

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12608  
研究種目：基盤研究（B）  
研究期間：2010～2012  
課題番号：22300073  
研究課題名（和文） 小型嗅覚ディスプレイと流体シミュレータを用いた香るバーチャル空間  
研究課題名（英文） Virtual Space with Scents Realized by Using Miniaturized Olfactory Display and Computational Fluid Dynamics

研究代表者  
中本 高道（NAKAMOTO TAKAMICHI）  
東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号：20198261

研究成果の概要（和文）：本研究では小型嗅覚ディスプレイを開発し、香るバーチャル空間の実現を目指した。まず、電気浸透流ポンプと弾性表面波デバイスを組み合わせた超小型嗅覚ディスプレイを開発した。この嗅覚ディスプレイはクレジットカードより小型で鼻元で最大8成分の香りを調合できる。低揮発性香気成分で残香の評価を行い、良好な結果を得ることができた。また、広範囲の香りをカバーできる要素臭の検討を行った。質量分析器データを用いてNMF(Nonnegative Matrix Factorization)法で基底ベクトル探索を行い、その基底ベクトルが得られるように要素臭調合を行う。精油に関して30要素臭を用いて香り近似の実験を行いオレンジ、ミント、ブラックペッパーの近似臭を約9割の確率で正しく識別できることがわかった。さらにNMFで用いる距離指標を検討し、IS(Itakura-Saito)-divergenceを用いればKL-divergenceやユークリッド距離よりも広範囲の検出器強度に渡って良好な近似性能が得られることがわかった。

それから、流体シミュレータを用いて、障害物がある環境で任意の位置の香り濃度を計算させる方法を開発した。与えられた室内環境の幾何学的形状をレーザスキャナで計測しさらに壁面温度分布をサーモグラフィにより計測して、それらの結果を利用して流体シミュレーションを行った結果、室内に広がる匂いの分布を計算により求めることができた。また、風感を導入するために匂いと気流を同時に体験者に提示する装置を製作し、モニタから風や匂いが出てくるような感覚を与えることができ、仮想的な発生源の位置を制御できることがわかった。さらにヒータを追加し、温かい食べ物や飲み物から匂いが立ち上る様子を再現できるように改良し、学会で実演を行い、多くの人々に体験してもらうことができた。

研究成果の概要（英文）：We developed a miniaturized olfactory display and realize virtual space with scents. It consisted of electroosmotic pumps and a surface acoustic device. It is smaller than a credit card and can blend up to 8 odor components just in front of a user's nose. It has little smell persistence even when a low-volatile scent is presented. Then, we studied a set of odor components to cover wide range of smells. The basis vectors were extracted using mass-spectrum data and NMF (Nonnegative Matrix Factorization) method. We performed the experiment on odor approximation using essential oils. Approximated orange, mint and black pepper were identified with 90% probability when we used 30 odor components. Moreover, we studied the distance metric for NMF method. We found that good approximation capability over wide range of intensity was obtained when we used IS (Itakura-Saito)-divergence rather than the Euclidean distance and KL divergence. Then, we developed the method to calculate odor intensity at arbitrary position under the environment with obstacles using CFD (Computational Fluid Dynamics) method. The distribution of odor concentration was obtained using CFD method when the room geometry was measured by a laser scanner and wall-temperature distribution was measured by thermography. Furthermore, we fabricated the system to present odor and airflow simultaneously so that the impression of wind can be added. A user feels wind and odor

coming from the LCD monitor. The location of a virtual odor source can be controlled. Then, we presented odors from warm food and beverage at the conference after the introduction of a heater.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
2011年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2012年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			0
年度			0
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性インタフェース 人工現実感

### 1. 研究開始当初の背景

人間の感覚情報は五感から成り立っているが、その中で視覚と聴覚の記録再生技術は著しく発達し、誰もが簡単に感覚情報をコンピュータに入力して、コンピュータで再生できる時代になった。

