

補助事業番号 2024M-409  
補助事業名 2024年度ピロカルピン誘発性発汗量と汗の塩分濃度を同時測定する  
新たなデバイスの開発補助事業  
補助事業者名 新潟大学・准教授・天野達郎

## 1 研究の概要

発汗量と汗に含まれる成分を同時かつリアルタイムに測定することは、スポーツ現場における熱中症予防や、適切な水分・栄養摂取戦略の構築に欠かせない。本研究では、①汗の量と電解質濃度（本研究ではその指標として導電率）を同時に測定できるデバイスの製作、②製作したデバイスを用いた模擬発汗の測定、および③人を対象に、発汗作用のあるピロカルピンを投与した時の薬理的な発汗応答の測定を行うことで、発汗量と汗に含まれる成分を同時に測定できるデバイスの開発を行った。本研究で開発したデバイスは、模擬発汗（既知の電解質濃度の生理食塩水をシリンジポンプで送液する）測定に対して、全体的に発汗量を低く見積もる傾向が認められた。電解質濃度指標（電導度）は製作したセンサごとに必ずしも一定の値を得るとは限らなかった。人を対象とした試験では、発汗量測定に時間的遅れが生じることが明らかになった。得られた課題を基に、さらに研究開発を進めることで、発汗量と汗に含まれる成分を同時測定できるより良いデバイス開発につながると考えられる。

## 2 研究の目的と背景

深刻な地球温暖化を背景に、夏の熱中症予防法の確立が急務になっている。特に体内の熱を体外に放散する発汗は、熱中症予防の要になる。汗に含まれる成分（例：電解質）の濃度は発汗量に依存して変化することから、発汗を汗の量と内容物から評価するためには、両者を同時に測定できるデバイスが欠かせない。特に、スポーツ現場などではリアルタイムの計測が求められる。近年発汗測定を行うデバイス開発が進むものの、汗の量と成分を同時に測定できるデバイスは報告されていない。この課題を解決することで、スポーツ現場などに応用できる新しい熱中症予防戦略や新たな生理学研究につながると考えられる。

本研究では、汗の量と汗の電解質濃度を同時かつリアルタイムに測定できるようにデザインされたウェアラブルの発汗センサを開発し、そのセンサが実際の人の発汗（本研究においては、薬理的に誘発する発汗）を計測できるかどうかを明らかにする。

## 3 研究内容

- (1) 発汗デバイスの製作 <https://www.leep-niigata.com/>  
(JKA補助事業研究成果資料)

本研究では、図1に示した4種類の発汗センサを製作した。各センサはより良い形状を模索するため、皮膚との接着面の体積や構造を変化させた。また、この他にも発汗センサを人の皮膚に固定するための治具、模擬発汗システム等も製作した。

