



## 発汗計のご紹介 株式会社 スキノス

世界に類似の無い 発汗計測技術 で、人々の健康的な生活の実現に貢献します。

## 会社概要

**商号** 株式会社 スキノス (SKINOS Co., Ltd.)

**資本金** 3,925万円

**所在地** 〒386-0017 長野県上田市踏入二丁目16番24号  
信州大学オープンベンチャー・イノベーションセンター107号室

**代表者** 百瀬 英哉（代表取締役）

**顧問** 大橋 俊夫  
信州大学医学部メディカル・ヘルスイノベーション講座 特任教授

坂口 正雄  
長野高専名誉教授

**許認可** 第二種医療機器製造販売業  
(許可番号20B2X10018)  
古物商許可  
(長野県公安委員会 第481101900032号)



# スキノスとは？

スキノス (SKINOS) は、皮膚 (SKIN) に、換気カプセル型発汗計の開発者である 信州大学医学部 大橋俊夫 先生のイニシャル (O) 、長野工業高等専門学校 坂口正雄 先生のイニシャル (S) を加えて名付けられました。



信州大学  
大橋俊夫先生



長野高専  
坂口正雄先生

## 発汗計の歴史とスキノス

- |           |                                                                                                   |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1981      | 国立長野高専、信州大学医学部を中心に発汗計開発を開始                                                                        |
| 1985      | (株) スズケンが開発に参画、製造販売                                                                               |
| 1988～1992 | 精神性発汗現象に関する研究会                                                                                    |
| 1991      | 医療用具の承認を得る。<br>((株)スズケン/販売名: Perspiro OSS-100)                                                    |
| 1993～1997 | 日本発汗研究会を開催                                                                                        |
| 1998～     | 日本発汗学会を設立                                                                                         |
| 1998      | 信州大学 (大橋俊夫教授) と長野高専 (坂口正雄教授) は、<br>大学発ベンチャー (株) スキノスを設立。<br>差分方式発汗計 (SKA-2000,SKD-2000) の製造・販売を開始 |
| 2003      | 差分方式発汗計の医療機器承認。((株)スキノス/販売名:SKD-2000M)                                                            |
| 2018      | 発汗計を用いた発汗検査が、全身温熱発汗試験 (D239-4) の一手法として保険収載。<br>「信州大学発ベンチャー」の称号を受ける。                               |
| 2019      | 第二種医療機器製造販売業 (長野県) を取得。<br>古物商許可を取得。                                                              |
| 2020      | 換気カプセル形発汗計」のJIS規格制定。                                                                              |

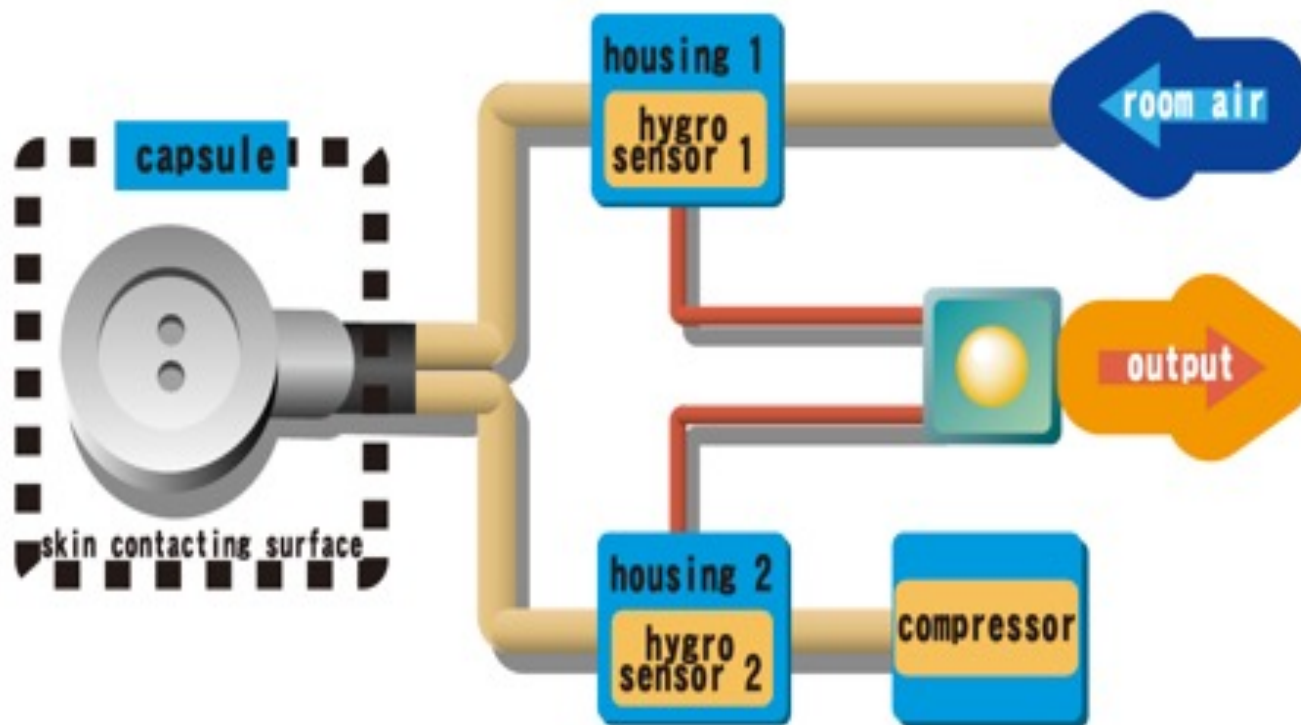
# 発汗の計測技術について



温熱性発汗も精神性発汗も簡単に測定。

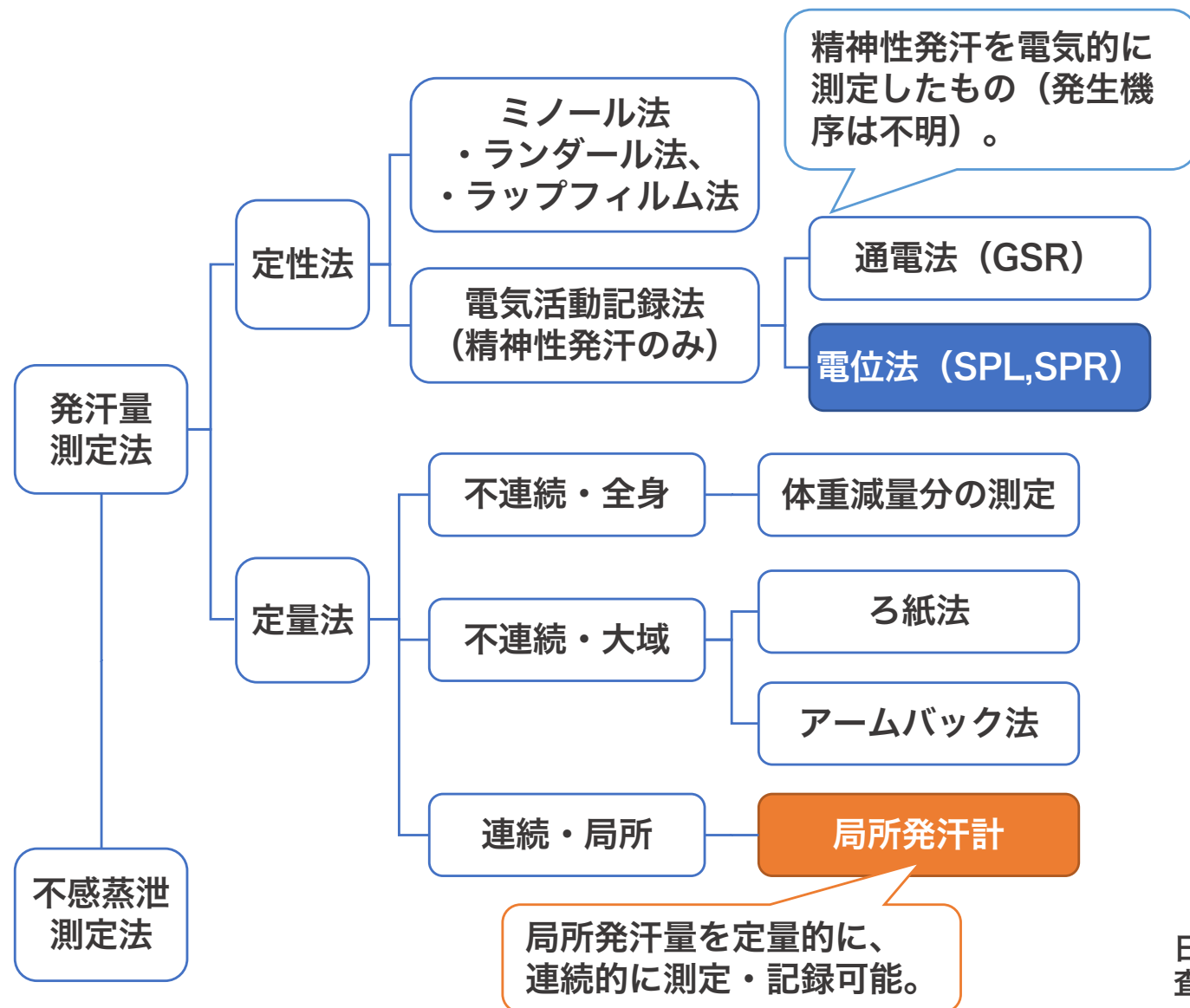
換気カプセル型発汗計は、医学・生理学等 学術的に評価を受けた信頼性の高い発汗計測機器。

### 換気カプセル型発汗計の原理



皮膚を覆うカプセルに空気を供給し、換気。  
汗が出現すると空気の湿度が上昇するので、その上昇量を湿度センサで測定して、発汗量を得る。

# 発汗計測の分類



ミノール法



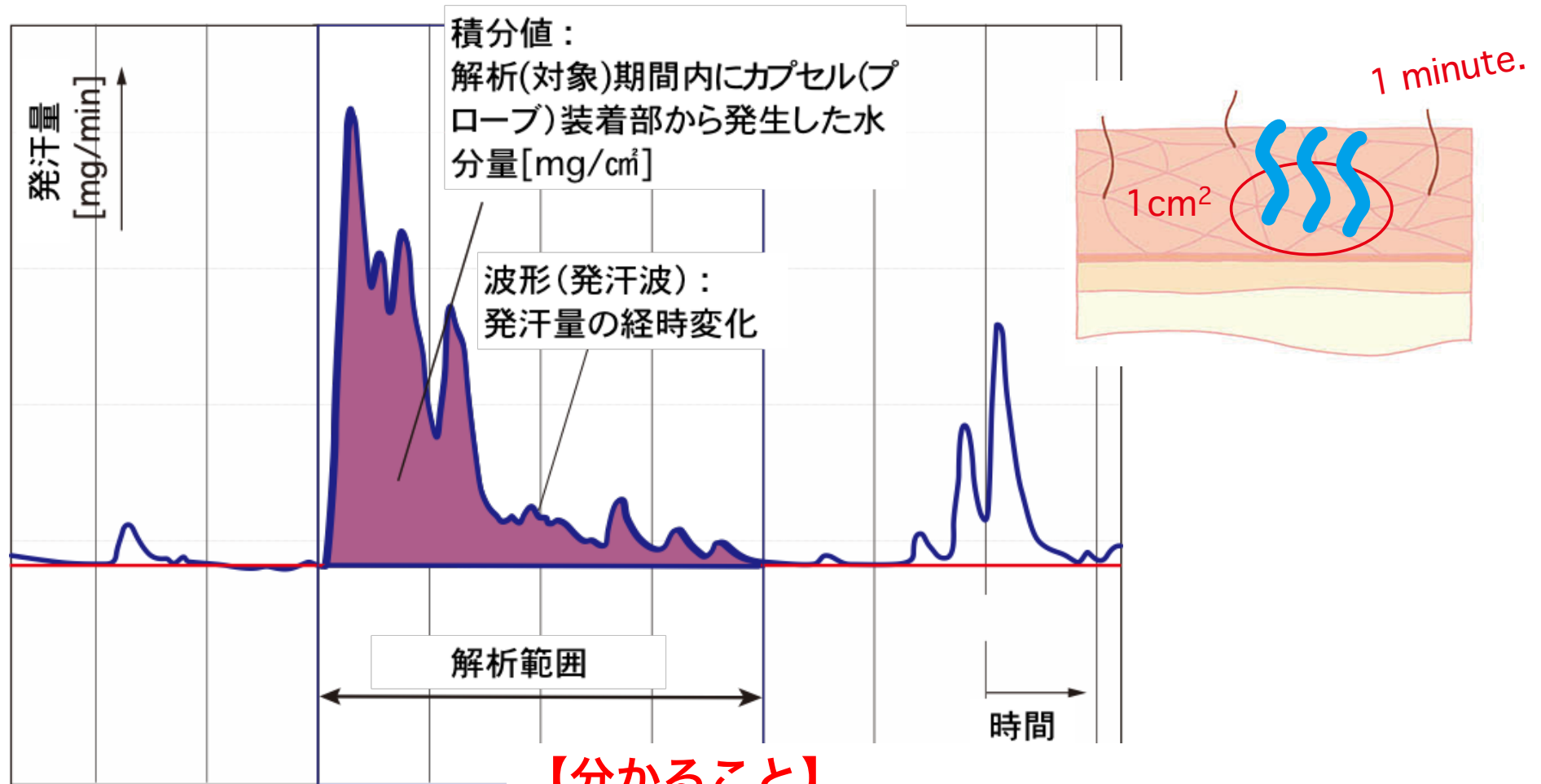
アームバック法

日本自律神経学会編:自律神経機能検査 第5版,P247-263,文光堂2015年

- ① 皮膚から発生する水分量を高精度に測定できる。
- ② 発汗量の変化を連続的、高応答に測定できる。
- ③ 局所であるため、部位差の評価ができる。
- ④ 微量から多量の発汗まで、精神性発汗から温熱性発汗まで幅広く対応できる。
- ⑤ 操作が簡単。
- ⑥ 皮膚装着部は空気が通るカプセルのみで、電気回路と完全に絶縁。→安全性が高い。

## スキノス発汗計の特徴

スキノス発汗計は、“局所発汗量( $\text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{min})$ )”の経時変化を簡単に測定できます。



### 【分かること】

- 局所発汗量の時間変化、負荷に対する反応量
- 局所発汗量の総量
- 局所発汗量の部位差

## 【補足】発汗データの解析方法

発汗データを定量化する方法として次の2つの指標が利用されています。

①**基礎発汗量** : プラトーレベル

②**反応性発汗量** : さまざまな負荷によって引き起こされる発汗量通常は反応性発汗量を発汗機能の指標として使用されます。

### 【反応性発汗量の評価】

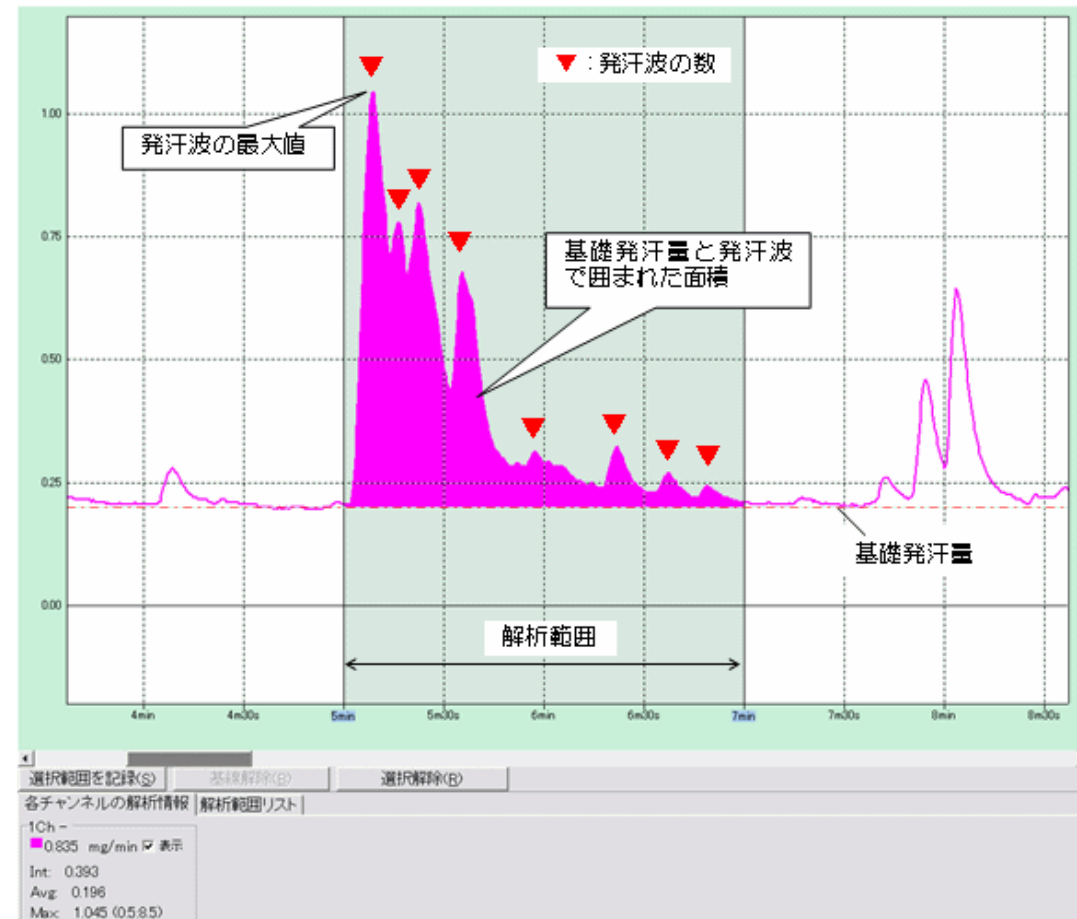
反応性発汗量の強度を評価する指標として、

a. 発汗波のスパイク数

b. 発汗波の最大値 (mg/min)

c. 基礎発汗量と発汗波で囲まれた面積 (mg)  
などが用いられています。

『基礎発汗量と発汗波で囲まれた面積』を除く各指標は装置の応答特性の影響を受けるため、『基礎発汗量と発汗波で囲まれた面積』を反応性発汗量の強度評価指標として用いるのが一般的です。



【上図】

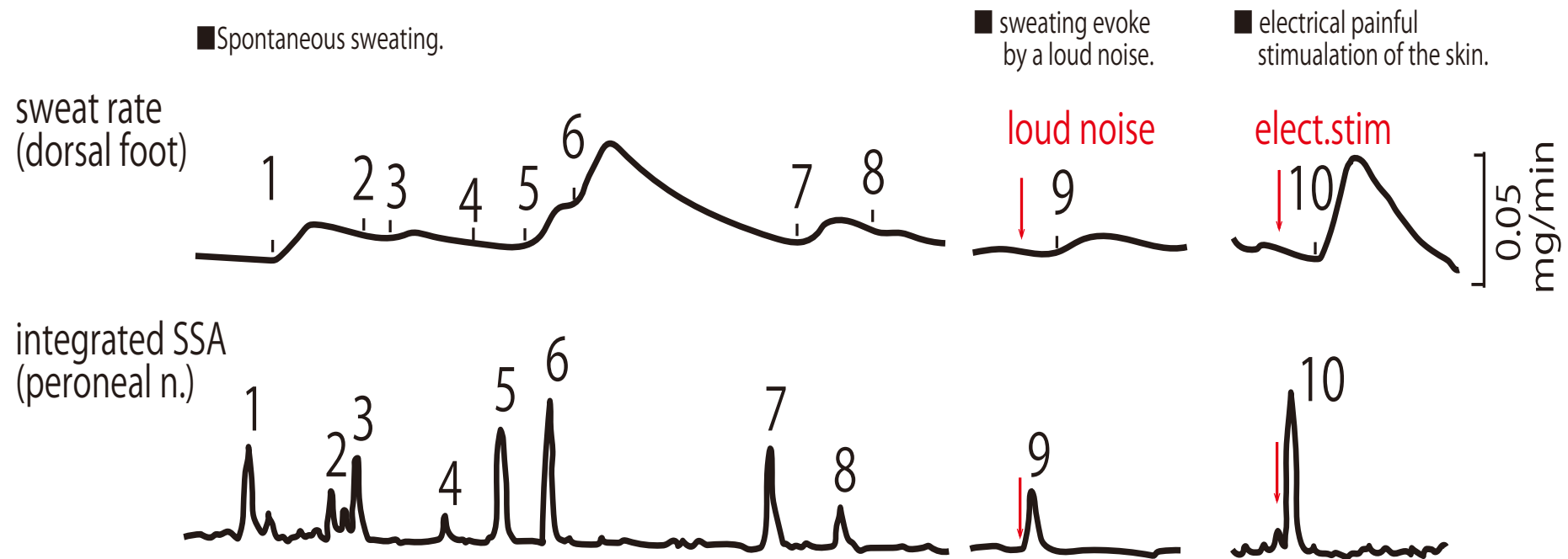
弊社発汗計用記録・解析ソフトウェア『Mod-002』解析画面

※面積値、最大値、平均値が簡単に評価できます。

## 局所発汗計の特徴

足底部の発汗パターン（発汗波）と  
皮膚交感神経活動：  
汗は交感神経活動のバーストに対応  
して放出されることが確認されてい  
ます。

単に発汗量を定量化する  
だけでなく、発汗に関わ  
る神経活動の様子を評価  
できる。



## 【補足】有効発汗、無効発汗とは？

### 体温調節に関わる汗の目的

汗は、蒸散するときに気化熱を奪うことで体温調節に寄与しています。

➡ 体温調節に関わる汗は、蒸散することで機能します。

### 有効発汗と無効発汗

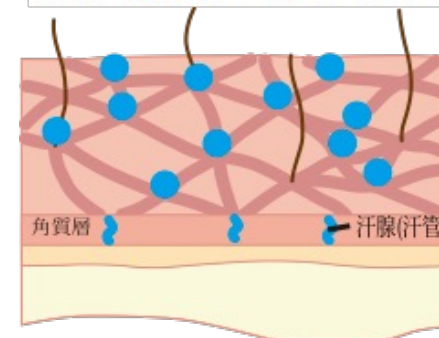
#### ●有効発汗

：体温調節に作用する汗であり、蒸散水分（気体）である。

#### ●無効発汗

：体温調節に作用しない汗であり、皮膚表面に水分（液体）として存在する。体内の水分が無駄に失われている。

有毛部の皮膚表面は水分蒸散を促す構造になっている。



●：汗腺開口部

表面に出た汗を素早く広げるために、小じわの底に汗腺が存在する。



## 【補足】スキノス発汗計の特徴

### 発汗計の目的

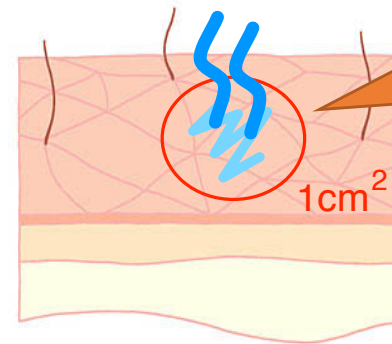
本装置は、人体の皮膚表面に発汗量検出プローブを装着することにより、**発汗量**を連続、簡便かつ定量的に測定する。

### 換気カプセル型発汗計における発汗量測定の方法

発汗量（=有効発汗+無効発汗）を**全て有効化する（蒸散させる）**ことで、**発生した発汗量**を計測。

→ **発生した水分量 = 蒸散水分量となる条件**で測定を行う必要がある。

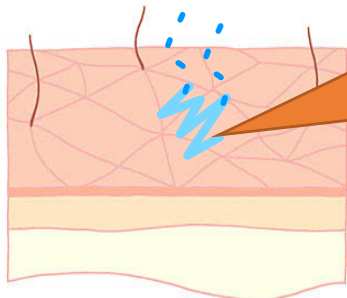
発汗量の単位：mg/min/cm<sup>2</sup>



単位面積（1 cm<sup>2</sup>）当りの皮膚に  
単位時間（1 分間）当り  
どのくらいの質量（mg）  
の**発汗が発生するか**

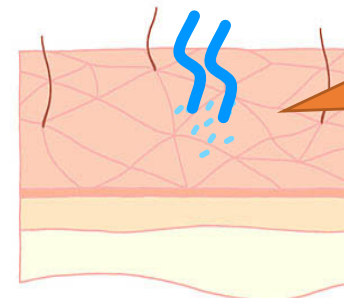
### よくあるイメージの違い

• 液体として存在する水分、**皮膚表面に既にある水分**（無効発汗）を測定



無効発汗は、“たまたま皮膚に残っている水分”であり、発生した発汗量全体を反映するものではない。

• 気体として存在する水分を測定



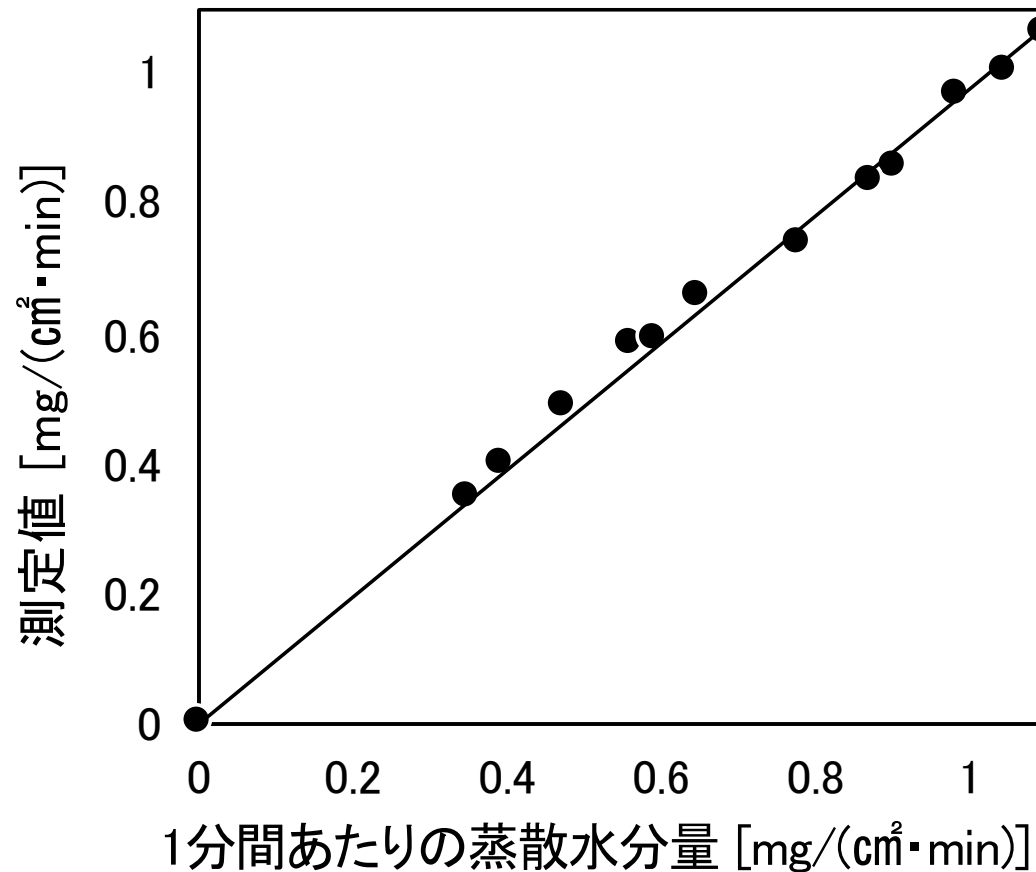
快適環境化における皮膚蒸散水分量を不感蒸散(TEWL)といい、発汗とは区別される。



## ① 高精度な測定

### 測定精度

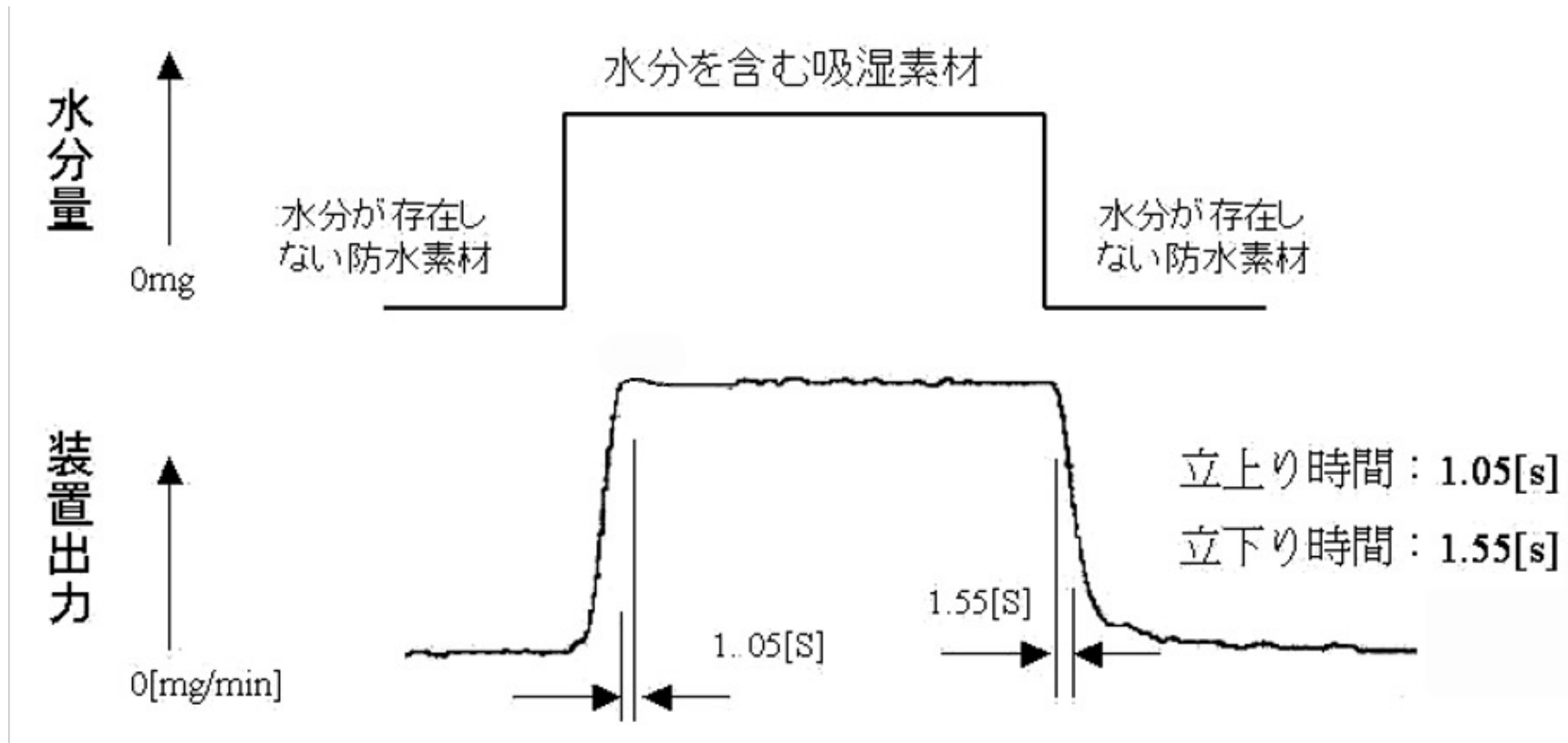
前頁のキャリブレーション方法により得られる1分間あたりの蒸散水分量に対し、測定値（平均値）は規定の誤差範囲内に入るよう校正されます。



