

匂いイメージセンサによる情報創出に関する研究開発 (111710001)

Development of Odor Image Sensor and Creation of Spatial Odor Information

研究代表者

林 健司(50202263) 九州大学 大学院システム情報科学研究所 情報エレクトロニクス部門(2117102000)
Kenshi Hayashi, Department of Electronics, Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

研究分担者

中野 幸二 (10180324) † 内田 誠一 (70315125) †† 小野寺 武 (50336062) †††

劉 傳軍 (70599654) †††† Koji Nakano, Seiichi Uchida, Takeshi Onodera, Chuanjun Liu

†九州大学 大学院工学研究院 応用科学部門 (2117102000) ††九州大学 大学院システム情報科学研究所 情報知能工学部門 (2117102000) †††九州大学 味覚・嗅覚センサ研究開発センター 嗅覚センサ部門 (2117102000) ††††九州大学大学院システム情報科学研究所 情報エレクトロニクス部門 (2117102000)

†Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Kyushu University

††Department of Advanced Information Technology, Faculty of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

†††Division of Odor Sensor, Research and Development Center for Taste and Odor Sensing, Kyushu University

††††Department of Electronics, Graduate School of Information Science and Electrical Engineering, Kyushu University

研究期間 平成23年度～平成25年度

概要

匂いイメージセンサによる空間化学情報創出のために匂いコードナノレポーター、匂いイメージセンサ、匂い空間画像計測について研究開発を行った。匂い検知する量子ドット、匂い結合性合成ペプチド、分子鑄型ポリマフィルム、複合蛍光プローブ、金属蛍光増強プローブ、局在プラズモン共鳴フィルムを開発し、人の体臭、手のひらや足あと、匂いの流れの可視化に成功した。また、匂いイメージングフィルムを分光イメージングできる匂いイメージセンサを試作した。

1. まえがき

本研究は人が見ることができない、匂いの空間を匂いイメージセンサを開発することにより、通信可能な情報としてデータ化することを目的としている。揮発性化学物質によりもたらされる匂いという感覚から、生物は周囲の環境に関する非常に多くの情報を得ている。生物の嗅覚は非常に感度が高く、環境へ高速に応答する優れた化学センサである。しかし、そのような優れた化学感覚である嗅覚であっても匂いの空間を見ることはできない。優れた嗅覚を持つ犬も匂いの空間を見ることはできず、匂いの跡を辿るには鼻と体を動かして空間をスキャンするしか無い。匂いの空間的な情報(空間化学情報)を計測し、解析し、人に提示する可視化技術が実現できれば、人が手にしたことが無い新しい匂いの空間情報に基づいて、人やロボットを導くナビゲーションや匂いを辿る匂いトレース技術が可能となる。匂いイメージセンサはそのような応用を目指して開発を進めている。匂いを可視化することにより爆発物や違法薬物、危険な化学物質などの漏洩を検知する匂い源探知、空間中に残留する匂いの痕跡の可視化による空間化学情報など、匂いイメージングにより新しい情報を創出することができる。本研究ではそのために、匂い検知プローブ開発、匂いイメージングフィルムと匂いイメージセンサ試作、匂い画像計測と匂い画像処理という3つの項目を設定して、研究開発に取り組んだ。

2. 研究開発内容及び成果

本研究プロジェクトの研究開発内容として、初年度に「匂い検知プローブと匂いイメージ測定の基礎開発」を、第2年度は「匂いコードを分光イメージング測定し、匂いの情報に踏み込む」、そして最終年度で「匂いイメージセ

ンサ開発」に到達することを目標とした。以下、その成果を3つの研究開発項目ごとに説明する。

・匂い検知プローブ

匂い検知プローブ開発においては、主として匂い結合性合成ペプチド、分子鑄型ポリマ蛍光マイクロビーズ、蛍光色素複合体プローブ、金属蛍光増強プローブ、金属ナノ粒子の局在プラズモン共鳴(LSPR)を用いたプローブを開発した。匂い結合性合成ペプチドは生体のパニロイド受容体(TRPV1)に着目し、TRPV1の特質を匂いセンシングに生かせるように、匂い結合領域の α -ヘリックス構造を含めたポリペプチドを合成し、実際にポリペプチド中に含まれるTrp蛍光測定とSPR測定によりパニリンの選択的な結合を確認した。

