

# 感性マルチメディアとバーチャルリアリティ

伴野 明

東海大学 情報通信学部 情報メディア学科

## 1. はじめに

感性とは、理性と並ぶ人間の基本的な性質である。理性が、道理に基づいて考え、判断する能力、普遍的秩序を持つ真偽・善悪を知る心の働きなのに対して、感性は、視覚、聴覚、嗅覚、体性感覚などの感覚器官の能力、または、その変化に応じて感覚を引き起こす心的働きなどを指し、主観性、多義性、あいまい性、状況依存性と言う性質を持つ[1]。従来、コンピュータは、2値論理に基づいて、データ構造に表現される記号情報を扱うことで発展してきた。しかし、人間の感性は、論理情報処理とは異なる側面を持つ。今後とも発展を続けるコンピュータの能力を真に人間のために活用すると言う立場に立つと、これまで、コンピュータが必ずしも得意でなかった感性情報をいかにして効率よく処理して行くかが課題となる。21世紀において必要とされる技術は、今までできなかった感性の再現であるとも言われている。

匂いセンサによって香りをセンシングしコード化し、その情報を元にして嗅覚ディスプレイで再現する研究が活発に進んでいる[2, 3]。更に、その場の雰囲気や温度や湿度、気流の動きなどをセンシングし、気流制御による体性感覚ディスプレイで雰囲気全体を再現する研究も開始されている[4, 5, 6]。このような嗅覚や体性感覚の再現技術が確立されてくると、従来の視覚や聴覚情報と組み合わせ、蓄積したり、伝送したりする利用が可能になる。視聴覚のみの場合は、論理的な思考になりやすいが、嗅覚は記憶や情動に直接作用する感性の感覚情報であり、体性感覚もその場に居る臨場感を助長する感覚情報である。そこで、視聴覚に嗅覚を加えたマルチメディアは、感性マルチメディアと呼ばれている[3]。

一方、バーチャルリアリティは、人に様々な感覚刺激情報を提示して現実と同じように感じる場、又は、現実を拡張した場を作り出す技術、更にその場とインタラクションする技術で、視覚刺激としては、リアルタイム3次元CG、聴覚刺激としては立体音響、触覚刺激としては、手や腕を拘束したり力を加える装置が良く用いられる[7, 8]。しかし、今後、臨場感の高いシミュレーションが求められるにつれ、嗅覚や体性感覚を含めた感性マルチメディア技術が必要になると思わせる。また、感性マルチメディアの人への影響や効果を評価するためにもバーチャルリアリティのシミュレーション技術は欠かせない。

そこで、本研究室では、視覚、聴覚情報に加えて嗅覚や体性感覚情報を統合することによって、感性を再現するヒューマンインタフェース、又は、バーチャルリアリティの研究に取り組んでいる。本発表では、何故、感性マルチメディアが望まれるのか、感性マルチメディアの評価にバーチャルリアリティ技術をどのように活用しているのか、感性マルチメディアディスプレイをどのようにして実現するのかなどについて、研究室の取り組みを紹介する[9, 10]。

## 2. 感性マルチメディアの意義

### 2. 1 誘目性効果

誘目性とは人の目を引きつける性質のことで、従来、色、明るさ、物体の大きさ、動くもの等にその性質があることが知られている[11, 12, 13, 14, 15]。例えば、信号機の色、赤色で独特な形状の郵便ポストなどは、様々なもので溢れる街中でも比較的目に付きやすいように設計されていることが知られている。誘目性に影響する視覚的要因については、従来から様々な調べられているが、これらの要因も感性マルチメディアが使われる環境では変化する可能性がある。例えば、画面中に大きな物体と小さな物体が表示されていれば、大きな物体に視線は誘導されやすいが、小さな物体でも関連する香りが提示されれば、大きい方の優位性が低下し、小さい方に視線が移りやすくなると思われる。このように、大きさに差があっても一方の誘目性が高い場合であっても、他方に香りを付けることによって、ある大きさの差で誘目性が逆転するのではないかと考え実験した[16]。

1つの画面に、大きさが変わるオレンジと大きさ固定のスイカの2種類の物体を表示した。表示画像の流れの例を図1に示す。オレンジの大きさ(直径)は、6段階(第1段階:2.5cm, 第2段階:5cm, 第3段階:7.5cm, 第4段階:10cm, 第5段階:15cm, 第6段階:17cm)に分け、スイカはオレンジの第5段階と同じ大きさとした。先の実験[17]で、映像に香りを付けた場合、関心を示して瞳孔が反応する時間が5~15秒程度であることを考慮して、本実験では、各画像の表示時間を10秒とし、当該画像表示に合わせて香りを被験者近くに放出した。

図2は、香り有無条件において、被験者が10秒間各対象を注視した累計時間の比率である。被験者10名(男9名、

女1名, 20歳代)の平均値を示す。縦軸は表示時間中の割合[%]を表し、横軸はオレンジの大きさを表しており、左から右に向け順に大きくなる。2本の帯の左側が香りあり、右側が香りなしで、各帯は上から、背景、スイカ、オレンジを示している。香りが存在するときは、どの大きさの段階でもスイカに比べてオレンジを注視する時間が長いことが分かる。更に、オレンジの大きさがスイカと同等である第5段階、もしくは大きい第6段階よりも、オレンジの大きさがスイカより小さい第1~第4段階において、香り無の場合に比べて、香り有による注視時間の増加はより大きく、香りの効果が顕著である。

