

科学研究費補助金研究成果報告書

平成24年 4月20日現在

機関番号：12612
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2010～2011
 課題番号：22700120
 研究課題名（和文） 霧による空中可変スクリーンを用いた立体像提示ディスプレイの開発

研究課題名（英文） Stereoscopic Display with a 3D-Shaped Fog Screen

研究代表者

橋本 直己 (HASHIMOTO NAOKI)
 電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授
 研究者番号：70345354

研究成果の概要（和文）：本研究では、3次元形状を備えた霧スクリーンを空中に構成し、そこに映像を投影することで、簡易かつ手軽に空間立体像提示を実現するシステムの開発を行った。超音波震動子によって霧化された霧を、電動ファンによる空気流を用いて細いダクトから出力し、さらにそれを配列状に束ねて出力制御を可能とすることで、3次元的な形状を備えた霧スクリーンを提示し、空中に立体感のある映像を提示することが可能になった。

研究成果の概要（英文）：In this research, we propose an stereoscopic display with a 3D-shaped fog screen. This system can provide stereoscopic images in the air by projecting images on the fog screen which is fitted to the shape of the projected images. Fogs are generated with an ultrasonic vibrator, and they are passed with some electric fans to achieve intended 3D-shapes through multiple thin ducts. The switching of the ducts is controlled with small magnetic valves.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

研究分野：バーチャルリアリティ、ヒューマンインタフェース

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：立体ディスプレイ、可変霧スクリーン、バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

近年、立体映像技術が大きな注目を集めており、両眼立体視を用いた家庭用テレビや携帯電話、携帯ゲーム機の登場が大きな話題となっている。これをさらに発展させ、何もない空中に立体像を映し出す技術が、次世代の映像提示システムとして数多く研究されている。

空中に映し出された立体像は近未来的なディスプレイの象徴であり、SF小説や映画の中での認知度はすでに高く、空中に平面状の霧を噴出してそこに投影を行う霧ディスプレイが商品化される段階に至っている。

しかし、その映像表現力や装置の特殊性などの点において改善すべき課題が多く、広く普及する段階には至っていない。

2. 研究の目的

本研究では、身近に利用できる事を前提として霧によるディスプレイ技術を基盤とし、従来の平面形状の霧スクリーンに対して、3次元的な形状を伴った霧スクリーンを実現することで、立体的な映像提示を可能にする霧ディスプレイを提案し、その試作機による映像投影結果を示す。

3. 研究の方法

(1) 形状を伴った霧スクリーンの実現

霧によって特定の形状のスクリーンを構築するために、本研究では細い管を束ねたダクトを作成し、このダクトの開閉状態を制御することで、投影するコンテンツに合わせた霧スクリーン形状の実現を試みる。本研究で提案するシステムの概要を図1に示す。

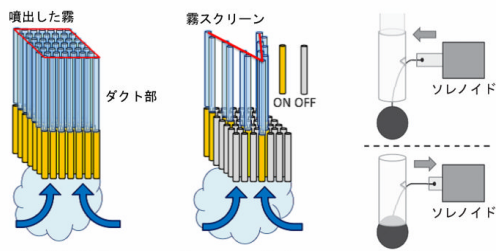


図1：立体的な投影面を実現する霧ディスプレイの基本動作

まず、超音波振動子を用いて水を霧化させ、発生した霧を電動ファンによって勢いよくダクトに送り込む。図1(a)に示すように、ダクトの吹き出し口は細い管を集合させた構造とし、図中の矢印で示すように下から霧を送り込むことで、細く安定した霧の出力を束ねて霧を形成する。この細い管の開閉状態を制御することで、図1(b)のようにいろいろな帯状の霧スクリーンを構築することができる。図1(b)では、霧を出力するダクトの開閉状態を制御することで、V字型の霧スクリーンを実現している。開閉するダクトを変更することで、他の形状のスクリーンを実現することも可能である。

