

令和 5 年 6 月 8 日現在

機関番号：13301

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K22958

研究課題名（和文）汗の蒸発潜熱を利用した新規発汗計測原理の創出とウェアラブル化の試み

研究課題名（英文）Development of a new wearable perspiration measurement system using the latent heat of evaporation of sweat.

研究代表者

田中 志信（TANAKA, Shinobu）

金沢大学・フロンティア工学系・教授

研究者番号：40242218

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 5,000,000円

研究成果の概要（和文）：暑熱環境下の体調管理や独居老人の熱中症予防等の観点から発汗量を無拘束計測する需要が増加している。このような社会的背景を受けて携帯型の発汗計も市販されているが、測定原理上エアポンプが必要で小型化に難があり、発汗レベルに応じて流量調整が必要などの問題点がある。そこで本研究では小型・簡易構造化、さらにはウェアラブル化も期待できる発汗計測法として、汗の蒸散に伴う皮膚温の低下に着目した新規手法を考案し、これに基づくプロトシステムを試作しその性能評価を行った。また従来のミノール法に代わる新たな発汗部位可視化（マッピング）法を考案し、その計測原理の妥当性を実験的に検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題によりメカ部分を全く含まず2個の赤外センサのみで発汗量を推定可能なプロトシステムが開発された。その原理は皮膚表面に汗の蒸散を許す部分と許さない部分を設け、各部の皮膚温の差と水の蒸発潜熱の値から発汗量を推定するもので、市販品では必須のエアポンプが不要などの特徴がある。また発汗部位を可視化（マッピング）する新規方法を考案し、原理の妥当性を実験的に検証した。その結果、スマホ等に装着可能な廉価で汎用のサーモカメラと温風装置という簡便な装置構成により身体各部位の発汗箇所がマッピング可能であり、神経内科領域等の臨床医学分野のみならず、ヘルスケアやコスメティクス分野等への応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：Requirement for ambulatory measurement of perspiration is increasing from the viewpoint of physical condition management in hot environments and prevention of heat stroke in elderly. Based on this social background, portable perspiration meters have also been marketed, but due to the principle of measurement, an air pump is required, making it difficult to miniaturize, and there are problems such as the need to adjust the flow rate according to the perspiration level.

Therefore, in this study, we devised a new method for perspiration measurement that is expected to be compact, simple in structure, and wearable, focusing on the decrease in skin temperature due to evaporation of sweat. In addition, we devised a new perspiration mapping method that replaces the conventional Minor method, and experimentally verified the validity of its measurement principle.

研究分野：生体医工学

キーワード：発汗計測 皮膚温 蒸発潜熱 赤外センサ 発汗部位マッピング 精神性発汗 温熱性発汗

1. 研究開始当初の背景

発汗量を定量的に計測することは、臨床医療における発汗異常の診断・治療のみならず、運動中や暑熱環境労働における熱ストレス耐性評価など、生体の体温制御能評価に必要不可欠なものである。また最近では地球温暖化に伴う日最高気温の上昇と熱的ストレスの典型である熱中症の患者数増加との関係が取り沙汰されており、特に65歳以上の高齢者では35を超える日には熱中症予防対策が重要とされている。従って生体の体温制御に重要な役割を担っている「発汗機能」を、実験室などの限られた場所だけでなく通常の生活をしながら、あるいは暑熱環境作業中に「無拘束的」に計測することの必要性がますます高まってきている。

このように発汗機能を無拘束的に計測することの重要性は近年特に増加傾向にあるものの、これまでに考案・開発されてきた発汗計測法はいわゆるミノール法^[1]やヨード紙法など定量性に欠けていたり、定量法である換気カプセル法^[2]では測定原理上エアポンプを必要とし、小型化が難しく消費電力が大きいなど問題点が多かった。