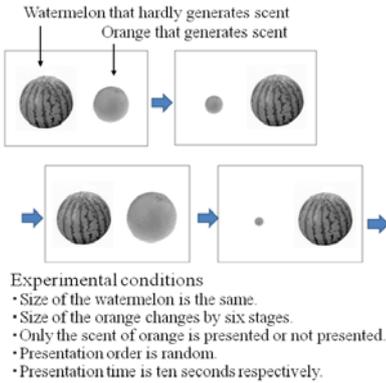


図1 誘目性評価用表示画像

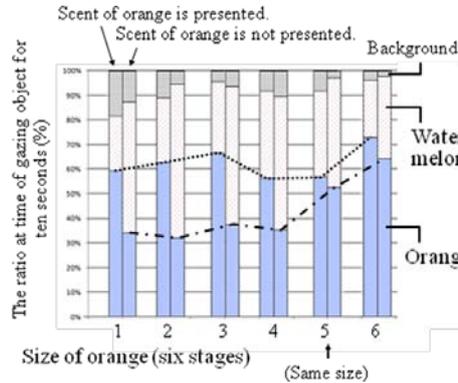


図7 各対象を注視する時間比

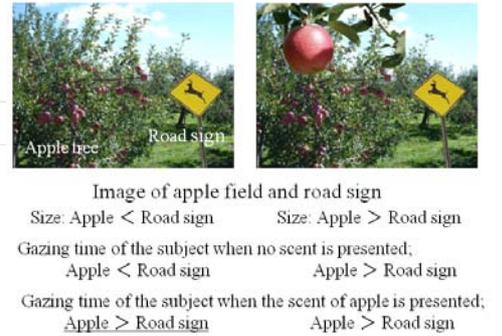


図3 香り提示による誘目性交換作用

この結果をデジタルサイネージに応用すると、図3に示すような効果が期待できる。同図の左右の画像には、共にリンゴと交通標識が表示されているが、左側は、標識が大きく、リンゴは小さい。この画像が表示されたときの視線を分析すると、交通標識の誘目性が高い。右側は、ほぼ同じ配置であるが、リンゴ1つが手前に交通標識より大きくなるように表示されている。この場合は、誘目性は逆転し、リンゴが頻繁に注視される。これらの結果は、従来知られている知見であるが、各画像を表示中にリンゴの香りを提示すると、左側であってもリンゴが頻繁に注視される。つまり、香りの提示は、対象物の注視時間に関して、大きさの誘目性の結果を逆転させる効果がある。広告コンテンツ制作へ応用できる知見と考える。

香り付き映像をデジタルサイネージに応用した場合の誘目性の評価は、現実空間では制約が多いため難しい。そこで、没入型VR装置(HoloStage)を用いて制作されたバーチャルタウンの中で評価している[18,19,20,21]。図4は、バーチャル地下街を歩行中するシミュレーションで、香り付き看板と香りなしの看板の誘目性を調べる実験の様子である。図5は、被験者が歩行中に何を見たかを統計的にまとめた結果である。香りが無い看板に比べて、看板に関連する香りを提示した場合(Strawberry, Flower)は、注視時間が長くなる事が分かる。

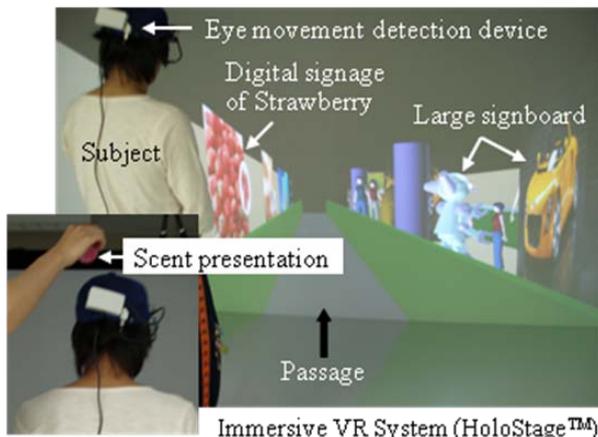
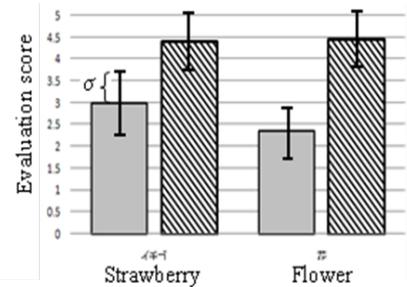
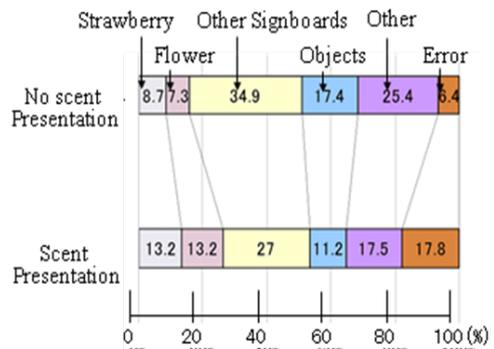


