

# 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

金沢大学 理工研究域 フロンティア工学系  
教授 田中 志信

2021年8月19日

# 概要

- 体表面の発汗の有無やその分布をサーモカメラと送風機により高感度で可視化する新技術を開発した。
- 体表の発汗分布の観察法として1928年に Minor によって発表されたヨウ素デンプン法（ミノール法）があるが、体表にヨウ素溶液やデンプンを塗布するため被検者は不快で、定量性にも乏しい。
- これに対して本法は試薬などを一切使わずに、被験者への温風負荷前後における皮膚温をサーモカメラで捉えることにより発汗部位を2次元マッピングすると共に、その温度差から発汗量をも定量評価可能という新規性・優位性を有する方法である。

# 発汗分布計測の重要性

- 発汗障害（無汗症・乏汗症・多汗症）には全身性と局所性があり、それぞれ特徴的な発汗分布を示す。
- 本邦における原発性局所多汗症の重症患者総数はおおよそ318万人に達する。
- 発汗障害患者の病態解明には、発汗分布計測による正確な病巣診断が必須。

# 従来技術とその問題点

## 体表の発汗分布の観察法

### 「ミノール法」

Minor V, *Dtsch Z Nervenheilkd*,  
1928; 101: 302-308

#### メリット

- ・全身の発汗部位を検出可能
- ・自律神経系の異常個所を推測可能

#### デメリット

- ・操作が煩雑で被験者への負担が大きい
- ・連続的な計測不可
- ・定量性に欠ける

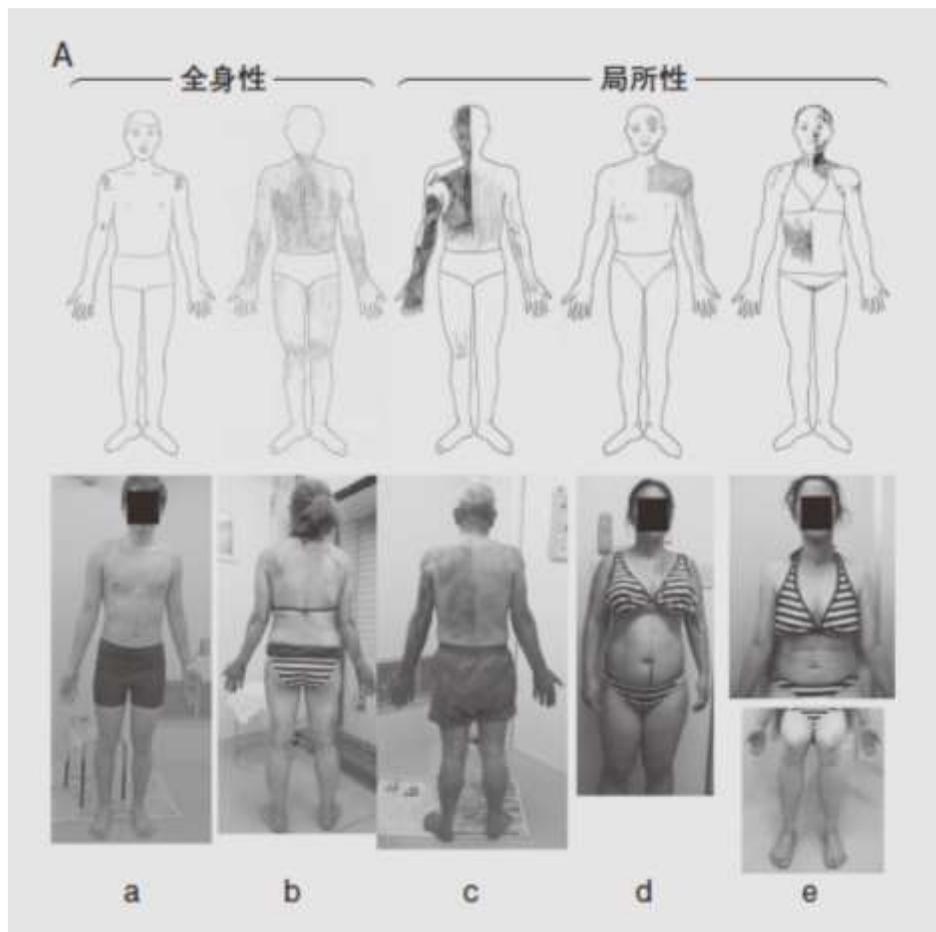


図1 Minor法による定性的発汗試験

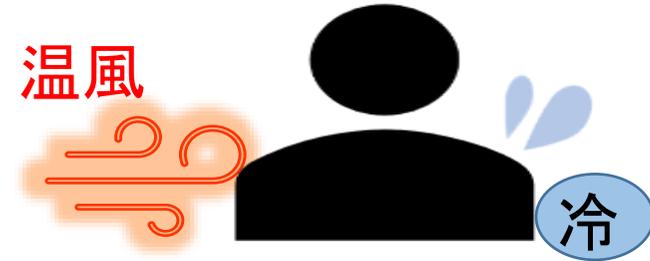
- A. 温熱性発汗試験時における様々な発汗分布異常パターン。( ) 内に原因疾患名を示す(当施設皮膚科・生理学講座自験例。全提示患者に口頭にて発表の承諾を得ている)。
- 19歳の男性、全身性無汗例(特発性後天性全身性無汗症)
  - 61歳の女性、全身性多汗例
  - 68歳の男性、一側性多汗例(頸椎症)
  - 37歳の女性、分節性半側多汗例
  - 38歳の女性、交叉性分節性半側多汗例(Ross症候群)



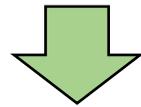
- B. Minor法の方法。1. ヨード液 15 ml と無水アルコール溶液 90 ml を混合した後にヒマシ油 10 ml を加えた試験液を、刷毛でむらなく皮膚面に塗布する。2. 乾燥後、篩にかけたデンブン粉を薄く均等に散布する。ミニダスターを用いるとよい。