校正結果の例

## ② 連続的で高応答な発汗計測

### 応答特性

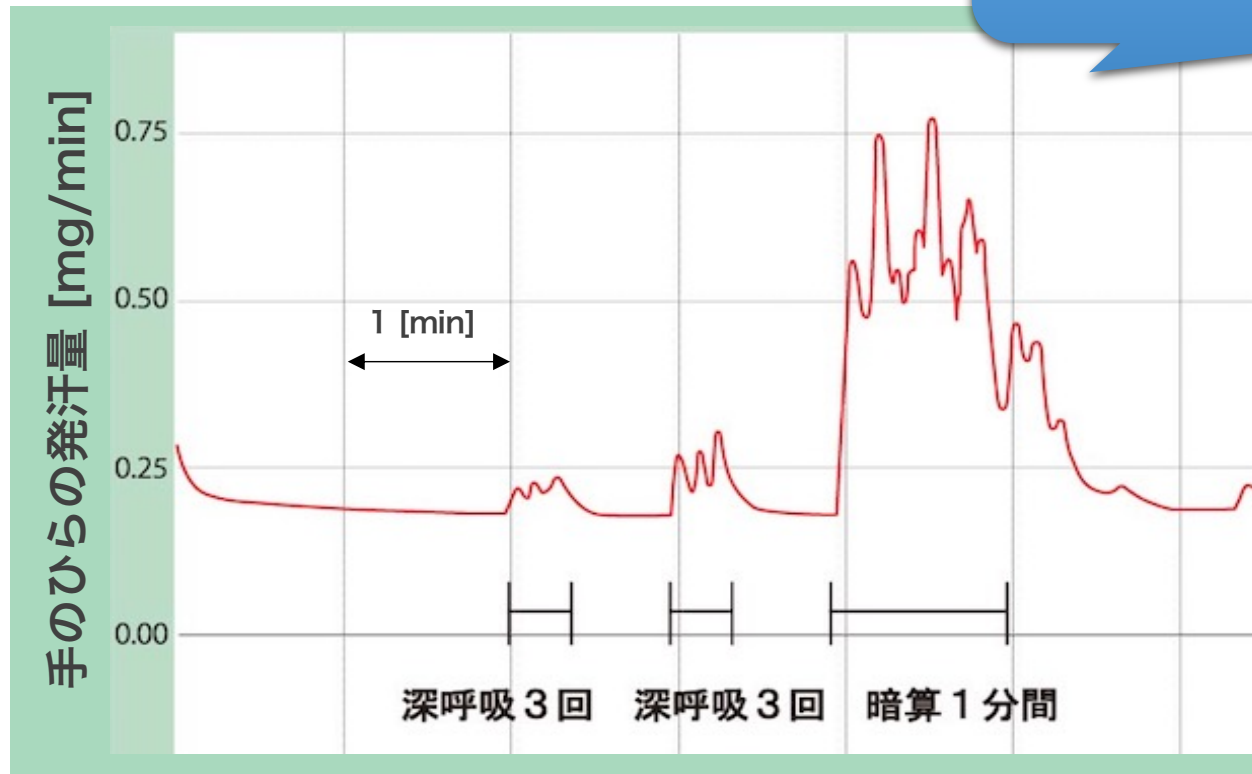


水分がない状態から水分がある状態に、瞬時に変化した場合、規定の応答時間で測定値が変化します。

## ② 連続的で高応答な発汗計測

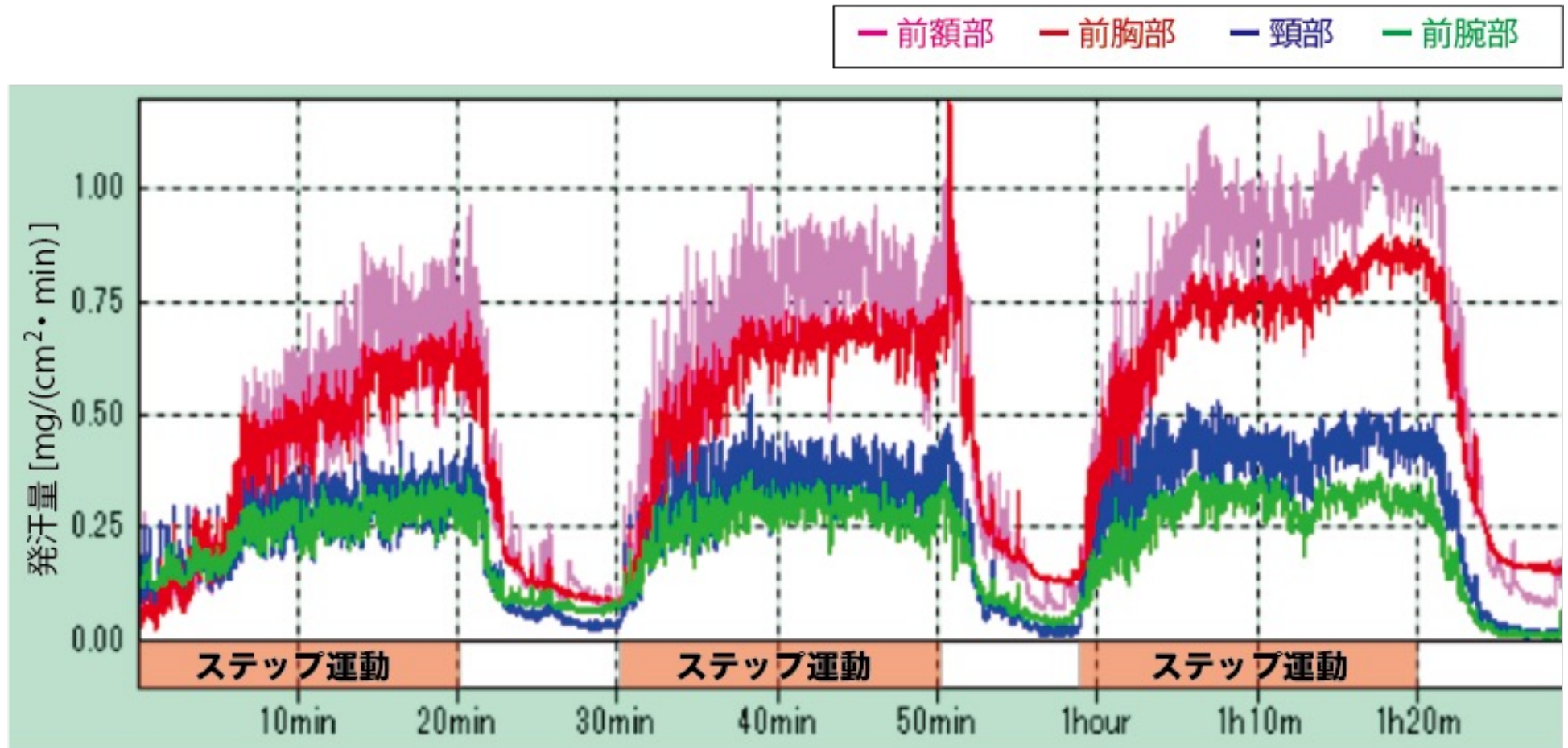


“ひやっ”とした時の汗も逃さず計測できます。



手のひらの発汗測定例

### ③ 部位差の評価

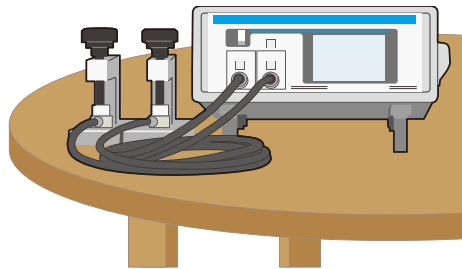


前額部、前胸部、頸部、前腕部を測定部位として同時計測を行い、20分のステップ運動を3回実施。測定部位ごとに発汗量やその変化の違いを確認することができます。（被験者：30代男性）

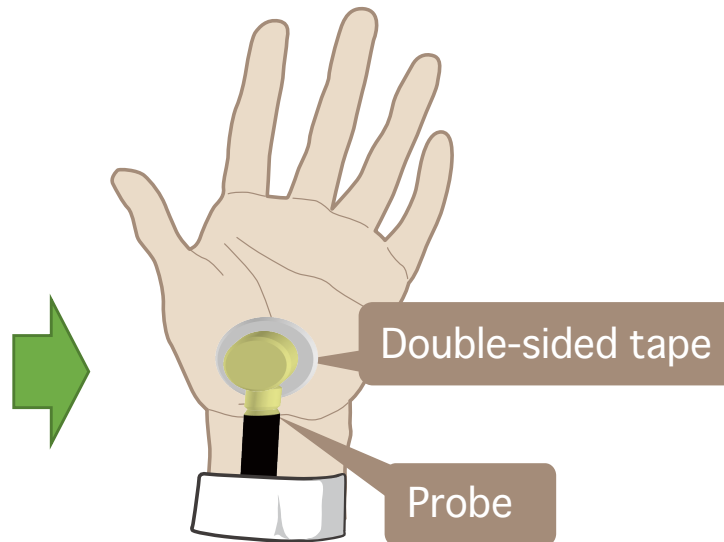
## ⑤ 操作が簡単

スキノス発汗計を使用すれば、発汗量の測定が簡単にできます。

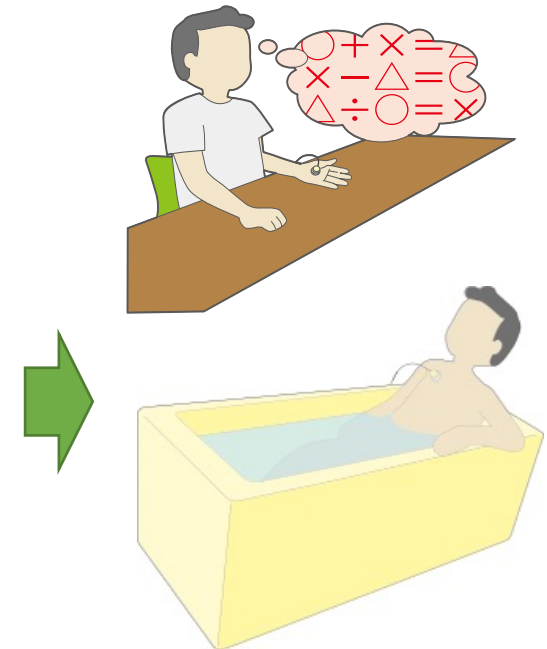
### 基本的な使用方法



- ・本体の電源を入れます。
- ・10分ほどウォーミングアップ（機器を環境に慣らす）を行います。
- ・ゼロ調整を行います。



プローブ（カプセル）を皮膚に固定します。



被験者はタスクを行います（汗を誘発）。

## 【補足】スキノス発汗計 使用上のご注意

### 【環境条件】

できるだけ推奨環境条件に近い環境（23.5℃、60%RH）でご使用ください。特に湿度の高い条件では、周辺環境の影響を受けやすくなりますのでご注意ください。

### 【環境条件の変化】

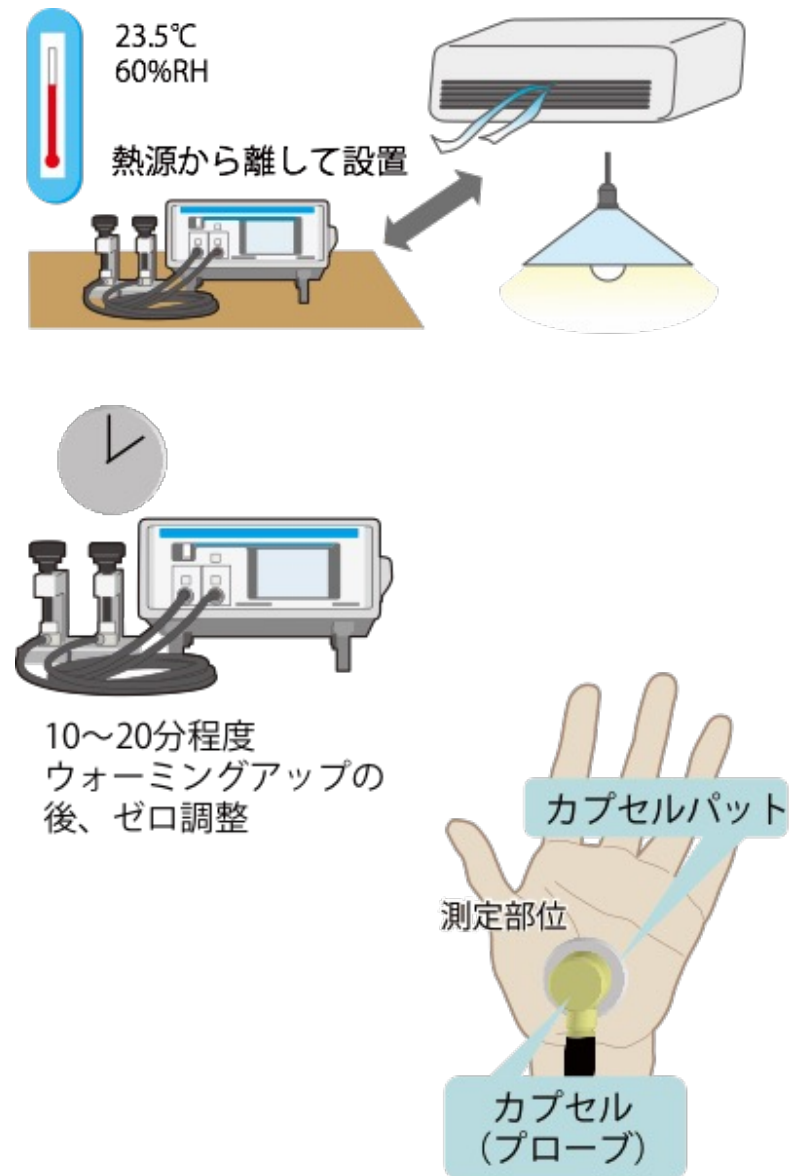
測定中は、周辺環境が変化しないようにしてください。エアコンの吹き出し口付近やパソコンや電球など熱を発生するものからは1～2mは離して設置してください。

### 【準備とゼロ調整】

電源投入直後は値が安定しないことがございますので、カプセルをカプセルホルダに固定した状態で電源投入し、10～20分程度ウォーミングアップを行ってから、ゼロ調整を行ってください。ゼロ調整を行って、値がゼロに落ち着いたことを確認してから実験を開始してください。

### 【カプセル装着】

カプセル（プローブ）の装着は、標準カプセルパットを使用し、カプセルと測定部位との間に隙間をつくらないようにして下さい。カプセルと測定部位の間に隙間ができてしまうと、空気が漏れ、正確な測定が出来ません。





# 発汗計の利用範囲

## ●臨床用途

自律神経機能検査

## ●基礎医学研究

生理学基礎研究・学生実験（精神性発汗、温熱性発汗の測定）、緊張・不安等の指標、交感神経活動の指標、睡眠や麻酔深度の評価（精神性発汗の喪失）、看護・リハビリテーション研究等における効果の指標。

## ●心理学

精神性発汗測定による心理、気分、情動の客観的評価検討（嘘発見器）  
不快感の指標

## ●運動・スポーツ・健康

運動、入浴時などの温熱性発汗の測定、経時変化の可視化、入浴方法・サウナ等効果の評価

## ●危険、ヒヤリハットの指標

自動車運転や危険作業におけるヒヤリハットの可視化

## ●被服、寝具等

衣服・寝具等の快適性評価・製品評価、発汗部位差の計測

## ●化粧品、トイレットリー製品評価

制汗剤・スキンケア製品の評価、入浴剤の評価

## ●家具、家電、住環境等の評価

精神性発汗評価による家具、家電、自動車等の使用感、緊張・動揺・不快感の評価指標  
温熱性発汗評価による冷暖房、住環境等の快適性評価

## 換気カプセル型発汗計



据え置き型2CH 発汗計  
SKN-2000M

安定性の高いスタンダードタイプ。2ch据え置き型発汗計。

- 高応答、広ダイナミックレンジ
- 見やすい液晶ディスプレイ
- アナログ出力、デジタル出力
- 記録解析ソフトウェア付属
- 2chで2箇所同時測定可能。



ポータブル1CH発汗計  
SMN-1000

持ち運びが容易。利便性の高い1ch小型発汗計。

- 高応答、広ダイナミックレンジ
- 寸法:約150×130×45(mm)
- 乾電池駆動（単三乾電池4本）
- メモ리카ードへのデータ保存（オプション）
- 無線通信によるデータ転送（オプション）

## 皮膚電位計



皮膚電位計  
SPN-01

覚醒水準の客観的指標、精神性発汗の簡易・定性的評価に。

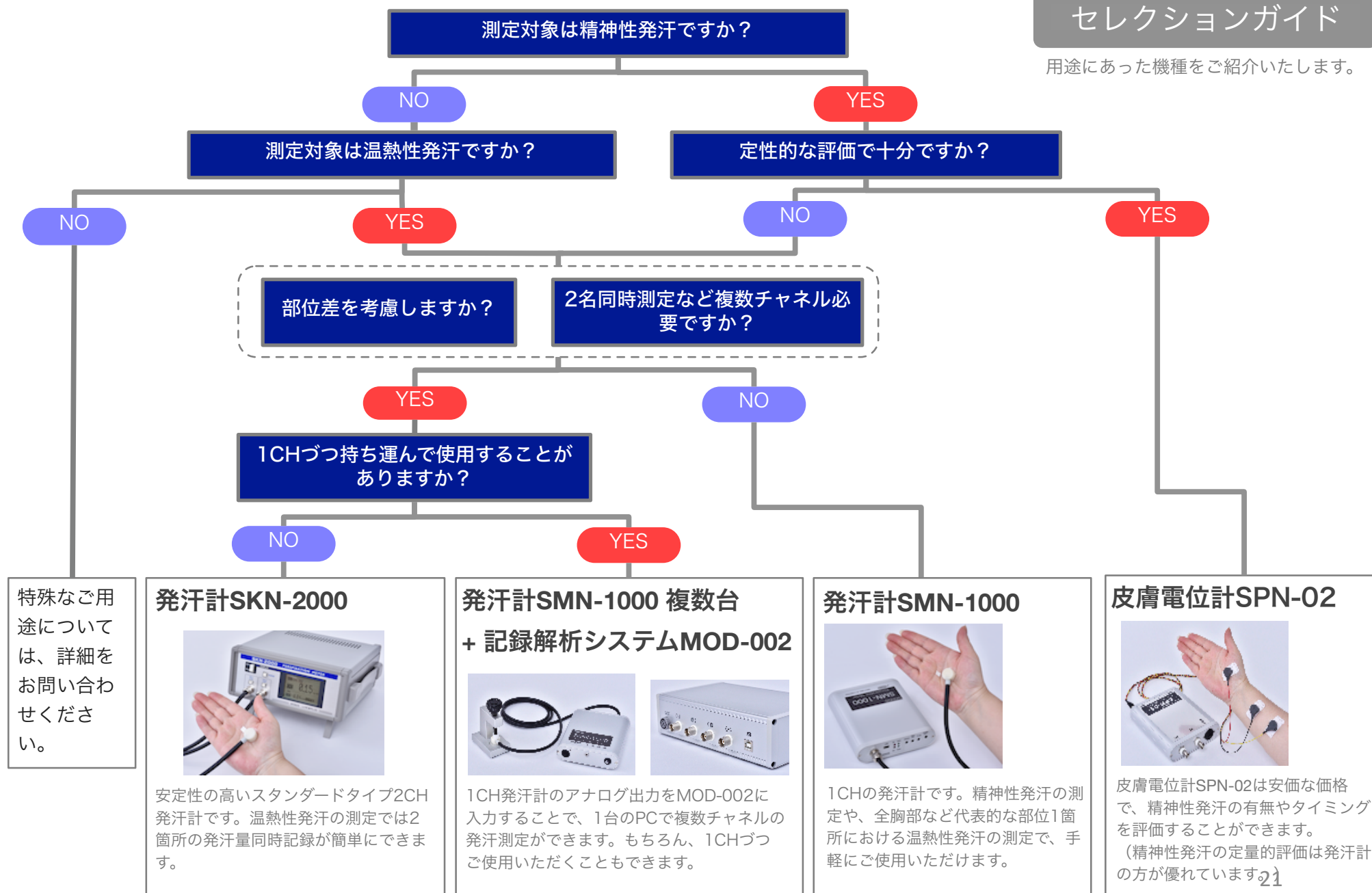
- 皮膚電位水準（SPL：DC～1Hz）
- 皮膚電位反射（SPR：0.1～10Hz）
- 双極誘導により電位を誘導することで、ハム雑音などのコモンモードノイズを低減。



# セレクションガイド

## セレクションガイド

用途にあった機種をご紹介します。



# 発汗の基礎

## 発汗とは？

汗は機能の違いから、  
全身の発汗（温熱性発汗）と手のひらの発汗（精神性発汗）に分けられます。



『精神性発汗』は体温調節に関わらず、情動、精神的ストレスにより手のひら・足の裏から発生します。



『温熱性発汗』は体温を一定に保つための重要な機能です。



汗は、ヒトの情動活動を客観的に理解するための指標であり、かつ、暑熱的快適性の重要なファクターになります。

# なぜ、汗をはかるの？

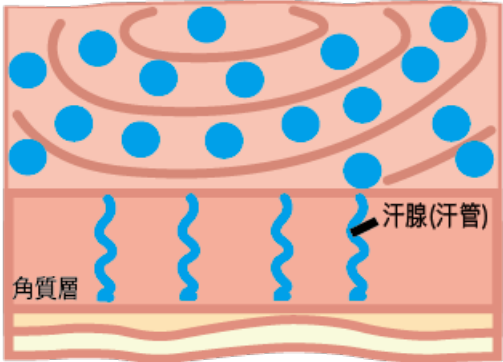
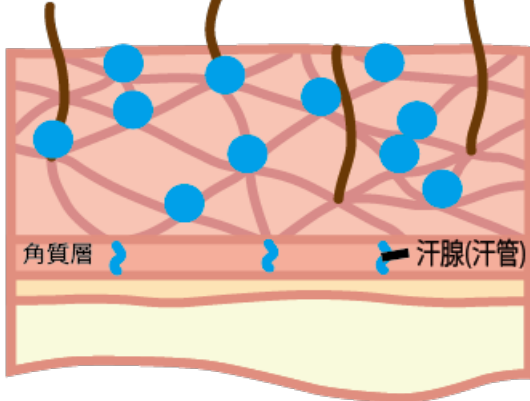
●汗は機能の違いから、主に『精神性発汗』と『温熱性発汗』に分けられます。



精神性発汗



温熱性発汗

|                 |                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                           |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 発生部位            | <p>手掌・足底部（無毛部）の皮膚<br/>●：汗腺開口部</p>  <p>指紋の土手の上に汗腺が並ぶ。発汗により、ものを握るときのグリップを高め、感覚を敏感にする。無毛部は角質層が厚く、汗管が長い。</p> | <p>左記以外の全身（有毛部）の皮膚<br/>●：汗腺開口部</p>  <p>表面に出た汗を素早く広げるため、小皺の底、ことにそれらの交わる部分に汗腺が存在する。</p> |
| 発汗刺激 / 一般的な誘発刺激 | 情動性刺激 /<br>深呼吸・各種感覚刺激・暗算・歌唱・各種心理検査                                                                                                                                                         | 温熱性刺激 /<br>電気毛布・家庭用サウナ・部分温水浴・人口気象室・全身運動負荷                                                                                                                                 |
| 発汗量             | 少ない                                                                                                                                                                                        | 多い                                                                                                                                                                        |
| 発汗潜時            | 短い                                                                                                                                                                                         | 長い                                                                                                                                                                        |
| 生理学的意義          | 防衛反応の効率上昇作用                                                                                                                                                                                | 体温調節制御の効果器作用                                                                                                                                                              |

# 不感蒸泄（TEWL）とは？

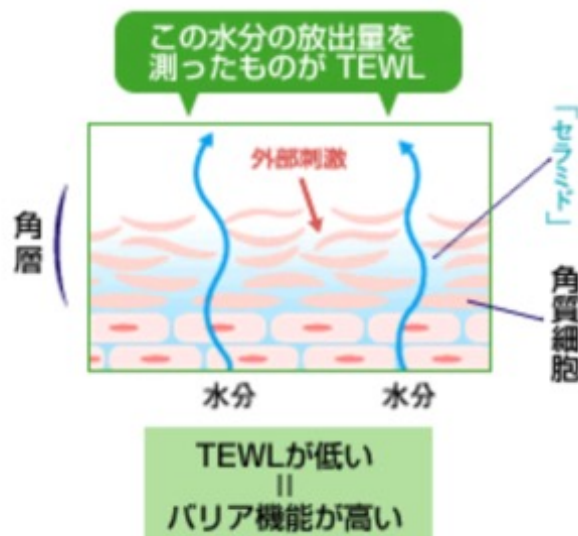
発汗を自覚しない状態でも、皮膚からは極微量の水分が蒸散しています。

ごく微量の水分蒸散のため、弊社発汗計では正しく評価できません。

発汗を自覚しない状態での水分蒸散を、不感蒸泄といいます。

不感蒸泄は、一般的に角質バリア機能の評価指標として用いられています。

皮膚のバリア機能とは、人体にとって大切な水分の蒸発を防ぐこと。  
皮膚から絶えず水分が蒸散している場合、皮膚のバリア機能が弱いと言える。

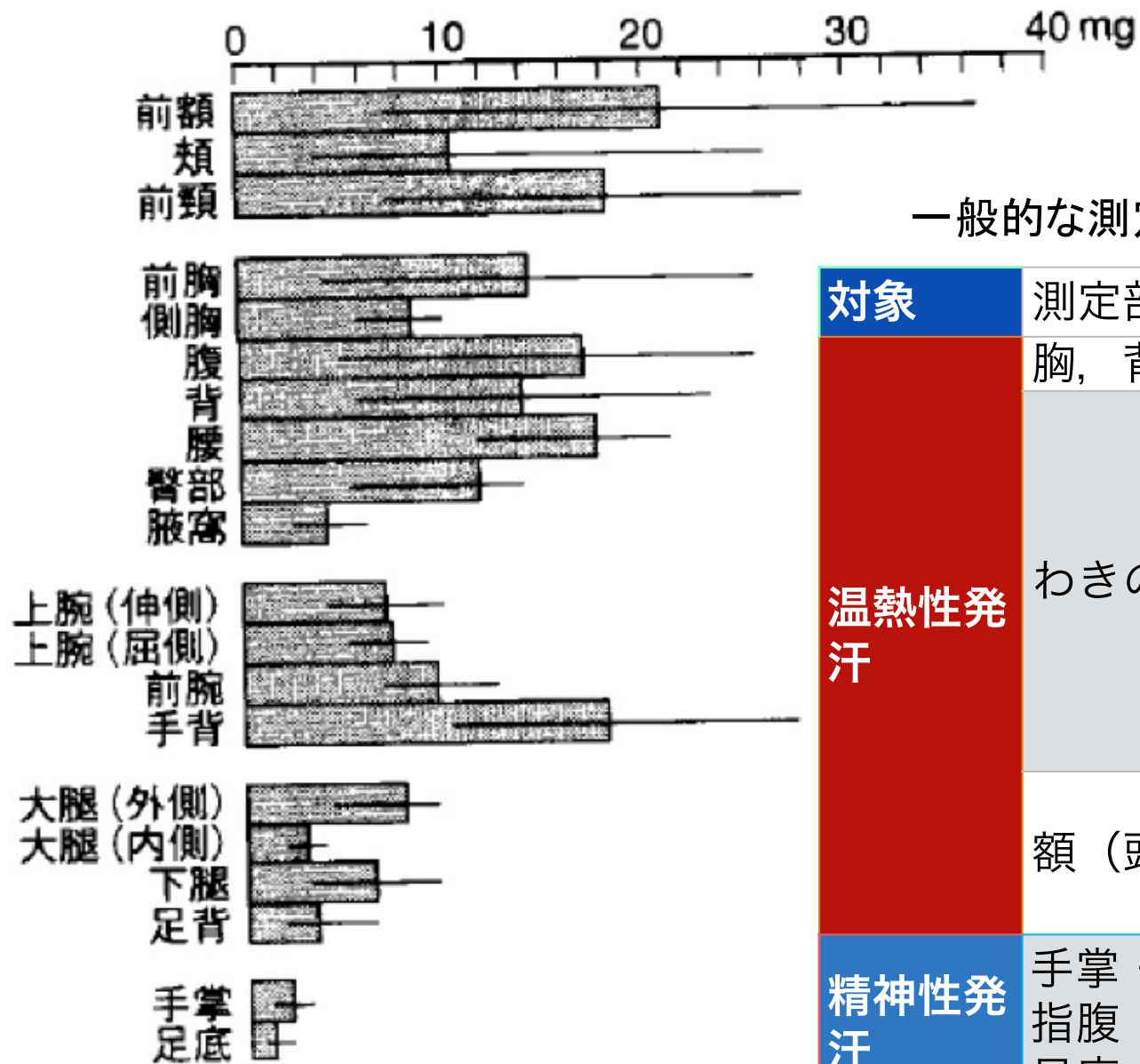


花王HP：  
[http://www.kao.com/jp/binkanhada/skin\\_02\\_06.html](http://www.kao.com/jp/binkanhada/skin_02_06.html)

## 発汗と不感蒸泄

|       | 発汗<br>(温熱性発汗)                              | 不感蒸散      |
|-------|--------------------------------------------|-----------|
| 実態    | 蒸散水分<br>※蒸散しきれないものは水として流れ落ちる<br>(無効発汗という。) | 蒸散水分      |
| 目的    | 熱放散                                        | —         |
| 水分量   | 多い                                         | 少ない       |
| トリガ   | 暑熱負荷                                       | —<br>常に発生 |
| 中枢の関与 | ○                                          | —         |

# 発汗の部位差と一般的な発汗量測定部位



一般的な測定部位

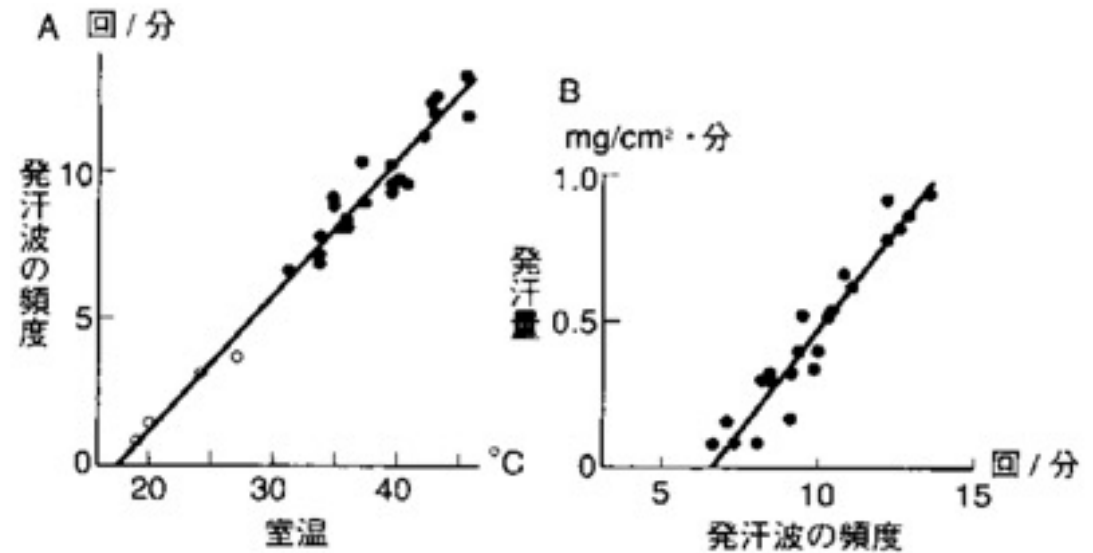
| 対象    | 測定部位              | 特徴                                                         |
|-------|-------------------|------------------------------------------------------------|
| 温熱性発汗 | 胸, 背中             | 発汗量が多い。                                                    |
|       | わきの下              | 比較的早く温熱性発汗が始まるが発汗量は他の部位より少ない傾向がある。あまり暑くないときは他の部位より多いこともある。 |
|       | 額 (頭部)            | 発汗量が多く, 比較的早く温熱性発汗が始まる。                                    |
| 精神性発汗 | 手掌・拇指<br>指腹<br>足底 | 精神性発汗部位                                                    |



# 温熱性の発汗量を左右する要因

## 暑熱的要因

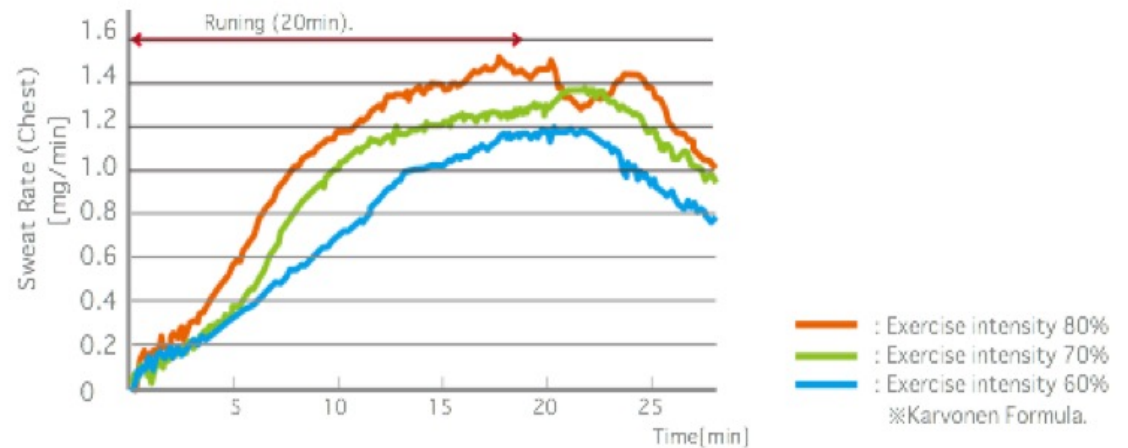
環境温度が高くなるほど  
発汗量が増える。



小川徳雄：汗の常識・非常識,講談社,1998,p31（ブルーボックス）

## 運動量

運動強度（右図は心拍数を  
指標）が強くなるほど、発  
汗量が早く増加し、かつ発  
汗量の総量が多くなる。





# 温熱性の発汗量を左右する要因

## 短期暑熱順化

- 夏の暑さにさらされると、それに適した体温調節機能の変化が起こる。
- 特に発汗機能は季節の影響を受け、冬より夏の方が発汗量が多い（暑熱順化）。
- 暑熱順化が起こると、発汗が出始める体温の閾値が低くなり、発汗量の増え方も多くなる。汗の塩分濃度が減少する。

## 皮膚圧-発汗反射

- 体の片側を圧迫すると、その周辺の発汗量が低下し、反対側の発汗量が増える。

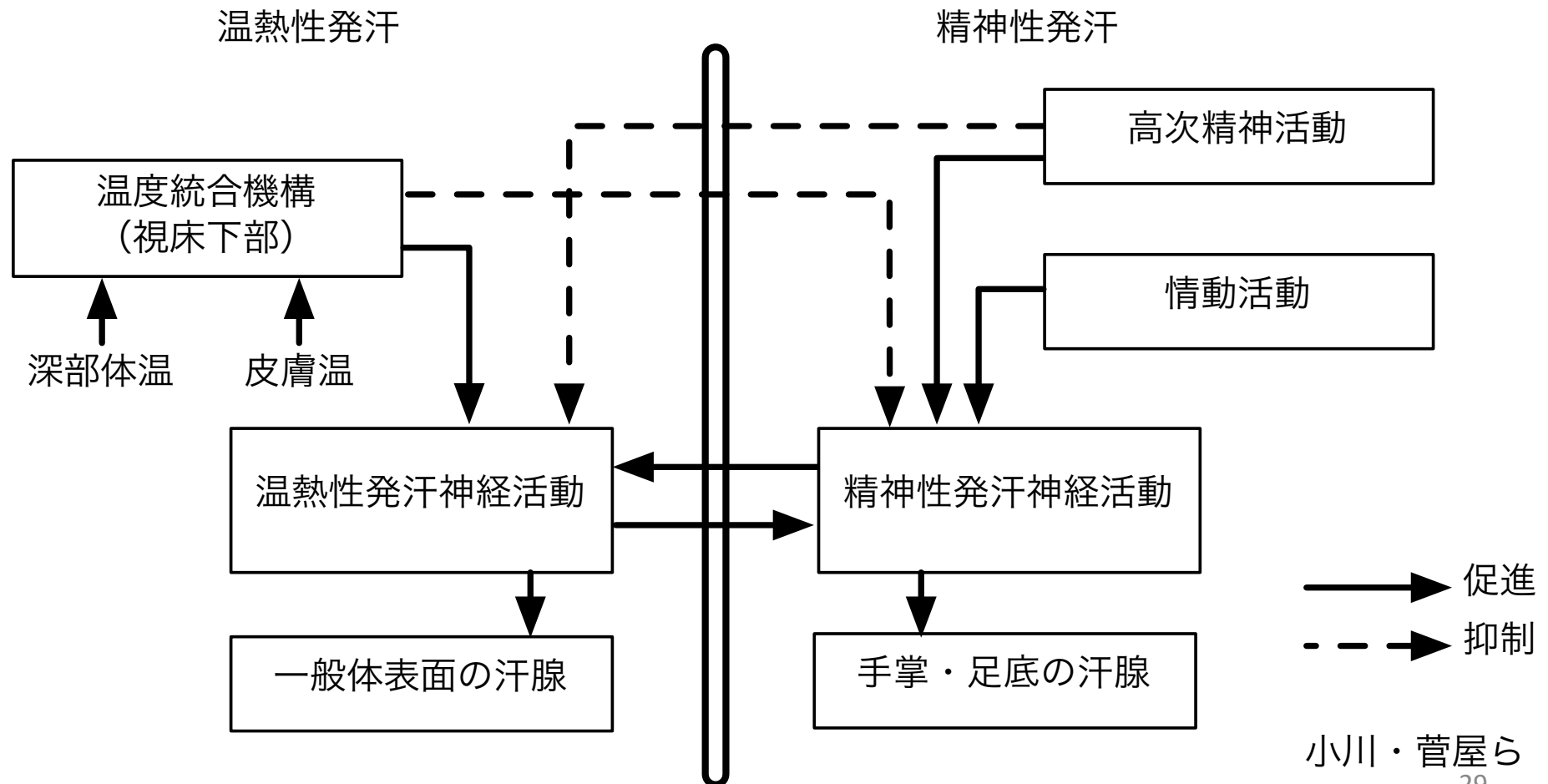


## 汗の多い人、少ない人

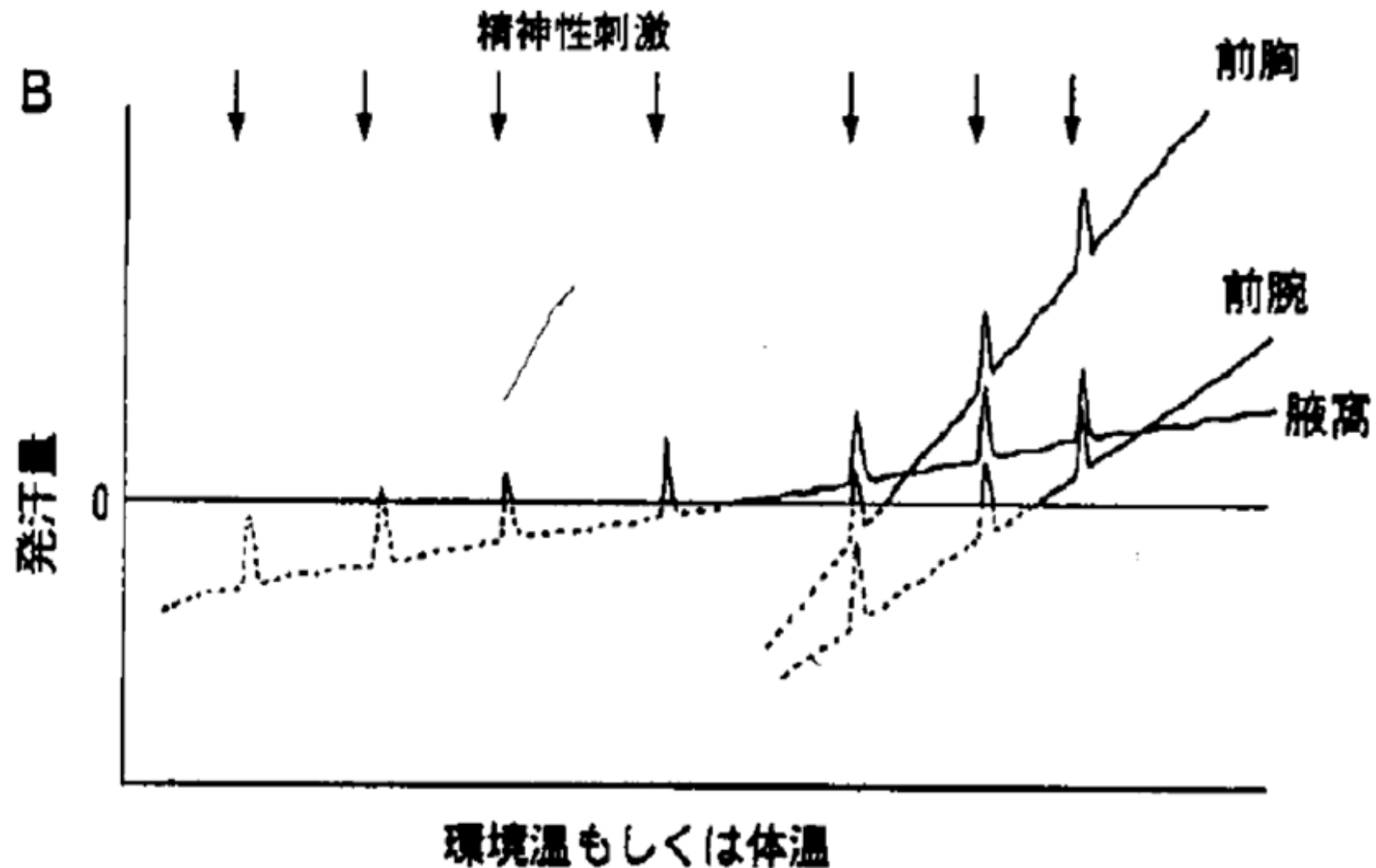
- 熱帯地方の人、スポーツマンなど暑さに慣れた人は、汗が少ない（長期暑熱順化）。
- 男性の方が汗が多い（性差）。
- 高齢者は、汗が少ない（機能低下）。

