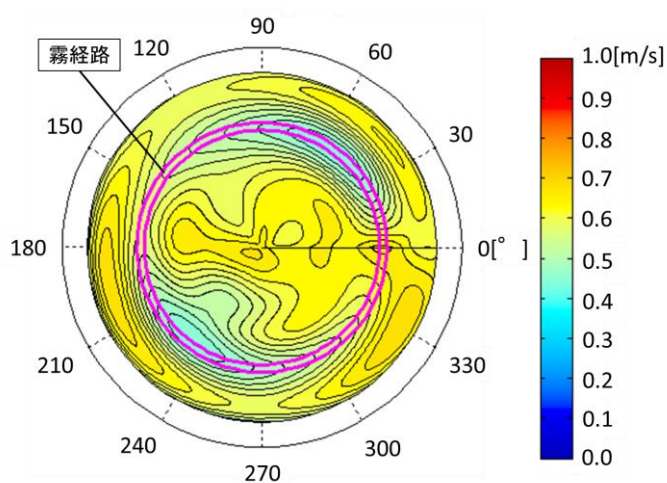


Fig.5 Distribution of wind velocity

て、風速を 10 秒ごとに 1 分間、計 7 回分計測し、その平均値を求めた。図 5 に噴出面における風速分布図を示す。結果として、平均風速は 0.60[m/s]、標準偏差は 0.055[m/s]となり、新たな整流方法の導入によって、風速のばらつきがこれまでの方法に比べ大幅に低減されたことが確認された。以上より、本装置がポテンシャルコア領域を形成し、霧層をその領域内に収めることで円筒状に霧スクリーンを生成可能であることを確認した。

4. 実験結果

4.1 霧空間投影試験

開発した円筒状霧ディスプレイと投影システムを活用し、映像投影試験を行った(図 6)。その結果、「層状霧ディスプレイにはない立体感、奥行き感がある」、「装置の周囲を動いて映像が変わるのが面白い」というコメントが得られ、本装置を用いることで1方向からではなく全周囲から霧空間を自由に観察可能であり、映像に立体感や奥行き感が生まれることが分かった。

4.2 描画実験

次に、体験者が3次元磁気センサを用いて空中に描画する実験を行った。実験は従来の層状霧(条件(a)), 半円筒状の霧(条件(b)), 円筒状の霧(条件(c))に投影した場合で比較した(図 7)。体験者のコメントから、条件(a)では「キャンバスに絵を描いているような感触」のように平面的なイメージに限定されやすいのに対し、条件(b), (c)では「自然と映像を回り込んで見してしまう」、

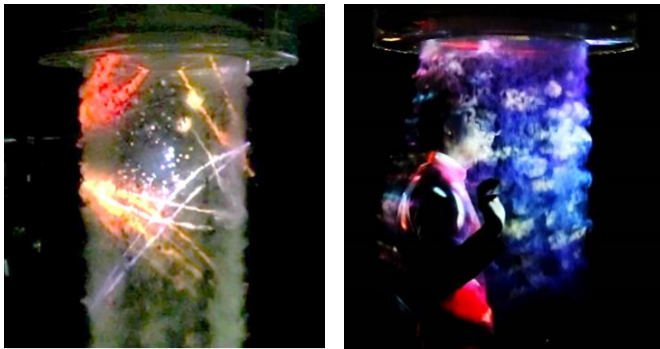


Fig.6 The situation of an experiment

「側面に描いた絵が違う見え方をして面白い」といったコメントが得られた。実際に実験中の体験者の指位置の軌跡からも霧の曲面に沿って空間的に手指を動かしていることがわかる(図 8)。また条件(c)では、霧の外周だけでなく内部の空間も活用しており、コメントからも「映像の見え方に違いがあって霧の中に入りたくなった」、「手前と奥の層の映像が別々のように感じられ、誰かが一方を描いているような気がした」のように、霧の内外の空間を活用しながら、多様なイメージで表現する様子が確認された。以上より円筒状ディスプレイの内外や周囲を広く3次元的に活用したインタラクションが可能であることが分かった。

4.3 共同描画実験

続いて2名の体験者の手指位置を線で結び共同描画を行う実験を90秒間、20代男女4組8人に実施した。実験の様子を図9に示す。その結果、「相手と近づいたり離れたったり、いろいろな場所に行きたくなった」、「相手と動きを合わせたいと感じた」、「相手と一緒に描いている感じがした」というコメントが得られ、相手の動きを感じながら描画を行う様子が確認された。そして、体験者の手指と腰位置に装着した3次元磁気センサによる身体位置の計測を行った結果の一部を図10に示す。これより、互いに霧空間内を広く利用し3次元的に描画を行っていることが分かる。また、その時の描画中における互いの腰、指間距離の時系列変化を調べた結果を図11に示す。これより、体験者同士が様々な距離を取り合って表現を創り合っていることが分かる。以上の結果は、円筒状霧ディスプレイが構築する

