

鼻追従機能を有する非装着局所型香り提示システムの構築

An Unencumbering, Localized Olfactory Display with Nose Tracking Function

兪江^{1),2)}, 柳田康幸¹⁾, 川戸慎二郎¹⁾, 鉄谷信二¹⁾

Jiang YU, Yasuyuki YANAGIDA, Shinjiro KAWATO and Nobuji TETSUTANI

1) ATR メディア情報科学研究所

(〒619-0288 けいはんな学研都市 光台 2-2-2, {elain, yanagida, kawato, tetsutani} @atr.co.jp)

2) 京都工芸繊維大学繊維学部デザイン経営工学科

(〒604-8585 京都市左京区松ヶ崎橋上町)

Abstract: There are several attempts to incorporate an olfactory display in VR systems, but most of them simply diffuse the scent into the air, or inject the scented air under the nose through tubes. We have proposed an unencumbering olfactory display that does not require the user to attach anything on the face, by using an “air cannon”. We confirmed in our preliminary experiment that the use of air cannon is applicable. Here we have combined face-tracking technology with air cannon to complete this concept. In this paper we introduce our unencumbering localized olfactory display system that has nose-tracking function.

Key Words: virtual reality, olfactory display, air cannon, nose tracking

1. はじめに

バーチャルリアリティ(VR)における感覚提示は視聴覚、触・力覚提示の領域で発達してきたが、五感のうち残りの感覚モダリティ、すなわち嗅覚や味覚へと拡張を行うことは自然な流れであると考えられる。一般に、ある感覚により世界の提示を行うためには、図1のようにセンシングから提示までいくつかのステップが存在するが、本研究の対象は嗅覚提示における最終ステップにあたる、ディスプレイ技術に関するものである。近年、VR 的な観点を持つインタラクティブな香り提示に関する研究事例が見られるようになったが、多くは香りの記録(カメラに相当)や合成(レンダリング)を対象としており、匂いの時空間的な制御に主眼を置いた研究はまだ少数である。

我々は、「空気砲」の原理を応用して、離れた場所から自由空間を通して空気の塊を飛ばすことにより、顔面に何も装着することなく、かつ時空間的に局所性のある香り提示手法を提案している。本稿では、提案原理に基づき、鼻追従機能を有する非装着かつ局所型香り提示システムを試作したので報告する。

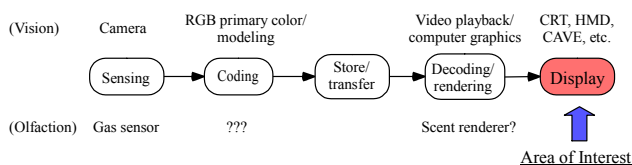


図1 嗅覚提示における本研究の対象領域

2. 研究の背景

2.1 嗅覚提示の現状

視聴覚、触・力覚は物理刺激による感覚であり物理量に基づいて評価することが可能であるのに対して、嗅覚は味覚とともに化学感覚と呼ばれており、今のところ抽象的に表現し評価せざるを得ない。また、視覚における原色に相当する「原臭」を定義とする試みは行われてきたが、まだ確立されておらず、少なくとも視覚における三原色のような小さい次元数の情報空間に落とし込める見通しは立っていない。このため、すべての香りをVR的手法により再現する手がかりが掴めていないというのが現状である。

香りの研究は空間演出やアロマセラピーなどの分野で長い歴史を持つが、近年人間の振る舞いに応じてインタラクティブに香りを制御しようという、VR 的な観点を持つ研究が行われているようになった。

たとえば、岡田らはエアコンプレッサ方式の芳香発生装置を用いて、放送システムに香り情報を付加し、エアポンプにより香料の成分を噴出して、ユーザに香りを伝達するシステムを構築した[1]。中本らは匂い情報を記録・再生のできる遠隔地嗅覚システムを開発している[2]。