それに対して、他の感覚情報はやっと記録再生の研究が始まった段階である。視覚や聴覚は感覚情報を論理的思考に用いることが多いが、それだけでは人間の感覚情報としてまだ足りない。人間の情緒には感性が大きく影響しており、その感性は嗅覚や味覚に左右される。本研究では、視聴覚に加えて嗅覚を使ったバーチャル空間を構築したい。

### 2. 研究の目的

嗅覚情報の提示は嗅覚ディスプレイを通して行われる。手軽にコンピュータに接続して使用できる装置はかつてなかったが、最近になって、取り扱い容易な嗅覚ディスプレイが研究されてきた。

しかし、嗅覚ディスプレイは、それを利用したコンテンツ作りまで行われるようになったが、今後普及していくためには解決すべき課題があり、本格的な研究が必要である。

本研究では嗅覚ディスプレイの小型化、香り提示速度の向上、汎用的要素臭による香りの多様化を行う。そして、物理モデルを生成し流体シミュレータを活用してバーチャル空間上の香り濃度を簡単に得られるようにして、香るバーチャル空間の制作手法の確立を目的とする。

### 3. 研究の方法

#### (1) 小型嗅覚ディスプレイの開発

本研究では複数の小型ポンプを並べ液滴を弾性表面波デバイスへ供給して調合し、人の鼻元で acoustic streaming により霧化して提示する小型嗅覚ディスプレイを開発した。小型ポンプとしては、液溜付きで小型であり、駆動力があるので気泡にも強い電気浸透流ポンプを採用した。また、小型ポンプに

ついてダイヤフラム型のポンプも検討した。

#### (2) 要素臭の探索

嗅覚ディスプレイでは、複数の要素臭を調合して香りを提示する。広範囲の香りを提示できるようにするためには、要素臭の選び方が重要である。本研究では大量のデータを安定に測定できる質量分析器を使用し、精油を中心に数多くの香りサンプルの測定を行いマスペクトラムのデータベースを作成する。そして、得られたデータから要素臭に相当する基底ベクトルデータを抽出する。その場合、対象臭の構成比及び基底ベクトルの各要素は非負でなければならない。その拘束下で基底ベクトルを求めるために NMF (Nonnegative Matrix Factorization) 法を用いる。また、基底ベクトルは現存する香りのマスペクトルから合成する必要があるため、既知の香りのマスペクトルから非負拘束最小二乗法により近似的に基底ベクトルを合成した。

さらにマスペクトルに適用する距離尺度に関して検討した。マスペクトルに関して、 $m/z$  が大きな領域では強度が低下する傾向にあるが、香気成分としては重要なピークが含まれている。そこで、ピーク強度の広いダイナミックレンジに渡って、適用できる距離尺度が望ましい。この観点から、ユークリッド距離、KL (Kullback-Leibler) divergence, IS (Itakura-Saito) divergence の3種類の距離尺度について検討し、どの距離尺度が広い強度範囲に渡って優れた近似精度を達成できるかを検討した。

#### (3) 嗅覚ディスプレイ評価用匂いセンサの製作

嗅覚ディスプレイから発生させた香りを計測するためには、匂いセンサが必要である。本研究では、水晶振動子センサを用いて計測を行ったが、センサ感応膜について検討を行った。脂質とポリマが共有結合した自己組織化リポポリマで被覆した金ナノ粒子外側に両親媒性高分子を物理吸着した感応膜を作

成し、自己組織化リポポリマで被覆した金電極水晶振動子上に堆積させた。

#### (4) 流体シミュレータによる香り分布の推定と気流・香り・温熱感の提示装置の開発

現実環境において、香り蒸気は主に気流に運ばれて広がる。風が吹いているとは感じない室内であっても、壁面に数度程度の温度差があれば人体には感じない微弱な自然対流が発生し、香り分布の形状に影響を与える。香りを提示する際に一定濃度の香りを単純に放出するだけではなく、現実環境における香りの分布を精度よく再現できれば、臨場感が向上すると期待される。