2. 研究の目的

そこで本研究課題では上記問題を解決すべく、メカニカルな要素を全く含まず小型・軽量・簡易構造化が容易な新規発汗量計測法を考案し、その原理と測定精度を検証すると共に、ミノール法の代替となり得る新たな発汗部位マッピング法を考案しその原理の妥当性を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1)汗の蒸発潜熱を用いた新規発汗計測法の考案：上記の目的を達成すべく、次のような方法を考案した。すなわち図1に示すように、皮膚表面に汗が蒸散する部位と、水分不透過のフィルムを貼ることで汗が蒸散しないにした部位を設け、各部位の温度(T_o , T_c)を2個の赤外線温度センサによりそれぞれ非接触的に計測する。そしてその温度差(ΔT)と水の蒸発潜熱から発汗量を推定するもので、可動部分がなく温度センサのみで発汗の連続計測ができるのが特徴である。

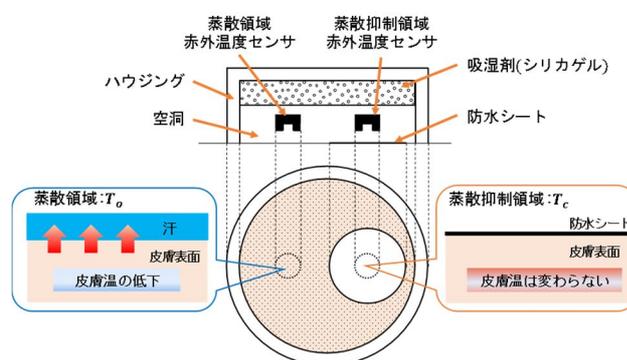


図1 汗の蒸発潜熱を利用した発汗量計測法原理図

(2)発汗量と組織血流量の関係の検討：上述の発汗量推定法を検討するに当たり、従来定数として扱われることが多かった組織熱伝達に関わる係数、具体的には「組織熱伝導度」が血流量の影響を受けて大きく変わる可能性があるため、次のような実験により発汗量と血流量の関係を検討した。温熱性発汗時における前腕部および精神性発汗時における手掌部の血流量をレーザー血流計(オメガウェーブ：FL0-C1)を用いてそれぞれ測定すると共に、市販換気カプセル型発汗計(OKS-08HM, スキノス技研販)を用いて発汗量を同時計測した。

(3)市販発汗計との同時計測による試作装置の性能評価実験：上記の実験結果に基づき新規発汗計測理論を考案し、それに基づくプロトタイププローブを試作した(後述)。そして以下に示す実験によりその性能評価を行った。すなわち24歳の健康成人男性1名を対象とし、室温 25 ± 0.5 、湿度 $35 \pm 5\%$ の実験室内にて、被験者の前腕部に試作プローブを装着し、近傍には前述の市販換気カプセル型発汗計を装着して両者の出力を記録した。装置設置後、皮膚温が安定するまで約10分安静状態を保った後、エルゴメータ負荷により温熱性発汗を誘起し、計測を行った。また、その後の回復過程まで測定した。

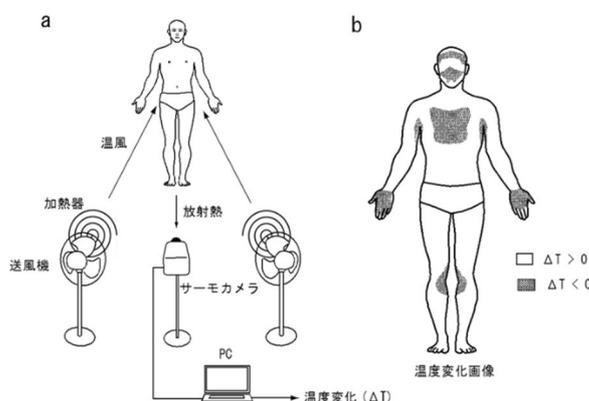


図2 新規発汗部位マッピング法(温風法)概念図

(4)汎用サーモカメラを用いた新規発汗部位マッピング法の考案：発汗部位のマッピングは神経内科領域等で重要性が認められているものの、臨床現場では100年近く前に報告さ