## 温熱性発汗と精神性発汗の中枢機構

温熱性発汗及び精神性発汗は、それぞれの皮膚領域の汗腺に関連付けられている分離した神経系や中枢機構によって制御されています。



暑熱環境化では、精神性刺激が温熱性発汗に重畳する。

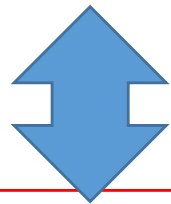


## 感性工学応用



## “汗”は人の体温調節に関わる重要な機能。

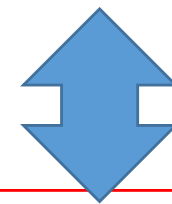
生理学、体育学、健康科学などの大学・研究機関



日常生活の“汗”は  
不快。

服飾・繊維・冷暖房・  
生活環境、制汗剤など

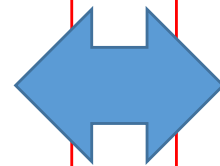
汗を抑える効果のある  
製品は素晴らしい！



運動中や入浴中の“汗”  
は爽快・健康的。

入浴剤メーカー、スポーツ  
ジム、サウナ

汗をたくさんかける製品・  
サービスは素晴らしい！

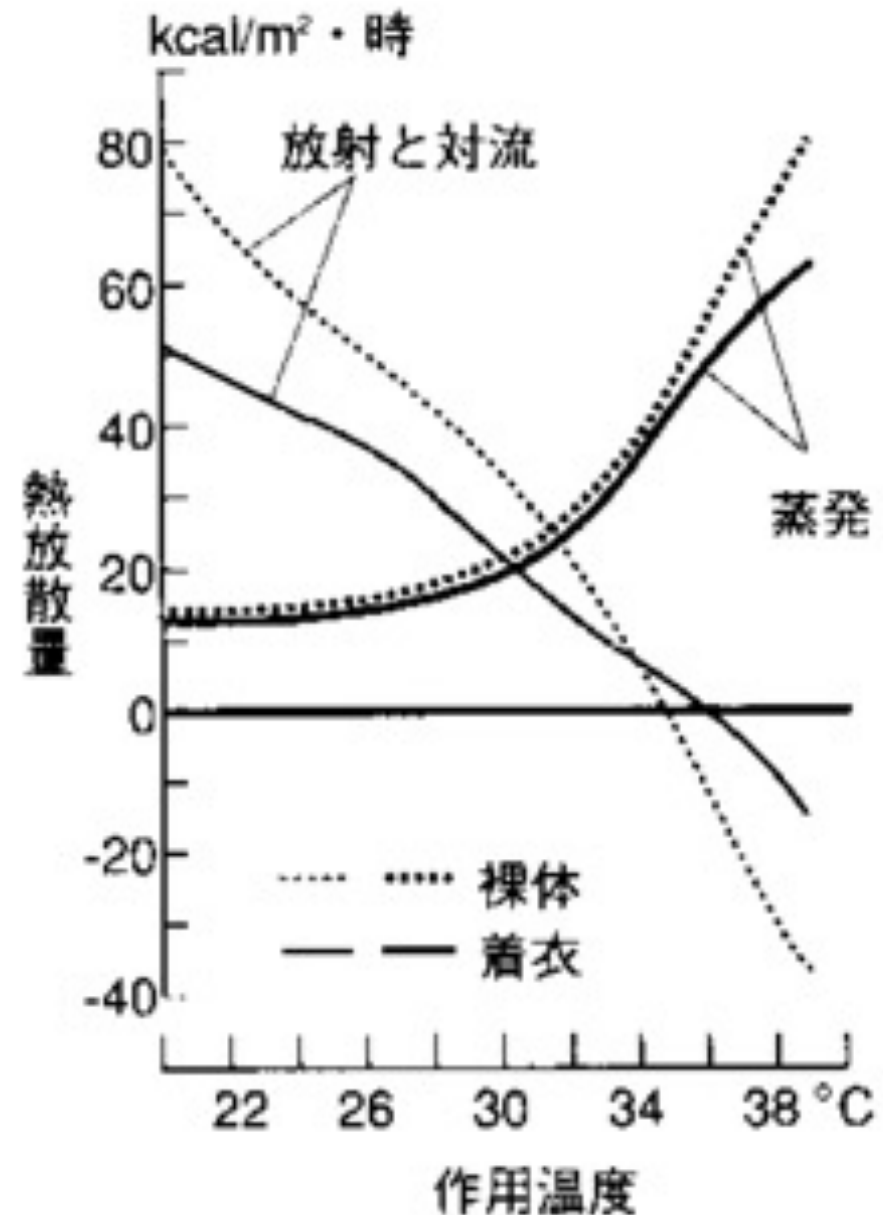


# どのように発汗が起こる？ - ヒトの熱放散機構 -

## ヒトの熱放散

環境温度が低いときは主に放射と対流による熱放散が主役。  
気温が高くなると汗が増え、  
その蒸発によって放出する。

(作用温度は気温、気流、放射熱を考慮した総合指数。)



# どのように発汗が起こる？ - ヒトの熱放散機構 -

## ヒトの熱放散





# “汗の不快感”とは？

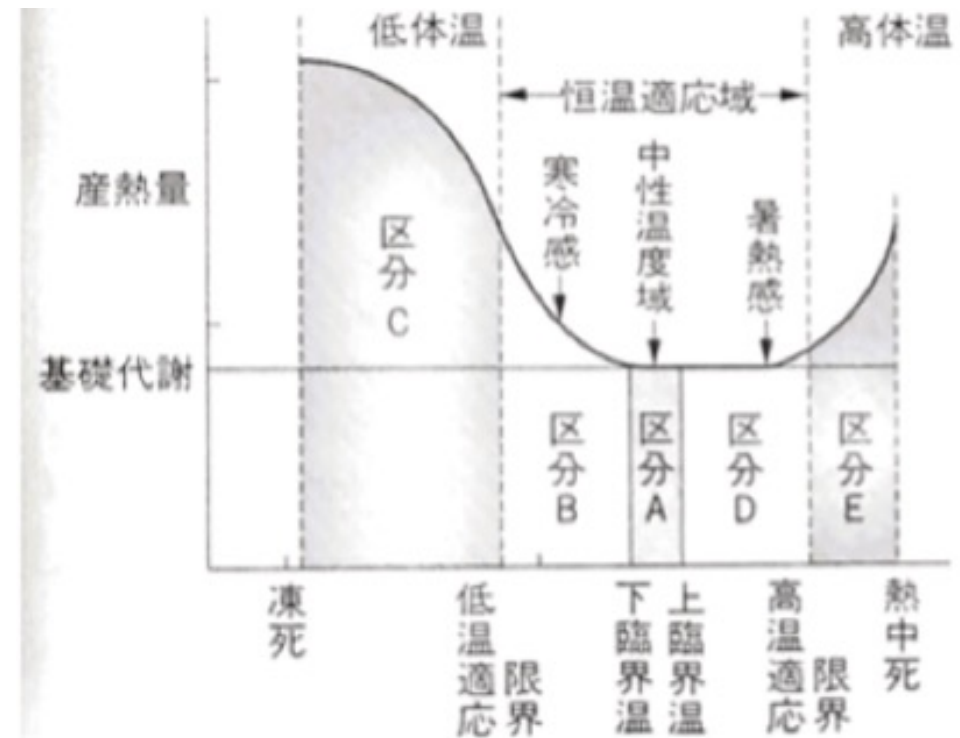
## 暑熱的快適性とは？

一般的に、暑くもなく寒くもない温熱的快適性が得られる環境を中性温度域という。

**中性温度域：安静時の代謝量を最低レベルに維持できる環境範囲。**

**中性温度域内では皮膚血管反応によって皮膚温を変化させ、熱放散量を調節できる。**

汗が出る環境は快適環境ではない（暑熱的ストレスを受けている）。



# “汗の不快感”とは？

## 発汗による不快感

発汗ありの状態 = 暑熱負荷あり  
発汗による濡れ感→不快感

発汗により発生した水分（汗）をどう処理するかによって不快感が増す。発汗にともなう不快感の大部分は、汗が蒸発しきれずに皮膚や衣類を濡らすことが原因である。



松澤咲佳, 岩崎謙次, 飯田健一, 大泉 幸乃：衣料用素材の濡れ感の評価,  
東京都立産業技術研究センター研究報告,第3号,2008,p56-57  
小川徳雄：汗の常識・非常識,講談社,1998,p180（ブルーバックス）

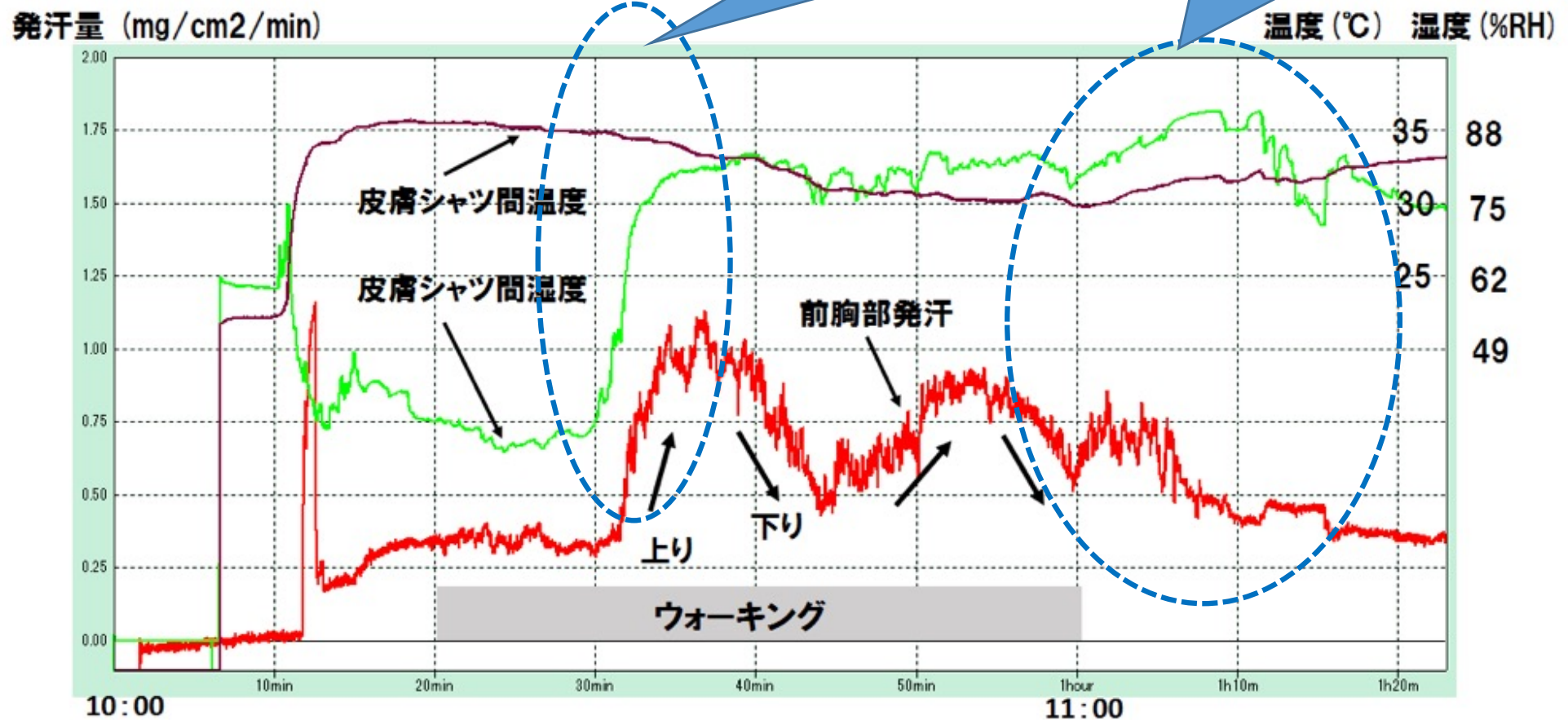
| 前胸部局所発汗量         | 不快状態                              |
|------------------|-----------------------------------|
| 1 [mg/min]程度     | 下着が濡れる程の多汗状態。皮膚の”濡れ感”による不快感が増加する。 |
| 0.5～1 [mg/min]程度 | 汗のかきはじめてあり、暑さを感じている。              |
| 0～0.2 [mg/min]程度 | 不感蒸泄による蒸散が主で発汗はない。                |

## 発汗計の応用

上り坂、下り坂など、行程  
に対応した発汗量の変化  
が確認できます。

上り坂で発汗増加  
衣服内湿度上昇

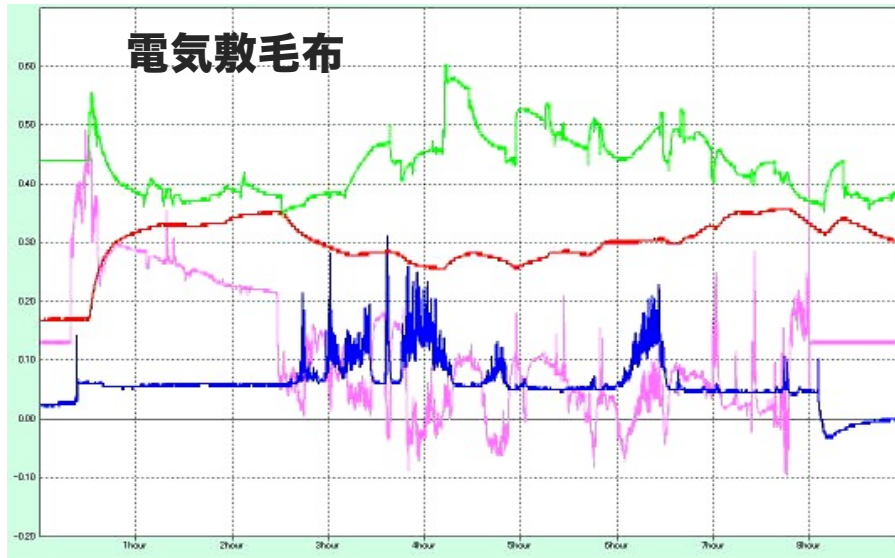
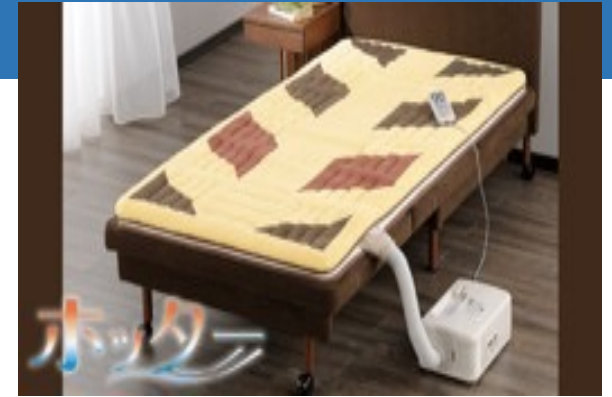
ウォーキング終了で  
発汗低下でも、シャ  
ツ内の湿度は高い  
→不快感が継続。



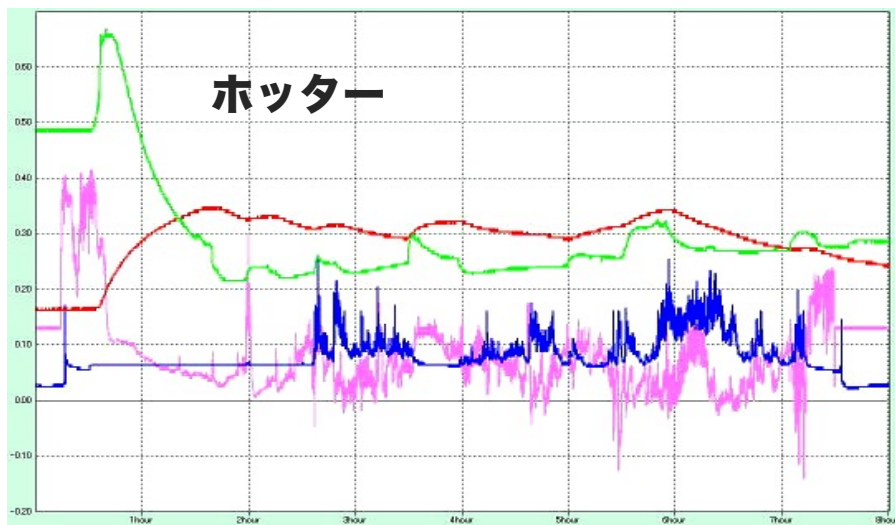
SMN-1200S による計測: ウォーキング中の発汗量、皮膚-シャツ間温度、湿度の測定

2017. 5. 27 (綿シャツ着用 平均気温21.5°C 平均湿度48. 8%RH)

## 丸八眞綿“ホッター” (中に風を送る機構が入った敷布団) の寝心地評価



普通の電気敷き毛布で寝た場合、温度は一定に保たれるものの、発汗に伴って布団内の湿度が上昇し、寝心地が悪い。



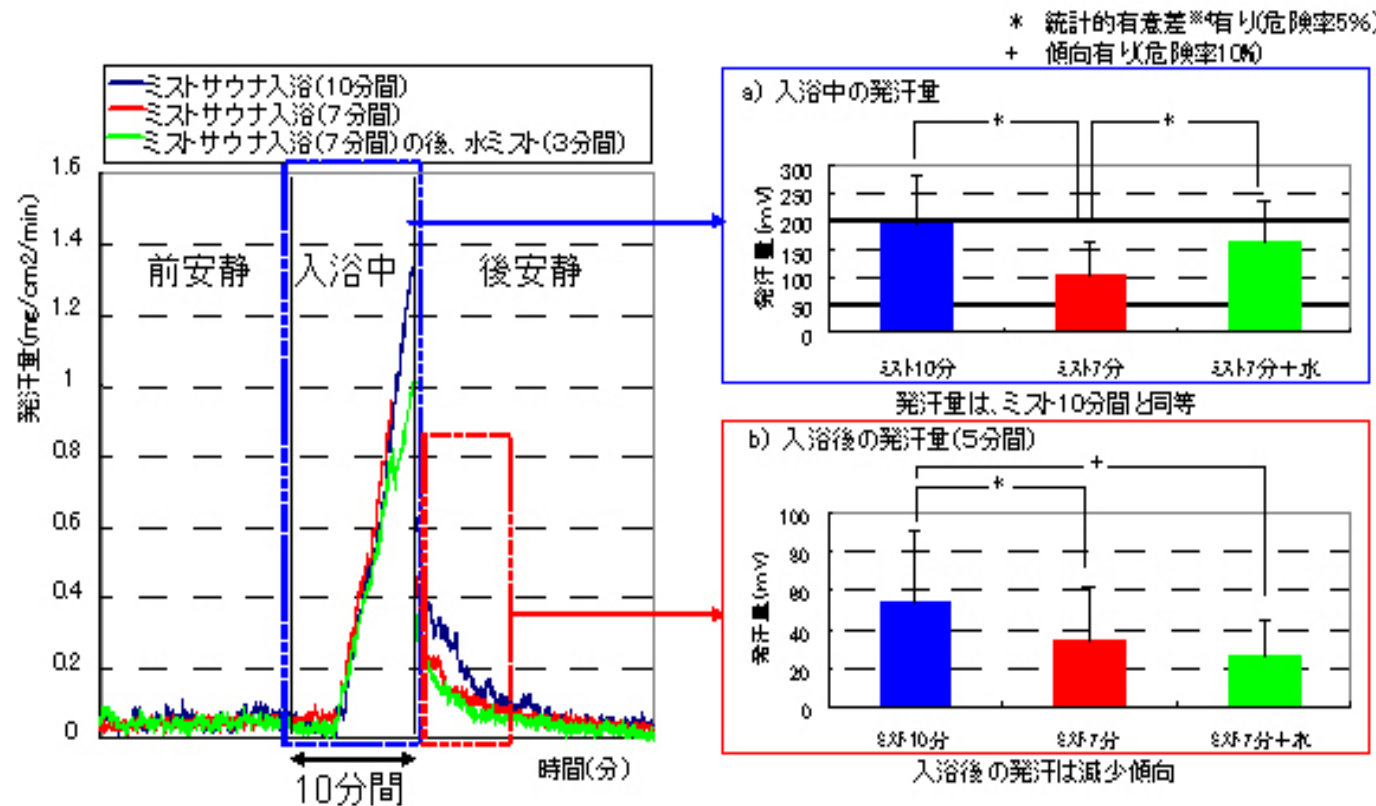
布団内に温風が送風されるため発汗があっても、湿度上昇は認められず、寝心地がよい。

- : 大腿部発汗
- : 皮膚電位
- : 布団内温度
- : 布団内湿度

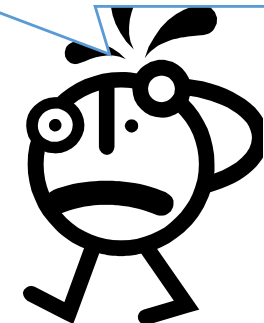


## 浴室温度40℃でミストサウナを7分浴びた後、水ミストを3分浴びる夏のおススメ入浴法。

- 夏場ではミストサウナ7分と水ミスト3分で十分に発汗。
- 水ミスト3分により、ミストサウナ入浴後は、発汗量と心拍数の増加が抑えられる。



生体反応の計測  
で製品機能・性  
能の裏づけがで  
きます。



## 発汗作用

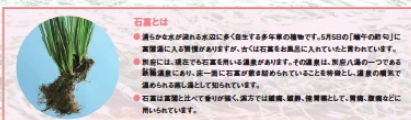
入浴時に使用することで発汗作用を助け、新陳代謝を促します。

化粧品用エキス剤

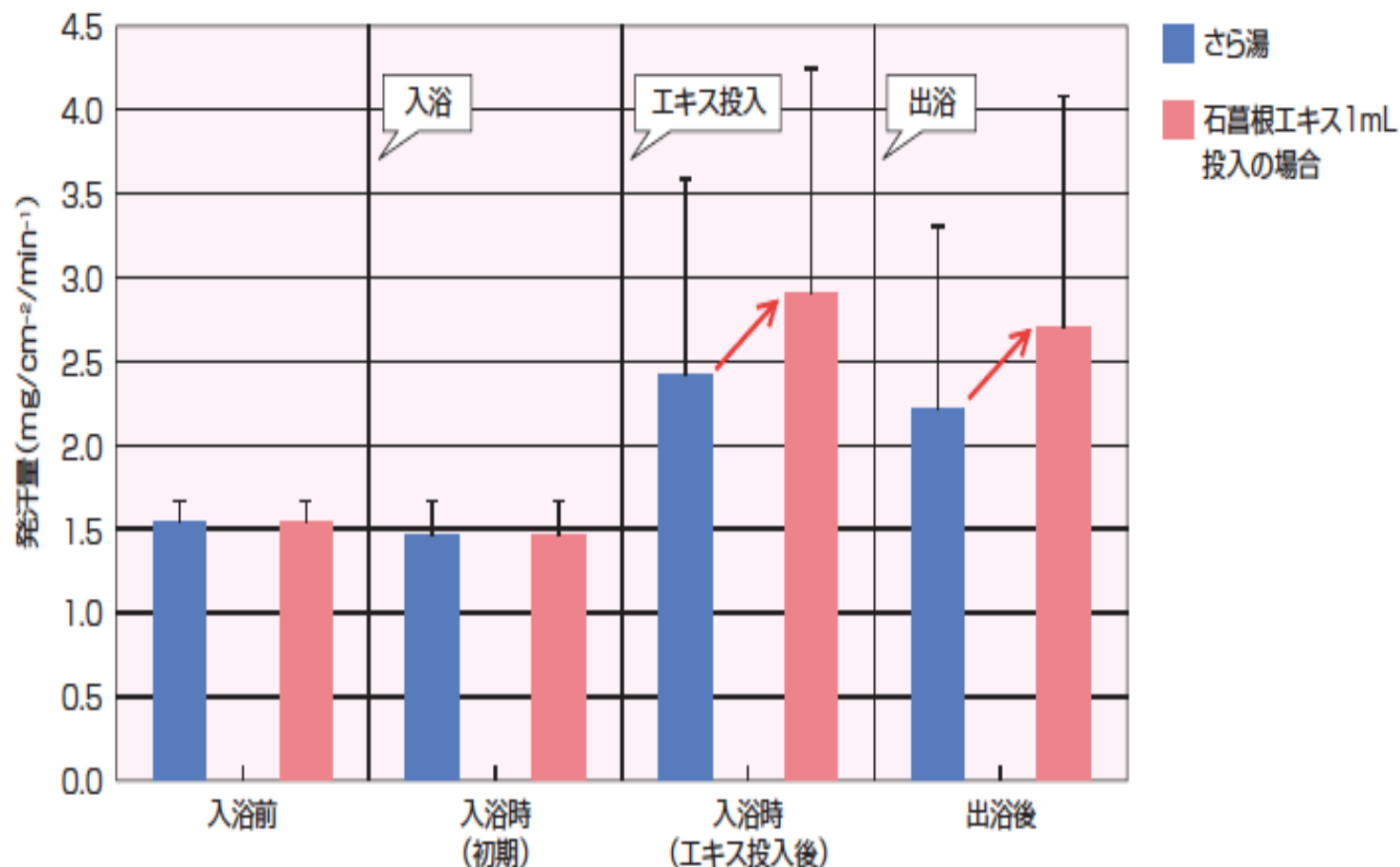
セキショウコン  
**石菖根エキス**



発汗、血行促進作用に優れたエキスです。



OGAWA  
Flavor & Fragrance



小川香料様：セキショウコンカタログ

## 精神性発汗の応用





手のひらの汗、とは？

人の祖先である猿が、  
**天敵に遭遇し、  
危険を感じたとき**

手のひらの発汗は、ストレス・危険認知や退避行動との関連が深いことが古くから知られている。

手足のグリップを高めて  
素早く逃げるために  
獲得したもの。



現代人では…



**危険認知・ストレス**  
に対する反応として受け継がれて  
いる。

弊社の技術は、手のひらの発汗を可視化する唯一の技術。

# 精神活動と手のひらの発汗

## 記憶の想起と精神性発汗

精神性発汗現象は、脳の扁桃体・海馬・大脳辺縁系・前頭前野を中心とする情動反応の極めて簡易で有用な指標になることが人の脳波のモーメント解析を用いた研究により証明されています。

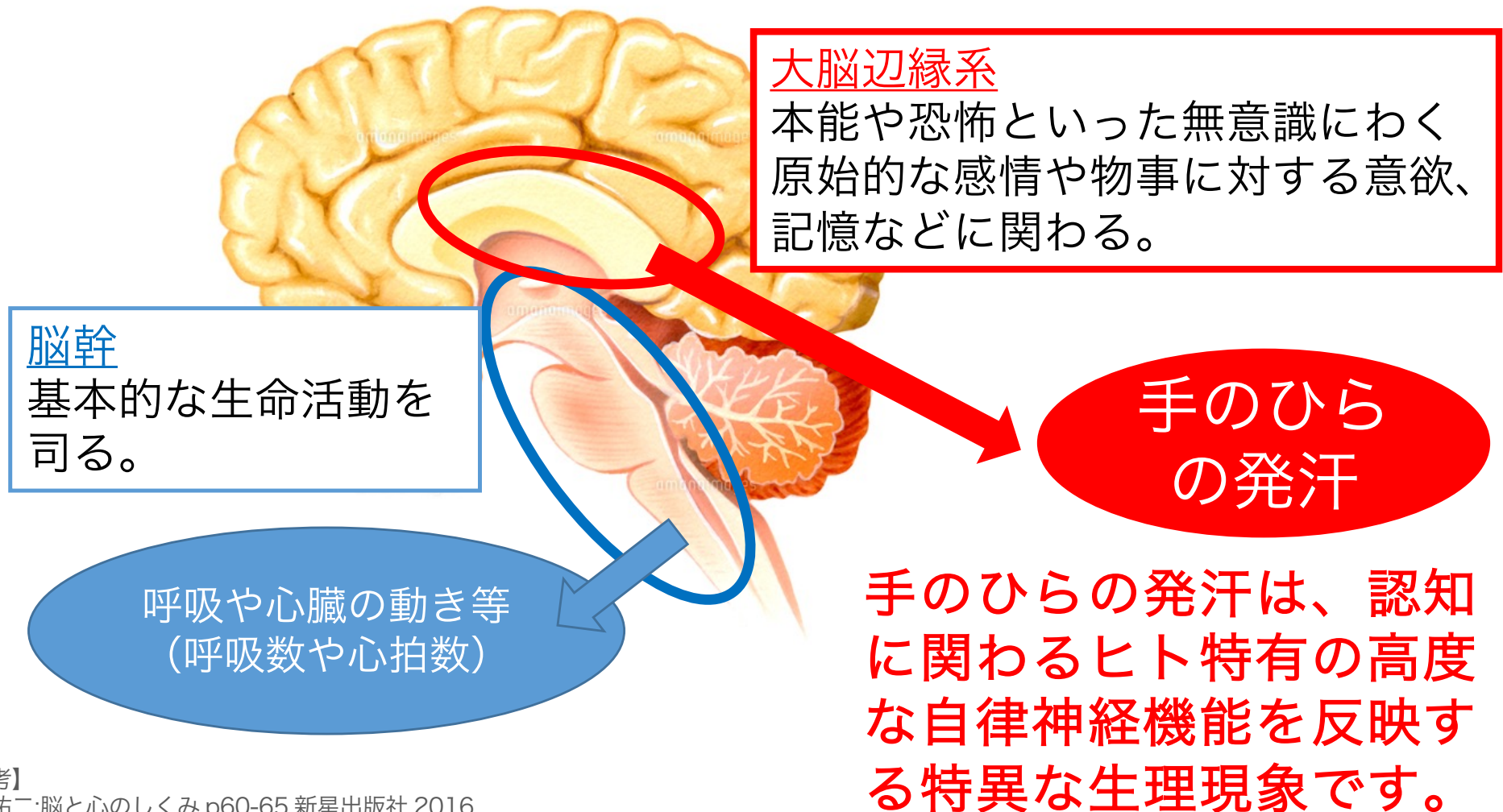
暗算や記憶を想起させた時に現れる精神性発汗反応を誘発する脳内電源発生源を追跡した。

暗算または記憶想起によって皮膚交感神経活動が生じ、それから精神性発汗反応が誘発されることが確認された。精神性発汗刺激によって発汗反応の5秒前にhippocampus（海馬）側面、amygdala（扁桃体）中央部に電源が認められた。

S. Homma et al: Intracerebral source localization of mental process-related potentials elicited prior to mental sweating response in humans, Neuroscience Letters 247 ,25-28,1998

