

嗅覚センサの社会実装が進むか

◆ニオイから魚肉の鮮度を判定するセンシング技術を開発

2023年8月、産総研は、北海道立工業技術センターとの共同研究により、ブリ魚肉の鮮度をニオイから判定するセンシング技術を開発した。この技術により、生食用と加熱用などの鮮度状態を手軽に判定できる。日本から東南アジアなどにチルド状態で空輸される魚の品質が見える化することで、生魚に馴染みのない現地の人でも客観的な判断が可能になり、日本の水産物の輸出量の拡大が期待される。センシングでは、吸引したニオイで8種類の半導体式センサの応答値（抵抗値変化量）を、事前に準備した鮮度指標ガスを教師とした機械学習アルゴリズムで分類することで、鮮度を判定する。今後は、他の魚肉での検証や、ニオイから生鮮水産物の鮮度指標であるK値を判定する技術の開発を行うとしている。

◆ニオイの解析は難しい

人間の五感の中で最もデバイス化が遅れているのは嗅覚である。測定対象となるニオイは、空気中に漂う40万種以上あると言われる化学物質（ニオイ分子）が複雑に混合されたものである。1つのニオイは多い時で数千種のニオイ分子から構成され、かつ、時間的・空間的に変動が大きいことから、聴覚や視覚のように物理量の数値化や解析が困難であり、有効な社会実装には至っていなかった。

技術的ハードルの高さについては、アルコールや一酸化炭素など特定のガス種の有無・量を検知するガスセンサと比較すると分かりやすい。ガスセンサは、各種センサ素子が特定のガス分子に高い選択性を示して反応した時の変化を読み取って、対象ガス濃度を定量測定する。一方、ニオイを構成する分子は数百種から数千種に及ぶため、複雑なニオイの混合物をそのまま1つのニオイとして測定する。そのため、嗅覚センサでは、複数個の特性の異なるセンサを集積したセンサアレイが必要になるだけでなく、複数のデータを同時に扱うため、データサイエンスを駆使したソフトウェアで原因物質の構成とニオイを対応付けるパターン認識を施す必要がある。

センサ素子に要求される検出感度レベルにも違いがある。ガスセンサとして普

及しているガス漏れ警報器は、1ppm（0.0001%）レベルから1%程度のガス濃度を検知する感度があればよい。一方、食品の開発などに用いる微妙なニオイの検出には、1ppmから1ppb（ppmの1000分の1）の感度が必要なので、ハードウェアであるセンサ素子にも非常に高い性能が求められる。

◆ニオイをデジタル化してビジネスにつなげる動きが活発化

しかし、近年、ニオイ分子を捕捉するセンサ技術や複雑なデータを解析するAI技術の性能向上によって、嗅覚センサに関連するサービスの実用化に向けて企業事例が増えてきている（表1）。その一部の事例を紹介する。

表1 嗅覚センサに関連する主な事例（各種報道資料よりARC作成）

	アプリケーション事例	センサ	データ解析技術
産総研、北海道立工業技術センター	魚肉の鮮度をニオイから判別する	半導体方式	畳み込みニューラルネットワークを用いた機械学習
日立グローバルライフソリューション、日立製作所	醸造工程の省力化など、ニオイのデジタル化による業務効率化支援	光音響方式	ニオイ分子に光を照射し、ニオイ分子の振動で生じた音波を周波数解析し、AIが判定する
REVORN	ニオイの可視化による、食品業界やトイレタリー業界での新商品開発や品質管理	水晶振動子方式	事前に正常とされる対象物のニオイで学習した、クラウド上のAIが判定する
東京大学、九州大学、名古屋大学、パナソニックインダストリー	呼気センシングによる個人認証	高分子材料と導電性カーボンナノ粒子の混合物から成るセンサ	ニューラルネットワークモデルに基づく機械学習
ボールウェーブ、柳井電機工業	発酵現場の官能判断をデジタル化することによる、製品品質向上	ボールSAWセンサ *1	開示なし
旭化成、NIMS、NTT東日本	日本酒の製造過程でニオイから発酵の進み具合を測定する	MSS方式 *2	開示なし
シャープディスプレイテクノロジーズ	各種アルコール飲料の判定	FAIMS方式 *3	機械学習

