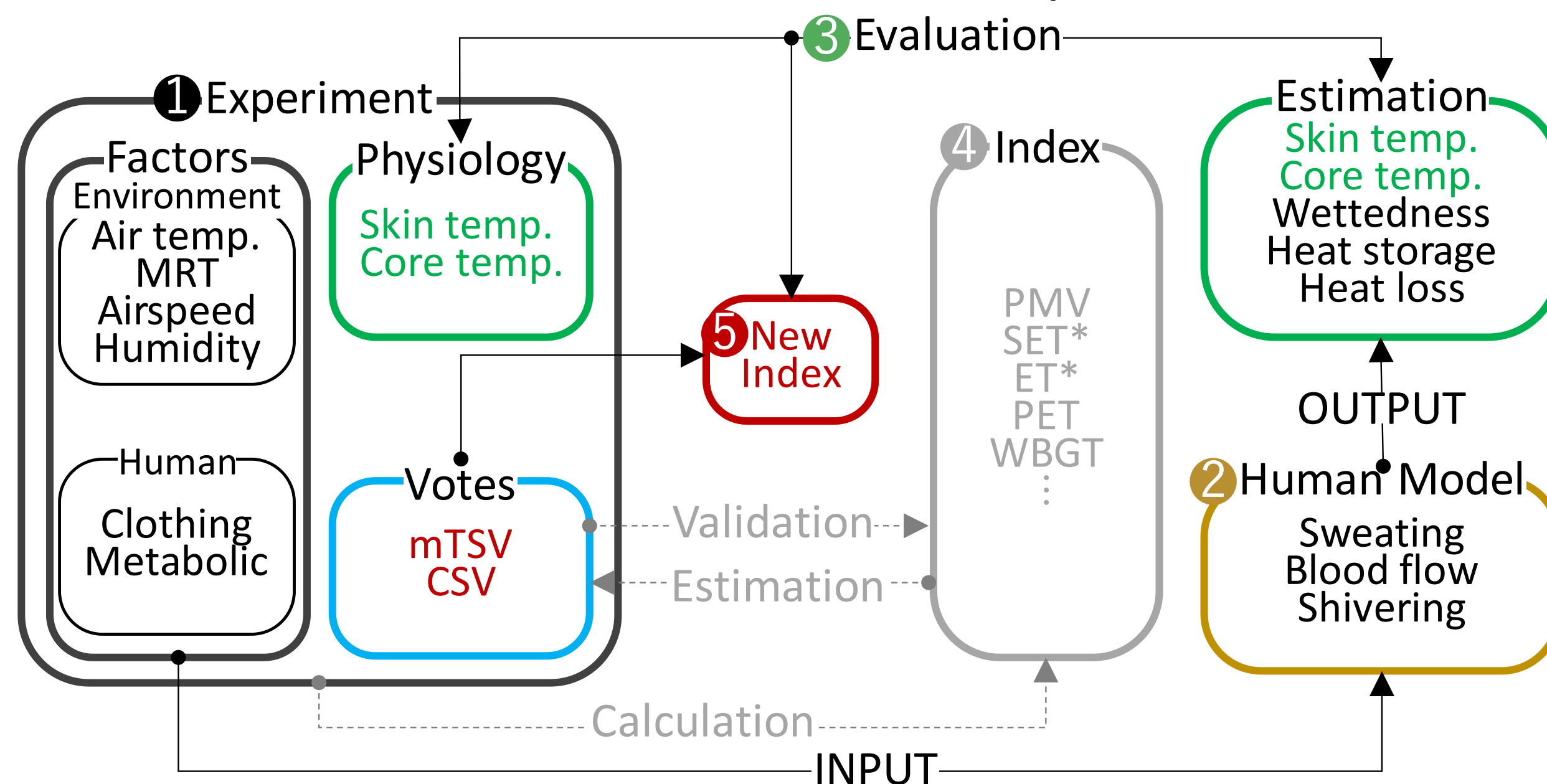


研究概要

研究背景と目的

屋外及びミスト噴霧環境での人の温熱感が評価できる新環境指標を開発する。

- ミストの蒸発熱を活用するミスト噴霧システムは、屋外環境における人の熱ストレスを減らす方策として多く利用されている。
- 屋外やミスト噴霧環境で使える環境指標はまだ十分に検討されていない。
- アンケート調査は時間的及び経済的にコストが高くなる。
- 従来の指標はミスト噴霧するような特殊な屋外温熱環境評価においても有効性をもたらすのか明らかではない。