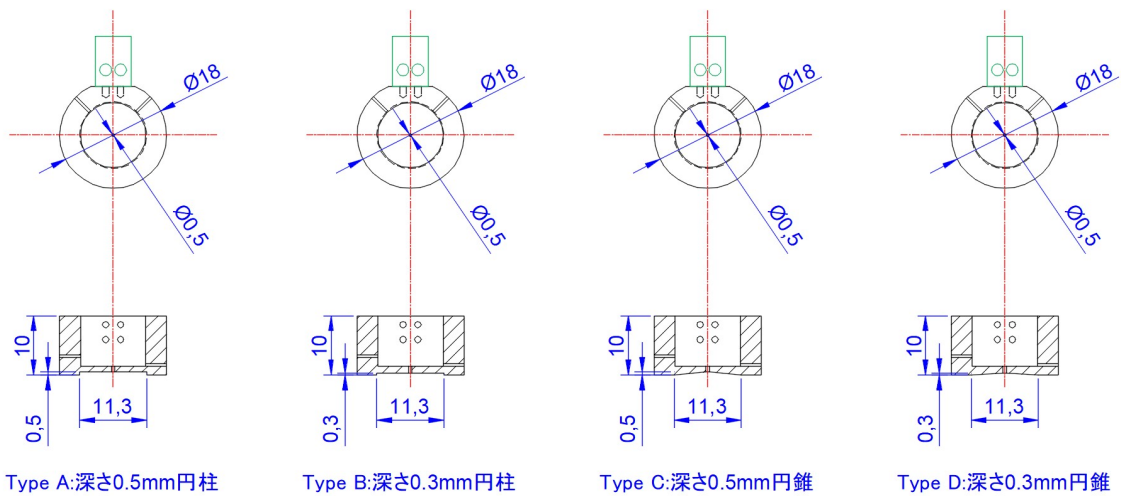


図1. 発汗センサの外装デザイン4種類。

(2) 模擬発汗装置を用いた実験 <https://www.leep-niigata.com/>  
(JKA補助事業研究成果資料)

製作した発汗センサを用いて、模擬発汗システム(図2A)で発汗量と汗の塩分濃度指標(生理食塩水)を変化させたときの出力(図2B)を測定・分析した。全体として、模擬発汗量は低く見積もる傾向が認めら

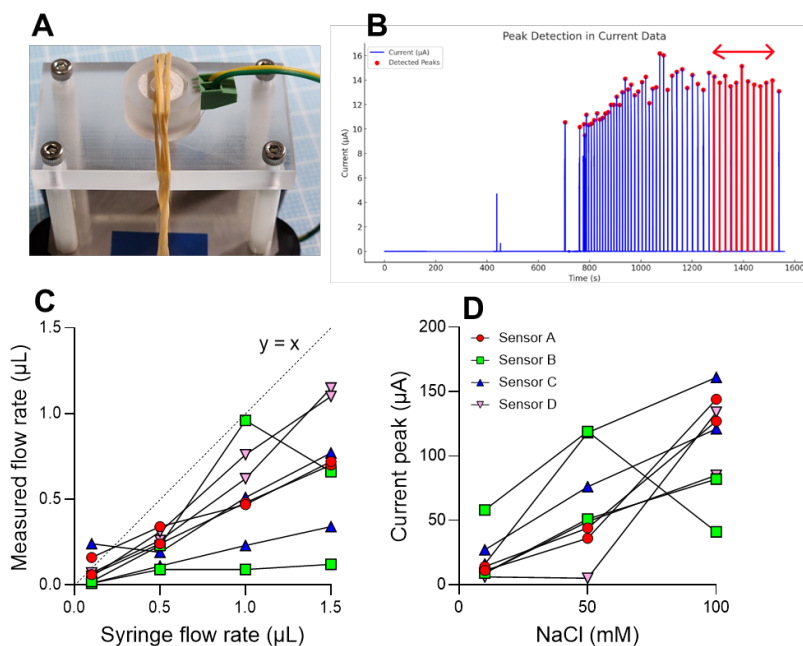


図2. 模擬発汗試験の資料。A: 模擬発汗装置。B: 得られたデータの一部(赤矢印が解析区間)。C: 模擬発汗量測定データ。D: 模擬発汗の電導度測定データ。

れた。汗の電解質濃度の指標となりうる電導度の出力は、センサごとに値が異なる場合が認められた(図2D)。

(3) 人を対象とした発汗測定実験 <https://www.leep-niigata.com/>  
(JKA補助事業研究成果資料)

人を対象とした発汗測定実験（発汗を誘発するピロカルピンを投与した時の発汗応答）を実施したところ（図3A），データを計測することはできたものの，従来法（カプセル換気法）の測定と比較して，発汗量の測定が遅延した（図3B, C）。また，発汗量は全体的に高く見積もる傾向であった（図3C）。これらはセンサの外装形状に影響されないようであった。ただし，測定手技（前腕に密着する圧力や角度など）やサンプルレートにもデータが影響される傾向であったことから，妥当な測定に向けて今後も検討が必要であった。

