

## 3つの調査によるインドネシアのオフィスワーカーの温熱快適性評価 —PMVとの乖離と低温環境への嗜好—

川上 梨沙 長谷部 弥 坂東 卓 金坂 真哉 M. Donny Koerniawan Vebryan Rhamadana  
(技術研究所) (技術研究所) (設計本部) (グローバル事業本部) (バンドン工科大学) (バンドン工科大学)  
Deny Wahyu Saputro Wibowo Fathina Izmi Nugrahanti Beyrra Triasdian Nissa A. Ardiani  
(バンドン工科大学) (バンドン工科大学) (バンドン工科大学) (バンドン工科大学)  
Angela Upitya Paramitasari Dinna Fitriyana  
(バンドン工科大学) (バンドン工科大学)

### Evaluating Thermal Comfort of Indonesian Office Workers with Three Studies

#### —Discrepancy with PMV and preference for Cooler Environment—

Risa Kawakami, Hisashi Hasebe, Suguru Bandou, Shinya Kanasaka, M. Donny Koerniawan, Vebryan Rhamadana, Deny Wahyu Saputro Wibowo, Fathina Izmi Nugrahanti, Beyrra Triasdian, Nissa A. Ardiani, Angela Upitya Paramitasari and Dinna Fitriyana

本研究は、蒸暑地域における省エネと快適性の両立を目的として、3つの調査および実験によって把握した、インドネシアにおけるオフィスの温熱環境実態と温熱条件に対する在室者の心理・生理反応を示すものである。室内温湿度は25～29°C・50～70%RHの範囲内に分布し、静穏な気流下でも75～90%の人が不快ではないと答えた。しかし、温冷感申告TSVはPMVと乖離し、“やや寒い”環境を最も快適と評価する傾向が確認された。加えて、脈拍数や血中酸素飽和度の解析から、生理的に負担の少ない環境推奨値は省エネ基準より低温側に位置した。これらの結果は、東南アジア特有の文化的・気候的背景を踏まえた地域適合型PMV式の確立と、除湿を補完する省エネ型気流制御の重要性を示唆する。

This study examined thermal environments and occupants' responses in Indonesian offices to balance comfort and energy saving in hot-humid climate. Indoor conditions were 25–29 °C and 50–70% RH, without many occupants uncomfortable even in still air. However, thermal sensation votes diverged from PMV, showing a preference for slightly cooler settings. Physiological indicators also suggested lower strain at cooler temperatures than energy-saving standards. The results emphasize the need for regionally adapted PMV models and energy-efficient airflow control reflecting Southeast Asia's climate and culture.

#### 1. はじめに

経済発展の中にある東南アジア諸国では、機械空調設備の導入・普及率が上昇する<sup>1)</sup>と共に、増大する消費エネルギー量の抑制が課題となっている。例えばインドネシアでは、上昇する国内エネルギー需要に対し、不足(停電)せず安定的な国内供給を確保することを主な政策としてきた<sup>2)</sup>が、近年では脱炭素化・再エネに関する企業の取り組みも活発となり<sup>3)</sup>、近い将来には同時に省エネも本格的に重視されると考えられる。

さて、省エネを実現する代表手段の1つが、空調設定温度を上げることである。既に、インドネシアの首都ジャカルタでは、省エネを目的とした室内温熱環境基準<sup>4)</sup>が存在し、25°C以上かつ60±10%RHとすることが推奨されている。一方で、東南アジア諸国における機械空調された居室、特にオフィス等の労働環境に関する実態報告は未だ限定期である。Karyono<sup>5)</sup>や Damiati ら<sup>6)・7)</sup>、Fukawa ら<sup>8)</sup>、村上ら<sup>9)</sup>、Salsabila ら<sup>10)</sup>、Rahim ら<sup>11)</sup>による事例の報告はあるものの、自然換気を利用する場合も多く、機械空調下での温熱環境の実態把握には不足する。加えて、省エネ基準に則つ

た場合の温熱環境が及ぼす在室者への生理的影響が不明瞭であるため、設計者や建物運用者は積極的に設定温度を上げることを提案し難い状況にある。

そこで本研究では、蒸暑地域におけるオフィスでの、省エネを考慮した適正な温熱環境を明らかにすることを目的として、次章に示す3つの調査によって、インドネシアのオフィスの環境実態を把握するとともに、設定温度を実験的に変更した場合の在室者の心理的・生理的変化を計測した。本報では、日本人とは異なる様相を見せた温冷感・熱的快適感などの主観評価の傾向や、温熱環境条件が及ぼす脈拍数や血中酸素飽和度への影響を記す。

## 2. 調査方法

### 2.1 インドネシア5都市での温熱環境実態調査

調査の目的は、オフィスにおける近年の室内環境の実態や、オフィスワーカーの着衣量、温熱環境への主観評価の傾向を把握することである。以下、調査①と呼ぶ。

#### 2.1.1 調査対象

バンダアチエ、ジョグジャカルタなどの5都市(図-1)のオフィス(写真-1)において、18~57歳の男女計234名を対象とした(表-1)。いずれも、大学や政府機関など公的施設であることが特徴である。

#### 2.1.2 測定項目

対象オフィスにて勤務するオフィスワーカーにアンケートを配布し、温冷感や熱的快適感、気流感、発汗知覚、満足度、着衣量などを回答させた。また、アンケート回答時間帯前後の温熱環境として回答者周囲の空気温度、相対湿度、黒球温度、気流速度、照度、日射量などを屋外気象と共に測定した。なお、アンケートの回答は選択式で、設問文や回答選択肢の言語はインドネシア語と英語を併記した。



図-1 調査対象都市の位置



写真-1 調査①対象オフィスの内観  
(左: Makassar、中央: Tangerang、右: Bandung)