Research flow for developing of new index

研究内容

- ① 現場実験**
 - 環境因子の測定 (気温, 湿度, 放射, 風速)
 - アンケート調査 (寒暑感や快適感など)
 - 人の生理反応測定 (Hardyらの7点法を用いて平均皮膚温度測定、口腔温度)
- ② 人体モデル**
 - 環境因子を用いて人の生理反応を予測
 - Gaggeの2ノードモデルを活用
- ③ 生理反応**
 - 2ノードモデルの妥当性を検討
 - 人の熱的な状態を予測
- ④ 従来の環境指標**
 - ミスト環境での従来の環境因子の有効性を検討
- ⑤ 新環境指標の提案**
 - PMVの基本概念を採択
 - 2ノードモデルから人の熱負荷を計算
 - 熱負荷と寒暑感(mTSV)の相関を検討
 - 屋外及びミスト環境での温熱感覚を評価

ミスト噴霧環境での温熱感覚の検討

実験 1

ミスト浴びた前後でアンケート調査を行い、ミストの冷却効果を検討。

- 被験者が自由に参加(女性：342人, 男性：768人)。
- ミスト噴霧周囲の環境の環境因子を測定して環境指標を検討。



Mist spray system in Shimbashi, Tokyo

Experiment conditions				
Location	Number of Subject	Period	Mist spray	
			Flow rate (mL/min)	Mist size (μm)
東京都港区 新橋	1110	Aug. 4-12, 2016	818- 1227	10-20