現実環境内に形成される気流場を正確に把握できれば、香りの分布も予想可能である。そのために、与えられた環境の中において風速計を用いて風向風速をくまなく測定する方法が考えられるが、多数の点における測定が必要であり、現実的ではない。そこで本研究では、数値流体シミュレーションを行い、現実環境内に形成される気流場を推定する方法を採用した。対流が支配的な室内環境において、部屋の幾何学的形状と壁面温度分布をレーザスキャナとサーモグラフィで計測し、シミュレーションの境界条件とする。必要なデータをわずか数点における計測により収集し、環境内全体の気流場を求めることが可能となる。香りの発生源の位置と香りの発生量を定めれば、得られた気流場に基づいて香りの分布を計算することができる。例えば、調理中の鍋から香りが立ち上り、室内に広がっている状況などをこの手法によりシミュレートできる。また、このような状況を実際に再現するために、気流と香り、温熱感を同時に再生可能な装置も開発した。

### 4. 研究成果

#### (1) 小型嗅覚ディスプレイの開発

前節で説明した嗅覚ディスプレイに関して当初は1成分のみの実験を行っていたが、8個の電気浸透流ポンプを実装して図1のような8成分調合可能なwearableな嗅覚ディスプレイを実装した。このシステムのサイズはクレジットカードよりも小さい。

この嗅覚ディスプレイを用いて低揮発性香気成分であるβ-iononeについて香り提示を行い、水晶振動子ガスセンサで濃度変化を計測した。その結果、瞬時に香りを提示して消し去ることができることがわかった。また、2成分もしくは3成分の香り調合を行い水晶振動子センサで測定した。その結果、大まかに各成分の重ね合わせが成立することがわかった。最後に香水



図1. 8成分調合小型嗅覚ディスプレイ

(Givenchy)を動画と共に提示し、意図した場面のみ被験者が匂いを感じるかどうかのテストを行い、良好な結果が得られた。

#### (2) 要素臭の探索

本研究では158種類の精油に関してマススペクトラムを測定し、要素臭の数を30とした場合と12とした場合のそれぞれの場合について、要素臭を実際に作成した。そして、オレンジ、ペパーミント、ブラックペッパーに関してオリジナルの香り及び近似臭に関して人間が分類できるか検査を行った。その結果を表1に示す。オリジナルの香りではほぼすべての人が3種類の香りの分類が可能であった。12要素臭の場合はペパーミントとブラックペッパーを混同する人が多かった。しかし、30要素臭の場合には約9割の人が正しく分類することができており、要素臭を用いた香りの近似が可能なのことがわかった。

表1. 12及び30要素臭の場合のオリジナル及び近似臭の識別率

オリジナル精油				
検査対象となる精油	識別された精油			
	オーガニックオレンジ	ペパーミント	ブラックペッパー	
オーガニックオレンジ	82.4%	6.5%	6.4%	
ペパーミント	9.6%	86.0%	3.2%	
ブラックペッパー	9.6%	2.2%	86.0%	
12要素臭による近似精油				
検査対象となる精油	識別された精油			
	オーガニックオレンジ	ペパーミント	ブラックペッパー	
オーガニックオレンジ	82.4%	15.5%	6.4%	
ペパーミント	9.2%	87.2%	38.2%	
ブラックペッパー	7.8%	39.2%	54.4%	
30要素臭による近似精油				
検査対象となる精油	識別された精油			
	オーガニックオレンジ	ペパーミント	ブラックペッパー	
オーガニックオレンジ	85.2%	3.2%	1.2%	
ペパーミント	2.8%	87.8%	9.8%	
ブラックペッパー	1.9%	6.2%	88.8%	

それから、NMFで用いる距離尺度の検討結果であるが、ピーク強度の大きな部分についてはKL-divergenceが有効なものの小さなピークや強度が0となるm/zを再現するためにはIS-divergenceが有効なことがわかった。

