

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K06518

研究課題名(和文) ヒト皮膚ガス分析に基づくがんの評価方法に関する研究

研究課題名(英文) Detection of cancer via human skin gas analysis

研究代表者

関根 嘉香 (Sekine, Yoshika)

東海大学・理学部・教授

研究者番号：50328100

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：がん患者には特有の「におい」が存在する。本研究では、体臭の原因となる皮膚ガスに着目し、がん患者の皮膚ガスをパッシブ・フラックス・サンプラー法により測定し、がん患者に特徴的な皮膚ガス組成を明らかにすること、さらにがんの診断に寄与する簡便・非侵襲的な評価方法を開発することを目的とした。その結果、膵臓がん患者の皮膚ガス組成は、健常者の皮膚ガス組成と異なり、栄養基質や外因性化学物質の代謝生成物、皮脂の酸化分解によって生成するアルデヒド類の放散量に変化が見られた。また皮膚ガス組成を用いたニューラルネットワークを構築することにより、膵臓がん患者と健常者を判別できることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究はこれまで実態が不明であったがん患者の皮膚ガス組成を明らかにしたものである。本研究により、がんの罹患により皮膚ガス組成が変化すること、また皮膚ガス組成を生体情報としてパターン認識することにより、がんを評価できる可能性が示唆された。がんの早期発見は生命予後の改善につながる。本研究の成果は、今後需要増加が見込まれる遠隔医療・在宅医療への応用が期待される。

研究成果の概要(英文)：Cancer patients exhibit a characteristic body odor composed of various volatile compounds emanating from the skin surface. These volatile compounds collectively form what is known as human skin gas. In our study, we aimed to analyze the human skin gas composition of pancreatic cancer patients using a passive flux sampler methodology. Our goal was to develop a simple and non-invasive method for cancer detection based on skin gas profiles. Notably, the skin gas composition of pancreatic cancer patients differed significantly from that of healthy subjects. We observed remarkable changes in the dermal emission fluxes of metabolic products, including nutrients and exogenous chemicals, as well as odorous aldehydes generated from the oxidative degradation of sebum. Leveraging these findings, we applied an artificial neural network to predict cancer using human skin gas profiles, successfully discriminating between cancer patients and healthy subjects under specific conditions

研究分野：環境化学、皮膚ガス学、室内環境学

キーワード：皮膚ガス 体臭 がん 膵臓がん 組成 ガスクロマトグラフ パッシブ・フラックス・サンプラー
ニューラルネットワーク

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

がんの早期発見は生命予後の改善につながる。現在、がんは主に血液検査、画像検査、組織細胞検査により診断されている。しかしこれらの検査方法は少なからず患者への侵襲を伴い、また膵がんのように早期発見が困難な腫瘍も少なくない。理想的な診断方法は、高い感度・特異度を有し、患者への侵襲が少なく、かつ簡便なものであり、特に今後需要が増加する遠隔医療・在宅医療に適したがんの早期診断法の開発が望まれている。

近年、嗅覚の優れたイヌや線虫ががん患者の呼気や尿のにおいに反応して、がんを判別すると報告されている^{1,2)}。イヌや線虫はがん患者特有のにおい物質を感知することで、がん患者か否かを判別していると考えられるが、がんの判別に有用なにおい物質は明らかになっていない。そこで本研究では皮膚ガスに着目した。皮膚ガスは、体表面から放散される微量な生体ガスであり、エネルギー基質（炭水化物、タンパク質、脂質）等の代謝生成物、腸内細菌による分解生成物、吸入・経口摂取された外因性化学物質、皮膚表面における生物的・化学的な反応生成物などから構成される混合ガスである^{3,4)}。また、皮膚ガスを放散経路で分類すると、表面反応由来、皮膚腺（汗腺・脂腺）由来、血液由来に大別できる。皮膚ガスは、疾病の予兆、疾病の状態、疾病の治癒程度を反映するバイオマーカーとしての利用可能性があり^{3,4)}、研究代表者らは先行研究として、難治性がんの早期発見を目的とし、膵がん、大腸がん、胃がん、舌がん患者のにおい物質を検討する過程で、皮膚ガス組成を統計学的に解析することにより、がん患者と健常者を判別できる可能性を見出した⁵⁾。しかしながら、がん患者に特有の皮膚ガス成分の判明には至っておらず、がんの種別、進行度と皮膚ガス組成の関係を検討するには症例数が不十分であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、がん患者らを対象にパッシブ・フラックス・サンプラー（Passive Flux Sampler, PFS）法を用いて皮膚ガス分析を行い、がん患者に特徴的な皮膚ガス組成を明らかにし、さらにはがんの有無・種別・進行度を判別するためのバイオマーカーを探索して、がんの診断に寄与する簡便・非侵襲的な評価方法を開発することである。

