



気流通過型映像表示装置を用いたバーチャル扇風機の試作

伴野明^{*1}, 西口葵^{*1}, 重田直秀^{*1}, 鄒玲^{*1}

A Prototype of Virtual Fan Using Image Display That Can Express Wind Sense of Touch

Akira Tomono^{*1}, Aoi Nishiguchi^{*1}, Naohide Shigeta^{*1} and Rei Shu^{*1}

Abstract - The paper aims at designing a display screen which is able to control the directions of air when passing through the screen. This allows to create a desirable environment for displaying realistic visual images. A bamboo blind screen (which contains bamboo blind arrayed with a particular distance) was applied for the study and visual images were displayed on the screen through a projector. As a pivotal element of the system, a set of blades for regulating the speeds and directions of air passing through the screen was implemented on the back of the screen. These blades were handled by a computer and a servomotor during the experiment. In order to use the advantages of displaying onto the bamboo blind screen, a visual image of a virtual fan was modeled and presented on human subjects for evaluations.

Keywords: Kansei, Sense of Touch, Virtual Fan, Smell, Image Display System

1. はじめに

近年、人間の五感を刺激することによって臨場感を向上させる感性マルチメディア技術と呼ばれる様々な研究が進展している^[1]。映像や音響に風触覚や嗅覚刺激を提示すると、利用者は、これら複数の刺激情報によって作られるコンテンツを手掛かりとしてエピソード記憶を想起し、当該情報提示空間に現実を知覚しやすくなる。このためには、複数の刺激を総合的に矛盾なく提示することが重要である。刺激の組み合わせに矛盾があれば、コンテンツに没入しにくくなる。本研究室では、視覚的没入感が得やすい大画面表示環境において、風や香りを利用者に提示する環境を研究している。例えば、微細な空気穴を多数設けたスクリーンの裏側に空気砲と香料噴射装置を設け、スクリーン前方の利用者に香る風を提示できるシステムを試作した^[2]。また、簾状スクリーンの裏側に気流方向制御機構を設け、利用者の位置に合わせて気流を提示できる装置を試作した^[3]。本発表では、この装置の特性を生かし、バーチャルリアリティ (VR) 技術を組み合わせ、バーチャル扇風機を提案する。試作装置について、首振り運動に伴って、気流が所定の方向に放出される機能の評価すると共に、視覚と風触覚の連動による臨場感について考察する。

また、香りが出る扇風機やVR技術でこそ実現できる森林を横切る風の再現などを目指して、香りの効率よい提示法について検討する。香りには種類によって様々な生理的・心理的作用があるため、風と共に香りを提示することで体感温度の制御などへの応用^[4]も期待できる。しかし、香りは適切に提示しないと逆効果になる危険性

もある。例えば、映像と香りが連動しない場合、自然には起きえない現象に違和感を生じさせる。映像と連動して香りを提示するには、微量の香りを用いるのが望ましい。これは、一旦放出された香りは回収が難しく残香となってしまうためである。残香は、香りを切り替える際に不都合である。従って、知覚されない香りはできるだけ出さない方がよい。しかし、微量の香りは、知覚されないリスクもある。効率良く知覚させるには、利用者の吸気状態を推定しそのタイミングで香りの塊を鼻先に提示する方法が考えられる。これには、利用者の呼吸をセンサで検出する方法もあるが構成が複雑になる。そこで、風触覚を用いて吸気を誘導し、香りを提示する方法^[5]により知覚率の向上を図った。

2. 風触覚・視聴覚ディスプレイの構成

大画面において、画面の裏側から利用者に向けて風や香りを放出できる映像表示装置 (Kansei Multi-Media Display: KMMD) の構成を図1に示す。画面の一部に空気が通過する隙間を設けた簾状パネルを用い、その裏側に気流発生装置とブレード回転機構を設け、当該隙間から人が居る方向に気流を放出する^[3]。簾状パネルは、ステンレス製の細い棒を1mm弱の隙間を設けて縦方向に並べて構成した。横方向の気流を制御するため、ブレード板は、パネルの隙間に直交するように縦方向に設け、ブレード回転軸はパネルに接するように設けた。この装置の利点は、気流発生装置が画面裏側にあるので目立たない、利用者の近くから香りや風を放出できるため映像内容に連動したマルチモーダルな表現に適しているなどである。画面の裏側に利用者の位置や視線を検出するモニタカメラを設置すれば、利用者に向けて、表示対象の香りを提示することが可能である。

