



香りあふれる仮想空間を目指して

Toward Cyberspace with Scent

重野 寛、岡田謙一、松下 温

慶應義塾大学



1. はじめに

我々は日常生活において、視覚、聴覚、嗅覚、味覚、触覚のいわゆる五感全てを通して情報を獲得し、自分の周りの環境や物体の存在、状態を認識している。もちろん生活環境の情報の多くは視覚と聴覚情報であり、それらにたよる生活が嗅覚を阻害し、嗅覚は五感の中で最も退化した感覚になっている。日常生活においても嗅覚の役割に気付くことは少ない。

これまでも嗅覚と味覚に関する情報伝達については、仮想世界の表現メディアとしても、あるいは情報通信メディアとしてもあまり考慮されてこなかった。しかし、嗅覚情報は肉体的にも精神的にも大きな影響を与えることが知られており、嗅覚情報の欠落は仮想空間において十分な現実感が得られない原因の一つとなっている [1]。視覚や聴覚に関する情報伝達しかできていない現状を打破し、五感に関する全ての情報の通信を行い、より自然な情報通信環境を実現するために、2000年11月に総務省郵政事業庁が「五感情報通信技術に関する調査研究会」[2]を発足させた。

本解説では、これまであまり取り上げてこられなかった嗅覚情報の伝達に焦点を当て、嗅覚のメカニズムや香りが人間に与える影響、香りを発生させる嗅覚ディスプレイの事例紹介、解析した香りを伝達し遠隔地で再合成しようという新しい香り通信の考え方、仮想空間における嗅覚情報の取り扱い手法、などについてその概要を述べる。

2. 香りとは

われわれヒトを含めた脊椎動物の粘膜中には、数十万～数百万個の嗅細胞（嗅受容器細胞）がある。それら個々の嗅細胞は、鼻孔から入ってくる様々な香りに反応する。すなわち、香りのもととなる分子（香気成分）が嗅細胞に付着すると、嗅細胞は香気成分が持つ化学的エネルギーを電気的エネルギー（活動電位）に変換し、神経を経由して脳へ伝達する。

香気成分となる条件は、揮発性、水溶性、運動エネルギーを持つことであり、このような物質は約40万から50万種存在すると言われている。一つの香りは数百種の香気成分から構成されているため、事実上無限の香りがあると考えられる。この内、哺乳動物が識別できるのは一万種であると言われている。

光の三原色のような香りの原臭を見つけ出そうという試みは古くから行われており、多くの科学者が様々な学説を提案してきた。例えば0、原臭の決定因子を分子の化学構造式にあると仮定したものや、分子が持つ固有の振動数によって決まるという振動説などがその一例である。しかし、これらの学説の全ては否定されており、原臭を香り分子の単一の特性に帰属させようとする試みは全て失敗に終わっている。すなわち、色彩の感覚における光の波長や、音階の感覚における音の周波数に相当するような単一の尺度を、香りについては設定することは不可能である。

3. 嗅覚ディスプレイ

ヒトが区別できる香りの種類は 5000 種ほど存在すること、そして香りに原臭が存在しないことから、これまでに開発されている多くの嗅覚ディスプレイは、あらかじめ用意した数種類の香りからある一つの香りを選択して発生するという仕組みになっている。以下にそのいくつかを紹介する。

資生堂が開発した KAORI ON DEMAND[3] は、Web 上に示された 5 種の香水の一つをクリックすると、サーバーから選択された香りの指示が送られ、クライアントに接続された専用の芳香発生装置から香水の香りを発生させる。(図 1 参照) 香りを発生させる仕組みは以下の通りである。

- (1) エアポンプから液体香料に送られた空気が、泡となって液体香料表面まで上昇する。
- (2) 泡は上昇時に芳香を吸収し、液体香料表面ではじける。
- (3) はじけたことにより空気中に放出された芳香は、管を伝わってユーザの元へ届く。

