

空気砲式香り発生装置の改良と香り放出制御の検討

伴野 貴俊^{*1}, 伴野 明^{*2}

Improvement of Air Cannon Type Olfactory Display and Control Method of Emitting Scent
by

Takatoshi TOMONO and Akira TOMONO
(received on April.7, 2010 & accepted on June 30, 2010)

Abstract

Presenting smell at suction timing is important in realizing projection-based olfactory display which combines olfactory information with audio-visual contents. The objective of the present study is to improve olfaction characteristic by improving the projection-based olfactory display construction as well as controlling smell projection timing based on inducing next suction. This paper describes a prototype construction and performance of projection-based olfactory display that presents a bulk of smell underneath the nose. The display of various on-screen countdown mechanisms inducing viewer breath reactions are used to present the smell according to his suction. This paper also proposes a new method wherein a device that can release pressurized gases is placed behind the display screen filled with tiny pores. Using the fundamental principles underlying the air cannon, we were able to create a device that successfully generated and released smell vortex rings from the inside of the screen.

Keywords: Air cannon, Viewer inhalations, Olfactory display, Realistic sensation, smell vortex rings

キーワード: 空気砲, 吸気, 嗅覚ディスプレイ, 臨場感, 空気の渦輪

1. はじめに

現実の生活空間には多くの香りが存在し、心理的、生理的に様々な影響を与えることが知られている。映像メディアの制作においても、映像が表現している空間内の香りを再現するように嗅覚刺激を提示できれば、表現の幅が広がり臨場感が向上することが期待できる。このため、最近、映像や音響に香りを付けてコンテンツの品質を向上させようとする感性マルチメディアの研究が活発になっている^[1]。この分野では、香り成分の検出方法、香り発生方法、符号化方法、香り空間の再生方法、香りの持つ心理的作用の評価方法、脳内処理など多くの研究課題がある。

当研究室では、映画や音楽などのストーリー性のあるコンテンツに香りを付加することにより内容理解や臨場感の向上を図るために、香り提示方法として空気砲式香り提示装置を提案している。ATR と共同研究を行い、空気砲の原理を用いた香り提示装置の開発を行ってきた^{[2][3]}。この装置は空気砲から射出される渦輪に香料を乗せ利用者の鼻先に提示する非接触型の香り提示装置である。微量の香りを利用者の鼻先に提示でき、香料は拡散する前に利用者の吸気によって受容されるため、従来の拡散式香り発生装置と比べ高速な香り切り替えに向いている。映像シーン毎に香りの切り替えが可能である^[4]。

このように空気砲式香り発生装置は、優れた特徴があるが、①渦輪の乱れによる帯状の残留気体(香り)の発生や、②渦輪として放出する香りが微量なため、利用者が吸気状態にない場合には、香りは拡散してしまい受容されないなどの問題がある。

本論文では、これらの問題の解決を図る。前記①については、2章において、渦輪の乱れの原因を考察し、空気砲の砲筒と圧縮機構を検討し、渦輪の飛行特性を改良する。渦輪の乱れは空気圧縮槽内の気流の乱れに起因するため、サーボモータ駆動の瞬間空気圧縮機構を使用し気流乱れの抑制を図る。②については、3章において、利用者の吸気状態に合わせて香りを提示することが重要なので、小型マイクロフォンを用いて呼吸を検出し、利用者の吸気に合わせて香りを提示する呼吸検出型香り射出制御方法について検討する。また、4章において、呼吸センサを用いる代わりに吸気を誘導する映像コンテンツを用い、吸気タイミングで香りを提示する制御方法についての検討する。

2. 空気砲式香り発生装置の渦輪飛行特性の改良

2.1 空気砲式香り発生装置の特徴と課題

図1は、離れたところから人の鼻先に香りを提示する従来の空気砲式香り発生装置の構成である。空気砲は、円形の開口部を持つ砲筒と、筒内の気圧を瞬間的に上げる空気圧縮機構から構成される。空気圧縮機構を動作させて空気槽内の空気を圧縮すると、同図<1>に示すように、開口部中心付近の気流は速く、開口部周辺の気流は遅くなる。すると空気の固まりの進行速度に対する各部分の相対速度は同図<2>のようになり、開口部周辺には同図<3>のような渦輪が形成される。砲筒に香料を入れておくと、香りの渦輪を、風のない空間であれば、筒の軸方向に数mの飛行させることができる。ノーズトラッキング技術を併用することにより、常に利用者の鼻を追尾して香り提示を行うことにより非装着式香り提示システムが実現できる^[5]。

1 工学研究科情報理工学専攻修士課程 2009.3 修了

*2 情報通信学部情報メディア学科 教授

このシステムの特徴は、香りを空間的・時間的にピンポイントで提示できることである。更に、渦輪に含まれる香りの量は極めて少ないため、渦輪が鼻の近くに衝突した後は、香りは直ぐに散逸し残らない。従って、空気砲を動作するとき砲筒に入れる香料を切り換えることによって、利用者に様々な香りを提示できる。

