

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007 年度～2010 年度

課題番号：19300038

研究課題名（和文） 香り空間の局所型制御技術に関する研究

研究課題名（英文） A Study on Localized Delivery of Scent

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

研究成果の概要(和文):映像メディアなどと連動した家庭内での香り提示を行うことを想定し、空気砲が射出する渦輪の原理を用いて、時間的・空間的に局所的な香り提示技術の研究を行った。本研究では、小型化、静音化、効率化を目指した。小型化については、待機時に体積をゼロにすることが可能な「扁平型空気砲」の提案、システム設計試作を行い、その性能と挙動について解析した。静音化については、機構の動作音が小さいと考えられるスピーカを駆動機構として利用し、その動作速度と発生するノイズとの関係について調査した。効率化については、空気砲開口部の形状や射出する空気の体積・速度と生成される渦輪および渦輪にならない「尾」の様子について実験的な観察を行った。

研究成果の概要(英文): We examined a method to deliver scented air locally, both in time and space, by using vortex rings emitted from an “air cannon,” aiming at using scent as a media in conjunction with audio-visual programs. In our study, we investigated three aspects to improve this technology: downsizing, reducing the noise of the system, and improving the efficiency of localization. For downsizing, we proposed a configuration of an air cannon whose inner volume in the idle status becomes zero. For reducing the noise, we investigated relationship between the driving speeds of loudspeaker-based actuator and generated noise. For improving the efficiency, we investigated the relationship between the behavior of the emitted vortex rings and the shape at the aperture of the air cannon.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
2008 年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2009 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

研究分野：総合領域

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：バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

近年、メディアとしての香りが注目されつつある。家庭でも大型テレビの普及が進み、視聴覚メディア鑑賞環境がリッチになると

ともに、さらなる臨場感への期待が高まってきている。一方で、大型・高精細の映像ディスプレイ装置は現在国際的な競争が激化しており、わが国の競争力を維持するためには、新しい付加価値を提案していく必要がある。

こうした中、視聴覚のみならず五感に訴えかけるメディア技術が模索されているが、従来の視聴覚メディア鑑賞スタイルとの親和性を考えると、手や体の一部が届く範囲の事象に限られる力・触覚よりも、むしろ嗅覚の利用が有効ではないかと考えられる。香りをうまく映像に合わせて提示すると、映像世界との「ガラス窓」が取り除かれ、より引き込まれるような効果があるという報告もあり、高度な臨場感の創出に役立つことが期待される。また、香りは感性に直接訴える効果があり、広告などの分野での利用も期待される。本研究は、家庭において香り付き映像メディアを鑑賞する状況などを想定して、香りを時間的・空間的に局所制御する技術に関するものである。

アロマセラピーなどに代表されるように、従来、香りは部屋全体に拡散させて鑑賞するものであった。ところが、映像メディアに合わせて香りを提示しようとする、シーンの変化に合わせて、短時間で別の香りを提示する必要性が生じる。従来のように香りを拡散させてしまうと、一旦放出した香りを消すことが難しく、新たに別の香りを発生させてもそれらが混ざってしまう問題が存在した。これは、香り付きメディアを実現しようすると、必ず直面する問題である。たとえば、空調設備を用意して空気を部屋から排出する方法が考えられるが、家庭で香り付き映像メディアを鑑賞するためにそのような大規模空調設備を設置する訳にもいかない。そこで本研究では、全く異なるアプローチを採用する。ごく少量の香りをユーザの鼻先へピンポイントで届けることにより、時間的・空間的な局所性を実現しようというものである。

2. 研究の目的

研究代表者らは、本研究に先立って、自由空間中を通して香りを搬送し局所的に提示する手法を考案し、このコンセプトに基づくシステムの研究開発を行ってきた。香りを単純に空中へ拡散させるのではなく、香りを小さな空気塊に閉じこめた状態で自由空間中を搬送し、ユーザの鼻先まで届けるという技術である。このコンセプトの実現のため、子ども向け理科実験教室などでしばしば題材として取り上げられる、「空気砲」の原理を利用している。空気砲の開口から射出された空気は外側へ巻き込まれる形でドーナツ状の渦輪を形成し、渦が保たれる間は渦に巻き込まれた香料微粒子は徒に拡散せず、渦輪の中に保持される。これにより、渦輪に香りを載せてユーザの鼻先まで到達させる方式である。