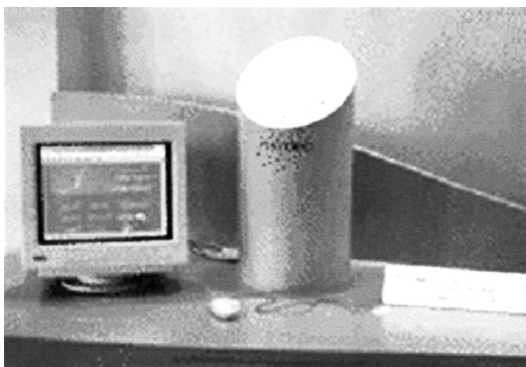


図 1. KAORI ON DEMAND

慶應大学で開発された芳香発生装置 [4] は、エアコンプレッサから送られた圧縮空気が香料タンク内を通過すると、空気の流れと共に香りが噴出口外に運び出されるというもので、強弱をつけた 5 種の香りを発生することができる。香料タンクには、珪酸カルシウムの粒に香料を染み込ませたものが格納されている。芳香発生装置は、コンピュータのパラレルポートに接続され、標準のインターフェースで空気を送り込む 5 つの電磁弁を制御しているので、様々なアプリケーションで容易に使用できる (図 2 参照)。



図 2. 芳香発生装置

玉川大学とはこだて未来大学で開発された Meeting Pot[5] は、個室で働く人たちにインフォーマルコミュニケーションの機会を与えようというもので、ミーティングルームのコーヒーメーカーのスイッチを入れると、各個室に置いてあるコーヒーアロマ発生器からコーヒーの香りを提示する。コーヒーアロマ発生器は、ファン、コーヒーを入れた袋、最上部に付けられた弁の役割を果たす蓋から構成されている (図 3 参照)。無線によりコーヒーメーカーのスイッチが入れられたことを検出すると、ファンが回転し上方に設置したインスタントコーヒーから香りが放出され、その香りに刺激されてミーティングルームに人が集まる。

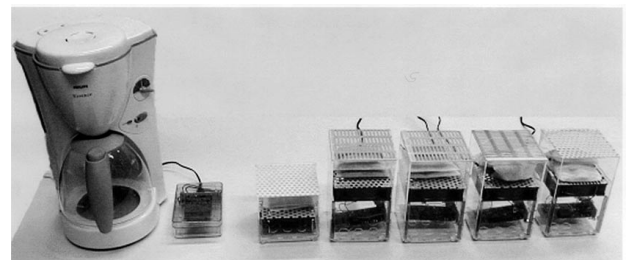


図 3. Meeting Pot

東京大学では、ユーザの位置に応じて適切な濃度を生成することで嗅覚による仮想空間を提示する嗅覚ディスプレイ [6] を開発した。エアポンプから放出された空気は、脱臭フィルタで無臭化された後、アナログ制御弁により指定された割合で 4 つの流路に分けられる。そのうちの 3 つは香料タンクに接続されており、香料による飽和蒸気が生成され、無臭空気と混合されて濃度を調整した後、鼻に吹き付けられる (図 4 参照)。試作装置では 3 つの香料を取り扱える。

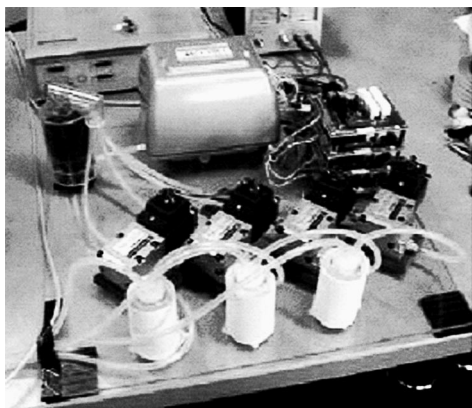


図4. 嗅覚ディスプレイ

フランステレコム社 [7] も香り通信に関して熱心に研究をしており、著者らもフランステレコム東京研究所で見学させて頂いた。図5に示すものは小型スピーカのような形状の香り発生ユニットで、ファンによって香りが放出される。一つのユニットからは1種の香りが出るだけだが、複数のユニットをスタック状に積むことができる。Web上のワイン醸造過程の説明にしたがって、地下室のかびくさい匂い、樽の匂い、そしてワインの香りなどが発生される。図6は携帯用のユニットで、格納されている液状の香水が暖められて香りが放出される。