しかし、従来の空気砲には、渦輪射出の際に、渦輪に寄与しない成分が砲筒の口から糸を引くように残ってしまうという問題がある。この帯状残留気体は利用者に受容されることなく空気中に残留してしまうため、渦輪に香りを付加した際には残り香の原因となる。この残留気体を抑制することが課題であるが、予備実験によって、渦輪の形成状態と残留気体との間に相関が見られた、つまり、綺麗な渦輪では残留気体が少なく、形が崩れた渦輪は残留気体が多い傾向が見られた。そこで、空気砲の砲筒部分と圧縮機構を検討し、渦輪形成の安定化と残留気体の削減を図った。

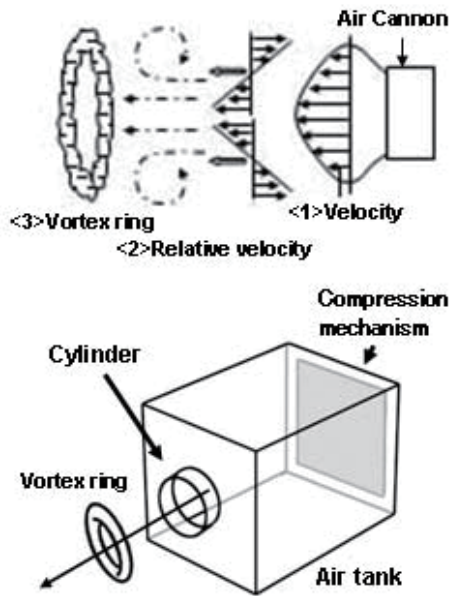


Fig.1 A structure of air cannon

2.2 改良検討（その1）砲筒の先端形状

従来の砲筒は、図1のように、空気圧縮槽から一定の太さの筒を伸ばしただけのものであった。しかし、これでは空気槽内の空気の流れが複雑になりやすく、渦輪の形状が乱れてしまう。そこで、図2に示すように、砲筒の射出口部分に傾斜を設ける流線型構造により気流を安定させることができるのではないかと考えた。

Table.1 Shape of cannon aperture and evaluation result

Cylinder	a	b	c	d	e
Angle θ	$\theta > 80^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 0^\circ$	$\theta \leq 0^\circ$
Result	Δ	\circ	\circ	\circ	Δ

Caliber:25mm Body :6.5cm

表1は、実験に使用した砲筒の形状で、砲筒の先端開口部から腹部に至る傾斜角 θ を変化させて実験を行ったものである。砲筒の開口部は2.5cm、腹部は6.5cm、長さは12cmである。射出口部分が特殊な形状のものは板材から加工し

て制作したが、それ以外はペットボトルを加工して代用した。また、渦輪の形状を目視できるように射出する際にスモークマシン（STAGE EVOLUTION社製、Smoke Evolution, SM700）の煙を用いた。それぞれの砲筒で射出実験を行い、渦輪が真っ直ぐに飛行したものを \circ 印、渦輪の生成が不安定なもの、又は、飛行方向が不安定なものを Δ 印で示している。表より $0 \leq \theta \leq 60$ 度で良好な結果が得られることが分かる。eは、腹部から一旦細くなり開口部で再び広がる形状の筒である。渦輪は砲筒から射出された瞬間、外側に広がるように生じるため、そのガイドとなるように砲筒を広げた形状も試したが、渦輪の形成は不安定であった。圧縮された空気が一気に放出される形状が望ましいと考えられる。

実験では射出口の角度が50度のときに最も良い結果を得ており、数度の誤差範囲でほぼまっすぐ飛行している。また、同じ傾斜角度のものでも筒の内側に凹凸のあるものでは凹凸のないものよりも渦輪の形状が崩れやすいという結果を得た。