しかし、本研究以前の研究開発は、提案コンセプトが機能として実現可能であること

を示すレベルに留まっており、性能の面では少なからず問題があった。実用化レベルへ持つて行くためには、数々の本格的な検討が必要である。そこで本研究課題においては、装置の設計パラメータなどを系統的に調査する。具体的には、香り提示方式の手段として利用する「空気砲」の形状、駆動機構、駆動パラメータなどについて調査する。これにより、実用に耐えるシステムの実現へ向けての障壁である、小型化、静音化、効率化についての知見を得ることを目的とする。

3. 研究の方法

小型化、静音化、効率化のそれぞれについて、実験システムを構築し、極力系統的に設計・動作パラメータとその効果に関する調査を進める。可能なものについては、流体シミュレーションを用い、実機での検証が困難なケースを補足するとともに、実機での実験結果と相互参照を行う。

渦輪の観察は、フログを用いて可視化し、高速度カメラで撮影を行う。また、精細度は劣るが、より実際の香りに近い状況を実現するため、市販のガスセンサを用いて応答を観察する。

4. 研究成果

小型化に関しては、待機時に体積をゼロにすることが可能な「扁平型空気砲」の提案、機構設計、ハードウェアシステム試作、制御プログラム作成を行い、動作パラメータを定量的に制御可能な環境を整えた。空気砲の渦輪射出性能は、渦輪のサイズに直接影響する開口径と、必要な空気射出量・速度の確保が重要であり、単純に全体スケールを縮小すると到達距離が不十分になってしまう。このため、開口径と射出体積・速度を確保しつつ、不要な体積の削減を図ることが有効であると考えた。射出体積・速度の確保には、空気砲を構成する容器の容積変動をもたらす「変動面」の面積を確保する方が有利である。このため、開口の存在する面の面積は一定の大きさを保持しつつ、前後を扁平にすることによって、待機時の体積（デッドスペース）を削減する方針とした（図1）。

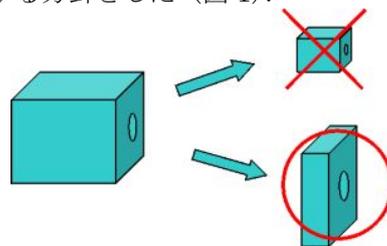


図1 空気砲省スペース化の指針

さらに、開口と反対側の面を可動面とした場合、射出動作時の面変位のためのスペースを確保しておくことが必要になる。これもデッドスペースとなることから、背面側は固定とし、開口面自体を可動面とする方式（前面変動型扁平空気砲）を考案した。二重反転プロペラ機構とリンクを組み合わせた駆動機構を設計し、システムの施策を行った。構築したシステムを図2に示す。



図2 前面変動型扁平空気砲試作機

製作したシステムを使用して性能評価実験を行い、従来の通常体積型（待機時にも一定の体積を有する）空気砲と比較して遜色ない渦輪搬送性能を有することが確認された。一方、通常体積型とは若干異なる挙動も観察された。すなわち、同じ体積変化、体積速度で駆動した場合、前面変動型扁平空気砲の方が、若干渦輪の飛行速度が速くなる現象が見られた（図3）。実験装置個体の特性に基づく差異の可能性も考えられたため、流体シミュレーションを用いて検証を行ったが、やはり同様の結果が得られた（図4）。

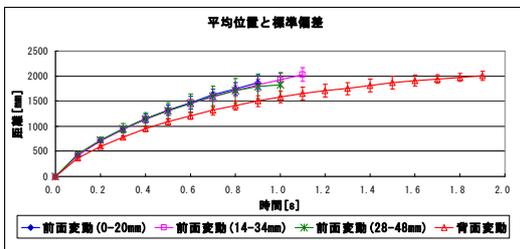


図3 通常型空気砲と前面変動型扁平空気砲から射出された渦輪の、経過時間と飛距離との関係（実機）

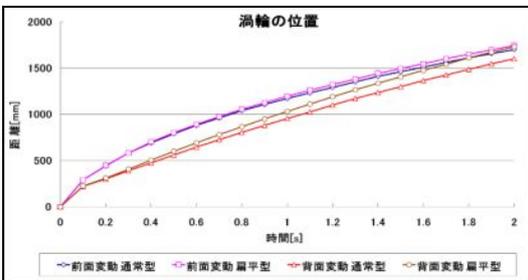


図4 通常型空気砲と扁平型空気砲から射出された渦輪の、経過時間と飛距離の関係（流体シミュレーション）

静音化に関しては、スピーカを空気押し出し機構として用いたシステムに関する検討を行った。スピーカ駆動電圧をステップ状に加えると無視できないノイズが発生するが、なめらかに増加する電圧を印可するとノイズの発生は抑えられることを確認した（図5）。印可電圧の傾き（急峻さ）は渦輪の飛距離・速度に影響するため、状況に応じた適切なパラメータ設定が必要であることが示唆された。