れたいわゆるミノール法が未だに用いられている。この方法は計測部位全体にヨウ素溶液やデンプンを塗布するうえ、検査後は洗浄が必要など操作が煩雑で被験者は不快感を伴い定量性にも乏しい。そこでこれらの課題を解決すべく、汎用のサーモカメラと送風機を利用した発汗部位の高感度簡易マッピング法(温風法と呼称)を新たに考案した。図2はその概念図を示したもので、温風を体表に当てると発汗の無い部分(乾部)の皮膚温(T_d)は上昇するのに対して、発汗部(湿部)では温風により汗の水分が蒸発し温風の負荷以上に潜熱が奪われるため、発汗部(湿部)皮膚温(T_w)は低下する。従って温風を当てる前後で T_d と T_w をサーモカメラで測定し、温度上昇と低下で色分けすればミノール法と同様の発汗分布マッピング画像が取得可能と考えられ、ミノール法のような薬液塗布などの煩雑な操作が不要で、被験者に不快感を与えず短時間で発汗部位を検出可能と予想される。

(5)温風法の原理検証実験：上記原理を検証するため、水噴霧による模擬発汗部位計測実験及びエルゴメータ負荷による温熱発汗部位計測実験を行った。この実験は健康成人1名を対象として、座位安静状態で左前腕部内側の皮膚表面温度を、約70cm離れた位置に設置した汎用サーモカメラ(FLIR ONE Pro, FLIR)で測定した。その際、測温点として2カ所を約10cm離して設定し、それぞれT1, T2とした。両温度がほぼ一致し安定するのを待って、T1付近に霧吹きにより水を1回噴霧し約20秒間サーモ画像を記録した。その後、皮膚表面から約50cm離れた位置からヒートガン(FV-310, HAKKO)により温風負荷(風速:1.9m/s, 風温:40)を加えた。その後、湿部の水分が目視的にほぼ蒸発した時点で温風を止め、引き続きT1とT2がほぼ一致するまで約2分間計測した。得られたデータは専用ソフトウェア(Thermal Analysis Puls, Vernier)により解析した。次にこの実験は健康成人男子1名を対象とし、エルゴメータ負荷により温熱性発汗を生起させた時の体幹背面の皮膚表面温度を汎用サーモカメラで撮像した。具体的には、エルゴ負荷により最大心拍数の70%に達した時点で撮像を開始し、同一負荷を所定時間(5~10分程度)継続後、エルゴ負荷を停止すると同時に、市販ヒートガンにより約2m後方から温風(温度:約40, 風速:約1m/s)を体幹背面に負荷し、事前に設定した測温点4カ所の温度データをサーモビデオと共に記録した。

4. 研究成果

(1)発汗量と皮膚血流量の関係:図3, 図4は3-(2)に記載の実験結果で、図3は温熱発汗時、図4は精神発汗時における発汗量及び組織血流量の経時変化を示している。温熱性発汗誘起では安静状態では発汗量、血流量がともに安定しており、運動負荷後は発汗し血流量も増加した。運動時は放熱効果を高めるために、発汗量と血流量が増加していることが確認できた。次に、精神性発汗誘起では安静状態で血流量が大幅に変動しており、発汗時に血流量の低下が観測された。これは精神性負荷により末梢血管抵抗が増加し血流量は低下するが、自律神経経路で汗腺が直接刺激されるため発汗量が増加しているものと推察された。これより、血流量の影響により大幅に熱伝達が変わるものと考えられた。

(2)発汗量算出理論：以上の結果を受けて、2つの赤外センサを用いて、蒸散領域および蒸散抑制領域の皮膚温をそれぞれ非接触で測定し、その温度、放射および対流熱放散量、および水の蒸散潜熱から発汗量を算出する方法を考案した。ここでは、以下の4つの熱伝達を考慮する。

体表からハウジング内空気への熱伝達： Q_a
 体表からハウジングへの放射熱伝達： Q_r
 体表における蒸発熱の吸収： Q_e
 体幹から体表への熱伝達： Q_b

