

令和 6 年 6 月 20 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04233

研究課題名（和文）クラスタ型デジタル空気砲による香り空間制御技術の研究

研究課題名（英文）Spatial control of scent using cluster digital air cannon

研究代表者

柳田 康幸（Yanagida, Yasuyuki）

名城大学・情報工学部・教授

研究者番号：70230266

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,200,000円

研究成果の概要（和文）：嗅覚ディスプレイへの適用を想定し、ユーザーに装置を装着させることなく時間的・空間的に局所的な香り提示機能を提供するクラスタ型デジタル空気砲（CDA）のシステムを構築するとともに、その挙動について解析を行った。渦輪生成の安定化、香り付加機能など、従来の空気砲と同様の機能を実現するとともに、CDAならではの独自機能、すなわち機械駆動を伴わない渦輪サイズ制御、連射による渦輪加速、チューブレス化、柔軟素材を用いた射出ヘッドによる方向制御などについて研究開発を行い、実現可能性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

空気砲により射出される渦輪を利用して香りを搬送し局所的な香り提示を行う研究は以前より行われてきたが、従来型の空気砲を使用する限り、実用的な性能を確保するにはサイズなどの点で問題があった。クラスタ型デジタル空気砲は、射出部自体は単に多数の開口を持つ板であり、産業的に成熟した空圧システムの部品で構成できるため、機器や施設・住宅設備への導入を行う際の適用範囲を広げる可能性を有する。

研究成果の概要（英文）：We constructed a cluster-type digital air cannon (CDA) system for use in olfactory displays, which provides localized temporal and spatial scent presentation without requiring the user to wear a device, and analyzed its behavior. In addition to realizing functions similar to those of conventional air cannons, such as stabilization of vortex ring generation and scent-adding functions, we conducted research and development on functions unique to CDAs, including vortex ring size control without mechanical drive, vortex ring acceleration by continuous firing, tubeless-type CDA, and directional control using an ejection head made of flexible material.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：嗅覚提示 空気砲 渦輪

1. 研究開始当初の背景

香りは自然に拡がっていくものと思われがちであるが、バーチャルリアリティ (VR) 分野に嗅覚提示を導入するには、時間的・空間的に制御された嗅覚提示手段が必要である。嗅覚刺激の時空間制御を行うための最も確実な方法は、視覚提示におけるヘッドマウントディスプレイ (HMD) のように顔面に器具を装着して鼻孔のごく近傍で香りを放出し、その際の香りの種類と濃度を制御するアプローチであり、装着型嗅覚ディスプレイと呼ばれる。一方、VR における視覚提示手段として HMD は有力な方式であるが、それだけが使用されているわけではない。たとえば、大型スクリーンを使用し液晶シャッター眼鏡などを併用し主に環境側に設置した機器による映像提示を行う、没入型投影技術 (Immersive Projection Technology: IPT) などが使用されている。HMD の適用範囲は広いが、装着の煩雑さは避けられない。その点、IPT はステレオ視用のメガネは装着するものの HMD と比べてユーザーの負担は軽い。さらに、各種裸眼立体視方式により装置を装着せずに立体映像とインタラクションを行う研究も盛んに行われており、非装着型インタフェースへの期待は高い。

VR における視覚ディスプレイのアナロジーに基づくと、嗅覚ディスプレイにおいても同様の状況は発生しうる。すなわち、すべてのユーザーが HMD のような装着型インタフェースを好むわけではなく、非装着でかつ時空間的に制御された嗅覚刺激を行う手段が必要となってくると考えられる。このような背景に基づき、研究代表者・研究分担者らは以前、空気砲から射出される渦輪に香りを乗せ、局所的に香りを搬送し鼻先へ届ける方式を提案し、香りプロジェクタと名付けた (図 1)。以降さまざまな研究を行ってきたが、通常の空気砲、すなわち箱の容積を瞬間的に変動させて開口から空気を出し出す方式や、片方が開口、片方が閉じた筒に圧搾空気を導入し開口から空気を出し出す方式などにおいて、直接的に制御可能なのは容積変動の時間的プロファイルや圧搾空気の圧力や弁開放時間であり、渦輪の形成に直接的に影響する開口部空気の流速分布およびその時間変化は従属変数である (図 2)。

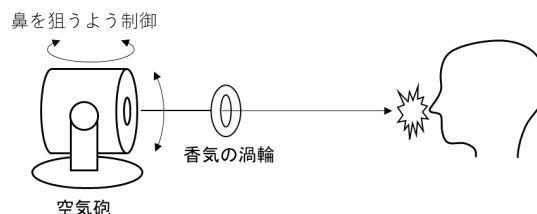


図 1: 香りプロジェクタのコンセプト：
非装着で時空間的に局所的な香り提示

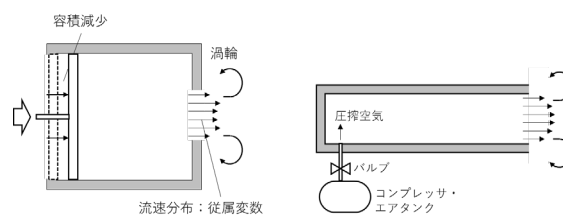


図 2: 従来型空気砲：
箱型と円筒型、機械式駆動と空圧駆動

渦輪を生成するための空気砲開口部の流速分布とその時間変化を直接制御できないことは、渦輪制御の自由度の乏しさに直結する。これまで、渦輪が直接顔面に到達することによる空気流の不自然さを解消するため渦輪衝突による香りスポット生成を試みてきたが、そのためには高度な速度制御と軌道安定性が必要である。軌道安定性については開口部形状を平板でなく滑らかに前方へ突出する形状とするなどして効果を検証してきたが、軌道安定性と渦輪進行速度が概ねトレードオフの関係にあるなど、最適な形状を見いだすには至っていない。開口部形状変更は開口部流速分布の変化をもたらすため、開口部流速分布を直接制御可能であることが望ましい。

2. 研究の目的

本研究は、香り提示のための空気砲開口部における空気の流速分布とその時間変化を直接制御できないかという発想に端を発する。このコンセプトを実現するため、空気砲開口部を単一の穴ではなく多数の小口径射出孔の集合体により合成的に構成し、各射出孔から噴出する空気を個別に制御する、クラスタ型デジタル空気砲 (Cluster Digital Air cannon: CDA) を発案した。このような空気砲は未だかつて誰も試したことがなく、研究課題提案前に単純な構成で渦輪が発生することは実験的に確認できていたものの、装置の構成、空気射出のパラメータなどを含めて全く未知であった。本研究は、CDA の構成やパラメータについて基本的な知見を得ることを目的とする。

CDA の基本コンセプトと構成を図 3 に示す。従来の箱型空気砲や円筒型空気砲と異なり、空気砲本体としての体積を持たない。空気砲開口部を多数の小口径ノズルで合成的に構成し、ノズルから射出される空気を電磁弁により直接制御する。当初試した構成は、エアコンプレッサで圧搾空気を生成しタンクに貯蓄しておき、単一の電磁弁を通して必要な時間だけ放出され、そこから分岐して複数のノズルへと導かれるものであった。必要に応じて、電磁弁は複数使用する。

研究開始時、CDA により期待された機能を以下に挙げる。

- (a) 空気射出ヘッドは多数の小射出孔を持つ単なる板であるため、従来型空気砲のような体積を持つ本体部が不要で、構成の工夫により小型化が可能。
- (b) 従来型空気砲では不可能な流速分布による渦輪生成：開口部の流速分布を直接制御できるようになり、最適な流速分布を探索可能。
- (c) 香り切り替え機能の組み込み：多数ある射出ノズルにそれぞれ香気を割り当てることが可能。
- (d) 香り搬送効率の向上：渦輪に効率よく巻き込まれる空気を射出するノズルにのみ着香することで、効率的な香り搬送が可能。
- (e) 機械的可動部のない、もしくはコンパクトな機構による各種制御：渦輪直径変更、渦輪中心位置変更、射出方向制御など。
- (f) 異なる特性を持つ渦輪の連射：一台による渦輪追突や、渦輪の加速など。

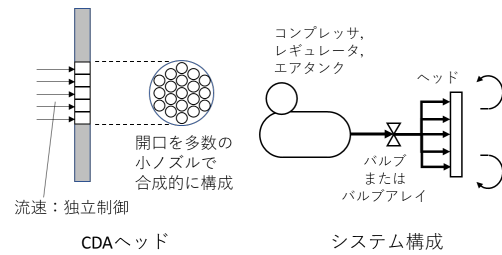


図 3: クラスタ形デジタル空気砲(CDA)の基本コンセプト

本研究では、これらの機能を順次実現・検証していくことを目的とする。研究の進行によって当初予期していなかった問題が発生した場合は、その対策に取り組む。

3. 研究の方法

コンピュータを利用した流体シミュレーション (Computer Fluid Dynamics: CFD) による予測と実機による検証実験の両面から CDA の挙動を解明していく。実機による実験において想定外もしくは新たな挙動が確認された場合、CFD シミュレーションに反映して解析を行うなど、得られた成果を相互に活用しつつ全体としての挙動解明を進める。

CFD シミュレーションでは、パラメータの頻繁な変更が予想されたため、研究室内の PC で実行可能な規模のシミュレーションを実行する。市販の流体解析ソフトウェア (CHAM 社 Phoenics, 64 bits, 8 core 対応) を使用した。

実機実験では、まず 1 つの電磁弁で駆動する単純な構成からスタートし、全ノズルを独立制御可能なシステムを製作する。研究の進行に合わせてそれぞれの検証内容に適したハードウェア構成を考案し、実験を実施する。

4. 研究成果

(1) 渦輪生成の確認と安定化

研究開始当初のプロトタイプは 88 個の射出孔を有し、これを 1 つの電磁弁だけで駆動した。電磁弁を通過した空気が空気継手による分岐を繰り返し 88 本のチューブに分岐する構成である。渦輪は生成されたものの、いくぶん不安定な挙動が見られた。試行錯誤するうち、CDA の全射出孔を使用するのではなく、外周部へ向けて使用する射出孔を間引くと渦輪生成率が 70%程度まで向上することが観察された (図 4)。しかしながら、空気砲により渦輪を生成する際、本来は軸対称性が保たれた方が安定するはずであり、この現象の合理的な説明がつかない。

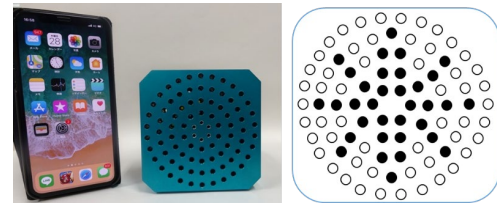


図 4: CDA ヘッド試作機と初期ノズル配

この原因を探るため、各射出孔から吹き出す空気量を水上置換法により計測したところ、電磁弁通過後に流路分岐を行うと大きなばらつきが生じていることが確認され、期待した流速分布を生成できていないことが判明した。この問題に対処するため、複数の電磁弁を同時に使用し、流路分岐回数を減らす構成を試みた (図 5)。電磁弁 10 個、射出孔 84 個の構成 (流路分岐回数 3 回~4 回) では、渦輪生成率 100%を達成した。さらに、流路分岐を全くなくし、電磁弁とノズルを 1 対 1 接続とすることによりすべてのノズルの独立制御を可能とした 48 チャンネルの CDA システムを製作した (図 6)。48 個の電磁弁を 16 個ずつ 3 列に配置したが、その結果チューブの取り回しが煩雑になり、実用上は課題が残る。

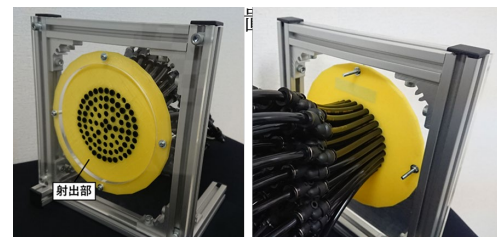


図 5: 分岐回数を抑えた CDA

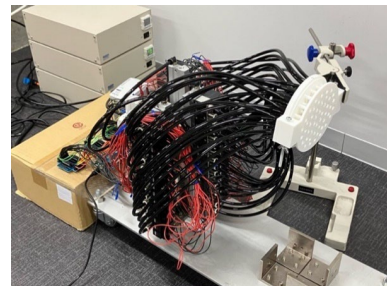


図 6: 48 チャンネル独立制御 CDA

(2) 香り付加・切り替え機能

渦輪に香りを乗せるには、空気砲開口部付近の空気に着香する必要がある。従来形空気砲では内部に香気を満たすと確実に香り付き渦輪を射出可能であるが、それでは射出毎に香りを切り替えることができない。その対策として、空気砲本体の前面に設置した小筒に香気を充填しすぐに射出動作を行うことで香り切り替えを実現していた。一般に、香り提示システムで香りを切り替える場合、同一の経路（チューブなど）複数の香りを通すと香りが内壁へ付着することにより香りが混ざり、意図した通りの香りを提示できない問題が存在する。これに対し、CDAでは射出孔が多数あることから、その一部を香りの種類ごとに専用の射出孔として割り当てることで香りの切り替えが可能である。4種類の香りを4つの射出孔に割り当て、香りの切り替えおよび混合を行うシステムを試作した。

さらに、CDAでは射出直前に本体前面に香気を充填しておくことにより、空気砲内部に全く香りを付着させることなく香り付き渦輪を射出することが可能である。インクジェットデバイス（クラスターテクノロジー社製 パルスインジェクター）により霧化した香料をCDA前面に滴下し直後に射出動作を行うことにより、この機能を実現した。その際、CDA外周部へ着香することにより、香気が効果的に搬送されることがシミュレーションにより確認されている（図7）。

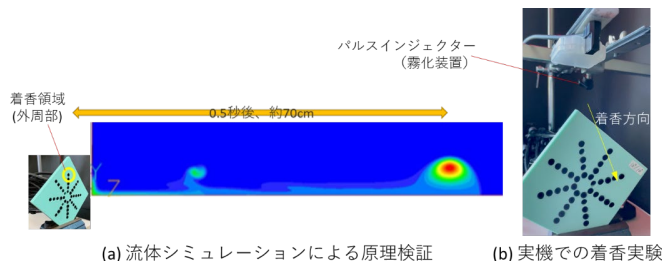


図7: 空気砲前面外部での着香

香りプロジェクタ方式は良くも悪くも時間的に局所的であり、渦輪が到達した時点で対象ユーザーが吸気していないと香りを感じることができない。一定間隔ごとに複数回射出を行えば香りを提供可能である。しかし感知されない香りは無駄となり、むしろ不用意な香り拡散の原因となる。この問題に対処するため、非装着手段により呼吸検出を行い同期して香り提示を行うシステムを構築した。距離画像カメラ（Microsoft Kinect V2）により対象ユーザーの胸部～腹部の動きを検出し、呼吸フェーズのタイミングを判断して射出動作を行った。主観的な香り感知率は呼吸同期を行わない場合が平均45%だったのに対して呼吸同期を行った場合は平均89%に向上した。この実験では空気砲から実験参加者鼻先までが0.5mと近い距離での提示を行っていたため呼吸動作に入った直後に射出動作を行っていたが、空気砲と対象ユーザーの距離が遠い状況では呼吸フェーズの予測が必要となり、将来的な課題である。

(3) 機械駆動を伴わない渦輪サイズ制御

渦輪の大きさを変えることにより、到達距離と1つの渦輪で香りが拡がる範囲を変えることが可能である。従来型空気砲で渦輪の大きさを変えるには開口径を物理的に変更する必要があったが、CDAでは多数存在する射出孔のうち空気の出射範囲を電磁弁により直接制御できるので、機械的な駆動機構なしにサイズ変更が可能である。同心円状に配置した射出孔のうち内側から何周目までを駆動するかによって生成される渦輪のサイズが変化することを流体シミュレーションによって確認し、また実機によりその様子を確認した。

CDAは原理的にさまざまな空気砲開口部の流速分布を生成することが可能であるので、通常の箱型空気砲よりも渦輪生成に最適な流速分布を形成できる可能性がある。これまで、流体シミュレーションにより箱型空気砲の開口部流速分布を推定し、これとは異なるいくつかの流速分布パターンによるシミュレーションを試みたが、渦の強さなどに関して特筆するような効果をもたらす流速分布パターンを発見するには至っていない。

前述の48チャンネル独立制御方式のCDAでは、渦輪径制御に加えて、全ノズルを使用しないサイズの渦輪であれば、渦輪中心位置をずらして射出することも可能である。

(4) 連射による渦輪加速

CDAの特色の一つは、駆動方式に圧搾空気と電磁弁を用いることであり、クランクピストンなどによる機械駆動方式と比較して速射性に優れる。圧搾空気と電磁弁を用いた空気砲

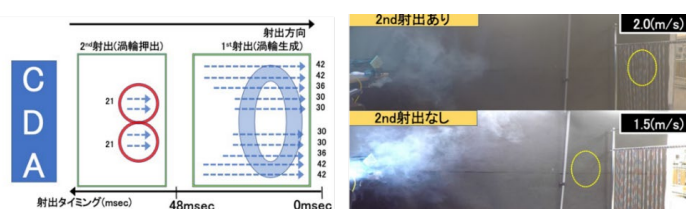


図8: 口径の異なる渦輪の連射による渦輪加速

はこれまででも存在するが、連射の効果的な利用例は少ない。CDAは連射する際の口径を前述のように変化させることが可能であり、単に2発の渦輪を続けて射出するのではなく、1射目と2射目の役割を変えることも可能である。1射目の渦輪を射出した後に、直ちに口径を小さくした2射目を噴出状に射出して渦輪を後押しすることにより、渦輪が加速される効果が実機により確認された（図8）。これは、機械的駆動なしに渦輪サイズを変更できるCDAならではの機能と言

える。さらに、この結果にヒントを得て、最初は最内周のみ射出し、順次外周部を射出する方式を検討した。流体シミュレーションにより、この方式によっても加速効果が得られることが示唆された。

(5) チューブレス化

CDA のさまざまな機能の検証を流体シミュレーションと実機実験を通して行ってきたが、一連の実験においてほぼ同等の射出空気体積・空気押し出し時間を持つ箱型空気砲と比較して渦輪の進行速度が遅い傾向が観察された。渦輪の進行速度は香り提示可能距離に関係するので、速い方が望ましい。前述の渦輪生成安定化と同様、電磁弁通過後のチューブ内流路抵抗が影響している可能性を疑い、電磁弁を直接 CDA の射出孔とするチューブレス CDA

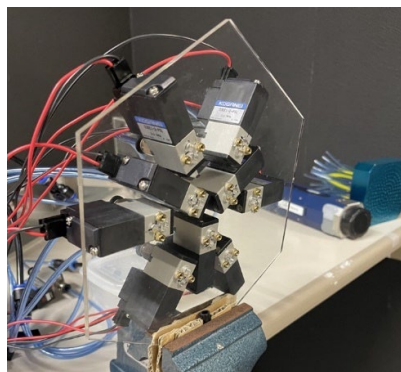


図 9: チューブレス CDA

(図 9) を構築したところ、同じ空気圧で大幅な渦輪速度向上が確認された。さらに、この構成では、圧搾空気の圧力設定により渦輪速度を制御可能であることが確認された。このことから、電磁弁通過後のチューブの空気抵抗と大気圧が問題であったことが明らかになった。

ただし、この電磁弁を直接射出孔とする構成では射出孔の配置が電磁弁本体のサイズによって配置に物理的な制約を受け、チューブを介して射出ヘッドに接続する方式のように射出孔を密に配置することが困難である。従来の CDA では電磁弁からノズルまでの間を 80cm 程度のチューブで接続することが多かったが、このチューブ長を短くしたところ、外径 6mm、内径 4mm のチューブ使用時にチューブ長が 20cm 程度以下でチューブレス効果の発現が確認された。チューブ長と射出孔配置のバランスを考慮した設計は今後の課題である。

(6) 柔軟素材を用いた CDA ヘッドによる射出方向制御

空気砲から射出される渦輪を特定の対象ユーザーへ向けるには、射出方向制御が必要である。CDA の場合、射出ヘッド自体は単なる板であるため全体を回転させることは容易であるが、CDA 射出ヘッドに接続された



図 10: 柔軟素材を用いた変形可能な CDA 射出ヘッド

多数のチューブごと回転させる必要があり、チューブの質量と硬さが制約となる。そこで、CDA 射出ヘッドに厚みを持たせ、柔軟素材を使用して剪断方向に変形することにより、渦輪射出方向制御を行う方式を考案した(図 10)。1 つは、熱可塑性ポリウレタン (TPU) フィラメントによりベースプレート一体型のチューブ群を 3D プリントする方法で、チューブ先端部を別の穴あきプレートにより横方向へ押しつけてチューブ変形を実現する。もう 1 つは、より柔らかい軟質ウレタン樹脂 (エクシール「人肌ゲル」) でレンコン状のユニットを製作し、全体を変形させる方法である。両方式とも、実験により渦輪進行方向を制御できることが確認され、TPU ヘッドでは最大で 30 度方向を変化させることが可能であった。これにより、CDA 射出ヘッド背面に接続するチューブや電磁弁は固定のまま、数 mm 程度のわずかな変位のみで射出方向制御が可能になった。