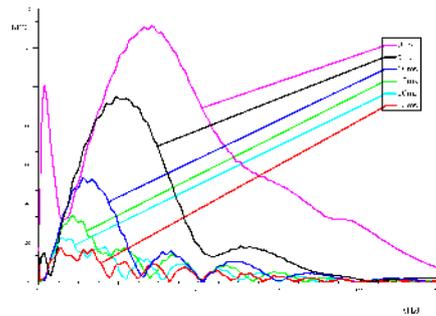
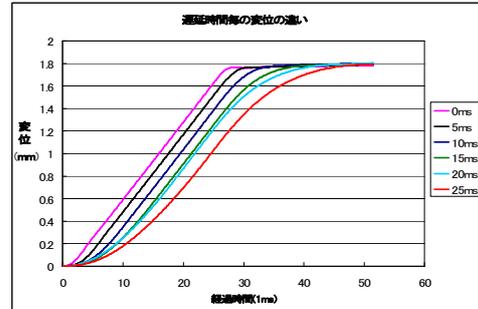


図5 静音化に関する検討。(上)可動面（スピーカ）の時間経過-変位のプロフィール、(下)各変位プロフィールに対する発生音のスペクトル。可動面の時間的変位を遅くすると発生音は小さくなり、特に耳障りな高周波成分が減少する。

効率化に関しては、開口部の形状と射出体積・速度パラメータに関して検討を行った。開口部のエッジを鋭角に構成すると、渦の巻き込みが強くなり、濃い渦輪が構成されることがシミュレーションと実機実験の双方により確認された（図6,7）。射出体積・速度パラメータに関しては、むやみに射出体積や射出速度を上げると、渦輪部分と渦輪を構成しない香り付き空気（「尾」と呼ぶ）の分離が難しくなり、狙った人物へ香りを確実に届けるための安定性とトレードオフの関係をなす傾向が観察された。

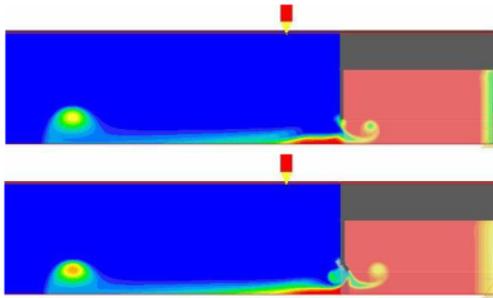


図 6 開口径の形状による渦輪濃度への影響：シミュレーション。下辺は中心軸に相当し，半径方向断面の様子を示す。(上)通常開口，(下)内傾 30 度エッジを持つ開口。内傾を持つ方が，渦輪の中心濃度が高いことが読み取れる。



図 7 開口径の形状による渦輪安定性への影響。(左)通常開口，(右)内傾 30 度エッジを持つ開口。シミュレーションと同様，内傾エッジを持つ方が渦輪の濃度が高い。

以上の結果を通して，空気砲の構造や駆動パラメータと，射出される渦輪の挙動との関係を調査することができた。ただし，それぞれに課題も残されている。小型化については，扁平型システムの構築で見通しを示したものの，駆動機構を含めた構造の最適化には至っていない。静音化については，駆動の速さ（渦輪の勢い・飛距離と関連する）と発生音とのトレードオフが確認され，最適なバランスを見つけることが課題である。渦輪の「尾」の低減は，空気砲のサイズや射出速度とのトレードオフが見られ，小型化とのバランスをどう確保するかが課題である。それでも，日常生活空間のサイズで香りを局所的に「飛ばす」ことを目的として空気砲の挙動を調査したことにより，一定の知見を示すことができたと考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 4 件）

1. 柳田康幸：空気砲の原理を利用した香りプロジェクト～最近の研究開発動向～，AROMA RESEARCH, Vol. 11, No. 1 (通巻 No. 41)，フレグランスジャーナル社，pp. 18-22, 2010. 2, 査読無。
2. 柳田康幸：嗅覚ディスプレイの研究開発動向と MEMS, 月刊ディスプレイ, Vol. 16, No. 1, テクノタイムズ社，pp. 31-38,