## 手のひらの発汗の特徴

手のひらの発汗は、情動、意識、注意、認知といった高次脳機能が関与し、大脳辺縁系（扁桃体、海馬）や前頭葉などが関係して出現すると考えられています。



### 【参考】

池谷祐二:脳と心のしくみ,p60-65,新星出版社,2016

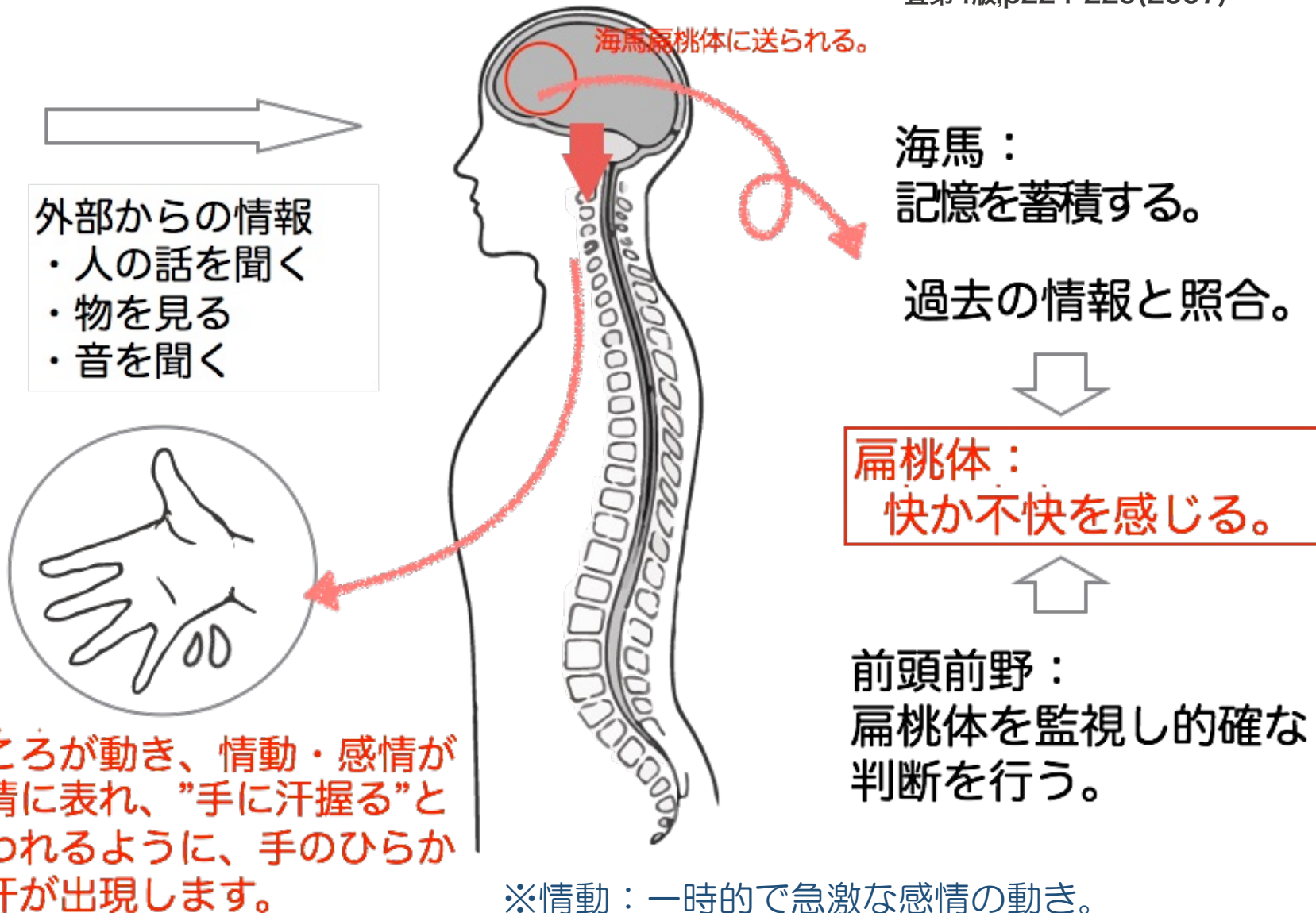
日本自律神経学会：自律神経機能検査 第5版,P260-263,文光堂,2015

# 汗が出た！ = 情動反応、危険認知・ストレス反応があった！

## 大脳新皮質 ・ 感覚情報の処理

池谷裕二:脳と心のしくみ,p112-113,新星出版社  
(2016)

大橋俊夫:温熱性・精神性発汗試験,自律神経機能検査第4版,p224-229(2007)

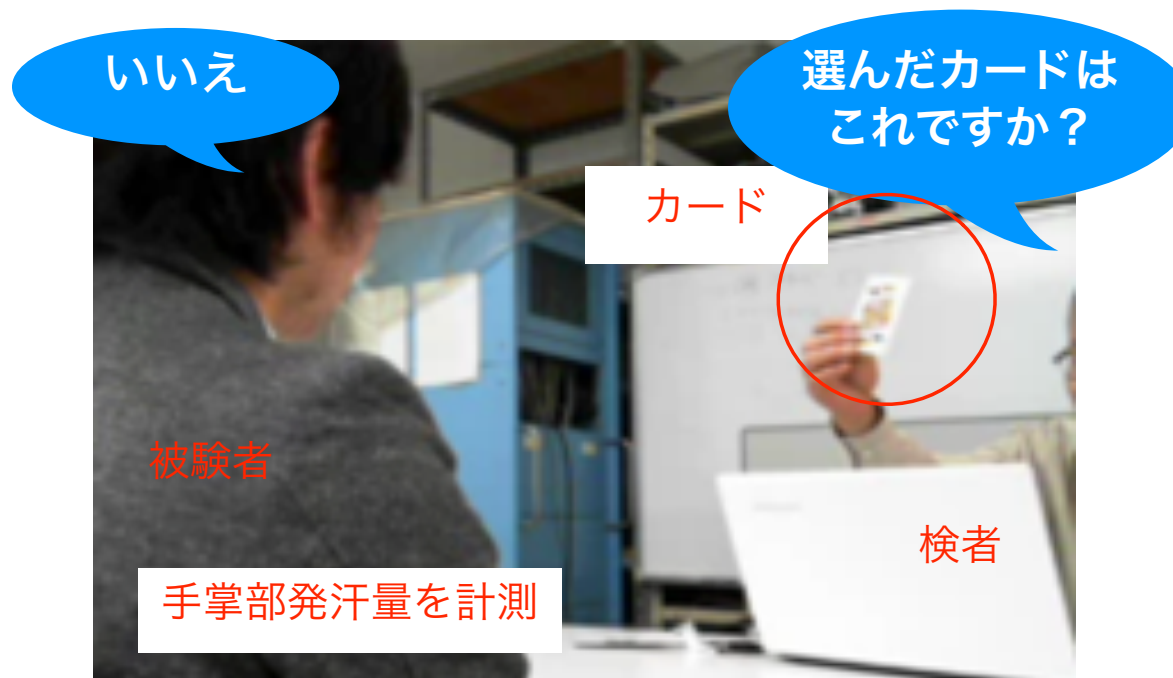


※情動：一時的で急激な感情の動き。  
人の行動は情動にコントロールされているとも言われている。

## 簡単な精神性発汗の測定実験（NOテスト）【生理学】

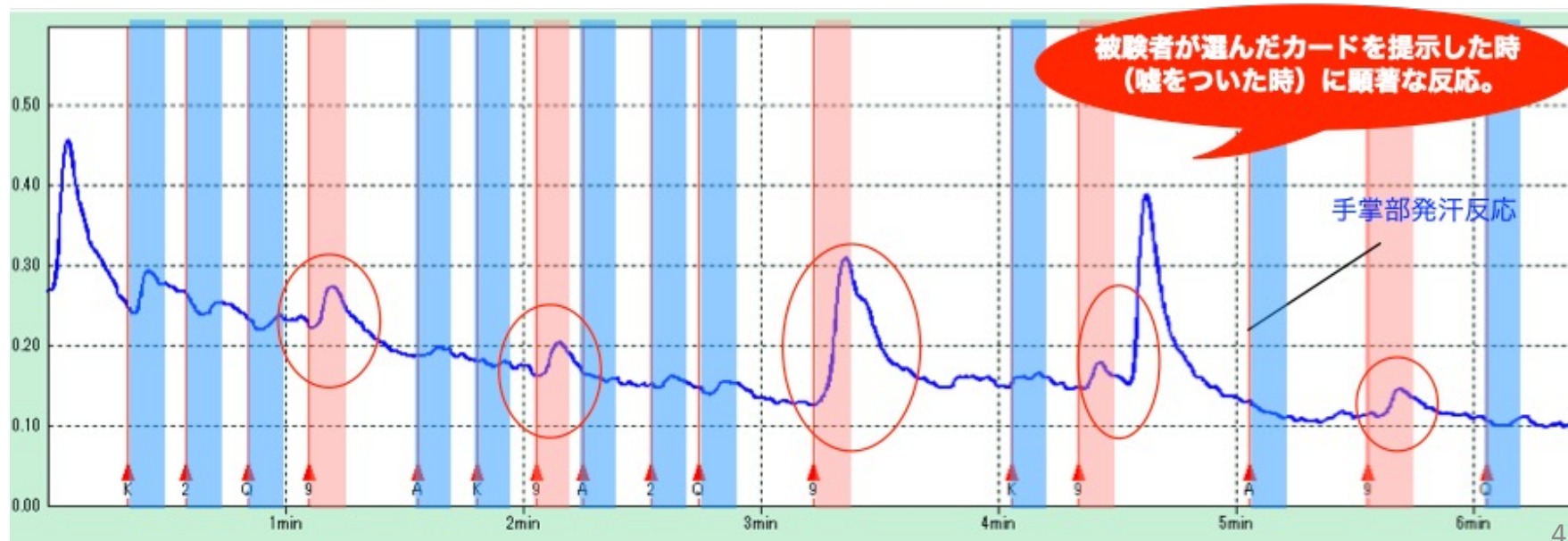
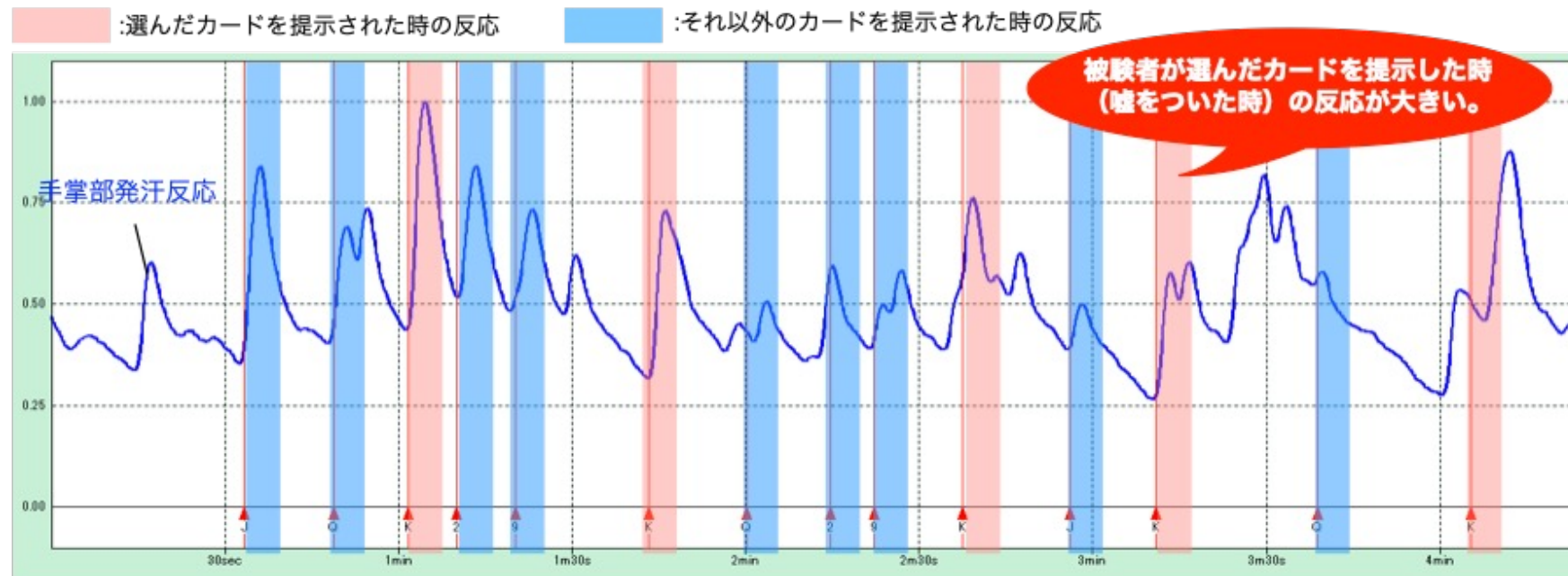
被験者の手掌部発汗を測定し、以下の手順でテストを進める。

- ① 被験者は5枚のカードを選択から1枚を選択。
- ② 選んだカードを1枚ずつ被験者に提示し、"選んだカードはこれですか"と聞く。
- ③ 被験者は、提示されたカードが選んだカードであっても、そうでなくても "いいえ（NO）" と答える。（自分が選んだカードの時だけ嘘をつくことになる。）
- ④ ③を繰り返し、"いいえ（NO）"と答えたときの手掌部発汗反応量の大きさから選んだカードを言い当てる。

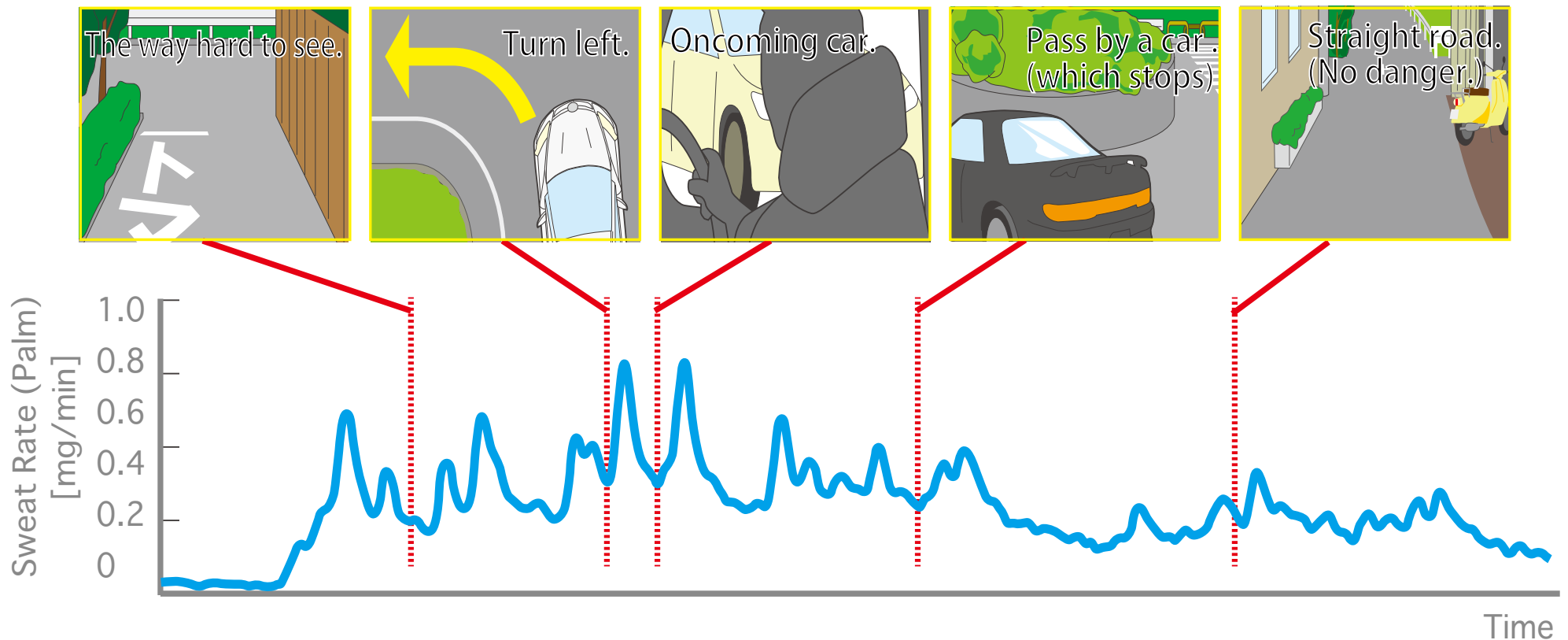




# 簡単な精神性発汗の測定実験（NOテスト）【生理学】



危険を予測したり、感じたりした時、瞬時に手のひらに汗が出現します。



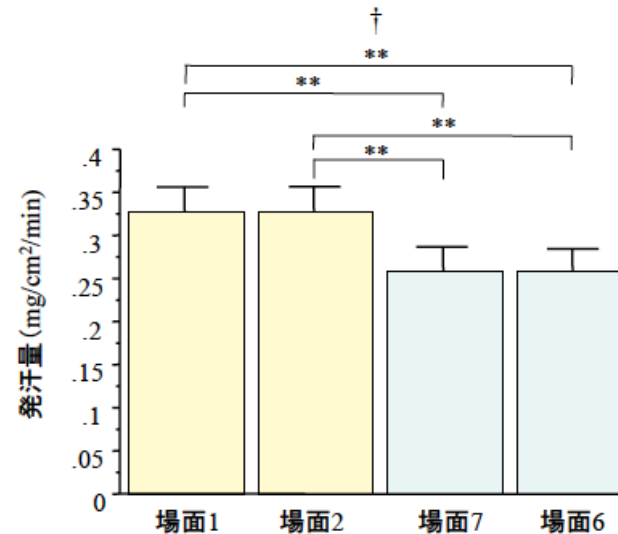
手のひらの発汗は、感度が高く、応答が早い。  
→危険認知の状況が簡便に評価できる。



# 運転中、危険や危険が予測されるシーンにおける手のひらの発汗

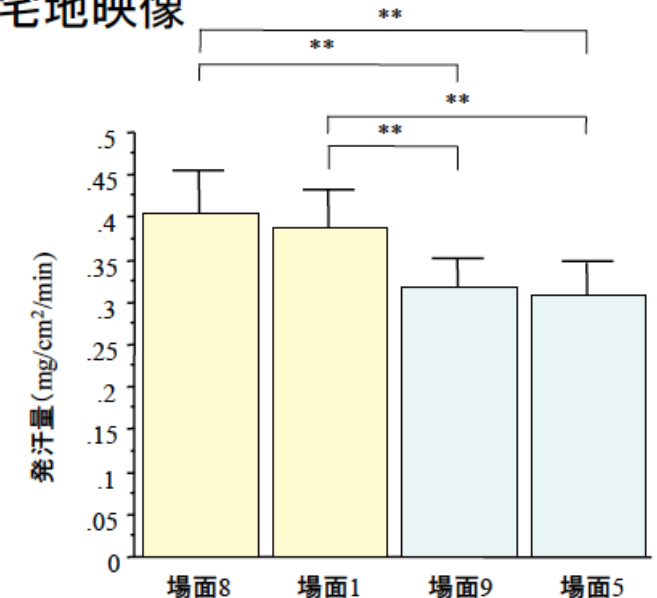
ドライブシミュレータを用いた実験により、自動車運転中、危険なシーンや危険を予測するシーンで、手のひらの発汗が顕著に増加することが確認されました。

市街地映像



場面1: 右折前の車線変更(対向車あり)  
場面2: 停車中の車両(トラック)追い越し  
場面7: 一時停止  
場面6: 障害物のない直進走行

住宅地映像



場面8: 歩行者の飛び出し  
場面1: 見通しの悪い十字路通過  
場面9: 一時停止(通行車両の確認)  
場面5: 一時停止

n=30, mean ± SE, Friedman test : †p<0.01, : ‡p<0.0001, Wilcoxon test : \*\*p<0.01

複雑な交通環境の中、危険を回避し安全運転を遂行するドライバーの手のひらからは、頻繁に汗が出現しています。

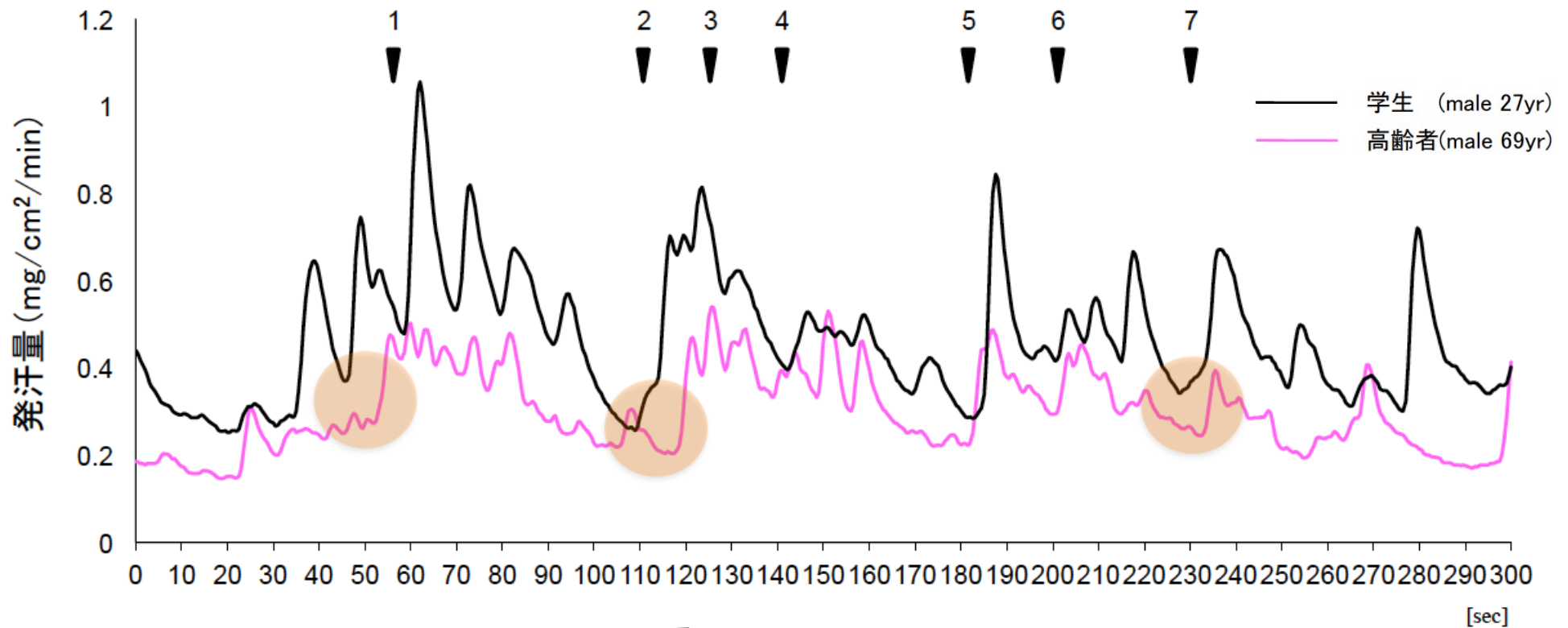
では、反対に運転中に手のひらの発汗が出現しない状況は??

## 【参考】

Risa Takahashi a, Masayoshi Kobayashi , Tsutomu Sasaki , Yoshiharu Yokokawa , Hideya Momose , Toshio Ohhashi (2017) : Driving simulation test for evaluating hazard perception:Elderly driver response characteristics. Transportation Research Part F 49 ,257-270

# 研究用としての利用例

1. 歩行者すれ違い
2. 見通しの悪い交差点左折
3. 右カーブ
4. 左カーブ
5. ボール飛び出し
6. 見通しの悪い交差点左折
7. 歩行者飛び出し



高齢者では、発汗の反応が遅れる。→危険認知の速度に違い？

# 地震シミュレータ時の手掌部発汗

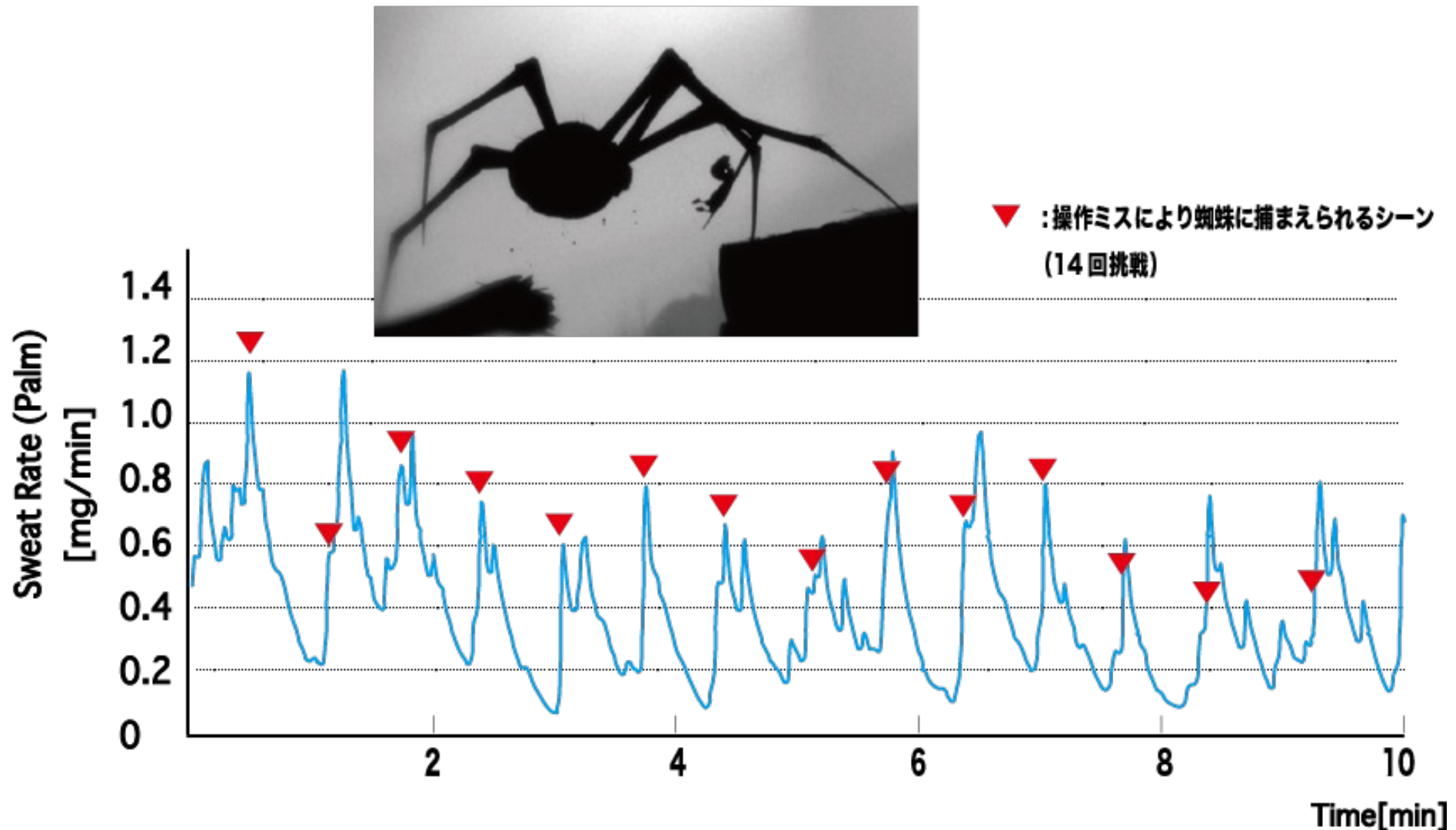
NIKKEN  
EXPERIENCE, INTEGRATED

地震の際の揺れを模擬し、耐震・免震設計に生かす研究を実施。手掌発汗により揺れの心理的影響を可視化。



# アクションゲーム中の精神性発汗

アクションゲームプレイ中の精神性発汗測定例：  
操作ミスに対応した発汗量の変化がみられます。



**生活場面における情動変化や情動的体験を伴う記憶の想起によって手掌部発汗が一過性に増加することが確認されている。**

小林正義,富岡詔子,牛山喜久,大橋俊夫:ヒトの心理・気分・情動と手掌部発汗現象,Vol10.No2(2003)

M. Kobayashi et al (2003) Arithmetic calculation, deep inspiration or handgrip exercise-mediated pre-operational active palmar sweating responses in humans, Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical 104 , 58-65

N. Tomioka et al (2005) Effects of exercise intensity, posture, pressure on the back and ambient temperature on palmar sweating responses due to handgrip exercises in humans , Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical 118 , 125-134

**各精神疾患患者の不安エピソード想起や精神的負荷時の精神性発汗記録も行われており、特徴的な発汗反応が得られることが報告されている。**

大橋俊夫,宇尾野公義編:精神性発汗現象-測定法と臨床的応用-,ライフメディコム,p75-86(1993)



- 手掌部発汗は脳幹より高位の中樞神経系で調節されており<sup>1)2)</sup>、情動と関係の深い扁桃体・海馬・大脳辺縁系が関与して出現することが証明されている<sup>3)</sup>。
- 生活場面における情動変化や情動的体験を伴う記憶の想起によって一過性に増加することが確認されている<sup>4)</sup>。
- 各精神疾患患者の不安エピソード想起や精神的負荷時の精神性発汗記録も行われており、心理テストの客観的データとして活用できる可能性が示されている<sup>5)</sup>。
- 一般的な会話で正常な反応がみられる小児について、母親に関する話題に対してのみ一過性の大量発汗がみられ、母親に対する心理的問題明らかとなった症例などが報告されている<sup>6)</sup>。特に小児・障害を持つ方などストレスを言語化しにくい方々を対象とした精神科診療の導入としても当該発汗計測技術の応用が期待される。

1) Ohhashi T, Sakaguchi M, Tsuda T: Human perspiration measurement(Topical Review). *Physiol Meas*, 19:449-461(1998)

2) 大橋俊夫：温熱性・精神性発汗試験,自律神経機能検査第4版,p224-229(2007)

3) Honma.s et al, *Neurosci. Lett.*, 305:1-4(2001)

4) M. Kobayashi et al :Arithmetic calculation, deep inspiration or handgrip exercise-mediatedpre-operational active palmar sweating responses in humans, *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical* 104 , 58-65 (2003)

5) 大橋俊夫,宇尾野公義編:精神性発汗現象-測定法と臨床的応用-,ライフメディコム,p75-86(1993)

6) 四宮滋子:精神科領域における精神性発汗現象の臨床応用,発汗学Vol.6 No.1,p38-43(1999)



## 【補足】精神科領域での応用実績

不安、恐怖、怒りなどの情動や精神的葛藤に伴う自律神経機能変化を捉えることができる。安静時の発汗反応が不安定であったり、負荷に対する反応発汗量が多い場合は交感神経機能亢進状態を示し、こうした結果は神経症または心身症的傾向を示すとの報告がある。

（松村：自律神経機能検査）

精神性発汗検査は精神分裂病性障害や感情障害その他さまざまな精神障害においても、心理テスト等と組み合わせて用いることにより、興味ある情報が得られる検査法である。

面接中にみられる発汗現象には、次のような特徴がある。

①発汗量の急激な増加は、不安。緊張状態を示す。増加した発汗量が抑制されずに持続したり、自律的に興奮反応を反復する場合は、不快で制御困難な精神または身体症状として患者自身によって自覚される。

②無反応

1)部分的無反応(特定の問題に対してのみ反応が起こりにくい)の場合、発汗が起こりにくいその問題内容こそ患者の意識または前意識の中で抑圧されているストレスである可能性が高い。

2)全般性無反応(どのような負荷刺激に対しても明瞭な反応が認められない)は、刺激認知の問題あるいは感応性の低さを示唆する。全般性無反応は、自閉傾向・意欲鈍麻が目立つ精神分・裂病、重症うつ病、痴呆そして失感情症などでしばしばみられる。

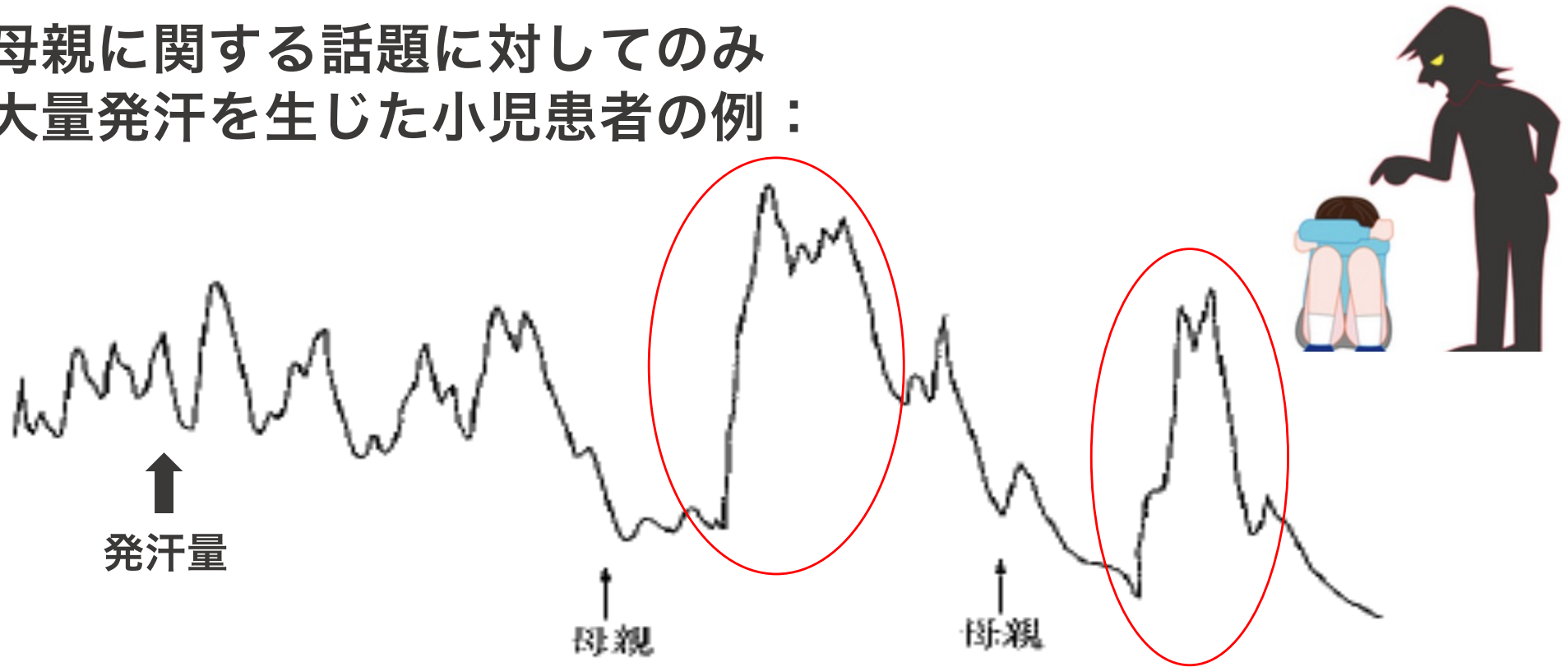
（四宮：精神性発汗現象—測定法と臨床的応用—）

各種ストレスに対する身体の反応性をみる方法として、これまで脈拍や血圧、血中カテコラミンなどのホルモン測定が用いられてきた。精神性発汗を手軽に測定できるようになって、心身相関を知る手段がさらに広げられたと言える。K—SCTを用いた発汗反応の検討では、感情や思考のより細かい動きによって発汗が制御されていることが推察された。心身症における発汗反応の検討では、発汗が精神病理学的な診断や経過判定の指標のひとつとして用いられる可能性が示された。