前記設計通りに、気体がブレード角の方向に流れるか実験により調べたところ、風はブレード角より10%程度

^{*1}: 東海大学 情報通信学部 情報メディア学科
〒108-86119 東京都港区高輪 2-3-23
E-mail: tomono@tsc.u-tokai.ac.jp

^{*1}: Department of Information Media Technology, School of Information and Telecommunication Engineering, Tokai University

内側に流れることが分かった。誤差の原因は、簾の隙間構造、及び、簾状パネルとブレード回転軸との接続方法に起因していると思われるが、この程度の誤差であれば、嗅覚や風触覚の局所提示に利用可能である。また、当該接続方法については、今後改善可能である。即ち、気流はブレード板の回転により概ね制御できることを明らかにした。

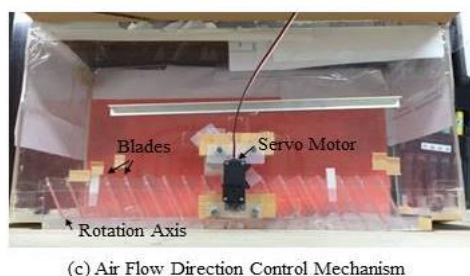
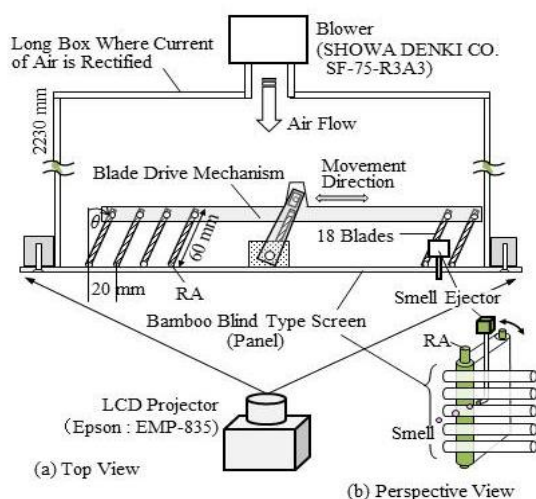


図1 すだれ状スクリーンを用いた KMMD
Fig. 1 KMMD using bamboo blind type screen.

3. バーチャル扇風機の試作

3.1 扇風機CGの制作とブレードの制御

扇風機の基本デザインは、OpenGL で制作し、アニメーション機能のある 3ds Max で動作させた。扇風機 CG はパソコン上で実行され、プロジェクトで簾スクリーンに投影される。ブレード機構の動きと合わせるように、等速回転で、 -45 度から $+45$ 度まで所定の角度に向けることができる。図2は、扇風機 CG とブレード機構を連動させるための制御ソフトウェア構成である。Arduino は、AVR マイコン、入出力ポート基板を備え、C++風の Arduino 言語とそれの統合開発環境から構成されるシステムである。スタンドアロン型のインタラクティブデバイス開発だけでなく、ホストコンピュータ上のソフトウェアで制御することもできる。オープンソースハードウェアであり、ハードウェア設計情報の EAGLE ファイルは無料で公開されている。当該 Arduino 環境でブレード機構を制御するプログラムを作成し、当該プログラムをブレード制御装置にシリアル通信で書き込み動作させている。送風シ

テムに動作コマンドをシリアル通信で送る。プログラムのモードとしては、1：送風開始、2：停止、3：速度調整などである。

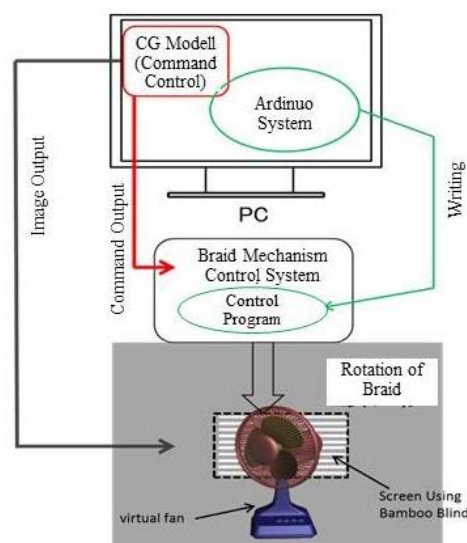


図2 バーチャル扇風機とブレード機構との連動
Fig.2 Integration with the virtual fan and blade mechanism.