3. 研究の方法

本研究では、研究目的等を説明し同意が得られた被験者から皮膚ガスを捕集し、化学分析を行った。がん患者からの皮膚ガス捕集は、東海大学医学部付属病院入院患者を対象に行った。尚、研究期間中は新型コロナウイルス感染症（COVID-19）対策により、検体採取が困難であったことから、膵臓がん患者を中心に検体を採取した。また健常被験者は、東海大学湘南校舎にて公募した。収集した皮膚ガス検体の化学分析は東海大学湘南校舎において実施した。

皮膚ガスの捕集には PFS 法^{4,6,7)}を用いた。PFS は分子拡散

の原理を利用してガスを捕集する小形デバイスであり、容器状の本体部、捕集材、保持具および止め具で構成されている（図1）。PFS の開口部側を皮膚表面にのせて固定し、この時生じるヘッドスペース内を皮膚ガスが分子拡散して捕集材に捕捉される。今回、皮膚ガスの捕集部位は、左右いずれかの前腕部とし、捕集時間は患者の状態を見ながら 1~2 時間を目安とした。皮膚ガス成分の捕集材からの脱離には、抽出溶媒として二硫化炭素 0.50 mL を用い、内部標準を添加して試料溶液とした。試料溶液から 0.30 mL を分注し、誘導体化試薬として N,O-ビス（トリメチルシリル）トリフルオロアセトアミド（BSTFA）とトリメチルクロロシラン（TMCS）の 99:1 混合試薬を 25 μ L 添加し、4 時間静置した。誘導体化後、オートサンプラー付ガスクロマトグラフ/質量分析計に導入し、SIM モードで 75 成分を定量した。各成分の捕集量 W (ng)、捕集時間 t (h) および捕集部の面積 S (cm^2) から、式により放散フラックス E ($\text{ng cm}^{-2} \text{h}^{-1}$) を求めた。

