

公益財団法人 セコム科学技術振興財団  
研究成果報告書

研究課題名

分子を認識する二次元プラズモニックガスセンサアレイによる  
匂いの痕跡識別システム

Odor trace discrimination system using two dimensional plasmonic sensor array  
with molecular recognizing ability

研究期間

平成29年10月 ～ 令和4年3月

報告年月

令和4年6月

研究代表者

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 教授  
林 健司

Graduate school of information science and electrical engineering, Kyushu University

Professor

Kenshi Hayashi

## 概 要

匂い、すなわち多数の揮発性化学物質の構成情報は極めて豊富な情報を持つ。目に見えない匂いの痕跡を可視化できれば、人・物・状況の識別や移動経路の追跡が実現できる。一方、優れた嗅覚を持つ犬は、実際に、匂いの痕跡により匂い源を探索できるが、高性能な嗅覚であっても匂いを見ることができない。つまり、可視化された匂い情報は全く新しい情報となり得る。匂い情報は、密着性・対象化学種の膨大さ・不可視などの特徴により、痕跡の消去・偽装が難しい。また、カメラで検知できない隠された情報を取得可能であり視覚情報とは全く異なる豊富な多次元情報を与える。このような新しい匂いの可視化情報センシングの実現のために、研究代表者のグループが開発してきた基礎技術、すなわち、①数万規模の独立したガス情報を取得可能な高速二次元プラズモニックガスセンサ技術と、②多種類のガス分子選択性薄膜を作製可能な表面修飾技術や分子鑄型技術、③生物の嗅覚情報処理機構を模倣した化学情報識別技術（嗅覚バイオモデルによる匂いコード化技術）を基盤として「二次元匂いイメージセンサによる匂いの痕跡識別システム」の構築を目的として研究を行った。この匂い可視化システムは従来の物理センサシステムでは取得できなかった新たな膨大な情報ソースを提供する。以上、本研究は二次元匂い痕跡センシングシステム・情報分析技術の創出を目的として研究を行った。

以上の研究背景と目的の下、研究開発を行い、以下の成果を得た。まず、揮発性化学物質を高速に検知するプラズモニックガスセンサを二次元化し、匂いの痕跡や流れを可視化できるデバイスを開発した。LSPR（局在プラズモン共鳴）に基づくプラズモニックガスセンサは雰囲気により光学特性を変える金属ナノ粒子をガラス基板上に堆積したものである。本研究では 10 nm オーダーの金ナノ粒子（AuNPs）をスパッタの初期に現れる島状構造から熱処理や繰り返シスパッタによって密に敷き詰め、高感度な二次元ガスセンサを実現した。このプラズモニックガスセンサは金属材料の組成によりガス応答性を制御でき、ガス識別能力を持つセンサデバイスとなる。本研究では新たに開発した光成長によって銀皮膜を AuNPs 表面に形成し、この Au/Ag コアシェルナノ粒子の Au/Ag 組成を変えることでガス識別能を得た。

次に、複数種のガスの流れや痕跡を可視化するには特性の異なる Au/Ag コアシェルナノ粒子を基板上に敷き詰めたセンサデバイスを作製し、情報を増やす必要がある。そのために、開発した光成長技術を高度化し、ピクセルパターン化した光照射によってセンサデバイスの位置ごとに Ag 成長速度を制御し、4 種類の Au/Ag コアシェルを 2 次元化した匂いイメージセンサを作製した。結果、4 サブピクセルを持つ 22×22 ピクセルのガスイメージングデバイスによる匂いの流れの可視化に成功した。その際、サブピクセルの応答パターンの違いを非負マトリクス分解技術で解析し、匂いの種類の識別を行い、混合ガスを要素ガスごとの流れとして可視化することに成功した。

匂い分子の識別については、金属ナノ粒子表面の色素修飾による情報獲得も実施し、その応答スペクトル情報を用いることで匂い分子情報を得た。この技術は複数種の蛍光色素と金属ナノ粒子との相互作用に分子情報を反映させ、匂い分子情報を検知する技術で、二次元ガスセンサデバイスから得られる膨大な情報を機械学習によって解析し、検知対象となる匂い物質を高い精度で識別することができた。

最後に開発したセンサをロボットに搭載し、匂いの痕跡をリアルタイムに識別できるシステムを開発した。このロボットシステムは色素修飾により構成した 18 チャネルのプラズモニックガスセンサを搭載し、床面に残る複数の匂いを走行しながら検出し、機械学習によって匂いを識別できる。以上、本研究が目的とした匂い痕跡を可視化し、識別するセンサシステムの開発に成功した。