そうすると、蒸散領域では

$$Q_{a1} + Q_{r1} + Q_{e1} = Q_{b1} \quad (1)$$

蒸散抑制領域では

$$Q_{a2} + Q_{r2} = Q_{b2} \quad (2)$$

が成り立ち、 Q_{e1} を解けば、体表温度における水の蒸発熱から発汗量が算出できる。体幹から体表への熱伝達率は一定ではなく、皮膚血流の変化などによって大幅に変る量なので、上の計算は計測時点

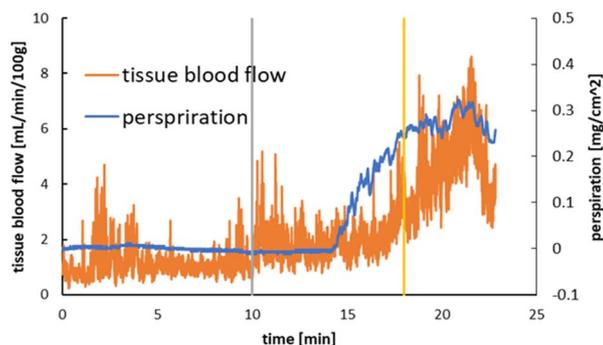


図3 前腕部温熱発汗時における発汗量と組織血流量の経時変化

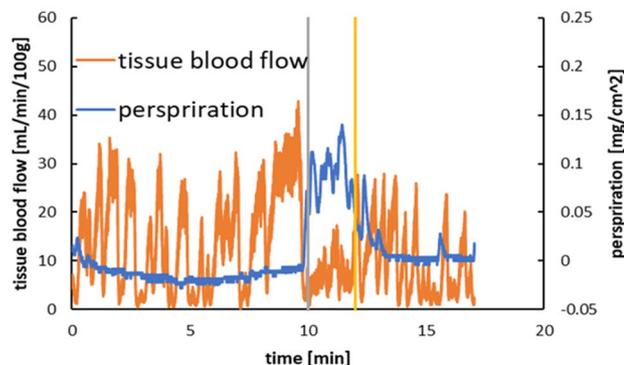


図4 手掌部精神発汗時における発汗量と組織血流量の経時変化

ごとに繰り返し行う必要がある。

(3)プロトタイププローブの試作：上記理論に基づき、新たに試作した発汗量計測用のプローブを図5に示す。この試作プローブでは、蒸発領域と蒸発抑制領域をそれぞれ独立のハウジングとし、隣接して装着するようにした。3Dプリンタを使用してハウジング(PLA樹脂)を製作し、ハウジング上部には黒体炉にて校正済みの赤外温度センサ(Melexis社：MLX90615)を皮膚表面までの距離が5mmになるように取り付けた。ハウジング内を低湿に保つために0.6gのシリカゲルを充填し、蒸散抑制領域を設けるためにその領域に相当する皮膚表面をフィルムで覆った。