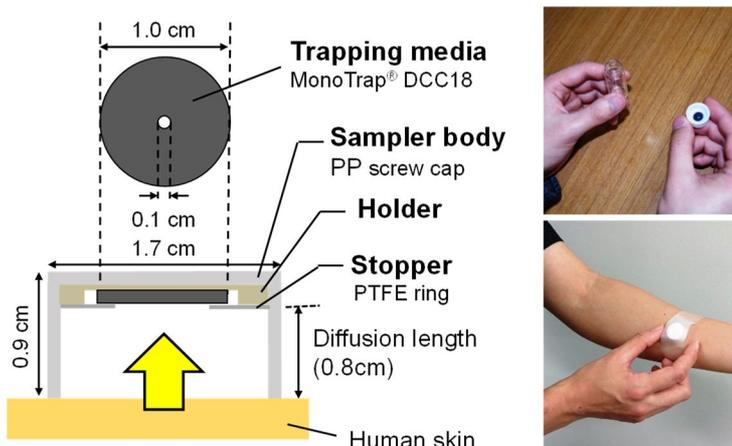


図1 パッシブ・フラックス・サンプラーによる皮膚ガス捕集

$$E = W/(S t) \quad \dots$$

本研究は東海大学医学部臨床研究審査委員会、東海大学湘南校舎「人を対象とする研究」倫理委員会の承認を得て実施した。

4. 研究成果

(1)膵臓がん患者の皮膚ガス組成の特徴

膵臓は、三大栄養素の消化酵素を含む膵液を分泌する外分泌機能と、インスリンなどのホルモンを分泌する内分泌機能を有しており、がんの発症により膵臓やその他の臓器(肝臓など)の機能が低下すると代謝物に影響し、主として血液由来の皮膚ガスに変化が生じる可能性がある。そこで、膵臓がん患者の皮膚ガス組成の特徴を明らかにするため、健常者の皮膚ガス組成と比較した。尚、皮膚ガスには性別や年齢依存的に変動する成分があり、また検体に協力頂けるがん患者は高齢者が多いため、50代後半から60代前半の男性被験者に焦点化し、膵臓癌患者4名(58±6.5歳、いずれもStage)および健常者4名(52±5.4歳)の皮膚ガス組成データを用いた。図2に皮膚ガス75成分の放散フラックスの平均値および標準偏差を示す。健常者の場合、発汗のバイオマーカーである酢酸の放散フラックスが他の成分に比べて顕著に高値を示した。一方、膵臓がん患者においては、酢酸に加えてアセトアルデヒド、アセトン、トルエン、2-エチル-1-ヘキサノール、キシレンなどが比較的高い放散フラックスを示した。