2.3 改良検討（その2）砲筒の長さ

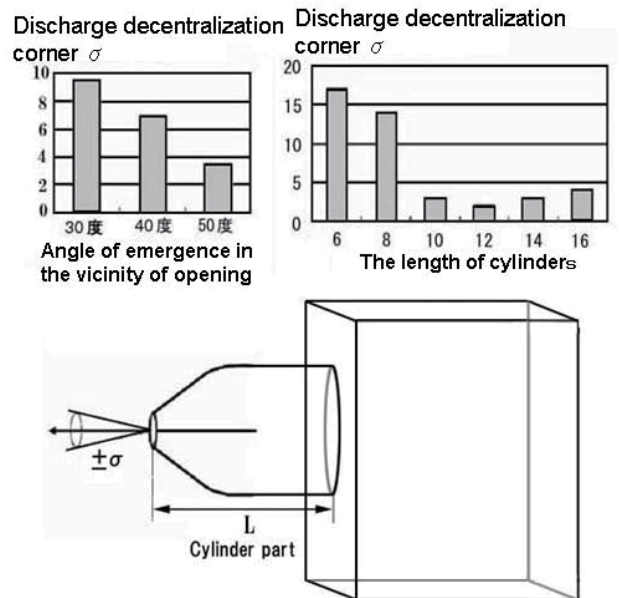


Fig.2 Experiment result of toroidal-whirlpool-air flight

砲筒の長さも渦輪生成の重要な要因であると考え、砲筒の長さとして射出後の渦輪の安定性の関係調べべく実験を行った。砲筒は先端形状の実験で最も安定していた、開口部2.5cm程度、傾斜角50度のものを用い、長さを6cmから16cmの範囲で2cmずつ変化させて実験を行った。結果を図2に示す。砲筒の長さLが6cmと8cmのときにばらつきが大きくなっている。これは、砲筒部分が短すぎた為に、空気槽内の気流の乱れが砲筒部分でうまく制御されなかったのだと思われる。

次に砲筒を10cm程度に長くすると、飛行方向のばらつきは、数度とかなり小さくなる。16cmまで実験したが、再び方向は不安定になる傾向が見られた。これは砲筒部分が長過ぎると空気圧が弱くなるためだと考えられる。

以上のように砲筒に関して、開口部の形状、及び、長さが重要なパラメータであることが分かった。ただし、上記実験で用いた具体的な数値は、空気槽の形状、大きさにも

依存するため確定的なものではない。

2.4 改良検討(その3) 空気圧縮機構

2.4.1 サーボモータを用いた空気圧縮機構

従来、空気圧縮機構の駆動部分にプランジャー式のものを使用していた。そのため圧縮板を動作させると圧縮板自体が振動し、空気槽内の気流が乱れ渦輪の生成を不安定なものにしていた^{[6][7]}。

正常な渦輪の生成には、空気槽の気体を一方向に押し出す圧縮機構が重要と考え、圧縮機構にはプログラム制御可能なサーボモータとリンク機構を用いることにした。試作装置の構成を図3に構成を示す。

サーボモータは、Kondo 社製 KRS-4013HV ICS Red Version) で、小型ロボットの関節制御などに使用するものである。モータの回転軸にはリンク機構を設け、先端を圧縮板に接続する。当該サーボモータの動作設定は1~255までのパラメータで行い、1パラメータでの回転角速度は15ms/60°、回転角度は0.52°である。プログラムにより、圧縮板は、水平方向に図4のように動くように制御した。制御にはサーボモータ用ソフトウェアのHeart To Heart3を使用した。ここで、砲筒は上記の開口部2.5cm、腹部6.5cm、長さ12cm、先端傾斜角 θ が50度程度の砲筒を用いた。

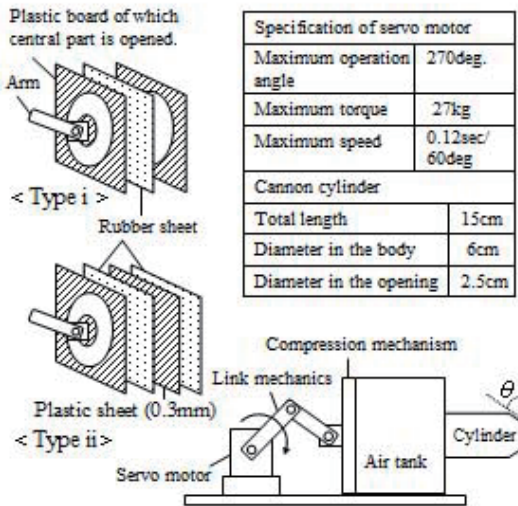


Fig.3 Air cannon with servo motor in the air compression mechanism

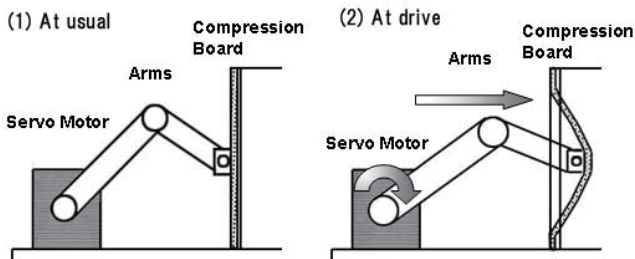


Fig.4 A driving chart of servo motor

空気槽の圧縮板は、直径10cmの円盤で、振動板部分は厚さ0.7mmのゴム板を圧縮板に用いたType iと厚さ0.4mmプラスチック板を2枚のゴム板で挟んだ複合板を用いたType iiの振動板を用意した。駆動させるときには共に中心部分を押しつけて振動板を動作させる。

i)はゴム部分が伸び、サーボモータにより押し出された部分が主に変形する。ii)は2枚のゴム板に0.3mmのプラスチック板を挟むことにより中心部から周辺部に掛けてバネ性をもってたわむ、ただし振動はしない。両方とも押し出し距離は1cm程度、速度は20cm/秒である。空気の圧縮方法は単調に加圧し渦輪が砲筒を離れるまでその状態を保持し、その後に圧縮板を戻すように制御した。