表-1 調査①対象オフィスと調査対象者の概要

Location	Build. Use	Survey term	Number of participants	Age of participants
Yogyakarta	University	May 30 – Jun. 2 2022	Male: 20, Female: 28 (Mean: 33)	18 – 55
Makassar	Government	Jun. 7 – 9 2022	Male: 14, Female: 26 (Mean: 38)	22 – 57
Tangerang	University	Jun. 14 – 17 2022	Male: 14, Female: 27 (Mean: 22)	18 – 47
Bandung	Government	Jul. 11 – 15 2022	Male: 41, Female: 40 (Mean: 34)	22 – 57
Banda Aceh	Government	Aug. 3 – 5 2022	Male: 13, Female: 11 (Mean: 40)	27 – 54

### 2.2 温湿度を制御した環境下での被験者実験

実験の目的は、温熱環境への主観評価の傾向と、環境に順応した結果として現れる生理状態への影響を把握することである。以下、調査②と呼ぶ。

#### 2.2.1 調査対象

実験は、バンドン市内にある大学の敷地内に設置した、内部を断熱材で覆ったコンテナ型の実験室にて実施した(写真-2)。また、22~35歳の若年インドネシア人の男女計202名を被験者とした(表-2)。

#### 2.2.2 測定項目

温湿度を所定の条件に維持した実験室に被験者を滞在させ、2.1.2項に示す調査①と同様の温熱環境測定とアンケート調査を行った。生理量として、椅坐位安静時の脈拍数や血圧(収縮期、拡張期)、血中酸素飽和濃度などを測定した。また、人体の覚醒度を示す指標として、光刺激への反応速度と、模擬作業の実施による集中度を測定した(図-2)。



写真-2 調査②実験室(左:外観、右:完成前内観)

表-2 調査②実験条件と対象者の概要

Setting	Survey term	Participants	
Temp. [°C]	RH [%]	Number	Age
22	40		
25	50	Jun. 14 – Nov. 7 2021	Male: 112, Female: 90
28	60		22 – 35
31			

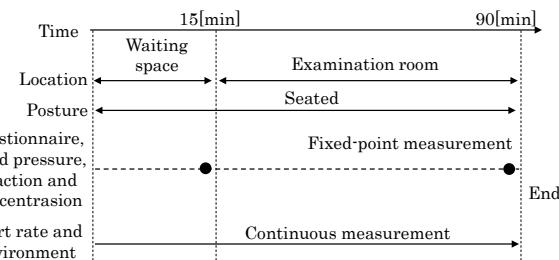


図-2 調査②の実験プロトコル

### 2.3 実オフィスで設定室温を変化させる

#### 実験的調査

調査の目的は、実際に稼働中のオフィスにおいて試験的に設定温度を変更した場合の、在室者による温熱環境への主観評価の傾向を把握することである。以下、調査③と呼ぶ。

##### 2.3.1 調査対象

ジャカルタの高層オフィスビルの1フロア(写真-3、図-3)において、民間企業に勤める20~60代のオフィスワーカー男女計116~125名を対象とした(表-3)。対象者には、インドネシア人の他、日本人やフィリピン人も含まれた。本報では特に記述の無い限り、日本人以外を分析対象とした。

なお、当該オフィスの設計時の空調条件は24DB°C、湿度は成行である。また、調査協力をしていない、通常時の空調設定温度は24°Cであることが多い。

##### 2.3.2 測定項目

空調の設定温度を22~28°Cの範囲で2週間おき<sup>注1)</sup>に変更した。各2週目の毎営業日の15:30に、オフィスの在籍者全員に対してwebアンケートを送信した(図-4)。アンケートの項目は、2.1.2項に示す調査①のものと同様である。ただし、設問文や回答選択肢の言語は英語と日本語とした。また、アンケートへの回答は任意とした。

屋内外温熱環境の測定項目も2.1.2項に示す調査①のものと同様であり、期間中は連続測定した。なお、断食による代謝量への影響が見込まれるラマダーン期間を除外した。

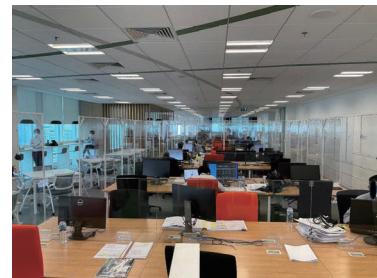


写真-3 調査③対象オフィス内観

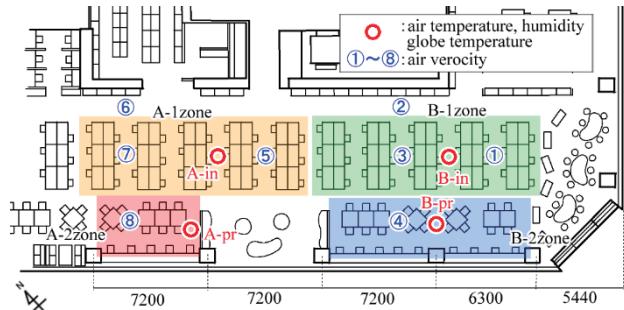


図-3 調査③の対象エリアの平面図と測定点

表-3 調査③実験条件と対象者の概要

Survey term	Setting Temp. [°C]	Participants	Job dept.	Nation
Jul. 20 – Nov. 18 2022	24 – 28	Male: 76, Female: 49	Design, Investment, Estimation, Tax etc.	Indonesia (77%), Philippines(4%), China and Malaysia(2%), Japan(18%)
Jan. 20 – Sep. 12 2023	22 – 28	Male: 72, Female: 44		

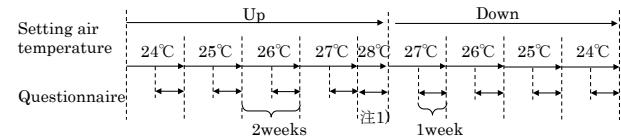


図-4 調査③の実験プロトコル(1期目)

### 3. 分析方法

#### 3.1 室内温熱環境情報の統合

各調査において測定した温熱的環境要素(空気温度、相対湿度、黒球温度、気流速度、着衣量)は、代謝量を1.1metで統一した上で、PMVやSET\*として情報統合<sup>注2)</sup>し、分析した。