・匂いイメージングフィルム

開発項目2では匂い検知プローブをシート状にした匂いイメージングフィルムを開発し、匂いの空間分布を画像として測定する撮像系の構築を行なった。イメージングフィルムのスペクトル情報を用いて匂い物質に関する情報を得る分光イメージングによる匂いに関するマルチスペクトル画像を計測できることを確認し、最終的には匂いイメージセンサを試作した。開発した匂いイメージングフィルムは匂い物質と会合し、その蛍光強度や蛍光波長を変化させる蛍光物質を匂い可視化ゲルフィルムとしたものである。フィルム中の匂い検知プローブのマルチ化により匂い情報を分光イメージングにより測定し、匂い情報を得ることができるよう、励起波長と蛍光波長を選択する干渉フィルタをコンピュータ制御で交換することが可能なUV-VISキセノン光源と高感度冷却型CCDカメラにより構築した。また、3波長の分光イメージング同時計測できる匂いイメージセンサを試作した(図1)

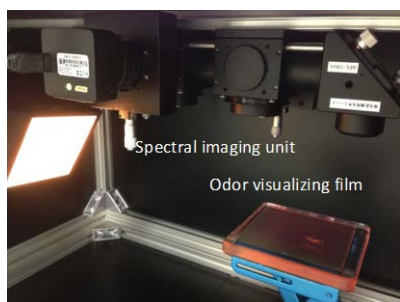


図 1. 匂いイメージセンサ試作機

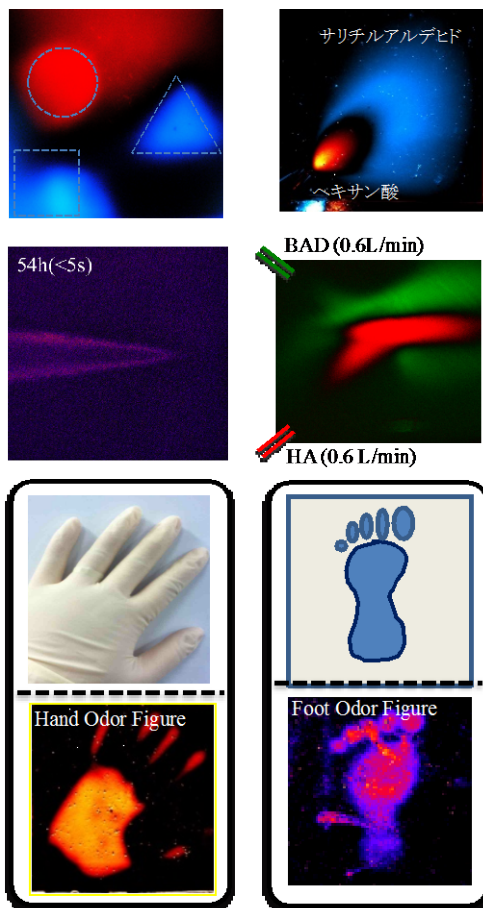


図 2. 様々な匂いの可視化。左上: 分光イメージング匂い形状画像。プロピオン酸○、ベンズアルデヒド△、フルアルデヒド□。右上: 混合臭の流れの領域、左中: 人の汗匂いの可視化、右中: 衝突する 2 つの匂いの可視化、下: 手足の匂い形状の可視化