1st VOTE
Before mist

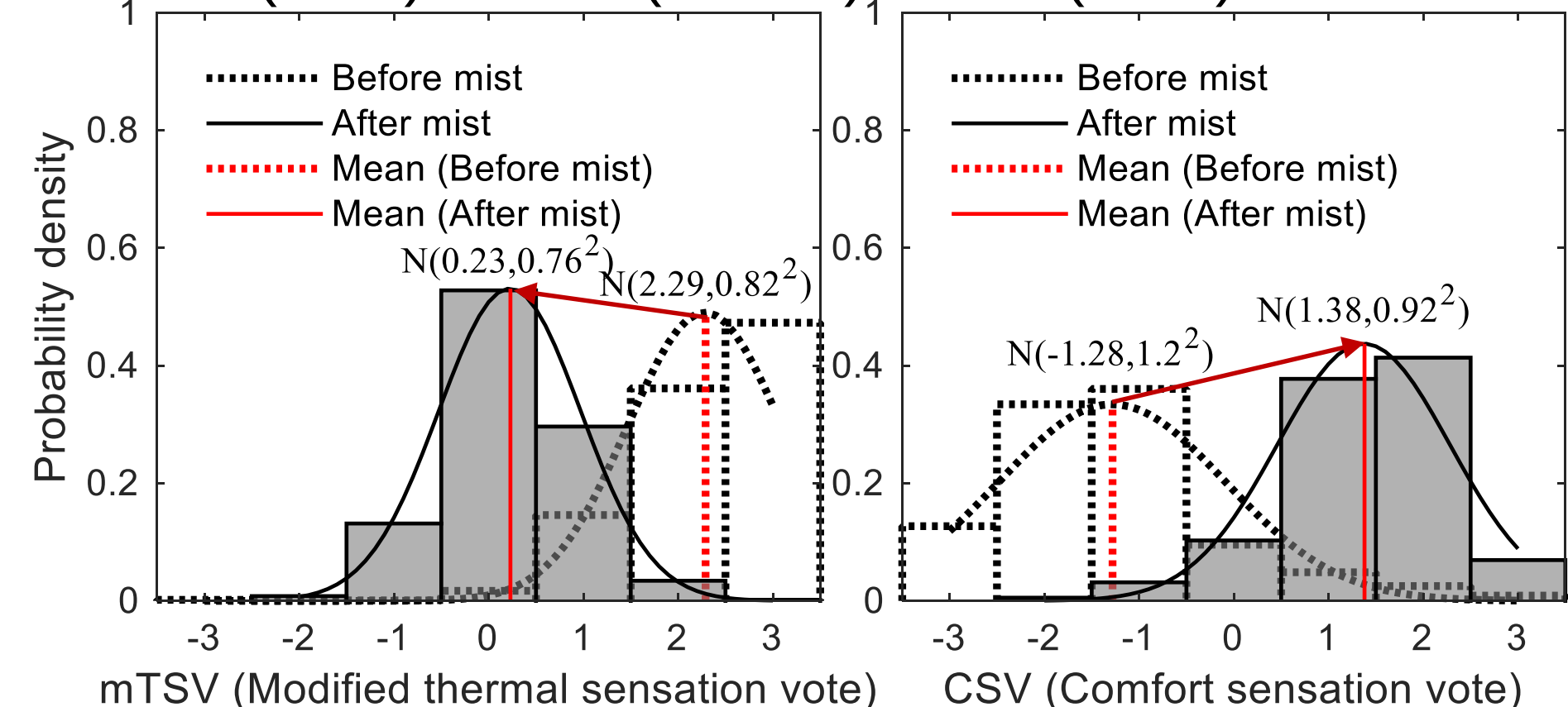


2nd VOTE
After mist

The concept of experiment procedure

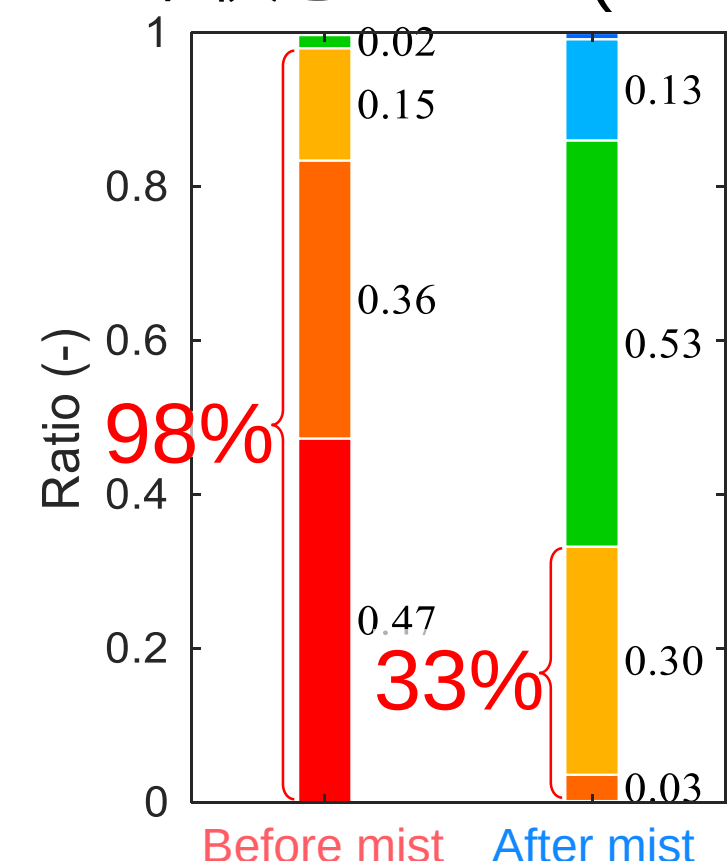
結果

- 寒暑感(mTSV)： 2.3 (Before) → 0.2 (After)
- 快適感(CSV)： -1.3 (Before) → 1.4 (After)