細いダクトの開閉制御機構には様々な方式が考えられるが、本研究では図1(c)で示すように、部品の入手しやすいソレノイドによる制御を採用する。図1(c)下に示すように、ソレノイドが矢印方向に糸を引くことで、球形状の栓によって細いダクトが塞がれる。一方、図1(c)上に示すように、ソレノイドが引く力を弱めることで球形状の栓が下がり、ダクトが開放される。これがダクトのON/OFF状態を制御することとなり、コンピュータからの指示によって霧スクリーンの形状を変化させることが可能になる。もちろん、この仕組みで形成できる霧スクリーンの形状には限りがあるが、簡易な材

料と機構のみでもコンピュータ制御の霧スクリーンを実現可能であることに意義があり、本研究では、図1に示した構成による試作機を実際に作成した。以降では、この試作機の詳細とそれを用いた映像表示結果について述べる。

(2) 霧による空中立体像提示システムの試作

本研究で構築した試作システムを図2に示す。

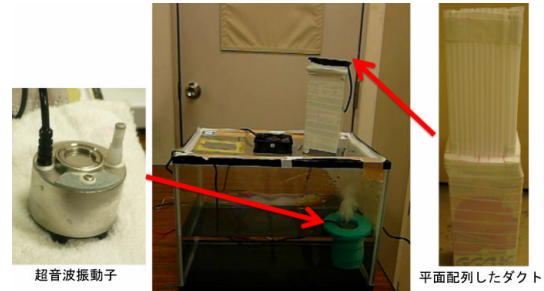


図2：実際に構築したディスプレイの構成

図2では、水槽(高さ28cm:幅37cm:奥行き25cm)に水を貯め、超音波振動子(霧化能力 $250 \pm 50 \text{ ml/h}$)によってその水を霧化し、その霧をファンによってダクトに送り込む構成を採っている。水槽は十分な水量を確保できるものであればどんなものでも使用可能であり、今回は実験用に大きめのものを使っている。超音波振動子にはフロートを取り付け、常に最適な水位に震動子を配置できるように工夫した。水槽の上面に蓋をして、その蓋にPC用電動ファン(風量 41.15 cfm)を取り付けて霧をダクトへと送り込んでいる。

ダクトは、図1(a)で示した細い管のみで構成した場合、霧出力に十分な勢いを得ることができず、また、気流の乱れにより、安定した霧スクリーンの構築が困難であった。そこで、まず煙突形状の太いダクト(高さ40cm)に霧を送り込み、その先端に、細く管状のダクト(長さ17cm)を多重配列した吹き出し口を取り付けて霧出力を行う、2段構造のダクトを構築した。さらに霧の出力を強めるために、煙突形状ダクトの内部にも、水槽に取り付けたものと同仕様の電動ファンを内蔵した。細いダクト部分は、市販のストロー(直径5mm)を用いて作成し、用途に合わせて適切なストロー数になるよう調整して使用することを前提とした。

また、細い吹き出し口の開閉制御にはPCから制御可能なマイコンボードArduinoとMOS-FET(MP4401)を組み

合わせて使用し、プル型ソレノイド（定格12W、ストローク21mm）を駆動した。ソレノイドおよび制御回路は水槽と同じ机の上に配置し、ソレノイドから図1（c）に示した球形状の蓋までを、ダクト内を經由させた糸で連結した。

映像を投影するプロジェクタは、一般的な霧スクリーンと同様に、霧スクリーンに対して裏から映像を映すように配置した。プロジェクタの光軸と観察者の視線をわずかにずらし、観察者がプロジェクタ光を直視することがないように注意して配置した。プロジェクタは汎用のデータプロジェクタ（解像度1280×800画素、輝度3000lm）を使用した。

4. 研究成果

(1) 試作機による映像投影実験

試作したディスプレイ装置を用いて、形を変えられる帯状霧スクリーンへ映像を投射し、20代の観察者5名による主観的な印象を調査した。まず、図3（a）に示す画像を用いて投影を行った。