2.4.2 渦輪放出実験

実験では、空気槽内に白い煙を入れ実際に射出を行い、残り香の原因である帯状気体の量を計測した。

実験中の渦輪の例を図5(a)に、実験時のサーボモータの設定を表2に示す。それぞれの振動板でサーボモータの回転角を5パラメータずつ変化させて渦輪の生成を調べた。Type iの圧縮板では、射出直後に渦輪が崩れているのに対し、Type iiの圧縮板では、綺麗な形状を保持したまま飛行する様子が見られる。

残留気体の計測方法を同図(b)に示す。背景が黒地の方眼紙(升目25mm)を用い、射出の様子をカメラで捉え、渦輪到達点が10cm、20cm、30cm時点の画像から、煙の量を方眼紙の升目の大きさとして計測した。

(b)の画像は計測しやすいように静止画を白黒反転させている。結果を同図(c)に示す。Type iの条件では、飛行距離が長くなるに従って煙の残留量が増え、渦輪が崩れていることが分かる。一方、Type iiの条件では、飛行距離が伸びても残留量は遥かに少なく、渦輪が安定していることが分かる。Type iの場合には、30cmを過ぎたあたりでは勢いがほとんどなくなってしまうのに対し、Type iiでは、どの設定でも30cmを超えても飛行しており、長いものでは1m付近まで飛行した。



(a) Aspect of the vortex ring

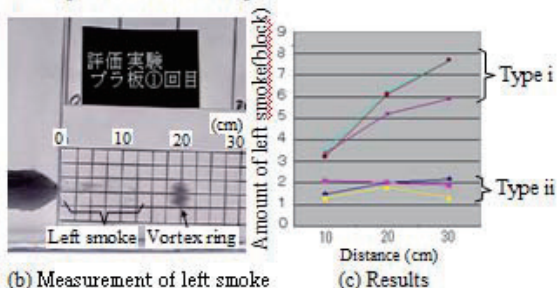


Fig.5 Formation of vortex ring and amount of left smoke.

2.4.3 考察

この理由としては、ゴム板に比べて、プラスチック板のヤング率(弾性範囲で応力を歪み量で割った値。単位はPa。大きくなるほど強く変形しにくい性質となる。正式には縦弾性係数という)が高い事が考えられる。今回使用したゴム板のヤング率は約0.003GPa、プラスチック板の素材であるポリスチレンは2.7GPaであり、変形にかかる力が大きい

のはプラスチック板になる。ヤング率の高いプラスチック板を押した時に大きな力が開放され、素早く板が変形したと考えられる。逆にヤング率が高すぎる素材でも、変形にかかる力が大きすぎて渦輪ができないことがある。今回使用したプラスチック板は圧縮板にはより適していたと考えられる。ゴム板では瞬発性に欠け、サーボモータの力が十分に伝わっていなかったと考えられる。また、ゴム板は伸縮する為、アームから力が加わった点のみが圧縮されていた。これに対し、プラスチック板は伸縮しない為、全体に変形が起こり、広範囲が圧縮される。この時、空気槽内の空気も均等に圧縮され、均整の取れた回転を行う渦輪が形成されたと考えられる。以上のように、帯状残香を減少させ、飛行特性を改善できた。

Table2 Setting of servo motor and number of measures

Type i			
Distance	10cm	20cm	30cm
Turning Angle			
7.8°(0~5Parameter)	3.6	6.2	7.7
10.4°(0~10Parameter)	3.4	5.2	5.9
13.0°(0~15Parameter)	3.2	6.1	7.7

Speed:15ms/60deg

Type ii			
Distance	10cm	20cm	30cm
Angle			
7.8°(0~5Parameter)	1.5	2.0	2.2
10.4°(0~10Parameter)	2.1	2.0	1.9
13.0°(0~15Parameter)	1.3	1.8	1.3

Speed:15ms/60deg

3. 呼吸検出型を用いた香り放出制御法

3.1 ねらい

人は呼吸をしており、鼻腔周辺には空気の流れが発生する。映像内容に合わせて、鼻先に香りを提示しても嗅覚器に取り込まれなければ、その香りは空気の流れによって周囲に拡散してしまう。香りが拡散すれば、香りをクリアに切り替えることは難しく、映像のシーンやカットが変化した際に香りが混ざってしまう原因となる。従って、香りを提示する際には、香りが鼻腔に取り込まれやすいように、また、周囲にあまり拡散しないようにすることが重要である。

そこで微量な香料を効率よく提示するために利用者の呼吸を検出し、次の吸気を予測して香りの射出を行う香り提示制御方法についての検討を行った。

3.2 呼吸検出方法

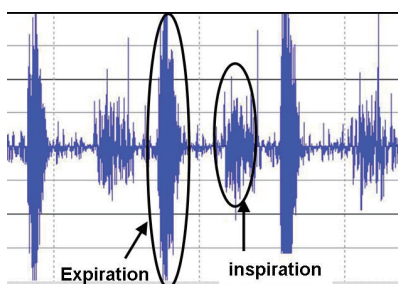


Fig.6 Signals of breathing

呼吸の検出方法には可視画像カメラと赤外線カメラを併用し、呼気時と吸気時の気体の温度変化を利用する方法や、呼気ガスの酸素濃度が低さや、生体が発生する化学物質（匂い）を含むなどの特徴を利用し、ケミカルセンサを鼻腔下に設けることによって呼気を検出する方法などがある。しかし、これらは画像処理が複雑であったり、機器が高価になるなどの問題点がある。