#### (3) 嗅覚ディスプレイ評価用匂いセンサの製作

自己組織化リポポリマで被覆した金ナノ粒子の外側に両親媒性高分子(Siponate DS-10)を物理吸着した感応膜を作成し、高感度で湿度依存性が少ない材料を開発した。

0.4-1.8ppmのブタノールに対するセンサ応答を湿度が0, 23, 52%RHの場合に測定した結果、23と52%RHの場合にほとんど変わらない特性が得られた。霧化器でSiponate DS-10膜で被覆したセンサは湿度依存性が大きくあるので、このセンサの湿度依存性は小さい。

#### (4) 流体シミュレータによる香り分布の推定と気流・香り・温熱感の提示装置の開発

現実の室内に形成される気流場を求めるために、部屋の幾何学的形状と壁面温度分布を計測して温度境界条件付きの部屋モデルを作成し、シミュレーションを行う。そこで、レーザスキャナとサーモグラフィを搭載したロボットを移動させて測定した。

図3に示す室内で計測を行い、部屋全体の

幾何学的形状を求めた。この形状を基にシミュレーション用の部屋モデルを作成し、サーモグラフィで取得した壁面温度分布に基づいて部屋モデルに境界条件を設定した。

得られた部屋モデルを使い、今回は調理台の上に置かれたホットプレートでスープ等を加熱調理している状況を想定し、この室内における香りの広がりを求めた。ホットプレートから 50,000 ppm の香り蒸気が流量 9 L/min で放出されているとして、温度境界条件を設定した部屋モデルに香りの放出条件を追加した。



図3. 測定を行った部屋

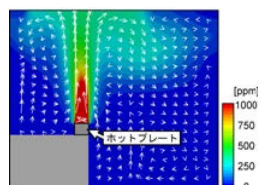


図4. シミュレーションで得られた気流場と匂い濃度分布(風速ベクトルの最大値は0.10 m/s)

シミュレーションにより得られた気流場と匂い濃度分布を図4に示す。図4は、図3に示す写真と同じ視点からホットプレートを見た際の、ホットプレートの中心を通る面上の気流場と匂い濃度分布を示している。図4よりホットプレートから放出された香り蒸気は、自身の熱によって生じる上昇気流により天井まで上り、その後天井に沿って部屋の中央付近まで広がっている。このように、現実環境の幾何学的形状と壁面温度分布の計測に基づいて、環境内に形成される気流場や香りの分布を求めることに成功した。

上述したシミュレーションでは、現実環境における香りの分布だけではなく、気流場や温度分布も求めることができる。そこで、香りと共に、気流や温熱感も同時に提示できる装置の開発を行った。開発した装置の概略図を図5に示す。コの字型のカバーの両端に軸流ファンを向い合せに取り付け、開口部が向かい合うように液晶モニタの左端と右端にカバーを一つずつ配置する。軸流ファンで気流を生成すると、カバー内で気流が衝突して向きを変え、カバーの外へ出て液晶モニタの中央に向かう。左右のカバーから出てきた気流が再度モニタ画面上で衝突すると、最終的にモニタ画面から離れる方向に向かう気流が生成される。モニタ画面の前方にユーザがいれば、モニタ画面上の気流の衝突位置から風が出ているように感じる。軸流ファンで作り出す風の強さのバランスを調節すると、気流の衝突位置をモニタ画面上の任意の位置に設定できる。

各軸流ファンには香り放出用のチューブが取り付けられており、ファンが作り出す気流の中に香り蒸気を放出すると、気流に沿って香りが分布する。これにより、モニタ画面

上の気流の衝突点を発生源とするような香りの分布が形成される。半導体ガスセンサで香りの濃度分布を測定した結果、気流の衝突点付近で最も高い濃度が観測されること

を確認した。また、カバー内にヒータを取り付け、ファンで生成する気流を温めて、温熱感も提示可能とした。実際に温度分布の測定を行い、気流の衝突点を熱源とするような分布が形成されていることを確認した。本装置を用いると、モニタ画面上の任意の位置から気流・香り・熱が放出されているようにユーザに感じさせることが可能である。例えば、モニタ画面に映し出された温かい料理の映像に顔を近づけた状況を再現できる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