匂いイメージングフィルムに用いるさらに高機能なプローブとして、複合蛍光色素による匂い検知プローブ (FRET プローブ) による匂い応答性の向上と高感度化、局在プラズモン共鳴 (LSPR) を用いた匂いイメージングフィルム、分子鑄型ポリマ (MIP) 蛍光マイクロビーズ、金属ナノ粒子と蛍光色素の相互作用を利用した匂い検知能力の増強、金ナノ粒子-分子鑄型ポリマによる分子認識型 LSPR 匂いイメージングフィルムの開発を行った。LSPR フィルムに関しては、高速な応答速度を持ち、表面修飾や色素カップリングにより高感度化も達成した。分子鑄型ポリマ (MIP) は匂い分子の構造を鑄型として持つポリマであり、マイクロビーズ化したものを蛍光色素で染色することで、MIP の鑄型とした匂い物質に選択的に応答する可視化フィルムを実現できた。さらに、ナノ薄膜として MIP 層をコーティングした LSPR フィルムにより、分子選択性を持つ LSPR 匂いイメージングフィルムが実現できることも確認した。

・匂い画像計測と匂い画像処理

開発した匂いイメージングフィルムと可視化装置により、様々な匂いの流れ画像や匂いの痕跡画像を計測することが可能となった (図 2)。これらは世界で初めて匂いの空間分布を可視化した成果である。いずれも十分に高い分解能で匂いが流れる様子や付着・残留している匂いの痕跡を可視化できる。また、開発した匂い検知プローブを複数使い、分光イメージングとして匂い画像を取得できる。また、あらかじめ匂いへの応答の特徴を測定し、画像処理することで匂い領域推定 (どの領域がどの匂いに対応するかを推定) も可能であった。

3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

匂いを可視化する際に目標の一つとして掲げた個体識別、犯罪捜査、災害現場の人命救助などを目的とした生体匂いの可視化への応用を展開し、生体に関連する匂い中の脂肪酸匂い成分に注目し、汗から発する脂肪酸匂いの可視化に成功している。また、手足に典型的な匂い物質による手や足の跡の可視化にも成功している。これら結果は人の匂いの痕跡を可視化による人の探索、さらには匂いの広がりを含めた匂い型による個人識別、また、匂いのモニタリングによる人の状態計測につながる技術であると言える。また、植物に関連した匂いについても検知が可能で、植物から揮散されるテルペン類などのバイオマーカー物質を可視化することで、重要な食糧生産に関係する農業応用も可能である。これらの匂い可視化プローブと匂いイメージセンサ技術のより高感度化、高精度化を図り、化学空間の可視化が産み出す情報の創出とその応用に取り組んでいく。

4. むすび

光学的な手法により匂い空間を可視化する匂いイメージセンサの開発に代表される、匂い情報や空間化学情報の可視化技術は、今後、様々な分子認識技術とトランスデュース技術をカップリングさせた新しいセンサ技術のブレークスルーにより匂いの可視化、空間化学情報ナビゲーションなどの応用展開へとつながることが期待される。

【誌上发表リスト】

- [1] Y. Furusawa, R. Yokoyama, C. Liu, K. Hayashi, "Odor Image Sensing by Multi Probe Film", IEEEJ trans Vol.133 No.6 pp.199-205 (2013)
- [2] C. Liu, Y. Furusawa, K. Hayashi, "Development of a fluorescent imaging sensor for the detection of human body sweat odor", Sensors and Actuators B Vol.183 pp.117-123 (2013)
- [3] B. Chen, C. Liu, M. Watanabe, K. Hayashi, "Layer-by-Layer Structured AuNP Sensors for Terpene Vapor Detection", IEEE Sensors Journal Vol.13 No.11 pp.4212-4219 (2013)

【申請特許リスト】

- [1] 林 健司、劉 傳軍、匂いイメージセンサ用プローブ、(特願 2014-164573) 日本、平成 26 年 8 月申請

【受賞リスト】

- [1] B. Chen, C. Liu, K. Hayashi: IEEE Sensors 2013 Best Paper Award "Molecularly Imprinted Polymer Coated Au Nanoparticle Sensor for α -pinene Vapor Detection" (2013)

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://o.ed.kyushu-u.ac.jp/SCOPE>