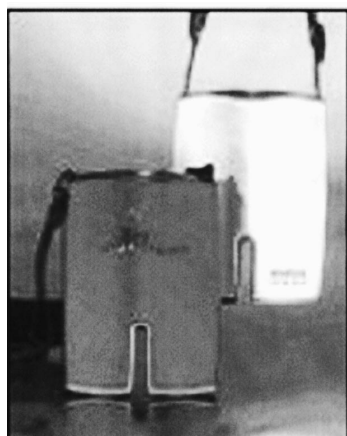
図5
パソコン用
香り発生
システム

図6 携帯型香り発生器

一時大きな話題となった Digiscents 社の iSmell は、128 種類の匂いパレットから合成された香りを発生するというもので、商品化を目指していたが遂に発売されることは無く会社自体も無くなったようだ。

4. 香りの解析と合成

ここでは、ある場所において香りを解析し、その結果を伝送し、別の場所で合成して再現することについて考える。

香りの解析と合成のためには、現時点では解析装置や合成装置に依存した形でシステムを構築せざるを得ない。なぜなら、光の三原色のような原臭や、その量による統一的な香りの表現方法が存在しないからである。原理的には、香りに含まれている全ての香気成分の構成比を正確に解析することが考えられるが、香気成分は約40万～50万種ほど存在すると言われており、そのすべてを正確に割り出すことは難しい。また、香りを合成する側において全ての香気成分を用意しておくことは事実上不可能である。

以下では、慶応大学で開発されている、香りの伝送システム [8] を例に香りの解析と合成について述べる。この研究では、りんご、ブドウ、桃などの香りの合成のみならず、それぞれの果物に品種の違いを再現することを実現している。

4. 1 香り解析装置

一般的に香りの解析にはガスクロマトグラフにより行うことが考えられるが、解析に長時間かかり、その情報を元に香りを合成することも難しい。最近では人間の嗅覚細胞を直接モデル化した、より簡便な香り解析装置が開発されている。

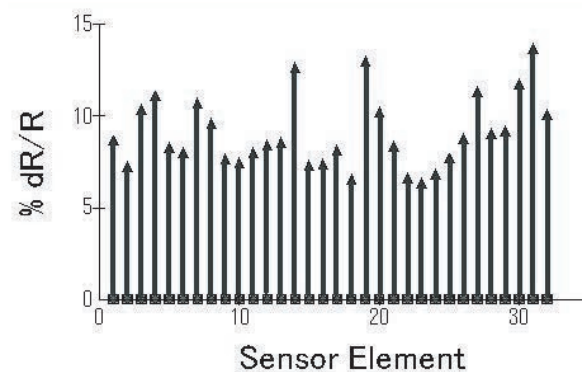


図7 香り解析装置による測定データの例

この装置には、32 種類の重合体でできたセンサが内蔵されており、それぞれのセンサからの出力が、その香りの測定データとなる。すなわち、香りに含まれる香気成分それぞれの量を求めるのではなく、香りそのものを 32 個の特徴量として表現する。測定データの例を図 7 に示す。

4. 2 香りの合成

一つの香りは複数の香気成分から構成される。その主たる香気成分を適切な比率で合成することで、近似的に香りを再現することが可能である。このシステムでは、香気成分の解析結果と、合成の目標となる香りの解析結果から、近似的な合成比率を求めて、香気成分を合成する。

試作した香り合成装置の概観を図 8 に示す。この装置はシーケンサと、実際に香りの合成を行う合成部とからなり、合成部はステッピングモータと香気成分を入れた注射器によって構成されている。ステッピングモータと注射器は 25 組用意されており、最大で 25 種類の香気成分を扱うことが可能になっている。



図 8 香り合成装置

シーケンサは各香気成分の構成比率をデータとして受け取り、それに基づいて、25 基のステッピングモータを制御してシリンダを突き出し、注射器の中に満たされている香気成分を適当な比率で押し出す。押し出された香気成分は中央の紙の筒に滴下され、香りが合成される。最後に装置下方からエアコンプレッサを用いて紙の筒に空気を送り込み、合成した香りを外部に放出する。