#### 3.2 アンケートによる主観申告の数値化と除外

各調査におけるアンケートの回答選択肢には、分析結果の判読性を向上させるため、分析時に数値の等間隔尺度を与えた(表-4)。

また、アンケート回答者のBMI<sup>注3)</sup>や、アンケート回答のタイミング<sup>注4)</sup>、アンケート回答者周囲の気

表-4 回答選択肢に付与する等間隔尺度の例

Thermal sensation vote	Thermal comfort vote
+3 Very hot	7 Very comfortable
+2 Hot	6 Comfortable
+1 Somewhat hot	5 Somewhat comfortable
±0 Neither hot or cold	4 Neither comfortable or uncomfortable
-1 Somewhat cold	3 Somewhat uncomfortable
-2 Cold	2 Uncomfortable
-3 Very cold	1 Very uncomfortable

流速度条件<sup>注5)</sup>により、一部の主観申告データを分析対象から除外した。

#### 4. 調査結果

##### 4.1 インドネシアのオフィスの温熱環境実態

調査①の5都市のオフィス内の温湿度は、主に25~29°C・50~70%RHの間に分布した(図-5)。先行調査<sup>8・9)</sup>よりも高い温度域であったのは、建築設備仕様の差か、あるいは公的機関施設ゆえに省エネが心がけられていたと推測する。また、75~90%の人が“不快でない(±0~+3)”と申告した(図-6)。つまり、ISO7730やASHRAE 55が定める「快適」閾値の80%に僅かに及ばない場合もあった。

次に、調査①の5都市のオフィスにおける平均気流速度は主に0.1m/s以下であった(図-7)。調査③の高層オフィスにおいても、居住域(床下1500mm以下)の気流速度は0.2m/s以下であり(図-8)、概ね静穏な気流場であると示された。

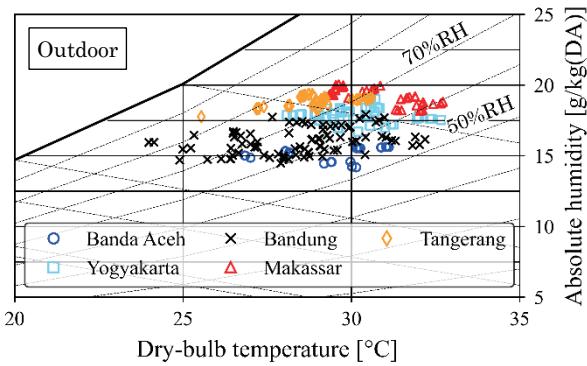


図-5 調査①の5都市の温湿度分布

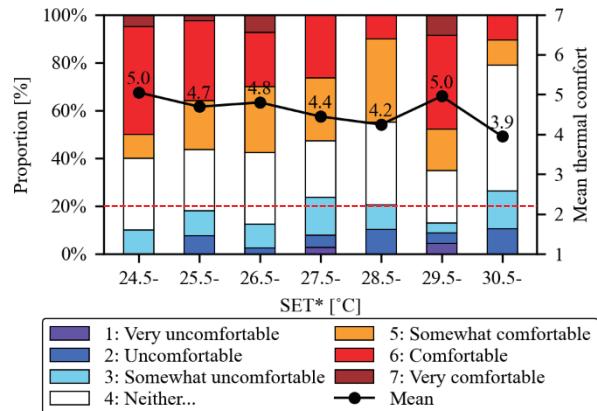


図-6 調査①の5都市における温熱快適感申告

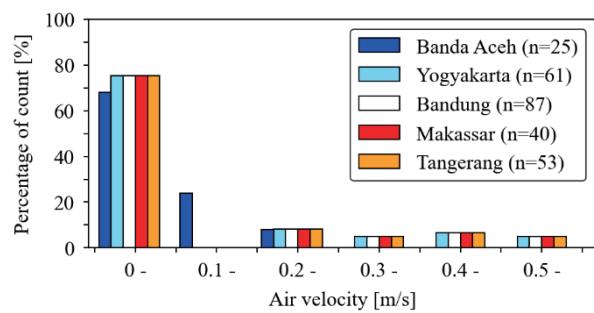


図-7 調査①の5都市における室内気流速度分布

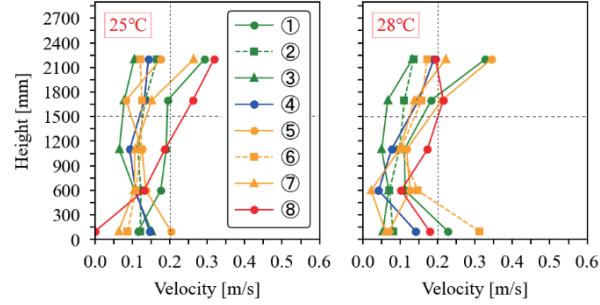


図-8 調査③のオフィスにおける室内気流速度

##### 4.2 着衣量

調査①~③において対象となったアンケート回答者の着衣量<sup>注6)</sup>は0.6clo前後が最も多く、次に、0.9clo前後の重ね着の人が多かった(図-9)。特に女性は頭部にヒジャブ(0.06~0.15clo<sup>12)</sup>、<sup>注7)</sup>を着用する者がおり、蒸暑気候下ではあるが必ずしも薄着ではないことが示された。なお、平均着衣量は0.65~0.76clo(調査①: 0.76clo、調査②: 0.72clo、調査③: 0.65clo)であった。タイ・インドネシア・シンガポールのオフィスの調査を行ったFukawaら<sup>8)</sup>も重ね着をする層がいることを報告したが、インドネシアの平均着衣量は0.59cloであり、本調査はそれより僅かに高かった。