このように現在の研究開発は香りの合成を主眼に置いたものが多く、香り提示のためのインタフェース装置という観点での開発はあまり行われていないのが現状である。以上のような背景を踏まえ、我々は香りの提示装置を開発し道具として提供するという立場からアプローチする。

2.2 研究目的

前述の香り提示研究を感覚の時空間制御という観点から見ると、多くは空気中へ匂い物質を単純に拡散する方式であり、視覚で言えば、明るさや色を制御可能な照明器具に相当する。一方、廣瀬ら[3, 4]は数種類の匂い源から電磁弁により匂い物質の濃度を制御した空気を生成し、チューブを通して鼻先へ運ぶことにより、体験者の位置に応じて匂いの種類や強度をコントロールするシステムを開発した。視覚上で言い換えると、HMD (Head-Mounted Display) に相当するものである。HMD 方式は VR 空間内における人間の位置や振る舞いに応じてインタラクティブに香りを制御するという意味で新たな一歩を踏み出すものであるが、同時に顔面に何らかの器具を装着する、あるいは香り発生装置全体もしくは一部を携帯するという煩雑さは免れない。我々は、この点に着目し、非装着でかつ時空間的に制御可能な香り提示装置の研究開発を行う。

3. システムコンセプト

非装着で時空間的に制御可能な提示装置を実現するため、離れたところにある匂い合成装置から自由空間を通して香りを人間の鼻先へ運ぶ方式を提案する。非装着であるため顔面に装置を装着するときの煩わしさがなく、双方向通信などにおいては表情を隠さずに済む。また、局所的な香り提示であることにより、隣に存在する人間に別々の香りを提示することが可能、また少量の芳香物質で済むので、別途消臭を行う必要がないため、時間的な制御が可能になるといったメリットが存在する。これは、視覚提示の分野で言えば HMD に対する頭部運動対応型メガネなし立体ディスプレイのような位置づけである。システム全体のコンセプトを図2に示す。

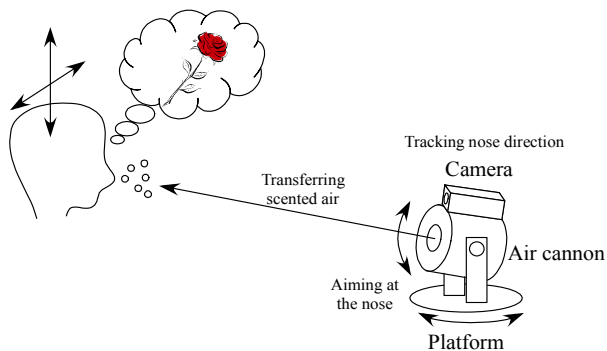


図2 非装着・局所型香り提示装置のコンセプト

本手法では、離れた場所から香りを鼻先に運ぶため、「空気砲」(4.3節参照)を使用する。システムは顔トラッカ、空気砲用雲台、空気砲本体、香り合成装置から構成される。我々は、このコンセプトに基づきこれまでに空気砲による香り搬送の空間的局所性を確認する基礎実験[5]を行ったが、今回画像認識による顔トラッキング技術と組み合わせることにより、提案手法全体をカバーするシステムを構成した。顔面に装置やマーカなどを装着せず、自由に

動き回るユーザに対し、検出された鼻位置に応じて匂いのついた空気を提示することで、自由空間の中でパーソナル香りを体験することができる。香りの合成手段は嗅覚提示装置を構成する上で極めて重要な技術要素であるが、本研究では香りの搬送のみ焦点をあわせ、香り合成については対象外としている。

4. 試作システム

4.1 システム構成

今回試作したシステムは、鼻追従システム (4.2)、雲台モータ制御システム (4.3)、空気砲用雲台、空気砲本体と匂い発生部からなる香り提示部 (4.4) により構成されている (図3)。