5. 仮想空間における嗅覚情報の利用

本章では、仮想空間システム Friend Park[3] を例に、仮想空間における嗅覚情報の伝達について説明する。

Friend Park は森林、酒場、リビングルーム、和室の 4 つの空間とそれらを結合する回廊からなる仮想空間システムである（図 9 参照）。それぞれに空間は 3 次元 CG で表現され、ユーザは 4 つの空間内を自由に移動することができる。このシステムはユーザに対して、それぞれに空間や近傍のオブジェクトに応じて、適切な嗅覚情報を提供することにより、空間の雰囲気、物体の存在や状態について、より実感の伴った仮想空間を構築することを目指している。

香りの発生は図 2 に示した芳香発生装置を利用し、仮想空間内で、あらかじめ決められた 5 種類の香りを提供する。

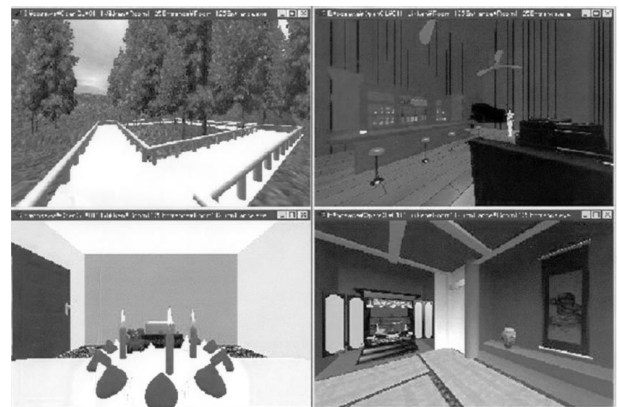


図 9. Friend Park

仮想空間システムにおいて嗅覚情報を取り扱うためには、嗅覚情報の定義とその伝達の制御のために、香りのモデル化が必要である。Friend Park では、ユーザに伝達する嗅覚情報を「アロマ」と呼び、香りの種別（どのような香りか）、その濃度、仮想空間における伝達領域、時間的変化などにより定義している。

(1) 香りの種別と濃度

すでに述べたように香りそのものの記述については、光の三原色のような原臭とその量による表現が見つかっていない。したがって、香りの種別や濃度の記述方法については、統一的な記述方法はなく、個々のシステムに依存せざるをえない。例えば、Friend Park では、芳香発生装置が発生できる 5 種類の香りの一つを香りの種類として指定しているに留めている。将来的に香りの種別の記述方法は、解析や合成が実用化にとともに、飛躍的に改善されると考えられる。

(2) 仮想空間における伝達領域

香りの伝達領域を考える上でのポイントは伝達の基点をどこに置くかと、香りの伝達範囲、すなわち、空間内でのどの領域に存在するユーザに嗅覚情報を伝達するかである。

直感から明らかなように、香りを発生するオブジェクトが存在する場合は、そのオブジェクトが嗅覚情報伝達の基点となる。このように、仮想空間内のオブジェクトに付随したアロマで、そのオブジェクトを香りの伝達の基点と考えることができるアロマを物体アロマと呼ぶ。花の香りやコーヒーの香りなどは物体アロマと考えることができる。

一方、海や森林の香り、部屋全体に広がる芳香など、空間全体に拡散する香りもある。このような香りを環境アロマと呼ぶことにする。環境アロマは厳密には何らかのオブジェクトから発生している場合もあるが、オブジェクトとは切り離して空間全体と対応付けた方が、処理が容易になる。

香りの伝達範囲の考え方は物体アロマか環境アロマによって異なる。物体アロマを伝達すべき仮想空間上の領域、すなわち物体アロマオーラは、空間が均質で連続的であれば、そのオブジェクトを中心とする円形または球体の領域と考えることができる。その大きさは香りの濃度により変化する。一方、環境アロマの伝達領域である環境アロマオーラはその空間全体である。

(3) 香りの時間的な変化

香りの時間変化については、濃度の変化、アロマオーラの変化、香りの質的变化などがあり、表現が難しい領域として残されている。

物体アロマによる定義により、オブジェクトの移動による領域の移動や、濃度を物体アロマオーラの大きさにマッピングして表現することができる。また、特に屋外のように気流のある仮想空間では、円形の物体アロマオーラを流体として変形することにより、香りの伝達領域を制御する試み [9] がある。