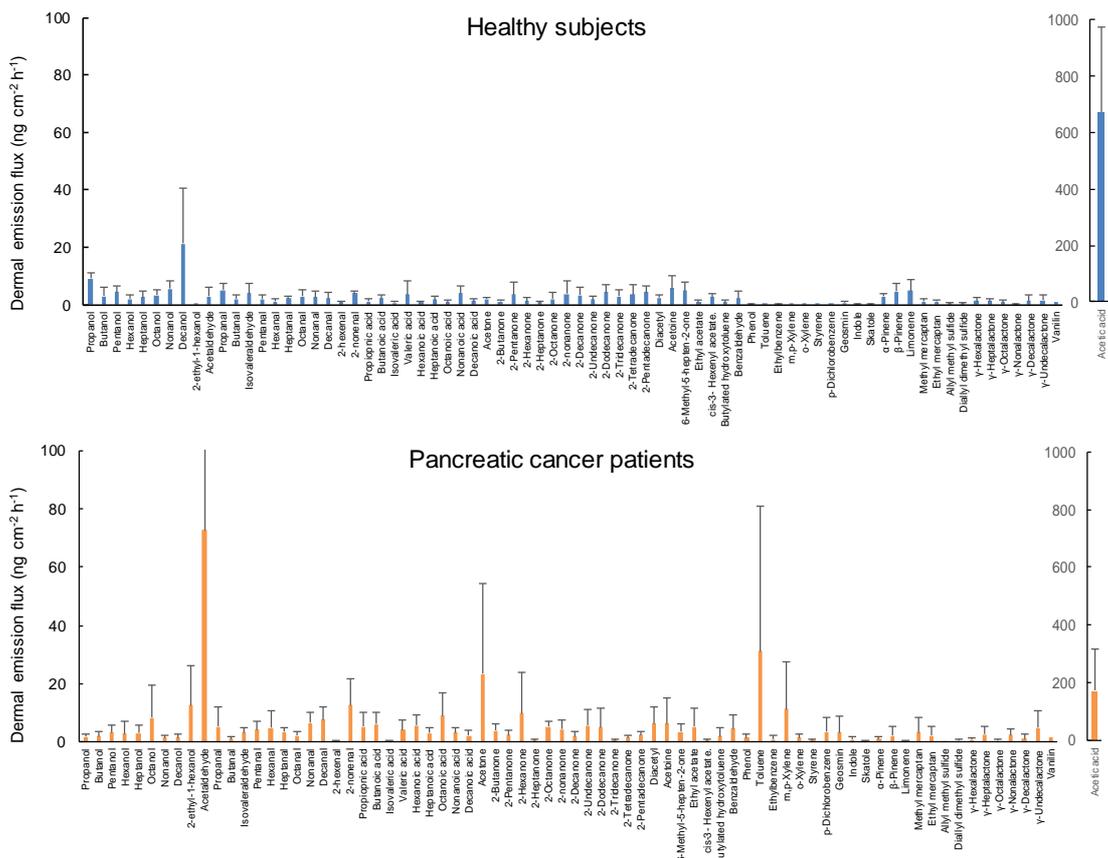


図2 皮膚ガス75成分の測定結果(捕集部位:前腕部)

アセトアルデヒドは、糖質の代謝により生成し、血液由来により皮膚から放散する⁸⁾。アセトアルデヒドは肝臓のアルデヒド脱水素酵素によって酢酸に分解されると考えられるが、肝臓へのがん転移を伴うと分解が進行せず、皮膚放散が助長される可能性がある。アセトンは脂質代謝に伴って生成するケトン体の一種であり、減食・絶食に伴い皮膚からの放散量が増加する⁸⁾。また糖尿病の罹患によりアセトンの皮膚放散量が増加する傾向がある⁹⁾。膵臓がん患者においてアセトン放散フラックスが高いのは、疾病により食事の量が少ない、あるいは糖尿病の併発が反映されたものと考えられる。2-エチル-1-ヘキサノールは人工化学物質であり、ポリ塩化ビニル等の可塑剤に利用されるフタル酸ジ(2-エチルヘキシル)(DEHP)の分解生成物である。DEHPは体内に摂取されると膵臓リパーゼの働きにより、2-エチル-1-ヘキサノールを生じる。ポリ塩化ビニルは、その利便性から医療器具に広く用いられている。ただし、使用中にDEHPが溶媒に溶出する可能性が指摘されており¹¹⁾、膵臓がん患者における2-エチル-1-ヘキサノールの皮膚放散は、ポリ塩化ビニル製医療器具を介したDEHPへの曝露が原因の一つと考えられる。一方、室内空気中にはトルエンやキシレンが微量に存在しており、これらが呼吸に伴い取り込まれた後、肺から血液に移行し、血液循環の過程で皮膚から放散される^{3,4)}。通常、取り込まれたトルエンやキシレンは、肝臓の薬物代謝酵素によって代謝され、尿中に排出される。しかしながら、肝臓における薬物代謝酵素の活性が低下した(あるいは発現が誘導されない)場合、体内に滞留し、血液循環の過程で皮膚からの放散量が増加する可能性がある。膵臓がん患者において、これらの皮膚放散フラックスが高い傾向を示したのは、肝臓機能の低下に起因するものと考えられる。以上のことから、膵臓がんの罹患は、生体内の化学物質の代謝過程に影響し、主として血液由来の皮膚ガス成分の放散量に反映される可能性が示唆された。ただし、これらの代謝関連物質

は、膵臓がんの特異的ではなく、がんの評価に有用な指標としては必ずしも十分ではない。そこで、がん患者に体臭に着目した。

測定対象とした皮膚ガス 75 成分のうち、嗅覚閾値が報告されている 52 成分について、皮膚ガス放散源者からの拡散濃度が嗅覚閾値に相当する皮膚放散フラックス E_{OT} を計算し⁴⁾、 E_{OT} に対する E の比として odor quotient (OQ) を求めた。 $OQ > 1$ の場合、その皮膚ガス成分は単独でも体臭に寄与する可能性がある⁴⁾。健常者群および膵臓がん患者群における各皮膚ガス成分の OQ を図 3 に示す。OQ の合計値は、健常者群 283 に対して膵臓がん患者群は 368 となり、膵臓がん患者群の方が高い値となった。個々の成分毎に見ると、オクタナール、イソ吉草酸アルデヒド、酢酸、吉草酸、ジアセチル、メチルメルカプタン、エチルメルカプタンなどは両群に共通して OQ が 1 よりも大きくなった。一方、膵臓がん患者群ではヘキサナール、デカナール、ヘキサノ酸なども $OQ > 1$ となり、膵臓がん患者群の体臭に寄与する皮膚ガスは、健常者群とは異なることが示唆された。ヘキサナールやデカナールのようなアルデヒド類は、皮脂に含まれる遊離脂肪酸の酸化分解によって生成し、紫外線などの外的要因だけでなく、生体内で産生する活性酸素もその生成に関与する¹²⁾。活性酸素による酸化ストレスは、がんの発症や悪性化に寄与することから、アルデヒド類の組成はがんの罹患によって変化する可能性が考えられる。そこで、 C_2 - C_{10} アルデヒド類に焦点化し、バイオマーカーとしての利用可能性について検討した。