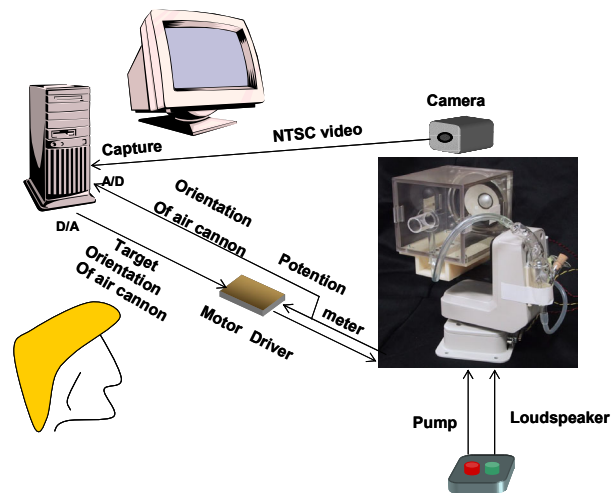


図3 システム構造図

処理の流れは次の通りである。(1) 鼻追従システムで画像認識により鼻位置を検出する、(2) 空気砲姿勢制御システムにより空気砲が検出された鼻位置に追従する、(3) 香り提示部により空気砲の開口付近で匂いを発生し、鼻先へ空気を発射する。以下、各部の詳細について述べる。

4.2 鼻追従システム

まず、香りを提示する人間の鼻の位置を検出する。これを行うには現存する任意の三次元もしくは二次元位置計測手法を適用できるが、非装着という特色を生かすためにはコンピュータビジョンベースの手法が適している。今回は、人間の顔の特徴を手がかりにして、マーカなど装着を必要としない川戸らの手法[6]を採用した。

鼻は顔から突き出ている顔のほかの部分より照明を受けやすく、ほとんどの画像で顔の中最も明るい部分となっており、しかも鼻頭にローカルピークがあるので、室内の照明環境で鼻頭にハイライトができることに着目し、すでに開発済みの両目位置検出追従システムと組み合わせることにより実現した。瞬きを利用して両目の位置を検出後、両目間の距離に応じて鼻頭の探索範囲 (図4) を限定し、その中で最も明るいスポットを鼻頭の候補として抽出する。検出した鼻頭を、テンプレートマッチング法に基づき、パターン追従後に近傍で最も明るいスポットに位置決めし

なおすことで追従を行う（図 5）。

カメラは空気砲のすぐ上方に設置し、座っている人間の顔が視野に入るよう調整している。使用カメラはエルモ社のスーパーマイクロ CCD カメラ QN42H であり、 $f=4\text{mm}$ のレンズを使用した。

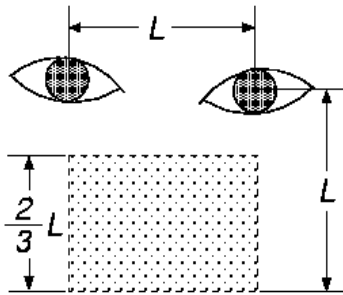


図 4 両目と鼻頭探索範囲の関係



図 5 鼻トラッキング中の画像

4.3 空気砲姿勢制御

鼻位置を検出すると同時に追従が始まる。雲台の姿勢制御指令は、PC から D/A 変換を通してアナログ電圧をモータドライバに入力することで行っている。鼻追従システムから得られる情報を元に連続的に制御することにより、常に人間の鼻を狙うようになっている。使用した雲台は DAIWA 製小型電動雲台 ATP-3DCP II であって、パン・チルト軸用に各々 DC モータが装備されている。定格制御電圧(12V)での速度はパン軸が毎秒 60 度、チルト軸が毎秒 7.5 度である。これらの DC モータをモータドライバ TITECH Driver JW-143-2 で制御し、PWM 制御を行っている。定格より高めの駆動電圧(24V)を印可して追従速度を上げた状態で運用している。雲台には角度検出のためのポテンシオメータが装備されており、角度値をモータドライバへフィードバックして、位置制御を行っている。それぞれの可動範囲はパン軸で左右各々 90 度、チルト軸で上下各々 30 度に設定している。