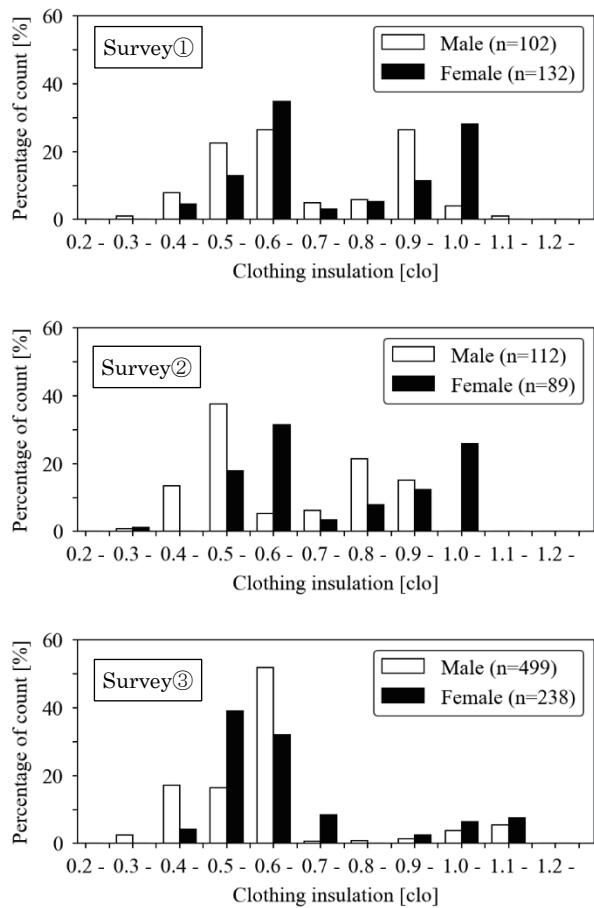


図-9 推定着衣量の分布

#### 4.3 予測平均温冷感申告 PMV と

##### 実際に申告された温冷感 TSV の差

物理的要素(空気温度、放射温度、相対湿度、気流速度)と人間的要素(代謝量、着衣量)を用いて申告される温冷感を予想する PMV(Predicted Mean Vote)<sup>13)</sup>と、アンケートによって実際に申告された温冷感 TSV(Thermal Sensation Vote)は、調査①～③のいずれにおいても一致しなかった(図-10)。具体的には、総じて温冷感申告 TSV は予想申告温冷感 PMV より低かった。また、実際のオフィスワーカーを対象とした調査①と③では、“-1: やや寒い”から“+1: やや暑い”までの狭い PMV の範囲で、幅広い温冷感申告 TSV が得られたことが示された。温暖気候の空調建物での欧米人学生を対象として得られたデータから考案された PMV 算出式が、東南アジアなどの気候の異なる地での温冷感 TSV と合致しないことは、既往研究<sup>14)～17)</sup>においても報告されている。合致しない理由は様々推測されているが、いずれにしても、現行の PMV 式<sup>13)</sup>を東南アジア人の温冷感 TSV の予測にそのまま用いることは不適と考えられる。

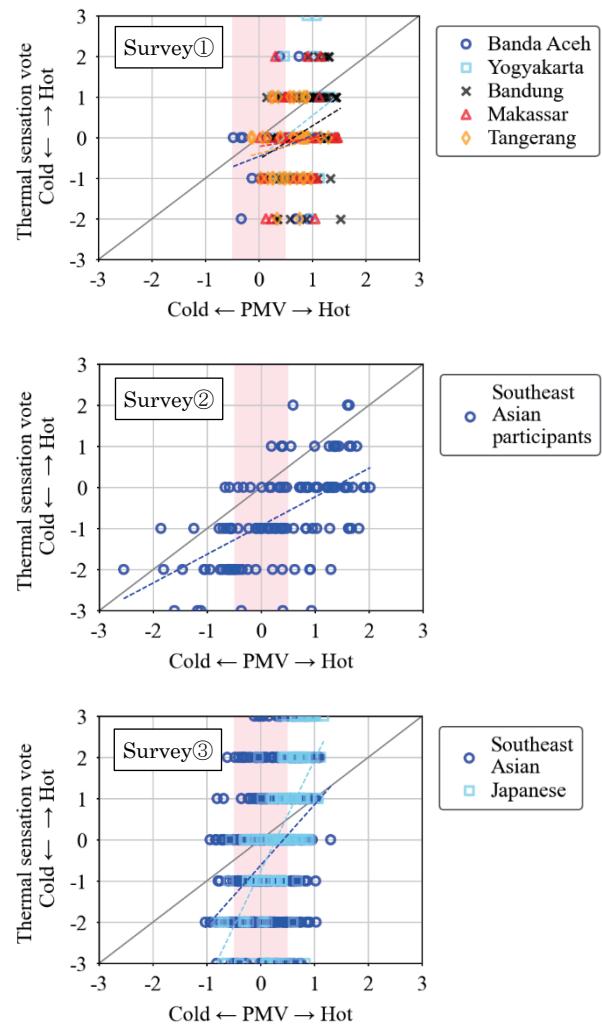


図-10 PMV と温冷感申告 TSV の回帰分析

#### 4.4 温冷感 TSV と

##### 温熱快適感 Thermal comfort の関係

調査①～③のいずれにおいても、温冷感 TSV が“-1: やや寒い”寄りの時に、温熱快適感が最も高くなる傾向があることが示された(図-11)。中庸な“±0: 暑くも寒くもない”状態を最も快適であると考える日本人と異なり、東南アジアの人々が寒いと感じる状態を快適と評価する傾向にあることは先行研究<sup>7), 17)</sup>でも報告されている。この傾向は、東南アジアでは、冷房による冷却が「近代化、あるいは上流階級的快適さ」の象徴として認識されている<sup>18)～19)</sup>ことが原因の1つであると推測する。また、調査①と③の対象者<sup>注8)</sup>は冷房環境に慣れた層、または教育水準が高い層であり、これらの層ほど低温を好むと述べた既往研究<sup>20)～21)</sup>と結果は矛盾しない。