図4 VRを用いた誘目性シミュレーション実験



(a) Comparison of time digital signage being gazed. (Average of ten subjects and standard deviation ( $\sigma$ ))



(b) Comparison of gazed objects. (Average of ten subjects)

図5 香り付き看板の誘目性向上効果

## 2. 2 臨場感効果

感性マルチメディアが最も期待される理由は、臨場感の向上であろう。従来、映画やテレビなどの映像メディアは主として映像と音声によって構成されてきた。しかし、人間は普段の生活の中で五感すべてを使って得た情報から自分の状況を把握し、次の行動を判断している。今後、マルチメディアによって再現されるバーチャル空間が現実と同じように知覚され、高度な利用が図られるためには、視覚、聴覚以外の情報も提示していくことが重要である。中でも、嗅覚刺激は、人の記憶や感情に直接作用するため、映像に香りを適切に付加できれば、臨場感向上やコンテンツの内容理解を助長する大きな可能性をもっている。

映画の中から、ストーリーの中で香りが効果的に使われていると思われるシーンを抽出し、当該シーンのところで内容に合致する香りを提示し、被験者の意識変化を調べたところ、内容理解の深まりや臨場感の高まりが報告された[22]。特に、映像と音のみでは香りをイメージしにくいシーンなどでは効果的であった。例えば、「千と千尋の神隠し」では、腐れ神と言うお化けが風呂で薬湯を浴びるシーンがあるが、臭いお化けが良い香りになるシーン、「時をかける少女」では、時間旅行の薬品としてラベンダーの香りが使われるが、主人公がその香りを嗅いで倒れるシーンなどでは、香り提示によって表現を補うことが可能と思われる。

臨場感向上にどんな因子が作用しているのかを調べるために、香り付き映像を鑑賞してもらい、SD法を用いて主観評価実験を行った。また、客観的な評価のため、視線や瞳孔変化の検出、脳血流や皮膚コンダクタンスの測定を行った(図6、図7)。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 映像の内容に香りが適している場合には、内容理解、臨場感向上への効果は顕著である。
- (2) 映像の内容と香りにミスマッチがある場合、効果は見られない、又は、香りが気になって集中できないなど、マイナス面も見られる。
- (3) 香りが強く意識されないシーンに香りを付加した場合、被験者にばらつきが見られリスクが大きい。
- (4) 香りは、長時間付けても効果は少なく、短時間、狙い撃ちするように付ける方が効果的である。
- (5) 臨場感の向上があると、瞳孔の散大、脳活動の活性化、皮膚コンダクタンスの上昇などの変化が見られた。

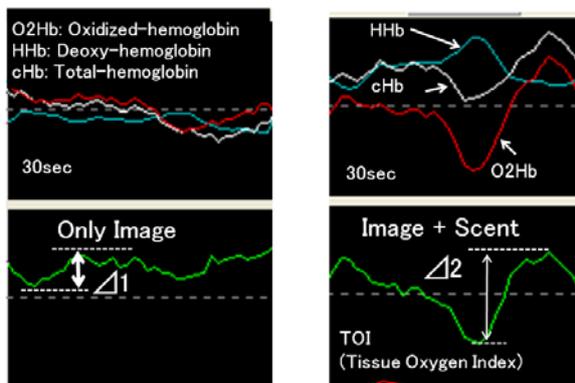


図6 映像提示中の前頭葉ヘモグロビンの変化

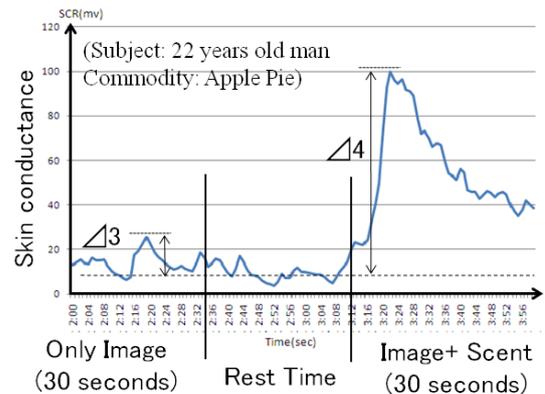


図7 映像提示中の皮膚コンダクタンスの変化

## 2. 3 記憶効果

従来、香りを用いたナビゲーションシステム開発などを目的として、被験者にVR空間回遊映像を提示し経路を記憶させる実験があり、香りが経路の記憶を助長する結果が報告されている[23,24,25]。本実験では、これを拡張し、空間に配置された対象そのものを記憶する際の香り提示の効果について調べた[18]。HoloStageを用いて、図8に示すようなバーチャルショップ「花屋」を制作し、店内を移動できる環境を構築した。被験者は、床面に立ち液晶時計分割眼鏡を掛け両眼立体視で周囲を観察できる。移動操作は被験者の後ろに位置する実験者が行う。被験者は、店内を同図に示すルートに沿って移動し、陳列棚に並べられた花の位置と名前を記憶する。