注*1：微小な水晶球の表面に形成した感応膜に分子が吸着した際の表面弾性波の音速と減衰の変化を検出するセンサ

注*2：MSS（Membrane-type Surface stress Sensor）は感応膜がニオイを吸脱着した際の応力を検出するセンサ

注*3：FAIMS（Field Asymmetric-wave Ion Mobility Spectrometer）はイオン化したニオイ分子を電極を施した2枚のガラス板の間に送り、印加電圧を調整することでふるいにかけて後、検知電極で電流に変えるセンサ

23年4月、REVORNは、ニオイの異常をセンサで取得したデータから判別する新サービス「異常検知AI」を開始した。新サービスでは、センサで対象物のニオイを測定するだけで、簡単に正常・異常の判定ができる。センサは、水晶振動子方式で表面に16種類の感応膜を塗布している。感応膜がニオイ成分を吸脱着した際の振動数の変化を測定してパターン化することで、ニオイをデジタル化している。判定は、事前に対象物のニオイを学習したクラウド上のAIが行い、センサの測定から判定結果の閲覧までにかかる時間はわずか数分である。自動車業界、化粧品業界、トイレタリー業界、食品業界などで引き合いがある。

22年5月、東京大学らの研究グループは、**生体呼気で個人認証する技術**を開発したと発表した。呼気センシングは、16種類の高分子材料と導電性カーボンナノ粒子の混合物で構成される人工嗅覚センサで行う。人工嗅覚センサは、分子が吸着するとセンサ材料が体積膨張し、導電性カーボンナノ粒子間の距離が広がることで電気抵抗が増加する原理に基づいて標的分子を検出する。センサは、異なる性質の高分子材料を利用して多チャンネルのセンサアレイとすることで、多種多様な分子群を検出でき、呼気ガスの濃度範囲(2~10ppb)で標的分子を検出できる。そして、人工嗅覚センサから得られたデータ群をニューラルネットワークに基づく機械学習で分析し、20人の個人認証を97%以上の高精度で達成できた。

◆嗅覚センサの可能性と未来

嗅覚センサの用途は、食品・酪農分野でのニオイによる品質チェック、医療分野での呼気による健康チェックや病室の衛生状態チェック、工業分野での電気機器やケーブルの過熱状態の検知が想定されているが、あらゆる用途に汎用的な嗅覚センサは未だ無い。現状では、対象とする空間で顧客が求める価値に応じて、検知したいニオイの種類や感度と、サイズ・コストなどの要求スペックを考慮しながらメーカーが最適なセンサを選択する。つまり、ユーザーと個別に相談しながらアプリケーションごとに最適解を探す取り組みが重要となる。

22年5月、物質・材料研究機構（NIMS）発スタートアップであるQceptionが設立された。同社は、NIMSの吉川氏が開発した嗅覚センサであるMSSを活用した事業を展開する。能動的にマーケットを切り開く生体ガス事業に注力するだけでなく、課題を抱えた企業のニーズに応えるコンサルティング事業も手掛ける。コンサルティング事業では、ニオイを測りたいと考えている企業に適切なアプローチを提案してMSSを手軽に使ってもらうことで、社会実装を加速していく。なお、15年9月に設立されたMSSアライアンスや、17年11月に発足したMSSパートナーシップ（旧MSSフォーラム）の産官学連携の取り組みは継続する。

調査会社のグローバルインフォメーションによると、ニオイのデジタル化関連市場は22年に11億1,000万ドルに達し、28年までに19億2,000万ドルに拡大する見通しである。嗅覚センサに関連する企業事例が増える中、社会に広く普及する成功事例が出てくることが期待される。

【永田紘基】