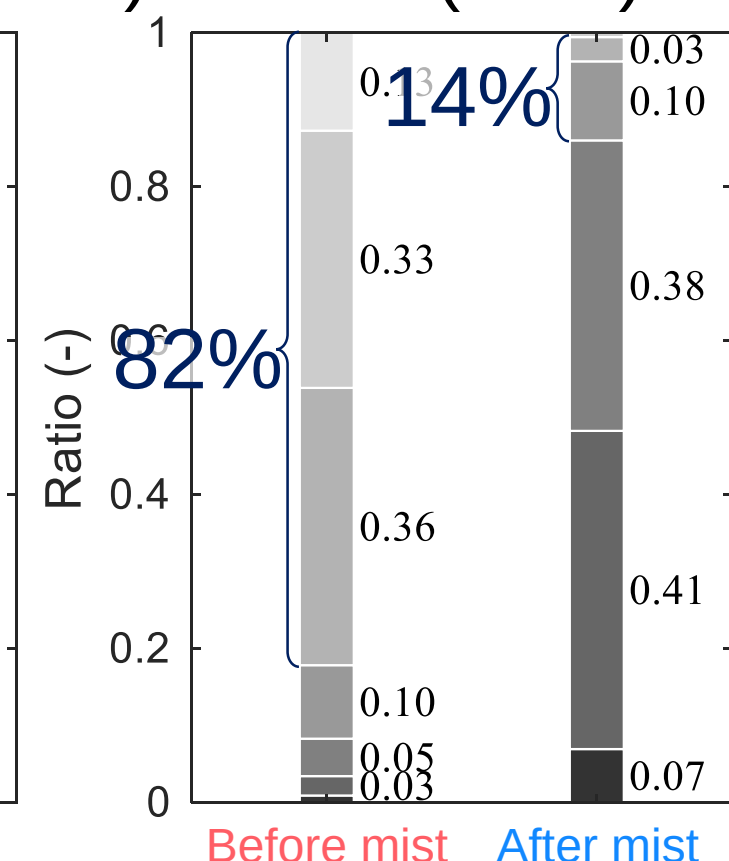


PDF of sensation vote results (mTSV & CSV)

- 暑さの感覚： 98% (Before) → 33% (After)
- 不快感： 82% (Before) → 14% (After)



The ratio of mTSV



The ratio of CSV

- mTSV Scale**
- mTSV(3): 非常に暑い
 - mTSV(2): 暑い
 - mTSV(1): やや暑い
 - mTSV(0): どちらでもない
 - mTSV(-1): やや寒い
 - mTSV(-2): 寒い
 - mTSV(-3): 非常に寒い
- CSV Scale**
- CSV(3): 非常に快適
 - CSV(2): 快適
 - CSV(1): やや快適
 - CSV(0): どちらでもない
 - CSV(-1): やや不快
 - CSV(-2): 不快
 - CSV(-3): 非常に不快