図9に、花の種類別の正解率を示す。香りを付けない場合の実験(a)では、「バラ」、「ラベンダー」、「すずらん」の順で、知名度の高い花の正解率が高かった(同図、右側の棒グラフ)。また、花の種類によって正解率に大きなばらつきが出た。一方、香り有(b)では、「ジャスミン」、「金木犀」、「イランイラン」、「バラ」の順で、特徴的な香りがする花の正解率が高く、正解率のばらつきは少なかった(左側の棒グラフ)。平均的な正解率は、香りなしが23%、香り

有は36%で、香りを付けることによって13%向上した。

今回の実験では、視覚（花の像）、聴覚（花の名前）による2刺激提示よりも、視覚、聴覚、嗅覚（花の香り）による3刺激提示の方が、正解率が高い結果であるため、被験者に与えられた情報が多い程記憶し易いと言える。また、形、色、香りなどに馴染みのある対象ほど良く記憶されている。例えば、バラは香りなしでも有でも正解率が高い。一方、ペパーミントは、普段見る機会が少ないため、香りなしの場合正解者は居なかったが、香り有では爽やかで身近に接する香りなので、正解率が高くなる。このように、香りを提示すると無意識に過去の経験が想起され、記憶に影響したのではないかと思われる。このように人に提示する感覚刺激が増えると、処理水準が深くなり易く記憶に残り易いと言える[26, 27, 28]。



図8 香り付き映像の記憶効果に関する実験

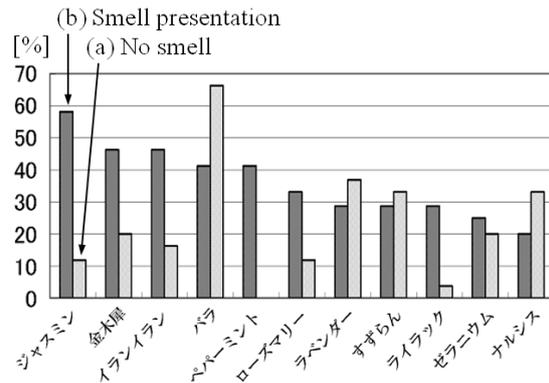


図9 花名記憶実験の正解率

## 2. 4 作業効率効果

デジタルサイネージなどの映像広告では、広告内の対象物が動き通行人も動くため、相対的な動きは大きい。広告コンテンツは、このような状況でも、広告対象がしっかり認知されるように制作することが望ましい。映像に香りを付加することによって、対象物を追跡し易くする可能性について検討した[16, 29]。視対象が移動する場合、眼球は随従運動と跳躍運動を繰り返すことにより当該物体を追跡する。この追跡において、動物体の内容が認知されるためには、網膜上で対象の像が流れないように随従運動が頻繁に起きる必要がある。香りには、リフレッシュ作用やリラククス作用があるため、対象物の追跡においても、緊張を減少し、又は、意欲を向上させることで、跳躍運動の回数が減少し、随従運動を助長する効果が見られるのではないかと考えた。

実験では、図10に示すように、画面上を黒い円形物体が円運動する映像を提示し、これを追跡する作業中の視線の動きを香り有り無の条件で分析した。画面は、20.1インチ、円形物体は直径4.5cm、円運動の直径は20cm、円の直径の視角は約19度である。2種類の角速度(45°/s, 又は、90°/s)で左回転する円運動とした。角速度45°/s, 90°/sの円は、視角速度では、各々、約15°/s, 30°/sに相当する。

図11は眼の動きを時系列で示した一例である。横軸は時間、縦軸は左右、上下の眼球回転量である。視線検出装置のサンプリングレイトは60Hzであるが、2回のサンプリング、つまり、1/30 secで、注視点が視角にして5°以上移動した場合を跳躍運動と定義した。

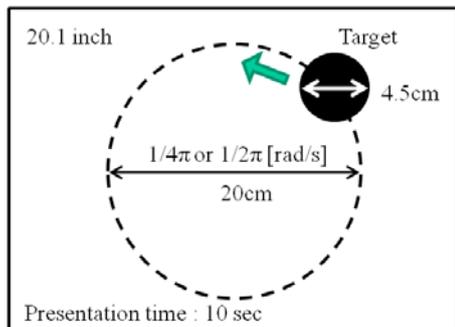


図10 追跡課題の視覚対象

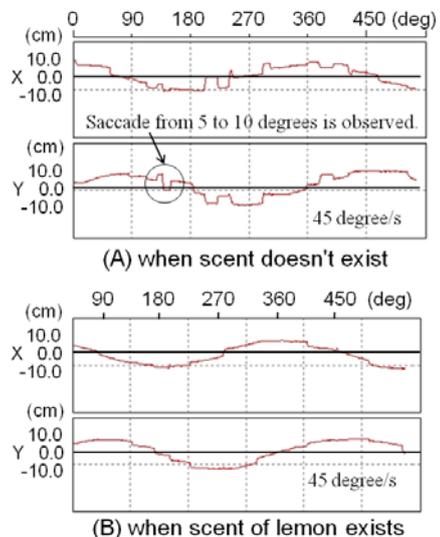


図11 香り有無によるアイマーク時系列分析

同図より、香りなしの場合 (A) では、 $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$  程度の跳躍運動が頻繁に見られるのに比べ、香りが提示された場合 (B) の視線は、滑らかな曲線を描いていることが分かる。他の被験者からも同様な跳躍運動の減少が見られた。図 12 は、被験者 11 人の 10 秒間の跳躍運動回数である。跳躍運動は、香りを提示しない場合 (None) に比べて、どの香料を提示した場合も減少するという結果が得られた。