（稲光：精神性発汗現象—測定法と臨床的応用—）

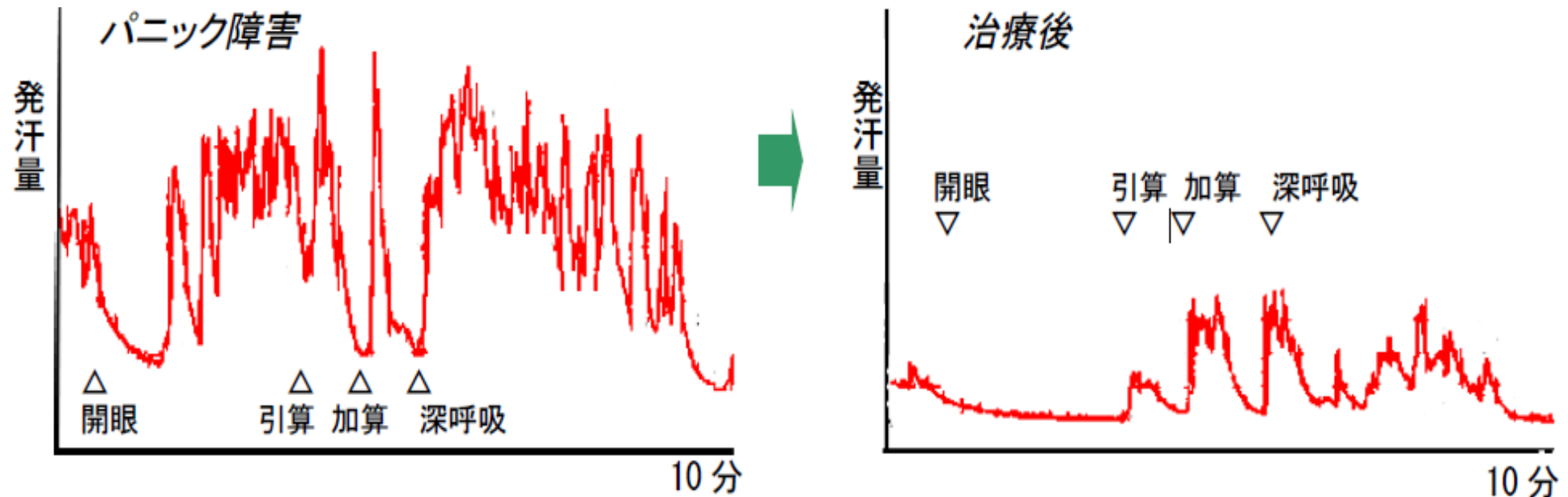
# 研究用としての利用例 【精神科】

母親に関する話題に対してのみ  
大量発汗を生じた小児患者の例：



発汗検査により母親に対する心理的な問題が明らかに。  
虐待、いじめ… 子どもの心理的問題は、手のひらの汗に現れます。

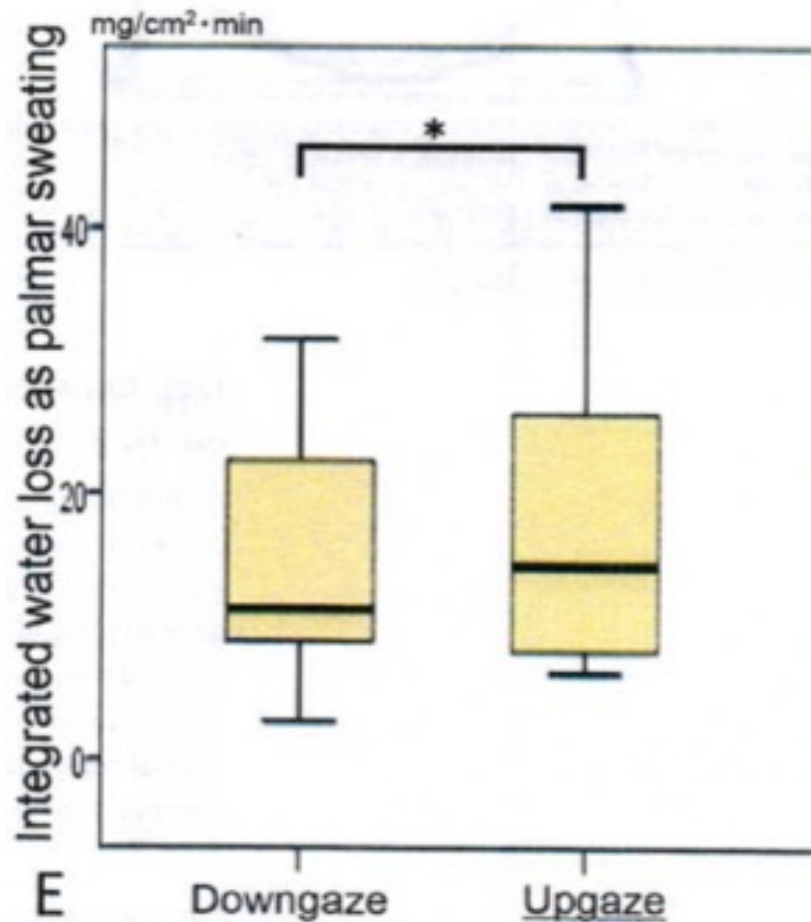
精神性発汗検査は、患者の心身に負担をかけずに行なえる検査法であるため、心理検査とは異なる側面から客観的データが得られ、簡易心理検査と複雑な心理検査の間を埋める検査法として、精神科領域でさまざまな応用法が考えられる。



局所発汗計によるパニック障害患者の発汗量測定

精神科領域における精神性発汗現象の臨床応用（四宮滋子：発汗学Vol6,1999）

パニック障害：アルプラゾムによる治療経過と精神性発汗の変化について（増村ら）



眠くなったりやる気がない時、まぶたは下がる。反対に、緊張したり集中したりしている時は、まぶたは大きく開いている。

精神性発汗は、そのようなまぶたの状態と相関が深いことが確認された。

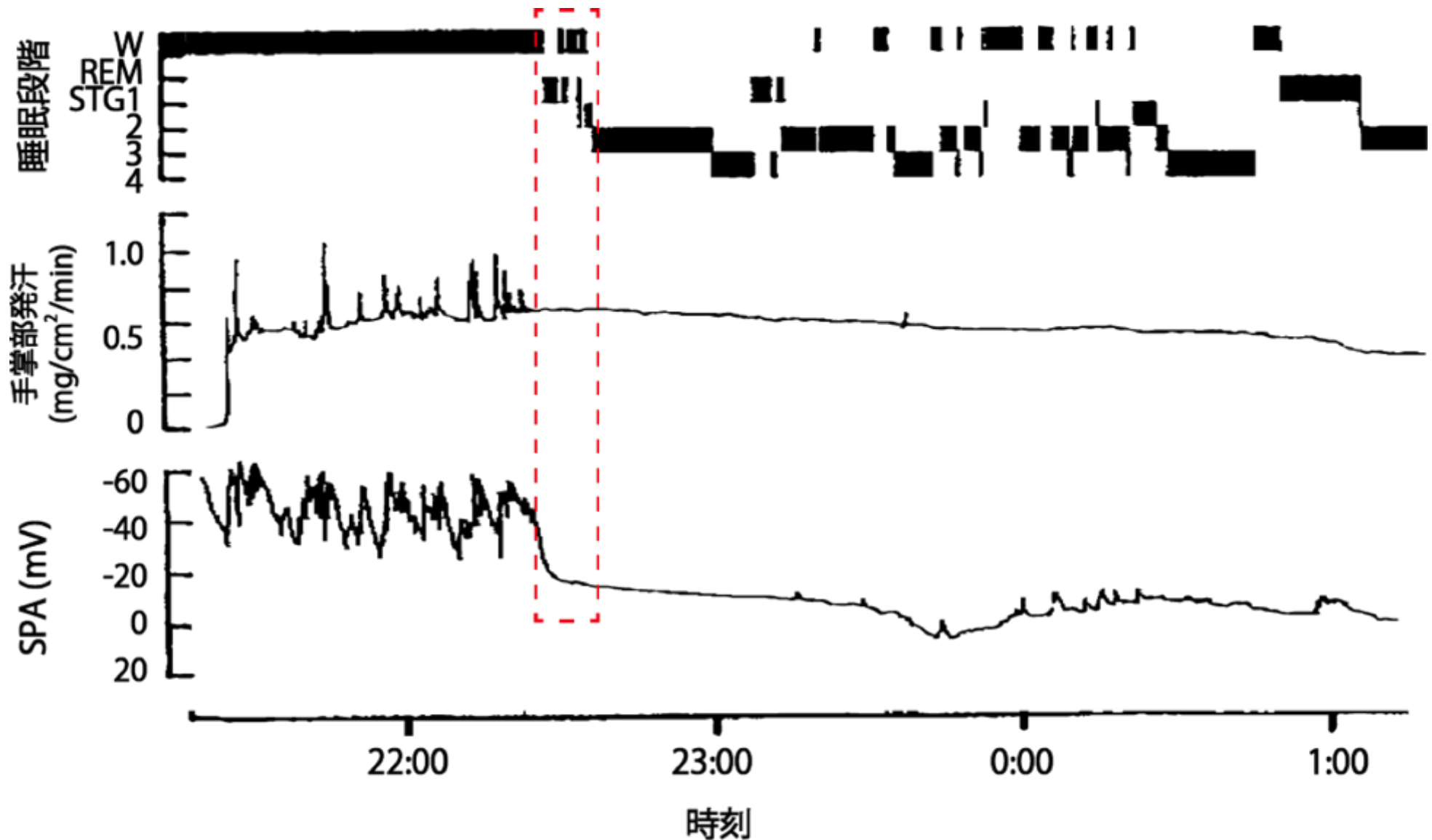


## 【参考】

K. Matsuo, R. Ban, S. Yuzuriha : Eyelid Opening with Trigeminal Proprioceptive Activation Regulates a Brainstem Arousal Mechanism, PLOS ONE 10(8)(2015)

## 覚醒度と発汗

“うとうと”した状態で、精神性発汗は喪失します。



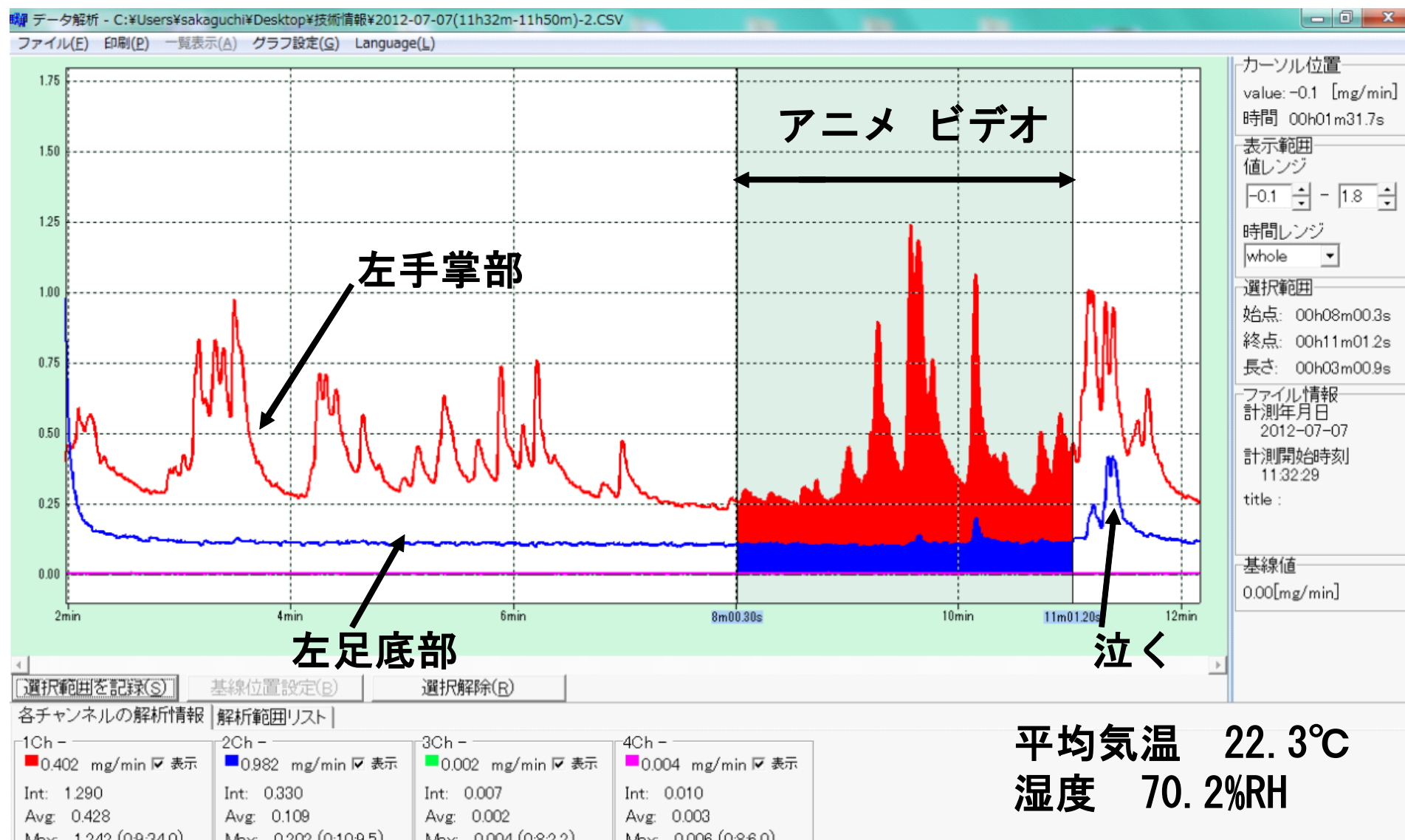
# 精神性発汗から分かること





# 乳児の精神性発汗の測定

## 乳児の精神性発汗量の測定



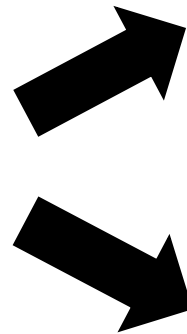
## 臨床応用

発汗の評価は意外にも難しい。

## 【ヨウ素デンプン法(既存技術)】

全身にヨードセロハン用紙を巻きつけ、全身を加熱。

加温前



加温後



健常者

多系統萎縮  
症患者

## 【既存技術の問題点】

- 薬剤塗布や裸体の写真撮影が必要
- 定量性に乏しい
- 症例間の重症度比較が困難

## 保険適用の内容

### D239-4 全身温熱発汗試験 600点

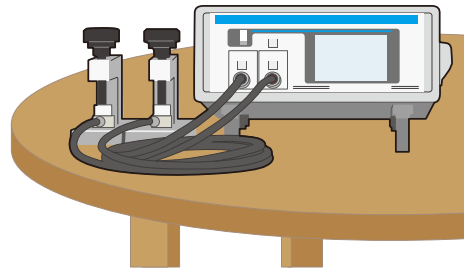
本検査は、多系統萎縮症、パーキンソン病、ポリニューロパチー、特発性無汗症、ホルネル症候群及びロス症候群等の患者に対し、**ヨウ素デンプン反応または換気カプセル法を利用して**患者の全身の発汗の有無及び発汗部位を確認した場合に、診断時に1回、治療効果判定時に1回に限り算定できる。



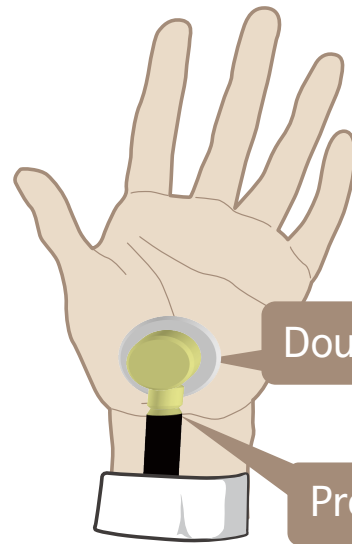
換気カプセル型発汗計を利用した発汗計測も対象に！

➡ 対象は主に神経内科。

## 検査手順



- ・本体の電源を入れます。
- ・10分ほどウォーミングアップ（機器を環境に慣らす）を行います。
- ・ゼロ調整を行います。



Double-sided tape

Probe

- ・プローブ（カプセル）を皮膚に固定します。
- ・本体をPCに接続し、データの記録を開始します。



- 発汗を誘発します。
- ・電気毛布に包まる。
  - ・足浴。
  - ・人工気象室に入る。など

### ●測定部位：

手掌・足蹠を除く全身（一般に前腕や下腿）

ルーチンの測定部位を決めておき、症例の症状や徴候に応じて、検査すべき部位を付け加える。（齋藤博:臨床検査としての発汗機能検査とその留意点,発汗学Vol.12 No.2, p65-69 (2005))

# 発汗計を用いた検査により、様々な効果が得られます。

## ■ 患者様への負担が軽減されます。

ヨウ素デンプン反応を用いた発汗検査：

下着や水着を着用し、全身に薬剤を塗布した上、複数回の全身の写真撮影が行われ、個人のプライバシーの面からも大きな問題が今後生じると事が予想されます。

改良型換気カプセル法による発汗検査：

皮膚に小型のカプセルを貼り付けるのみで、薬剤塗布も写真撮影も必要なく、患者様の肉体的、精神的負担は極めて少なくなります。

ヨウ素デンプン反応を用いた発汗検査における写真撮影



加温前

加温後

健常者での反応

## ■ 再現性のある評価が可能です。

ヨウ素デンプン反応を用いた発汗検査：

治療前後の発汗量を定量的に評価することは難しく、治療効果の判定、経時的推移等の評価、多数例の比較は困難とされています。

改良型換気カプセル法による発汗検査：

定量的で、再現性のある評価が可能であり、薬物治療の効果判定などが行えるようになります。

## ■ エクリン腺それ自体の機能異常の評価が可能です。

改良型換気カプセル法による発汗検査：

手掌部の発汗測定を用いて神経障害を伴わないエクリン腺の機能異常による自己免疫疾患や皮膚疾患による発汗異常との鑑別診断が可能となります。



発汗計を用いた発汗検査が保険適用されました。

## 信大が開発の「発汗計」 来年4月から保険適用に

信州大学医学部の大橋俊夫特任教授らのグループは27日、汗の量を簡単に計測するために開発した「発汗計」の写真を2018年4月から保険適用されると発表した。医学部で開発された医療機器が保険適用されるのは全国初という。病院で

患者の診断・治療に幅広く使用されることになりそうだ。開発した発汗計は22日付で中央社会保険医療協議会（中医協、厚生労働省の諮問機関）が承認した。

汗の量を計測はこれまで、全身に特殊なセロハン用紙を巻いて加温し、写真撮影で調べていた。患者の負担も大きいため、大橋特任教授らは電子的に簡単に計測する機器の開発を1981年から進めてきた。91年に医療用具として認可を受け、その後改良を進め、現在は四沢電機計器製作所

（坂城町）が製造・販売している。開発した発汗計は保険適用により、パーキンソン病など自律神経障害の患者を診断する際の発汗

日本経済新聞 H29.12.29

大学発の斬新な技術が保険適用されるのは稀なケース。

## 「発汗計」で診断 保険適用 来春 信大など開発 容易に測定

信州大医学部（松本市）メデイカル・ヘルスイノベーション講座の大橋俊夫特任教授は27日、教授らのグループが研究、開発した発汗計を使った診断が、来年4月から公的医療保険の適用になったと発表した。新規開発した発汗計の装着部を肌に張り付け、装着面と空気中の湿度差から発汗量を計測する方式

で、既存の保険適用技術より容易に定量的な測定ができるという。同大で記者会見した大橋特任教授は「保険適用で開業医も導入しやすくなる。大学発の技術が発汗異常を伴う自律神経障害の診断、治療に広く役立てられる」と期待。「大医学部部の研究開発に基づく医療機器が保険適用となるのは国内初」としている。計測技術は大橋特任教授が共同開発。発汗計の型は坂口正雄・長野高専名誉教授が共同開発。発汗計の型は西沢電機計器製作所（埴科郡坂城町）が担う。直径2センチほどの装着部を患者の手のひらなどに入れて、専用ソフトで発汗量を計測できる。全身にセロハン紙を

信濃毎日新聞 H29.12.29

# 自律神経機能検査としての使用例

- 発汗検査は、**コリン作動性交感神経の異常**を見出す唯一の検査法。
- 交感神経障害の分布**を視覚的に評価できる唯一の検査法。

発汗はコリン作動性交感神経支配。

脊髄神経の各レベルが皮膚各領域の汗腺を制御している。

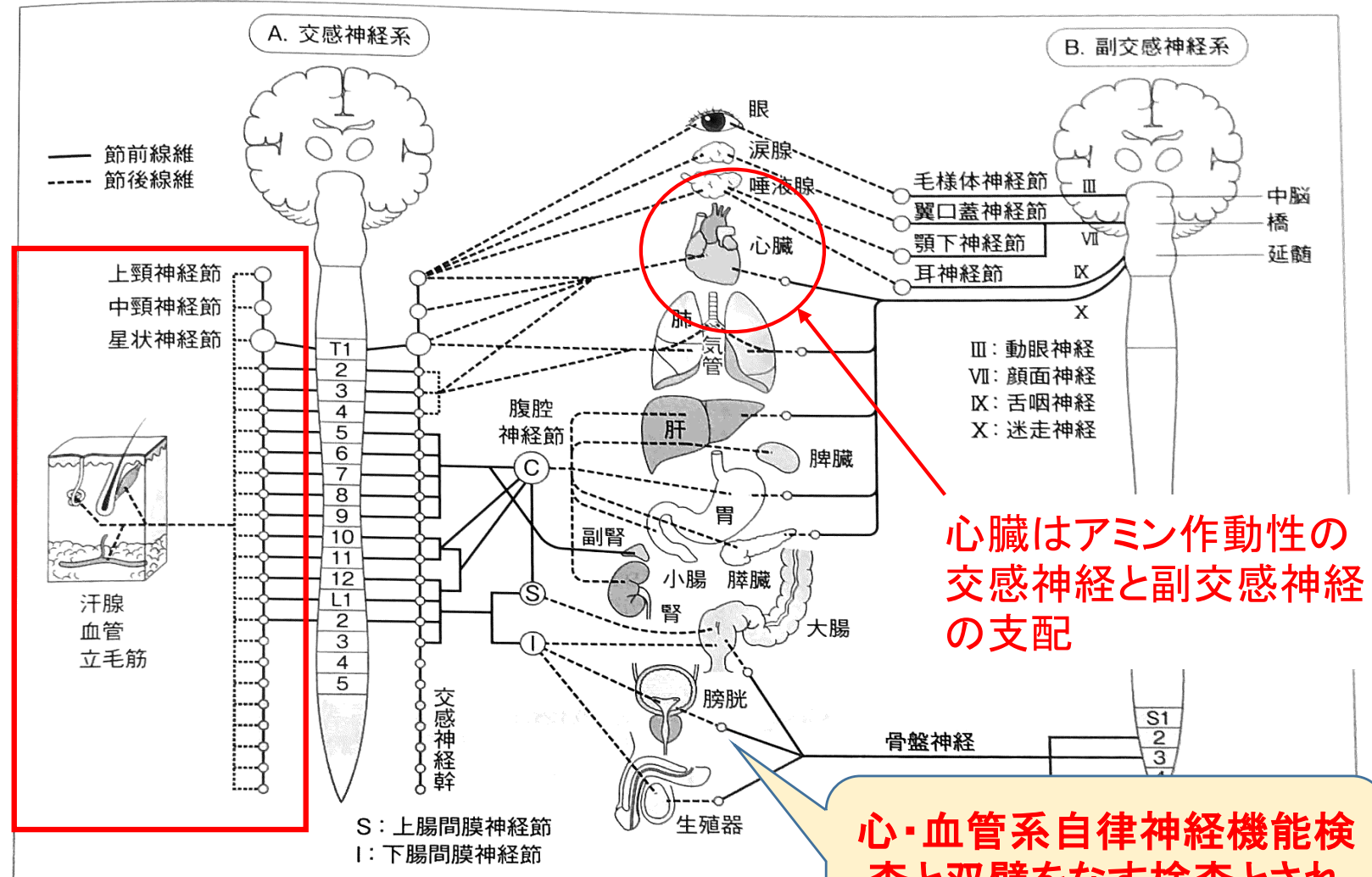


図1 末梢自律神経系の遠心路の模式図

(佐藤昭夫, 他: 自律機能生理学. 金芳堂, 1995 より引用)

心・血管系自律神経機能検査と双璧をなす検査とされています。

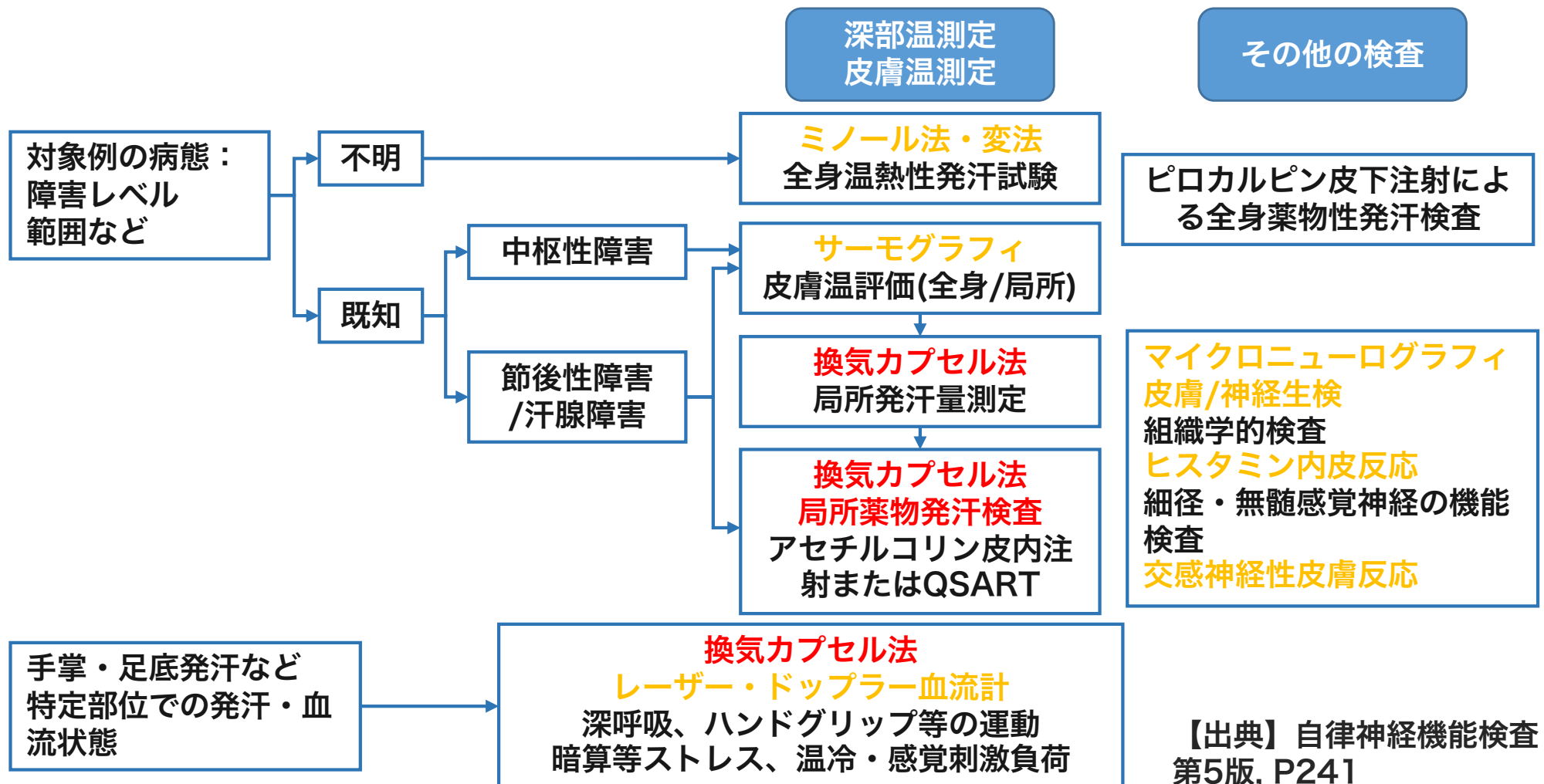
表1 自律神経疾患の分類

|                  |                                |
|------------------|--------------------------------|
| 機能性自律神経疾患        | 器質性自律神経疾患                      |
| A. 機能性心循環系自律神経疾患 | A. 後天性自律神経疾患                   |
| 血压調節障害           | 神経変性疾患                         |
| 機能亢進             | 多系統萎縮症                         |
| 本態性高血圧           | レビー小体病                         |
| 起立性高血圧           | パーキンソン病                        |
| 機能低下             | レビー小体型認知症                      |
| 本態性低血圧           | 純粋自律神経不全症                      |
| 神経調節性失神症候群       |                                |
| 血管迷走神経性失神        | 自己免疫性自律神経疾患                    |
| 状況失神             | 特発性自己免疫性自律神経性ニューロパチー           |
| 頸動脈洞性失神          | (自己免疫性自律神経ガングリオノパチー)           |
| 舌咽神経・三叉神経痛       | 急性自律神経感覚性ニューロパチー               |
| 心拍調節障害           |                                |
| 機能亢進             | 内科疾患に伴う自律神経疾患                  |
| 洞性頻脈             | 糖尿病性自律神経ニューロパチー                |
| 体位性(起立性)頻脈症候群    | AL型アミロイド自律神経ニューロパチー            |
| 機能低下             | 傍腫瘍性自律神経疾患                     |
| 洞性徐脈             | 傍腫瘍性自律神経ニューロパチー                |
| 心機能不全            | Morvan症候群                      |
| たこつぼ心筋症          | Lambert-Eaton筋無力症候群            |
| 起立不耐症            |                                |
| B. 機能性発汗障害       | 外傷性自律神経障害                      |
| 機能亢進             | 脊髄損傷 (autonomic storms)        |
| 原発性全身性多汗症        |                                |
| 原発性局所多汗症         | B. 遺伝性自律神経疾患                   |
| 手掌足底発汗過多症        | 家族性自律神経異常症                     |
| 腋窩多汗症            | 家族性アミロイドニューロパチー                |
| 顔面多汗症            | ファブリ病                          |
|                  | ポルフィリン症                        |
| C. 機能性消化管障害      | ドパミン-β-水酸化酵素 (DBH) 欠損症         |
| 機能性ディスベプシア       | BH <sub>4</sub> , TH, AADC 欠損症 |
| 慢性機能性便秘          |                                |
| 過敏性腸症候群          |                                |



# 発汗検査の選定

1. 一般に、対象例の病態や障害レベルが不明な場合は、まるサーモグラフィやミノール法などで全身的な評価を行う。
2. さらに重点的に調べるべき身体部位をレーザードップラー血流計や換気カプセル法で定量的に評価する。
3. 糖尿病性ニューロパチーや手掌・足底多汗症などのように、障害部位やレベルを特定する場合に定量的検査のみで評価する場合も多い。



## 使用例（治療効果の確認）

### 【症例:50歳男性 大工】

特発性後天性全身性無汗症と推定し、メチルプレドニゾロン 600mg/ 日のパルス療法を5日間施行後、プレドニゾロン漸減療法(初期量:40mg/日)に移行した。治療開始後12週の時点では、自覚的にもかなり発汗が増え、日常生活や炎天下の仕事にも支障はなくなったとのことであった。



表1 身体各部における発汗量 (mg/cm<sup>2</sup>/min) とその推移

| 時 期          | 治療前   | 開始後5日 | 約3週   | 12週   |
|--------------|-------|-------|-------|-------|
| 薬物性発汗 (AChS) |       |       |       |       |
| 右前腕          | 0.000 | 0.034 | 0.055 | 0.148 |
| 右下腿          | 0.000 | 0.021 | 0.182 | 0.415 |
| 温熱性発汗 (TS)   |       |       |       |       |
| 前顔部深部温 (℃)   | 37.2  | 37.2  | ..... | 36.7  |
| 額 右          | 0.020 | 1.27  | ..... | 2.15  |
| 左            | 0.000 | 1.53  | ..... | 1.23  |
| 前腕 右         | 0.000 | 0.000 | ..... | 0.062 |
| 下腿 右         | 0.000 | 0.000 | ..... | 0.306 |

齊藤博:尋常性白斑を有し, インフルエンザ感染後に発症した特発性後天性全身性無汗症例,発汗学22(1),2015

### 【パーキンソン病（PD）と多系統萎縮症】

温熱発汗試験では，発汗低下がみられるのは半数程度で，その分布は，全身（中枢型），下半身（ミエロパチー型），髄節および四肢遠位（末梢型）などに分けられる。

PD と鑑別が問題となる多系統萎縮症（MSA）では温熱発汗試験で9 割程度の症例に発汗低下がみられ，無汗の分布はPD と類似するが，全身の無汗（中枢型）が半数を占める。

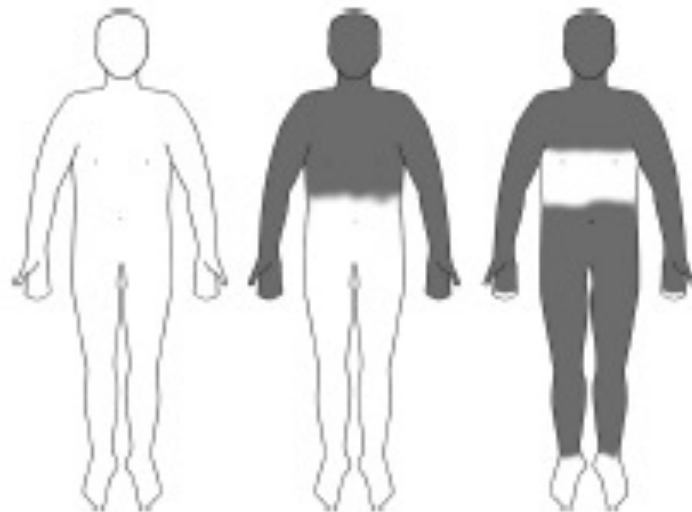


Fig. 2 パーキンソン病の発汗低下の分布。  
全身型（中枢型，左）。ミエロパチー型（中央）。分節および四肢遠位型（末梢型，右）。グレーの部分が発汗部位，白の部分が無汗部位。



### 【特発性後天性全身性無汗症（AIGA）】

日頃から汗をよくかく人（炎天下で作業する職業やスポーツ選手など）が突然、汗をかけなくなる。体温調節ができず熱中症を容易に発症し発熱、脱力感、疲労感、めまい、動悸さらには意識障害など重篤な症状が出現することもある。このため、夏には外出できなくなるなどの生活の制限がありQOLが著しく損なわれる疾患。

全身的には無汗であるが、腋窩の発汗ならびに手掌・足底の精神性発汗は保たれていることが多いため、精神性発汗の測定に換気カプセル法が有用。

（埼玉医科大学 中里先生）

### 【糖尿病性自律神経障害】

神経の障害は、糖尿病の3大合併症の1つである。

糖尿病では末梢神経障害でも、特に交感神経節後線維を含む小径線維が障害を受けやすいため、下肢の発汗低下は糖尿病性自律神経障害の中でも最も早期から認められる所見であり、自律神経障害の早期スクリーニングに有用である。

栢沼勝彦：発汗検査,日本臨床66巻増刊号4(2008)

# 汗が出すぎる病気（多汗症）

日皮会誌：120（8），1607—1625，2010（平22）

## 日本皮膚科学会ガイドライン

### 原発性局所多汗症診療ガイドライン

田中 智子<sup>1)</sup> 横関 博雄<sup>1)</sup> 片山 一朗<sup>2)</sup>  
金田 眞理<sup>2)</sup> 田村 直俊<sup>3)</sup> 菅野 範英<sup>4)</sup>  
吉岡 洋<sup>5)</sup> 玉田 康彦<sup>6)</sup> 四宮 滋子<sup>7)</sup>