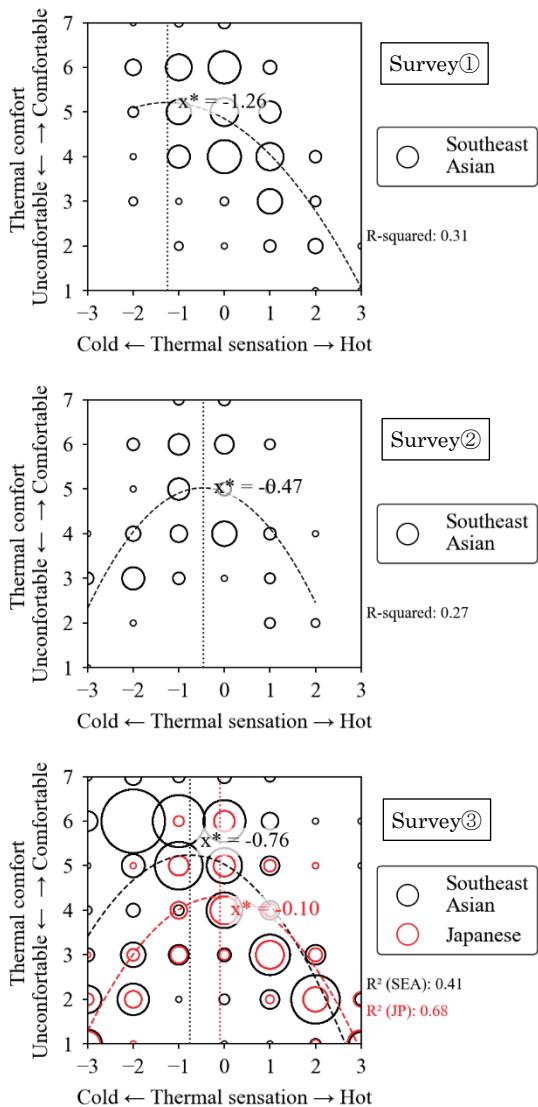


図-11 溫冷感申告 TSV と熱的快適感の傾向

しかし、「寒さは上流階級的快適さである」とみなす文化的・社会的背景は、空調設定温度の上昇によって実現しようとする省エネ施策実行の重大な障害となる。仮に、調査②の結果を踏まえ、温熱快適感の申告が最大となる温冷感 TSV(-0.47)が得られる環境を生成しようとすると、オフィス内の SET\* は約 26.0°C(空気温度 24.9°C相当<sup>注 9)</sup>を目指すことになる(図-12、中段)。これは、25°C(SET\*26.1°C相当<sup>注 9)</sup>以上の空調設定を推奨する現在の省エネ基準<sup>4)</sup>よりも僅かに低い。加えて、実際のオフィスワーカーを対象とした調査①、③の結果に基づく場合は、更に低い SET\* 値が目標値となることから、温熱快適性の最大化と省エネの両立が非常に難しいことがわかる(図-12、上・下段)。

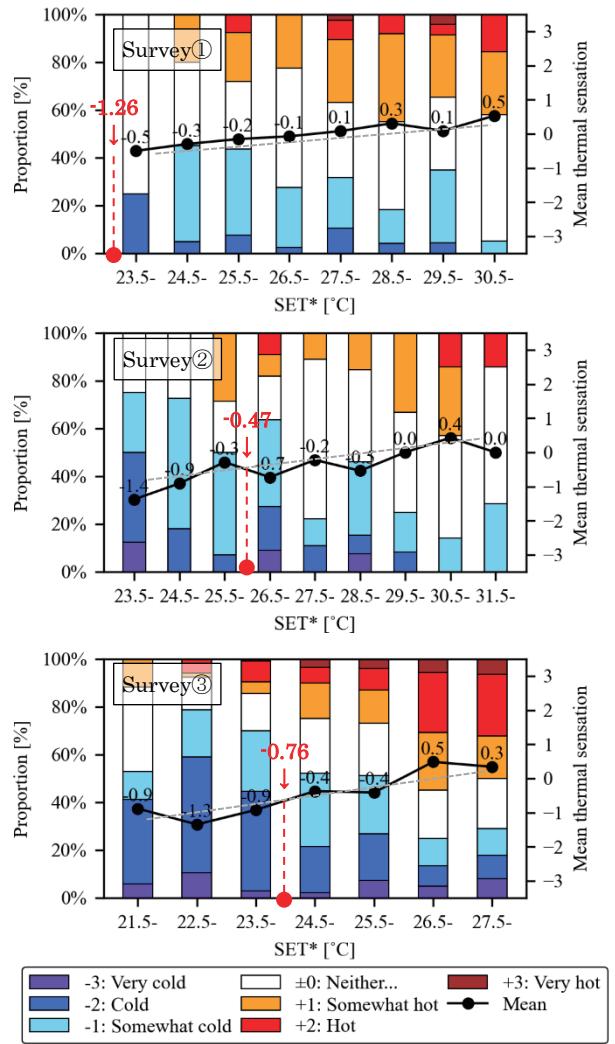


図-12 調査③における温冷感申告 TSV

#### 4.5 気流感と発汗知覚

調査③において、居住域の気流速度は 0.2m/s 以下という静穏な気流場であった(図-8)。しかしながら、東南アジア人は「気流を感じるか(以下、気流感と呼ぶ)、否か」の設問に対し、40~80%の人が“+1 ~ 3: 気流を感じる”と申告した(図-13、上段)。この割合は日本人回答者のものよりも高く、気流速度 0.1~0.2m/s 程度であれば気流感は 30~50%の人が申告するという既往研究における結果<sup>22)</sup>よりも高い割合であった。

また、“気流を感じ、快適”と評する人と“気流を感じず、不快”と評する人の合計は、SET\*の大きさに関わらず 40~50%程度であった。SET\*が高くなるほど、気流に対する期待が大きくなる日本人に比して、東南アジア人による気流への期待は常に高い様子が示された。