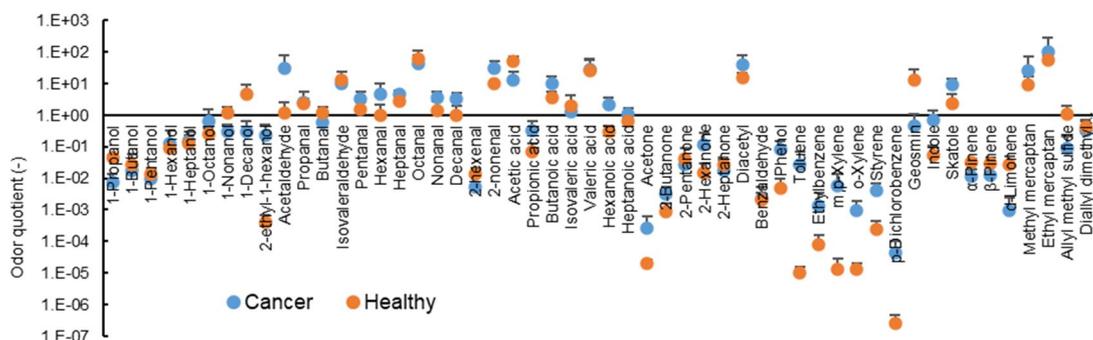


図 3 健常者群および膵臓がん患者群の皮膚ガス 52 成分の Odor quotient の比較

(2) C_2 - C_{10} アルデヒド類のバイオマーカーとしての利用可能性

がん患者の呼気ガスを対象にした複数の先行研究において、カルボニル化合物が酸化ストレスや細胞増殖のアップレギュレーションに関連し、がんのバイオマーカーになる可能性が指摘されている。Fuchs et al. (2009)¹³⁾ は肺癌患者の呼気から C_1 - C_{10} 直鎖アルデヒドを採取して分析した結果、ペンタナール、ヘキサナール、オクタナールおよびノナナールの呼気中濃度が健常者に比べて有意に高い値を示したと報告している。そこで、健常者、消化管がん患者および膵臓がん患者の皮膚から放散する C_2 - C_{10} アルデヒド類の皮膚放散量に及ぼすがん罹患の影響を検討した。

検討には健常者 19 名 (男女、50~60 歳代)、消化管がん患者 7 名 (男女、胃がん 3 検体、大腸がん 3 検体、食道がん 1 検体、Stage I-、 74 ± 8.6 歳)、膵臓がん患者 20 名 (男女、Stage IIA-、 69 ± 8.4 歳) の皮膚ガス組成を用い、アセトアルデヒド、プロパナール、ブタナール、イソ吉草酸アルデヒド、ペンタナール、ヘキサナール、ヘプタナール、オクタナール、ノナナールおよびデカナールの 10 成分を対象に放散フラックスを群間比較した。