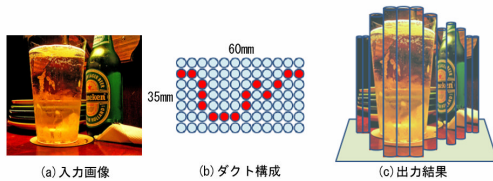
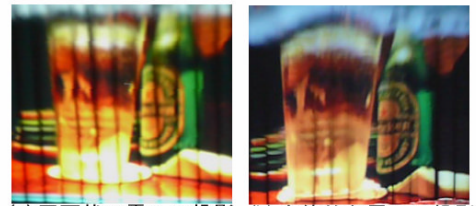


図3：3次元形状を備えた霧スクリーンへの投影

この画像中では、グラスとビール瓶が異なる物体として認識できるため、これらの3次元配置を、グラスに対してビール瓶が手前にあると主観的に決定した。次に、図3（b）に示すように縦7本・横12本ずつ配置したダクト先端部吹き出し口のうち、黒く塗り潰した吹き出し口を開放して霧スクリーンを構築した。この吹き出し口の配列は画像中のグラスやビール瓶の投影位置に対応するように調整しており、この配列が画像中の奥行きを表現することになる。図3（b）ではダクト先端部を上から見下ろした構図となっており、図の下側が手前、すなわち観察者に近い側を示している。このように構成された霧スクリーン面に対して投影を行うと、霧の形状に沿って映像が提示され、図3（c）に示すように立体的な映像表現が実現される。実際に映像を投影した結果を図4に示す。

まず、正面から観察した場合の比較結果を図4（a）～（b）に示す。平面状の霧スクリーンに投影した場合と比較して、立体的な霧スクリーンに投影した場合のほうが、投影された物体の丸みを帯びた形状がよりリアルに表現されており、すべての観察者から圧倒



(a) 平面状の霧への投影 (b) 立体的な霧への投影
平面から観察した様子



(c) 平面状の霧への投影 (d) 立体的な霧への投影
斜め前から観察した様子

図4：霧スクリーンへの投影結果

的な好印象が得られた。また、手前にあるグラスが、ビール瓶に対して物理的に手前に表示されていることから、平面状の霧に投影した場合にはなかった立体感が強く得られた。次に、斜め前から観察した場合を図4（c）～（d）に示す。この場合では、霧の立体的な形状によって適切な隠面消去が行われ、それに加えて視点移動時の運動視差が適切に生成されるため、より強い立体感が得られたとすべての観察者から報告された。また、図4（c）のように、平面状の霧スクリーンを斜め方向から観察する場合、投影面が平面であることが強調されてしまうのに加えて、霧の見かけの厚みが増加し、そこを通過する光が積算されて観測されるため、投影像に強いぼけが生じることを確認した。立体的な霧スクリーンの構築に際しては、映像中の形状に合わせてスクリーンを形作ることに加えて、斜めから観察した際に、細いダクトから出力された霧が重なり合って厚みが増さないように心がけたため、その効果が現れたものと考えられる。

今回は表示対象として2次元画像を用いたため、奥行き情報に関しては主観的推測に基づいて用意した。正確な奥行き情報を含む3次元データを用いた場合には、その形状データに合わせて、霧スクリーン形状をより正確に構成することが可能になる。しかし、現実的なシステム構成を考えた場合、提示する映像コンテンツの形状を、霧によって高精度に再現することは難しく、また装置の大規模化につながることも予想される。そのため、実用を想定した場合には、投影対象となる物体の近似形状を霧によって再現する方法が有効になると考えられる。そこで本実験では、投影対象の形状を近似的に霧スクリーンで表現し、これに映像投影を行った結果を図5に示す。

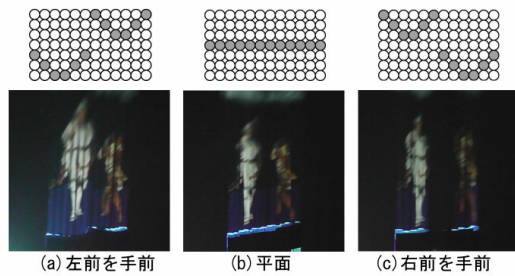


図5：近似形状を用いた霧スクリーンへの投影

図5では、二人のキャラクターが表示された映像を用い、各図上部に示すダクト配列で構成した霧スクリーン面に対して映像投影を行い、斜め左前から映像を観察した結果を示している。この際、人物部分には円筒面による近似形状を用いた。この結果、図4と同様に、霧スクリーンの形状によって再現された奥行き情報に同期した奥行き感が得られたと報告された。