#### 1. ガイドライン作成の背景

原発性局所多汗症は、本邦では難治性疾患として認識されておらず、未治療もしくは美容クリニック、エステティックサロンなどで不適切な処置がなされている。しかし、欧米ではすでに原発性局所多汗症に対する適切な診断基準、診療ガイドラインが作成され重症度に応じた段階的な治療がなされている。今回、原発性局所多汗症の診断基準、診療ガイドラインができることにより、本邦における発症頻度が明らかにされ、重症度に応じた治療指針に沿って治療が行われるようになれば、現在のようにボツリヌス毒素局所注射療法、交感神経遮断術などが安易に施行され過剰医療に伴う多くの弊害がもたらされている現状の改善が期待でき

データをもとに、ガイドライン作成委員の意見を集約的にまとめたものであるが、今後の研究の結果によっては本報告書中の結論または勧告の変更を余儀なくされる可能性がある。また特定の患者および特定の状況によっては本ガイドラインから逸脱することも容認され、むしろ逸脱が望ましいことさえある。従って治療を施した医師は、本ガイドラインを遵守したというだけでは過失責任を免れることはできないし、本ガイドラインからの逸脱を必ずしも過失と見なすこともできない。

#### 4. エビデンスのレベルと推奨度

本ガイドラインのなかで記載されたエビデンスのレベルと推奨度は、皮膚悪性腫瘍グループが作成した「エ

ゼロックス紙 100g に対して 1g のヨードを加え、瓶

であるのが 25 歳以下であることがみられることが止まっていること以上多汗のエピソードがあるこ

れること日常生活に支障をきたすこと。

上を満たす症例や幼小児例では家参考にして、それぞれ発汗検査をる。

定性的測定法と定量的測定法があ

汗滴プリント法<sup>3)</sup>

だろ紙の重量を再度計測し、最初の重量と比較して発汗量を測定する。各種治療法の効果判定に用いられている。

#### 2) 換気カプセル法<sup>4)</sup>

皮膚面を密閉したカプセルで覆い、カプセル内に一定流量で乾燥ガスを流し汗を蒸発させ、流出するガスの湿度を発汗量として換算する方法である。

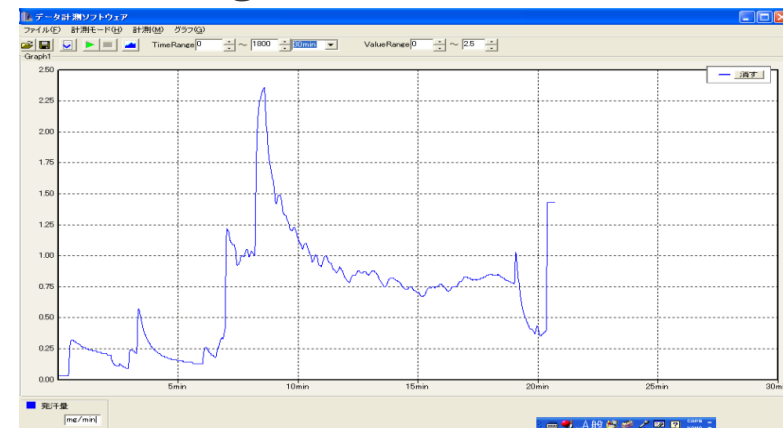
乾燥ガスを用いると装置が大掛かりとなるため、カプセルに經由する前の湿度とカプセルを經由した後の汗を含む空気湿度を 2 つの湿度センサーで検出し、その差から発汗量を計測する。差分差式の発汗量測定装置である。これらを内蔵した装置として、Kenz-Perspiro OSS-100（スズケン社）、アナログ式携帯型発汗計（TS100、テクノサイエンス社）スキノス SMN-1000、SKD2000（西澤電機計器製作所）などがある。

換気カプセル法の発汗機能定量的検査として①発汗障害のスクリーニング（発汗障害の有無、程度）、②発

乾燥ガスを用いると装置が大掛かりとなるため、カプセルに經由する前の湿度とカプセルを經由した後の汗を含む空気湿度を 2 つの湿度センサーで検出し、その差から発汗量を計測する。差分差式の発汗量測定装置である。これらを内蔵した装置として、Kenz-Perspiro OSS-100（スズケン社）、アナログ式携帯型発汗計（TS100、テクノサイエンス社）スキノス SMN-1000、SKD2000（西澤電機計器製作所）などがある。

本格的な販売活動は、発汗計の多汗症診療**保険適用**が実現してから（2022年以降）。2020年は、それに向けた機器開発を実施。

2mg/min以上を重症とする。



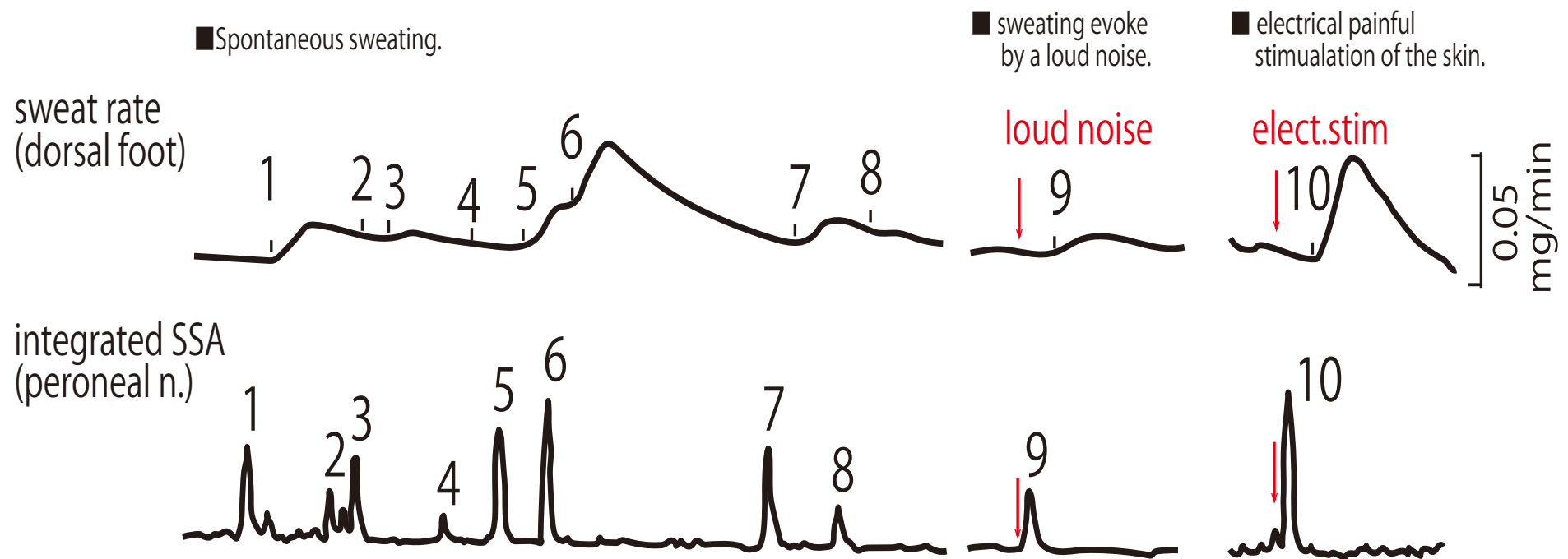
換気カプセル型発汗計による測定例

## 使用例（医学研究）

# 発汗検査の利用

|             | 温熱性発汗                                                                                         | 精神性発汗                                                                                      |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 主な目的と有用性    | 体温調節（熱放散系）中枢から皮膚に至る交感神経系全体の評価、各種神経疾患における交感神経機能の評価、体温調節・発汗中枢機構の研究                              | 精神的不安・緊張状態の評価、それらに対する治療効果の評価、手掌・足底多汗症、ポリニューロパチなどの病態、重症度ならびに治療効果の評価、発汗中枢機構の研究、情緒と自律神経に関する研究 |
| 主な観測部位      | 手掌・足蹠を除く全身<br>（一般に定量的評価には前腕や下腿）                                                               | 手掌または足蹠<br>（目的により顔面・その他の有毛部皮膚）                                                             |
| 発汗誘発法       | 外部からの加温：電気毛布、家庭用サウナ、heat cradle、部分温浴、人工気象室、全身運動負荷、（熱い食べ物／飲み物の摂取）<br>加温の目安：1.0～1.4℃の体温上昇（個人差大） | 深呼吸、バルサルバ操作、種々の感覚刺激、ハンドグリップなどの身体運動、暗算、歌唱、各種心理検査、インタビューなど                                   |
| 定性的検査法      | ミノール法、ラップフィルム法、（アリザリン・レッド法）                                                                   | 定量的検査法では評価困難<br>（手掌・足底多汗症傾向のみ判断可能）                                                         |
| 定量的検査法      | 換気カプセル法（連続的検出）、鋳型法（不連続的検出）、電気皮膚反射 galvanic skin reflex                                        | 直接換気カプセル法                                                                                  |
| 望ましい体位とその理由 | 仰臥位                                                                                           | 座位（足蹠発汗評価には足を浮かした座位）                                                                       |
|             | 下半身発汗の様相を正確に判断しうる被験者の負担が少なく、起立性低血圧や麻痺を有する患者でも長時間検査が可能                                         | 手掌の自然発汗及び誘発発汗が出現しやすい各種負荷操作が容易                                                              |
| 同時に測定すべきもの  | 深部体温（対象例により、血圧、心拍・呼吸数など）                                                                      | 局所皮膚温（目的により皮膚血流量、血圧、心拍・呼吸数など）                                                              |

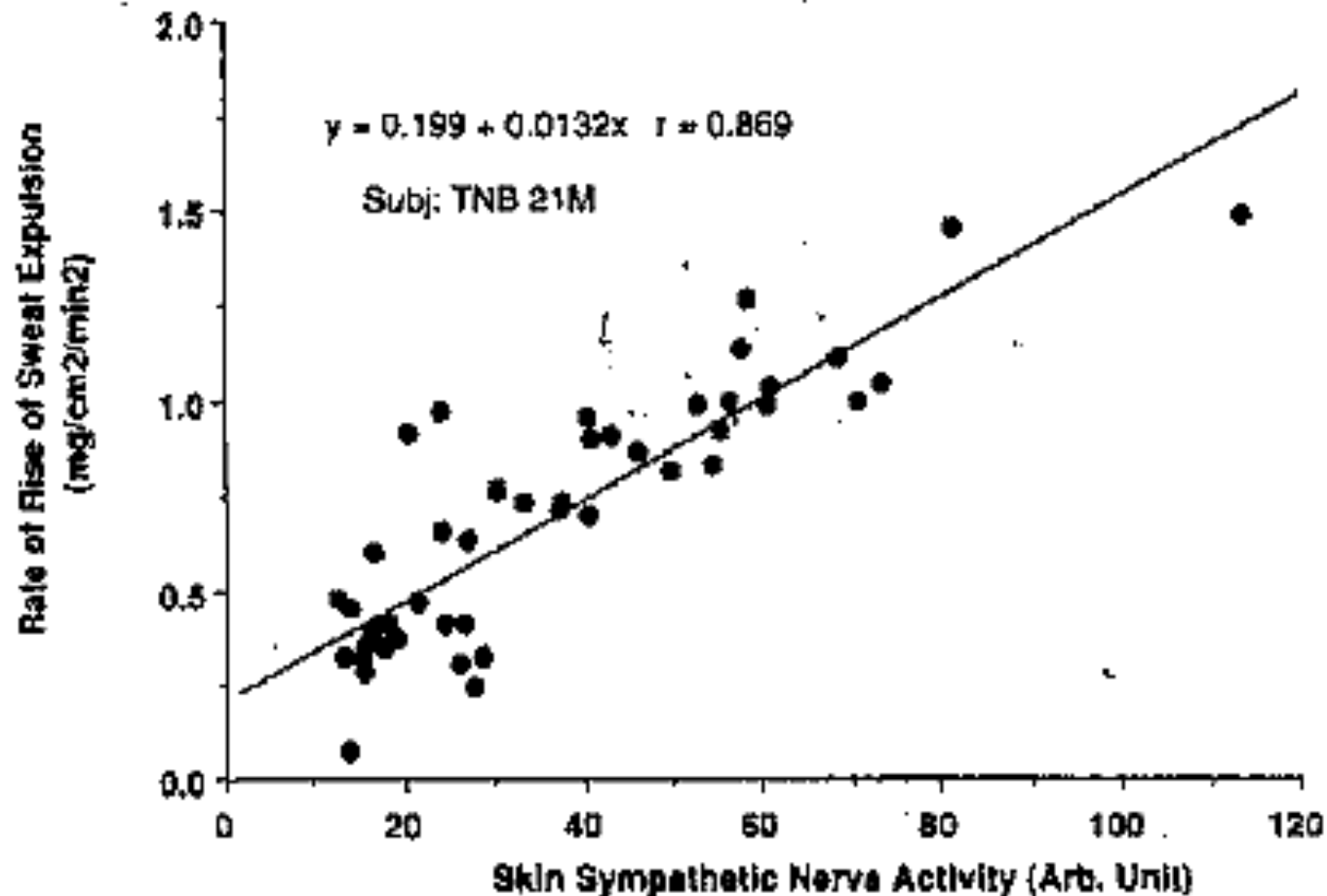
暑熱環境における足底部の発汗パターン（発汗波）と皮膚交感神経活動：  
汗は交感神経活動のバーストに対応して放出されることが確認されています。



## 皮膚交感神経活動と発汗【生理学】

### 皮膚交感神経活動と発汗加速度との関係

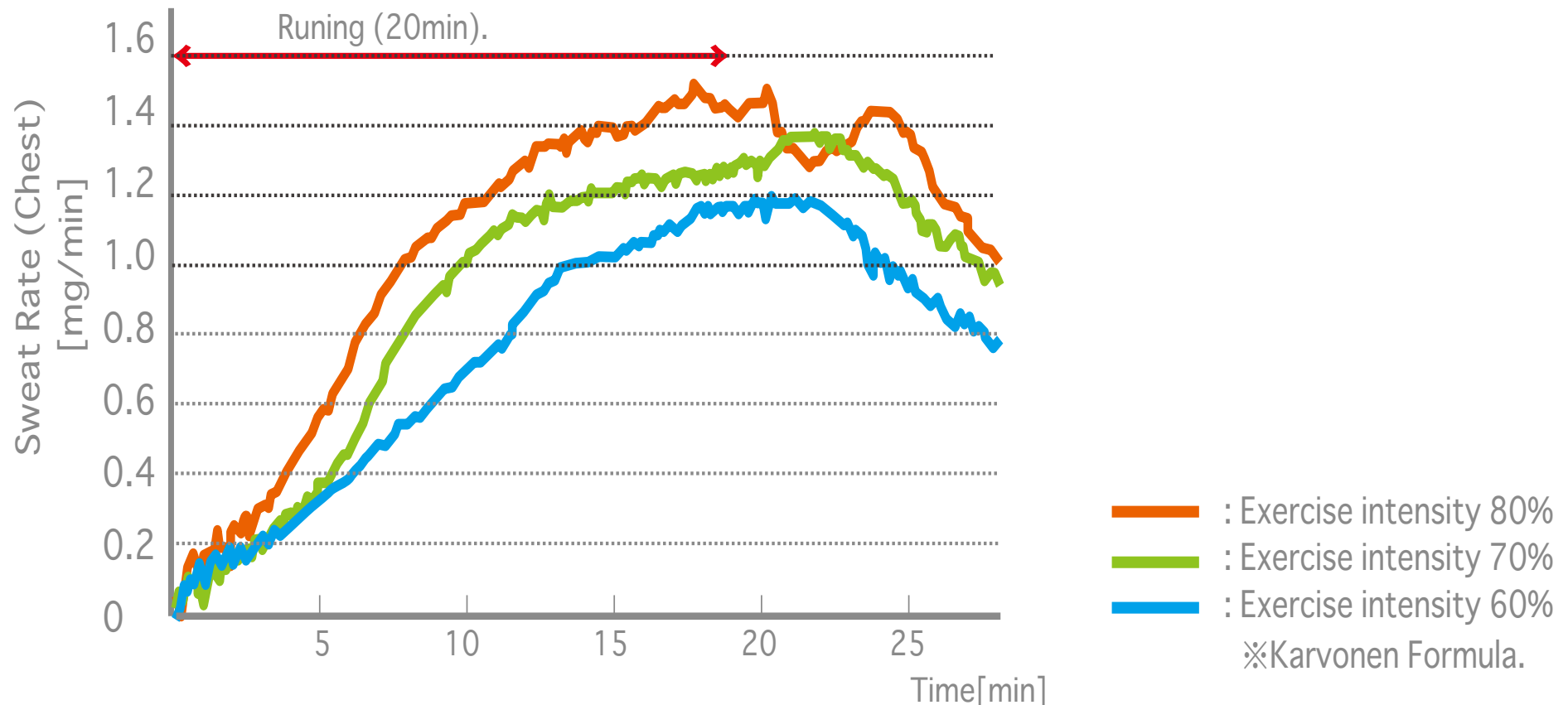
横軸に皮膚交感神経活動の全波整流積分波形の高さ、縦軸にカプセル換気法により測定された発汗量の立ち上がりの傾き(発汗加速度)を示す。両者の間には有意な正の相関が成立する。





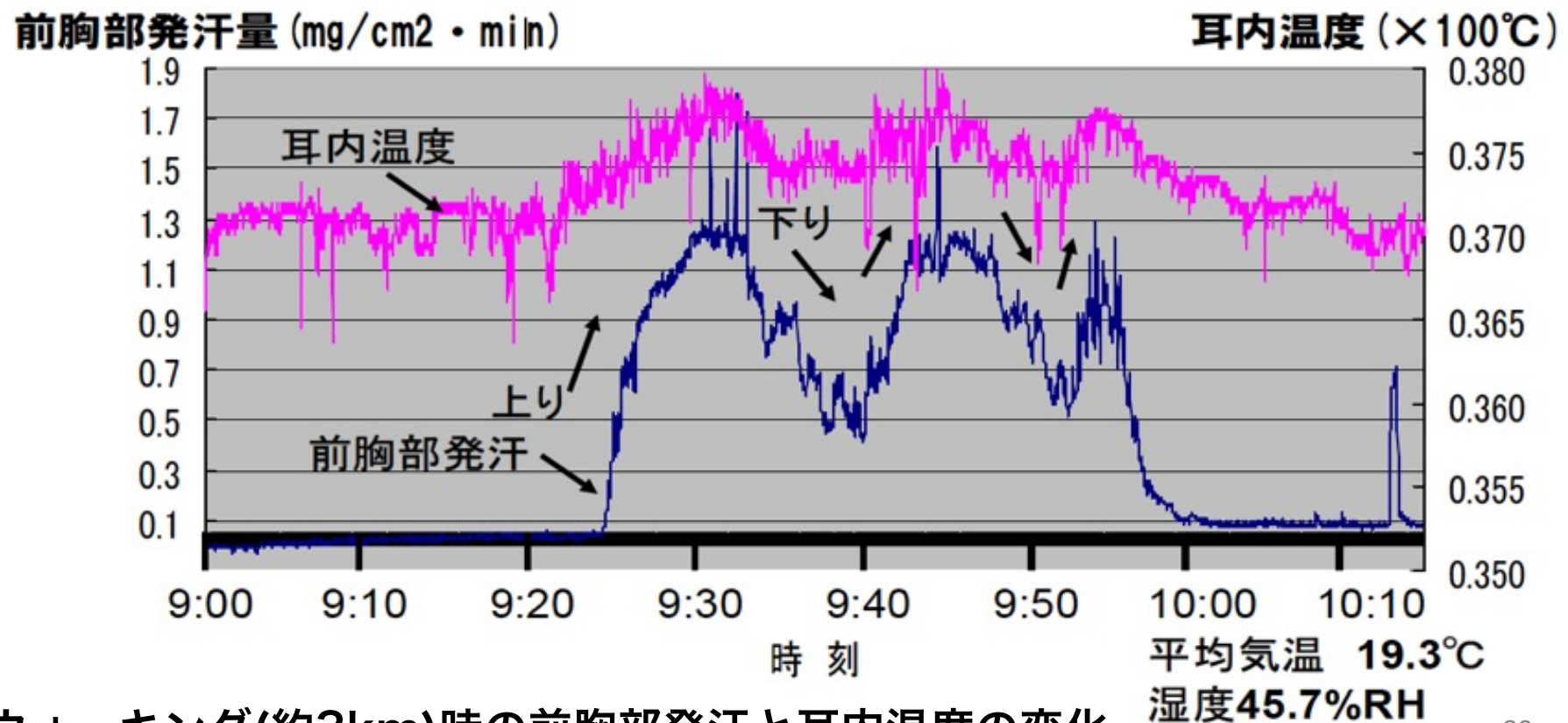
## 運動中の前胸部発汗量測定例

運動強度（心拍数を指標）が強くなるほど、発汗量の変化（立上り）・総量が大きくなる傾向が確認できます。



## 運動中の前胸部発汗量測定例

上り坂、下り坂など、行程に対応した発汗量の変化が確認できます。



ウォーキング(約3km)時の前胸部発汗と耳内温度の変化

## 持久性トレーニング+蛋白質・糖質摂取による高齢者の体温調節機能の改善効果

高齢者(平均年齢68歳)を対象として、8週間の持久性トレーニングを行い、日々の運動直後に蛋白質・糖質を摂取する群とプラセボを摂取する群で、その効果を比較した。その結果、蛋白質・糖質群では血漿アルブミン量とともに血液量が有意に増加し、さらに、図に示すように、血液量の増加に伴って体温調節機能が有意に増加した。一方プラセボ群では血漿アルブミン量、血液量、および体温調節機能のいずれも増加が認められなかった。高齢者においても、持久性トレーニングと蛋白質・糖質摂取によって、血漿アルブミン量とともに血液量を増加すれば、それに伴って体温調節機能が改善する。

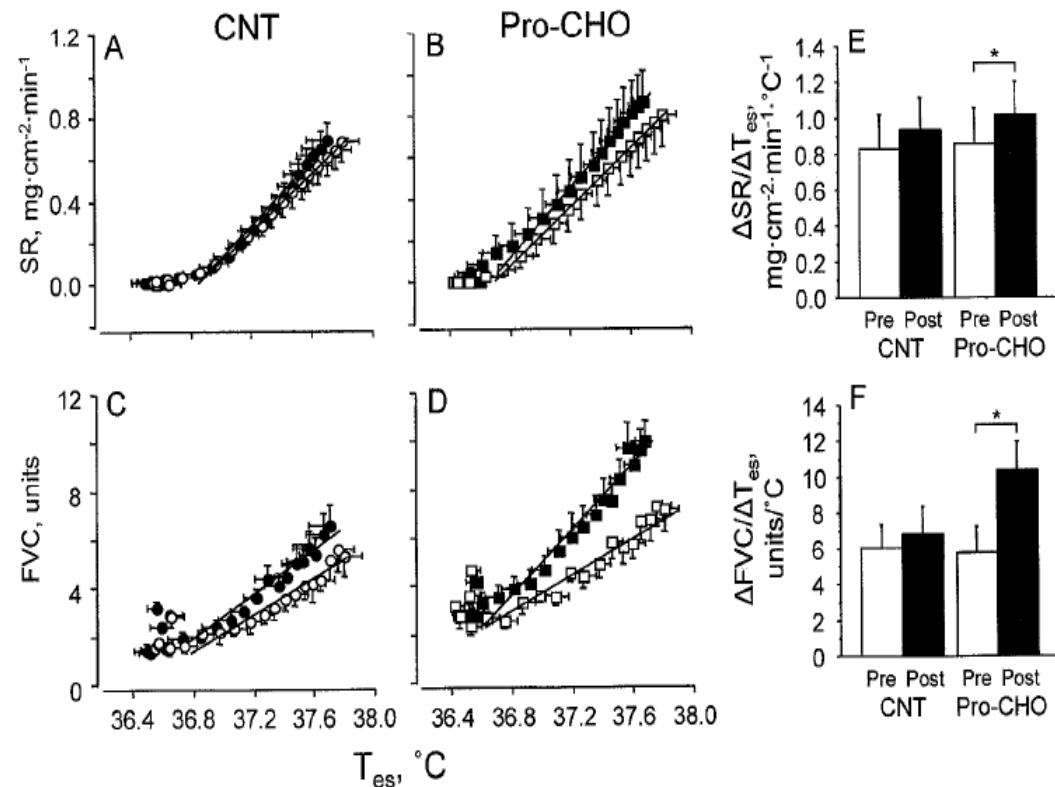
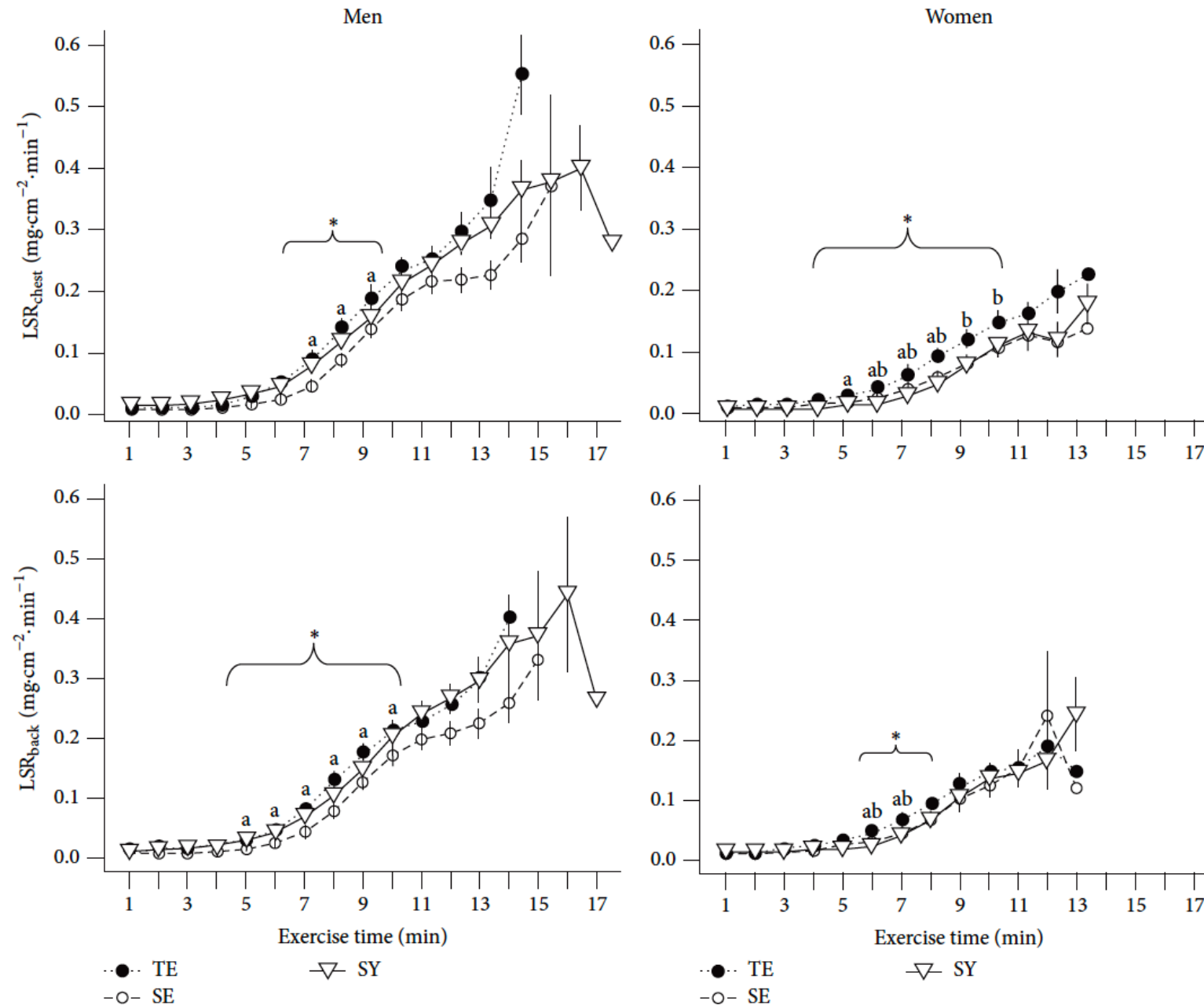


図4 高齢者における8週間の持久性トレーニングおよび蛋白質・糖質摂取が自転車こぎ運動(20分間、60%  $\dot{V}_{O_{2peak}}$ 、環境温30 $^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度50%)時の食道温( $T_{es}$ )上昇に対する胸部発汗量(SR)および前腕皮膚血管コンダクタンス(FVC)の応答に及ぼす影響。プラセボ群(CNT)および蛋白質・糖質群(Pro-CHO)それぞれ7名について、平均値 $\pm$ 標準誤差を示す。\* $P < 0.05$ 。文献11)および12)より引用改変。

# 発汗の経時変化の測定【生理学】

## SCM理論による体質の分類と発汗量



日常的に軽度の運動を行い、夏季にクーラーを使用している男子大学生の例

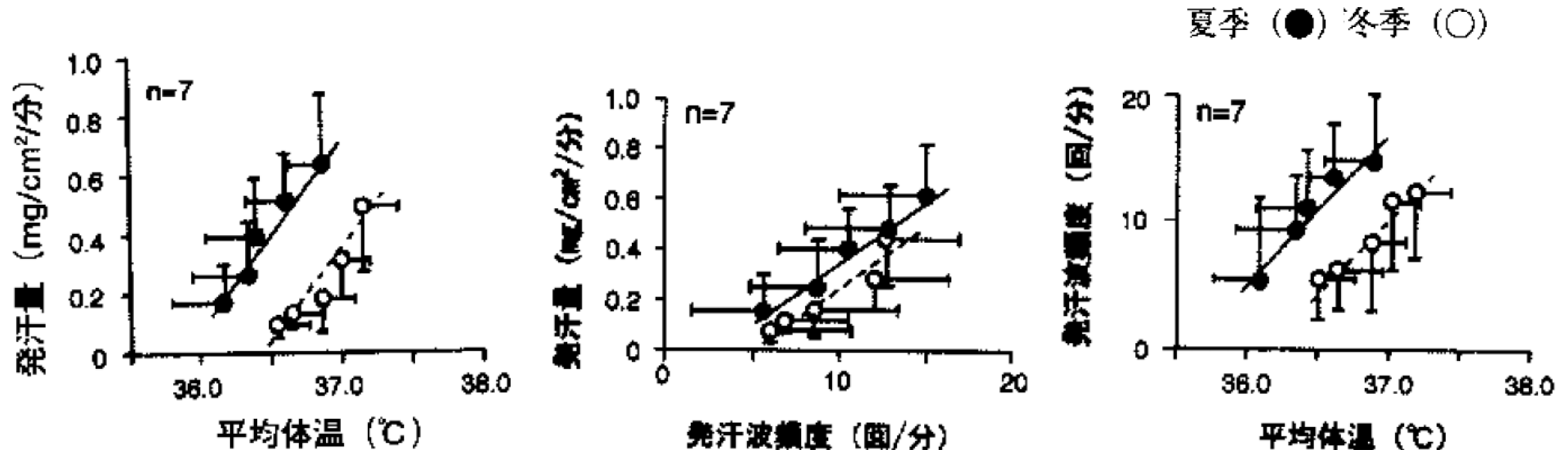


図1 発汗量と平均体温

図2 発汗量と発汗波頻度

図3 平均体温と発汗波頻度

- ・ 夏季は発汗能が増加しており、暑熱順化している (図1)。
- ・ 発汗波頻度は発汗神経活動を示し、発汗波頻度に対する発汗量は汗腺の分泌機能を示す。夏季と冬期で汗腺の分泌機能に差はない (図2)。
- ・ 一方で、夏季は発汗波頻度が高く、暑熱順化は発汗神経活動によるものと考えられる (図3)。

## 糖尿病患者の手掌部発汗

糖尿病患者で、発汗異常を自覚的に訴える患者は少ないが、糖尿病患者の手掌発汗は安静時、負荷時ともに正常者に比べ顕著に低下している。精神性発汗量の低下は他の自律神経機能検査の結果と相関した。さらに、他の糖尿病性合併症より早期に出現する。

太田,豊田,佐藤：糖尿病と手掌発汗, 発汗学 Vol.7 No.1 (2000)

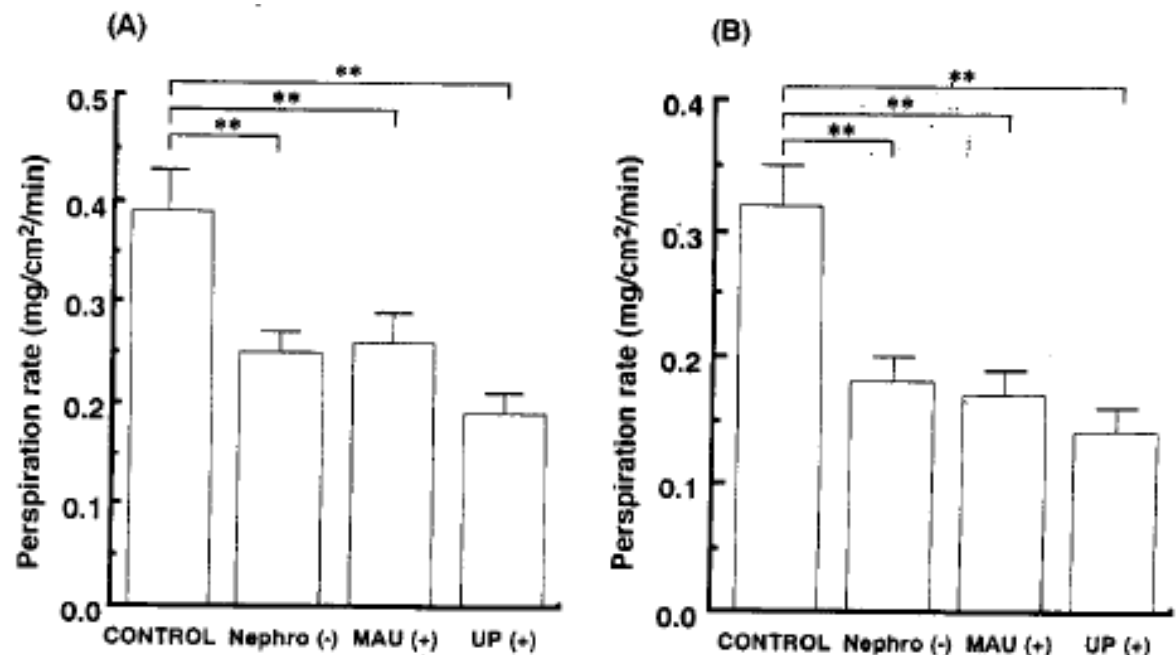


Fig. 11 腎症の重症度により3群に分類した糖尿病患者と正常対照者の基礎発汗量  
(A)：拇指基礎発汗量 (B)：足趾基礎発汗量  
CONTROL：対照群 Nephro(-)：糖尿病性腎症のない群  
MAU(+):アルブミン尿陽性群 UP(+):尿蛋白陽性群 \*\*P<0.01