香り付加によって跳躍運動が減少し随従運動が増加するということは、対象がよく見えているだけでなく、映像内容に対する認識や理解が深まる可能性がある。映像広告では、通行人が歩きながら広告を見る時間はわずかなので、上記のような効果があれば、香り提示の利点になる。そこで、香り有無の環境で、図 11 のように追跡しようとする動く指標内に文字を瞬間提示し、当該文字の認知率を調べた[30]。実験結果を図 13 に示す。同図より、香りを提示した方の認知率は高く、時間が経っても追跡作業の効率低下は少なかった。従来、連続計算を長時間実施させる疲労実験でも、香りを提示した場合、ミスが少なく、作業の効率が低下しにくい報告があるが[40]、今回の動物体追跡でも同様に作業効率を高める効果が認められた。

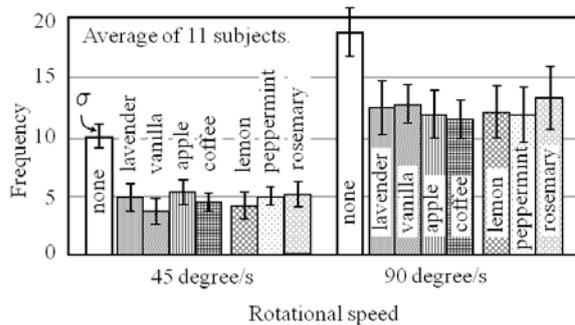


図 1 2 指標追跡の際のサッケード回数

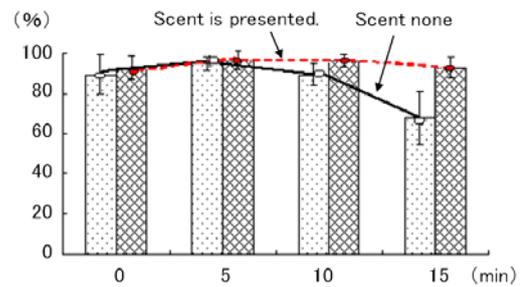


図 1 3 追跡疲労作業下での文字認識実験結果

## 2. 5 酔い止め防止効果

バーチャルリアリティでは、透視投影変換により視点位置からの映像が表示され、没入感が図られるが、現実と全く同じ感覚情報を提示することは現状では難しい。視覚だけに注目してみても、視点、視線方向のずれによる映像の歪、解像度や運動視の滑らかさの問題などがある。また、他の感覚情報の統合的提示も不十分である。表示空間と人の認知空間に歪があると、異質空間に居る感覚は否めない。この異質感覚が解消されないと、VR 酔いと呼ばれる動揺症の一種と考えられる症状が発生することがある[31,32]。この問題は、VR の普及を妨げる可能性もあるため解決が望まれる。前記歪を少なくする装置の高性能化、実時間 3 次元コンテンツの制作法からの検討が進められているが、VR 酔いの原因を解消するには至っていない。

香りには、自律神経を正常にする機能させる作用が知られており、気分が滅入ったときなど、気分を一新させるために良く使用される。また、車酔いの際に気分を改善させる香りがあることも知られている。そこで、我々は、香りが VR 酔いの解消にも効果があるのではないかと考え、実験的な検証を進めている[33]。Holostage を用いて、VR 酔いを引き起こすバーチャル空間を生成し、被験者に酔いを体験してもらう。その直後、酔いの程度をアンケートで回答してもらい、5 分間休憩を取る。ここで、香り提示の休憩と、香り無しの休憩で、休憩後の酔いの程度の変化を調べた。実験結果を図 14 に示す。香り有りの休憩の方が、回復が促進しているように思える。今回の実験では、酔いの程度をいくつかの症状項目の有無で評価しているため、必ずしも酔いの程度が間隔尺度にはなっておらず、定量的な考察は難しいが、定性的には酔い改善の可能性があるとと思われる。今後、酔いの定量的評価と香り付きのバーチャル空間と酔いの関係を調べていきたい。

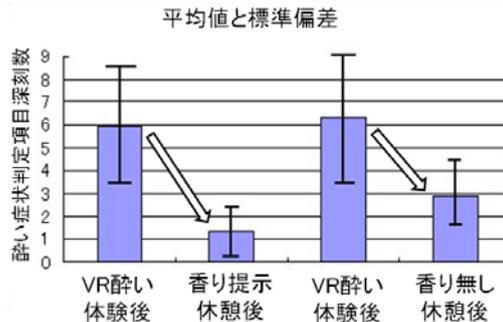


図 1 4 香り提示による VR 酔いの改善効果

### 3. 感性マルチメディアディスプレイとその応用

#### 3. 1 感性マルチメディアディスプレイとは

上記のように、香り付き映像には様々な効果があるが、これを実現するためには、映像と連動するように香りを放出する装置が必要である。映像と香りを一体的に表示するには、対象物を見ている人の鼻先に香りを放出するのが最善である。このため、空気砲を用いた香り発生装置が開発してきた[34,35]。画像処理で人の鼻の位置を検出し、その方向に向けて香りの渦輪を放出することで、空間的、時間的にピンポイントで香りを提示できる。使用する香料が少なく済み、利用者がその香りを吸ってしまえば、香りが回りに拡散することも少なく、シーン変化が多い映像にも対応できる利点がある。しかし、図 15 に示すように、画面が大きくなると、香りを画面の脇から放出しなければならないため、利用者の鼻先に香りを運ぶ (carry) 制御が難しい。