図 4 に結果の一部を例示する。ペンタナールの放散フラックスは、健常者群に比べてがん患者群の方が有意に高く、ただし消化管がん群と膵臓がん群では有意差が認められなかった。プロパナール、ヘプタナールおよびノナナールも同様の傾向を示した。これらアルデヒド類は、がんの罹患に伴う共通の原因によって生成したものと考えられる。一方、膵臓がん患者の体臭に寄与するヘキサナールは、膵臓がん群において特異的に高い値を示した。呼気ヘキサナールの生成には、酸化ストレスの関与が強く示唆されており¹³⁾、膵臓がん患者のヘキサナールの皮膚放散にも酸化ストレスが関与すると考えられる。ブタナールの皮膚放散フラックスは、群間でいずれも有意差が認められ、消化管がん患者群 > 膵臓がん患者群 > 健常者群の順であった。消化管がん患者においてブタナールが高い放散フラックスを示す理由は明確ではないが、ブタナールを指標にすることでがんの有無だけでなく、消化管がんと膵臓がんの判別もできる可能性がある。イソ吉草酸アルデヒドは、皮膚常在菌による汗中成分の分解生成物であり、汗臭の原因物質として知られている。皮膚放散フラックスは、健常者群 > 膵臓がん患者群 > 消化管がん患者群となり、健常者の生活行為に伴う発汗が反映された。一方、興味深いことにオクタナールは群間での有意差が認められなかった。オクタナールは果実臭を有し、体臭に寄与する主要な皮膚ガス成分の一つである。抗酸化成分を含有するカシス粉末の摂取によってもオクタナールの皮膚放散量は変化しないことが報告されており¹²⁾、オクタナールの放散に対して酸化ストレスの影響は少ないと考えられる。以上の結果は、がんの発症および種別により特異的に変化するアルデヒドが存在する可能性を示唆するものであり、皮膚アルデヒド類はがんのバイオマーカーの候補物質になると考えられる。