図3は、試作した VR 扇風機である。1200×900 mm のスクリーンに等寸大で表示され、中央の簾パネル部分から風が放出される。様々なデザインの扇風機を再現できる。更に、人が団扇で扇ぐ映像を投影する“面白扇風機”も可能である。

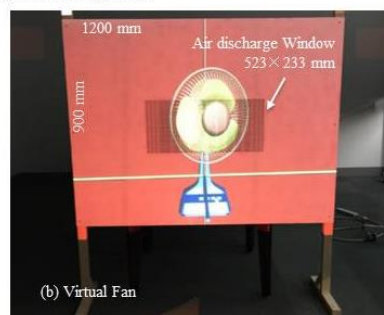
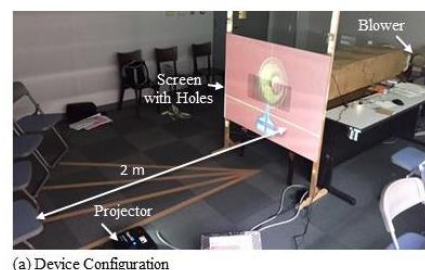


図3 気流が通過する映像表示装置
Fig.3 Direct Wind Generation from Image Display Device.

3.2 風知覚実験

図3の環境で、利用者は、スクリーンに投影された扇風機映像に現実感を持つか、扇風機に連動して風を感じるかなどを調べる実験を行った。図4 (a) は、ブレード

によって風がどの程度の指向性をもって放出されるのかを調査するための実験環境である。簾パネルの中心を基準にして距離 2 m の水平円上で、中央を 0 度とし、15 度間隔で 45 度まで 4 か所に座席を設け、被験者が感じる風触覚を回答させた。被験者は 5 名で、平均値と標準偏差を示す。図 4 (b) は、ブレード角を同図右側 45 度 (-45deg.) に設定したときの結果である。同方向には、適度な風が知覚されている。15 度ずれるとかなり弱くなり、30 度以上では、殆ど感じない。つまり、ブレード方向を中心の気流が発生していることが分かる。

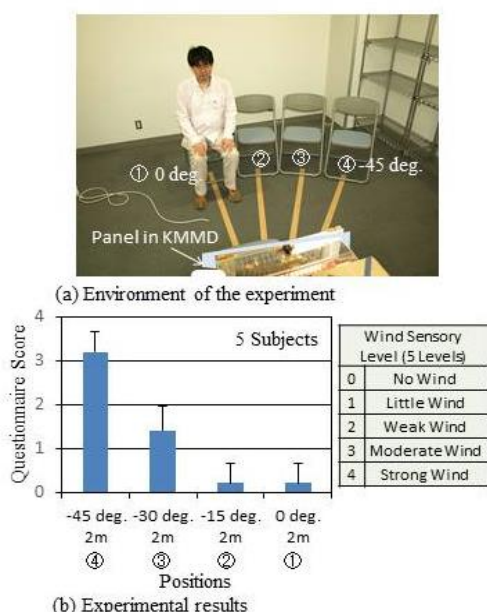


図4 観察場所による風触覚の違い
Fig.4 Difference of wind perception according to observation place

図 5 は、VR 扇風機の現実感に関するアンケート結果である。ア) 風感覚、イ) 涼しさ、ウ) 臨場感、エ) 違和感について、感じない (0 点) から強く感じる (4 点) まで、5 段階評価で回答させた。4 名の被験者の平均値と標準偏差を示す。気流放出条件では、風を適度に知覚し、涼しさも感じている。当然の結果である。臨場感に関しては、その場所に扇風機を知覚するかの回答であるが、そのように知覚できる被験者が多い。違和感に関しては、CG 扇風機映像と風の位相のずれや触覚に矛盾を感じたかの回答であるが、矛盾は少なく、連動している様子が分かる。一方、風のない映像のみ条件でも、風や涼しさをわずかに知覚した被験者がいた。これは、扇風機が回っている映像を見て錯覚したものと思われる。違和感に関しては、扇風機が勢いよく回っているのに風がないので矛盾を感じ、臨場感も感じない被験者が多かった。