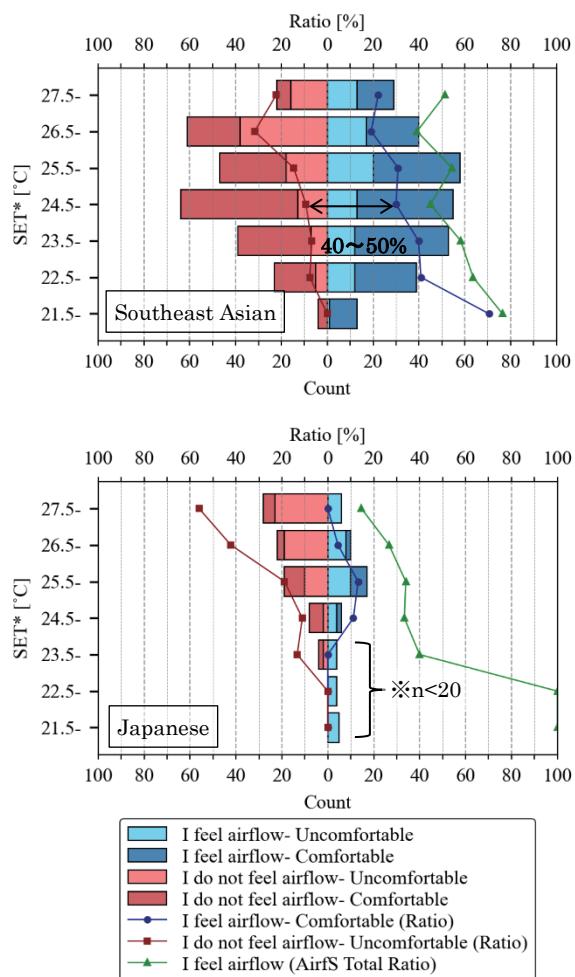


図-13 気流感の有無と気流快適感との関係

次に、「発汗を感じるか(以下、発汗知覚と呼ぶ)、否か」の設問に対し、SET\*が高い場合、東南アジア人による申告は、日本人のものよりも“1: 発汗を感じる”割合が少なかった(図-14)。この現象は、高温環境下においても無効発汗が生じにくい長期暑熱馴化者の特徴が現れたものと考えられる。一方、無効発汗があったとは考えにくいSET\*が低いときにも、約1割の人に発汗知覚があった。

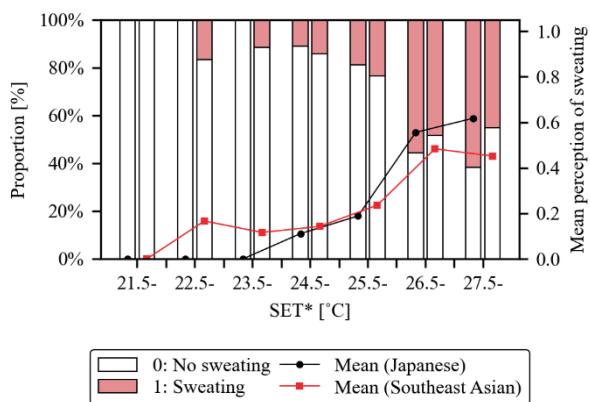


図-14 調査③における発汗知覚者の割合

なお、低速気流によって汗の蒸発が促進され、皮膚表面温度の低下が末梢温覚神経への冷却刺激となり、気流感の誘発に繋がるならば、発汗知覚の早期出現と気流感申告の比率の高さは整合する。また、温冷感申告 TSV が予測温冷感 PMV より低い事象(4.3節、図-10)、すなわち、予測よりも「寒い」寄りに申告する人が多かった事実とも矛盾しない。

#### 4.6. 生理状態から推測する温熱快適域

調査②において測定した生理項目のうち、脈拍数と血中酸素飽和濃度の結果を図-15に示す。いずれも調査協力者の初期値<sup>23)</sup>を考慮していないため、バラツキの程度が大きい。しかし、暑熱となるほど体温調節のために脈拍数が増加することは一般的に既知である。また、血中酸素飽和濃度はSET\*約23.5°Cの時に最大値となる。どちらの数値も、現在の省エネ基準<sup>4)</sup>である25°C(SET\*26.1°C相当<sup>注9)</sup>よりも低い。

そこで、仮に、調査②の結果を用いて身体に負担の少ないSET\*閾値を考案する。脈拍数の安静時上限を80bpm<sup>26)-28)</sup>とすると、SET\*は約23.0°Cが上限となる。また、血中酸素飽和濃度はSET\*約23.5°Cの時に最大値となる。どちらの数値も、現在の省エネ基準<sup>4)</sup>である25°C(SET\*26.1°C相当<sup>注9)</sup>よりも低い。

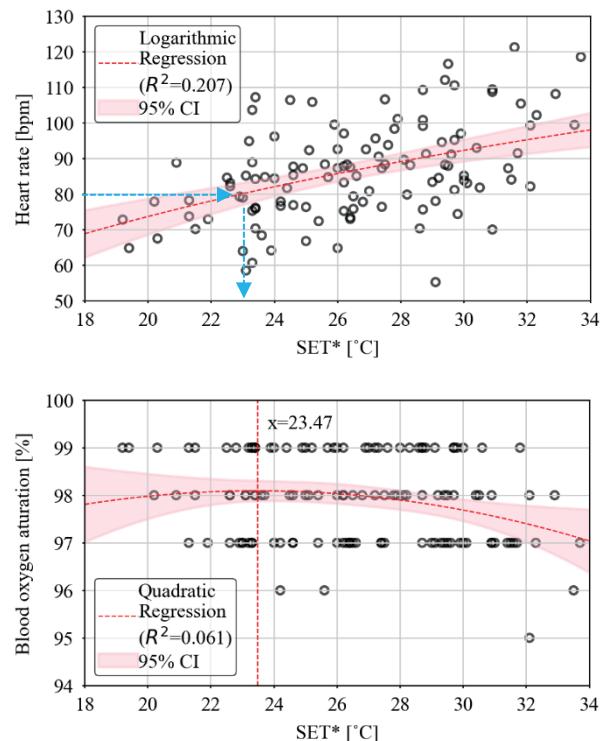


図-15 温熱環境と生理状態の関係

## 5. 考察

4.4節にて述べた通り、温熱快適感の申告が最大となる温冷感 TSV が得られる環境を生成しようとすると、オフィス内の SET\*の目標値は高くとも約 25.0°C(空気温度 24.9°C相当<sup>注 9)</sup>)となる。また、4.6節では、SET\*を約 23.0~23.5°C(空気温度 22.0~22.5°C相当<sup>注 9)</sup>)とすると身体負荷が小さくあることを述べた。しかし、これらの目標値の採用は、現行の省エネ基準の推進に背くために推奨しがたい。

