

皮膚ガスの見える化—皮膚表面から放出される微量な血中揮発性成分の高感度リアルタイム画像化に成功

東京医科歯科大学三林教授の研究グループは、経皮放出される血中揮発性成分の濃度分布の非侵襲的リアルタイムイメージング装置(sniff-cam)を開発し、発汗が少なく表皮が薄い耳周辺領域、中でも耳道開口部が血液中に含まれる揮発性成分の非観血計測に適した部位であることを発見しました。



図1 飯谷 健太連携研究員（左）、三林 浩二教授（中央）、荒川 貴博講師（右）が発表会にて

実証実験として汗腺密度や表皮層数の異なる手掌、手指、手背、足裏、耳を対象部位として一定量のアルコール飲料を摂取後の健常被験者より放出される皮膚ガス中のエタノール、そして代謝産物であるアセトアルデヒドの濃度分布をリアルタイムに画像化し、アルコール代謝の非侵襲モニタリングに成功しました。そして、従来の手法では観察することの困難であった「身体部位により異なる汗腺分布および表皮層数」と「皮膚から放出される VOCs」の関係の考察が可能になりました。特に、薄い表皮下に毛細血管が密に分布し、かつ汗腺の少ない耳周辺領域が経皮 VOCs 計測に適する部位であることを明らかにでき、今後の「皮膚での血液ガス計測」に繋がる大きな成果です（図2）。

探嗅カメラがエタノール（またはアセトアルデヒド）を検出する仕組みには、補酵素ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド(NAD)依存型アルコール脱水素酵素(ADH)の触媒反応を用いたバイオ蛍光法を用いています。高感度なカメラの前方に酸化型 NAD (NAD⁺)で湿潤させた ADH 固定化メッシュを設置し、エタノールガスを負荷すると酵素反応によって還元型 NAD (NADH)が新たに生じます。この NADH は波長 340 nm の紫外光照射により波

長 490 nm の蛍光を生じ、蛍光の強度が負荷されたエタノールガス濃度と相関することから ADH 固定化メッシュ上の蛍光強度分布をカメラで記録することで、エタノールガス濃度分布が得られます (図 2)。

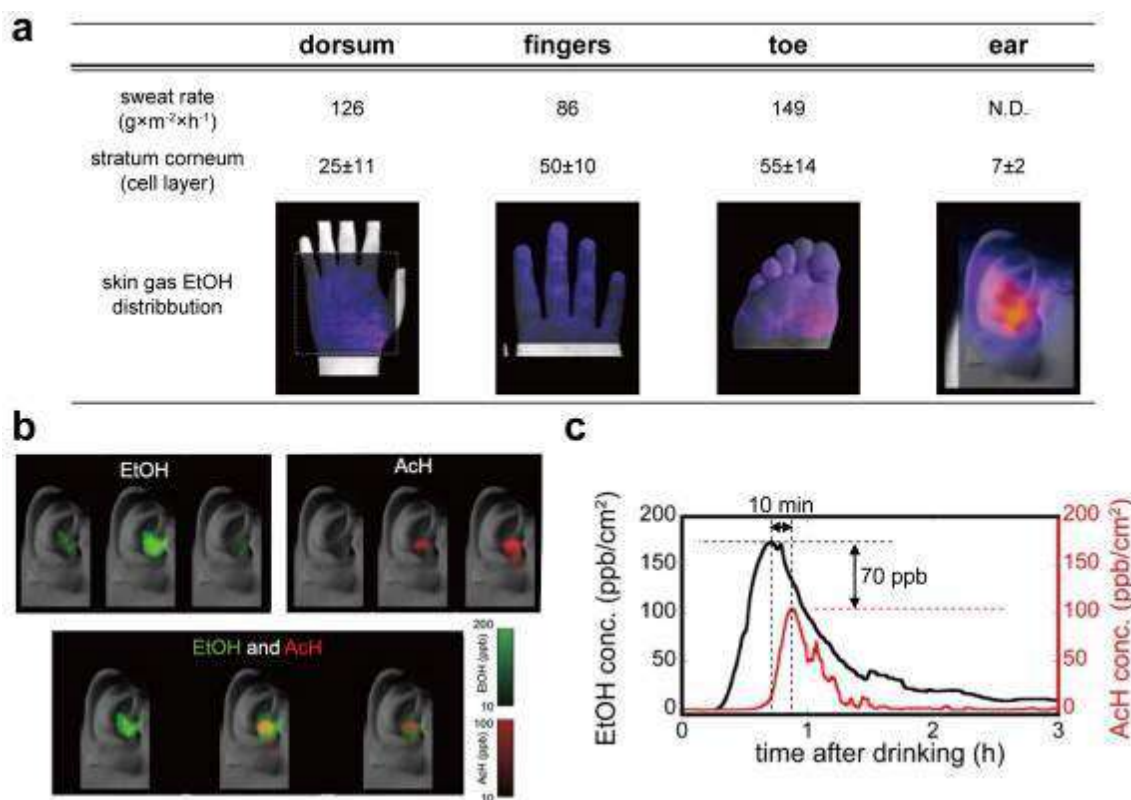


図 2 (a) 飲酒後被験者の異なる身体部位より放出されるエタノールガス分布画像 (発汗速度、表皮層数)。(b) 耳介周辺におけるエタノール(左上:緑)、アセトアルデヒド(右上:赤)の濃度分布と、その経時的变化、および、エタノールとアセトアルデヒドガス分布のスーパーインポーズ(重ね合わせ)表示(下:緑と赤)。(c) 耳道開口部における飲酒後経皮ガス中エタノール(黒) およびアセトアルデヒドガス(赤)の各濃度の経時的变化。

皮膚から放出される揮発性成分という一番に思い浮かばれるのは、いわゆる「体臭」ですが、実際には「無臭成分」や「極低濃度のガス」も放出されています。開発した探嗅カメラでは、匂いのないガス成分や微量成分でも、濃度分布情報を定量的かつ視覚的に表示できます。また、非侵襲的な皮膚ガス計測による疾患の早期スクリーニング法の開発が期待されます。本研究で開発した探嗅カメラはエタノールガスおよびアセトアルデヒドガスを対象としているものの、酵素の種類を変更するだけで、他のガス種の画像化も可能です。

例えば、糖尿病や脂質代謝に基づき発生するアセトンガスの可視化計測による糖尿病の早期診断や有酸素運動での代謝評価、皮膚ガンや乳ガンなどに伴う皮膚ガス可視化、そして疾

病・代謝 VOCs 以外でも、住環境でのシックハウス症候群の原因成分（ホルムアルデヒドガス等）の分布評価、青果の香りによる非破壊での成熟度評価などへの応用が期待されます。

論文情報

タイトル Transcutaneous blood VOC imaging system (skin-gas cam) with real-time bio-fluorometric device on rounded skin surface

雑誌 ACS Sensors

日文发布全文 http://www.tmd.ac.jp/press-release/20191225_1/index.html

文：JST 客观日本编辑部翻译整理