2010. 1, 査読無。

3. 柳田康幸：嗅覚ディスプレイの研究開発動向，日本電気学会論文誌, Vol. 128-E, No. 12, pp. 451-454, 2008. 12, 査読無。
4. 柳田康幸：マルチモーダルインタフェース～移動感覚，嗅覚を中心として～，日本知能情報フuzzy学会誌, Vol. 19, No. 4, pp. 333-339, 2007. 8, 査読無。

〔学会発表〕（計 12 件）

1. 中野拓哉，佐治 翔太，柳田康幸：頭部前面における風覚の水平角分解能の測定，電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 111, No. 101, pp. 43-48 (MVE2011-24)，東京大学本郷キャンパス，2011. 6. 29.
2. 鈴木駿平，村井康治，柳田康幸：香りプロジェクトの渦輪速度制御に関する再検証，電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 111, No. 101, pp. 21-26 (MVE2011-19)，東京大学本郷キャンパス，2011. 6. 28.
3. 田中丸龍哉，大島 工，柳田康幸：シミュレーションによる扁平型香りプロジェクトの性能検証，電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 110, No. 457, pp. 177-182 (MVE2010-164)，長崎市やすらぎ伊王島，2011. 3. 7.
4. 田中丸龍哉，柳田康幸，永柳博己：扁平型香りプロジェクトの開発，日本バーチャリアリティ学会第 15 回大会論文集, CD-ROM, 発表番号 2C1-2, pp. 324-327, 金沢工業大学，2010. 9. 15.
5. 西部拓朗，柳田康幸：香りプロジェクトが射出する渦輪の挙動に対する横風の影響，電子情報通信学会東海支部平成 21 年度卒業研究発表会，発表番号 P-18, 名古屋工業大学，2010. 3. 9.
6. H. Funato, H. Noma, Y. Yanagida: "Odorshop: A Method of Personal Communication by Fragrance Printing," Joint Virtual Reality Conference of EGVE, ICAT, EuroVR 2009 Posters, pp. 35-36, Lyon, France, 2009. 12. 8.
7. 柳田康幸：香りの時空間制御と香りプロジェクト，電気学会センサ・マイクロマシン部門 第 26 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム論文集, 東京・船堀, pp. 55-60, 2009. 10. 15.
8. 船戸宏徳，野間春生，柳田康幸：Odorshop: 香り印刷によるパーソナルコミュニケーションの提案，平成 21 年度電気関係学会東海支部連合大会, CD-ROM, 発表番号 P-018, 豊田市・中京大学，2009. 9. 10.
9. 大島工，権田知美，柳田康幸：香りプロジェクトの最適化に関する研究 ～空気砲押し出しパラメータの渦輪挙動への影響に関するシミュレーション～，

電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 109, No. 75, pp. 101-105 (MVE2009-19), 東京大学弥生キャンパス, 2009. 6. 8.

10. 大島 工, 柳田康幸: 空気砲開口部の詳細構造に着目した渦輪の最適化の検討, 日本バーチャルリアリティ学会第13回大会論文集, 生駒市・奈良先端科学技術大学院大学, pp. 662-663, 2008. 9. 26.
11. 関野彰彦, 柳田康幸: ドライミストを用いた冷湿感の局所提示に関する研究, 平成19年度電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会予稿集, p. 59, 名古屋市・名城大学, 2008. 3. 1.
12. 大島 工, 柳田康幸: 香りプロジェクトにおける渦輪最適化に関する研究—開口部詳細構造に着目した流体シミュレーションと検討—, 平成19年度電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会, p. 58, 名古屋市・名城大学, 2008. 3. 1.

[図書] (計2件)

1. 柳田康幸, 伴野 明: 嗅覚ディスプレイとは, 「嗅覚ディスプレイ」(中本高道編著) 第3章, pp. 34-59, フレグランスジャーナル社, 東京, 2008. 10. 8.
2. Y. Yanagida: Olfactory Interfaces, HCI Beyond the GUI (Philippe Kortum ed.), Chapter 8, pp. 267-290, Morgan Kaufmann Publishers, Burlington, MA, USA, 2008. 5. 9.

[その他]

ホームページ等

<http://vrlab.meijo-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 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