そこで、次に候補となるのは、“寒い”と感じる環境を快適とみなす文化的・社会的背景を閑却し、温冷感 TSV が中庸、つまり“±0.5: 暑くも寒くもない”状態を「快適範囲」あるいは「許容範囲」と定義した上で、設定値上限を提案することである。しかし、東南アジア人の温冷感 TSV は、Fanger ら<sup>13)</sup>が提案した予測温冷感 PMV とは異なる様相を示す(4.3節)ため、現時点ではアンケート無しに温冷感 TSV を事前予測する手段が無いことが欠点である。したがって、Nicol<sup>14)</sup>が提案し、Pau ら<sup>29)・30)</sup>や Nguyen ら<sup>31)</sup>などが取り組むように、インドネシア版、あるいは東南アジア版の PMV 計算式を確立させることが課題である。

また、設定温度を上昇させた場合、在室者の確実な熱放散を促す仕組みが別途必要となる。東南アジアでは、電動除湿専用装置が高額投資製品とみなされる<sup>32)・33)</sup>がゆえに導入が進んでおらず、設定温度を上げると同時に湿度が上昇する。結果、高湿下で汗の蒸散が抑制される恐れがある(4.5節)。インドネシア人の気流を好む傾向<sup>31), 34)</sup>から、蒸散を促進する手段としては気流の付与が容認されやすいと期待できるが、省エネの目的に整合した気流の付与方法の考案が課題となる。

## 6. おわりに

本報では、蒸暑気候であるインドネシアにおけるオフィス環境の実態事例として、以下を報告した。

- 1) 公的機関のオフィスの室内温湿度は、主に 25 ~29°C・50~70%RH の範囲であり、“不快ではない”と感じる人は 75~90%程度であった。
- 2) 居住域は 0.2m/s 以下の静穏な気流場が多い。
- 3) 着衣量は 0.6clo 前後が最も多いが、重ね着をして 0.9clo 前後の着衣量となる者も 10~30%居る。

また、温熱環境に対する主観評価の特徴や、温熱環境条件と生理の関係として、以下を報告した。

- 4) 温冷感申告 TSV は、予測平均温冷感申告 PMV と乖離があった。
- 5) “やや寒い”と感じる環境を快適と評価するため、温熱快適感申告に基づく SET\*推奨値は省エネ基準より低くなる。
- 6) 気流感が高く、気流による快適性への期待が常にある。
- 7) 発汗知覚は低 SET\*の環境下でも発現した。
- 8) 脈拍数や血中酸素飽和濃度に基づく SET\*推奨値は省エネ基準より低くなる。

これらの結果より、温熱快適感申告ではなく、温冷感申告 TSV に基づいた設定温度上限を定める手法を提案した。しかし、東南アジア版の PMV 計算式の確立や、除湿装置が導入されない場合に蒸散を促進する気流付与手法の考案が課題である。

## 謝辞

調査①~③の実施において、温熱環境実測へのご理解およびアンケートにご協力くださったすべての皆様に、深謝の意を表します。

## ＜参考文献＞

- 1) (一社)日本冷凍空調工業会: “世界のエアコン需要推定 2025”, <https://www.jraia.or.jp/statistic/demand.html>, (2025. 11. 2 アクセス)
- 2) 佐藤百合: “インドネシアのエネルギー政策—増産・節約・低環境負荷を目指して”, アジアの出来事, 日本貿易振興機構 アジア経済研究所, 2011
- 3) 松田明恭ら: “企業がカーボンニュートラルに向けて動き出す(インドネシア)”, 日本貿易振興機構 地域・分析レポート, 2022, <https://www.jetro.go.jp/biz/areareports/2022/10c858161a5ccfb.html>, (2025.11.11 アクセス)
- 4) The Government of the Province of Jakarta Capital Special Territory: “Jakarta Green Building User Guide - Governor Decree No. 38/ 2012- JAKARTA GREEN BUILDING CODE”, p. 8, 2012
- 5) Tri Harso Karyono: “Report on thermal comfort and building energy studies in Jakarta—Indonesia”, Building and Environment, Vo. 35, No. 1, pp. 77-90, 2000