# 温風法の基本原理

温風を体表に当てると  
発汗なし → 少し温まる  
発汗あり → 冷やされる



温風により汗の水分の蒸発が増すため、**温風の負荷以上に潜熱が奪われ**、体表が冷やされる



温風を当てる前後で、体表温の**温度差**をサーモカメラで測定し、**+**と**-**で色分けすると**ミノール法**と同等の画像が得られる

ミノール法より簡便に測定が可能  
温度差分から発汗量の定量的評価が可能

# 温風による熱負荷と蒸発による吸熱の試算

## ■ 温風による熱負荷

$$Q_H = h(v) \cdot A \cdot \Delta T$$

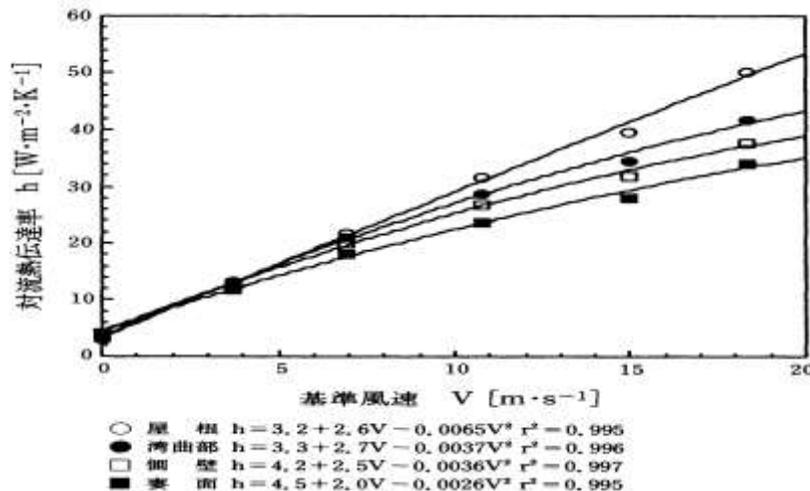
## ■ 汗の蒸発による吸熱

$$Q_L = L(v) \cdot A \cdot q_w$$

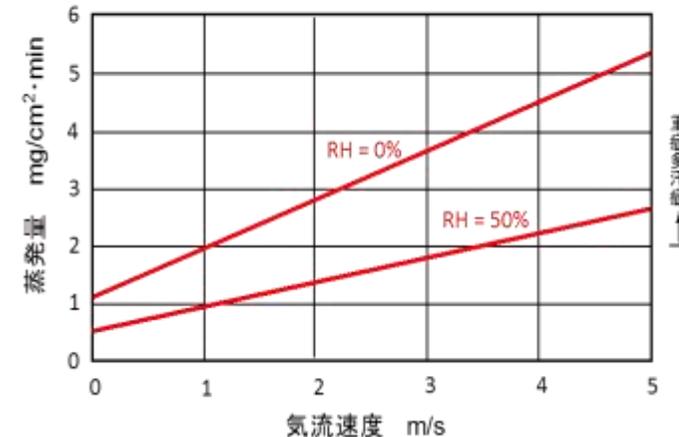
各パラメータ

熱負荷	$Q_H$ [J/min]
熱伝導率	$h$ [W/(m <sup>3</sup> ·K)]
平板表面の面積	$A$ [m <sup>3</sup> ]
温度差	$\Delta T$ [K]
吸熱量	$Q_L$ [J/min]
水の吸熱量	$q_w$ [J/mg]
蒸発量	$L$ [mg/(m <sup>3</sup> ·min)]