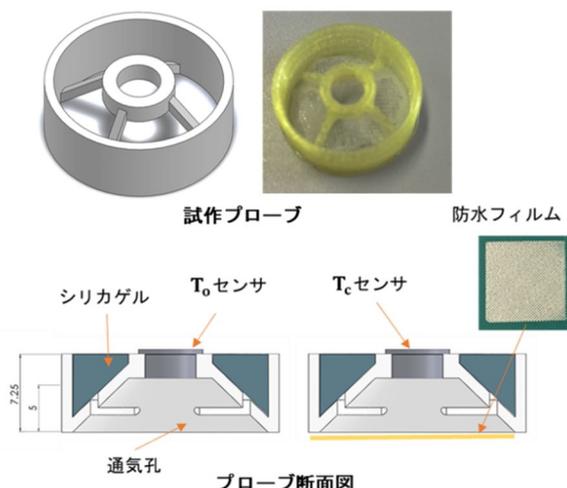


図5 新規発汗プローブの構造概要図

(4)市販発汗計との同時計測による試作装置の性能評価実験：3-(3)の実験結果の一例を図6に示した。記録結果から、試作プローブによる出力波形は換気カプセル型市販発汗計の波形に対して約2分の遅れが見られたが、波形はほぼ対応し、波高もほぼ一致していることが確認された。また、発汗量積算値の相対誤差は10%以内であった。この結果より、発汗の基本的機能である身体からの放熱の特性を表す量として、体幹部から体表に熱を輸送する特性を表現する熱伝達率の概念を導入することの有効性が確認できた。また体表の熱流を熱伝達率で統一的に表現する理論を導入して、温度情報のみで発汗計測が可能であることを明らかにすることができた。ここで導入した体幹部と体表の間の熱伝達率は過去の文献に見られない概念である。この解析手法により、(1)、(2)式に示した体表の熱収支の条件を用いて、定常状態においては発汗量が算出できることが示された。しかし、実際に検証実験を行った結果は、図6のように、この理論で算出した発汗量の推移が同時に施行した換気カプセル型発汗計の計測結果と一致しないことが示された。すなわち、発汗の波形としてはほぼ同様であるが、本法では約2分の遅れが見られる。これは先の理論における前提条件、すなわち発汗が定常状態にあるという条件が満たされていない部分があることを示しており、少なくともこのままでは精神性発汗のような早い応答を必要とする計測には不十分であることが明らかである。しかし、約2分の遅れがあるものの、発汗波形がほぼ忠実に記録されたことから、時間のずれが問題とならない場合には、このままでも使用できることを示している。また、校正やパラメータの調整などを一切行っていないにもかかわらず波高値がほぼ一致していることは、温度情報のみでほぼ正確な定量的計測が可能であることを示している。以上のことから、本法は簡便な発汗計測法として有望であると考えられる。

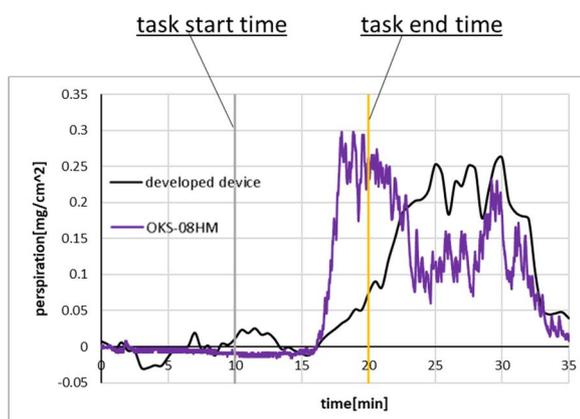


図6 市販装置との同時計測実験結果

(5)温風法の原理検証実験：図7上部は3-(5)の実験結果例として2カ所の測温点：T1およびT2の経時変化を示したもので、水噴霧・温風開始・温風停止の各イベントを矢印で示した。この図より水噴霧前の湿部皮膚温：T1と乾部皮膚温：T2はほぼ同じで安定していること、T1への水噴霧によりT1は約20秒で噴霧前に比べ1程度低下していること(T2は不変)、温風負荷により湿部のT1は短時間で急激に低下し、その後約30秒間は26.5前後で一定値を示し、その後上昇に転じ20秒ほどで温風負荷直前と同じ約31