4. 香りを感ずる扇風機

4.1 風触覚による吸気誘導を用いた香り提示法

扇風機は涼を得る目的で使用する場合が多いが、ある

種の香りには爽やかさや涼しさを演出する効果が知られている。例えば、ハッカ、ペパーミント、ラベンダーなどの香りには、爽やかでライトなりフレッシュ効果が知られている^[6]。従って、映像や風と連動するように更に香りを提示できれば効率的に当該目的が達成できる可能性がある。課題は、1. で述べたように、香り知覚率の向上である。そこで、風触覚による吸気誘導法^[5]を利用する。自然の中では、香りが風に乗って運ばれてくことは良く経験する。香りは環境を知る重要な手掛かりを与えるため、人は風を知覚したとき、それまでの呼吸パターンを変え、効率的に匂いを嗅ごうとする条件反射的な吸気動作を生育過程で学習している可能性がある^[7]。つまり、ある種の気流には吸気を促すアフォーダンス性^[8]があると考えられる。

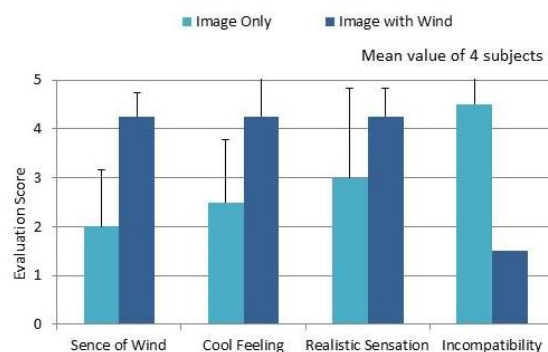


図5 風触覚による臨場感の向上
Fig.5 Promoting of presence by wind sense of touch.

著者らは、先に、平常時呼吸している被験者の顔に、秒速 1~2 m のふわとした風を瞬間的に加え、その後 1 秒以内に香りを鼻先に提示する実験を行った^[5]。図 6 は、このときのある被験者の鼻孔下の気圧変化計測結果例である。縦方向の棒は、気流を当てた時点を示している。

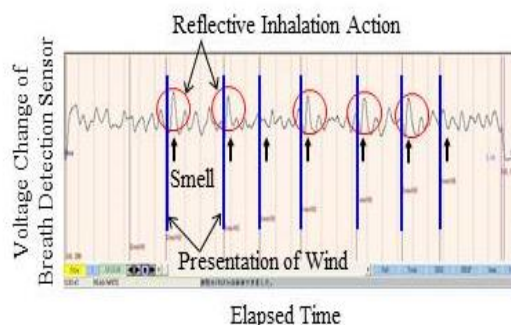


図 6 風触覚と香り提示の際の鼻孔付近の気圧変化
Fig. 6 Change in air pressure in the vicinity of nostril when wind sense of touch and smell were presented.

当該時点から 1 秒以内に能動的な吸気動作が見られ、香りが知覚されやすい結果を得た。当該結果に従えば、例えば、そよ風モードの扇風機映像を提示し、当該映像に連動するように風と香りを提示すれば、能動的吸気動作

が増え香りを効率よく知覚させることが期待できる。

4.2 実験方法

前記吸気誘導法の特徴は、環境の変化を感じさせるような風が持つアフォーダンス性を利用する点である。そこで、自然の風が持つ風速の揺らぎの中で香りを付けると効果が高いと仮定し、連続風と間欠風を用いて、各々に香りを断続的に提示し、香り知覚率を比較した。

図7に実験方法を示す。簾パネルの正面(0度方向)、150 cm離れた場所に被験者を配置する。嗅覚に集中してもらうために、アイマスクをしてもらった。この状態で、条件1では、顔をめがけて連続風を提示し、6秒間に1回の頻度で香りを瞬間提示する。条件2では、6秒周期でデューティ約50%の間欠風を提示し、気流発生時に香りを瞬間提示する。香りは気流に搬送され鼻先に到達する。使用した香料は、明瞭性の点から Guerlain 社製 Eau de toilette Samsara を用いた。当該液体香料をつけた試香紙を簾パネル中央付近にかざして香り成分を飛ばした。被験者には香りを知覚した瞬間にカウンターを押してもらう。両条件で10回の香り提示を行い、知覚できたか回数を測定し、知覚率を求めた。なお、嗅覚疲労を考え、2条件の間には十分な休憩を挟んだ。被験者は、大学生4名である。