風速と熱伝導率の関係



30℃における水面からの水の蒸発量



発汗部に温風（風速5m/s，体表温+5℃）を負荷  
 →吸熱量は熱負荷のおよそ**17倍**

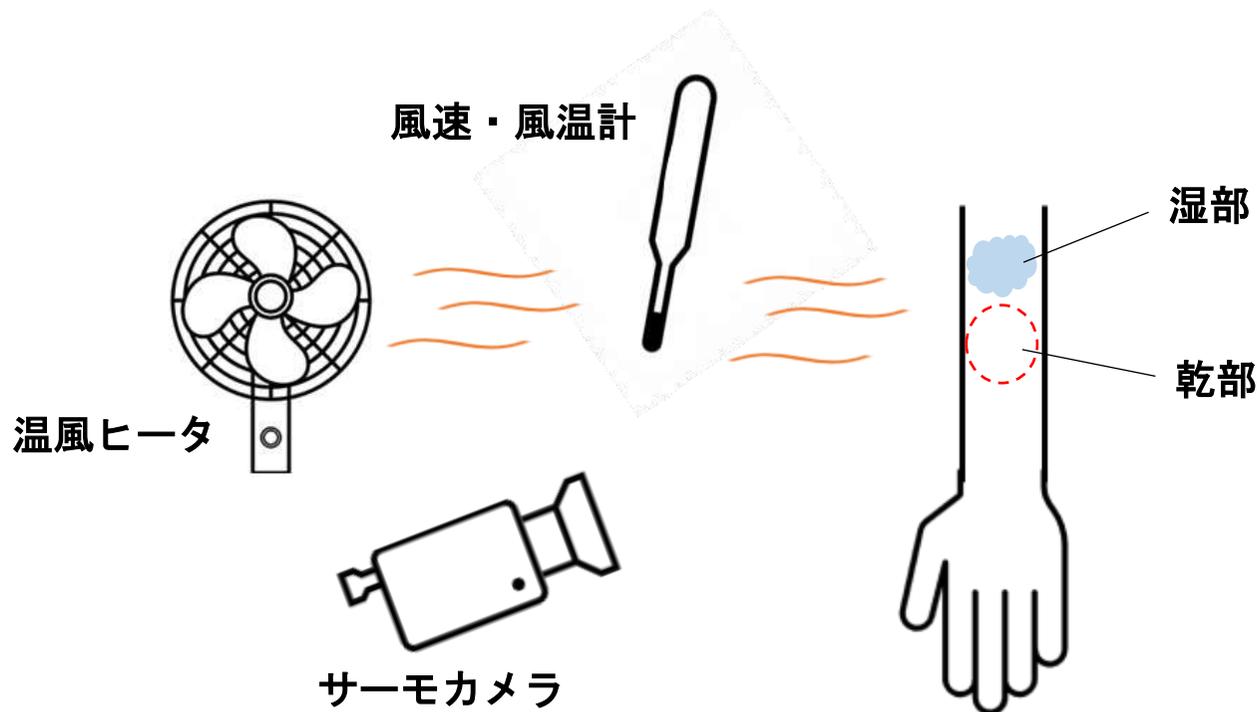