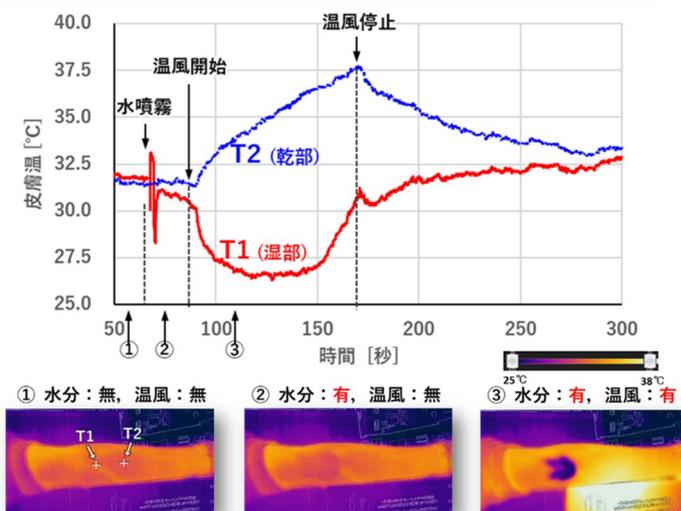


図7 前腕に水噴霧後、温風負荷した時の計測結果例

まで上昇，温風負荷停止後は一過性の温度低下の後，ほぼ指数関数的に上昇し 32.5 付近で安定することなどが見て取れる．一方乾部の T2 は温風負荷後ほぼ単調増加し，約 80 秒で負荷前より約 6 高い 37.5 まで上昇した．その後，温風負荷停止により指数関数的に低下し 33 付近で安定した．以上の事より，水噴霧により発汗部を模擬した湿部の T1 と乾部の T2 に向けて，皮膚温より高い温風を負荷すると，T1 では水の蒸発潜熱により温度低下が起こるのに対して，T2 では温風負荷により皮膚温が上昇し，T1 と T2 の温度差は最大で約 9 にまで達することが確認できた．

同図下部はこれらの温度差が汎用サーモカメラで画像変化として検知可能かを検討するため，同図グラフ中の ， ， におけるサーモ画像を示したものである．なお は水噴霧前で温風無し， は水噴霧後で温風無し， は水噴霧後で温風負荷中におけるサーモ画像である．この結果より，水噴霧前の では T1 と T2 に差は無いが， では T1 に水を噴霧した後にもかかわらず，サーモ画像からはその部位の特定は困難である．一方水噴霧後に温風を負荷した においては，同図に示されるように周囲よりも温度の低い黒色部分が馬蹄形状にはっきりと識別可能となっていることが判る．