## 皮膚疾患と発汗異常

乾燥皮膚を呈する皮膚疾患：透析患者の皮膚掻痒症,老年性乾皮症,アトピー性皮膚炎,シューグレン症候群,尋常性乾癬の精神性発汗量を定量した。  
結果、皮膚掻痒症を患った腎不全の透析患者、およびシューグレン症候群において同年齢の正常人の発汗量より明らかに低下していることが認められた。

横関：皮膚疾患と発汗異常,発汗学 Vol.6 No.1(1999)



## 局所麻酔時の精神性発汗

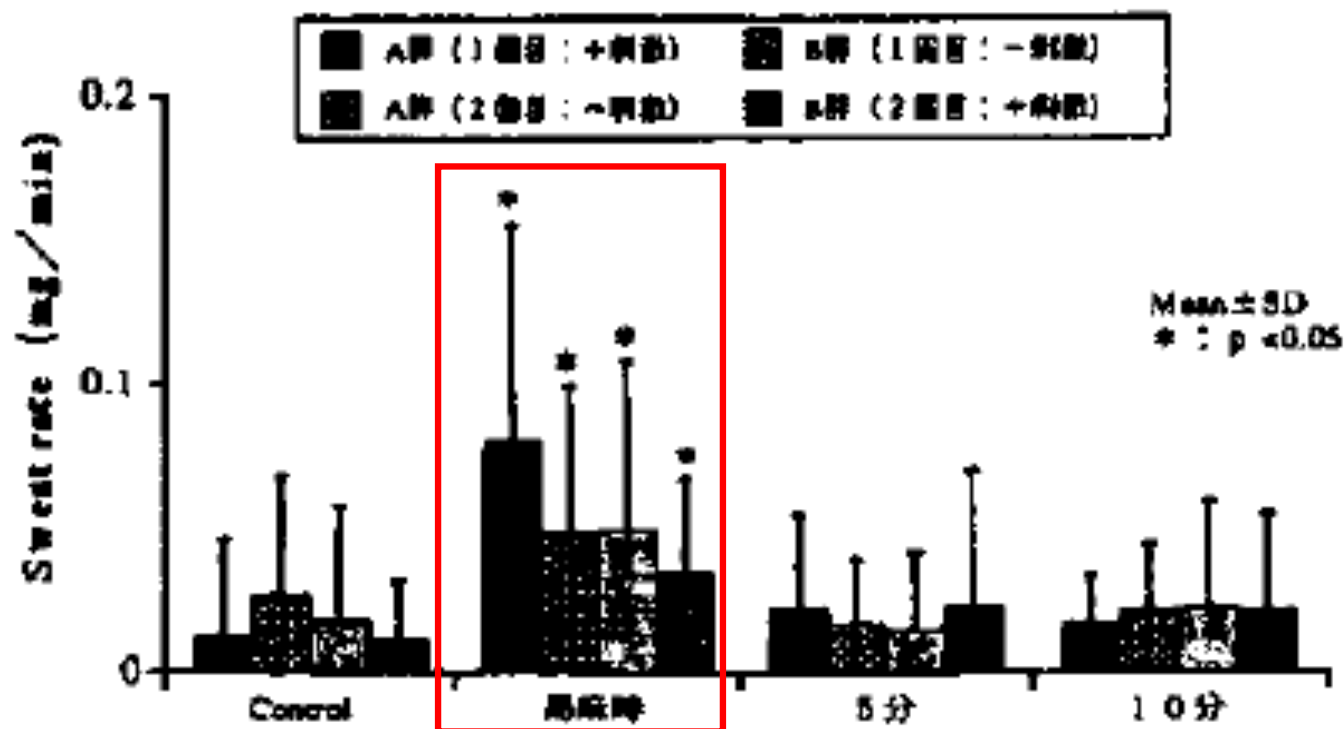
### 【方法】

安静時に基線が最も安定した1分間をコントロールとし、局所麻酔時、局所麻酔5分後、10分後の発汗量を測定した。

局所麻酔は局所麻酔注射器を用いて、下顎第一大臼歯歯肉頬移行部より根尖相当部まで30G注射針を刺入し、約60秒かけて0.9mlの局所麻酔薬を注入した。

### 【結果】

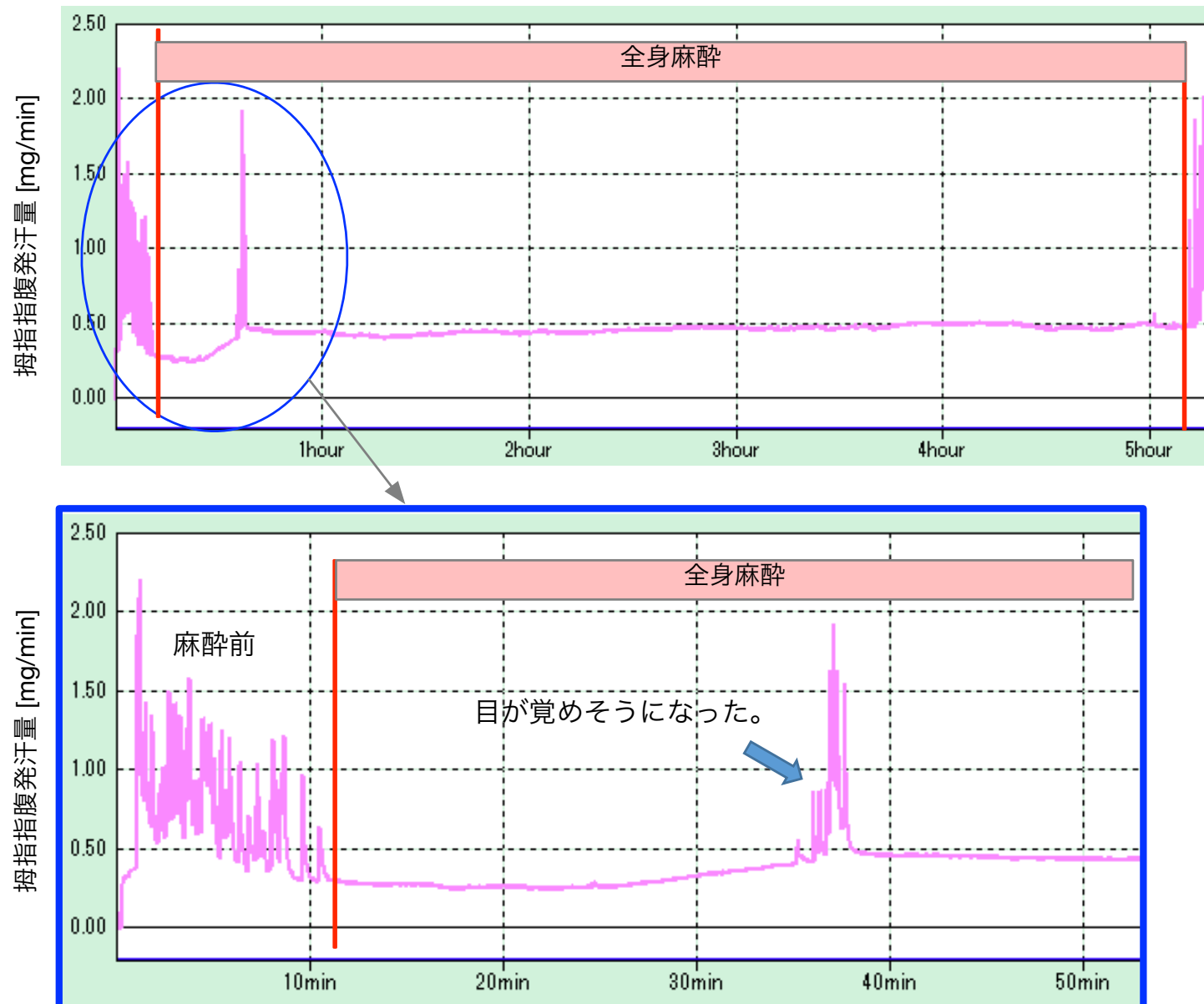
安静時に比べ、麻酔時には有意な発汗量の増加がみられた。



平塚,山本,久保田,武内,  
塚本: 歯科における局  
所麻酔が精神性発汗に  
及ぼす影響,発汗  
学,Vol.3 No.2,1996

## 全身麻酔中の精神性発汗測定例

被験者：若年者



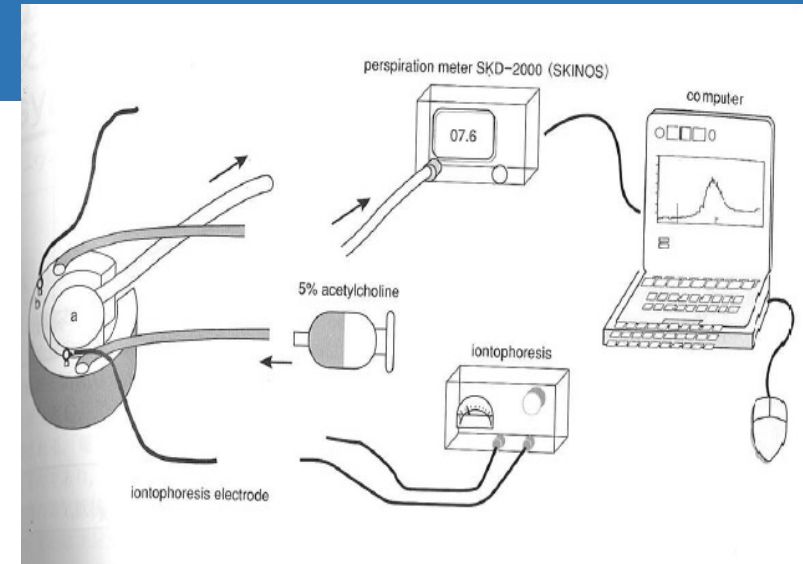
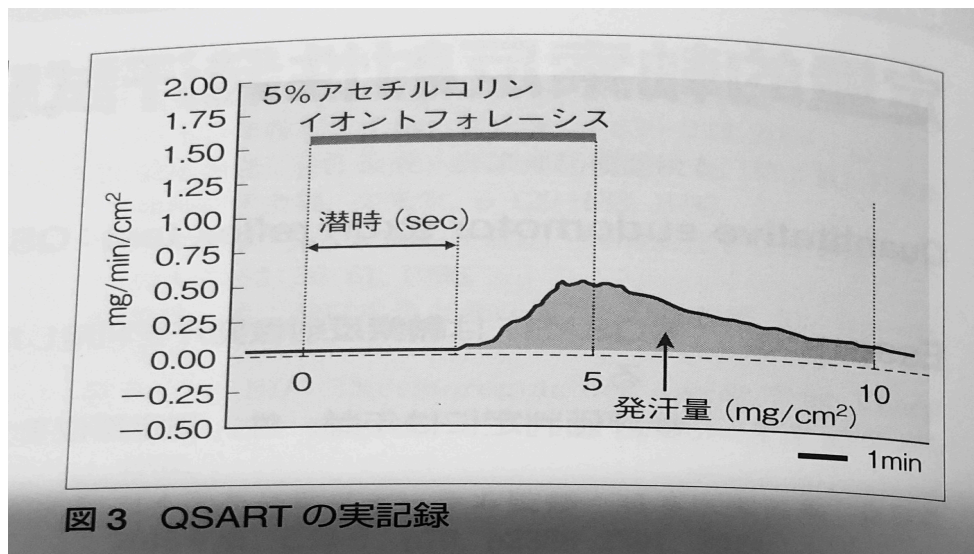
## 研究用としての利用例【神経内科】 【皮膚科】

神経から汗腺への神経伝達物質であるアセチルコリンをイオントフォレーシスにより皮膚に誘導することで発汗を誘発。



汗腺の能力や異常をできる評価。

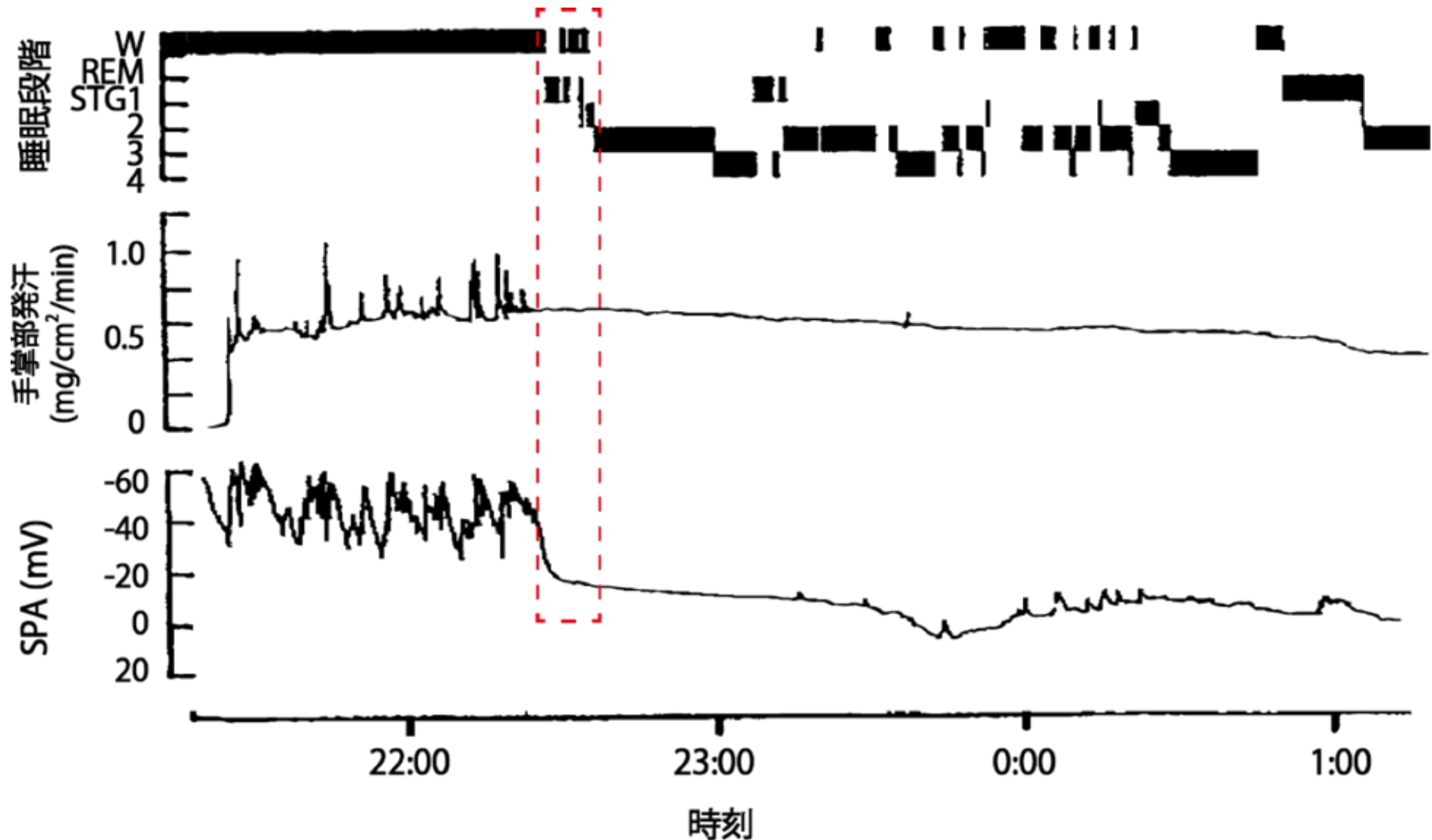
- ・ 無汗症に対し、汗腺の異常（皮膚科的疾患）か、神経の異常か切り分けできる。
- ・ 暑熱負荷に比べ発汗の誘発が容易（外来で簡単に実施できる）。
- ・ 医療だけでなく、スポーツ領域の研究者も注目。



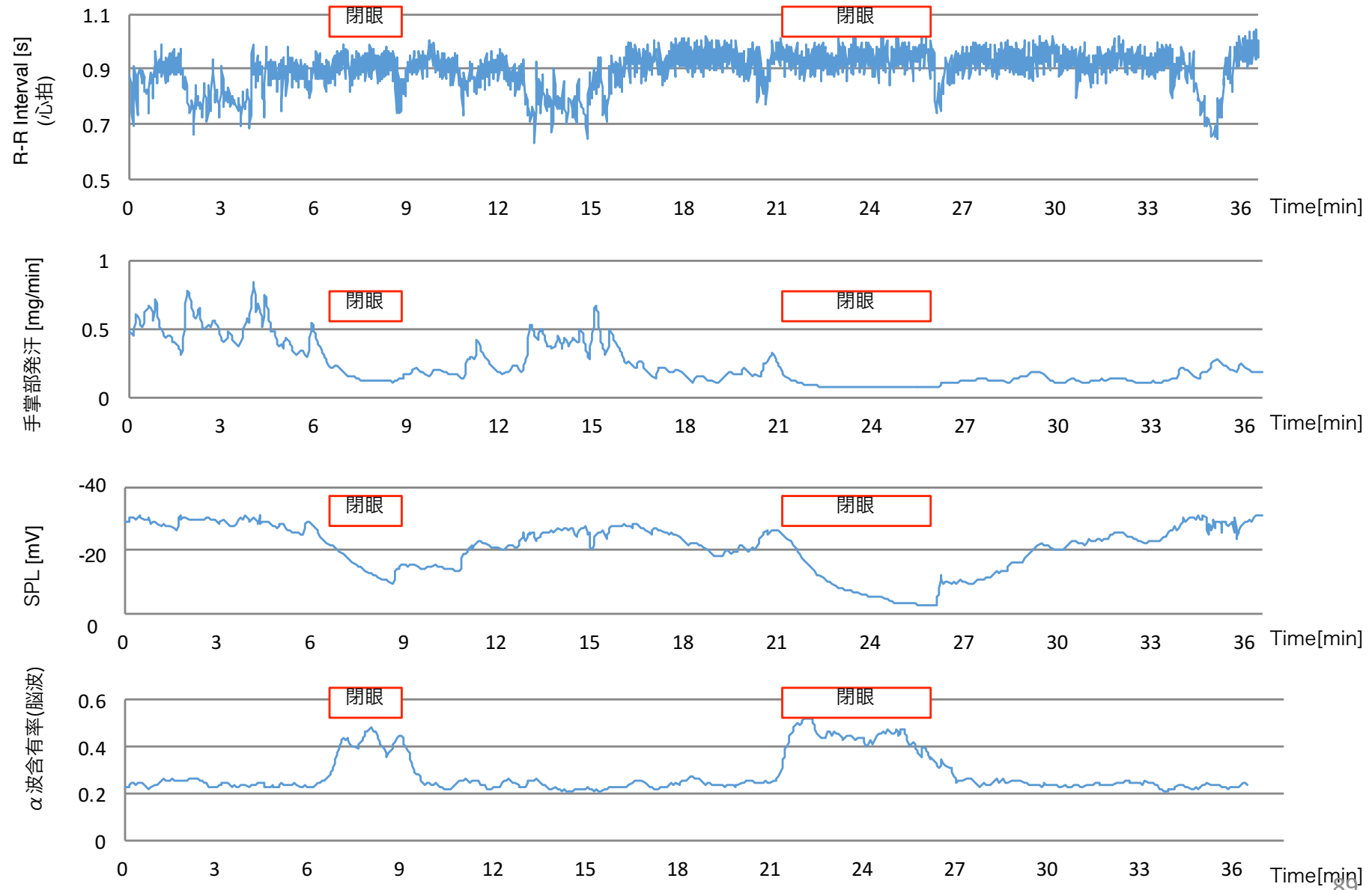
↑ イオントフォレーシス

## 眠気の評価

うとうとすると精神性発汗は減少し、入眠すると消失します。



# 閉眼時の手掌部発汗・SPL

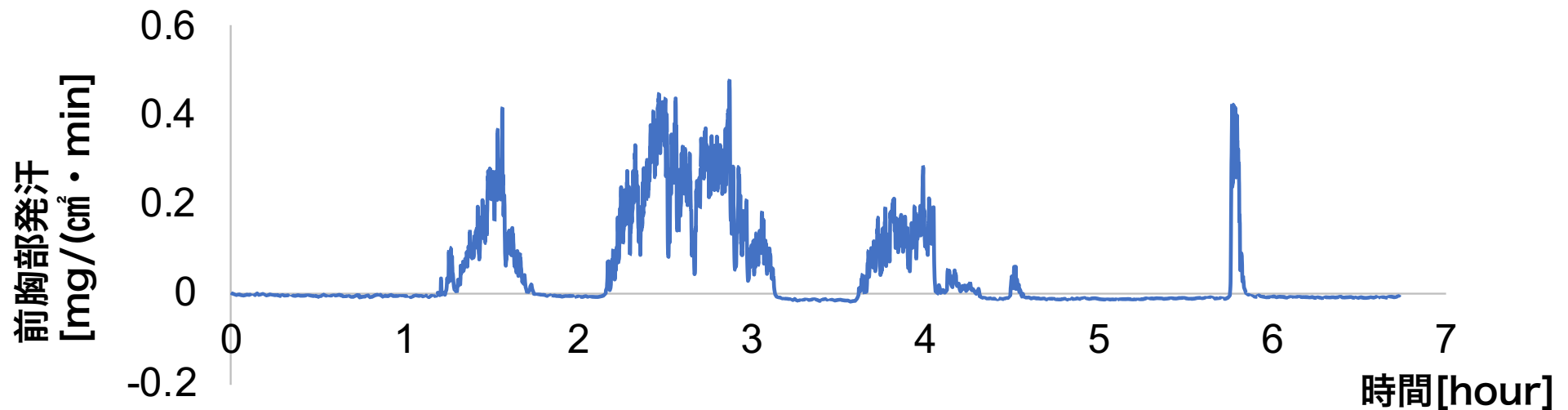
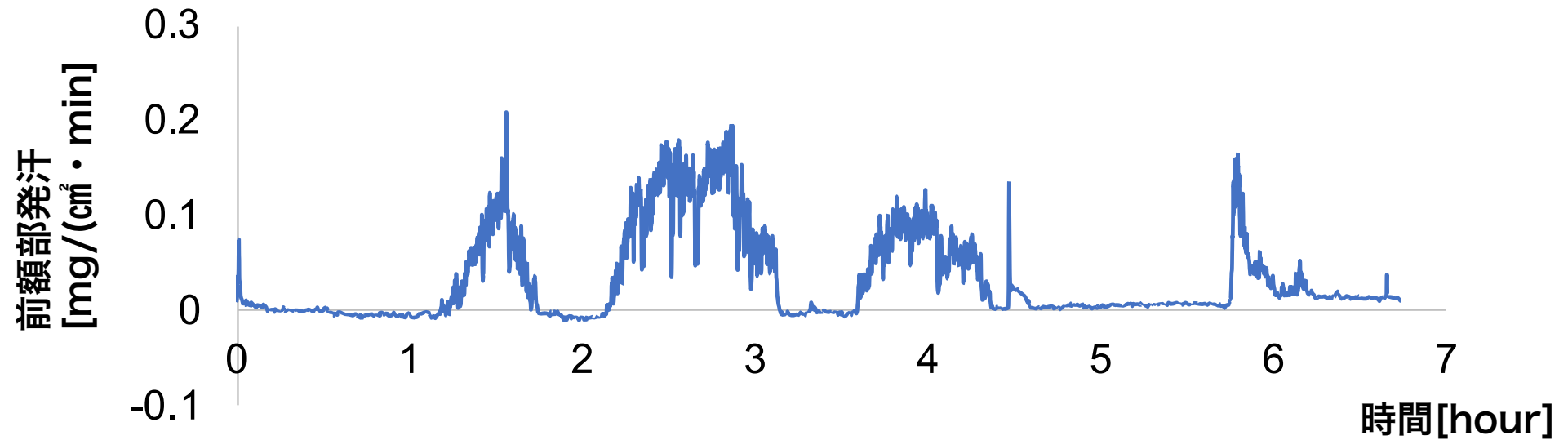


# 研究用としての利用例

## 睡眠中の発汗量測定例

●被験者：30代男性（健常）

●温度：27°C±2°C





## 日本生理学会教育委員会監修 生理学実習書（2013） に掲載。

上昇の時間と皮膚温の最高値、15分間の平均値を記録する。この最高値は、さまざまな刺激に対するCIVDの起こりやすさの指標として用いる。

### 設 問

1. 局所の寒冷刺激に対する体温調節反応としての皮膚血管の応答を解析し、その応答が全身性か局所性なのかを考察せよ。
2. CIVDが全身性か局所性なのかを考察し、さらに、CIVDの起こるメカニズムを推察せよ。
3. 痛み、心拍数、血圧、指皮膚温それぞれの間における相関を図示し、実習結果を考察せよ。
4. 寒冷刺激および暑熱刺激に対する体温調節反応をまとめよ。

### Advance

- (1) 深部体温が高い、あるいは、体熱量が大きい場合は寒冷血管収縮反応が弱く、CIVDが起こりやすいとされる。室温を変える、あるいは、摂食の有無により体熱量を変化させ、寒冷血管収縮反応とCIVDがいかに影響されるかを観察し、そのメカニズムを考察する。
- (2) CIVDにはトレーニング効果があるといわれる。被験者間でCIVDの程度を比較し、その理由を考察する。

### 10-3 発汗機能

#### 目 的

ヒトの発汗機能を理解するため、発汗の現象を観察してその調節機構（中枢性機構と末梢性機構からなる）を考察する。次の各項目について実習する。

- (1) 温熱性発汗と精神性発汗：温熱性発汗と精神性発汗のそれぞれについて発汗現象を観察し、両者の発現要因・部位、発汗機序について考察する。
- (2) 半側発汗：片側胸郭部の圧迫により反射的に発汗量の左右差が現れることを観察し、その機序や生理学的意義について考察する。
- (3) 軸索反射性発汗：薬剤の皮内投与により軸索反射性発汗の現象を観察し、その機序や汗腺の神経支配について考察する。

実験では、換気カプセル法による記録装置を用いて発汗量を連続的、定量的に測定する方法と、汗を着色して汗腺活動を検出する方法を実施する。

#### A 発汗活動の連続記録

発汗量を連続記録するためには2種類の方法がある。一つは直接的な方法で、換気カプセル法である。この方法は断面積1～数cm<sup>2</sup>のカプセルを皮膚に装着し、これに低湿度の空気を通し、この空気がカプセルの覆う皮膚面に分泌された汗を蒸発させる。汗の蒸発に

「る空気は加湿されるのでその湿気は汗量に変換する。」  
気反応 electrodermal response (EDR) が汗腺活動に伴って変化することを用いて発汗量の実験では通電法により皮膚に弱い電流を流し、汗腺活動の反応 skin resistance response (SRR) としてとらえ、発汗量を測定する。

### 準 備

#### 【器 具】

##### 1) 換気カプセル法

自作も可能であるが市販の発汗量測定装置（図10-1）の測定ができるもので、信号をデジタル解析する必要がある。発汗測定用カプセルは両面テープを使って皮膚面に両面テープが剥がれ空気が漏れることがあるので、このテープで固定する。カプセルを装着した直後は基線が乱れるのである。

他に、発汗を誘発するための各種の刺激装置が必要で、音刺激装置（電子音、ピストル音、扉の閉まる音などを聴かせる）、光刺激用ストロボ、皮膚痛覚刺激用電気刺激装置（刺激電極も必要）などを準備する。また、温熱刺激として下肢温浴を行うための恒温水槽（25Lポリバケツに温度調節装置付ヒーターを設置する）、口腔温測定用にサーミスタ温度計、皮膚温分布を観察するためにサーモグラフ装置、および皮膚圧迫用に直径2～3cm、長さ30～50cmの棒（塩ビ製など）の先端に直径5～6cmの球状のタンポを取り付けたタンポ棒を用意する。

EDR記録のためのホイートストン Wheatstone・ブリッジ回路2個、生体アンプ2チャンネルと記録器を用いる。EDRの記録装置には市販品もある。他に銀盤電極（脳波用）

##### 2) 通電法

EDR記録のためのホイートストン Wheatstone・ブリッジ回路2個、生体アンプ2チャンネルと記録器を用いる。EDRの記録装置には市販品もある。他に銀盤電極（脳波用）

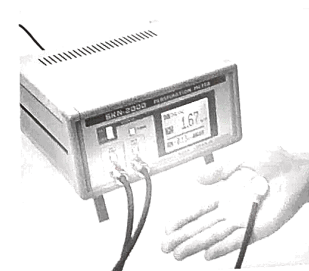


図 10-1 発汗量測定装置と記録用カプセル

一部の大学では生理学実習の実習用機器として使用されている。

# ウェアラブル発汗計

# ウェアラブル発汗計

換気カプセル型発汗計の機能を  
小型カプセルサイズで実現（特許取得済）



|      | 発汗センサ                              |
|------|------------------------------------|
| 寸法   | 直径18mm<br>高さ11mmのカプセル              |
| 消費電力 | 0.3VA程度                            |
| 通信   | Bluetooth<br>(スマートフォンでデータ<br>記録可能) |



運動中にも装着可能なサイズ。

本体を衣服等に固定し、センサ部を両面テープ（消耗品）を用いて測定部位に貼り付けます。

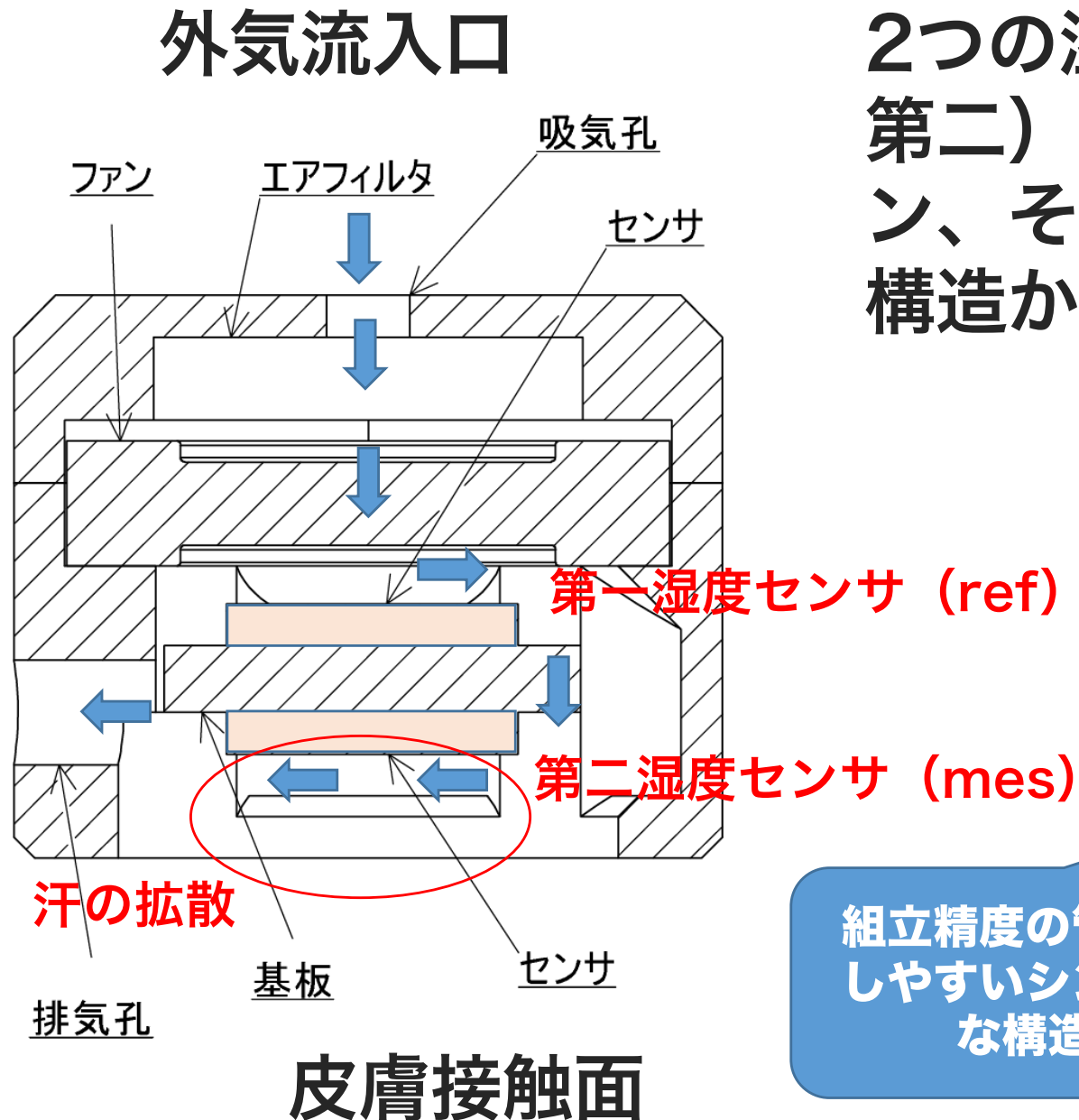


前腕部装着例

- ※本体と皮膚装着センサ部を繋ぐケーブルの長さは、通常85cmです。
- ※その他の長さをご希望の場合は、ご注文時にご指定ください。

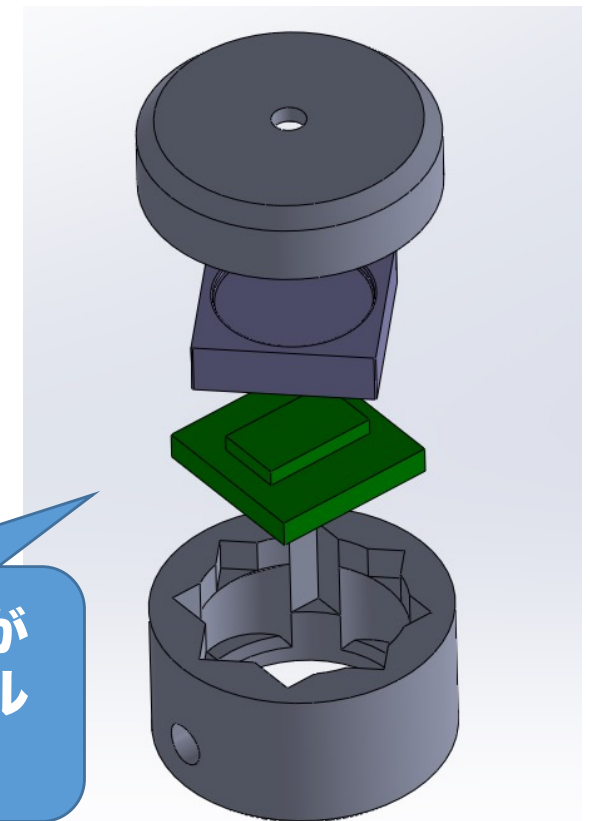


頸部装着例



2つの湿度センサ（第一、第二）と1cm角のファン、それを覆うカプセル構造から構成される。

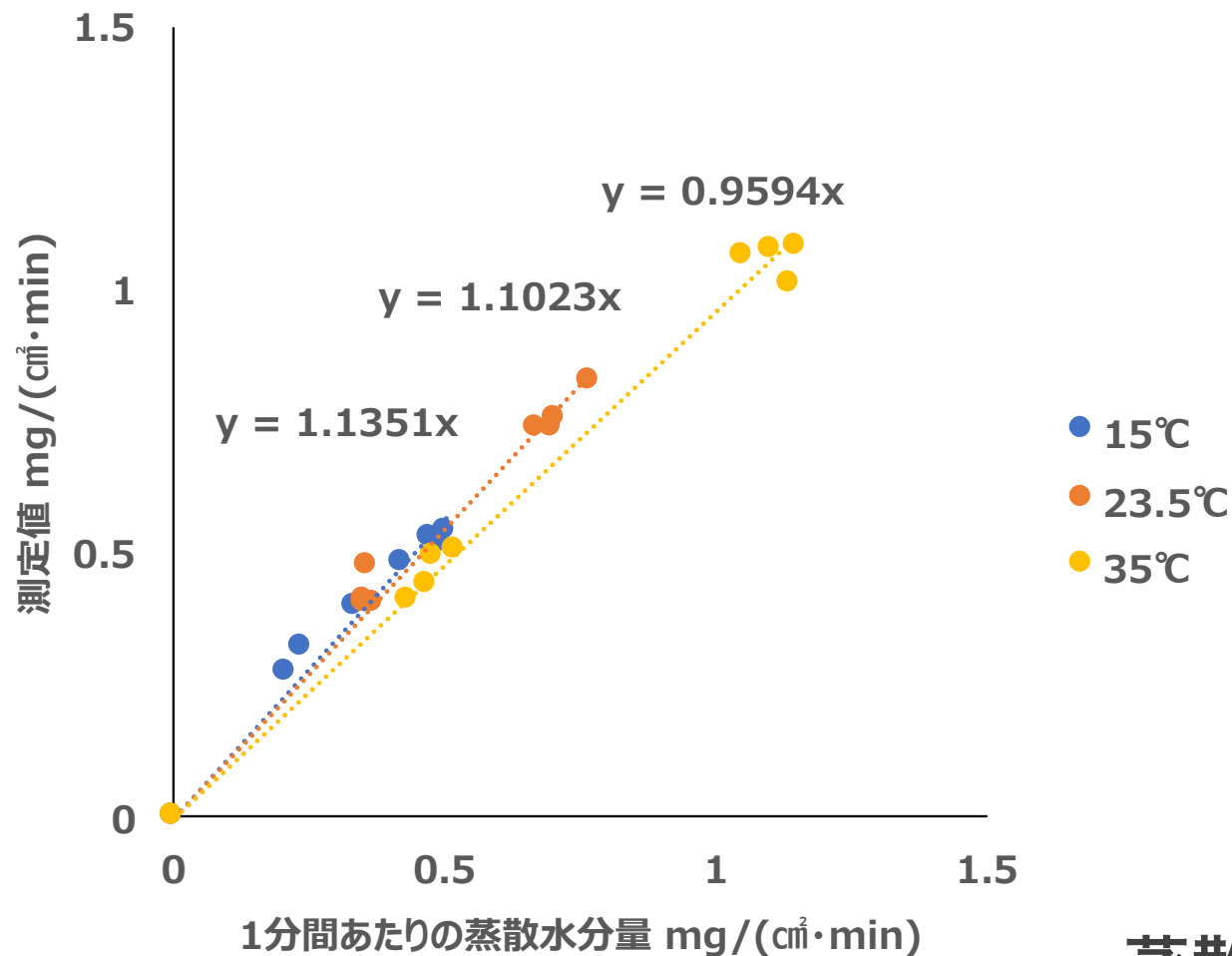
組立精度の管理が  
しやすいシンプル  
な構造



# ウェアラブル発汗計

## 測定精度

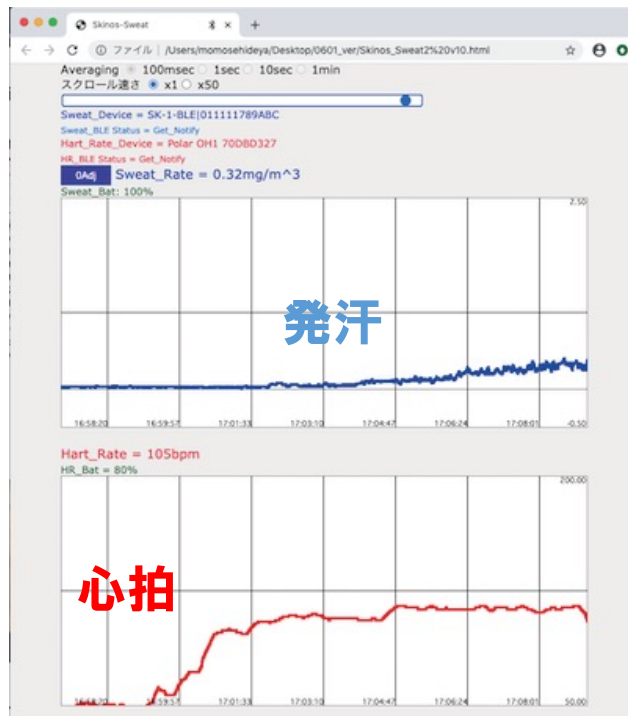
感度は周辺環境の影響を受けますが、  
15～35℃の範囲において、誤差範囲は±20%です。