以上の構成により、座った状態で上半身を自由に動かすユーザを捉え、標的を瞬時に定めることができる。

4.4 香り提示部

空気砲は、円形の開口を持ち全体または部分的に変形可能な容器で構成される。側面あるいは底面を勢よく叩くと、大きさにもよるが、数 m から十 m 程度先にあるロウソクの火を消すほどの勢いで、空気の塊を目に見えない砲弾のように飛ばすことができる。本研究ではこの勢いではなく安定して空気塊を飛ばすことができる原理的部分（図 6）に着目する。前回の実験より、空気砲を勢よく叩く代わりにそっと押すとドーナツ状の渦が発射されることが確認された。

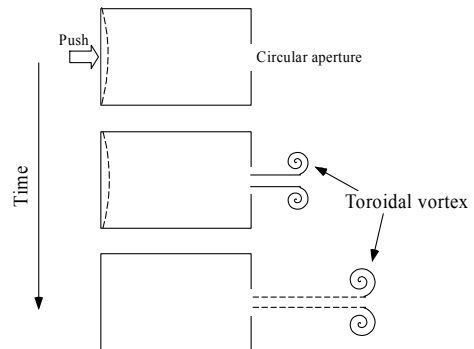


図 6 空気砲の原理：ドーナツ状の渦が生成される



図 7 空気塊の飛行の様子

ドーナツ状の渦は、形を保持したまま毎秒数十センチから数メートルぐらいの速度で数メートルほどの距離を移動する。容器から押し出す瞬間に開口部近傍の空気へ香料微粒子を乗せておけば、香料をドーナツ状の空気の渦に乗せて離れた場所へ到達させることができる。この原理の適用可能性について予備実験を行った、目的は香りをどの程度安定して飛ばすことができるか、及び提示する香りの局所性を確認することであった。被験者 2 人並んで着席し(間隔 50cm) 1.2 メータ離れたところから、それぞれの鼻に向かって発射する。結果から見ると、少なくとも人間の顔面の大きさのオーダーで香り搬送を局所的に行うことは成功していると言える。しかしながら、総試行回数に対する領域命中率は 81%であったので、空気砲の命中率を上げるために、機械的に制御を行って安定した条件で射出を行うことができるように、空気砲ユニットの第一号機を試作した（図 8）。この試作機では、空気砲容器の背面にゴム膜を張り、ソレノイドで駆動した。