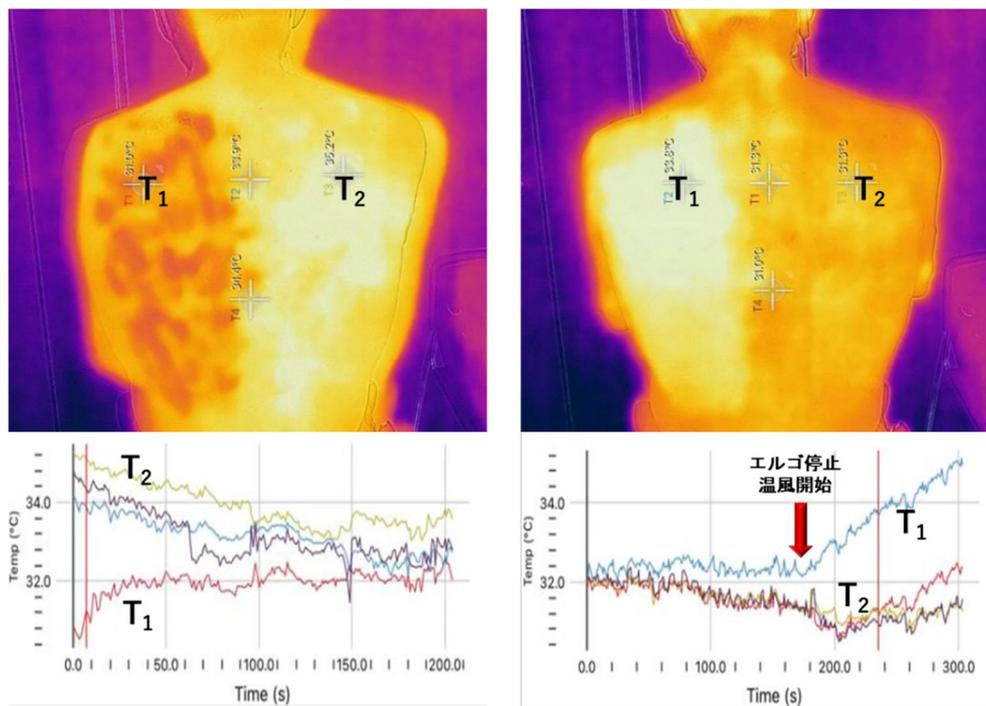


図 8 エルゴメータによる運動負荷前，制汗剤塗布直後（左）及び運動終了後，温風負荷中（右）における体幹背面のサーモ画像例

図 8 は 3-(5) の実験結果例で，左はエルゴメータ負荷前に市販制汗剤を左背面に塗布した直後のサーモ画像（上）と各測温点における皮膚温の経時変化のグラフ（下），右はエルゴ負荷停止後，温風負荷中のサーモ画像と（上）と各測温点の皮膚温変化のグラフ（下）で，撮影のタイミングはグラフ中の赤線で示してある．なお測温点は 4 点設定してあるが，ここでは特徴的な 2 点（T₁，T₂）について説明する．左のサーモ図とグラフの結果より，制汗剤を塗布した部位の皮膚温（T₁）は塗布していない部位の皮膚温（T₂）に比べ約 4 低くなっており，これは制汗剤が蒸発して気化熱が奪われたためと考えられる．なお T₂ は時間とともに低下しているが，これは脱衣による皮膚温低下によるものと推定される．一方，運動負荷後，温風負荷中の右の図では T₁ と T₂ の大小が逆転している（T₁ > T₂）．これは制汗剤を塗布しなかった部位では運動負荷により発汗が起こり，そこに温風が負荷されたことで汗の水分の蒸発潜熱が奪われ皮膚温が低下したものと考えられる．一方制汗剤を塗布した部位では，制汗剤の制汗機能が働き非塗布部位よりも発汗が抑制されたため T₁ > T₂ になったと考えられる．以上，二つの実験結果より今回提案した新規手法により，汎用サーモカメラと温風機と言う簡便な装置建てで発汗部位を可視化（マッピング）可能であることが確認された．本手法はミノール法のような煩雑な準備が不要で「誰にでも簡単に」実施可能であることから，今後臨床分野のみならずヘルスケアやコスメティクス分野等への応用も期待できる．

<参考文献>

[1] Minor V: Ein neues Verfahren zu der klinischen Untersuchung der Schweißabsonderung. Dtsch Z Nervenheilkunde 101, 302-308, 1928
 [2] 坂口正雄，森健治，菊池裕，他：精神性発汗連続記録装置の開発，医用電子と生体工学，26，213-217，1988