そこで今回は鼻下に小型のマイクロフォンを設置し、利用者の鼻息音を採取し、呼気と吸気の推定を行う方法を用いた。図6は鼻下に軽量マイクロフォンを設置して鼻息音を採取した波形の例である。個人差はあるものの、音波の振幅は、吸気時よりも呼気時の方が大きく検出が容易である。

人の呼気と吸気は交互に生じるため、呼気、吸気の間隔を予め測定しモデル化しておき、検出した呼気時刻から次の吸気時刻を予測し、空気砲を動作する制御が可能である。

3.3 匂い放出タイミング

図7は、香り射出タイミングを制御する方法を示している。記号EXは呼気、INは吸気である。EXとINの切り分けは、音色が違うので、周波数解析によっても可能であるが、ここでは、簡単に信号の強度差、または、1周期の信号積分値を用いて比較した。呼気終了時点は、EXの信号レベルの減少を計測することにより推定できる。同図は、最新呼気EX2終了時(t3)まで、コンピュータの処理が進んだ状態を示している。

香りの提示は、呼気終了時点から次の吸気開始までの時間AK1を履歴データから予め求めておき、香り提示装置の遅れ時間mを考慮して決める。即ち、t3時点で香りを準備し、 $\Delta T (= AK1 - m)$ 後に香りを放出する。ここで、AK1は、 $NA - AK2$ で求めてもよい。香り提示には、空気砲を用いるが、 ΔT に砲筒に香りを充填できる。mは、空気の渦輪の飛行時間などで、被験者までの距離にもよるが、0.1~1秒程度である。距離が決まれば、ほぼ一定した時間である。

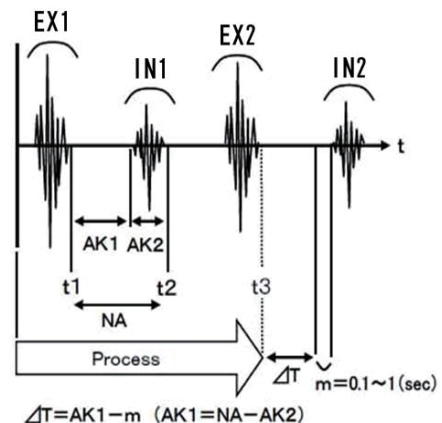


Fig.7 Control of smell projection timing

3.4 システム構成

図8は、試作した装置構成、図9は装置の外観である。呼吸音は頭部装着マイクロフォンから拾う。採取した鼻息音は小さいので信号を増幅し、ローパスフィルタでノイズを除去後、コンパレータで呼気区間と吸気区間が判別処理

される。そこから USB 接続で信号が PC に送られる。

プログラム 1 で判定した呼吸時間から次の吸気を推定し、USB 接続された空気砲ドライバに信号を送り、空気砲を動作させる。プログラム 2 で香りを切り替え、砲筒に香りを充填する。香料は水で希釈し、ヒーターで加熱した。試験管には、空気送入チューブと排出チューブが設けられている。送入チューブには小型空気ポンプが接続され、排出チューブには電磁弁が設けられている。チューブ径は 6mm である。3 個の電磁弁を制御することによって、香りの切り替えと簡単な調合が可能である。

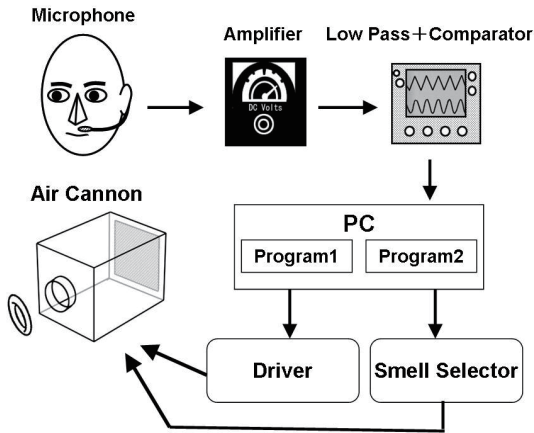


Fig.8 Device composition

吸気推定処理は、Visual C++で作成した。フィルタ処理波形を閾値処理し、呼気、吸気に分け、呼気が始まったときからタイムカウントを開始し、次の呼気が始まるとリセットし再びカウントを始める。香り提示タイミングは、基本的には 2.2 に従って実施されるがマニュアルでも微調整可能である。