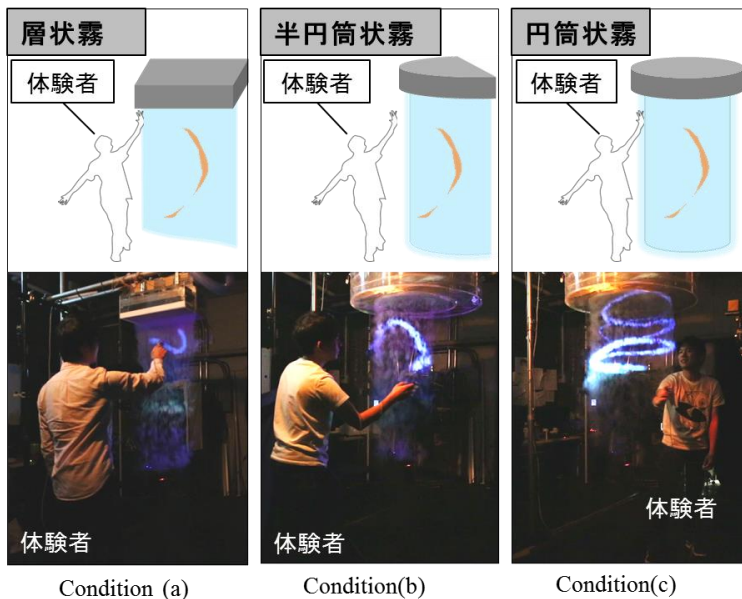


Fig.7 The situation of an experiment

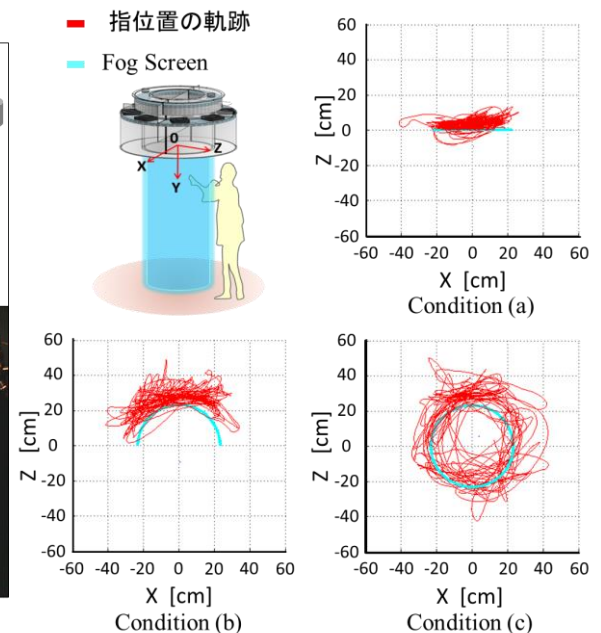


Fig.8 Finger position on each condition

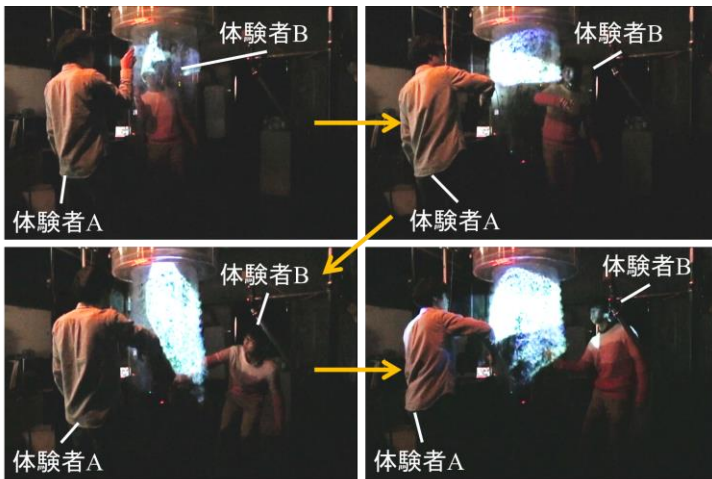


Fig.9 The situation of an experiment

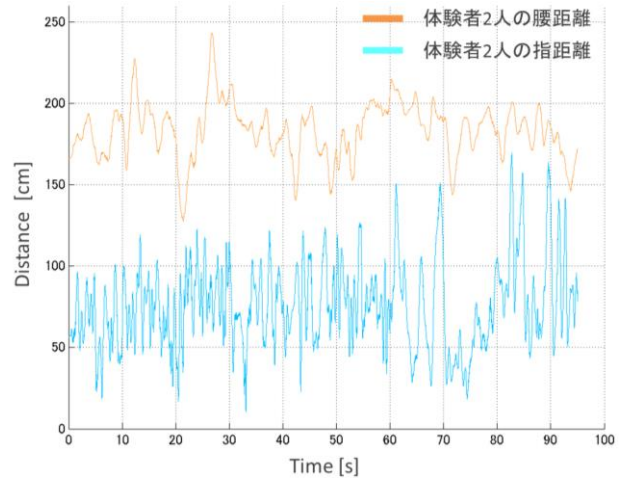


Fig.11 Positional relation of the body and the finger

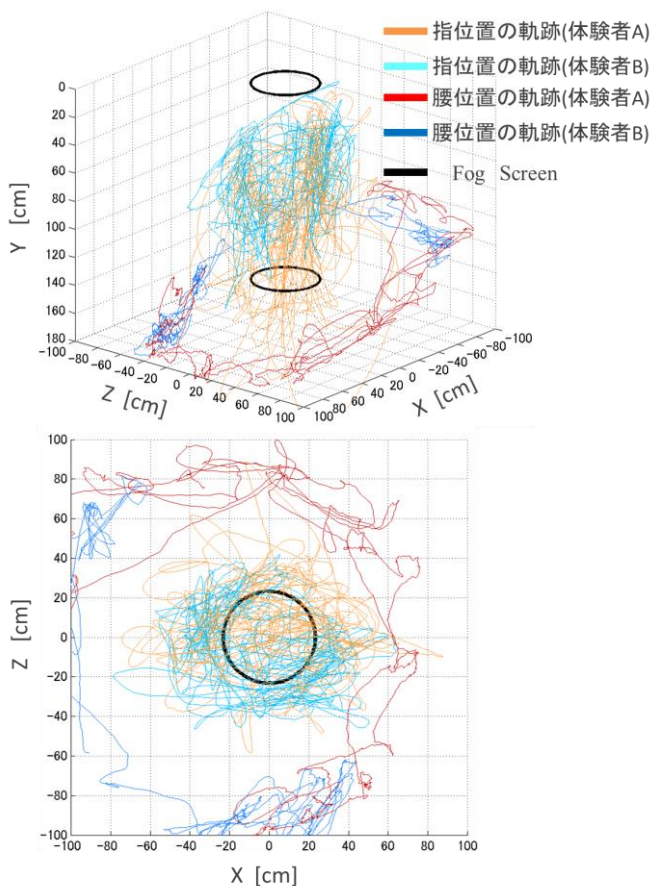


Fig.10 Finger and body position

霧メディア空間内を 3 次的に自由に活用することで映像の見え方が多様に変化することによって、体験者のイメージや身体動作が多様に引き出されることを示すものである。また、これにより描画を通じた共創表現が促されるものと考えられる。

5. 結言

本研究では、立体感や奥行き感のある映像を提示でき、かつ霧空間を大きく 3 次的に活用可能な霧ディ