そこで、我々は、映像表示装置の画素間に小さな穴を設け、画面裏側から当該穴を介して香りを放出できる全く新しいディスプレイを提案している[36]。映像表示装置と嗅覚提示装置を合体させ、香り付き映像を一つの装置で表示するので、KANSEI Multi-Media Display :KMMD と呼んでいる。図 16 は、厚さ 1.6 mm 程度の薄型表示パネルの画素間に微細な空気穴を多数設け、当該穴を介して香りを放出できる LED 方式の表示装置である[37]。画素ピッチは、4 mm で画素間に 2.4 mm の穴を設けている。パネルの裏側にカメラ、及び、香り発生装置を設け、カメラで検出された人物に向けて、香りを提示できる。従って、画面に表示された物体からまさに香りが漂ってくるかのような臨場感が得られる。現在の試作品は小型であるが、大型化すれば、デジタルサイネージや没入型の VR 装置への応用も可能である。穴は画面全体に設けることができ、通過する気体の方向を制御することも可能なため、香りの提示のみならず、気流提示による体性感覚の再現も可能である。

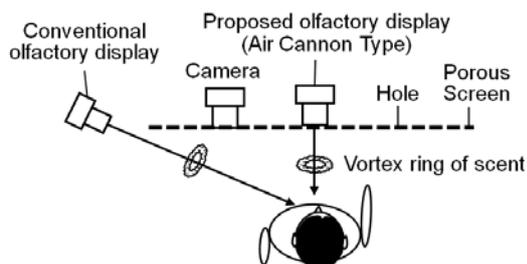


図 15 画面の中から香りを放出するディスプレイ

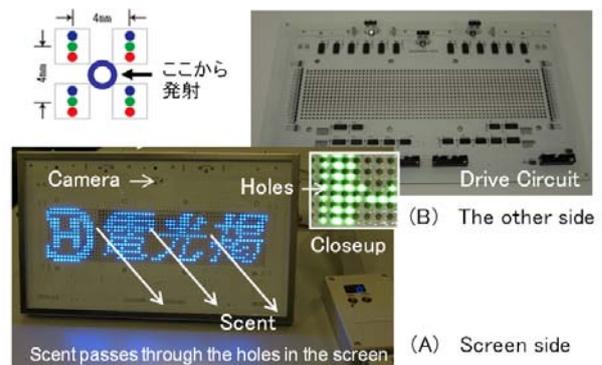


図 16 試作した空気が通過する薄型LEDディスプレイ

#### 3. 2 気流制御技術

このディスプレイによる気流制御は、2つの方式が適用できる。

- (1) 図 17 に示すように、気圧発生源として送風機を用い、ダクトで画面裏側に設置された筐体の気圧を高めることにより、穴を通過して気体を放出する。ここで、筐体内に Blade 機構を設け、当該 Blade の傾きを変化させることによって、気流の方向を制御できる。筐体内に香料を入れておけば、香りが放出される。熱風、冷風、加湿風の放出も可能である。数 10 度の角度範囲で、所定の方向に弱い風、強い風を放出できる。
- (2) 図 18 に示すように、画面の裏側に空気砲を密着するように設置し、瞬間的な気圧を発生させると、画面があるにも関わらず、穴を通過して気体の渦輪が生成され、前方に飛行する。当該渦輪は、数mの距離であれば型崩れしない。従って、観察者の鼻先にピンポイントで香りを提示できる。渦輪の飛行距離は、画面がない場合に比べて 10~20%程度減少するが、空気砲の出力を高めれば、その飛行距離の減少を補うことが可能である[19]。

#### 3. 3 KMMD の応用

当該KMMDの意義を、図 19 に示すような、地下街などに設置されるデジタルサイネージへ応用する場合を例に述べる。歩行者が看板に近づくと、看板から通路に香りが放出される。歩行者は、提示した香りに気が付き興味を持てば、その看板を見つけ近づいて行く。看板の前に立ち止まったことをセンサ等で検出すると、広告商品の詳しい説明を映像と香りでも開始する[19,38]。ここで、当該人物の性別や年齢層、その他の属性が検出できれば、適切な映像と香りを選択できる。バーチャルリアリティ技術を用い、運動視を取り入れた3次元CGによる商品宣伝も可能である。香りの提示によって臨場感や映像への没入感が高まるので、販売促進効果が期待できる。