1. B. Wyszynski, D. H. Kim and T. Nakamoto, Stabilization of coating for QCM odor sensors with liquid GC materials supported by lipopolymers and lipids, Sensors and Actuators B, 査読有, Vol. 179, 2013, 81-86, 10.1016/j.snb.2012.09.025
2. H. Matsukura, T. Yoneda and H. Ishida, Smelling screen: Development and evaluation of an olfactory display system for presenting a virtual odor source, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 査読有, Vol. 19(4), 2013, 606-615, 10.1109/TVCG.2013.40
3. T. Nakamoto, M. Ohno and Y. Nihei, Study of odor approximation by using mass spectrometer, IEEE Sensors Journal, 査読有, Vol. 12, 2012, 3225-3231, 10.1109/JSEN.2012.2190506
4. 中本高道, 嗅覚ディスプレイの仕組みと応用、映像情報メディア学会、査読無、66巻、2012、478-483
5. 中本高道, 匂いセンサと嗅覚ディスプレイ、香料、査読無、255巻、2012、63-72
6. 中本高道, 嗅覚ディスプレイの現状、理大科学フォーラム、査読無、2巻、2011、8-13
7. B. Wyszynski, 中本高道, リポポリマーベースの複合材料でにおいを識別・高感度匂いセンサ、バイオフィリア、査読無、6巻、2010、29-33
8. アーリアクション ヨッシリ, 中本高道, 超小型液体ポンプとSAW霧化器を用いた嗅覚デ

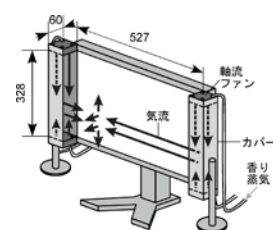


図5 気流・香り・温熱感の提示装置 (単位は mm)