スプレイの開発と映像メディアシステムの構築を行った。具体的には、投影した映像を全周囲から観察可能であり、体験者が自由に出入りできる霧ディスプレイの実現を目標に、円周に沿って層状霧を上部から噴出する円筒状霧ディスプレイを開発した。さらに、複数人による 3 次元空中描画を行い、円筒状の霧メディア空間を介して身体的な共創表現が促されることを示した。

謝辞

本研究は早大理工学研究所におけるプロジェクト研究「共感的な場の創出原理とそのコミュニケーション技術への応用」の支援を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献

- [1] Y. Miwa, S. Itai, and Y. Terada, Fog Display as a Co-Creative Expression Media, Proceedings of the 21st International Display Workshops, (2014).
- [2] 山口, 森, 板井, 三輪, 西, 共創表現メディアに関する研究—霧の空間性を活用した表現の場の創出支援—, 第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, (2015).
- [3] 佐野正利, 風洞の特性に及ぼす整流金網, 縮流ノズルの影響, 日本機械学会論文集 B 編, 64(627), pp149-155, (1998).
- [4] 大崎章弘, 西村茂樹, 三輪敬之, 携帯性を考慮した実空間 3 次元描画装置の開発, 日本機械学会 2006 年度年次大会講演論文集, Vol.4, pp333-334, (2006).