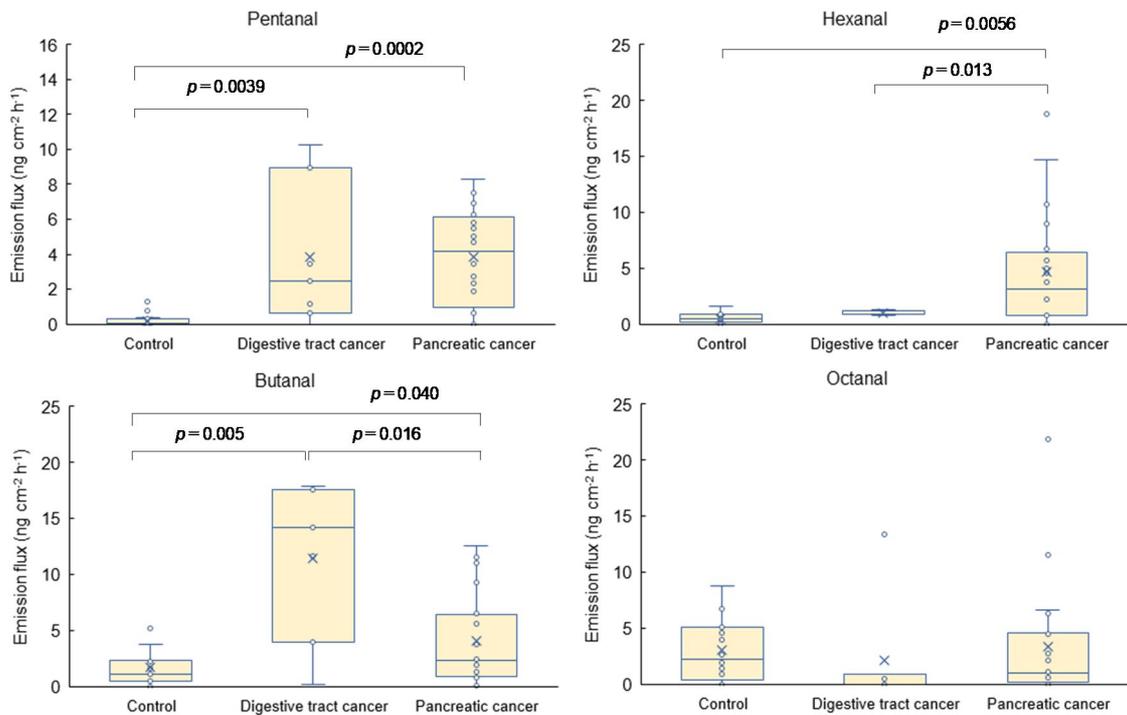


図4 アルデヒド類の皮膚放散量の群間比較（捕集部位：前腕部，Wilcoxon 多重比較検定）

(3)皮膚ガス組成を用いたニューラルネットワークによるがん評価

皮膚ガス組成によるがん判別の可能性を検討するため、ニューラルネットワーク¹⁴⁾を導入した。ニューラルネットワークの構築には、IBM SPSS Statistics 28 Neural Networks を用い、学習データとして膵臓がん患者 17 検体、健常者 19 検体の皮膚ガス組成を入力し、がんの有無を予測する評価データとしてランダムに選択した膵臓がん患者 3 検体、健常者 3 検体の皮膚ガス組成を入力した。学習データとテストデータの割り当て数は 7:3 とし、アーキテクチャは自動構築とした。がんの有無の判定に用いるダミー変数の値として、膵臓がん患者 = 1、健常者 = 0 を従属変数、皮膚ガス 75 成分の放散フラックスを共変量として入力した結果、中間層は 1 層、6 ユニット、活性化関数は双曲線正接のニューラルネットワークが構築された。評価に用いた検体について、膵臓がん患者の予測値はいずれも 1 となり、疑似確率 99.9% で正解と判定された。また健常者の予測値はいずれも 0 となり、疑似確率 99.9% で正解と判定された。また皮膚ガス組成として、(2)で検討した C₂-C₁₀ アルデヒド類 10 成分の放散フラックスを共変量として入力した結果も同様に、すべての評価データで正解を示した。この結果から、構築したニューラルネットワークにより、膵臓がん患者と健常者の判別が可能であることがわかった。このことは、皮膚ガス組成のパターン認識によってがんを評価できる可能性を示唆するものである。

皮膚ガスは体表面から自律的に放散される化学信号であり、ICT（情報通信技術）と融合したモバイル型あるいはウェアラブル型端末機器との相性も良い。これを情報として活用することが出来れば、これまでにない新しい産業の創出に寄与できる可能性がある。本研究の成果は、皮膚ガス組成によるがん評価の可能性を示唆するものであり、今後需要増加が見込まれる遠隔医療・在宅医療にも応用可能な基礎資料となる。

<引用文献>

- 1) Willis, C. M., Church S.M., Guest C.M. et al., *British Md. J.*, 329(7468), 712, 2004
- 2) Hirotsu, T., Sonoda H., Uozumi T., et al., *PLoS One*, 10, e0118699, 2015
- 3) 関根嘉香, 皮膚ガスのはなし-体臭は心と体のメッセージ、朝倉書店、2024
- 4) Sekine, Y., Oikawa, D., Todaka, M., *Sci. Rep.*, 13, 9471, 2023
- 5) 関根嘉香, 戸高惣史, 平林健一, 川口義明, 特許第 7464918 号、皮膚ガス解析方法、2024
- 6) Sato, S., Sekine, Y., Kakumu, Y., Hiramoto, T., *Sci. Rep.*, 10(465), 1-9, 2020
- 7) Sekine, Y., Sato, S., Kimura, K., et al., *J. Chromatogr. B*, 1092, 394-401, 2018
- 8) Sekine, Y., Toyooka, S., Watts, S. F., *J. Chromatogr. B*, 859, 201-207, 2007
- 9) Yokokawa, T., Sato, T., Suzuki, S. et al., *Fukushima, J. Med. Sci.*, 64(2), 60-63, 2018
- 10) Hopf, N. B., Berthet, A., Vernez, D., et al., *Toxic. Lett.*, 224,47-53, 2014
- 11) Vanhorebeek, I., Malarvannan, G., Güiza, F., et al., *Environ. Intern.*,158, 106962, 2022
- 12) Willems, M. E. T., Todaka, M., Banic, M., et al., *J. Dietary Suppl.*,18, 1-17, 2021
- 13) Fuchs, P., Loeseken, C., Schubert, J.K., Miekisch, W., *Intern, J. Cancer*, 126, 2663-2670, 2010
- 14) Agrawal, S., Agrawal J., *Procedia Computer Sci.*,60, 769-774, 2015