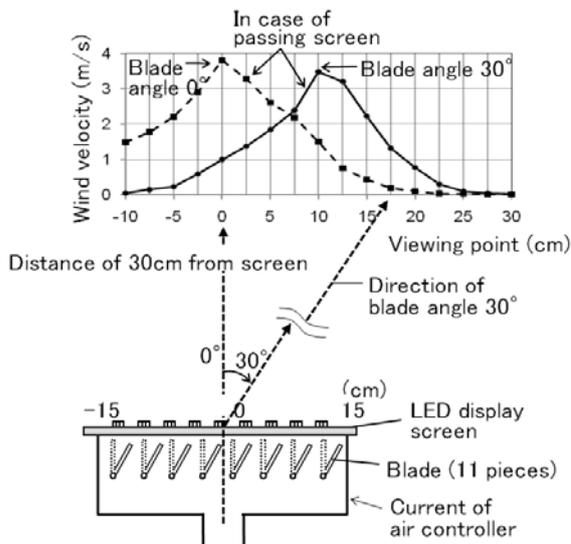


図 1 7 Blade を用いた気流方向制御実験

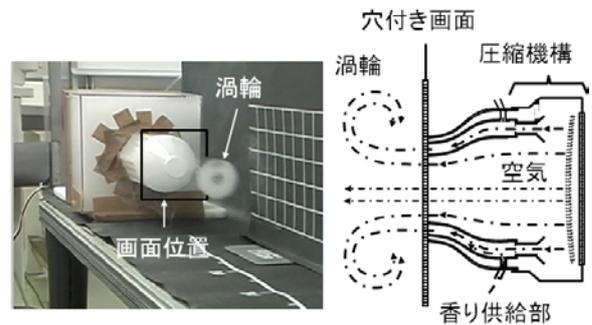


図 1 8 画面の裏側に空気砲を設けた気体放出実験



図 1 9 KMMD のデジタルサイネージへの応用

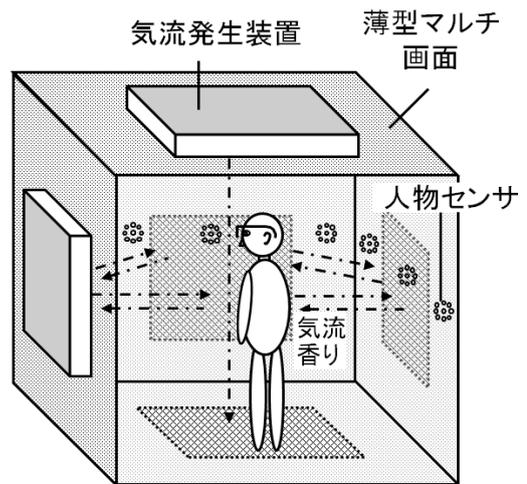


図 2 0 KMMD の CAVE への応用

#### 4. まとめ

視聴覚情報に嗅覚情報を取り入れた感性マルチメディアの意義とこれを提示するためのディスプレイ構成技術について紹介した。被験者実験から共通して言えるのは、映像の内容に合致した香りが提示されると、臨場感が高まり、エピソード記憶が想起されるなどである。香り提示は、感性の再現に有効な手段と言える。今回提案した KMMD は気体制御も可能であるので、今後は、香りを含む雰囲気再現にも取り組んでいきたい。感性マルチメディア技術は、バーチャルリアリティの質を高め、応用を広げるものと期待される[39]。図 2 0 は CAVE への応用である。

#### 【参考文献】

- [1] 井口征士：“感性情報処理,” オーム社, 1994.
- [2] 外池光雄編著：“におい・香りの情報通信,” フレグランスジャーナル社, 2007.
- [3] 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, 2008.10.
- [4] 重野寛, 本田新九郎, 大澤隆治, 永野豊, 岡田謙一, 松下温：“仮想空間における風りの表現方法 (仮想空間システム Friend Park),” 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.7, pp.1922-1932, 2001.7.
- [5] Heiling M.L., “Senaorama Sensorama Simulator,” US Patent 3,050,870, 1962.
- [6] Akira Tomono, Keisuke Tomono ; “Display”, WO2008/093721 (PCT/JP2008/051387).