蒸散水分量との比較

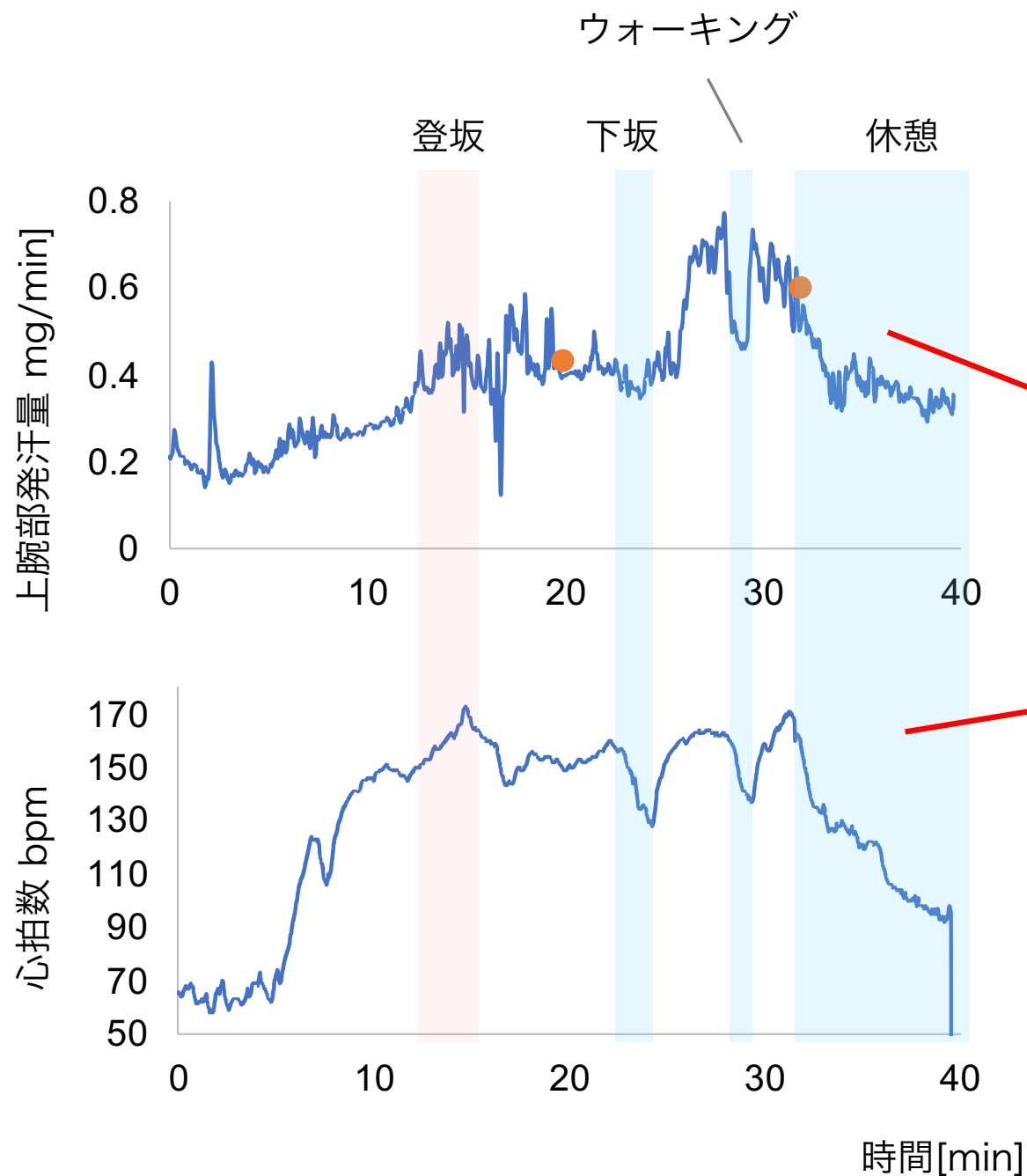


# 市販心拍数と発汗量の同時計測



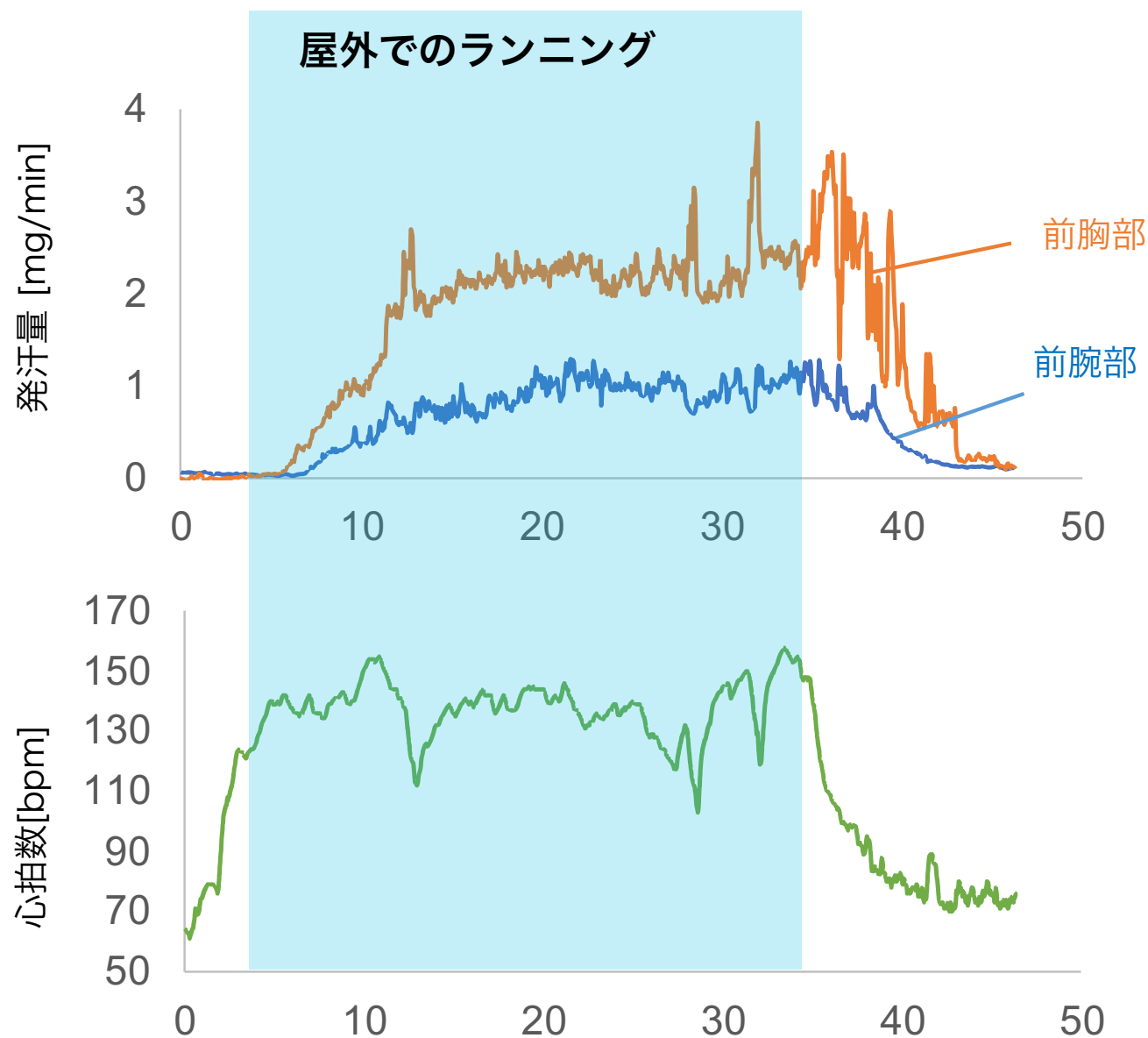
心拍計 OH1+ / POLAR

# 心拍数と発汗量の同時計測 - 屋外炎天下でのランニング -



被験者：30代男性  
温度：約32℃

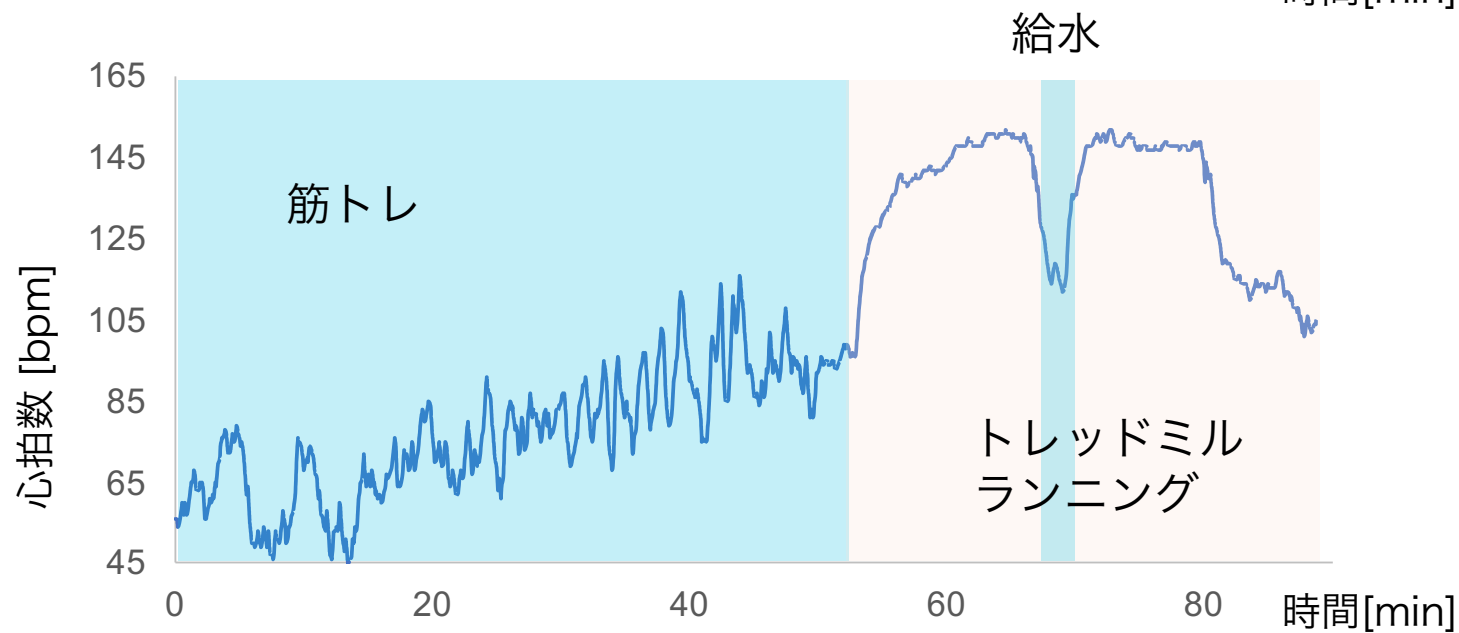
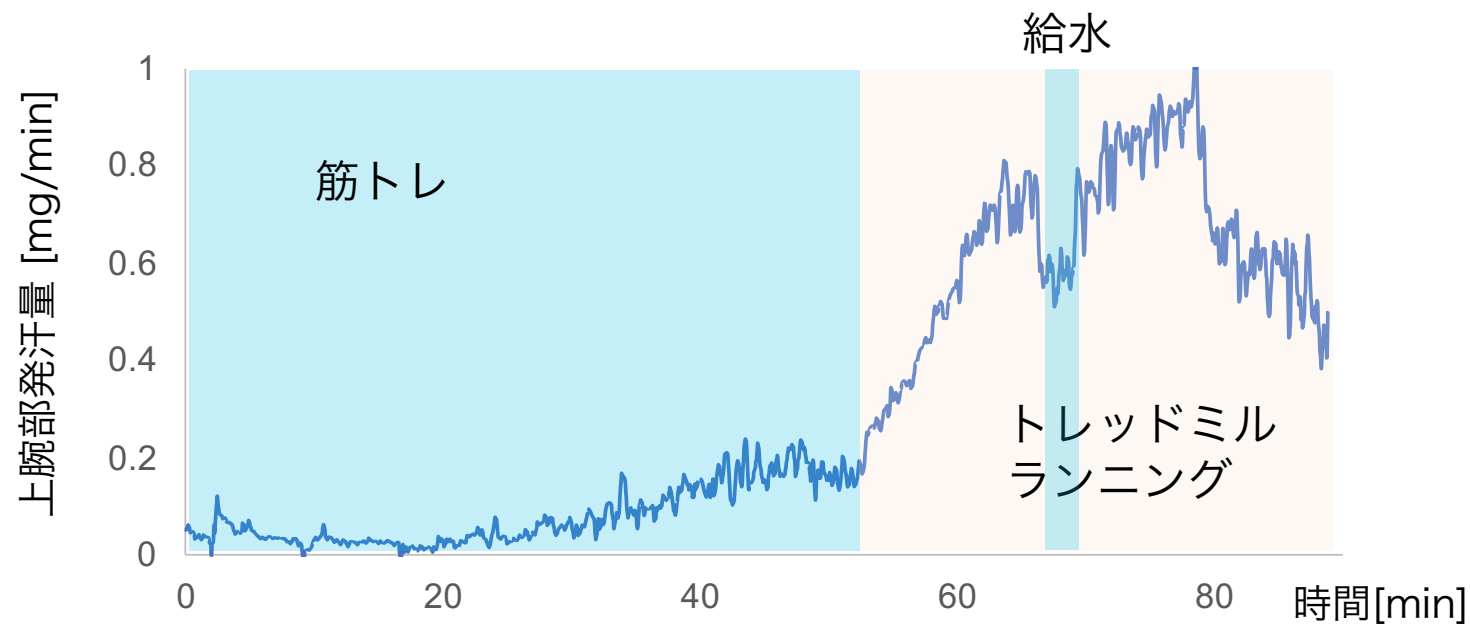
# ランニング中の発汗量測定(前胸部、前腕部同時測定)



- 被験者：30代男性
- 服装：Tシャツ短パン
- 27℃ 58%RH

※本機は衣服内にセンサをおいた場合、うまく測定ができない場合があります。

# 心拍数と発汗量の同時計測 - 有酸素運動と無酸素運動 -

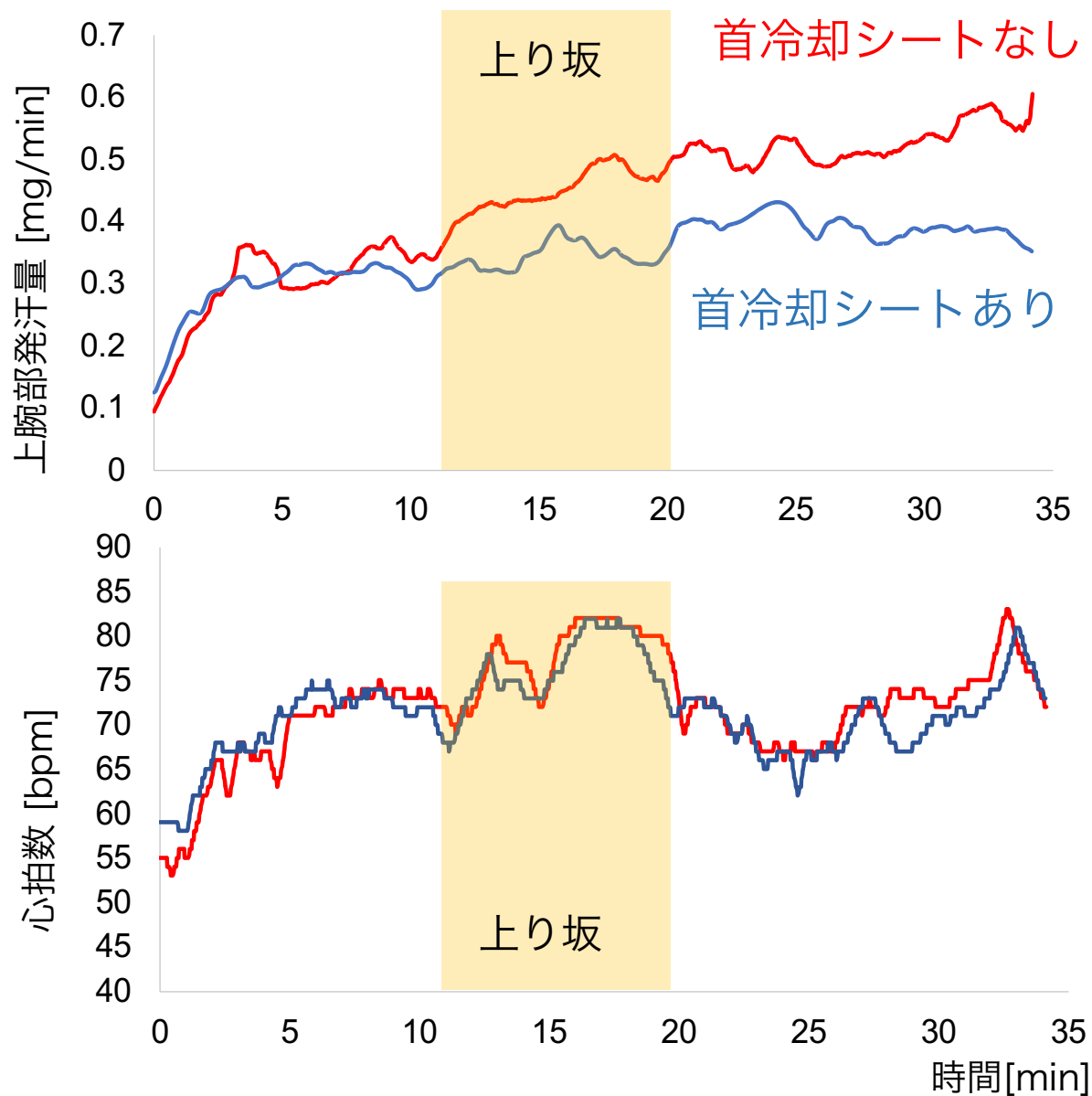


被験者：30代男性  
気温：25℃  
湿度：65%RH



# 心拍数と発汗量の同時計測 - 炎天下ウォーキング時の頸部冷却 -

発汗計測により、冷却シートの効果を視覚的に確認できます。

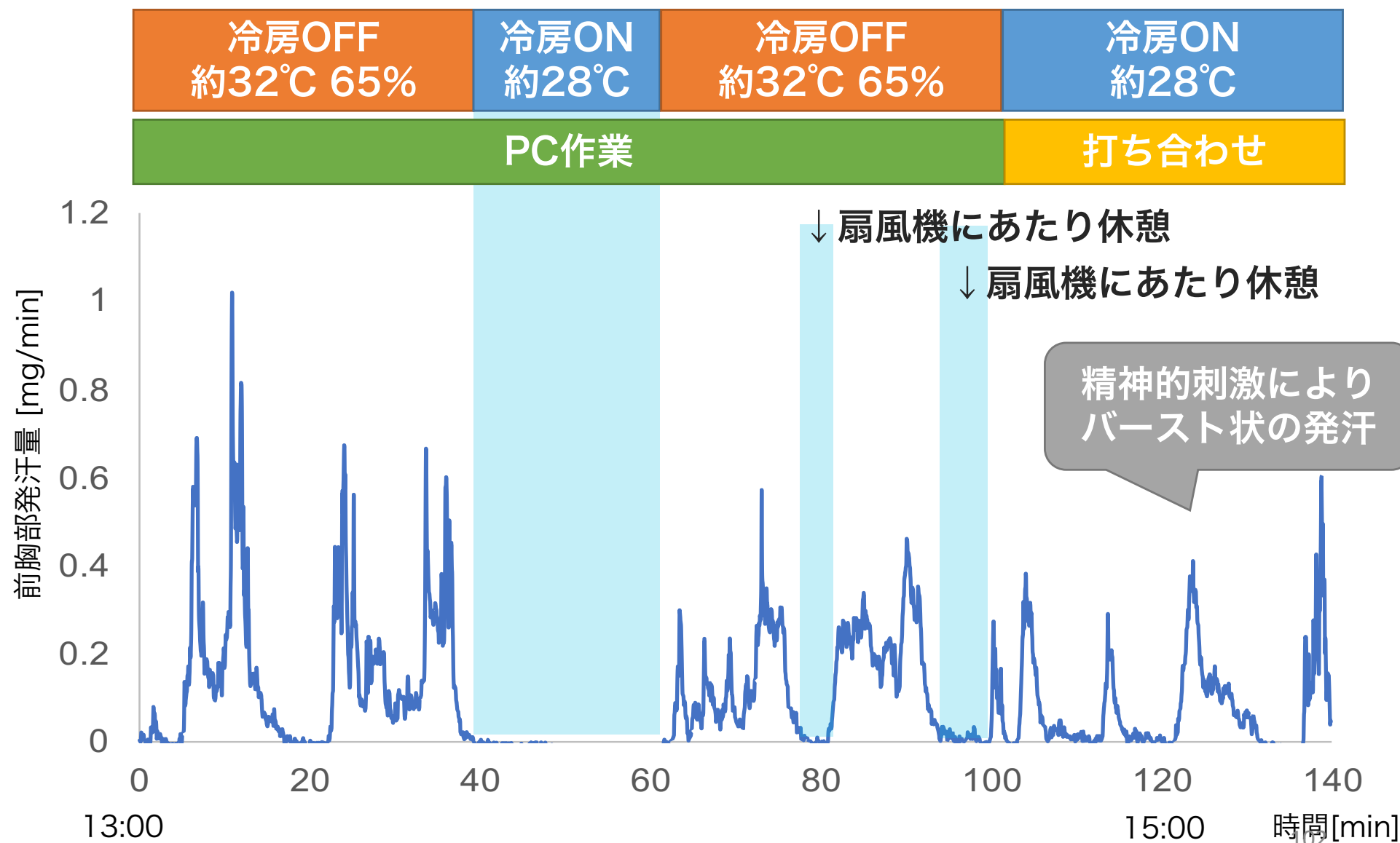


首冷却シート→

被験者：30代女性  
気温：30℃  
湿度：55%RH  
距離：約3km

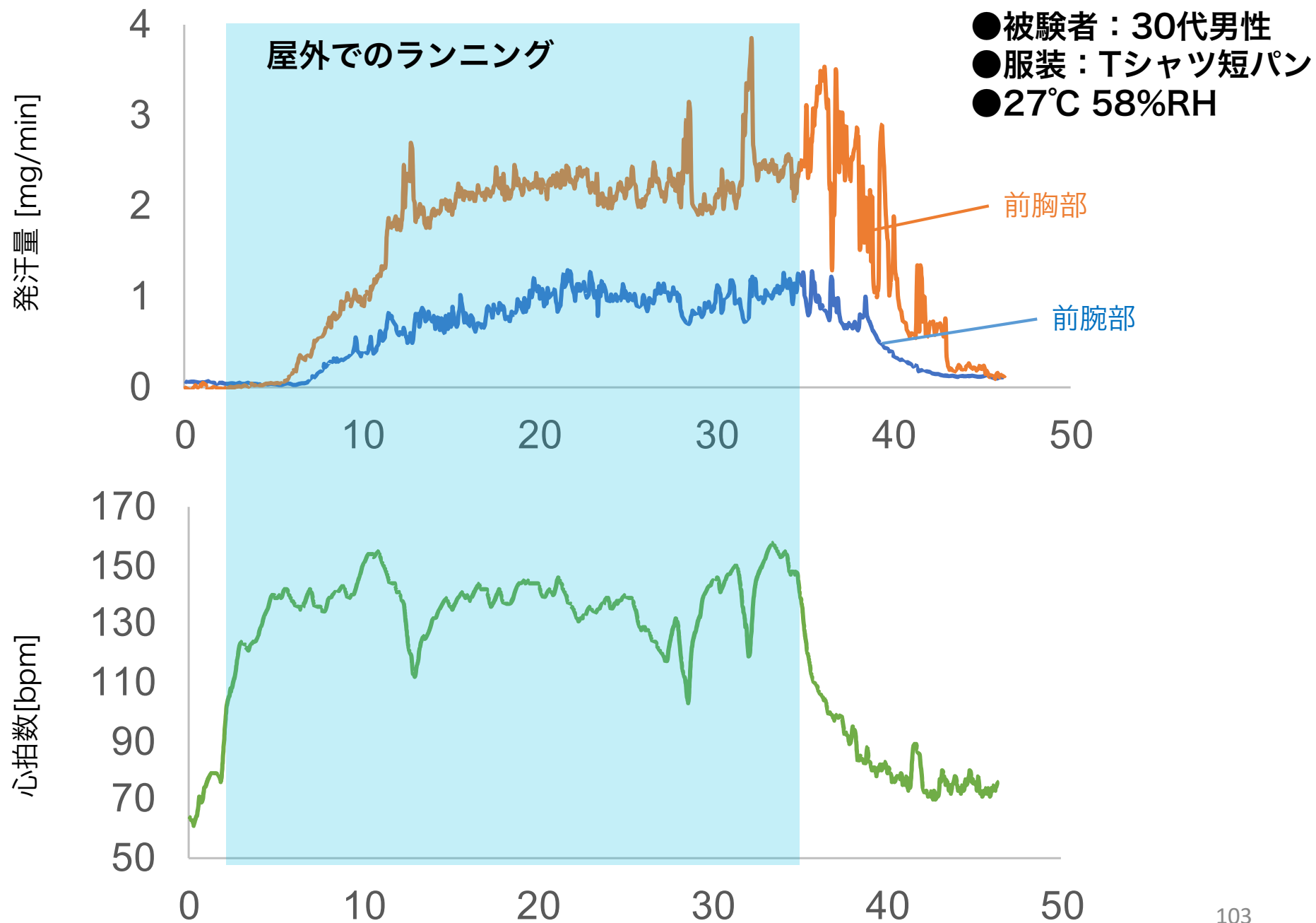
# オフィス環境における発汗計測

- 被験者：30代男性
- 服装：Tシャツ短パン



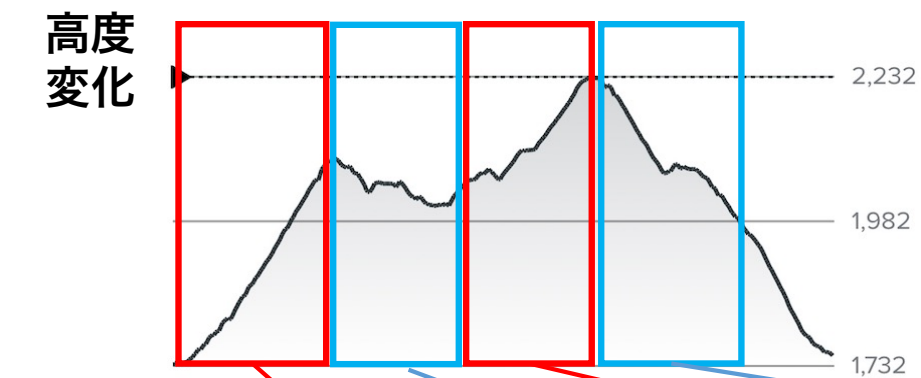


# ランニング中の発汗量測定(前胸部、前腕部同時測定)



# 登山中の発汗量測定

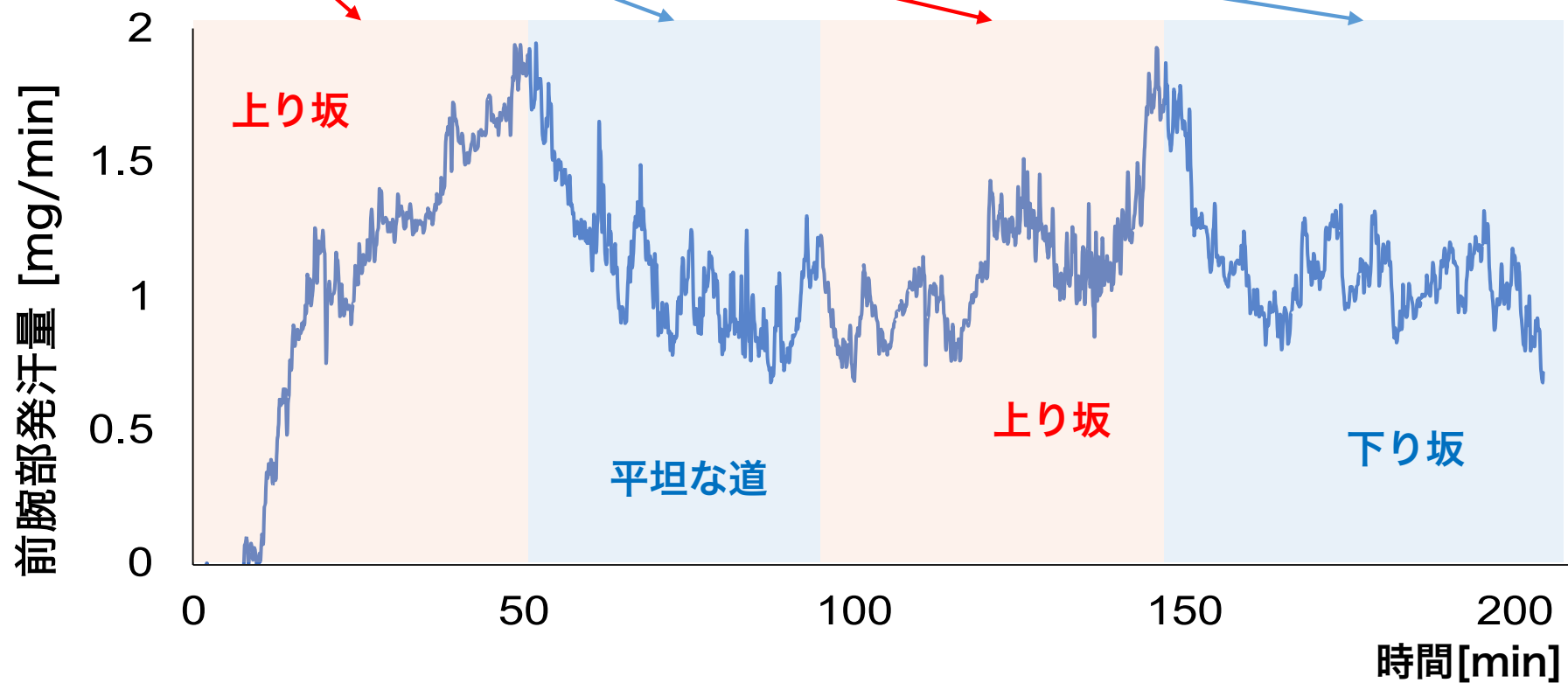
●被験者：40代男性



本体部



皮膚装着センサ部



# N0テスト

被験者：30代女性、選択カードは“8”