濃度の変化については、香りディスプレイの発生する香りの濃度変化として直接的に表現することが自然である。しかし、オブジェクトに近づく場合のように、提供する香りを濃くすることは比較的容易に実現できるが、現時点ではすばやく消臭する技術がないため、香りを薄くすることは難しい。

また、加熱処理にともなう香りの変化、例えば、料理

における香りの表現は、強度ばかりでなく、質的な変化も引き起こす。このような香りの変化が記述できるモデルとその提供方法については、現時点ではほとんど目処が立っていない。

6. おわりに

本解説では、香りの仕組み、香りディスプレイ、香りの解析と合成、仮想空間での嗅覚情報の取り扱いについて述べてきた。香りと味覚の提示方法や仮想空間での利用に関する研究は始まったばかりであり、多くの課題が残されている。より臨場感があり、人の共感を得るような仮想空間を構築するためには、このような五感に直接訴えるメディアを自在に活用できるような技術を確立する必要があるだろう。

謝辞

資料を提供していただいた慶応大学、資生堂、玉川大学、東京大学、フランステレコム社（アイウエオ順）に深く感謝します。

参考文献

- [1] 岡田謙一、サイバースペース上のバーチャルリアリティ - 協調仮想環境、情報処理、Vol.42 No.3、pp.236-240、2002
- [2] http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/pressrelease/japanese/tsusin/001116j501.html (July 13, 2002)
- [3] <http://www.shiseido.co.jp/s9605viv/html/index.htm> (July 13, 2002)
- [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と香りの表現手法 - 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
- [5] 椎尾一郎、美馬のゆり、“Meeting Pot: アンビエント表示によるコミュニケーション支援”、インタラクシオン 2001 論文集、情報処理学会シンポジウムシリーズ、Vol. 2001 No. 5、pp. 163-164、2001
- [6] 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、2000年
- [7] http://www.rd.francetelecom.fr/en/medias/prof_jour_press_web-parfume.htm (July 13, 2002)
- [8] 富永健太郎、永野豊、武田雄樹、重野寛、松下温、仮想空間上における香りの再現、日本バーチャルリ

アリティ学会、サイバースペースと仮想都市研究会、
CSVC2001-17、pp.19-24、Jul. 19、2001

- [9] 富永健太郎、永野豊、武田雄樹、重野寛、松下温、
天気と香りに注目した仮想空間上での現実世界の再現、
日本バーチャルリアリティ学会、サイバースペースと
仮想都市研究会、CSVC2001-12、pp.33-37、April 5、
2001

【略歴】

重野 寛 (SHIGENO Hiroshi)

慶應義塾大学理工学部情報工学科専任講師。工学博士。
平2 慶大・理工・計測卒。平9 同大学院理工学研究科
博士課程了。平成10 同大学理工学部情報工学科助手(有
期)。現在、同大学理工学部情報工学科専任講師。工博。
無線 LAN の構成法と媒体アクセス制御方式、計算機ネッ
トワークにおけるステーション移動サポート、モバイル・
コンピューティング、アクティブネットワーク、遠隔教
育システムなどの研究に従事。

著書「～ネットワーク・ユーザのための～ 無線 LAN 技
術講座」(ソフト・リサーチ・センター)、「コンピュ
ータネットワーク」(オーム社) など。

情報処理学会、電子情報通信学会、IEEE、ACM 各会員

岡田謙一 (OKADA Kenichi)

慶應義塾大学理工学部情報工学科教授。工学博士。

情報処理学会学会誌編集主査、同論文誌編集主査、電
子情報通信学会論文誌編集委員、情報処理学会グルー
プウェア研究会主査、同モバイル研究会幹事、電子情報通
信学会マルチメディアインフラストラクチャ&サービス
研究会幹事、日本バーチャルリアリティ学会サイバース
ペース研究会副委員長などを歴任。

CSCW (ACM)、SAINT (IEEE)、INTERACT (IFIP) をはじ
め 14 国際会議の大会委員長、プログラム委員長、財務
委員長などを歴任。専門は CSCW、HCI。情報処理学会論
文賞 (1996、2001)、情報処理学会 40 周年記念論文賞、日
本バーチャルリアリティ学会サイバースペース研究賞を
受賞

松下 温 (MATSUSITA Yutaka)

7 ページに掲載。