# 原理検証実験

## ■ 実験方法

温風なしで体表温をサーモカメラで観察し、安定することを確認

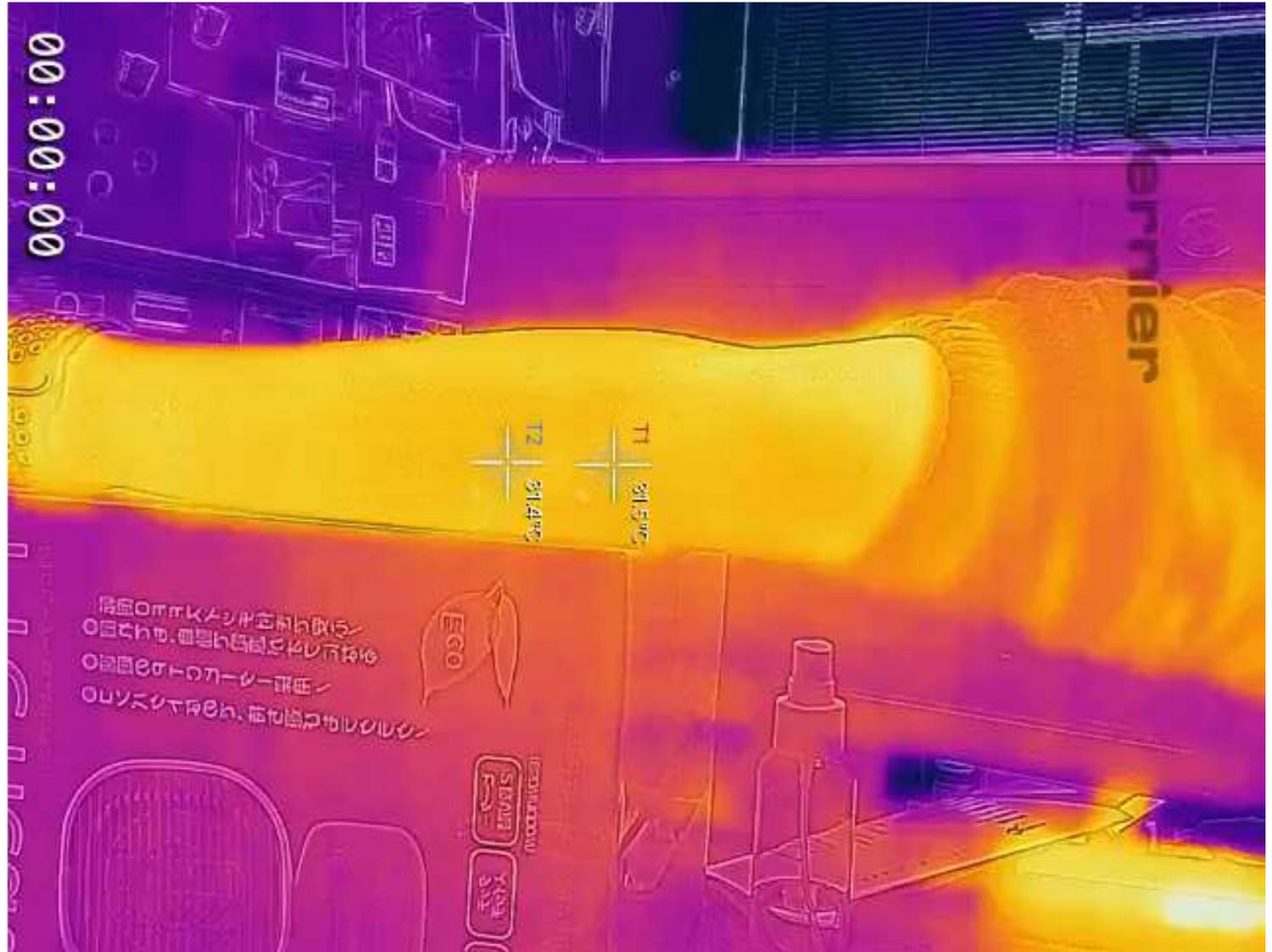
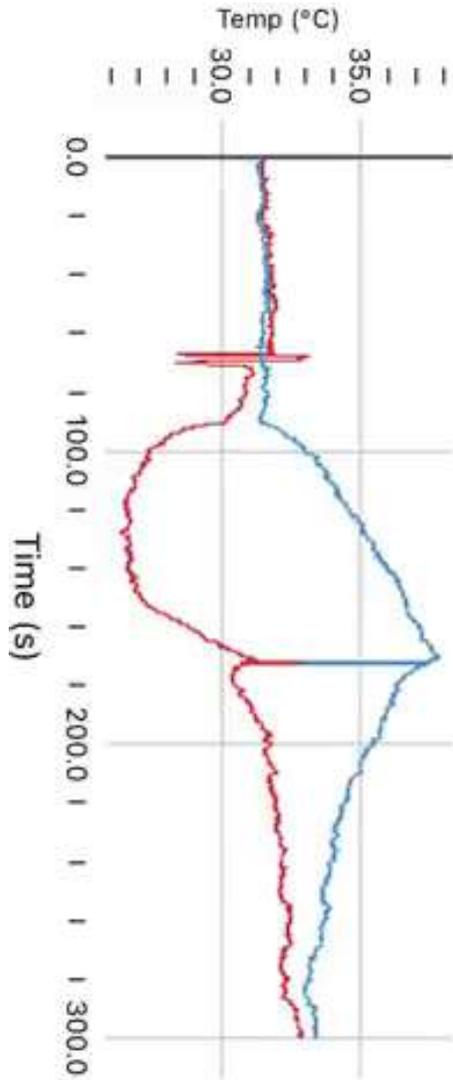