さらに、映像内での物体移動による連続的な奥行き変化を、霧スクリーン形状によって再現した結果を図6に示す。

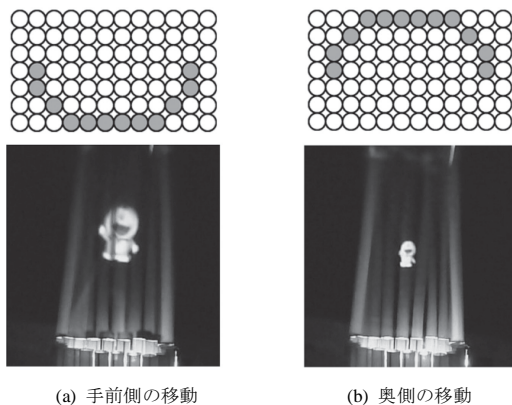


図6：動きを伴った映像の投影

図6では、ダクト配列を楕円状に調整し、その楕円に沿うように移動するキャラクター映像を平面ポリゴンにテクスチャマッピングした簡易な3次元CGで作成した。そして、キャラクター映像の奥行き情報に応じてダクトの開閉を制御した。その結果、霧スクリーンで構成された楕円軌道に沿ってキャラクターが円運動するように映像が投影され、観察者からはその動きが適切な奥行き感の変化を伴って知覚されたことが報告された。

以上の投影実験より、提案システムによって立体感のある映像が提示可能であることが確認できた。しかしその一方で、観察者からいくつかの改善点を指摘された。まず、細いダクトから噴出された霧の間に若干の隙間や粗密が生じており、その筋が視覚的に目立

ってしまうことが指摘された。これより、ダクト部分の構造を改善し、より安定して均一な霧スクリーン面を構築できるように改善していくことが必要であると考えられる。例えば、今回は、下から霧を吹き上げる構造としたが、上から吹き下ろす方が霧を安定させられる可能性がある。また、規模の大きな表示を行う場合には、ダクトの大型化や開閉機構の複雑化が指摘された。すでにダクト長がかなり長くなっているため、次回以降の試作では、現実的な利用も考慮した霧出力方式を検討していきたい。

さらに、提案システムの本質的な問題である、ソレノイド制御のため高速な動作が困難である点、霧の形状に関して縦方向の奥行き変化を表現できない点、奥行き異なる霧スクリーン面全域で投影像のフォーカスを合わせることが難しい点、等に関しても、その影響範囲の調査と改善を試みていきたいと考えている。

(2) まとめと今後の課題

本研究では、3次元形状を有した霧スクリーンを構築して映像投影を行うことで、立体感を備えた空中立体像提示手法を提案し、試作システムによる映像投影実験を行った。実現された映像は、これまでの霧ディスプレイにはない立体感を備えており、初めて体験する人達を驚かすのに十分な効果が確認できた。これは、理想のディスプレイとされる、空中立体像の提示に一步近づけた成果であるといえる。

今後は、本稿にて試作したシステムの改善と合わせて、提示手法と提示される立体感に関する定量的な評価を進めていく予定である。特に、試作システムで大きな制約となった、霧スクリーンの形状に関して、より多様な形状を実現できるように、霧出力装置の改良を進めていきたい。

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 橋本直己、東佑桂、霧を用いた空中立体像提示システムの提案、映像情報メディア学会誌、査読有、Vol.65、No.7、2011、pp.1007-1010

〔学会発表〕(計1件)

① 東佑圭、橋本直己、立体感を提示可能な霧ディスプレイの開発、映像情報メディア学会 2010年冬季大会予稿集、2010年12月14日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 直己 (HASHIMOTO NAOKI)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・
准教授
研究者番号：70345354

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし