

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H02741

研究課題名(和文) 空気媒体による触・嗅覚提示を用いた非視覚型拡張現実感の基盤技術

研究課題名(英文) Fundamental study on non-visual augmented reality using air-based haptic and olfactory displays

研究代表者

柳田 康幸 (Yanagida, Yasuyuki)

名城大学・理工学部・教授

研究者番号：70230266

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,600,000円

研究成果の概要(和文)：ユーザーにデバイスを装着させることなく、触覚と嗅覚を通して刺激を与えるための空気制御技術について研究を行った。持続的もしくは時定数の大きい刺激を提供する風については人間の風向知覚特性を精密に計測し、系統的な知見を得た。瞬発的な刺激を提供する渦輪については渦輪の軌道安定性に着目し、主に開口部形状をパラメータとして実験を行ったところ、渦輪の射出速度と軌道安定性がトレードオフの関係にあることを見いだした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

空気をメディアとして利用し、触覚と嗅覚による環境提示を行うための基礎技術を研究した。時定数の長い風による刺激に関しては、人間の風向判別能力を全方向にわたり調査し、正面と背面からに比べて側面からの風の方向がわかりにくいことを明らかにした。短時間の刺激を実現する、空気砲を用いた渦輪による刺激については、軌道安定性と渦輪速度がトレードオフの関係になることを明らかにし、さらなる検討の過程で、空気砲を多数の小開口で構成する新方式を提案した。

研究成果の概要(英文)：We studied the air control technology to provide stimuli through haptic and olfactory sensations without requiring the user to wear a device. For winds that provide stimuli that are continuous or have a large time constant, we have systematically obtained information by accurately measuring the characteristics of human wind direction perception. Regarding the vortex ring that provides the instantaneous stimulus, we focused on the orbital stability of the vortex ring and conducted experiments mainly with the shape of the opening as a parameter. We found that there is a trade off between the stability and the flying velocity of the vortex ring.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：バーチャルリアリティ 拡張現実感 触覚提示 嗅覚提示 風向知覚 渦輪

1. 研究開始当初の背景

本研究では、人間の五感のうち、力・触覚と嗅覚について扱う。コンピュータを介した体験を提供する技術分野において、触覚は全身に感覚器が分布する一般感覚であり、環境の様子を提示するためには手や指先以外の部位、たとえば顔面や腕などの肌露出部、あるいは着衣の上からの触覚刺激も利用できる。空気流を制御し触覚刺激を与えることにより、ユーザーはある環境に存在するかのような感覚を体験できる。嗅覚も、環境情報を提示するための手段として利用可能である。街の市場での匂い、海辺の磯の匂い、森の香りなど、嗅覚の提示により、その場にいる「空気」を体験することが可能になる。空気流による触覚刺激と嗅覚提示の共通点は空気を媒体とすることであり、両者を統合して扱うことは意義がある。空気を利用する感覚提示は、人間がその場の空気に接しているという性質上、感覚刺激の遮断と代替を行う狭い意味での VR というより、本質的に感覚刺激の重畳を行う AR である。

風を利用した環境提示を行うシステムは多数開発されており、風に載せて香りを提供する研究も行われている。単に一方から風を送るだけでなく、全周囲からの風刺激が可能なシステムも存在するが、多くは 45 度程度の感覚でファンを配置しており、この間隔で十分な風向提示が行えるかどうかは未知数である。そこで我々は、風の方向知覚に注目し、人間の頭部における方向知覚特性を調査してきた。前例が見あたらず手探りの状態から始めた研究であるが、粗い実験から開始して次第に精密化し、顔正面方向からの風向知覚弁別閾を定量化した。

一方、我々は嗅覚ディスプレイの一手段として渦輪の利用を提案し[1]、「香りプロジェクト」として一連の研究開発を進めてきた。香りをメディアの一環として利用する場合、単純に香りを空間中へ拡散させると香りの残留によりシーンの切り替えに対応できないが、ごく少量の香りを鼻先へ効率よく搬送することにより香り提示の時定数を短くし、香り空間の時空間的な制御を可能にした。空気砲から射出される渦輪はそれ自体が高速な空気流で構成されるため、顔面などの肌に直接衝突させると瞬間的に突風が吹いてきたかのような触覚的效果が生じる。嗅覚ディスプレイとして利用する場合この効果はアーチファクトであるが、渦輪のもたらす触覚効果を積極的に利用する研究も行われている。我々は、嗅覚ディスプレイとしての観点から、渦輪の持つ触覚効果を打ち消すため、2つの渦輪を狙った位置で衝突・崩壊させ、渦輪に含まれる香料を空間中に滞留させる方式を提案した[2]。当該方式は、当初単純に渦輪本体が顔面に直接到達することによる突風感を軽減することを目標としていたが、2つの渦輪がそれぞれ運動量を持つため、このバランスを制御することにより渦輪崩壊地点から局所的な空気流を生成可能であることに思い至った。この局所流は渦輪が直接顔面に当たったときほど強い触覚効果はなく、短時間の柔らかい風のような感触を与える。しかし、この方式の実現には、渦輪軌道の高度な安定性が必要不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では、異なる時定数を持つ空気流による触覚効果および嗅覚効果を組み合わせ、さまざまな環境の演出に対応可能な触覚・嗅覚ディスプレイシステムの構築を当初の目的とした。ファンなどにより発生する風は持続的な空気流を生成可能であり、時定数の長い触覚・嗅覚刺激に適している。他方、渦輪を直接顔面に到達させる方式は瞬発的に強い触覚効果を有し、同時に短時間の嗅覚刺激を与えることができる。渦輪衝突による局所流の生成は、短時間の柔らかい触覚効果とともに、短時間の嗅覚刺激が可能であると予想され、いわば自由空間中に短時間存在する小さなバーチャルな風源および香源を生成させることに相当する。これらを組み合わせることにより、時定数の長い刺激から短い刺激まで、嗅覚および空気流による触覚刺激に関する時間方向のダイナミックレンジを拡大することができると期待される。しかしながら、これらを組み合わせる前に、個々の方式による提示を確立することが必要不可欠である。

時定数の長い風による刺激については、当初、円弧状に等間隔に並べたファンから風刺激を送り、弁別閾を測定していたが、ファンの取り付け誤差およびファンの個体差により風刺激がばらつく問題を発見し、複数のファンによる刺激ではなく同一のファンが円弧状のレールを動く実験システムを構築した。また、実験にはコンピュータ筐体用のファンを使用していたが、単一のファンでは風の当たる領域が狭く、風が当たる顔の部位により風向を判断している可能性が示唆されたため、顔全体を包み込む幅の風をファンアレイにより作り出し、弁別閾測定を行った。これらの過程を経て、人間の頭部正面における風向弁別閾は数度程度と、風向をかなり精密に判別可能であることが明らかになった[3]。しかし、これらの実験はいずれも頭部正面方向を中心にした刺激であり、総合的な風刺激を目指した場合、頭部全周囲にわたる風向知覚特性に関する知見が必要である。そこで本研究では頭部全周囲からの風刺激に対する風向知覚弁別閾を測定する。

一方、渦輪衝突による局所流の生成技術は未解決の要素が多く残されている。本研究では、まず渦輪衝突による局所流制御技術に取り組む。そのためには、渦輪を目標地点に所望のタイミングで確実に到達させる必要があるため、渦輪の軌道安定化および速度制御技術の確立が必要不可欠である。加えて、香りを渦輪で搬送する際、香気を渦輪に効率よく閉じ込め、渦輪が引きずる「尾」に残留する香料成分を極小化することが必要である。本研究では、まず渦輪軌道安定化から開始し、順次問題を解決していく。

これらに成功した場合、特性の異なる空気制御手段を組み合わせ、触覚刺激、嗅覚刺激の有無・強弱の効果について検証することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、個々の触覚・嗅覚提示手段の精度を高めることから開始する。

時定数の長い風による刺激に関しては、頭部正面方向からの風のみならず側面や後方からの風に対する角度弁別閾に関する風向知覚弁別閾の測定を行い、頭部全周囲にわたる風向知覚特性に関する知見の獲得を行う。後頭部は顔の正面と異なり、凹凸が少なく、頭髪がある、側面は、正面や背面が基本的には左右対称であるのに対し、非対称であるといった違いが見られるため、風向知覚特性も異なる可能性がある。弁別閾の測定手段は、これまでの研究で使用してきた実験システムを踏襲する。図1のように、円弧状のレール上を移動するファンユニットを使用し、標準刺激(0度)と比較刺激(±30度の範囲、10度間隔)を交互に提示する。刺激部位は、図2のように正面、側面、背面の3方向とする。



図1 風向弁別実験装置

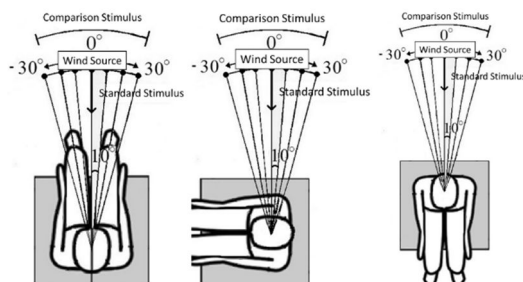
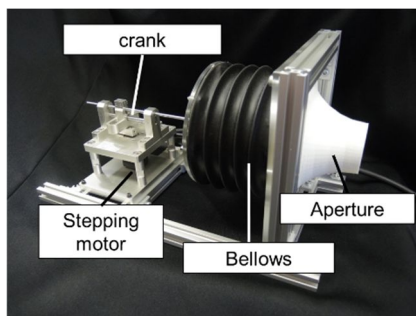
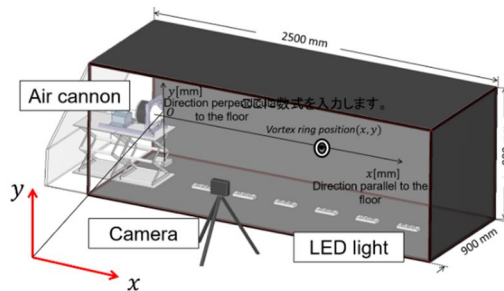


図2 風刺激の方向

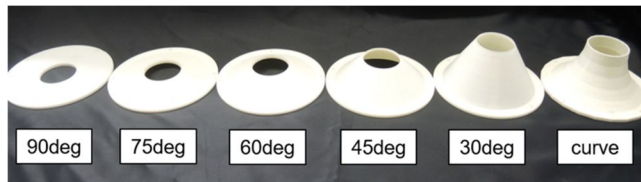
渦輪を利用した刺激については、まず軌道安定性の確保を目指す。開口部形状を滑らかに突出するようにすると軌道が安定したという報告があるが、詳細が明らかになっていないため、この点を実験的に検証する。3Dプリンタを用いてさまざまな形状の空気砲開口部形状を製作し、渦輪軌道を観察する。渦輪の軌道はビデオカメラで撮影し、フレームごとに渦輪の位置を算出し、軌道安定性を評価する。



(a) 空気砲



(b) 軌道測定環境



(c) テストした開口部形状

図3 渦輪軌道安定性検証用の実験装置

複数手法の組み合わせによるシステム構築はこれらの実験結果次第であり、進行に応じて検討する。

4. 研究成果

(1) 風向知覚特性

頭部正面に加えて、頭部側面、頭部背面からの風刺激に対する風向弁別閾、すなわち丁度可知差異(JND)を調査した。被験者はアルバイトで募集した 19~24 歳の男女各 24 名ずつ、計 48 名である。実験条件は風の局所性に関する 2 条件(単発ファン, ファンアレイ)と刺激部位に関する 3 条件(正面, 側面, 背面)の組み合わせ、計 6 通りである。6 回の実験時間の合計は約 180 分と長時間になるため、被験者の疲労を考慮し、1 回の実験につき約 10 分の休憩を挟み、さらに一日に 3 回ずつ二日に分けて行った。休憩時間も含めると、一日の実験時間は約 2 時間である。初日の実験の後、1 週間以内に二度目の実験を行うようにした。順序効果を防ぐため、風の種類(局所的・均一)と刺激部位(正面・側面・背面)の提示順は被験者ごとにランダムである。実験は恒常法により行われた。半円の中心を 0 度とし、そこから提示される風を標準刺激、-30 度から +30 度までの 0 度を含む 10 度間隔の 7 点からの風を比較刺激とする。予備実験により、刺激の間隔を 5 度にしても JND の測定結果は変化しないことを確認している。比較刺激が標準刺激に対して左右どちらに感じたかを 2 件法で回答してもらい、各点 10 回ずつ、標準刺激と合わせると 140 回の刺激を被験者に与えた。ファンの動作音およびファンユニットの移動音をブロックするため、イヤホンからノイズを流している。風を受ける顔面の面積が減少することを防ぐため、アイマスクは装着せず閉眼状態で実験を行った。被験者が「右」(側面の場合は「後」)と答えた確率をプロットし、累積正規分布曲線をフィッティングすることで JND を算出した。

表 1 全ての被験者の JND (度)

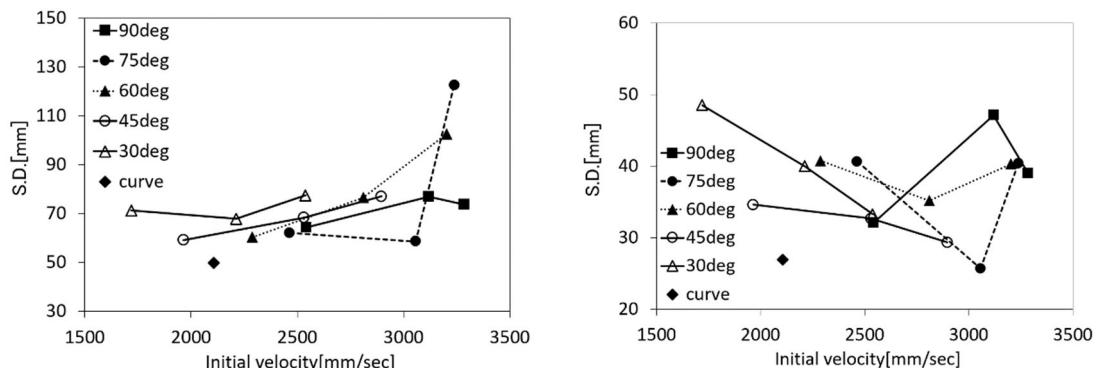
		全体	男性	女性
単発	正面	4.29	4.35	4.24
	側面	11.30	12.83	9.85
	背面	4.41	4.67	4.05
ファンアレイ	正面	7.85	8.03	6.42
	側面	11.24	11.69	10.80
	背面	6.78	6.27	5.76

測定結果を表 1 に示す。刺激部位の違いに関しては、正面と背面の間に有意差がなく、正面と側面、側面と背面の間に有意差が確認された。側面の JND が大きくなっており、側面では風向を判別しづらいことが明らかになった。正面と背面は左右対称であるのに対し、側面は対称性がないことが影響している可能性が考えられる。風の局所性による影響に関しては、正面と背面からの刺激に関しては有意差があり、側面では有意差が確認されなかった。性差に関しては、すべての方向、局所性の組み合わせにおいて有意差が確認されなかった。風向知覚は主に触覚に基づいていると考えられ、圧覚に関する閾値については性差が存在するとの研究事例があるが、今回の風向弁別閾については性差が確認されなかった。ただし、髪型による影響は示唆された。

以上、風向知覚に関する系統的な弁別閾の計測を実施した。本実験では被験者が風向のみに意識を集中しており高い弁別能力が観察されたが、映像や音声などの存在により影響を受けることは想定される。

(2) 渦輪の軌道安定性

先行研究として、開口部形状が渦輪の軌道安定性に影響を与えるという報告[4]があるため、開口部形状が渦輪の軌道安定性に与える影響を詳細に調査した。図 3(c)のように、平板に穴を開けた形状(中心軸と開口面の角度が 90 度)から、前方に長く突出した円錐台形状(中心軸と開口面の角度が 30 度)、および曲面状に突出した形状の開口部ユニットを用意し、時間経過とともに渦輪の位置(x 軸: 進行方向, y 軸: 中心軸からのずれ)を記録した。空気砲の開口径は 5 cm で、ピストン・クランク機構により駆動する。各条件で 20 回試行し、空気砲開口部から 1350 mm 離れた位置における x 軸方向と y 軸方向の標準偏差を算出した。



(a) x 軸 (進行方向) のばらつき (b) y 軸 (中心軸からのずれ) のばらつき
図 4 開口部形状による渦輪軌道安定性への影響

結果を図 4 に示す。横軸に渦輪初速、縦軸に渦輪位置の標準偏差をプロットしている。曲面形状を除き、空気砲射出の駆動速度を 3 段階に変化させ、射出速度との関係も観察した。曲面形状の場合、ピストン・クランク機構を最大速度で駆動した場合のみ安定した渦輪が生成された。渦輪進行方向(x 軸)のばらつきに関しては、円錐台形状の場合目立った変化は見られず、曲面

形状において若干安定性が向上する様子が見られた。中心軸からのずれ(y軸)のばらつきに関しては、同じ開口部形状ならば射出速度の速い方が軌道が安定する傾向が観察されたが、一部は射出速度を速くすると逆にばらつきが大きくなる現象が見られ、明確な法則性があるとはいえない。Y軸方向についても曲面形状開口の安定性は向上した。このことから、開口部形状を平板や円錐台形状ではなく曲面形状にすることは、軌道安定性に一定の効果があることが示唆された。この結果は、先行研究[4]の結果を支持するものである。

しかしながら、同時に、曲面形状開口は射出速度が同じ長さの円錐台形状と比較しても遅いことが観察された。射出速度が遅いと渦輪の勢いが弱いため、到達距離が短くなる。到達距離を伸ばすには開口を大きくし渦輪のサイズ自体を大きくする方法が考えられるが、これは同じ渦輪サイズで軌道安定化を図る本来の目的とは異なる。このため、全体としては渦輪の軌道安定性と渦輪速度の間にトレードオフの関係があることが明らかになった。この側面については先行研究で考慮されておらず、ネガティブな結果ではあるが本研究における実験で判明したことである。本研究では開口部形状の工夫により渦輪軌道の安定化を目指したが、この結果を受けて飛躍的な軌道安定化は見込めず、渦輪衝突を確実に発生させる見通しが立たないため、研究計画の見直しを余儀なくされた。

(3) 空圧駆動と小口径開口合成による新方式の提案

開口部形状の工夫以外の手段で軌道安定化を図る上で検討したのが、駆動方式の変更である。これまで、空気砲からの射出体積と射出速度を自在に制御するためピストン・クランク機構による機械的駆動方式を利用してきたが、圧搾空気をういた空圧駆動方式による空気砲[5]が安定性の高い渦輪を実現していることから空圧駆動方式の採用を検討した。駆動方式の相違による軌道安定性の検証実験を行ったところ、同一の空気砲本体を用いる限り、駆動方式を機械式から空圧式に変更したことによる安定性の向上は確認されなかったが、空圧式は機械的可動部がないという利点を持つため、引き続き検討を進めることにした。しかし、空圧駆動方式の典型的な形状である[5]の空気砲は長い筒状であり、固定した装置から安定した渦輪を射出可能であるが、本研究が目指すような、ユーザーの動きに応じて即座に目標位置を定め方向制御する用途には不向きである。

この弱点を克服するため、空気砲開口部を多数の小開口で構成し、各小開口からの射出を圧搾空気と電磁弁により制御する方式を、立命館大学・野間春生教授と共同で考案した。新たに提案された方式は、小開口をディスプレイのドットになぞらえ、CDA (Cluster Digital Air cannon) と名付けられた。CDAは小開口の集合体であり、長い筒を必要としないため、コンパクトに実現可能である。CDAは従来の空気砲では実現できなかった開口部流速分布を実現可能であり、その特性については全く未知である。このため、本研究ではCDAによる渦輪生成条件について、実験による実験と流体シミュレーションの両面から基礎検討を行った。その結果、流速分布を変化させることで渦輪の直径や移動速度を制御可能であることが示された。

<引用文献>

- [1] Y. Yanagida, S. Kawato, H. Noma, A. Tomono, and N. Tetsutani: Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking, Proc. IEEE Virtual Reality 2004, 43-50, 2004.
- [2] F. Nakaizumi, Y. Yanagida, H. Noma, and K. Hosaka: SpotScents: A Novel Method of Natural Scent Delivery Using Multiple Scent Projectors, Proc. IEEE Virtual Reality 2006, 207-212, 2006.
- [3] 中野拓哉, 吉岡有哉, 柳田康幸: 風向知覚特性に対する風源配置精度と風速分布局所性の影響, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 19(4), 551-557, 2014.
- [4] 伴野明, 伴野貴俊, 吹浦哲教, 山口博幸: 空気砲式香り発生装置の嗅覚特性改善に関する検討, 画像電子学会誌, 37(4), 444-451, 2008.
- [5] 橋口哲志, 大森奈央, 山本修平, 上岡玲子, 竹田仰: 風圧型顔面触覚ディスプレイのVRシターへの応用, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 17(4), 393-398, 2012.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1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 1件）

1. 著者名 中野 拓哉、柳田 康幸	4. 巻 24
2. 論文標題 頭部全周囲における詳細な風向知覚特性の測定と評価	5. 発行年 2019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 53 ~ 59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.18974/tvrsj.24.1_53	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 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件）

1. 発表者名 渡辺久馬, 青木亮裕, 柳田康幸
2. 発表標題 空気砲の射出速度と開口部形状が渦輪の軌道安定性に与える影響
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会 第22回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳田康幸
2. 発表標題 VR技術の現状と展望
3. 学会等名 第22回名城大学技術士会講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柳田康幸
2. 発表標題 VR空間における匂い表現の可能性
3. 学会等名 ソリッドレイ研究所 オメガスペースユーザー会2018（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡辺久馬, 柳田康幸
2. 発表標題 空気砲の軌道安定化へ向けた最適な開口部形状の実験的考察
3. 学会等名 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 園田祐馬, 大井翔, 松村耕平, 柳田康幸, 野間春生
2. 発表標題 クラスタ方式空気砲の設計と評価
3. 学会等名 第23回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kyuma Watanabe and Yasuyuki Yanagida
2. 発表標題 Stability of the Vortex Ring Trajectory by the Shape of the Aperture for Generating Scent Fields
3. 学会等名 Digital Olfaction Society Annual Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林崎智和, 渡辺久馬, 中野拓哉, 野間春生, 柳田康幸
2. 発表標題 クラスタ方式空気砲における流速制御と射出される渦輪の挙動の検証
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会 第23回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuma Sonoda, Koji Ohara, Sho Ooi, Kohei Matsumura, Yasuyuki Yanagida, and Haruo Noma
2. 発表標題 FraXer: Fragrance Mixer using Cluster Digital Vortex Air Cannon
3. 学会等名 IEEE Virtual Reality 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野拓哉, 柳田康幸
2. 発表標題 性別による風向知覚特性への影響
3. 学会等名 電子情報通信学会マルチメディア・仮想環境基礎研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yasuyuki Yanagida
2. 発表標題 Towards spatial augmented reality by olfaction: spatio-temporal control of scented air
3. 学会等名 3rd World Congress of Digital Olfaction Society (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大石大典, 柳田康幸
2. 発表標題 渦輪衝突による香り場生成へ向けた軌道安定性の検討 - 空気砲の開口部形状による軌道安定性への影響 -
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第19回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuya Nakano and Yasuyuki Yanagida
2. 発表標題 Conditions Influencing Perception of Wind Direction by the Head
3. 学会等名 IEEE Virtual Reality 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大石 大典, 柳田 康幸
2. 発表標題 香りプロジェクトの搬送効率向上のための香り充填領域制御機構の設計と評価
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第16回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 青木亮裕, 柳田康幸
2. 発表標題 香りプロジェクトにおける開口部形状と香り搬送効率の関係 - 流体シミュレーションによる検証 -
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第17回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takuya Nakano and Yasuyuki Yanagida
2. 発表標題 Measurement of wind direction perception by the entire head
3. 学会等名 IEEE Virutal Reality 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yasuyuki Yanagida, Takuya Nakano, and Kyuma Watanabe
2. 発表標題 Towards precise spatio-temporal control of scents and air for olfactory augmented reality
3. 学会等名 2019 ISOCS/IEEE International Symposium on Olfaction and Electronic Nose (ISOEN 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林崎智和, 渡辺久馬, 中野拓哉, 柳田康幸
2. 発表標題 香りプロジェクト: 渦輪による香り搬送
3. 学会等名 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2019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 香りプロジェクトのための空気砲開口部流速分布の積極的制御に関する検討
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会第24回香り・味と生体情報研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中野拓哉, 柳田康幸
2. 発表標題 人の頭部側面における風向知覚特性の測定
3. 学会等名 電子情報通信学会マルチメディア・仮想環境基礎研究会
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 柳田康幸	4. 発行年 2018年
2. 出版社 CMC出版	5. 総ページ数 267
3. 書名 「空中ディスプレイの開発と応用展開」第 編11章「匂いディスプレイ」	

1. 著者名 柳田康幸	4. 発行年 2018年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 550
3. 書名 「VR/AR技術の開発動向と最新応用事例」第4章第2節「香りプロジェクトによる香り場生成と嗅覚情報提示」	

1. 著者名 中野拓哉, 柳田康幸	4. 発行年 2017年
2. 出版社 サイエンス&テクノロジー	5. 総ページ数 653
3. 書名 「狙いどおりの触覚・触感をつくる技術」第4章第2節6項「人間の風向知覚特性を考慮した風覚提示技術」	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>名城大学通信vol.55 https://www.meijo-u.ac.jp/about/pr/digital/meijo_report/vol155/</p>
--

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
研究協力者	中野 拓哉 (Nakano Takuya)		