2 ノードモデルの妥当性の検討

実験 2

屋外及びミスト噴霧環境で測定した環境因子を用いて2 ノードモデルから予測した生理値(皮膚温, 深部温)と被験者の実測値を比較する。

結果

ミスト噴霧環境で滞在した間の皮膚温度変化

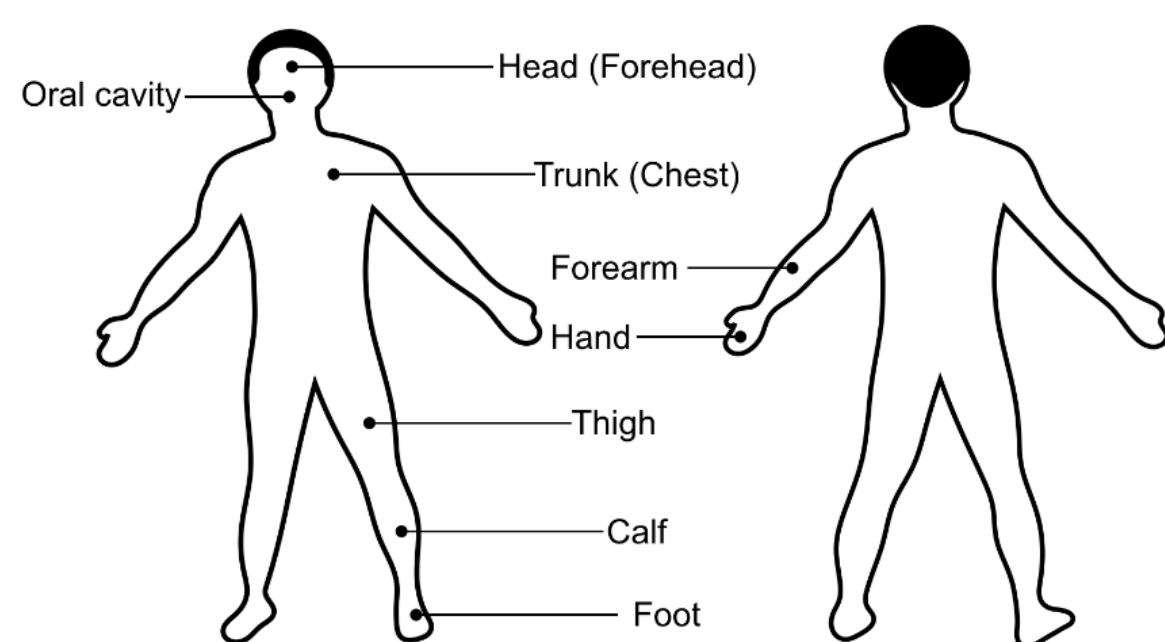
- 計算結果: -1.0°C
- 実験値: -0.7°C



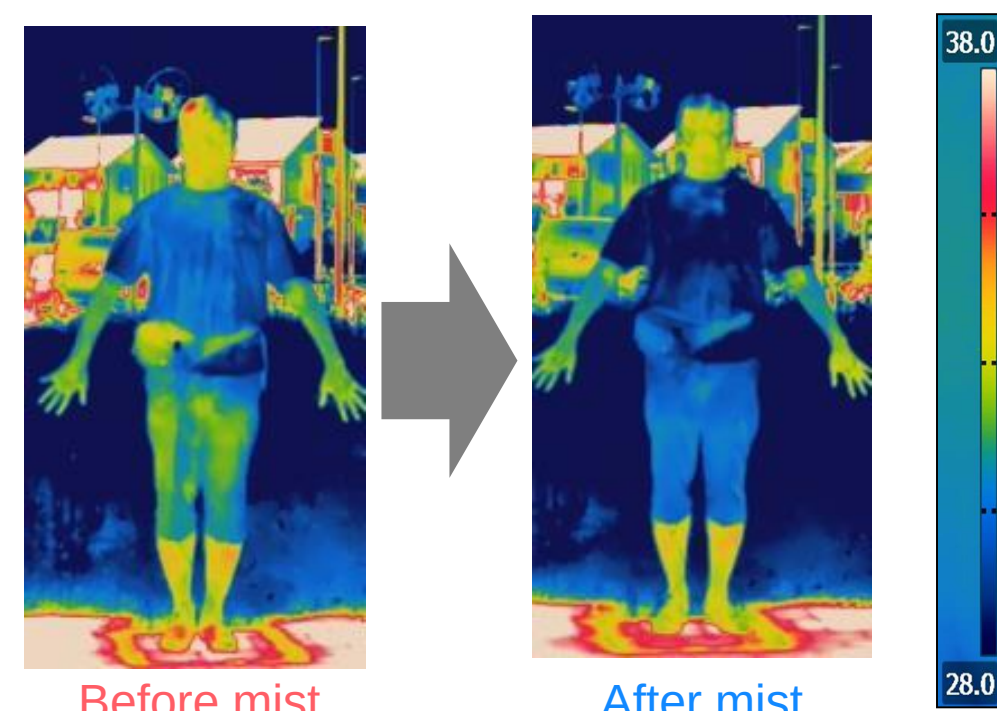
Mist spray system in Fujisawa, Kanagawa

Irradiation meters

Subjects in experiment



Measurement points