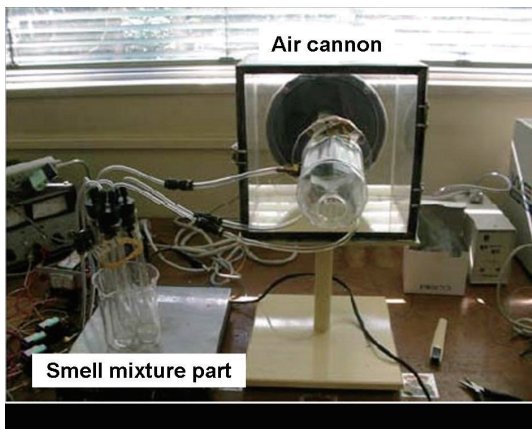


Fig.9 Projection-Based Olfactory Display Prototype

3.5 香り受容特性評価実験

平常時には、人の呼吸は安定しているが、映画などストーリー性のあるコンテンツを見て感情の変動があった場合などには、多少の呼吸間隔の変動もある。そこで、呼吸間隔を過去の履歴から、単純に平均して求める方法でどの程度正確に香りを提示できるのかを調べるために、呼吸検出ありの場合と呼吸検出無しの場合での比較実験を行った。

(1) 実験方法

実験の環境を図 10 に示す。実験方法は、芳香器を位置や

向きなどが変わらないように、所定の位置を決めておく。空気砲から被験者までの距離は 100 cm とし、イスの高さは、砲筒の位置が被験者の鼻と同じ高さの時がより好ましい為、被験者ごとに鼻先に香りが飛んでくる位置に変えた。空気砲や電磁弁から発する音はヘッドホンを装着し、マスキングする。香りを感じた回数は手に持ったカウンターでカウントした。

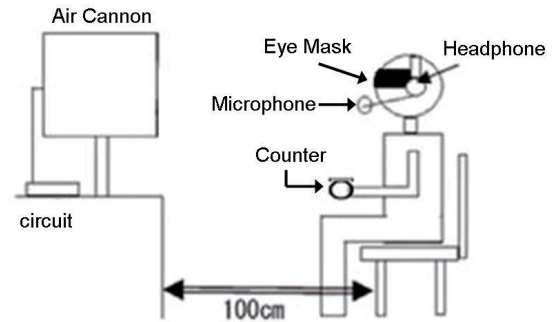


Fig.10 Smell presentation experimental environment

(2) 実験結果

実験結果を、図 11 に示す。同図からすべての被験者において呼吸検出を行った方が香り受容回数が増加していることがわかる。被験者 E においては全ての香りを受容することに成功している。その他の被験者においても 15 回以上の香りを受容している。

呼吸検出を行わなかった場合にはばらつきが出ており、被験者 C においては呼吸検出時と同程度の受容率を示している。これは射出のタイミングと被験者の呼吸の間隔が偶然に一致したためではないかと考えられる^{[8][9]}。

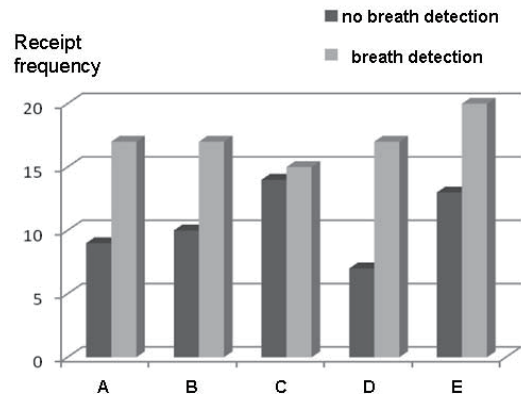


Fig.11 Experiment result (smell hit frequency)

4. 呼吸誘導コンテンツを用いた香り提示実験

4.1 ねらい

前記のように、平常時に香りを提示する実験では、呼吸検出による香り提示のヒット率は 90%程度となっており、呼吸検出の有効性が明らかになった。

しかし、鼻下にマイクフォンを設置する必要がある。マイクフォンを装着することは非装着型である空気砲の原理を用いた香り提示装置の利点を相殺することになる。また、必ずしも平常時の香り提示タイミング制御モデルが利用できるという環境であるとは限らない。そこで、コン

テントを用いて利用者の吸気を誘発させる呼吸誘導コンテンツの検討を行った。

4.2 制御方法

非装着な手段による香り提示では、(i) 香りを放出する場所に利用者を誘導する、つまり、顔を近づける場所を指示する手段と、(ii) 香りを放出する際に利用者が吸気を合わせるように、吸気タイミングを指示する手段が必要である。そこで、広告コンテンツの一部に、利用者の吸気を誘発させるシーンを組み込み、そのタイミングに合わせて香りを射出する事により利用者に香りを提示する方法を検討した。