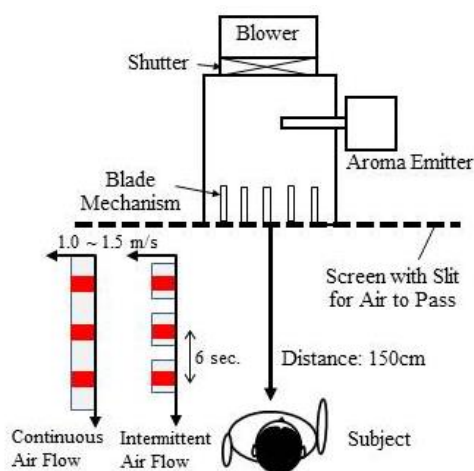


図7 映像・香り・風を一体的に表示するKMMDの構想
Fig.7 Concept of KMMD that collaboratively displays image, smell, and wind.

4.3 実験結果

図8は、実験結果である。条件1の連続風を用いる場合よりも条件2の間欠風を用いる場合の方の香り知覚率が高い結果を得た。アンケートでは、間欠風ではそよ風のような触覚を感じ、思わず呼吸が起きたとの回答が見られた。香りを嗅ごうとして積極的に大きく吸い込む吸気誘導が起きた結果と考える。なお、本実験では実験順序や学習効果の影響も考慮する必要があるため、今後とも評価を行う。

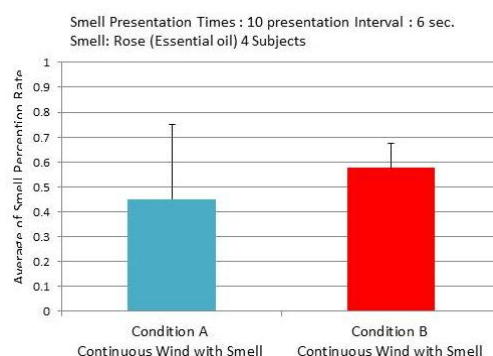


図8 風提示方法による香り知覚率の比較
Fig.8 Comparison of smell perception rates by method of presenting wind.

5. まとめ

簾型スクリーンの裏側に気流発生装置、及び、香り発生装置を設けることによって、視覚・嗅覚・風触覚情報を一体的に提示できるKMMDを用いて、バーチャル扇風機を試作し以下のことを明らかにした。

- (1) ブレード機構を用いることによって、風を所定の方向に選択的に提示できることを明らかにした。
- (2) 扇風機首ふりCGとブレード機構による風制御を連動させることによって、あたかも画面の中に扇風機が存在する感覚(臨場感)は高まる。
- (3) 風に乗せて香りを提示する際、間欠風を用い自然風を意識できるようにすると、能動的な吸気動作が起きやすく、当該タイミングで香りが鼻先に提示されると香り知覚率が向上する可能性がある。

今後は、清涼感を演出する映像コンテンツ制作や、香りとの連動による体感温度低減効果も検討したい。

最後に、本研究を進めるに当たり、実験、及び、データ整理に御協力頂きました東海大学情報メディア学科の学生諸君に感謝致します。本研究の一部は、日本学術振興会科学研費助成事業(基盤研究(C)-26330231)の支援による。

参考文献

- [1] Takamichi Nakamoto et al.: Human Olfactory Displays and Interfaces: Odor Sensing and Presentation; IGI-Global社, ISBN13:9781466625211 (2012.11).
- [2] 伴野明, 大竹俊弥: 香り付き映像広告の誘目性と香り放出映像表示装置の検討; 電学論C, 130, 4, pp. 668-675 (2010.04).
- [3] 伴野啓介, 伴野明: 画面から香りを放出できる映像表示装置と香る風の心理的效果; 信学論(A), J98-A, 1, pp.17-28 (2015).
- [4] 伴野明, 山本修平: 心理的要因による体感温度への影響の数値評価法; 電学論(E), 133, 6, pp. 190-198 (2013.06).
- [5] 伴野明, 勝山一: 空気触覚を用いた吸気誘導による嗅覚提示法の検討; 信学論(D), J98-D, 1, pp. 214-224 (2015).
- [6] 津野田勲: 香りの機能性と効用; フレグランスジャーナル社, pp. 129-150 (2003).
- [7] 小林庄一, 関川徹: 顔面の風刺激によっておこる呼吸反射ならびに喉頭挙上反射; 新潟医学会雑誌, 77, 12, pp. 619-622 (1963).
- [8] 佐々木正人: アフォーダンス入門; 講談社 (2008),