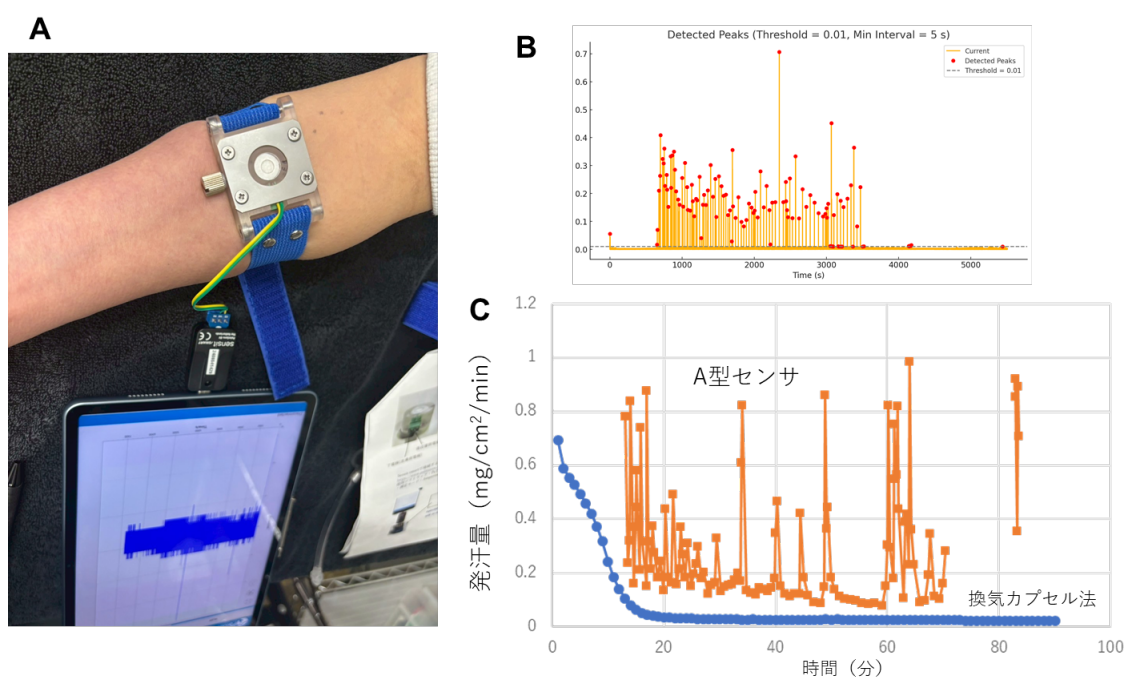


図3. 人試験の資料。A：実験の様子。B：得られたデータの一例。C：従来法（カプセル換気法）と比較した発汗量のデータ。

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

発汗は体温調節を担う生理応答である一方，汗には多様な化学物質が含まれていることから，単なる熱放散としてだけではなく，その内容物解析に基づく医療や診断などにも役立つ可能性がある。しかし，汗を適切に評価するためには，発汗量と汗の成分の同時測定が不可欠である。本研究で得られた成果や課題は，発汗測定技術の更なる進展に重要な知見となる。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

本研究は研究代表者が中心となり、初めて自身でデバイス製作から人試験までを実施した。これまでの研究では、主に人を対象とした生理学的な発汗測定やメカニズム開発を行ってきた。しかし、新たな生理学的な知見を得るためには、測定方法（本研究では発汗量と汗の成分の同時測定）から新しく開発することが必要であった。デバイス開発（主に工学分野）、妥当性評価、ヒト試験まで一貫して実施することができた本研究を通じて、将来的に新たな測定系に基づく新たな生理学研究を展開し、研究成果を実社会に還元するための基盤的経験になった。一方で、自分の専門外の内容については、共同研究者への協力を仰ぐなどの異分野融合研究の重要性を痛感した。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

該当なし。

## 7 補助事業に係る成果物

### （1）補助事業により作成したもの

研究成果報告資料 <https://www.leep-niigata.com/>（JKA補助事業研究成果資料）

### （2）（1）以外で当事業において作成したもの

該当なし

## 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：新潟大学人文社会科学系

（ニイガタダイガクジンブンシャカイカガクケイ）

住 所：〒950-2181

新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050 新潟大学教育学部

担 当 者：准教授 天野達郎（アマノタツロウ）

担 当 部 署：運動と環境生理学研究室

（ウンドウトカンキョウセイリガクケンキュウシツ）

E - m a i l： amano@ed.niigata-u.ac.jp

U R L： <https://www.leep-niigata.com/>