4.3 実験方法

図 12 に実験環境を示す。被験者にはイスに座ってもらい、ディスプレイに表示されるコンテンツを見てもらう。コンテンツとしては、デジタルサイネージへの利用を想定し、図 13 に示すようなコーヒーのCMビデオを作成した。CMの長さは一般的なテレビCMと同程度の長さである15秒程度とした。CM終了時にカウントダウンを行い、カウントダウンが終了した時点で香りを射出する。また、香りが射出される位置を丸印で囲い被験者に示す。香りの射出にはエアポンプ(NISSO社製 INNO-β6000)を用いて、試験管内に入れた香りを射出指定位置付近から放出した。なお、実際には空気砲を想定しているが、実験準備の都合上、上記の構成を用いた。瞬間的に香りが提示される機能は同様である。香りの射出時間は、空気砲での香り提示を想定し、1秒程度とした。香料はCMで使用したコーヒー豆を試験管に入れて使用した。

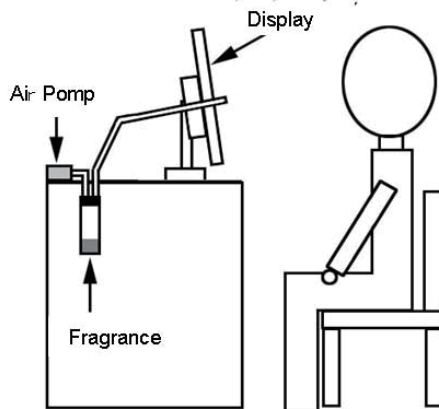


Fig.12 Smell presentation experimental environment

香り放出タイミングの指示方法は以下の2種類である。

(1) デジタル方式；画面に大きな数字で香り放出までの時間を知らせた。数字がカウントダウンするように制作した。

(2) アナログ方式；図 13 に示すようにバーの長さで残り時間を表記した。

各方式について、適正なカウントダウンの時間を調べるため、1秒から7秒まで、1秒ずつ間隔を変えて実験を行った。カウントダウンの方法が被験者の心理に与える影響について、実験終了後にアンケートを取り調査した。評価方法は、表示されてから香り提示までが、①長すぎる、または短すぎる(1点) ②若干長いまたは短い(3点) ③丁度いい(5点)として、それぞれの秒数の評価点を求めた。被験者は大学生10名である。

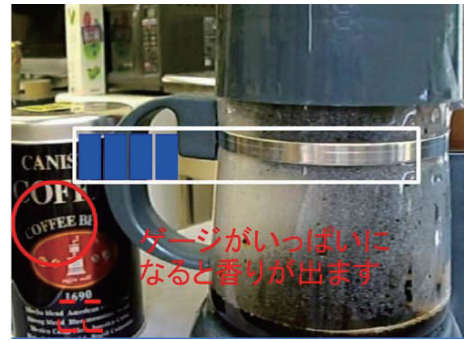


Fig.13 Analog-style smell release timing indication

4.4 実験結果

実験結果を図 14 に示す。縦軸の評価点は、10名の被験者の合計である。アナログ表示によるカウントダウン、デジタル表示によるカウントダウンと、若干の違いは生ずるものの概ね同じような評価となっている。

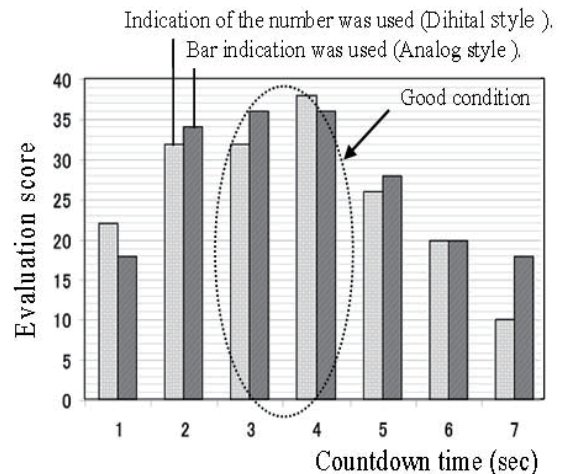


Fig.14 Comparison of methods of indicating countdown

表示時間が、2秒~4秒で評価点が高く、1秒以下、5秒以上では、評価点が大きく下がる。従って、被験者に香りの射出位置を示し、射出タイミングを示す時間の長さとしては、2秒~4秒が適当と考える。

また、コンテンツから香りが提示されることにより、興味をひかれるかどうかのアンケートも同時に行った結果、殆どの被験者から興味をひかれるとの回答を得た。また、今回は興味をひかれなかったと回答した被験者の中には香水など、フレグランス系の香りなら嗅いでみたくなる、という意見があった。このことより、提示するコンテンツに関心があれば、香り提示によってその関心が高まり、関心がなければ、香り提示の効果は弱いと考えることもできる。

アナログ表記とデジタル表記との結果の差についてみると、同じ秒数でもアナログ表記の方が体感的に長く感じるという報告を得た。

4.5 反応可能時間調査実験

射出場所に鼻を近づけるのに十分な時間を調べる為に以下の実験を行った。実験環境は前実験と同じ環境を使用し、香り提示位置をディスプレイに左右ランダムで表示し、香り提示位置から香りを射出する。香り提示位置の表示は1