体表に霧吹きで水を吹きかけ、温風負荷の前後で乾部と湿部の温度変化を観察



# 実験結果例

風速 1.8m/s, 風温 40°C

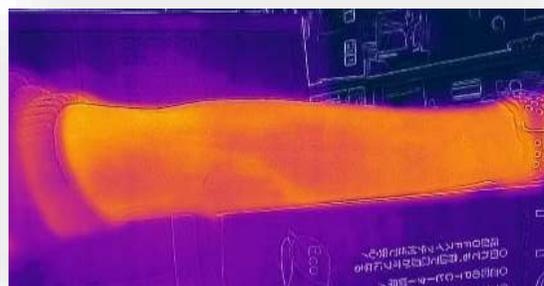


# 差分画像例(カラー表示)

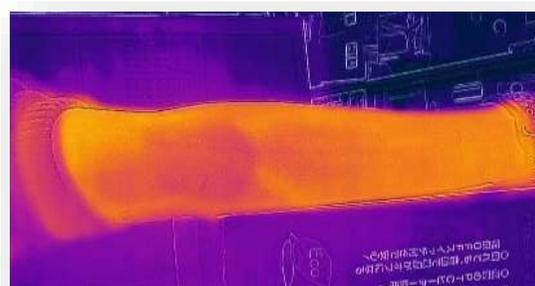
前腕 風速 1.8m/s, 風温 40°C



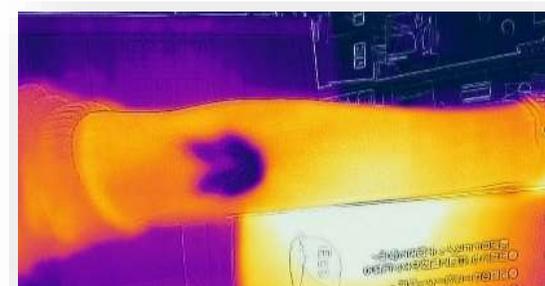
① 水分：無, 温風：無



② 水分：有, 温風：無



③ 水分：有, 温風：有



差分：①-③ (5.1°C)



差分：②-③ (4.0°C)