- [7] 廣瀬通孝：“バーチャルリアリティ,” オーム社.
- [8] 館すすむ：“バーチャルリアリティ入門,” ちくま新書.
- [9] 伴野明：“[特別講演] 映像への香り付加によるコンテンツ品質向上の取り組み,” 電子情報通信学会技術研究報告 (信学技法, Vol.109, No.191, CQ2009-37, pp.65-70, 2009.09).
- [10] Akira Tomono：“Evaluation of Hyper-Realistic Images using Smells,” Proceedings of the 14<sup>th</sup> Inter-national Display Workshops, ITE, SID, No.3D-1 Invited, pp.1161-1164, 2007.12.
- [11] 松田隆夫：“視知覚,” 株式会社培風館, pp.230, 1995.
- [12] 日本色彩学会：“新編色彩科学ハンドブック第2版,” 東京大学出版会, pp.875-916, 1998.
- [13] 菊田裕次, 井上創造, 岩井原瑞穂：“重要度と誘目性を考慮した大量情報の提示手法及び表示達成度を用いた評価について,” 信学技報DE, 100(31), pp.41-48, 2000.
- [14] 伊藤孝幸, 塩入諭,他“画像特徴と注視,”映情学技報, vol. 33, no. 17, HI2009-81, pp. 53-55, 2009.3.
- [15] 杉山亜希子, 高田一, 松浦慶総;“視線移動を伴う場合の誘目性に関する研究,”日本機械学会誌, 山梨講演会講演論文集, vol.2005, pp.133-134, 2005.10.
- [16] Akira Tomono, Koyori Kanda：“Eye catching of displayed objects with smell presentation and its application,” Proceedings of the IEEE Image Electronics and Visual Computing Workshop 2010, No.s p 2-0044, pp.1-8, Nice, France, March 5-7, 2010.
- [17] 伴野明, 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.49-254.
- [18] 伴野明, 神田こより, 大竹俊弥：“映像への香り付加が誘目性と記憶に与える影響,”電気学会論文誌E, vol.128, No.12, pp.478-486, 2008.12.
- [19] 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,” 電気学会論文誌 C, vol130, No.4, pp.668-675, 2010.4.
- [20] 伴野明, 大竹俊弥, 松本偉大, 福岡誠弘：“バーチャル空間に構築したデジタルサイネージの誘目性評価実験,”第35回CG・可視化研究会(CAVE研究会), pp. 1-4, 2008.10
- [21] 伴野明：“映像への香り付加による誘目性向上とその応用,”第22回におい・かおり環境学会講演要旨集, No.18 pp.24-29, 2009.7.
- [22] 伴野明：“映像に香りを付ける,”2006年映像情報メディア学会年次大会併催公開講演会資料,pp.15-22,2006.08.
- [23] 伴野明・中村啓佑・市村祐也・高橋一将・中泉文孝・柳田康幸・保坂憲一：“嗅覚触覚提示による地理情報記憶支援に関する一考察”, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2005, No.1312, pp.131-134 (2005.09)
- [24] 伴野明, 笹倉良太, 矢島菜摘：“没入型VR環境における匂いが地理空間の記憶に及ぼす影響,”第28回CG・可視化研究会(CAVE研究会), pp.5-9, 2007.10
- [25] 萩内伸彦・林田和人・渡辺仁史：“嗅覚による経路記憶力の助長効果に関する研究”, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1 分冊, pp.871-872 (2006).
- [26] 伴野明, 桐越勇樹, 俣賀博貴, 片山佑樹：“処理水準の異なるコンテンツを用いた香り記憶法,”ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 論文集, No.1553, pp.595-600, 2009.09
- [27] 梶原菜美, 二見知花, 瀬戸皓世, 伴野明：“処理水準が香り付きコンテンツの記憶に及ぼす影響,” 映像情報メディア学会 2010 年冬季大会, 2010.12.
- [28] 伴野明, 若月宏樹, 熊沢茂樹, 伴野啓介：“バーチャルリアリティを用いた香り付きデジタルサイネージの有効性シミュレーション,”ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010 論文集, No.2505, pp.609-612, 2010.09.
- [29] 伴野明, 神田こより：“映像コンテンツへの香り提示による誘目性向上の検討,”ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 論文集, No.1333, pp.227-230, 2009.09.
- [30] 伴野明, 三沢麻結, 杉本宗一郎, 内海友介, 茨田聡, 伴野啓介：“香り付き映像のための動物体追跡実験,”ヒューマンインタフェースシンポジウム 2010 論文集, No.2517, pp.661-666, 2010.09.
- [31] 中川千鶴, 大須賀美恵子：“VE酔い研究および関連分野における研究の現状”, VR学会論文誌, No.3, pp.31-39, 1998
- [32] 田中信壽：“VR酔い対策の設計に求められる知見の現状”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌第10巻, No.1, pp.129-138, 2005
- [33] 藤田遥, 伴野明：“バーチャルリアリティ酔いに対する香り提示の効果,”映像情報メディア学会 2010 年冬季大会, 2010.12.
- [34] Y.Yanagida, S.Kawato, H.Noma, A.Tomono and N.Tetsutani：“Projection-based Olfactory Display with Nose-tracking,” Proceedings of IEEE Virtual Reality 2004, pp.43-50, 2004.
- [35] 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, Vol.37, No.4, pp.444-451, 2008.
- [36] Akira Tomono, Takatoshi Tomono, Syunya Otake：“Design and Application of a Scent-Emitting Video Display System,” Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Display Workshops, ITE, SID, No.3Dp-3, pp.1127-1130, 2008.12.
- [37] Akira Tomono, Hajime Katsuyama, Keisuke Tomono：“A Scent-Emitting Thin Type LED Display Device with a Porous Screen, and its Application,” Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Display Workshops, ITE, SID, 2010.12.1-3.
- [38] 伴野明, 北島裕也, 吉田泰士, 渡邊征伯：“表示画面裏側設置カメラを用いた眼球特徴点抽出法とその応用,”ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 論文集, No.1530, pp.487-492, 2009.09
- [39] 広瀬道孝, 小林哲朗, 石綿昌幸, 山田敏郎：“多面型全天周ディスプレイ (CABIN) の開発とその特性評価,”電子情報通信学会 D-II, Vol.J81-DII, No.5, pp.888-896, 1998.5.
- [40] 岩崎基行：“香りと環境,” 空気調和・衛生工学会編理工図書, pp.87-101, 1995.