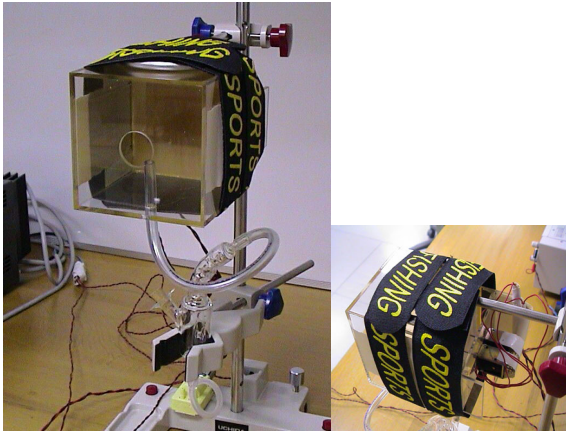


図8 空気砲ユニット試作第一号機

今回のシステム（図9）では、ゴム膜をソレノイドで駆動する代わりにコーン型フルレンジスピーカ（フォステクス社 FF85K）を使用し、射出の際の発生音を抑えた。発射タイミングはスイッチボックスにより手動でコントロールしている。標的を定めてから発射する直前に、匂いの供給を行う。今回使用した匂い供給システムはジャックパルツ社のエッセンシャルオイルディフューザー（イポカンブ）で、エッセンシャルオイルを 1μ に満たない細かい粒子で拡散する。圧縮空気を利用した無加熱式のディフューザーであり、芳香液体（エッセンシャルオイル）を化学的に変化させることなく微粒子状にしている。空気砲から射出されるドーナツ状の渦を構成するのは開口付近のごく一部の空気であり、空気砲の内部全体に匂い物質を充満させる必要はないため、発射する寸前に匂い物質を少量で供給するだけで済む。今回試作した装置では、芳香微粒子がホースを通して、発射口の辺りに到着するように設置してある。

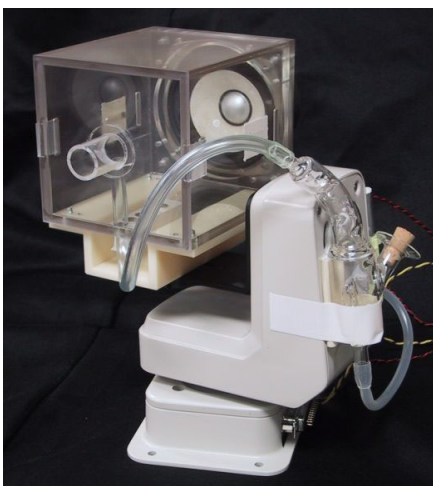


図9 試作システムの香り提示部

以上の構成により、任意の瞬間に、任意の空間でパーソナル香りを体験することができる。今回試作したシステムでは香り供給及び発射タイミングを手動で制御しており、提示する香りは一種類のみであるが、発射タイミングのコンピューター制御と複数の香りを切り替え提示することは今後の課題である。

5. まとめ

今回のシステム試作により、鼻を検出・追従して、常に人間の鼻を狙うことが可能になった。また、空気砲により発射された匂いのついた空気玉が鼻辺りに命中し、隣に居た人間が匂いを感じる事がまったくなかった。この結果により、ユーザの顔面に何も装着させることなく、自由空間の中でパーソナルに香りを体験することができ、非装着局所型の香り提示システム構築の第一歩として成功したと言える。

今後の課題としては、空気砲の設計パラメータを論理的解析及び精密な実験により最適化していくこと、複数種類の香りを複数の体験者へ選択的に提示すること、適用環境における空気の擾乱に対する耐性の検討と評価などが含まれる。今後はこうした問題を一つずつ解決して提案する嗅覚ディスプレイを具体化していく。

謝辞

本研究は、通信・放送構造の委託研究「超高速ネットワーク社会に向けて新しいインタラクション・メディアの研究開発」により実施したものである。

参考文献

- [1] 相場秀太郎, 平山拓, 伊藤修一, 重野寛, 岡田謙一: 香り情報を付加した放送システムの実現, サイバースペースと仮想都市研究会, Vol. 8, No. 2, pp. 19-24, 2003.
- [2] 中本高道, 森泉豊栄: 匂い情報の記録・再生及び通信システムへの展望, 日本バーチャルリアリティ学会誌, Vol. 7, No. 1, pp. 11-15, 2002.
- [3] 廣瀬通孝, 谷川智洋, 石田健亮: 嗅覚ディスプレイに関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会第2回大会論文集, pp. 155-158, 1997.
- [4] 廣瀬通孝, 谷川智洋, 田中信吾, 崎川修一郎: 嗅覚ディスプレイに関する研究, 日本バーチャルリアリティ学会第5回大会論文集, pp. 193-196, 2000.
- [5] 柳田康幸, 野間春生, 伴野明, 鉄谷信二: 非装着かつ局所的な香り提示手法に関する検討, 信学技報, MVE2002-82, pp. 87-92, 2002.
- [6] 川戸慎二郎, 鉄谷信二: 鼻位置の検出とリアルタイム追従, 信学技報, IE2002-263, pp. 25-29, 2003.