- ディスプレイの基礎的研究、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、査読有、15 巻、2010、589-594
9. 中本高道、多成分嗅覚ディスプレイとその応用、応用物理、査読無、80 巻、2010、231-234
  10. 中本高道、嗅覚ディスプレイ最前線、ディスプレイ、査読無、9 巻、2010、72-79
  11. 松倉悠、二瓶友彦、大野丹、石田寛、匂い濃度と気流の空間分布提示装置、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、査読有、15 巻、2010、563-570  
[学会発表] (計 28 件)
  1. 中本高道、匂いセンサと嗅覚ディスプレイ、日本薬学会シンポジウム、2013 年 3 月 30 日、パシフィコ横浜、神奈川県
  2. Y. Ariyakul, T. Aizawa and T. Nakamoto, Visual-olfactory Presentation System Using a Miniaturized Olfactory Display Based on SAW Streaming and Electroosmotic Pumps, IEEE Virtual Reality 2013, 2013 年 3 月 19 日、Orlando, Florida, USA,
  3. H. Matsukura, T. Yoneda and H. Ishida, Smelling screen: Development and evaluation of an olfactory display system for presenting a virtual odor source, IEEE Virtual Reality 2013, 2013 年 3 月 19 日、Orlando, Florida, USA
  4. 中本高道、匂いセンサと嗅覚ディスプレイを用いた遠隔匂い再現システム、岩手大学「におい」による生物間コミュニケーション研究の推進事業セミナー (招待講演)、2013 年 3 月 6 日、岩手大学、岩手県
  5. 伊関方晶、中本高道、嗅覚ディスプレイを用いた音と香りのインタラクティブ・アート、インタラクシオン2013、2013年3月2日、日本科学未来館、東京都
  6. ヨッシリ・アーリヤクン、相澤智之、中本高道、超小型匂い発生ユニットを用いた香る動画像提示システム、インタラクシオン 2013、2013 年 3 月 2 日、日本科学未来館、東京都
  7. 渡部元士、米田達弘、松倉悠、石田寛、モニタ画面上の任意の位置に仮想的な匂い源と熱源を提示する装置、インタラクシオン 2013、2013 年 3 月 2 日、日本科学未来館、東京都
  8. 松倉悠、米田達弘、石田寛、2D-MSFD: モニタ画面上に仮想的な風源と匂い源を提示する装置の開発、日本バーチャルリアリティ学会VRと超臨場感研究会、2012 年 12 月 28 日、首都大学東京秋葉原サテライトキャンパス、東京都
  9. Y. Nihei and T. Nakamoto, Improvement of Odor Approximation Using Mass Spectrometry, IEEE Sensors 2012, 2012 年 10 月 31 日、Taipei, Taiwan, 10. 1109/ICSENS. 2012. 6411059
  10. Y. Ariyakul and T. Nakamoto, Improvement of odor blender using electroosmotic pumps and SAW atomizer for low-volatile scents, IEEE Sensors 2012, 2012 年 10 月 30 日、Taipei, Taiwan, 10. 1109/ICSENS. 2012. 6411129
  11. H. Matsukura, T. Yoneda and H. Ishida, Fragrant multimedia display system: Presenting odor distribution on display screen, IEEE Sensors 2012, 2012 年 10 月 30 日、Taipei, Taiwan, 10. 1109/ICSENS. 2012. 6411525
  12. B. Wyszynski and T. Nakamoto, Response mechanism of quartz crystal microbalance gas/vapor sensors coated with tricresyl phosphate, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会、2012年10月16日、機械振興会館、東京都
  13. B. Wyszynski, D. H. Kim and T. Nakamoto, Stabilization of coating for QCM odor sensors with liquid GC materials supported by lipopolymers and lipids, 電気学会E部門総合研究会、2012年6月12日、京都大学、京都府
  14. 松倉悠、米田達弘、石田寛、モニタ画面上の任意の位置に仮想的な風源と匂い源を提示する装置、日本バーチャルリアリティ学会香りと生体情報研究会、2012 年 6 月 8 日、鳴子湯乃里幸雲閣、宮城県
  15. 松倉悠、米田達弘、石田寛、バーチャルリアリティシステムにおける流体操作を利用した風源および匂い源の提示手法、日本機械学会第 12 回機素潤滑設計部門講演会、2012 年 4 月 24 日、愛媛県県民文化会館、愛媛県
  16. Y. Ariyakul and T. Nakamoto, Olfactory display using a miniaturized pump and a SAW atomizer for presenting low-volatile scents, IEEE Virtual Reality 2011, 2011 年 3 月 22 日、SUNTEC Singapore, Singapore, 10. 1109/VR. 2011. 5759464
  17. H. Matsukura, T. Nihei and H. Ishida, Multi-sensorial field display: presenting spatial distribution of airflow and odor, IEEE Virtual Reality 2011, 2011 年 3 月 22 日、SUNTEC Singapore, Singapore, 10. 1109/VR. 2011. 5759448
  18. 二瓶友彦、大野丹、松倉悠、石田寛、匂い濃度の空間分布提示装置、平成 23 年電気学会全国大会、2011 年 3 月 16 日、大阪大学、大阪府
  19. 大野雅史、二瓶泰徳、中本高道、質量分析器を用いた近似臭作成方法の研究、電気学会全国大会、2011 年 3 月 16 日、大阪大学、