差分画像

反転画像

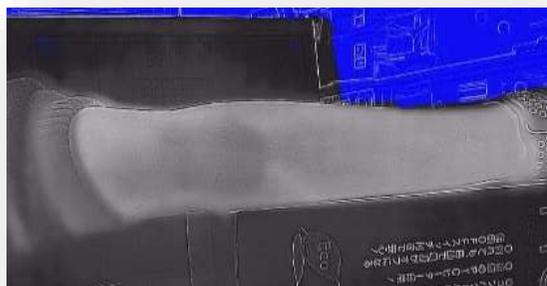


# 差分画像例(白黒表示)

前腕 風速 1.8m/s, 風温 40°C



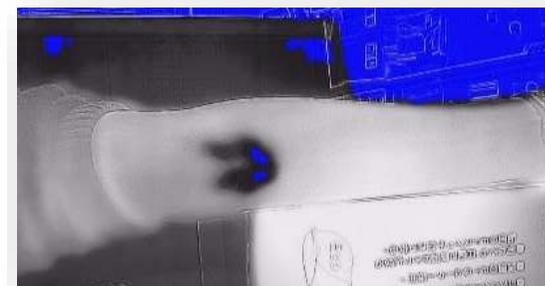
① 水分：無, 温風：無



② 水分：有, 温風：無



③ 水分：有, 温風：有



差分：①-③ (5.1°C)



差分：②-③ (4.0°C)

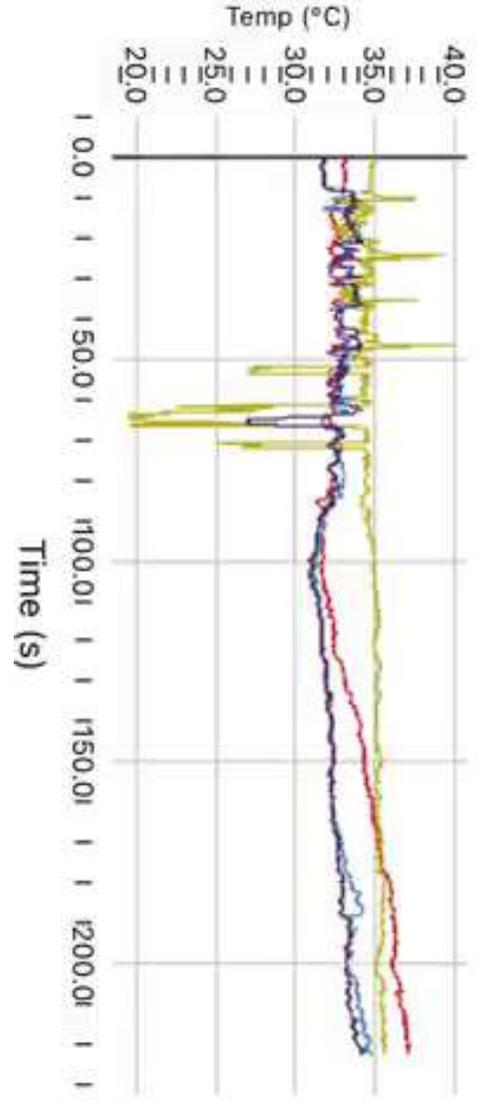
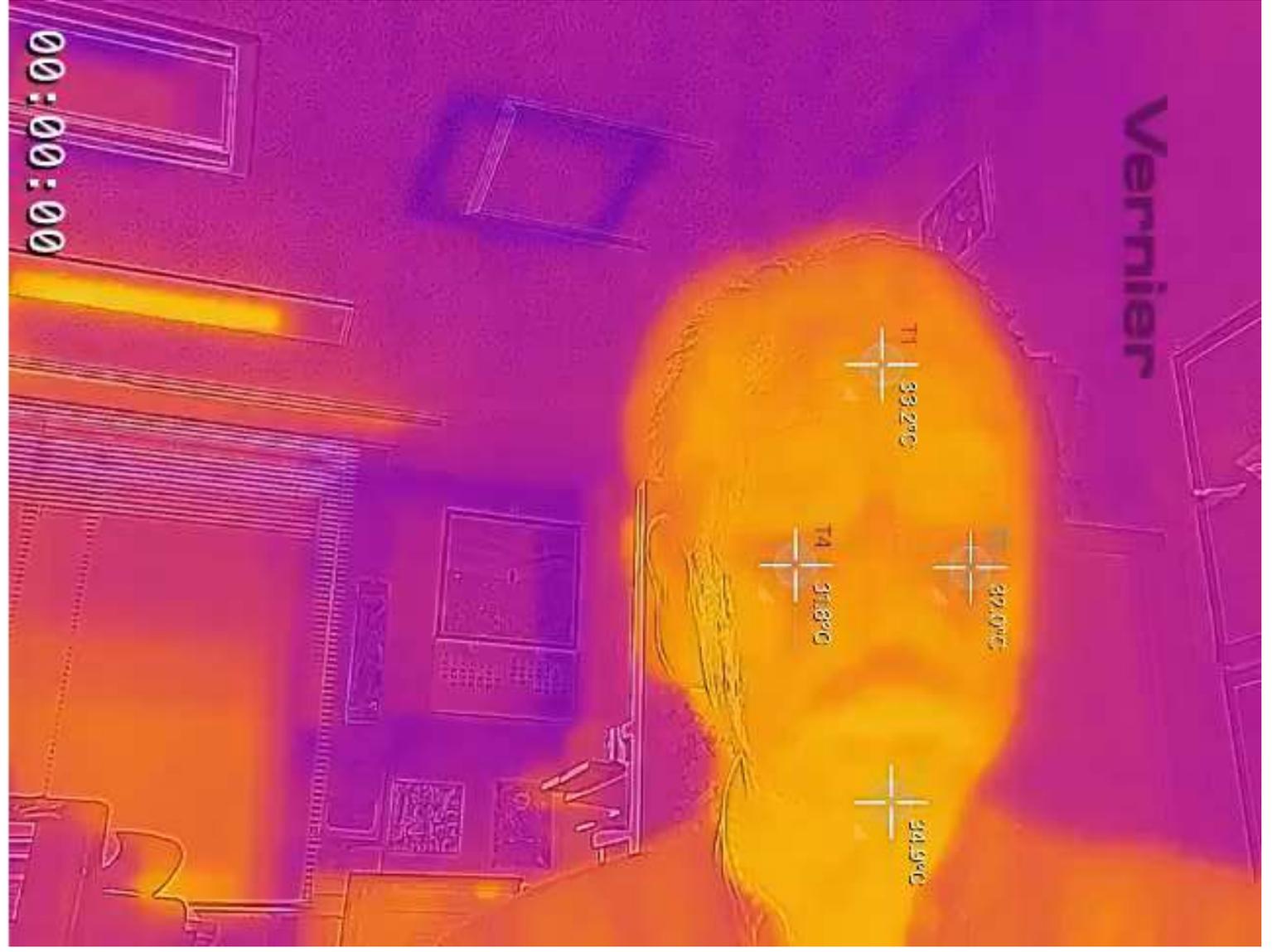