- 6) S. A. Damiati, et al.: "Thermal Comfort Survey in Office Buildings in Bandung, Indonesia", *Senvar-inta-avan* 2015, No. 4, pp. 53-64, 2015
- 7) S. A. Damiati, et al.: "Field study on adaptive thermal comfort in office buildings in Malaysia, Indonesia, Singapore, and Japan during hot and humid season", *Building and Environment*, Vol. 109, pp. 208-223, 2016
- 8) Y. Fukawa, et al.: "Field study on occupants' subjective symptoms attributed to overcooled environments in air-conditioned offices in hot and humid climates of Asia", *Building and Environment*, Vol. 195, 2021
- 9) 村上涼太ら: "アジア蒸暑地域オフィスビルにおける執務者の行動特性が及ぼす熱的不快への影響分析", *空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集*, pp. 9-12, 2020
- 10) N. D. Salsabila, et al.: "Identification of Ideal Thermal Settings for Administration Office on Hot-Humid Climate", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 520, No. 1, 2020
- 11) M. Rahim, et al.: "Indoor thermal environment in tropical archipelago city", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 213, No. 1, 2018
- 12) R. Rawal et al.: "Clothing insulation as a behavioural adaptation for thermal comfort in Indian office buildings", *Proceedings of 9<sup>th</sup> Windsor Conference: Making Comfort Relevant*, pp. 403-415, 2016
- 13) P. O. Fanger: "Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineering", Copenhagen: Danish Technical Press, 1970
- 14) F. Nicol: "Adaptive thermal comfort standards in the hot-humid tropics", *Energy and Buildings*, Vol. 36, No. 7, pp. 628-637, 2004
- 15) J. V. Hoof: "Forty years of Fanger's model of thermal comfort: comfort for all?", *Indoor Air*, Vol. 18, No. 3, p. 182-201, 2008
- 16) L. B da Silva, et al.: "PMV as a thermal evaluation method for air-conditioned spaces in hot climates a systematic review", *Ciência e Natura*, Vol. 42, pp. 1-18, 2020
- 17) H. Feriadi, et al.: "Thermal comfort for naturally ventilated houses in Indonesia", *Energy and Buildings*, Vol. 36, No. 7, pp. 614-626, 2004
- 18) M. M. Andamon et al.: "Perceptions and Expectations of Thermal Comfort in the Philippines", *Proceedings of the 40th Annual Conference of the Architectural Science Association ANZAScA*, 2006
- 19) S. M. Anna: "An Analysis of Means-End Hierarchies in Cross-Cultural Context: What Motivates Asian and Western Business Travelers to Stay at Luxury Hotel?", *Journal of Hospitality & Leisure Marketing*, Vol. 6, No. 2, pp.19-28, 1999
- 20) J. F. Busch: "A tale of two populations: thermal comfort in air-conditioned and naturally ventilated offices in Thailand", *Energy and Building*, Vol. 18, Issues 3-4, pp. 235-249, 1992
- 21) N. Yamtraiqat, et al.: "Thermal comfort standards for air conditioned buildings in hot and humid Thailand considering additional factors of acclimatization and education level", *Solar Energy*, Vol. 78, Issue 4, pp. 504-517, 2005
- 22) P. O. Fanger, et al.: "Perception of draught in ventilated spaces", *Ergonomics*, Vol. 29, No. 2, pp. 215-235, 1986
- 23) J. Wilder, *Stimulus and Response: the Law of Initial Value*, John Wright & Sons Ltd., Bristol, England, 1967
- 24) H. L. Reed, et al.: "Oxygen saturation of brachial venous blood correlates with fingertip temperatures between 11 and 39 degrees C", *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 60, No. 11, pp. 1068-1071, 1989
- 25) H. Qiu, et al.: "Real-Time Monitoring of the Effects of Personal Temperature Exposure on the Blood Oxygen Saturation Level in Elderly People with and without Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Panel Study in Hong Kong", *Environmental Science & Technology*, Vol. 54, No. 11, pp. 6869-6877, 2020
- 26) P. Somboon, et al.: "Heart Rate Variability and Baroreflex Sensitivity: Factors and Reference Ranges", *Siriraj Medical Journal*, Vol. 75, No. 10, pp. 713-724, 2023
- 27) J. Choi, et al.: "Declining Trends of Heart Rate Variability According to Aging in Healthy Asian Adults", *Front Aging Neurosci*, Vol. 12, pp. 610-626, 2020
- 28) M. Bursztyn: "Daytime napping and ambulatory blood pressure monitoring: Relevancy in Asian populations", *J. Clin. Hypertens (Greenwich)*, Vol. 19, No. 12, pp. 1246-1248, 2017
- 29) J. S. Pau, et al.: "A Modified Fanger's Model for Malaysia Climate", *Proceeding of 6<sup>th</sup> Engineering Conference*, 2013
- 30) J. S. Pau, et al.: "A Unified Adaptive Fanger's Model for Thermal Comfort in Tropical Countries", *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 393, pp. 799-808, 2013

- 31) A. T. Nguyen, et al.: "An adaptive thermal comfort model for hot humid South-East Asia", *Building and Environment*, Vol. 56, pp. 291-300, 2012
- 32) S. Chhabra: "TBL Myanmar: Understanding the Barriers to Sale of Dehumidifiers in Emerging Markets", *Asian Journal of Management Cases*, 2023
- 33) J. Srimuk, et al.: "Experimental Investigation on the Performance of a Dehumidifier Constructed from a Water-to-Air Heat Exchanger Coated with Composite Desiccant of Mesoporous Silica Gel and LiCl", *Applied Science and Engineering Progress*, Vol. 16, No. 4, 2023
- 34) A. Aryal, et al.: "A Field Survey of Thermal Comfort in Air-conditioned Space in Songkhla's Hot Humid Climate", *Engineering Journal*, Vol. 25, No. 2, pp. 235-244, 2021

#### ＜注釈＞

- 注1) クレーム発生時は即、設定温度を下げる、または上げるという取組めのもと、調査③を実施した。クレームの発生が予想される 28°C 設定時に限り 1 週間の順応期間を経ずに、設定温度変更初日よりアンケートを配信・回収する計画とした。なお、28°C 設定時と 22°C 設定時にクレームが発生した。
- 注2) 本報において、PMV および SET\* の算出式は ASHRAE55 および ISO7730 に準拠した。また、外部仕事は 0W/m<sup>2</sup>、黒球放射率は 0.95 とした。アンケート回答と同時に気流速度を計測した調査①、②における気流速度は、アンケート回答時の実測値を用いた。アンケート回答時とは異なる時間帯に気流速度を計測した調査③における気流速度は、測定結果(図-8)より 0.1m/s 一定とした。
- 注3) 調査②の調査協力者の BMI は 13~33kg/m<sup>2</sup> と広く分布した。着衣量(図-9)を除き、本報では標準レベルである BMI18.5 以上 22.5 未満の協力者のデータのみを分析対象とした。
- 注4) 調査③において、着衣量(図-9)を除き、本報では以下の条件にすべて当てはまるデータのみを分析対象とした。
- 条件：回答日が土日祝日でない、7~12 時または 13~18 時の間に回答した、回答日に該当オフィス内で業務に従事した(当日の業務は外出先が主ではなかった)、回答同一週において同一回答者による最終回答である。
- 注5) 調査①において、気流分布(図-7)を除き、気流速度が 0.25m/s 未満のデータのみを分析対象とした。
- 注6) 本報での着衣量には椅子(0.1clo)を含まず、衣服のみとした。
- 注7) 本報でのヒジャブの着衣量は 0.1clo 一定とした。
- 注8) 調査②の対象者の職務情報は調査対象外であり、教育水準は不明である。また、バンドンはインドネシア国内の中でも比較的冷涼な盆地であることから、冷房環境への慣れがあると考えることが難しい。なお、調査①における調査日のバッダ

アチェは豪雨であったため、バンドンよりも低い屋外温度が記録された(図-5、上段)。

- 注9) 放射温度は空気温度と等しく、相対湿度は 60%、着衣量 0.7clo、気流速度 0.15m/s、外部仕事 0W/m<sup>2</sup> と仮定した。