(7) 研究成果のまとめ

本研究における実験とシミュレーションを通して、CDA の構成によるさまざまな挙動が明らかになってきた。研究開始当初に想定していなかった振る舞いは、その多くが CDA 特有の空圧部品の使い方に起因する。すなわち、空圧システムに使用されるチューブは、通常はコンプレッサから電磁弁までの間の圧力がかかった状態で使用されるものであるのに対し、CDA ではノズルの先端が開放されているため、電磁弁通過後の分岐は流量のばらつきが大きく、流路抵抗の影響を強く受ける。本研究では、実験を進めることによりこれらの問題を発見し、またその解決法を探ってきた。未着手・未解明の課題も一部残されているが、本研究の遂行により CDA という全く新しい方式による空気砲の構成法とその挙動が明らかになったと考える。本研究では渦輪に香りを乗せる嗅覚ディスプレイの一環としての利用を想定しているが、CDA 自体は汎用的な空気砲であり、本研究で得られた成果は渦輪を利用するさまざまな用途、たとえば触刺激提示などにも適用可能である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 安藤 潤人、待田 航太郎、林崎 智和、柳田 康幸、野間 春生	4. 巻 27
2. 論文標題 局所的香り提示のためのクラスタ型デジタル空気砲の提案	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 120～129
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18974/tvrsj.27.1_120	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 柳田康幸	4. 巻 57
2. 論文標題 バーチャルリアリティによる香り空間の生成	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ファルマシア	6. 最初と最後の頁 210-214
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14894/faruawpsj.57.3_210	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 柳田 康幸、野間 春生	4. 巻 29
2. 論文標題 クラスタ型デジタル空気砲	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会誌	6. 最初と最後の頁 11～14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18974/jvrsj.29.1_11	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 加藤晴貴，小島大河，中野拓哉，野間春生，柳田康幸
2. 発表標題 非装着手段による呼吸同期式香り提示システムの構築
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第29回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 加藤晴貴, 中野拓哉, 野間春生, 柳田康幸
2. 発表標題 クラスター型デジタル空気砲による渦輪速度向上のための射出パラメータ検討
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第30回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 待田航太郎, 安藤潤人, 柳田康幸, 野間春生
2. 発表標題 香り提示用空気砲の空気量均一化による渦輪生成率の向上
3. 学会等名 第26回バーチャルリアリティ学会大会, 1B1-5
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 林崎智和, 渡辺久馬, 野間春生, 柳田康幸
2. 発表標題 圧縮空気駆動型空気砲における渦輪制御に関する検証
3. 学会等名 第25回日本バーチャルリアリティ学会大会, 3D1-4
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yasuyuki Yanagida, Haruo Noma
2. 発表標題 Clustered Digital Air Cannon: A Novel Device for Projection-based Olfactory Display
3. 学会等名 International Display Workshop (IDW '21), pp. 695-697 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 待田航太郎, 小川牧葉, 林崎智和, 柳田康幸, 野間春生
2. 発表標題 クラスターデジタル空気砲による香り提示機能の検証
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 26, No. SBR-1, pp. 7-12
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 服部正一, 林崎智和, 野間春生, 柳田康幸
2. 発表標題 クラスターデジタル空気砲による渦輪生成安定化のための流路分岐形状検討
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 26, No. SBR-1, pp. 13-18
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小川牧葉, 待田航太郎, 大井翔, 松村耕平, 柳田康幸, 野間春生
2. 発表標題 クラスターデジタル方式空気砲の時間制御による速度向上
3. 学会等名 情報処理学会インタラクション2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 加藤晴貴, 柳田康幸
2. 発表標題 香り搬送を目的とした渦輪の挙動解析
3. 学会等名 CHAM Japan PHOENICSユーザーカンファレンス2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 角谷美里, 安藤潤人, 柳田康幸, 野間春生
2. 発表標題 直動弁を使ったチューブレスCDAによる渦輪射出の安定化
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第31回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 角谷美里, 中野拓哉, 森田尚樹, 西川凌, 安藤潤人, 柳田康幸, 野間春生
2. 発表標題 チューブレスCDAを使った安定した渦輪による香り提示
3. 学会等名 第28回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 幸田靖行, 角谷美里, 安藤潤人, 柳田康幸, 野間春生
2. 発表標題 高速応答弁によるクラスタ型デジタル空気砲のシーケンシャル射出の性能検証
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第32回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 森田尚樹, 西川凌, 安藤潤人, 野間春生, 柳田康幸
2. 発表標題 クラスタ型デジタル空気砲における柔軟素材による偏向ノズルの検討
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第33回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2024年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 執筆者:64名(担当部分:柳田康幸,野間春生)	4. 発行年 2021年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 576
3. 書名 VR/AR技術における感覚の提示,拡張技術と最新応用事例(担当:第7章6節「クラスタデジタル空気砲による時空間局所型香り提示」)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	野間 春生 (Noma Haruo) (00374108)	立命館大学・情報理工学部・教授 (34315)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------