

人の肺病を特定するコンパクトな電子ノーズ

ロシアとイタリアの研究者は、電子ノーズ機能を実装できるコンパクトなセンサシステムを提案し、その製造の再現可能技術を開発した。このデバイスは、呼気を分析し、気道や臓器の病理を特定できるフレキシブルエレクトロニクスとして設計されている。

実験中、そのデバイスは、慢性閉塞性肺疾患(COPD)の患者を高い精度で判定できることを証明した。COPDは、気道の炎症性疾患であり、COVID-19に感染すると合併症の危険が増す。

研究成果は、Advanced Healthcare Materials に発表された。同センサシステムの開発は、Russian Science Foundation (RSF)からの助成金でサポートされた。

COPDは、病原性の外的要因に反応して、気管支粘膜に発症し、気道機能の悪化につながる。COPDに罹った人は、呼气流が制限されるので必要な酸素を受け取れない。COPDの一般的な原因は、ガスや揮発性粒子、ホコリ、タバコ、カドミウム、シリコン粒子などである。この病気を検出する方法は複雑であり、時間がかかる。患者の健康への脅威に密接に関係しているからである。呼気分析の従来法、ガスクロマトグラフィや質量分光法は、高価で時間がかかる。したがって、ローコストで迅速テストが際立つ新しいアプローチが求められている。病気が身体能力を制限し、患者の身体障害につながる可能性があるため、COPDは緊要な問題である。COPD患者は、COVID-19に感染すると、合併症のリスクが最も高いことに注意することが重要である。

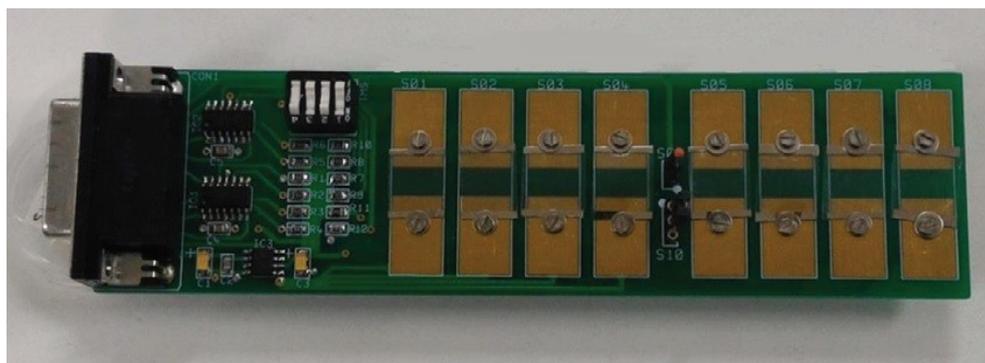


図1 The electronic nose matrix board with eight sensors(8 センサの電子ノーズマトリクスボード)

「人の臓器の障害は、多くの代謝プロセスで変化を誘発する。それは呼気の成分に影響を与える。その分析を使い、呼吸器系の病気、胃など、他の内臓の病気を特定することができる」とプロジェクトマネージャ、Ivan Bobrinetskiy は話している。「提案

した電子ノーズコンセプトにより、病気の手術モニタリング、病気の予備検出がわずか数分でできる。同時に、そのセンサは再利用可能であり、臓器の基本データと考えられる病状の特定は、人工知能機能を含む、統計的データ解析法を使ってデバイスからデジタルモードに移行される」。

システムは、改良カーボンナノチューブ(CNTs)をベースにしているので、電子ノーズは様々な切望された特性を結合することができる。例えば、柔軟な導電性フィルムはカーボンナノチューブから作ることが可能だ。そのようなフィルムは、システムに所定の電子構造をもつ層を付与するために必要とされている。これは、デバイスの運用に関与するものである。「CNTsは、アエロゾル化学気相蒸着法で合成され、薄い透明導電成膜の形で堆積される。この技術は、極めて再現性が高く、簡単に拡張でき、ナノチューブ膜はどんな表面にも適用できる」とロシア科学アカデミ Albert Nasibulin 教授は話している。そのセンサシステム用の CNT 製造技術の開発は、ロシア科学財団の助成金でサポートされている。

新しいシステムの効果の研究には、12名の COPD 患者と 9名の健康な人々が、臨床試験ルールに従って関わった。呼気サンプリングは、不活性物質でできた、センサマトリクスを含む、使い捨てポリテトラフルオロエチレン(PTFE)ビニール袋で実施された。被験者は、肺まで吸い込んで、プラスチックストローで可能な限り袋を膨らませた。ストローが取り除かれると、パッケージは封止された。袋内のセンサマトリクスが、約3分間、呼気に触れた。すべてのセンサが完全に機能し、気体分子に触れるようにするためである。これにより病状を特徴づけることができる。続いて、次の研究のために乾いた空気ですべてのシステムを洗浄した。サンプルは、各患者から、一時間おきに集められた。

システムは、慢性閉塞性肺疾患(COPD)のすべての人々を検出したので、そのデバイスが有効であるという主張もあり得る。呼気で、二酸化窒素の濃度増加が検出された。その気体含有量は、呼気の 100 万分子あたり 1 分子以下であることは注目すべきである。それは、開発されたセンサが高感度であることを示唆している。

研究チームは、他の病気を特徴付けることができるガスでそのシステムをテストし、成功した。この研究のために選択した揮発性物質(アンモニア、二酸化窒素、次亜塩素酸ナトリウム、水、ベンゼン、硫化水素、アセトン、アタノール、2-プロパノール)は、特定の病気に関連しており、そのバイオマーカーと考えられる。したがって、呼気の 2-プロパノール、ベンゼン、エタノールおよびアセトンの含有量が、肺ガンの人々では増加する。一方、アセトンは、糖尿病の患者で見つかる。人間の呼吸で高濃度のアンモニアは、肝臓病、

あるいは腎臓病に関連している。硫化水素は、喘息のバイオマーカーとして提案されている。次亜塩素酸ナトリウムの濃度は、気管支喘息や嚢胞性線維症の子どもの呼気で濃度が増加することが分かっている。