参考文献

- [1] 中本高道編著：「嗅覚ディスプレイ」，フレグランスジャーナル社（2008）。
- [2] 伴野明，柳田康幸，保坂憲一，他：“匂い付き映像メディアが内容理解に及ぼす効果”，ヒューマンインタフェースシンポジウム2004，pp.249-254（2004.10）。
- [3] Akira Tomono：“Evaluation of Hyper-Realistic Images using Smells”，Proceedings of the 14th International Display Workshops, ITE, SID, No.3D-1 Invited, pp.1161-1164, Sapporo (2007.12).
- [4] 伴野明 他：“匂い提示情報付き映像コンテンツ及びその上映システム”，(特願 2005-110078)
- [5] Yasuyuki Yanagida, Shinjiro Kawato, Haruo Noma, Akira Tomono, and Nobuji Tetsutani: “Projection-Based Olfactory Display with Nose Tracking”, Proceedings of IEEE Virtual Reality 2004, pp. 43-50, Chicago, U.S.A., March 2004.
- [6] 伴野貴俊，伴野明：“サーボモータを用いた空気砲式香り発生装置の試作”，電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会，p.22(2008.2)
- [7] 伴野明，伴野貴俊，中村大輝，真弓頭：“呼吸誘導コンテンツを用いた空気砲式香り発生装置制御方法の検討”，ヒューマンインタフェースシンポジウム2008，pp.161-166(2008.9)。
- [8] 伴野明，伴野貴俊，岩波奈央，佐藤あかり，宮内伸介：“呼吸検出型香り発生装置の試作”，ヒューマンインタフェースシンポジウム2006，pp.585-589(2006.9)。
- [9] 伴野明，伴野貴俊，岩波奈央，佐藤あかり，宮内伸介：“呼吸検出を用いた空気方式香り発生装置の特性”，電気学会 ケミカルセンサ研究会資料，CHS-06-29，pp.249-254（2006.12）

～7秒で香り提示は各10回ずつ行い，どの程度の時間で香り提示位置に鼻先を移動させ易いかのアンケート調査を行った。被験者は20歳代の学生10名で行った。実験結果を図15に示す。縦軸が香り受容回数，横軸がカウントダウン秒数である。実験の結果，4秒以上ですべての香りを受容することに成功している。また，3秒以下でもすべての香りを受容することができた被験者もいたが，3秒では身構えた状態でないと受容し辛く，4秒以上の方が余裕を持って受容することができたとのアンケート結果を得た。

図14，図15の二つの結果を合わせて考察すると，香り放出までの待ち時間が長いと感じることなく，かつ，香り放出場所に顔を近づけて香りを実際に受容できるようにするには，カウントダウン時間は4秒程度が適切であると考察される。

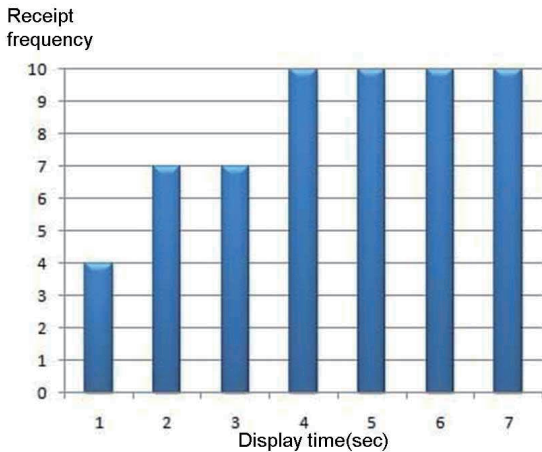


Fig.15 Receipt frequency according to right and left display time. (10 subjects, average)

5. まとめ

従来の空気砲式香り発生装置の問題点について分析し，空気砲の設計見直しによる香り放出特性の改善，呼吸誘導コンテンツを用いた香り提示方法，及び，画面の裏側から香りを放出する新型の空気砲について検討し，以下のことを明らかにした。

- (1) 空気砲の砲筒を流線型にし，圧縮機構にサーボモータを使用することで，渦輪の形成を安定にすることができた。飛行距離が伸び，帯状の残香が減少した。
- (2) 呼吸を検出することで，空気砲から出た微量な香りを利用者に確実に受容させることができるが，呼吸検出手段が課題である。
- (3) 広告映像の中で呼吸を誘導するコンテンツを用いることで，同様に香りを実際に受容させることができた。これにより，呼吸検出手段を省略できる。
- (4) 香りが放出される場所を提示することにより，被験者自身が当該射出位置に移動しやすくなる。嗅覚提示には，2～4秒間のカウントダウン方式が有効であった。鼻先に香りの塊が提示できるので，嗅覚受容特性が改善される。

謝辞

実験に御助言，ご指導いただきました東海大学技術員吹浦哲教氏，および，データの整理にご協力いただきました情報メディア学科，及び，大学院の学生に感謝いたします。