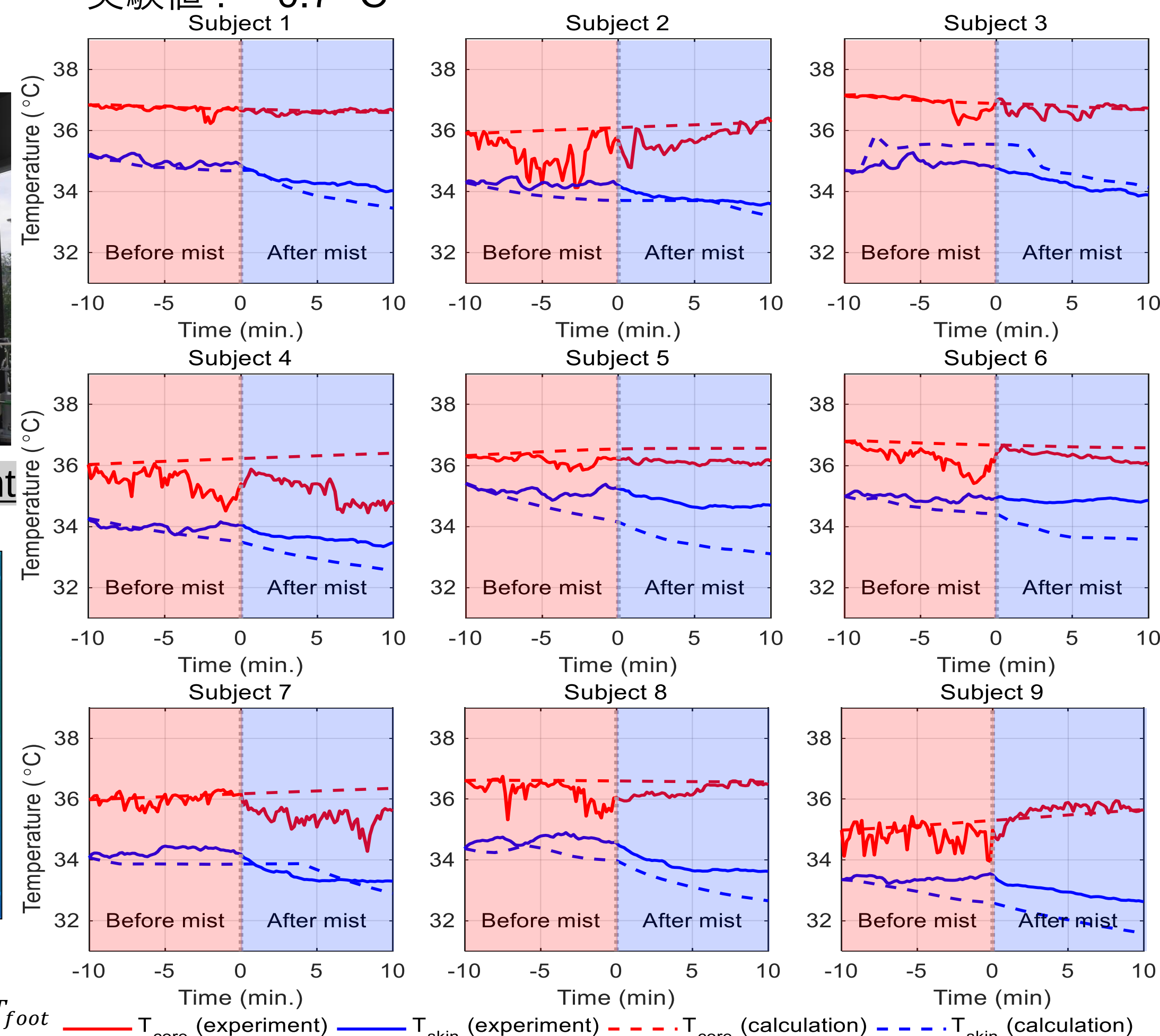
Before mist

After mist

Infrared thermography

$$T_{sk} = 0.07 T_{head} + 0.35 T_{trunk} + 0.14 T_{forearm} + 0.05 T_{hand} + 0.19 T_{thigh} + 0.13 T_{calf} + 0.07 T_{foot}$$

$$T_{core} \approx T_{mouth}$$



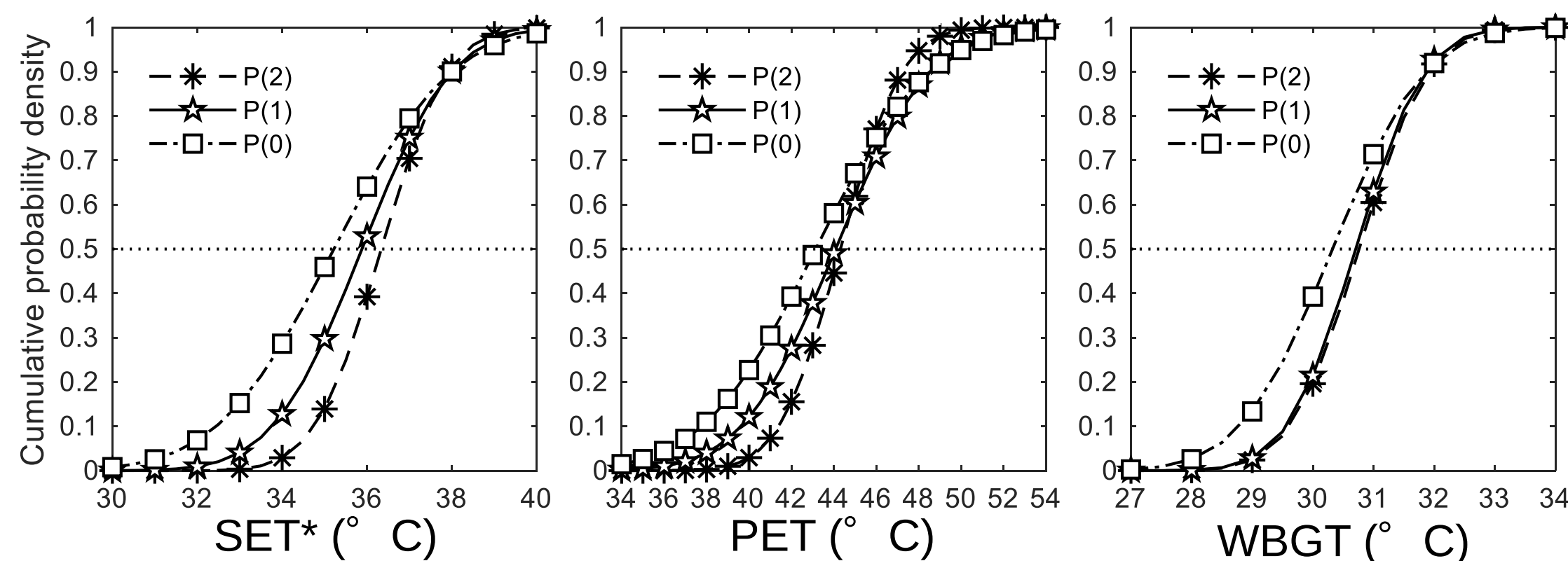
Mean skin temperature and core temperature