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 関根嘉香, 戸高惣史, 川西彩, 森町将司, 平林健一, 加川建弘	4. 巻 8
2. 論文標題 ヒト皮膚から放散するアルデヒド類の発生メカニズムに関する考察	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 東海大学先進生命科学研究紀要	6. 最初と最後の頁 11 - 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 関根嘉香, 戸高惣史, 川西彩, 森町将司, 平林健一, 加川建弘	4. 巻 7
2. 論文標題 Odor quotientを用いた腩臓癌患者の体臭に寄与する皮膚ガス成分の同定	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 東海大学先進生命科学研究紀要	6. 最初と最後の頁 44-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 戸高惣史, 平林健一, 川西彩, 森町将司, 関根嘉香	4. 巻 30
2. 論文標題 腩臓癌患者の皮膚から放散する微量生体ガスに関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 臨床環境医学	6. 最初と最後の頁 7-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 関根嘉香
2. 発表標題 化学物質と健康：皮膚ガスの視点から
3. 学会等名 (一社) 大気環境総合センター令和5年特別セミナー (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関根嘉香
2. 発表標題 ヒト皮膚から放散する微量生体ガスを情報として活用する
3. 学会等名 (公財)空気調和・衛生工学会近畿支部環境工学研究会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関根嘉香
2. 発表標題 皮膚ガスを情報として活用する
3. 学会等名 皮膚ガスセミナー
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関根嘉香, 戸高惣史, 川西彩, 森町将司, 平林健一, 加川建弘
2. 発表標題 膵臓癌患者の体臭に寄与する皮膚ガス成分の推定
3. 学会等名 第36回におい・かおり環境学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 戸高惣史, 関根嘉香, 川西彩, 森町将司, 平林健一, 加川建弘
2. 発表標題 ニューラルネットワークによる皮膚ガス組成を用いた癌評価法の検討(2)
3. 学会等名 2023年室内環境学会学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 戸高惣史, 関根嘉香, 川西彩, 森町将司, 平林健一, 加川建弘
2. 発表標題 ニューラルネットワークによる皮膚ガス組成を用いた癌評価法の検討
3. 学会等名 2022年室内環境学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関根嘉香
2. 発表標題 体臭を情報として活用する - 皮膚ガス研究の最前線 -
3. 学会等名 HMTウェビナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 戸高惣史, 関根嘉香, 川西彩, 森町将司, 平林健一
2. 発表標題 膵臓癌患者の皮膚から放散する微量生体ガスに関する研究
3. 学会等名 第29回日本臨床環境医学会学術集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 関根嘉香, 平林健一
2. 発表標題 いつでもどこでも「体のおい」でがんの診断
3. 学会等名 イノベーションジャパン2021 大学見本市Online
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 関根嘉香	4. 発行年 2024年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 136
3. 書名 皮膚ガスのはなしー体臭は心と体のメッセージ	

1. 著者名 Yoshika Sekine, Daisuke Oikawa	4. 発行年 2024年
2. 出版社 Elsevier B.V.	5. 総ページ数 -
3. 書名 Comprehensive Sampling and Sample Preparation, second edition	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	平林 健一 (Hirabayshi Kenichi) (60514388)	富山大学・学術研究部医学系・教授 (13201)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	加川 建弘 (Kagawa Tatehiro)		
研究協力者	川西 彩 (Kawanishi Aya)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	森町 将司 (Morimachi Masashi)		
研究協力者	戸高 惣史 (Todaka Michihito)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関