差分画像

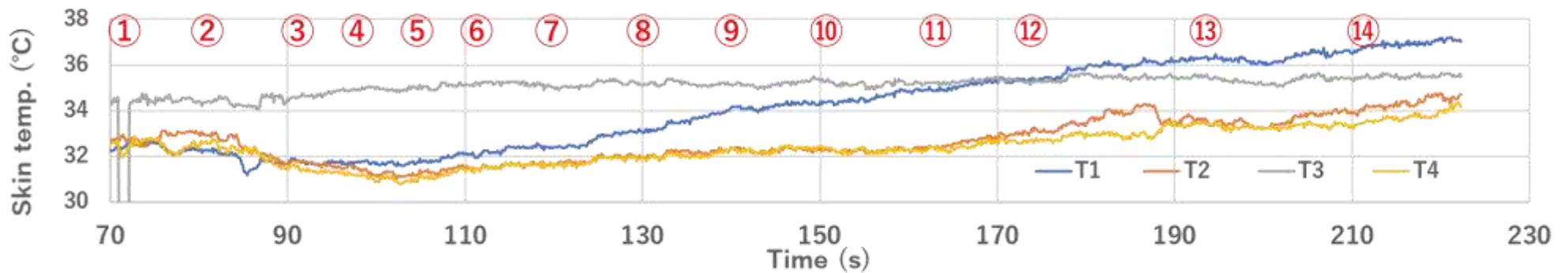
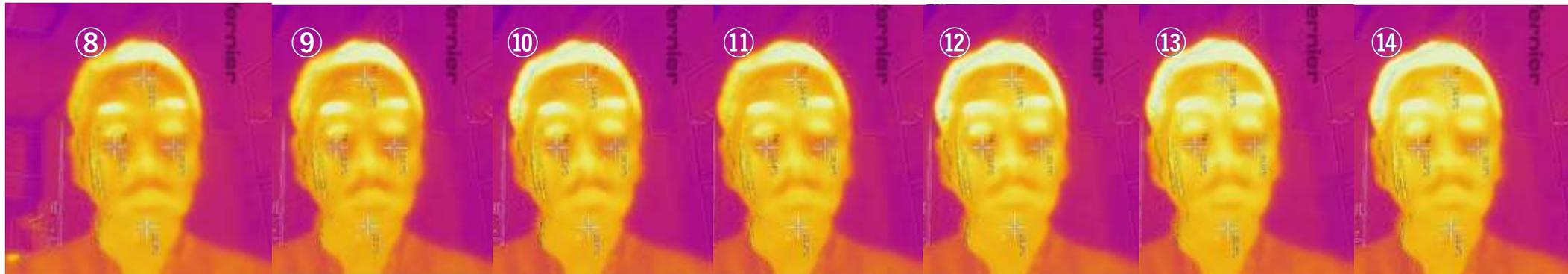
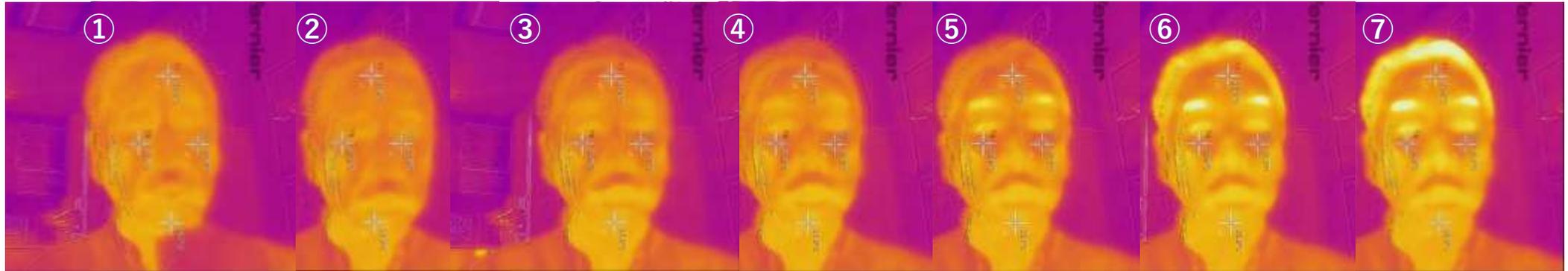
反転画像  
ミノール法  
類似画像

# 顔面発汗時の計測結果例

風速 0.5m/s, 風温 45°C



# 温風負荷時の顔面温度経時変化例



## 新技術の特徴・従来技術との比較

- 非接触で発汗部位を2次元マッピング可能。
- 従来法(ミノール法)は体表にヨウ素溶液やデンプンを塗布し検査後は洗浄が必要など操作が煩雑で、被検者は不快感を伴い定量性にも乏しい。
- これに対して本法は薬液塗布など面倒な操作が不要で、特別な技能も必要とせず実施が容易で定量化が期待できる。

## 想定される用途

- 多汗症および無汗症の診断・治療効果の判定
- 自律神経機能の診断・治療効果の判定
- 熱中症予防

# 実用化に向けた課題

- 臨床応用に向けた要素技術の開発
  - ✓ 体表全体に均一に温風負荷可能な送風機
  - ✓ 温度差分を動画表示可能なソフトウェア
- ミノール法との同時計測による性能検証実験
- 発汗量定量評価法の検討

## 企業への期待

- 温風送風機開発や画像解析ソフト開発の技術を持つ企業との共同研究を希望。
- 発汗現象の計測や自律神経機能評価装置を開発中の企業、医療分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

## 本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 発汗分布計測装置、発汗分布計測方法
- 出願番号 : 特願2021-113720
- 出願人 : 金沢大学
- 発明者 : 戸川達男、田中志信

# お問い合わせ先

金沢大学ティ・エル・オー

TEL 076-264-6115

FAX 076-234-4018

e-mail [info@kutlo.co.jp](mailto:info@kutlo.co.jp)