温熱感覚調査を用いた新指標の提案

寒暑感と従来の環境指標の相関

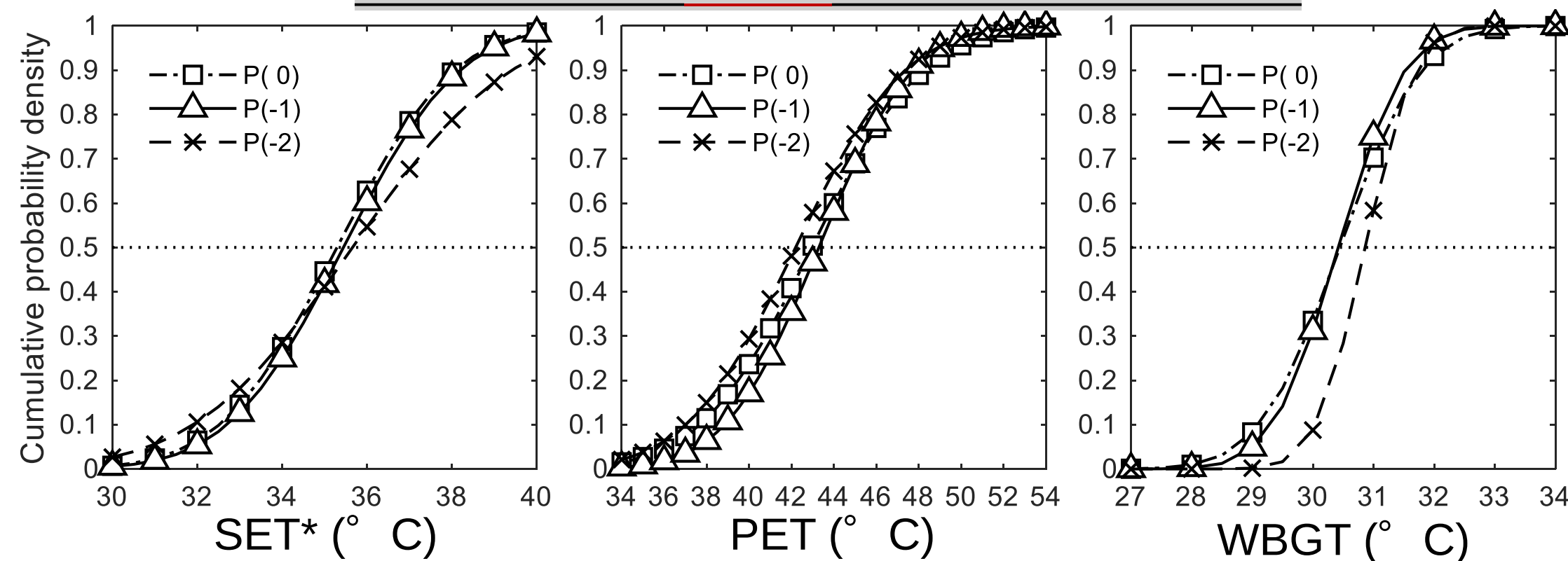
寒暑感と快適性の累積割合と、環境指標であるSET*、PET、WBGTとの関係性を分析