- 大阪府
20. T. Nakamoto, Odor sensing, recording and olfactory display, Special lecture of Faculty of Engineering, Chulalongkorn University(招待講演), 2011年3月2日、Bangkok, Thailand
21. Wyszynski and T. Nakamoto, Nanocomposites using gold, lipopolymers and amphiphilic GC materials as highly-sensitive coatings for QCM odor sensors, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会、2011年2月7日、機械振興会館、東京都
22. T. Nakamoto, Odor recorder using a chemical sensor array, Winter School on Chemical Discrimination and Localization using Biologically Based Olfactory Processing(招待講演), 2011年1月11日、California University, San Diego, USA
23. 中本高道、匂いレシピの記録と再生、アロマサイエンスフォーラム(招待講演)、2010年10月1日、アルカディア市ヶ谷、東京都
24. Wyszynski and T. Nakamoto, Humidity-Humidity-robust and highly-sensitive QCM odor sensors with amphiphilic GC-materials physisorbed over lipopolymer-protected nano-Au, センサ・マイクロマシンと応用システムシンポジウム、2010年9月14日、くにびきメッセ、島根県
25. 大野雅史, 中本高道、質量分析器を用いた近似臭作成方法の研究、センサ・マイクロマシンと応用システムシンポジウム、2010年9月14日、くにびきメッセ、島根県
26. ヨッシリ アーリヤクン, 中本高道、超小型液体ポンプとSAWデバイスを用いた嗅覚ディスプレイの基礎的研究、電気学会E部門総合研究会、2010年6月17日、東京大学生産技術研究所、東京都
27. 中本高道、嗅覚インタフェース、産学交流サロン、横浜企業経営支援財団(招待講演)、2010年5月28日、横浜振興公社、神奈川県
28. 中本高道、嗅覚ディスプレイの基礎と応用、電子ジャーナルセミナー(招待講演)、2010年5月12日、総評会館、東京都  
[図書](計4件)
1. B. Wyszynski, 中本高道、NTS, 匂いセンシングシステムの開発、嗅覚と匂い・香りの産業利用最前線、2013, 12
2. T. Nakamoto, Ed., IGI Global, Human Olfactory Displays and Interfaces: Odor Sensing and Presentation, 2012, 555,
3. 中本高道、CMC出版、匂いセンシングと匂

- いの再現、食品・医薬品のおいしさと安全・安心の確保技術、2012, 8
4. H. Matsukura and H. Ishida, IGI Global, "Incorporating fluid dynamics considerations into olfactory displays" in Human Olfactory Displays and Interfaces: Odor Sensing and Presentation, 2012, 14,  
10.4018/978-1-4666-2521-1.ch021  
[産業財産権]

○出願状況(計3件)

1. 名称: 匂いの空間分布制御方法、匂いの空間分布制御装置、視聴覚システム及び顧客誘導システム  
発明者: 石田寛, 松倉悠, 米田達弘  
権利者: 東京農工大学  
種類: 特許  
番号: 特願2012-033013  
出願年月日: 2012年2月17日  
国内外の別: 国内
2. 名称: 匂い発生装置  
発明者: 中本高道, アーリヤクン ヨッシリ  
権利者: 東京工業大学, 凸版印刷  
種類: 特許  
番号: PCT/JP2011/54790  
出願年月日: 2011年3月2日  
国内外の別: 国外
3. 名称: 匂いの空間分布制御方法、匂いの空間分布制御装置、視聴覚システム及び顧客誘導システム  
発明者: 石田寛, 松倉悠, 二瓶友彦, 大野丹  
権利者: 東京農工大学  
種類: 特許  
番号: 特願2010-187061  
出願年月日: 2010年8月24日  
国内外の別: 国内

○取得状況(計0件)

- [その他]  
ホームページ等  
超小型嗅覚ディスプレイ  
<http://silvia.mn.ee.titech.ac.jp/display8.pdf>  
嗅覚ディスプレイ  
<http://www.tuat.ac.jp/~h-ishida/projects/olfactorydisplay.html>

6. 研究組織

- (1) 研究代表者  
中本 高道 (NAKAMOTO TAKAMICHI)  
東京工業大学・大学院理工学研究科・准教授  
研究者番号: 20198261
- (2) 研究分担者  
石田 寛 (ISHIDA HIROSHI)  
東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授  
研究者番号: 80293041