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hanzi Lu, Shun Aratake, Hisashi Naito, Masamichi Nogawa, Tetsu Nemoto, Tatsuo Togawa, Shinobu Tanaka	4. 巻 23(4)
2. 論文標題 Development of a Core Body Thermometer Applicable for High-Temperature Environment Based on the Zero-Heat-Flux Method	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s23041970	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 田中敦也, 内藤 尚, 西川裕一, 野川雅道, 戸川達男, 田中志信	4. 巻 29(2)
2. 論文標題 汗の蒸散に伴う皮膚温低下を利用した赤外線センサ式発汗計の開発研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 発汗学	6. 最初と最後の頁 35-37
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 田中志信, 田中敦也, 戸川達男	4. 巻 29(1)
2. 論文標題 汎用サーモカメラと送風機を用いた発汗部位の高感度簡易マッピング法の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 発汗学	6. 最初と最後の頁 9-14
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 田中敦也, 西川裕一, 内藤 尚, 野川雅道, 戸川達男, 田中志信	4. 巻 28(2)
2. 論文標題 汗の蒸発潜熱を利用した赤外線センサ式発汗測定法に関する基礎的検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 発汗学	6. 最初と最後の頁 49-51
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 戸川達男, 田中志信	4. 巻 28(2)
2. 論文標題 近赤外光反射画像による発汗分布の計測 - 計測原理の提案 -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 発汗学	6. 最初と最後の頁 46-48
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 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 田中志信、田中敦也、戸川達男
2. 発表標題 温風負荷による発汗部位の高感度検知と汎用サーモカメラによるマッピングの試み
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中 敦也、内藤 尚、西川 裕一、野川 雅道、戸川 達男、田中 志信
2. 発表標題 汗の気化熱を利用した赤外線センサ式発汗計の開発研究
3. 学会等名 第61回日本生体医工学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中敦也、内藤 尚、西川裕一、野川雅道、戸川達男、田中志信
2. 発表標題 汗の蒸散に伴う皮膚温低下を利用した赤外線センサ式発汗計の開発研究
3. 学会等名 第30回日本発汗学会総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中敦也, 西川裕一, 内藤 尚, 野川雅道, 戸川達男, 田中志信
2. 発表標題 汗の蒸発潜熱を利用した赤外線センサ式発汗測定法に関する基礎的検討
3. 学会等名 第29回日本発汗学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中志信, 田中敦也, 戸川達男
2. 発表標題 汎用サーモカメラと送風機を用いた発汗部位の高感度簡易マッピング法の開発
3. 学会等名 第29回日本発汗学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 戸川達男, 田中志信
2. 発表標題 近赤外光反射画像による発汗分布の計測 - 計測原理の提案 -
3. 学会等名 第29回日本発汗学会総会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Lu, S. Aratake, M. Nogawa, H. Naito, Y. Nishikawa, T. Nemoto, T. Togawa, S. Tanaka.
2. 発表標題 Improvement of zero-heat-flux type deep body thermometer intended for use in hot environments
3. 学会等名 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine & Biology Society (EMBC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田中敦也, 西川裕一, 内藤 尚, 野川雅道, 戸川達男, 田中志信
2. 発表標題 汗の気化熱を利用した赤外センサ式発汗計測法の基礎検討
3. 学会等名 日本生体医工学会 令和3年度北陸支部大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 朴 容俊, 内藤 尚, 根本 鉄, 野川雅道, 戸川達男, 田中志信
2. 発表標題 汗の蒸発潜熱を利用した赤外線センサ式発汗計の開発
3. 学会等名 第28回 日本発汗学会総会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. LU, M. Nogawa, H. Naito, T. Nemoto, T. Togawa, S. Tanaka
2. 発表標題 A wearable continuous core temperature thermometer based on Zero-Heat-Flux method
3. 学会等名 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 朴 容俊, 内藤 尚, 根本 鉄, 野川 雅道, 戸川 達男, 田中 志信
2. 発表標題 赤外線センサを用いた非接触皮膚温計測による発汗量推定の試み
3. 学会等名 第27回 日本発汗学会総会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 発汗分布計測装置、発汗分布計測方法	発明者 戸川達男、田中志信	権利者 金沢大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-113720	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 発汗分布計測装置、発汗分布計測方法	発明者 戸川 達男, 田中 志 信	権利者 国立大学法人金 沢大学
産業財産権の種類、番号 特許、特開2023-009989	取得年 2023年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

金沢大学理工研究域 人間適応制御研究室 http://biomed.w3.kanazawa-u.ac.jp/
--

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	野川 雅道 (NOGAWA Masamichi) (40292445)	公立小松大学・保健医療学部・准教授 (23304)	
研究分担者	内藤 尚 (NAITO Hisashi) (40392203)	金沢大学・フロンティア工学系・准教授 (13301)	
研究分担者	鈴木 郁斗 (SUZUKI Ikuto) (10880768)	公立小松大学・保健医療学部・助教 (23304)	

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	戸川 達男 (TOGAWA Tatsuo) (40013859)	早稲田大学・人間総合研究センター・招聘研究員 (32689)	
研究協力者	根本 鉄 (NEMOTO Tetsu) (90126243)	金沢大学・医薬保健研究域・非常勤講師 (13301)	

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