- SET*はミスト環境での寒暑感を評価に使える可能性を示す。
- 快適性を評価するためには、従来の環境指標の改善が必要。



$P(2) = mTSV (\geq 2)$, $P(1) = mTSV (\geq 1)$, $P(0) = mTSV (\geq 0)$

Correlation of **mTSV** and thermal indices



$P(0) = CSV (\leq 0)$, $P(-1) = CSV (\leq -1)$, $P(-2) = CSV (\leq -2)$

Correlation of **CSV** and thermal indices

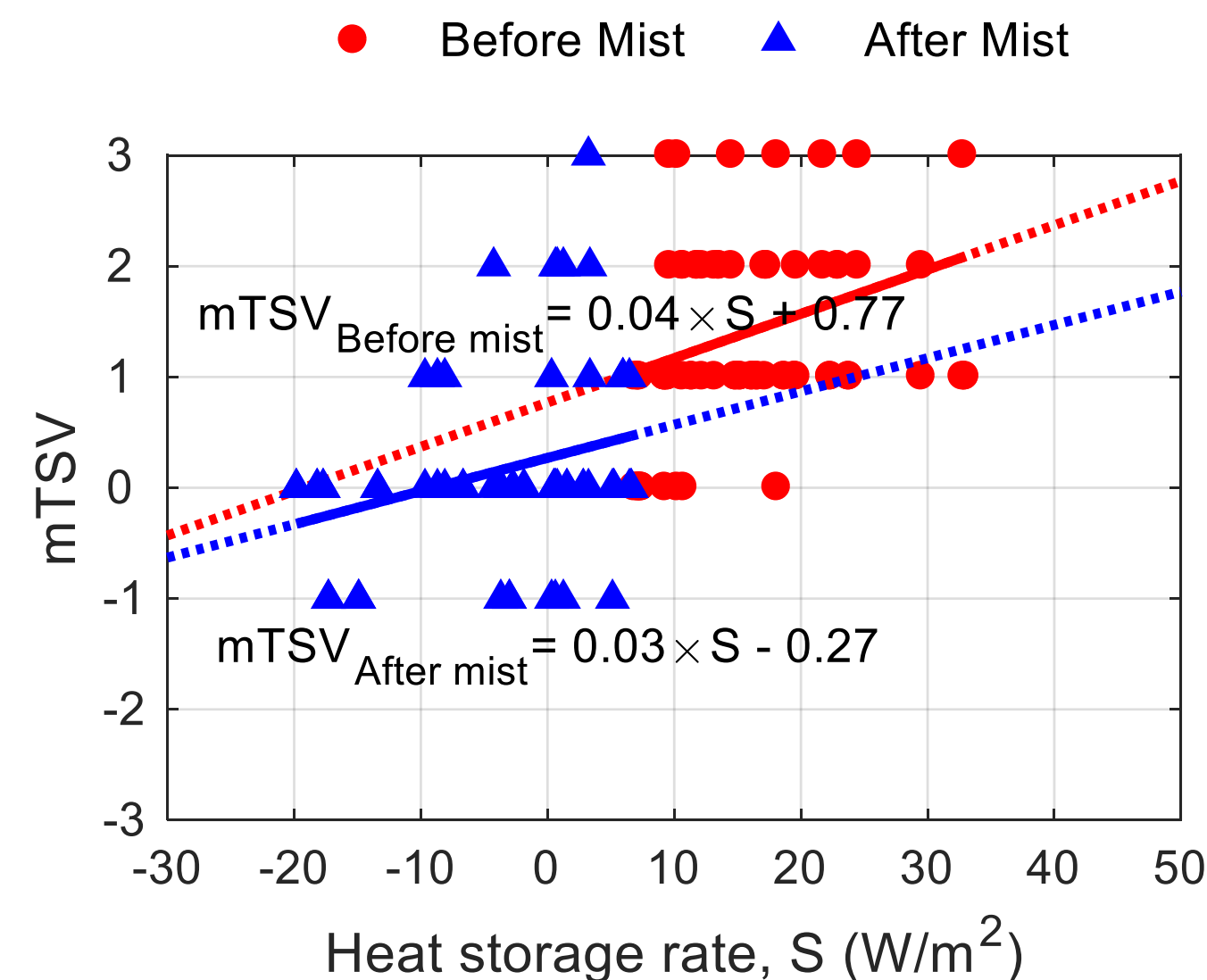
新環境指標：O-PMV

PMVの基本概念を採択

2 ノードモデルの熱負荷結果と申告寒暑感の相関分析に基づき新環境指標を提案。

$$PMV = \frac{\delta TSV}{\delta S} \times S, \quad O-PMV = \frac{\delta mTSV}{\delta S} \times S$$

PMV: predicted mean vote, O-PMV: outdoor predicted mean vote
S: the rate of heat storage (W/m^2), TSV: thermal sensation vote
mTSV: modified thermal sensation vote



Correlation between rate of heat storage and mTSV (10 minutes exposure)

$$O-PMV = 0.04 \times S + 0.77 \text{ (Before mist)}$$

$$O-PMV = 0.03 \times S - 0.27 \text{ (After mist)}$$